บทที่ 4

วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองของถังกรองไร้อากาศลึก 0.5 ม. และลึก 1.0 ม. ได้สรุปรวบรวมไว้ในตารางที่ 4-1 และ 4-2

4.1 ปริมาณการกรอง (Hydraulic Loading)

เนื่องจากน้ำโสโครกมีความเข้มข้นของบีโอดีและซีโอดีค่อนข้างต่ำ ปริมาณการกรองจึงมีความสำคัญมากต่อการทำงานของระบบถังกรองไร้อากาศ จากการทดลองผลอันเนื่องมาจากปริมาณการกรองที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำที่ผ่านการกรองโดยถังกรองไร้อากาศลึก 0.5 เมตร และ 1.0 เมตร ในค่าของบีโอดีและซีโอดีได้บันทึกไว้เป็นรูปกราฟตามรูป 4-1, 4-2, 4-3 และ 4-4

ปริมาณการกรองจะอยู่ในสภาพของ Areal Hydraulic Loading or Rate of Filtration (อัตราการกรอง) หมายถึงปริมาณน้ำไหลต่อพื้นที่หน้าตัดของถังกรอง มีหน่วยคือ ลบ.ม./ตร.ม.- วัน

ความสัมพันธ์ของปริมาณการกรองที่มีต่อคุณภาพน้ำที่ผ่านการกรอง วัดในค่าของบีโอดีและซีโอดี ได้แสดงเป็นรูปกราฟรูปที่ 4-5 จากรูปกราฟจะเห็นว่าบีโอดีและซีโอดีของน้ำที่ผ่านการกรองของตัวกรองทั้ง 2 ชนิดจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับค่าของปริมาณการกรอง ลักษณะของ curve เกือบเป็นเส้นตรงและ curve ของถังกรองทั้ง 2 จะใกล้กันมากและขนานกัน ถังกรองลึก 1.0 ม. จะให้ค่าคุณภาพน้ำวัดเป็นบีโอดีและซีโอดีดีกว่าถังกรองลึก 0.5 ม. เพียงเล็กน้อย มีค่าปริมาณการกรองต่ำกว่า 1 ลบ.ม./ตร.ม.-วัน คุณภาพน้ำ

TABLE. 4–1

PERFORMANCE OF 0.5 m. ANAEROBIC FILTER

PARAMETER		RUN – 1	RUN – 2	RUN – 3	RUN – 4
Hydraulic Loading	cu.m / sq.m-day	0.40	0.80	1.40	2.80
	cu.m / cu.m-day	0.80	1.60	2.80	5.60
Detention Time	hr	18	9	5	2.5
BOD Loading	kg / sq.m-day	0.038	0.076	0.133	0.266
	kg / cu.m-day	0.076	0.152	0.266	0.532
Effluent BOD	g/cu.m	15	18	27	45
BOD Removal	%	84.2	81.0	71.6	52.6
	kg / sq.m-day	0.032	0.062	0.095	0.140
	kg / cu.m-day	0.064	0.124	0.190	0.280
COD Loading	kg / sq.m-day	0.064	0.128	0.244	0.448
	kg / cu.m-day	0.128	0.256	0.448	0.896
Effluent COD	g/cu.m	45	49	57	86
COD Removal	%	71.9	69.4	64.4	46.2
	kg / sq.m-day	0.046	0.089	0.144	0.207
	kg / cu.m-day	0.092	0.178	0.288	0.414
Effluent Suspended Solid	g/cu.m	6	10	24	37
Effluent Turbidity	FTU	11	13	48	98
Effluent pH	—	8.15	8.05	7.90	7.95
Effluent Alkalinity	g/cu.m as $CaCO_3$	535	510	475	500
Effluent Volatile Acid	g/cu.m as CH_3COOH	40	47	56	95
Effluent NH_3 – N	g/cu.m	42	38	35	33

TABLE.4-2

PERFORMANCE OF 1.0 m. ANAEROBIC FILTER

PARAMETER		RUN-1	RUN-2	RUN-3	RUN-4
Hydraulic Loading	cu.m / sq.m-day	0.40	0.80	1.40	2.80
	cu.m /cu.m-day	0.40	0.80	1.40	2.80
Detention Time	hr	32	16	9	4.5
BOD Loading	kg / sq.m-day	0.038	0.076	0.133	0.266
	kg / cu.m-day	0.038	0.076	0.133	0.266
Effluent BOD	g/cu.m	12	15	23	43
BOD Removal	%	87.4	84.2	75.8	54.7
	kg / sq.m-day	0.033	0.064	0.101	0.145
	kg / cu.m-day	0.033	0.064	0.101	0.145
COD Loading	kg / sq.m-day	0.064	0.128	0.224	0.448
	kg / cu.m-day	0.064	0.128	0.224	0.448
Effluent COD	g/cu.m	33	41	48	77
COD Removal	%	79.4	74.4	70.0	51.9
	kg / sq.m-day	0.051	0.095	0.157	0.232
	kg / cu.m-day	0.051	0.095	0.157	0.232
Effluent Suspended Solid		5	9	18	35
Effluent Turbidity	FTU	7	12	52	95
Effluent pH	—	8.20	8.10	7.90	7.95
Effluent Alkalinity	g/cu.m as $CaCO_3$	530	510	500	525
Effluent Volatile Acid	g/cu.m as CH_3COOH	30	35	49	91
Effluent NH_3 - N	g/cu.m	44	40	38	34

