บทที่ 2

บรรยายวรรณกรรมทางวิชาการ

2.1 ลักษณะของมูลปฏิกูลจากคน

WAGNER & LANOIX (1958) แสดงข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับมูลปฏิกูลของคนไว้ว่า ในบริเวณทวีปเอเชียปริมาณอุจจาระจะมีค่าประมาณ 200 – 400 กรัม/คน–วัน (น้ำหนักในสภาพเปียก) ในประเทศอินเดียจะมีค่าปริมาณอุจจาระประมาณ 400 กรัม/คน–วัน และปริมาณปัสสาวะรวมน้ำล้างประมาณ 2,300 กรัม/คน–วัน ในประเทศฟิลิปปินส์ปริมาณมูลปฏิกูลของอุจจาระและปัสสาวะมีค่าเฉลี่ยประมาณ 655 กรัม/คน–วัน

GOTAAS (1956) ได้รวบรวมข้อมูลปฏิกูลจากคนไว้ตามในตารางที่ 2–1

ตารางที่ 2–1 ปริมาณมูลปฏิกูลจากคน (GOTAAS, 1956)

ชนิดมูลปฏิกูล	ปริมาณ, หน่วย กรัม/คน–วัน	
	น้ำหนักในสภาพเปียก	น้ำหนักสภาพแห้ง
อุจจาระ	135 – 270	35 – 70
ปัสสาวะ	1,000 – 1,300	50 – 70
รวม	1,135 – 1,570	85 – 140

ในกรุงเทพฯ SUCHINT PHANAPAVUDHIKUL (1967) ได้รวบรวมข้อมูลของมูลปฏิกูลจากบ่อส้วมซึมและถังหมักและได้คาดคะเนข้อมูลปี 1977 ในเขตกรุงเทพจะมีปริมาณมูลปฏิกูลจากถังหมัก และบ่อส้วมซึมประมาณ 300,000 ลบ.ม./ปี คิดเฉลี่ยได้ 0.068 ลบ.ม./คน–ปี สำหรับส่วนที่เป็นน้ำ (sewage water) ในถังหมัก

ตารางที่ 2-2 คุณลักษณะต่าง ๆ ของส่วนน้ำ (Supernatant) ของมูลปฏิกูลในเขตกรุงเทพฯ (สุจินต์ 1967)

ชนิดของส่วนน้ำของมูลปฏิกูล (Supernatant)	pH	BOD ก./ลบ.ม.	COD ก./ลบ.ม.
ส่วนน้ำของกากตะกอนในถังหมัก (Septic Tank Supernatant)	7.47	745	4,833
ส่วนน้ำของอุจจาระและปัสสาวะ (Night Soil Supernatant)	7.17	677	3,772

TAKAHISHI & INAMI (1976) ได้สัมมนาอภิปรายในเรื่องน้ำโสโครกจากบ้านพักอาศัยได้กล่าวถึง ปริมาณและคุณลักษณะต่าง ๆ ของมูลปฏิกูลในประเทศญี่ปุ่นไว้ว่า มูลปฏิกูลอันเกิดจากอุจจาระ, ปัสสาวะ และรวมกระดาษชำระจะมีปริมาตรรวมประมาณ 1.2 ลบ.ดม./คน-วัน และมีคุณลักษณะต่าง ๆ ตามในตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 ปริมาณและคุณลักษณะต่าง ๆ ของมูลปฏิกูลจากคนในประเทศญี่ปุ่น (TAKAHISHI & INAMI, 1976)

คุณลักษณะ	ความเข้มข้น	ปริมาณ กรัม/คน-วัน
pH	7 - 9	-
BOD	13,500 ก./ลบ.ม.	16.2
SS	20,000 ก./ลบ.ม.	24
Total Residue on Evaporation	30,000 ก./ลบ.ม.	36
Total Nitrogen	5,000 ก./ลบ.ม.	6
Chloride	5,500 ก./ลบ.ม.	6.6
Phosphate	1,000 ก./ลบ.ม.	1.2
General Bacterial Population	10^4 - 10^{10} ต่อ ลบ.ซม.	-
Coliform Group	10^6 - 10^7 ต่อ ลบ.ซม.	-

2.2 คุณลักษณะของน้ำโสโครกจากบ้านพักอาศัย

TAKAHASHI & INAMI (1976) ได้รวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับน้ำโสโครกจากแหล่งชุมชนในประเทศญี่ปุ่น ซึ่งได้กำหนดขึ้นเป็นมาตรฐานไว้มีดังนี้ ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำโสโครกมีค่า 0.20 ลบ.ม./คน-วัน และมีค่าคุณภาพและคุณลักษณะต่าง ๆ ของน้ำโสโครกตามในตารางที่ 2-4 และ 2-5