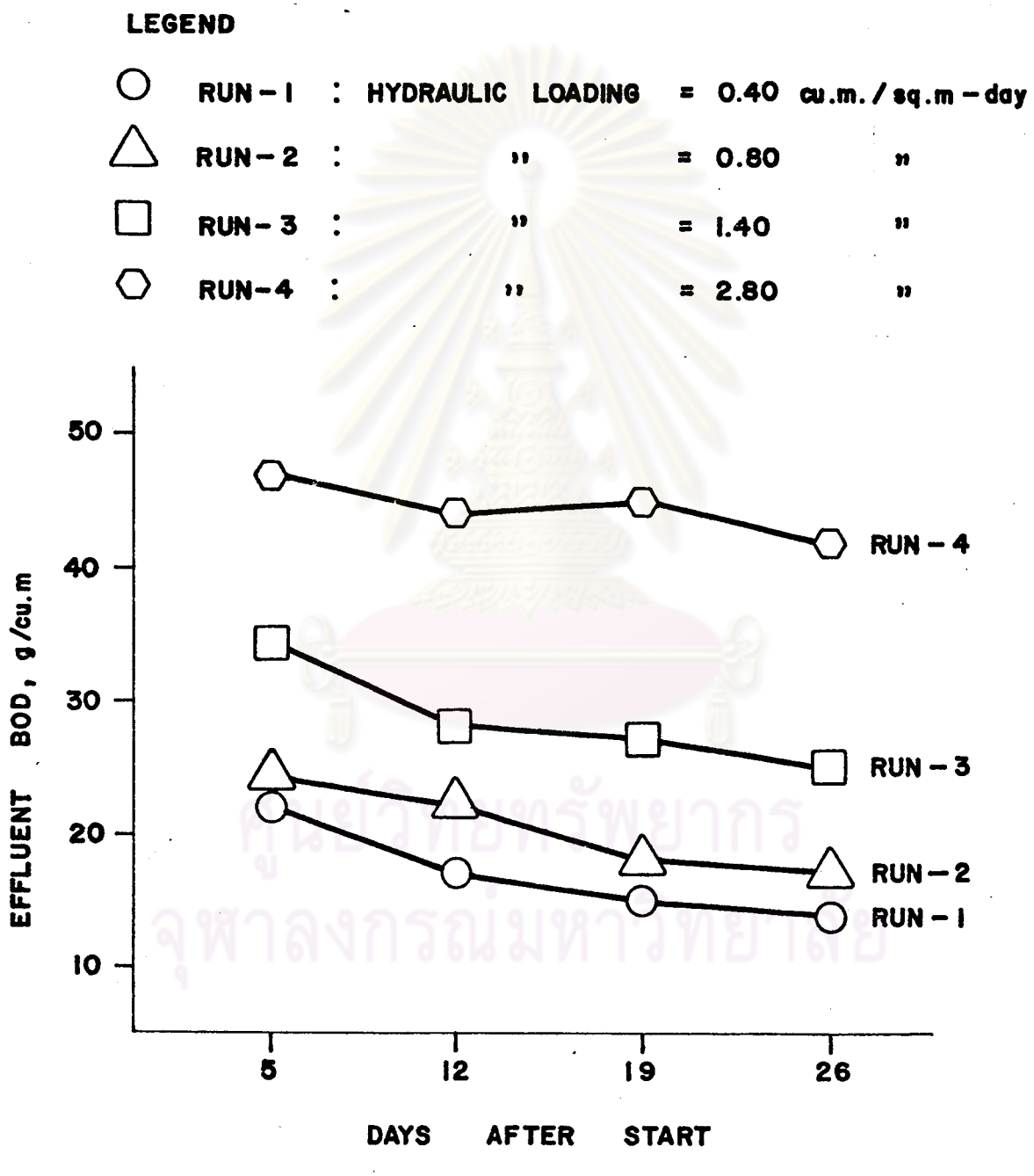

FIG. 4-1

VARIATIONS OF 0.5 m. ANAEROBIC FILTER EFFLUENT BOD

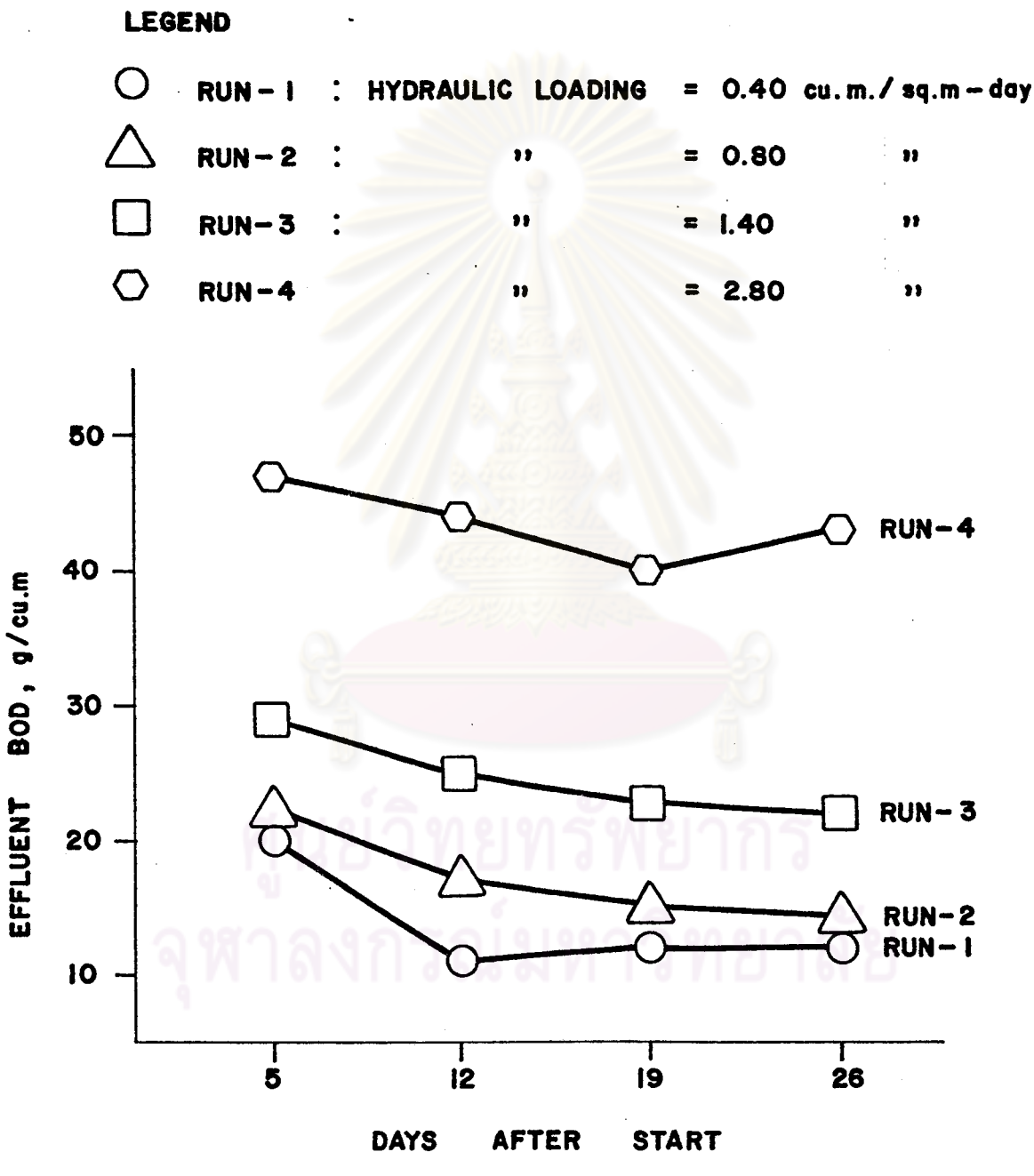

FIG. 4-2

VARIATIONS OF 1.0 m. ANAEROBIC FILTER EFFLUENT BOD

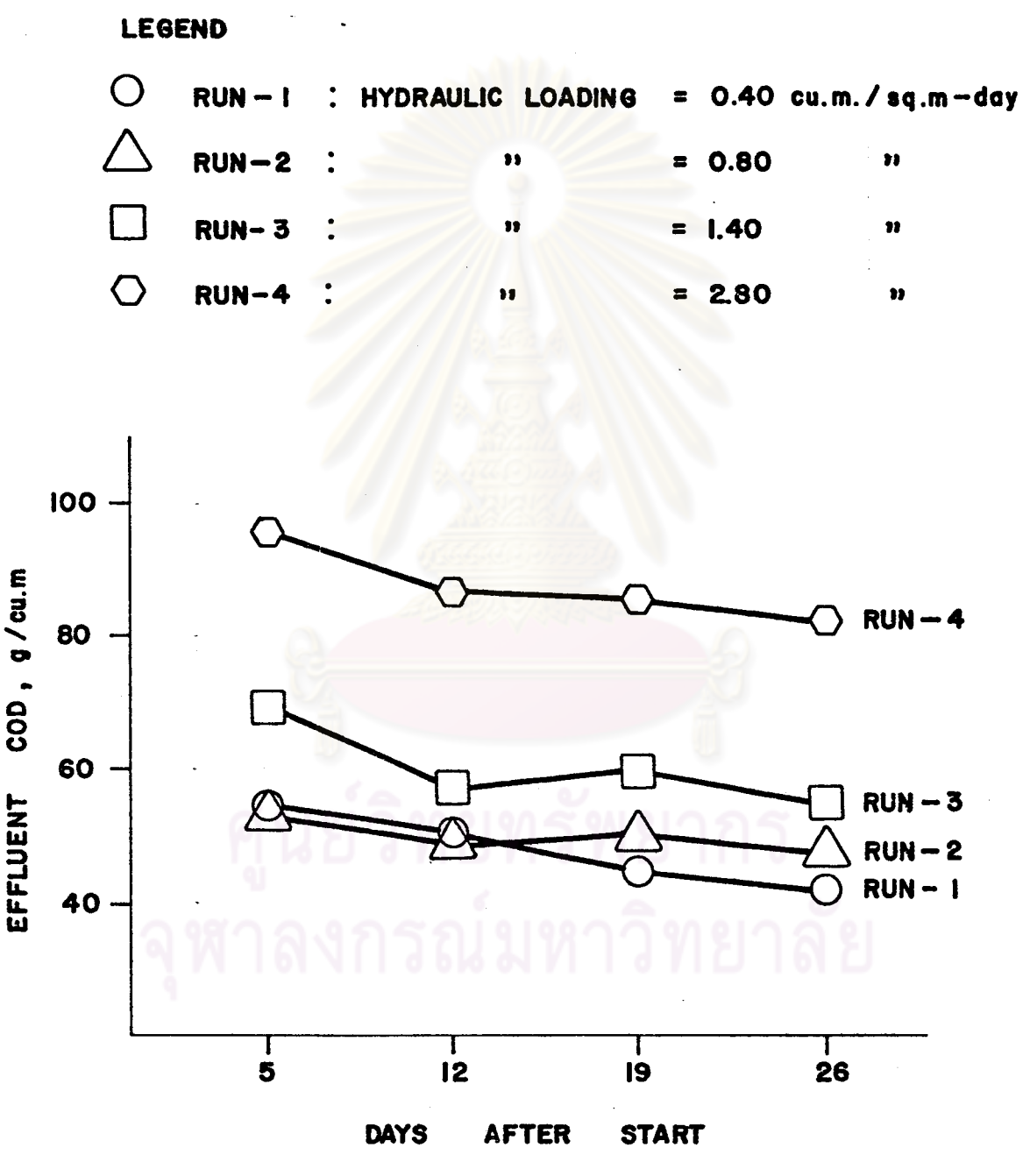

FIG. 4-3

VARIATIONS OF 0.5m. ANAEROBIC FILTER EFFLUENT COD

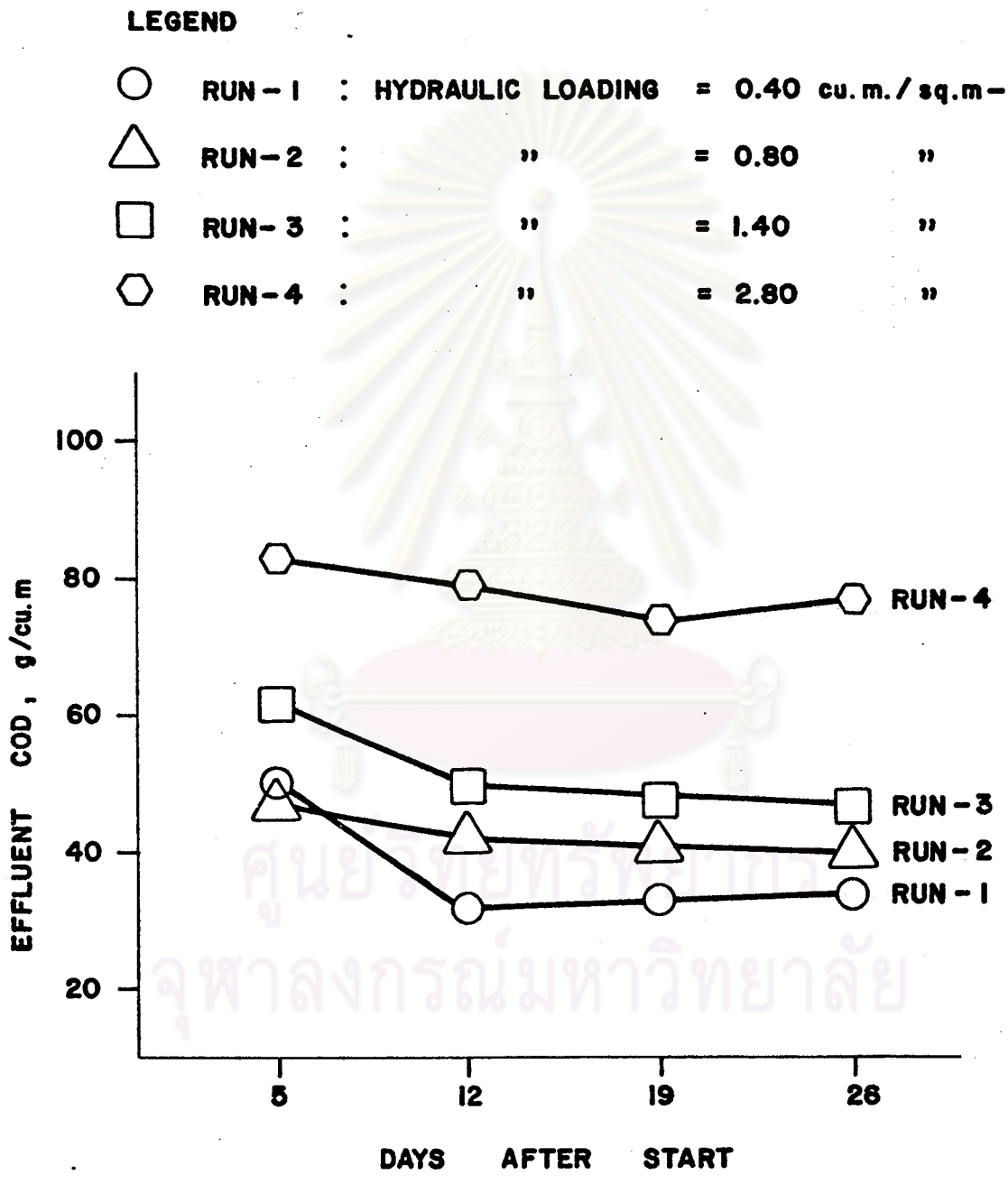

FIG. 4-4

VARIATIONS OF 1.0 m. ANAEROBIC FILTER EFFLUENT COD

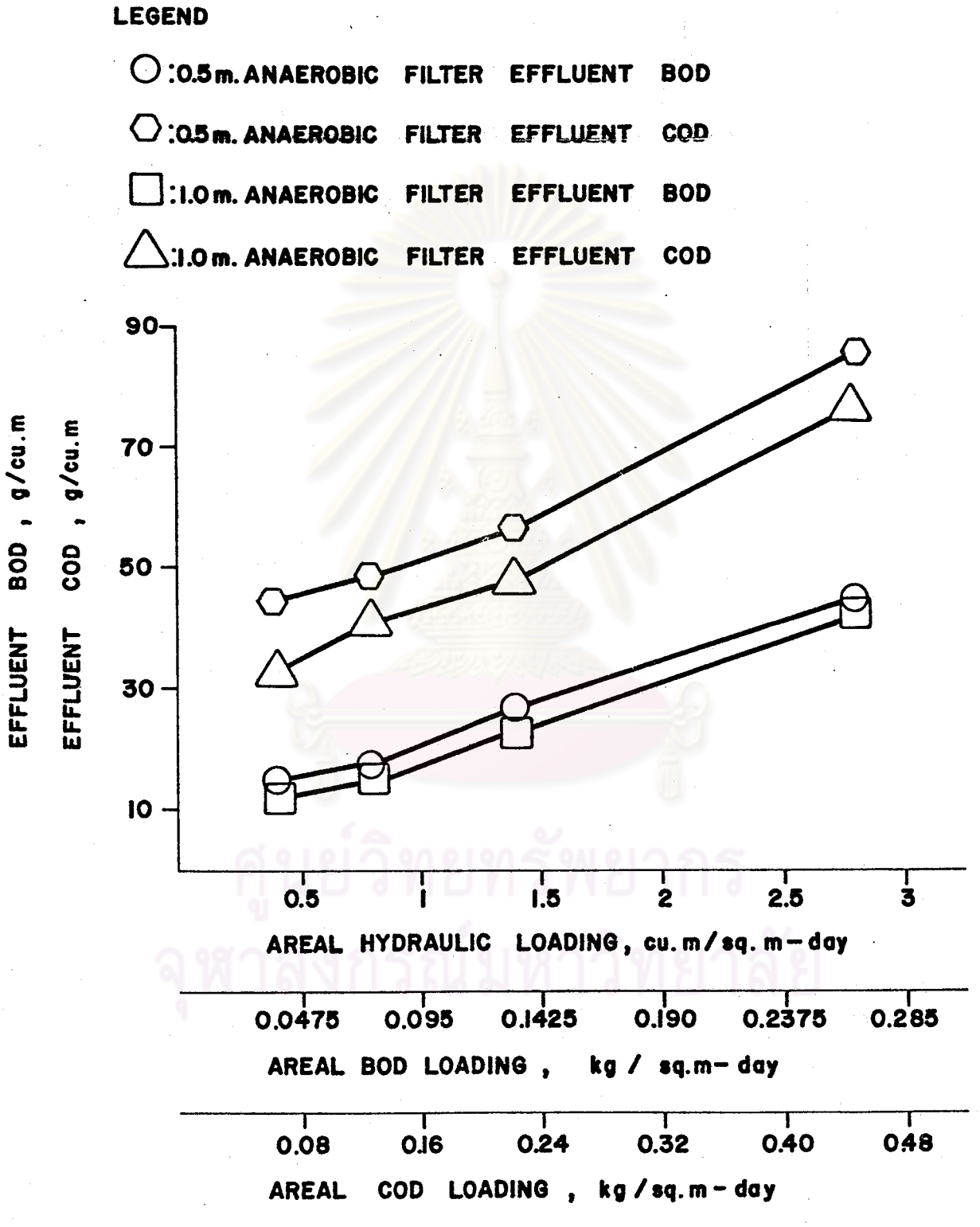
LEGEND
:0.5 m. ANAEROBIC FILTER EFFLUENT BOD
:0.5 m. ANAEROBIC FILTER EFFLUENT COD
:1.0 m. ANAEROBIC FILTER EFFLUENT BOD
:1.0 m. ANAEROBIC FILTER EFFLUENT COD
EFFLUENT BOD , g/cu.m
EFFLUENT COD , g/cu.m
90
70
50
30
10
0.5
1
1.5
2
2.5
3
AREAL HYDRAULIC LOADING, cu.m/sq.m-day
0.0475
0.095
0.1425
0.190
0.2375
0.285
AREAL BOD LOADING , kg / sq.m-day
0.08
0.16
0.24
0.32
0.40
0.48
AREAL COD LOADING , kg/sq.m-day

FIG. 4–5

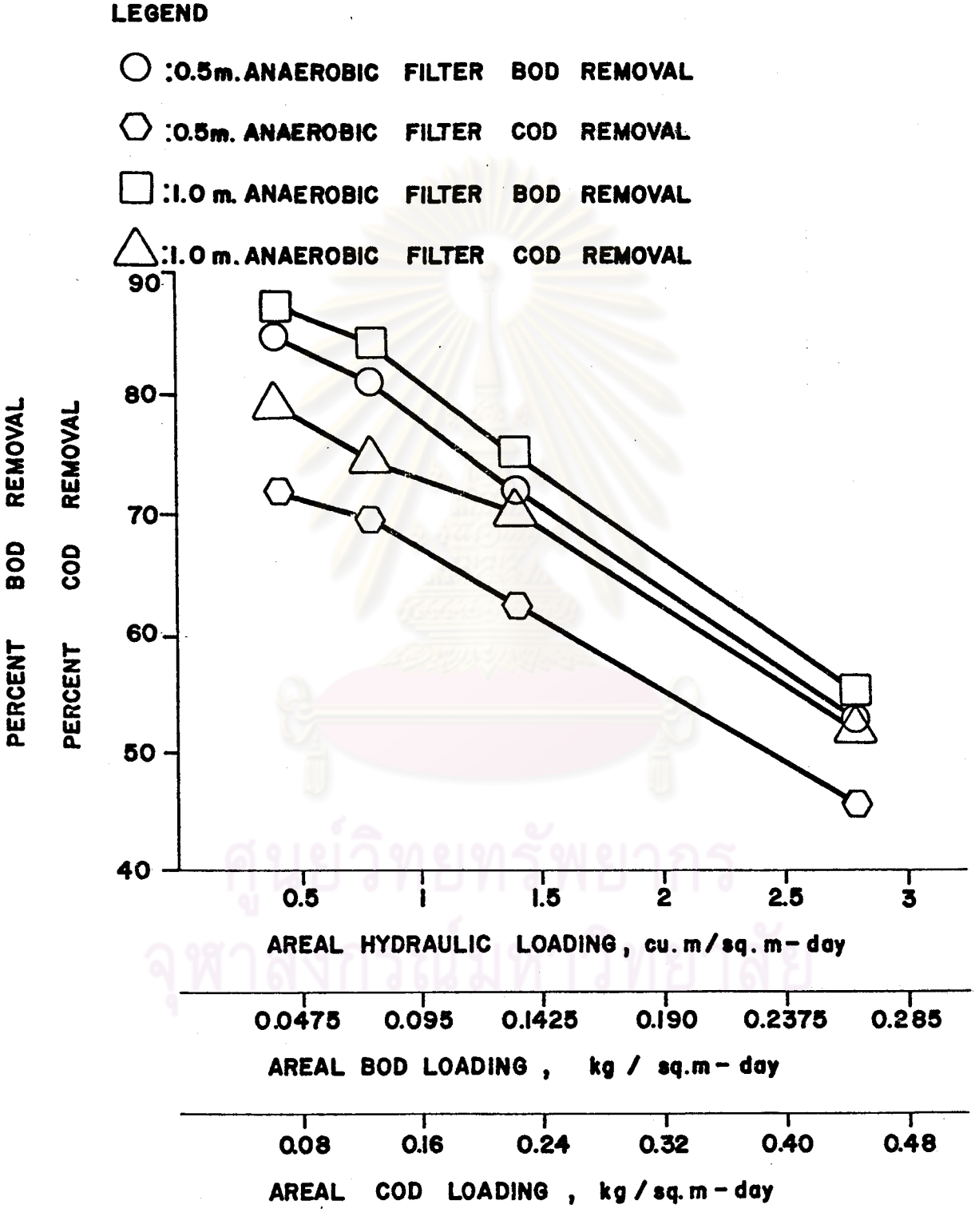
LEGEND
:0.5m. ANAEROBIC FILTER BOD REMOVAL
:0.5m. ANAEROBIC FILTER COD REMOVAL
:1.0 m. ANAEROBIC FILTER BOD REMOVAL
:1.0 m. ANAEROBIC FILTER COD REMOVAL
PERCENT BOD REMOVAL
PERCENT COD REMOVAL
90
80
70
60
50
40
0.5
1
1.5
2
2.5
3
AREAL HYDRAULIC LOADING, cu. m / sq. m - day
0.0475
0.095
0.1425
0.190
0.2375
0.285
AREAL BOD LOADING, kg / sq.m - day
0.08
0.16
0.24
0.32
0.40
0.48
AREAL COD LOADING, kg / sq. m - day