ตารางที่ 2-4 มาตรฐานคุณภาพลักษณะน้ำโสโครกจากแหล่งชุมชนในประเทศญี่ปุ่น

(TAKAHASHI & INAMI, 1976)

คุณลักษณะ	ความเข้มข้น ก./ลบ.ม.	ปริมาณ กรัม/คน-วัน
Total Residue on Evaporation	550	110
Total Suspended Matter	200	40
Dissolved Matter	350	70
Volatile Matter	280	56
BOD	200	40
Total Nitrogen	40	8
Ammonia Nitrogen	24	4.8
Volatile Nitrogen	14	2.8
Chloride Ion	60	12

ตารางที่ 2-5 มาตรฐานปริมาณคุณภาพน้ำโสโครกของบ้านพักอาศัยในประเทศญี่ปุ่น

คุณลักษณะ	ปริมาณ, กรัม/คน-วัน
BOD	40 – 60

2.3 ระบบถังหมัก (Septic Tank System)

2.3.1 ถังหมัก เป็นระบบทำความสะอาดน้ำโสโครกเบื้องต้นสำหรับบ้านพักอาศัย หน้าที่ของถังหมักจะแยกเอากากตะกอนออกจากน้ำโสโครก กากตะกอนที่แยกตกตะกอนลงก้นถังจะเกิดปฏิกริยาทางชีวเคมีทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาพไร้อากาศ (Anaerobic Digestion) สำหรับส่วนที่เป็นน้ำจะไหลออกจากถังหมักเพื่อเข้าสู่ระบบกำจัดต่อไป

2.3.2 การออกแบบถังหมัก สิ่งเกี่ยวข้องที่ต้องพิจารณามีดังนี้

ก. ปริมาณน้ำโสโครกที่เข้าสู่ถังหมัก แยกออกได้ 2 กรณี คือ กรณีแรกมีเฉพาะน้ำโสโครกจากส้วมเข้าสู่ถังหมัก ค่าปริมาณน้ำโสโครกจะประมาณ 0.045 ลบ.ม./คน–วัน กรณีที่ 2 น้ำโสโครกทุกชนิดอันได้แก่ น้ำโสโครกจากส้วม จากอ่างล้างหน้า จากรูระบายน้ำที่พื้น จากอ่างล้างชาม จากการซักล้าง และอื่น ๆ ที่เกิดจากพฤติการของคน รวมไหลเข้าสู่ถังหมัก ค่าปริมาณน้ำโสโครกจะประมาณ 0.10 – 0.20 ลบ.ม./คน–วัน

ข. ปริมาณกากตะกอนที่สะสมในถังหมักเพื่อการย่อยสลายทางชีวเคมี อัตราการสะสมของกากตะกอนในถังหมักดังแสดงในตารางที่ 2–6

ตารางที่ 2–6 ปริมาณกากตะกอนที่สะสมในถังหมัก (KSHIRSAGAR, 1968)

ระยะเวลาสะสม, ปี	ปริมาณกากตะกอน, ลบ.ม./คน
1/2	0.028
1	0.050
2	0.070
3	0.085

ดังนั้นการออกแบบต้องพิจารณาถึงปริมาณน้ำโสโครกและปริมาณกากตะกอนที่สะสมสำหรับระยะเวลาของการสะสมตะกอนไม่ควรนานกว่า 3 ปี เพราะตะกอนจะจัดตัวเป็นก้อน–

2.3.3 การกำจัดน้ำโสโครกจากถังหมัก โดยมากจะเป็นวิธีให้ซึมลงสู่ดิน ซึ่งแยกออก 2 อย่างคือ

ก. บ่อซึม (Leaching Pit) ในประเทศไทยโดยทั่วไปนิยมใช้ถังคอนกรีตขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.80 – 1.00 ม. ความสูง 0.35 – 0.40 ม. ความหนา 0.03 ม. วางเรียงตั้งซ้อนกันในหลุมที่ขุดอาจจะใช้ลึก 1.20 – 1.60 ม. และอาจจะใช้อิฐหักหรือหินโรยรอบ ๆ นอกขอบถังคอนกรีตหนาประมาณ 0.30 ม. ซึ่งจะให้อัตราการซึมของน้ำดังนี้คือ สภาพดินที่น้ำซึมได้น้อย อัตราการซึมประมาณ 0.05 – 0.10 ลบ.ม./วัน สภาพดินที่น้ำซึมได้ปานกลาง อัตราการซึมประมาณ 0.15 – 0.30 ลบ.ม./วัน และสภาพดินที่น้ำซึมได้ดี อัตราการซึมประมาณ 0.30 – 0.50 ลบ.ม./วัน