FIG. 4-6

ประมาณ 86 ก./ลบ.ม. และถังกรองลึก 1.0 ม. ค่าบีโอดีประมาณ 43 ก./ลบ.ม. ค่าซีโอดีประมาณ 77 ก./ลบ.ม.

ความสัมพันธ์ของปริมาณการกรองที่มีต่อประสิทธิภาพในการทำความสะอาดน้ำโสโครกของถังกรองไร้อากาศลึก 0.5 ม. และ 1.0 ม. ได้แสดงเป็นรูปกราฟรูปที่ 4-6 จะสามารถกล่าวได้ว่า ประสิทธิภาพในการลดบีโอดีและซีโอดีจะเป็นปฏิภาคกลับ กับค่าปริมาณการกรอง ลักษณะของ curve เกือบจะเป็นเส้นตรง ประสิทธิภาพของถังกรองลึก 1.0 ม. ดีกว่าถังกรองลึก 0.5 ม. เพียงเล็กน้อยที่ค่าปริมาณการกรองต่ำกว่า 1 ลบ.ม./ตร.ม.-วัน ประสิทธิภาพในการลดบีโอดีไม่น้อยกว่า 80% และการลดซีโอดีไม่น้อยกว่า 68% ที่ค่าปริมาณการกรอง = 2.8 ลบ.ม./ตร.ม.-วัน ประสิทธิภาพการทำงานของถังกรองทั้ง 2 ลดลง ถังกรองลึก 0.5 ม. จะสามารถลดบีโอดีได้เพียงประมาณ 53% การลดซีโอดีได้เพียงประมาณ 46% ส่วนถังกรองลึก 1.0 ม. จะสามารถลดบีโอดีได้เพียงประมาณ 55% และลดซีโอดีได้เพียง 51%

4.2 <u>ปริมาณบีโอดี</u> (BOD Loading)

การพิจารณาปริมาณบีโอดีจะอยู่ในสภาพของ Areal BOD Loading หมายถึงปริมาณ กก.ของบีโอดีต่อพื้นที่หน้าตัดของถังกรองต่อวัน มีหน่วยคือ กก./ตร.ม.-วัน

ความสัมพันธ์ของปริมาณบีโอดี(Areal BOD Loading)กับการลดปริมาณบีโอดี (Areal BOD Removal) ของถังกรองไร้อากาศลึก 0.5 ม. และ 1.0 ม. ได้แสดงไว้เป็นรูปกราฟรูปที่ 4-7 จากรูปกราฟเห็นว่าการลดปริมาณบีโอดี ที่ปริมาณบีโอดีเดียวกันของถังกรองทั้ง 2 มีค่าใกล้เคียงกันมาก ลักษณะของ curve จะคู่ขนานและเกือบทับเป็นเส้นเดียวกัน ที่ค่าปริมาณบีโอดีประมาณ 0.05 กก./ตร.ม.-วัน จะให้ค่าการลดปริมาณบีโอดีประมาณ 0.38 กก./ตร.ม.-วัน และที่ปริมาณบีโอดีประมาณ 0.27 กก./ตร.ม.-วัน จะให้ค่าการลดประมาณบีโอดีประมาณ 0.14 กก./ตร.ม.-วัน จากการพิจารณารูปกราฟจะสรุปได้ว่าค่าของการลดประมาณบีโอดีจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณบีโอดี เนื่องจาก

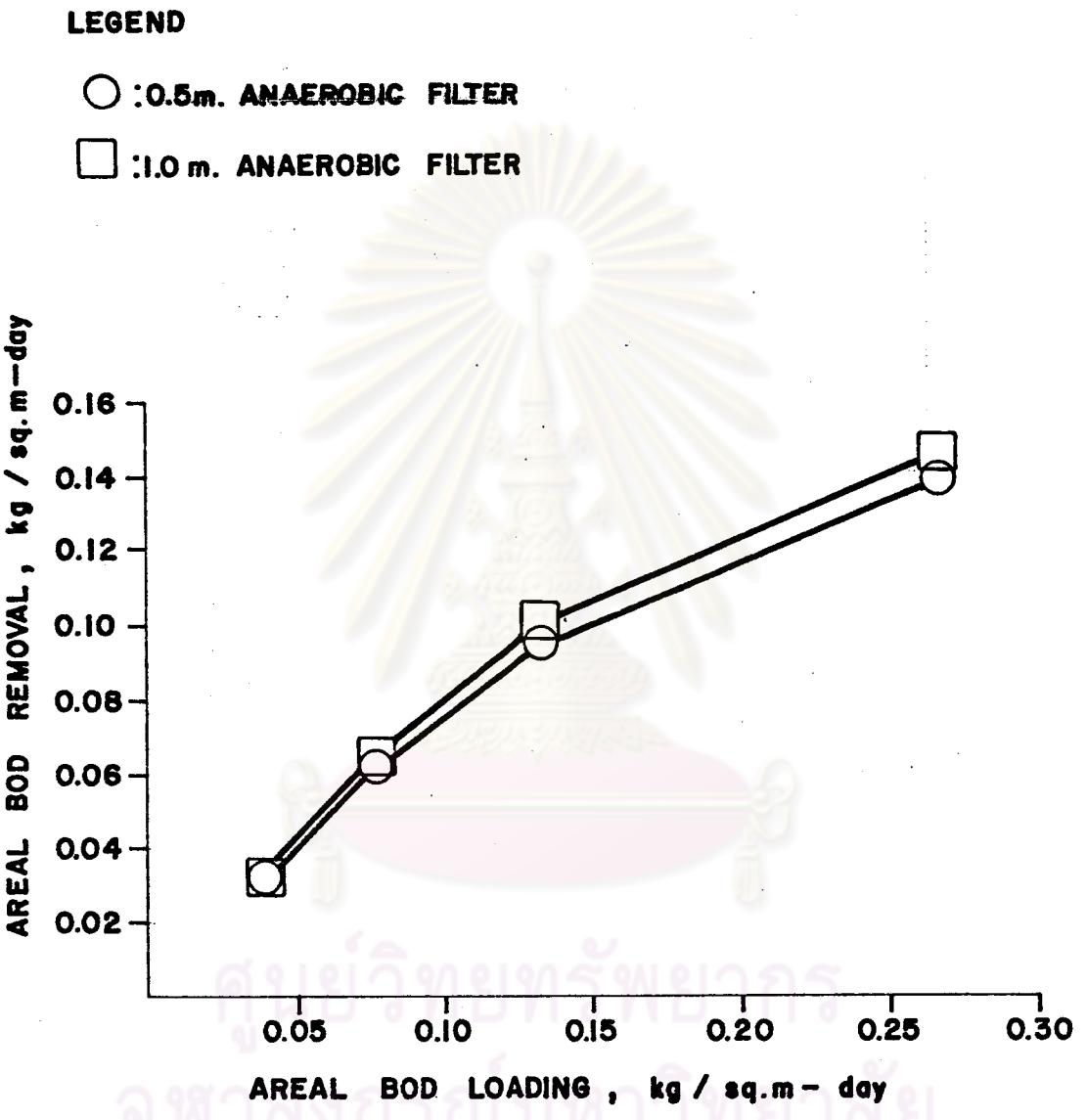

FIG. 4-7

RELATIONSHIP OF AREAL BOD REMOVAL AND LOADING

4.3 ปริมาณซีโอดี (COD Loading)

การพิจารณาปริมาณซีโอดีจะอยู่ในสภาพของ Areal COD Loading หมายถึง ปริมาณ กก. ของซีโอดีต่อพื้นที่หน้าตัดของถังกรองต่อวัน มีหน่วยคือ กก./ตร.ม.- วัน