ข. ร่องน้ำซึม (Leaching Trench or Tie Field Disposal) ลักษณะเป็นร่องดินขนาดความกว้าง 0.60 – 0.90 ม. ลึกจากผิวดิน 0.75 – 1.20 ม. แล้วใส่หินหรืออิฐหักรอบ ๆ ท่อส่งน้ำลึก 0.30 – 0.50 ม. ท่อส่งน้ำจะมีช่องว่างสำหรับให้น้ำผ่านออกมาเพื่อการซึม อัตราการซึมคิดต่อความยาวช่องมีดังนี้คือ ในสภาพดินที่น้ำซึมได้น้อย อัตราการซึมประมาณ 0.01 – 0.03 ลบ.ม./วัน–เมตร สภาพดินที่น้ำซึมปานกลาง อัตราการซึมประมาณ 0.02–0.04 ลบ.ม./วัน–เมตร และสภาพดินที่น้ำซึมได้ดี อัตราการซึมประมาณ 0.03–0.05 ลบ.ม./วัน–เมตร

2.3.4 การทำความสะอาดน้ำโสโครกจากถังหมัก มีวิธีการอยู่หลายวิธี ดังนี้ คือ

ก. Sub - surface Sand Fitter เป็นการทำความสะอาดน้ำโสโครกโดยใช้ทรายฝังไว้ในดินทำหน้าที่กรองน้ำโสโครกจากถังหมัก น้ำที่ผ่านการกรองแล้วมีคุณภาพดีพอที่จะระบายสู่ทางน้ำสาธารณะได้ SALVATO (1972) ได้ทำการทดลอง Subsurface Sand Filter กับน้ำโสโครกจากถังหมักซึ่งมีค่าบีโอดี = 140 ก./ลบ.ม. ได้ผลว่าน้ำผ่านการกรองแล้ว มีคุณภาพดังนี้คือ บีโอดี = 4 ก./ลบ.ม., โดยที่ใช้อัตราการกรองประมาณ 0.05–0.10 ลบ.ม./ตร.ม.-วัน

ค. Trickling Filter เป็นการทำความสะอาดน้ำโสโครก โดยจุลินทรีย์ที่เกาะตามหินเป็นตัวย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำโสโครกตามปฏิกริยาทางชีวเคมี ในสภาพใช้ออกซิเจนในอากาศ ข้อกำหนดในการทำงานสำหรับ Trickling Filter ขนาดเล็ก ๆ มีดังนี้คือ ค่าปริมาณการกรอง (Hydraulic Loading) = 0.25–0.50 ลบ.ม./ตร.ม.–วัน และค่าปริมาณบีโอดี (BOD Loading) = 0.06–0.09 กก./ลบ.ม.–วัน

ง. Extended Aeration เป็นวิธีการทำความสะอาดน้ำโสโครกขบวนการอย่างหนึ่งของ Activated Sludge มีข้อกำหนดการทำงานสำหรับงานขนาดเล็ก ๆ ดังนี้คือ ค่าปริมาณบีโอดี (BOD Loading) = 0.16–0.32 กก./ลบ.ม. ของถังเติมอากาศ ระยะเวลากักน้ำ = 24–48 ชม. และปริมาณอากาศที่จ่ายให้ = 150–300 ลบ.ม./กก. ของปริมาณบีโอดี

2.4 วิวัฒนาการและการศึกษาวิจัยถังกรองไร้อากาศ

YOUNG & McCARTY (1969) ได้ทำการศึกษาและวิจัยเรื่องถังกรองไร้อากาศ การวิจัยได้ใช้น้ำทิ้งเทียม 2 ชนิดคือ Protein-Carbohydrate Waste และ Volatile Acid Waste ผลจากการวิจัย พบว่าในสภาวะของ COD Loading เดียวกัน % การลดของค่าบีโอดีเป็นปฏิภาคโดยตรงกับค่าของความเข้มข้นซีโอดี หรือบีโอดีของน้ำทิ้งนั้น ๆ (รูปที่ 2–1) และสรุปผลการทดลองตามตารางที่ 2–7 และ 2–8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

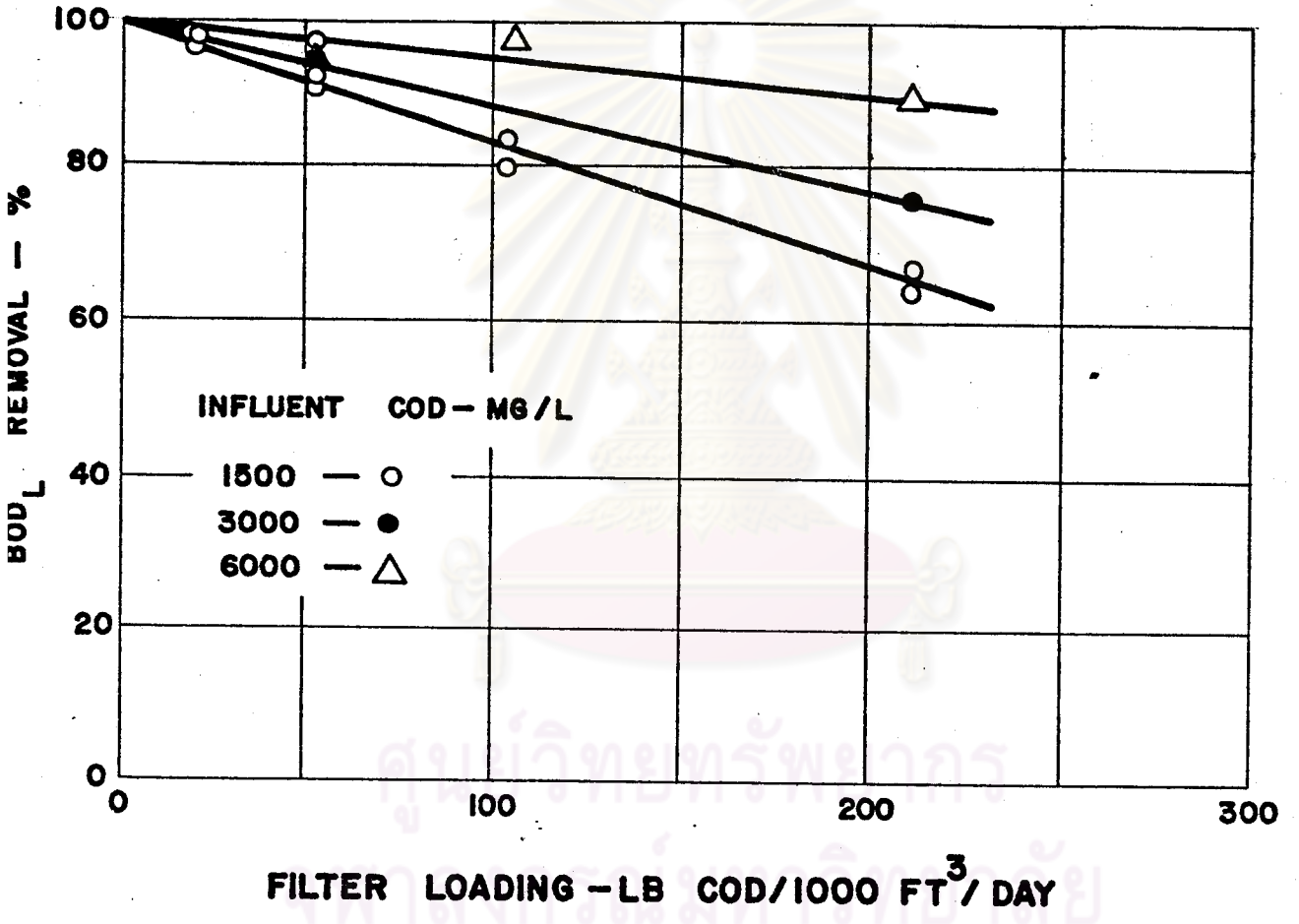


FIG. 2—1

Removal of soluble BOD_L from both the protein-carbohydrate and volatile acids wastes at various loadings and influent COD concen trations. (100 lb./1000 cu. ft.- day = 1.6 Kg/m^3- day), (YOUNG & McCARTY)

2-7 Results from the Treatment of Protein-Carbohydrate Waste (YOUNG & McCARTY, 1969)

ne of eady-tate cation days)	Theoretical Detention Time (hr)	Loading* (lb COD/ day/1,000 cu ft)	Effluent Quality					Percent Removal	
			Suspended Solids (g/cu.m.)	Volatile Acids (g/cu.m.)	Soluble BOD_L (g/cu.m.)	COD (g/cu.m.)		BOD_L	COD
						Soluble Organic	Total		
21	36	26.5	9	15	25	100	112	98.4	92.1
42	18	53	6	22	35	110	122	97.5	91.5
50	9	106	5	149	225	300	312	84.3	79.3
30	4.5	212	250	225	525	600	950	63.2	36.7
70	72	26.5	24	18	20	170	204	99.2	93.4
32	36	63	48	78	130	280	347	95.5	88.4
20	9	212	178	185	705	845	1105	75.4	63.0

: Lb COD/day/1,000 cu ft x 0.016 = kg/day/cu.m.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

E 2-8 Results from the Treatment of Volatile Acids Waste (After YOUNG & McCARTY, 1969)

Time of Steady-State Operation (days)	Theoretical Detention Time (hr)	Loading* (lb COD/ day/1,000 cu ft)	Effluent Quality				Percent Removal	
			Suspended Solids (g/cu.m)	Soluble BOD_L (g/cu.m)	COD (g/cu.m.)		BOD_L	COD
					Soluble Organic	Total		
50	36	26.5	3	20	20	24	98.7	98.4
36	18	53	3	135	135	139	90.8	90.5
56	9	106	3	310	310	310	79.4	79.0
40	4.5	212	4	470	470	476	68.7	68.4
140	72	26.5	4	36	36	42	99.0	98.5
22	36	53	7	230	230	240	92.4	92.0
23	36	106	11	124	124	139	97.8	97.7
35	18	212	16	772	772	794	87.0	86.9

: Lb COD/day/1,000 cu ft x o.o16 = kg/day/cu.m.