ความสัมพันธ์ของปริมาณซีโอดี (Areal COD Loading) กับการลดปริมาณซีโอดี (Areal COD Removal) ของถังกรองไร้อากาศลึก 0.5 ม. และ 1.0 ม. ได้แสดงไว้เป็นรูปกราฟรูปที่ 4-8 จากรูปกราฟจะเห็นว่า ในช่วงของปริมาณซีโอดี = 0.24 กก/ตร.ม.-วัน ลักษณะของ curve จะเป็นเส้นตรง ค่าของการลดปริมาณซีโอดีของถังกรองทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน คือมีค่าประมาณ 0.14 กก./ตร.ม.-วัน แต่เมื่อค่าปริมาณซีโอดี = 0.48 กก./ตร.ม.-วัน ค่าของการลดปริมาณซีโอดีของถังกรองลึก 0.5 ม. มีค่าประมาณ 0.20 กก./ตร.ม.-วัน และของถังกรองลึก 1.0 ม. มีค่าประมาณ 0.23 กก./ตร.ม.-วัน ซึ่งให้ค่าแตกต่างกันเล็กน้อย จากการพิจารณารูปกราฟ จะสรุปได้ว่าค่าของการลดปริมาณซีโอดี จะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณซีโอดี เนื่องจากน้ำโสโครกมีค่าความเข้มข้นซีโอดีต่ำ และผลเนื่องจากปริมาณการกรองเข้ามาเกี่ยวข้องจึงทำให้ปริมาณซีโอดีมีความสำคัญต่อการทำงานของถังกรองไร้อากาศทั้ง 2 น้อยมาก

4.4 ระยะเวลากักน้ำ (Detention Time)

รูป 4-9 แสดงถึงคุณภาพของน้ำโสโครกที่ผ่านการกรองในค่าของบีโอดี และซีโอดีของถังกรองไร้อากาศลึก 0.5 ม. และลึก 1.0 ม. ในช่วงระยะเวลากักน้ำต่าง ๆ จะพิจารณาเห็นได้ว่าที่ระยะเวลากักน้ำนานกว่า 10 ชม. คุณภาพน้ำที่ผ่านการกรองโดยถังกรองทั้ง 2 มีค่าใกล้เคียงกัน คือบีโอดี = 20 ก./ลบ.ม. และซีโอดี = 50 ก./ลบ.ม. เมื่อช่วงระยะเวลากักน้ำประมาณ 5 ชม. คุณภาพน้ำที่ผ่านการกรองโดยถังกรองลึก 0.5 ม. มีบีโอดี = 27 ก./ลบ.ม., ซีโอดี = 57 ก./ลบ.ม. และคุณภาพน้ำที่ผ่านการกรองโดยถังกรองลึก 1.0 ม. มีบีโอดี = 43 ก./ลบ.ม., ซีโอดี = 77 ก./ลบ.ม. แสดงให้เห็นว่าในช่วงระยะเวลากักน้ำน้อยกว่า 10 ชม. การทำงานของถังกรองลึก 0.5 ม. ให้คุณภาพน้ำ