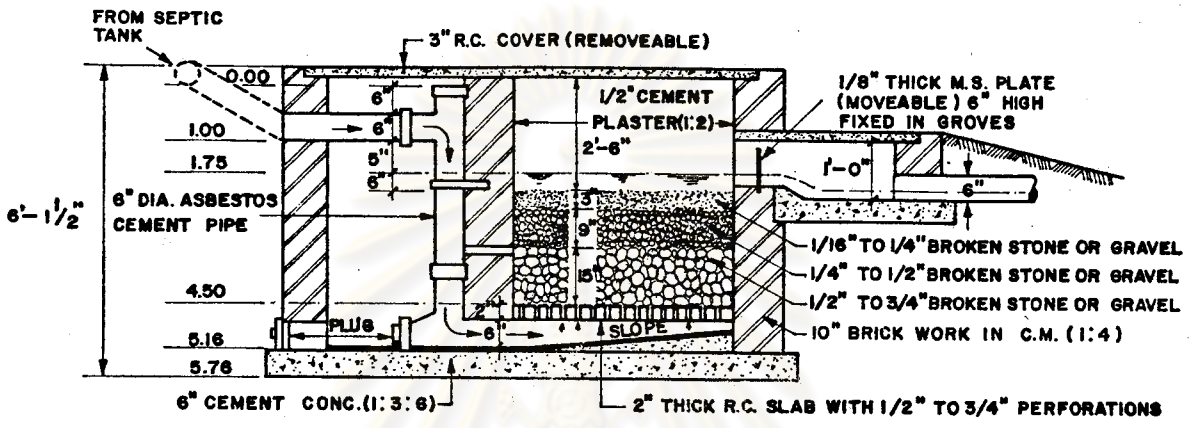
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุรพล สายพานิช (2518) ได้ทำการศึกษาและวิจัยถังกรองไร้อากาศในการทำความสะอาดน้ำทิ้งจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง ผลการวิจัยพบว่า ถังกรองไร้อากาศสามารถทำงานโดยรับปริมาณซีโอดี (COD Loading) ได้สูงถึง 4.0 กก./ลบ.ม.–วัน และสามารถลดซีโอดีได้ถึง 92% และพบอีกว่าถังกรองไร้อากาศทำงานได้ดีโดยไม่ต้องมีการควบคุมองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ค่าปริมาณซีโอดี 1.4 กก./ลบ.ม.–วัน ให้ค่าการลดซีโอดีได้ 94%

ไพพรรณ พรประภา และมั่นสิน ตัณฑุลเวศน์ (2519) ได้ทำการศึกษาและวิจัยถังกรองไร้อากาศสำหรับการทำความสะอาดน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำตาล จากผลการวิจัยพบว่า ถังกรองไร้อากาศสามารถรับปริมาณซีโอดีได้สูงถึง 5 กก./ลบ.ม.–วัน และให้ค่าการลดซีโอดีประมาณ 90% และยังพบอีกว่าความลึกของหินกรองที่ระดับ 0.30 ม. จะเป็นระดับที่ให้ค่าการลดซีโอดีได้สูง

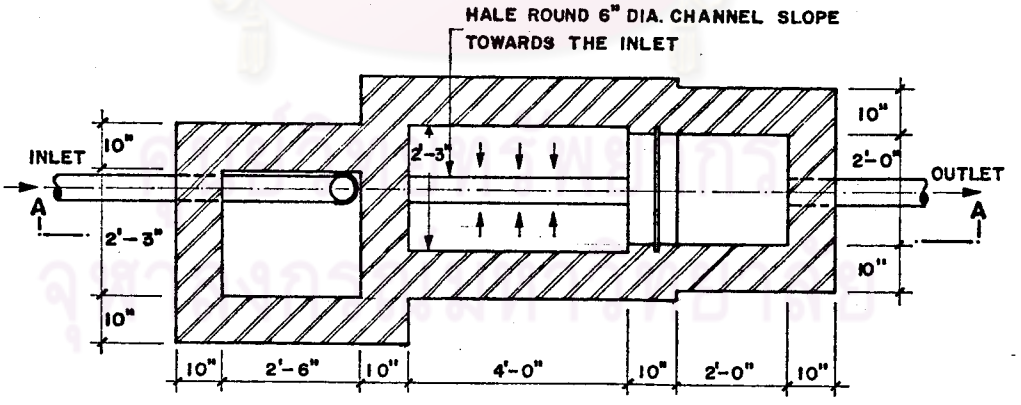
บุญส่ง ไข่เกษ (2519) ได้ทำการศึกษาและวิจัยถังกรองไร้อากาศสำหรับทำความสะอาดน้ำทิ้งจากโรงงานทำผักดองบรรจุกระป๋อง ผลจากการวิจัยพบว่า ถังกรอง–ไร้อากาศสามารถทำงานที่ค่าปริมาณซีโอดี 0.56–4.50 กก./ลบ.ม.–วัน จะให้ค่าของการลดซีโอดีประมาณ 84–92% หรือที่ปริมาณบีโอดี 0.40–3.11 กก./ลบ.ม.–วัน จะให้ค่าของการลดบีโอดีประมาณ 88–96% และพบอีกว่าขนาดของหินกรองที่ทำให้ถังกรองทำงานได้ดีคือ ขนาด 25–35 มม. (หินย่อยเบอร์ 2)

RAMAN & CHAKLADAR (1972) ได้ทำการศึกษาและเก็บข้อมูลของถังกรอง–ไร้อากาศในการทำความสะอาดน้ำโสโครกจากถังหมัก ทำการทดลองในประเทศอินเดีย โดยตั้งถังกรองไว้ 3 แห่ง คือที่ Mullickpur, Jalaghata และ Apurbapur ลักษณะรายละเอียดของถังกรองทั้ง 3 แห่ง ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2–2, 2–3 และ 2–4 ข้อมูลจากการศึกษาได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 2–9 ถังกรองที่ Mullickpur หลังจากการ



LONGITUDINAL SECTION (A – A)

035552.



PLAN

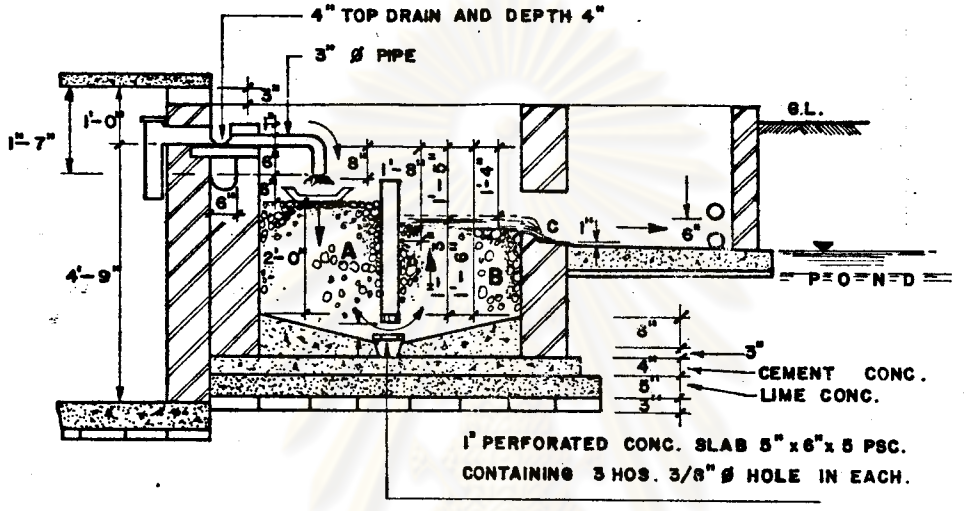
FIGURE 2 – 2 UPFLOW FILTER AT MULLICKPUR

(After V. RAMAN & N. CHAKLADAR)