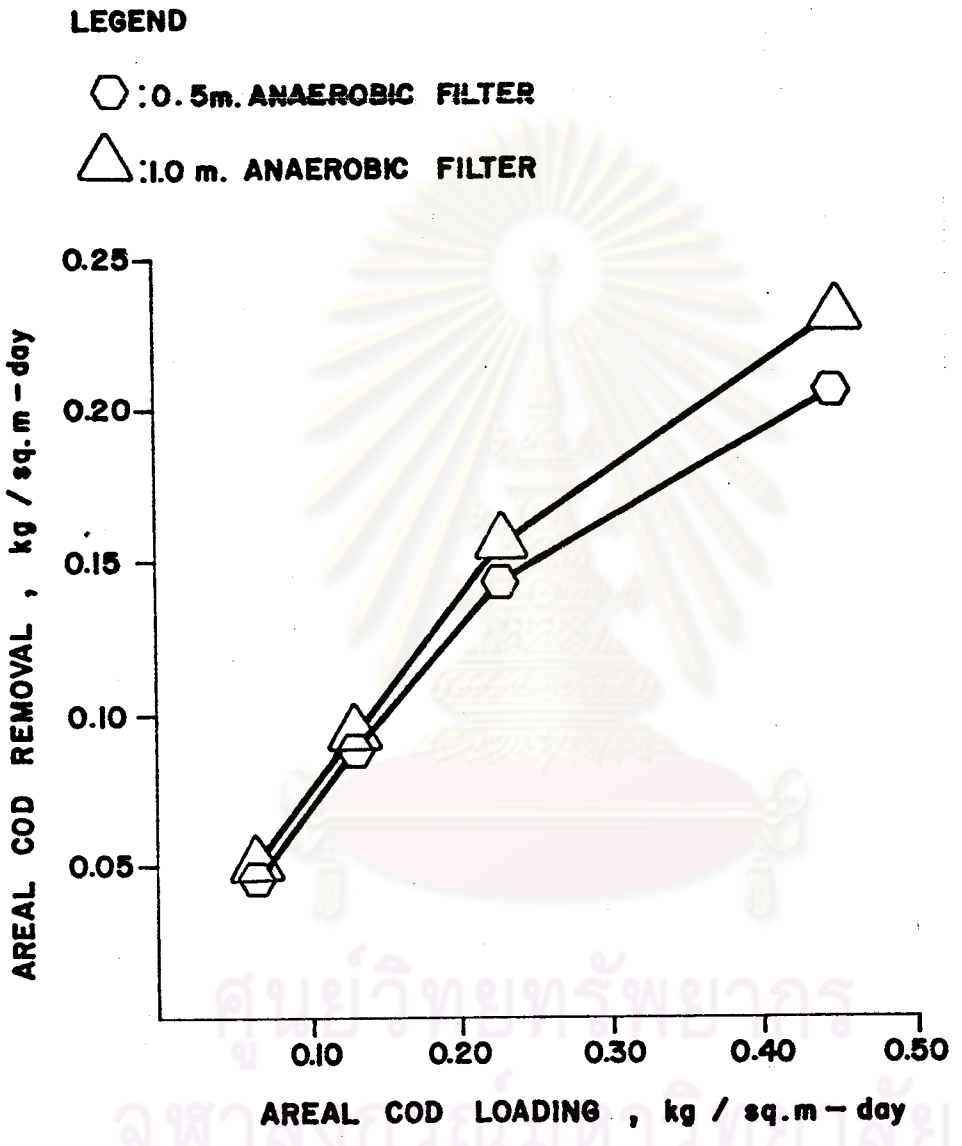

FIG. 4 - 8

RELATIONSHIP OF AREAL COD REMOVAL AND LOADING

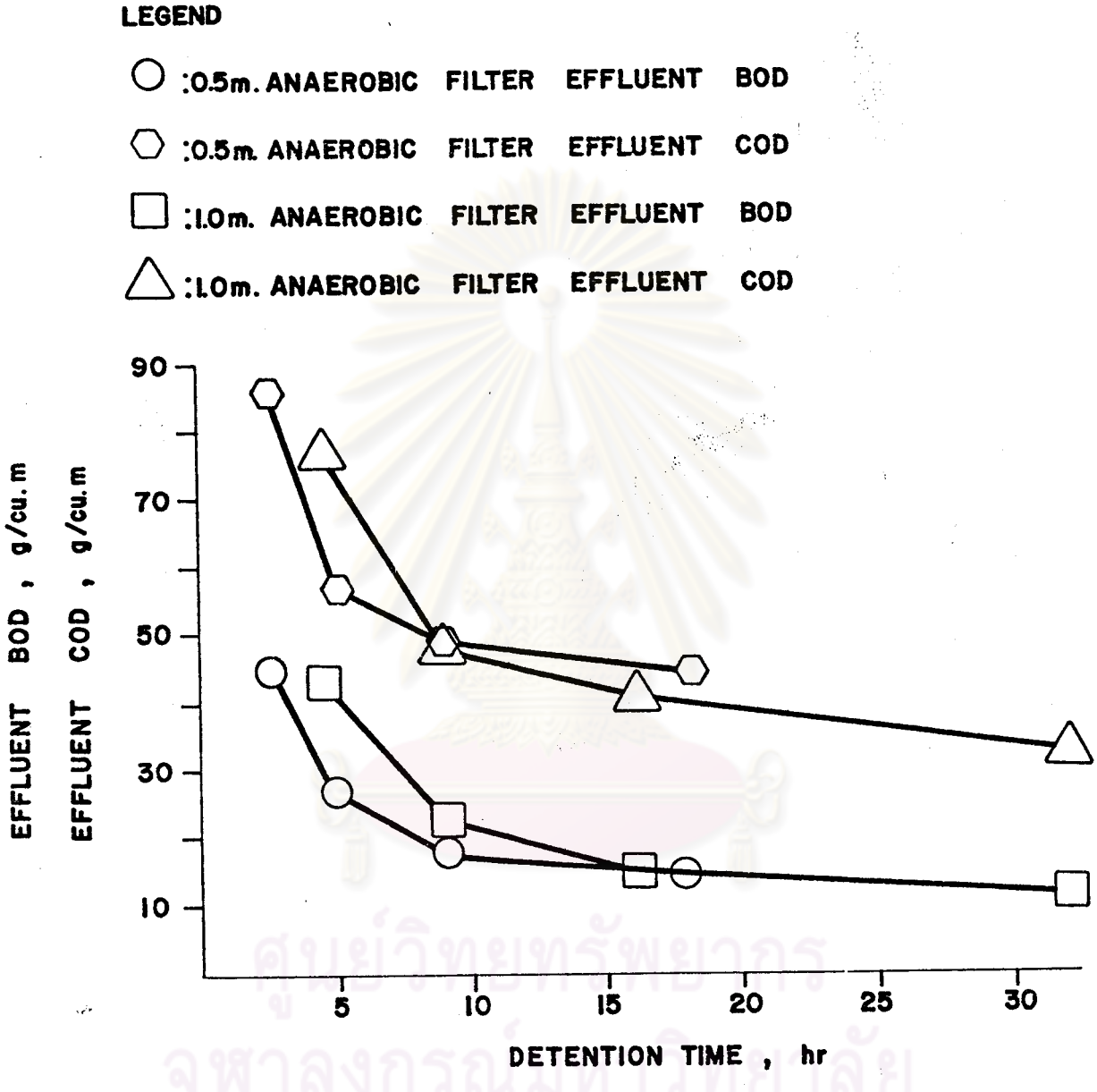

FIG. 4 – 9

EFFLUENT BOD & COD VERSUS DETENTION TIME

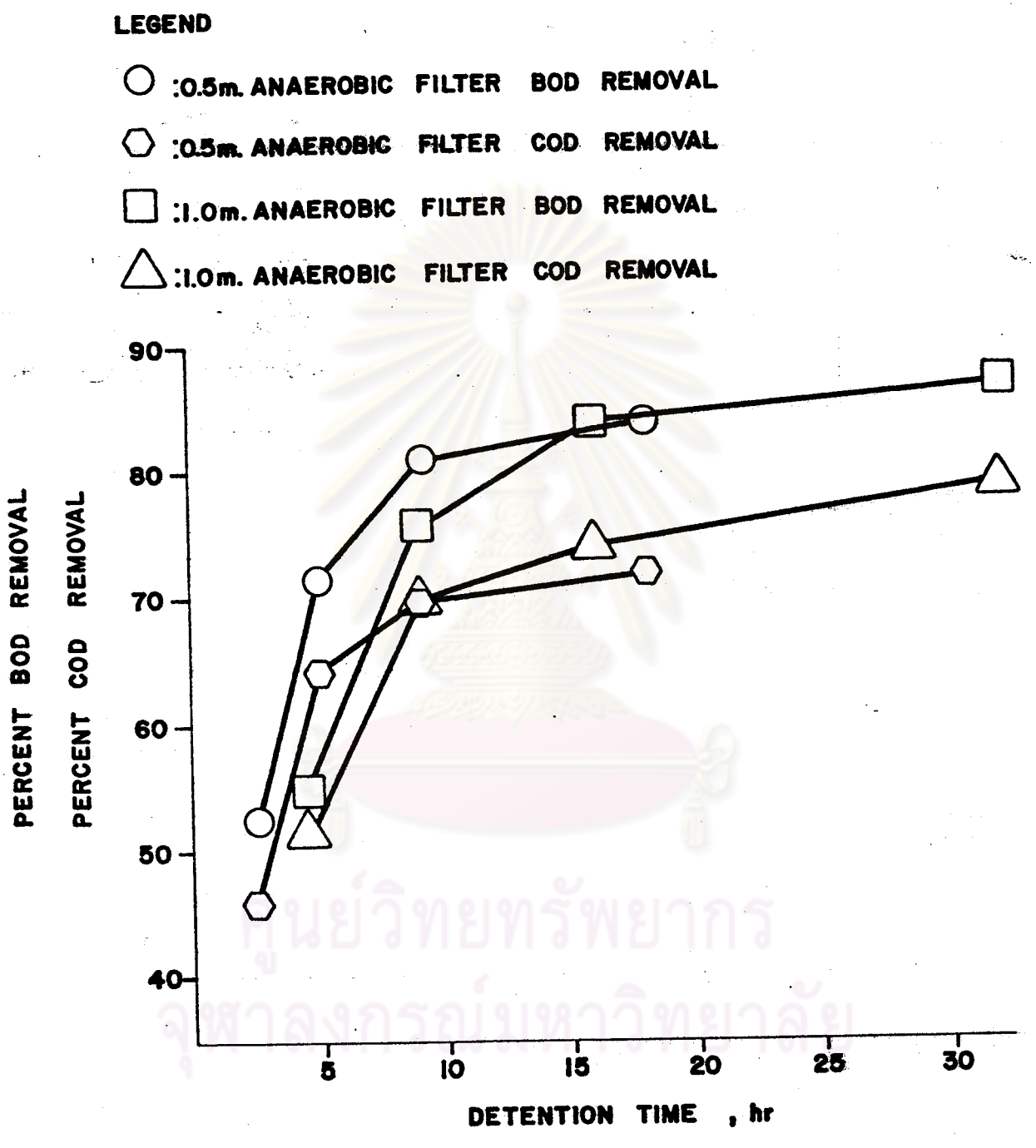

FIG. 4—10

BOD & COD REMOVAL VERSUS DETENTION TIME

รูป 4–10 แสดงถึงการลดบีโอดี และซีโอดีของถังกรองไร้อากาศลึก 0.5 ม. และลึก 1.0 ม. ในช่วงระยะเวลากักน้ำต่าง ๆ จะพิจารณาเห็นว่าช่วงระยะเวลากักน้ำนาน 15 ชม. ถังกรองทั้ง 2 จะลดบีโอดีประมาณ 84%, ลดซีโอดีประมาณ 72%, ระยะเวลากักน้ำนาน 10 ชม. ถังกรองลึก 0.5 ม. จะลดบีโอดีประมาณ 80%, ลดซีโอดีประมาณ 70%, ถังกรองลึก 1.0 ม. จะลดบีโอดีประมาณ 75%, ลดซีโอดีประมาณ 70% และระยะเวลากักนาน 5 ชม. ถังกรองลึก 0.5 ม. จะลดบีโอดีประมาณ 71%, ลดซีโอดีประมาณ 65% ถังกรองลึก 1.0 ม. จะลดบีโอดีประมาณ 58%, ลดซีโอดีประมาณ 53% ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าช่วงระยะเวลากักน้ำน้อยกว่า 15 ชม. การทำงานของถังกรองลึก 0.5 ม. จะมีประสิทธิภาพดีกว่าถังกรองลึก 1.0 ม.

4.5 <u>ตะกอนแขวนลอย และความขุ่นของน้ำที่ผ่านการกรอง</u> (Suspended Solid & Turbidity of Effluent)

จากรูปกราฟรูปที่ 4–11 และ 4–12 เป็นการบันทึกการเปลี่ยนแปลงของตะกอน–แขวนลอยของน้ำที่ผ่านการกรองอันเป็นผลเนื่องมาจากปริมาณการกรอง (Hydraulic – Loading) ของถังกรองไร้อากาศลึก 0.5 ม. และลึก 1.0 ม. จะเห็นได้ว่าที่ค่าปริมาณการกรองเดียวกัน ตะกอนแขวนลอยของน้ำที่ผ่านการกรองจากถังกรองไร้อากาศทั้ง 2 มีค่าใกล้เคียงกัน และค่าตะกอนแขวนลอยจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณการกรอง

สำหรับความขุ่นของน้ำที่ผ่านการกรองจากถังกรองทั้ง 2 ได้สรุปไว้ในตารางที่ 4–1 และ 4–2 จะเห็นได้ว่าที่ค่าประมาณการกรองเดียวกัน ค่าความขุ่นของน้ำผ่านการกรองจากถังกรองทั้ง 2 มีค่าใกล้เคียงกัน และค่าความขุ่นจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับค่าปริมาณการกรอง

ที่ค่าปริมาณการกรอง = 1.40 ลบ.ม./ตร.ม.–วัน ตะกอนแขวนลอยในน้ำที่ผ่านการกรองจะมีค่าประมาณ 18 – 24 ก./ลบ.ม. และความขุ่นจะมีความประมาณ 48–52