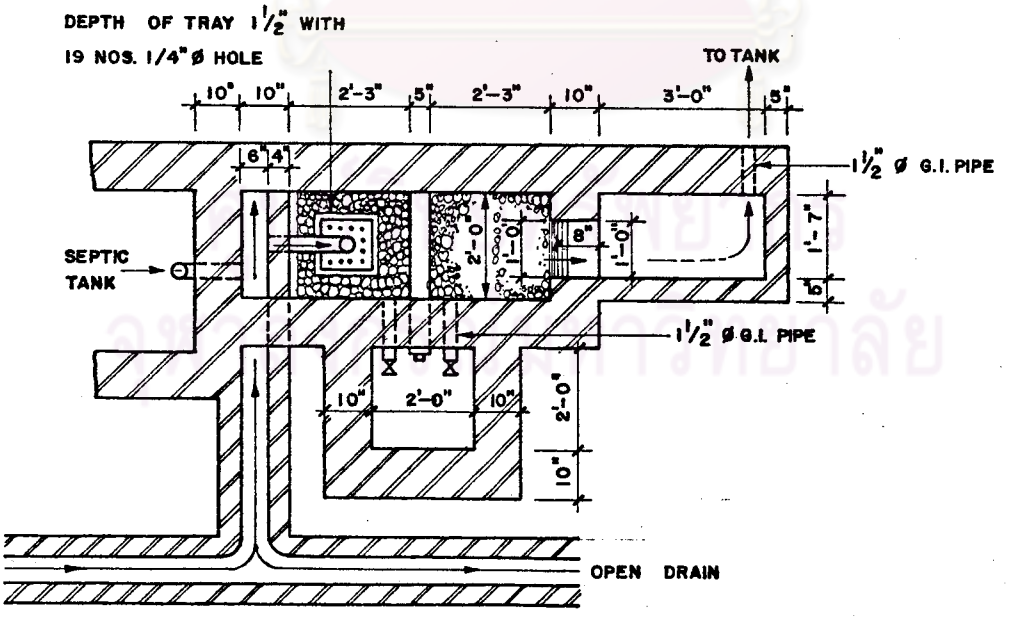
SCALE 3/8" = 1'-0"

MEDIA — STONE CHIPS

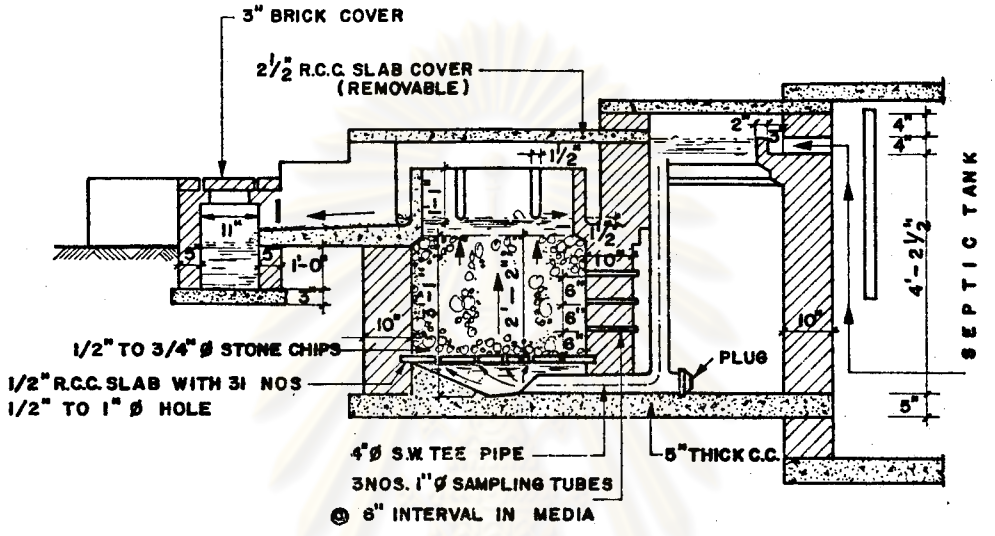
DEPTH 24" A = PASS 3/4" RETAIN 1/2"
" 15" B = PASS 1/2" RETAIN 1/4"
" 3" C = PASS 1/4" RETAIN 1/8"



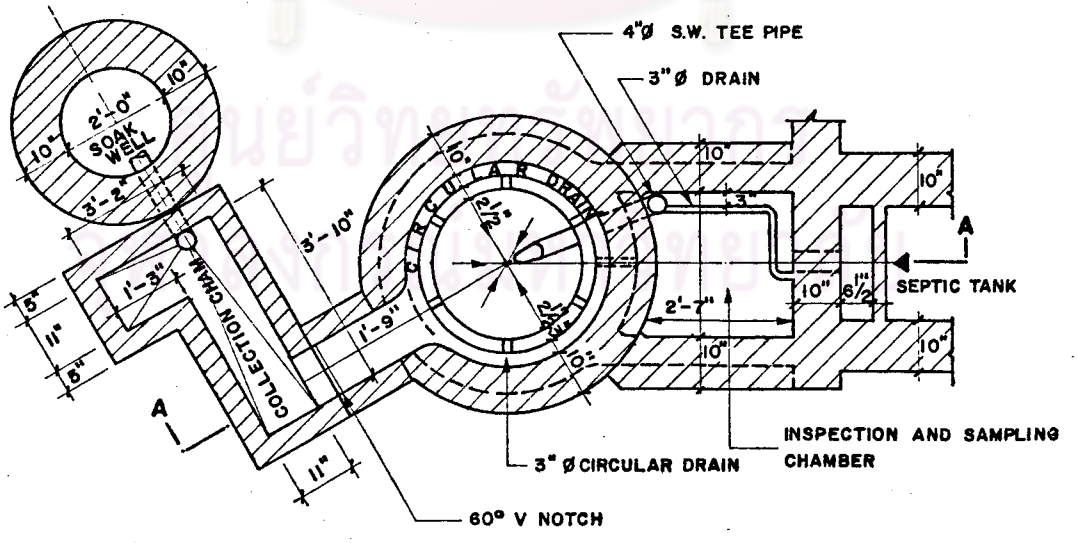
LONGITUDINAL SECTION



PLAN



LONGITUDINAL SECTION ON A A



PLAN

SCALE 1/2" = 1'-0"