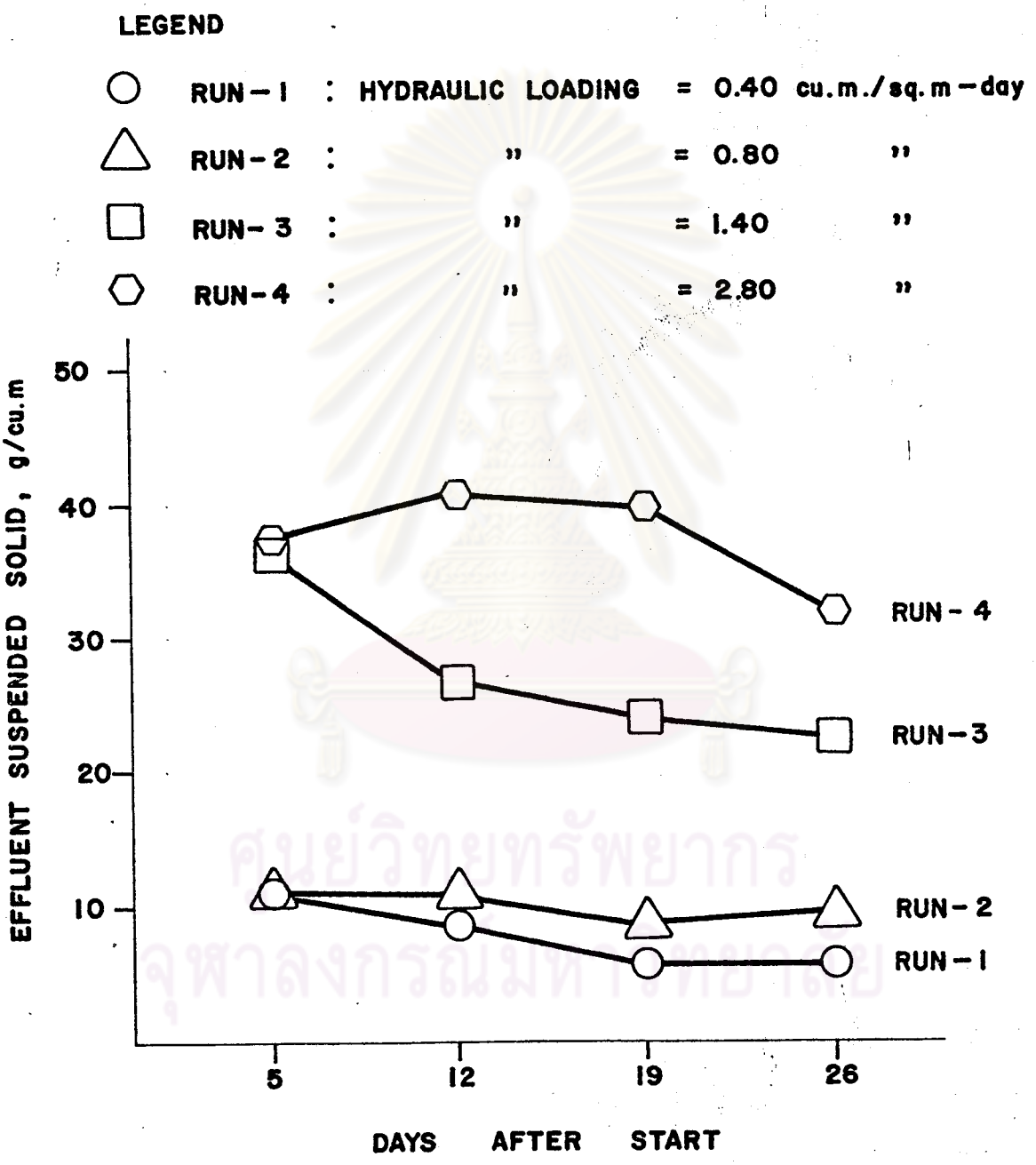

FIG. 4-11

VARIATIONS OF 0.5m. ANAEROBIC FILTER EFFLUENT

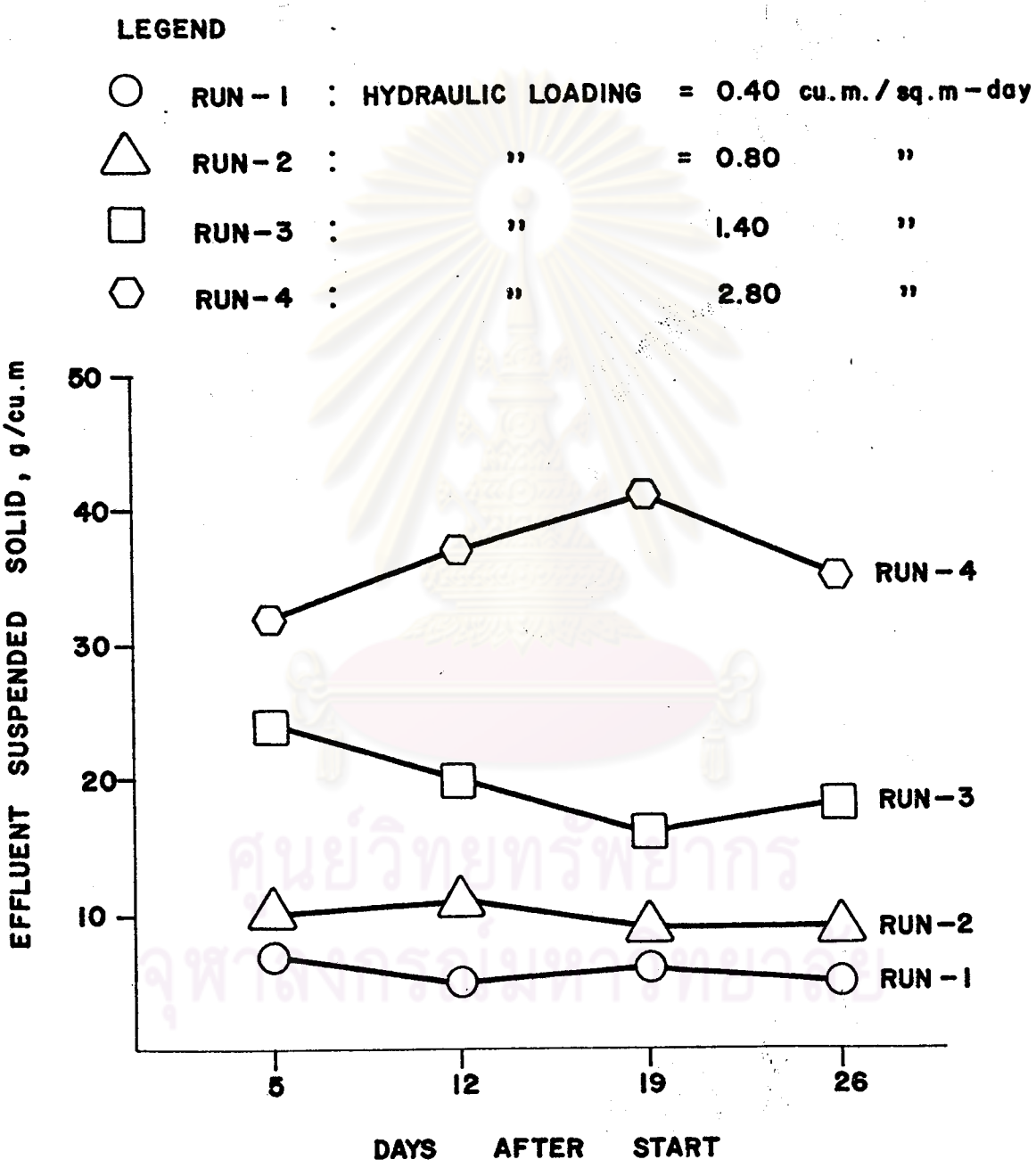

FIG. 4-12

VARIATIONS OF 1.0 m. ANAEROBIC FILTER EFFLUENT

4.6 พีเอช และความเป็นด่างของน้ำที่ผ่านการกรอง (pH & Alkalinity of Effluent)

จากรูปที่ 4–13 และ 4–14 เป็นการบันทึกการเปลี่ยนแปลงของพีเอชของน้ำที่ผ่านการกรองโดยถังกรองไร้อากาศลึก 0.5 ม. และ 1.0 ม. อันเป็นผลมาจากปริมาณการกรอง จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงพีเอชมีค่าน้อยมาก โดยที่พีเอชจะสูงขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จะอยู่ในช่วง 7.90–8.20 ที่ค่าปริมาณการกรอง = 0.40 ลบ.ม./ตร.ม.–วัน จะให้ค่าพีเอชประมาณ 8.15–8.20 แต่ที่ปริมาณการกรอง = 2.80 ลบ.ม./ตร.ม.–วัน จะให้ค่าพีเอชประมาณ 7.95 จะเห็นว่าพีเอชจะลดลงเมื่อค่าปริมาณการกรองเพิ่มขึ้น ทั้งนี้คงเนื่องมาจากปฏิกริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำโสโครกที่ค่าปริมาณการกรองต่ำจะเป็นไปอย่างสมบูรณ์กว่าที่ค่าปริมาณการกรองสูง ซึ่งปฏิกริยาการย่อยสลายมีการสูญเสีย CO_3^- และเกิด NH_4^+ มีผลต่อค่าพีเอชที่เปลี่ยนแปลงมากน้อยต่างกัน

ความเป็นด่างของน้ำที่ผ่านการกรองโดยถังกรองทั้ง 2 แสดงในตารางที่ 4–1 และ 4–2, จากการเปลี่ยนแปลงความเป็นด่างมีน้อยมาก จะมีค่าอยู่ระหว่าง 475–535 ก./ลบ.ม. ของ $CaCO_3$ ที่ค่าปริมาณการกรอง = 0.40 ลบ.ม./ตร.ม.–วัน จะได้ค่าความเป็นด่างของน้ำที่ผ่านการกรองประมาณ 530–535 ก./ลบ.ม. ของ $CaCO_3$ และที่ค่าปริมาณการกรอง = 2.80 ลบ.ม./ตร.ม.–วัน จะได้ค่าความเป็นด่างประมาณ 500–525 ก./ลบ.ม. ของ $CaCO_3$

4.7 กรดวอลาไทล์และแอมโมเนียไนโตรเจนของน้ำที่ผ่านการกรอง (Volatile Acid & Ammonia Nitrogen of Effluent)

Volatile Acid ของน้ำที่ผ่านการกรองโดยถังกรองไร้อากาศลึก 0.5 ม. และ 1.0 ม. แสดงในตารางที่ 4–1 และ 4–2, ค่า Volatile Acid จะเปลี่ยนแปลงตามค่าของปริมาณการกรอง เมื่อปริมาณการกรองเปลี่ยนแปลงสูงขึ้น ค่าของ Volatile Acid ก็จะเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นด้วยทั้งนี้เนื่องจากเมื่อปริมาณการกรองต่ำ การย่อยสลาย