TABLE 2-9 Performance Data for Filters (RAMAN & CHAKLADAR, 1972)

Mullickpur upflow			Jalaghata Downflow and Upflow			Apurbapur Upflow		
BOD	COD	SS	BOD	COD	SS	BOD	COD	SS
180-340	344-648	632-980	130-275	290-784	490-1,000	130-300	612-936	304-478
240	464	812	225	465	673	212	771	380
49.5	100.2	79.0	37.9	103.5	123	43.5	146	58.1
40-90	168-248	201-576	45-105	96-220	101-320	30-75	220-438	104-264
60.3	211	318	60.2	176	247	52.2	328.5	185.7
13.4	37.2	95.2	14.4	39.6	61.0	13.6	65.2	45.0
55-86	33-74	50-80	62-79.6	33-85.7	50-86.8	59.3-81.5	46.8-73.8	30-68
73.3	53.0	64.0	71.4	60.0	64.5	74.5	57.0	50.1
7.42	10.60	9.20	5.7	12.2	6.04	5.4	8.9	13.0
32	12	15	16	12	11	16	10	10
12/68-7/69	3/69-7/69	3/69-7/69	12/68-7/69	12/68-7/69	3/69-7/69	8/68-12/69	8/68-12/69	8/68-12/69

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2-10 ข้อมูลต่าง ๆ ของถังหมักในการทดลองที่ Mullickpur, Jalaghata & Apurbapur (RAMAN & CHAKLADAR, 1972)

สถานที่	จำนวนคน	ความจุถังหมัก ลบ.ม.	ปริมาณน้ำโสโครก ลบ.ม./วัน	น้ำโสโครกจากถังหมัก, ก./ลบ.ม
Mullickpur	10	2.80	0.045-0.057	240
Jalaghata	4	3.90	0.038	225
Apurbapur	8	2.20	0.045	212

RAMAN & CHAKLADAR (1972) ได้สรุปผลการทดลองและวิจัยของถังกรองทั้ง 3 แห่งไว้ว่า การลดบีโอดีจะมีค่าประมาณ 65-75%, บีโอดีของน้ำโสโครกก่อนเข้าสู่ถังกรองมีค่าประมาณ 170-240 ก./ลบ.ม. บีโอดีของน้ำโสโครกหลังจากผ่านถังกรองมีค่าประมาณ 35-70 ก./ลบ.ม., การลดซีโอดีจะมีค่าประมาณ 55-68%, ปริมาณการกรอง (Hydraulic Loading) ของถังกรองทั้ง 3 แห่ง มีค่าใกล้เคียงกับ Low-Rate Trickling Filter และขนาดของถังกรองในการออกแบบมีค่าประมาณ 0.042-0.058 ลบ.ม./คน

นอกจากนี้แล้ว RAMAN & CHAKLADAR (1972) ได้ทำการทดลองและวิจัยในห้องทดลอง โดยใช้ถังกรองรูปร่างเป็นท่อสี่เหลี่ยม ขนาด 0.10 x 0.10 ม. ใช้หินขนาด 12.5 มม. เป็นตัวกรอง สูง 0.75 ม. ใช้น้ำโสโครกจากถังหมักมีค่าบีโอดี = 290 - ก./ลบ.ม. ควบคุมค่าปริมาณการกรองไว้ที่ 3.2 ลบ.ม./ตร.ม.-วัน, ค่าปริมาณบีโอดี = 0.34 กก./ลบ.ม.-วัน ได้ผลการทดลองและวิจัยดังนี้ บีโอดีของน้ำโสโครกหลังจากผ่านถังกรองมีค่าประมาณ 67 ก./ลบ.ม. การลดบีโอดีมีค่าประมาณ 75%

RAMAN & KHAN (1978) ได้ทำการทดลองและวิจัยถังกรองไร้อากาศในการทำความสะอาดน้ำโสโครกจากบ้านพักอาศัย ทั้งการทดลองในห้องทดลองและในสนาม

TABLE 2-11 Performance of Laboratory Model Filter
Using Settled Sewage (After RAMAN & KHAN, 1978)
(Average Values)
Continuous flow rate - 0.03 cu.m/day
Detention time - 5 hours

Parameter		Inf.	