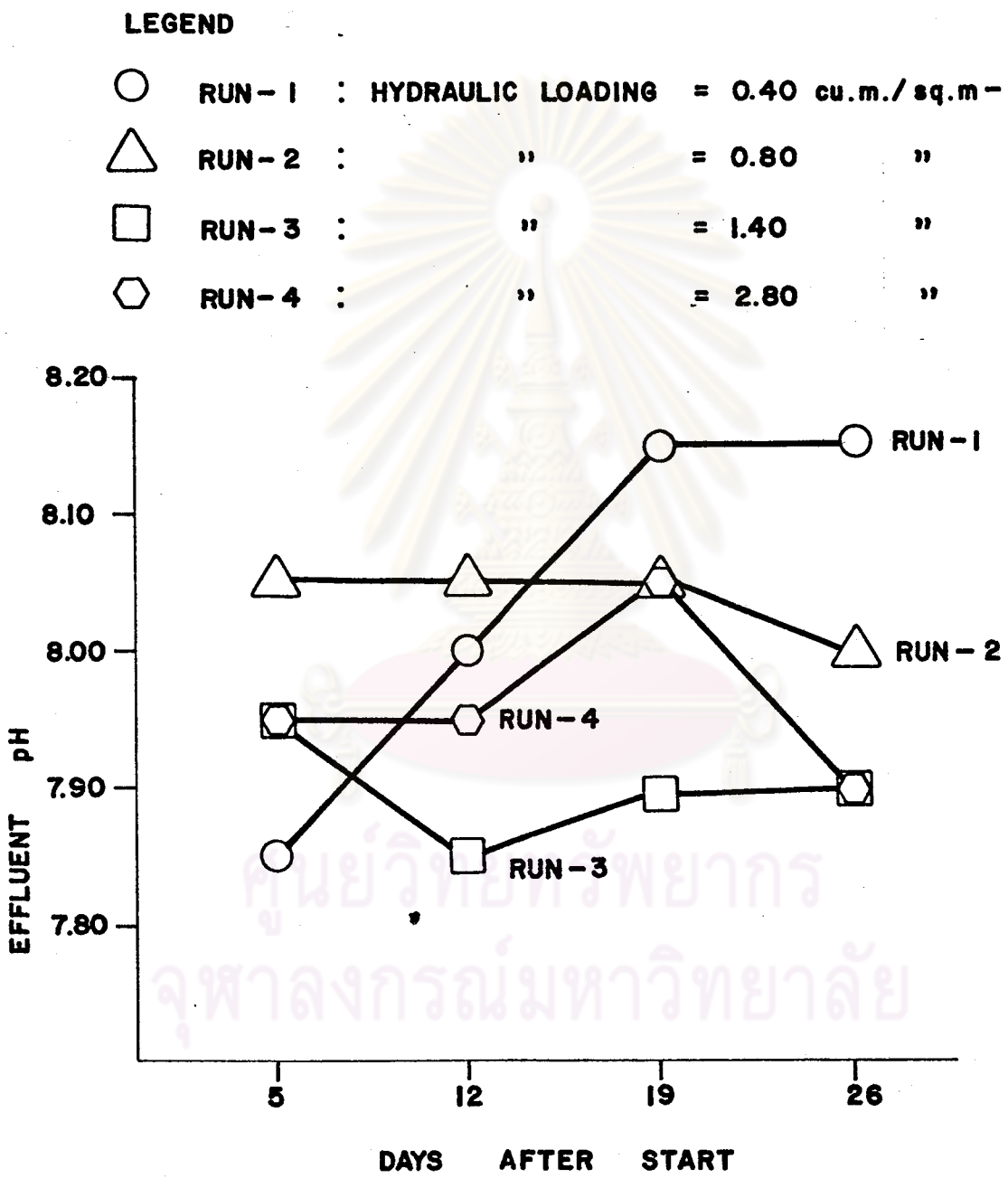

FIG. 4-13

VARIATIONS OF 0.5 m. ANAEROBIC FILTER EFFLUENT pH

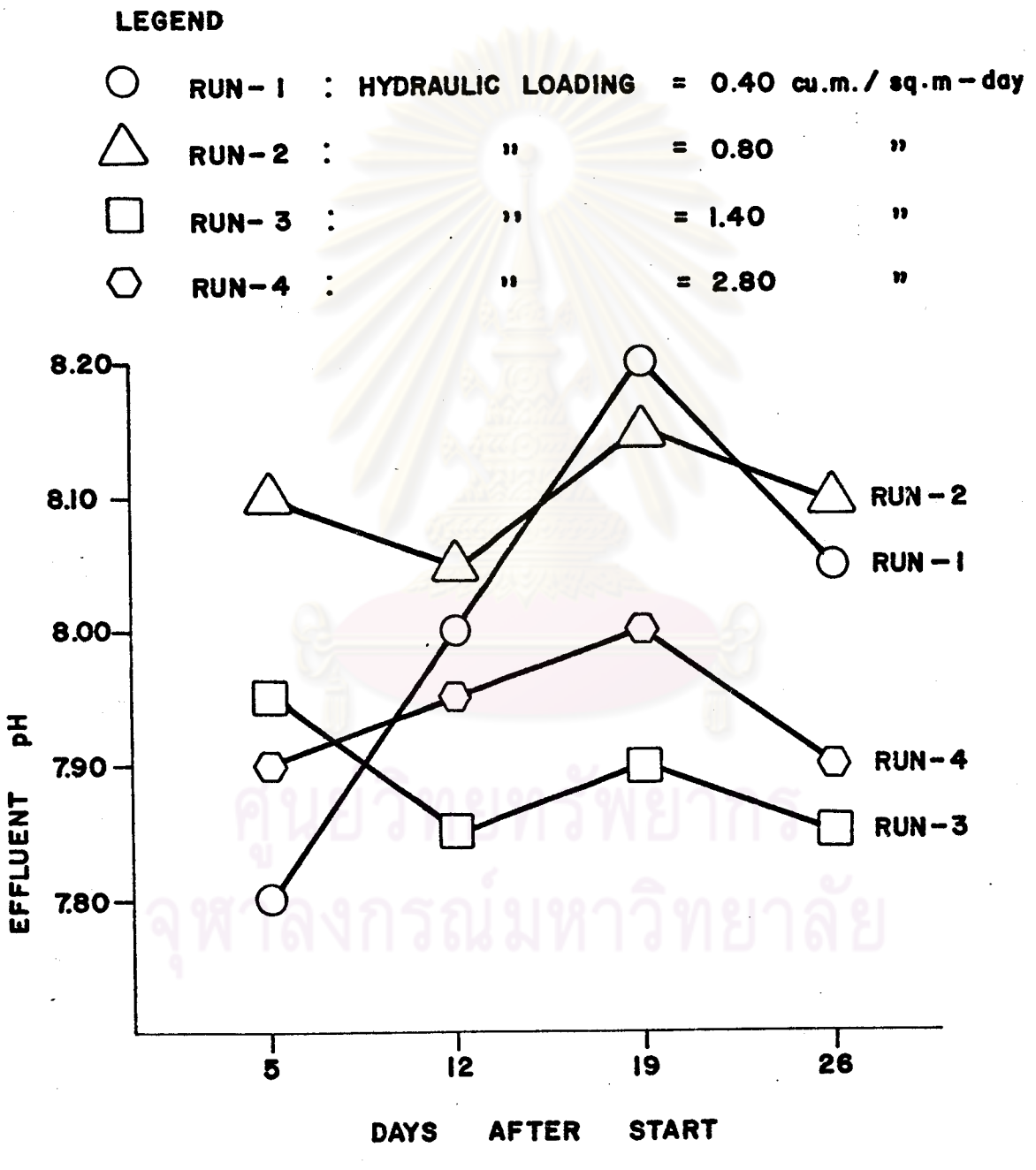

FIG. 4-14

VARIATIONS OF 1.0 m. ANAEROBIC FILTER EFFLUENT pH

การกรองมีค่าประมาณ 30–40 ก./ลบ.ม. ของ CH_3COOH และที่ปริมาณการกรอง 2.80 ลบ.ม./ตร.ม.–วัน Volatile Acid จะมีค่าประมาณ 91–95 ก./ลบ.ม. CH_3COOH

Ammonia Nitrogen ของน้ำที่ผ่านการกรองโดยถังกรองทั้ง 2 แสดงในตารางที่ 4–1 และ 4–2 ค่าของ Ammonia-N จะเปลี่ยนแปลงตามค่าของปริมาณการกรองเช่นกัน ที่ค่าปริมาณการกรอง 0.40 ลบ.ม./ตร.ม.–วัน จะทำให้น้ำที่ผ่านการกรองจะมีค่า Ammonia-N ประมาณ 42–44 ก./ลบ.ม. แต่เมื่อปริมาณการกรอง 2.80 ลบ.ม./ตร.ม.–วัน Ammonia-N มีค่าประมาณ 33–34 ก./ลบ.ม. การเปลี่ยนแปลงของ Ammonia-N จะเป็นปฏิภาคกลับกับค่าปริมาณการกรอง ทั้งนี้ก็เนื่องจากการย่อยสารอินทรีย์ซึ่งอยู่ในรูปของ Organic-N จะเปลี่ยนสภาพเป็น Ammonia-N และ Nitrogen เมื่อปริมาณการกรองต่ำ ปฏิกริยาทางชีวเคมีในการย่อยสลาย Organic-N เป็นไปได้สมบูรณ์กว่าเมื่อปริมาณการกรองต่ำ ทำให้มีค่า Ammonia-N สูงกว่า

4.8 <u>ระดับน้ำที่สูญเสีย</u> (Head Loss)

จากการทดลองจะพบว่าระดับน้ำที่สูญเสียจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับค่าปริมาณการกรองเป็นไปตาม Darcy's Law ผลจากการทดลองได้เสนอในตารางที่ 4–3

<u>ตารางที่ 4–3 ความสัมพันธ์ของระดับน้ำสูญเสีย (Head Loss) กับปริมาณการกรอง (Hydraulic Loading)</u>

ปริมาณการกรอง (ลบ.ม./ตร.ม.–วัน)	ระดับน้ำสูญเสีย (เมตร)	
	ถังกรองไร้อากาศลึก 0.5 ม.	ถังกรองไร้อากาศลึก 1.0 ม.
0.40	0.03	0.04
0.80	0.05	0.07

4.9 อุณหภูมิ

ในช่วงการทดลองระดับอุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 24–35 องศาเซ็นเซียส ซึ่งเป็นช่วงของอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย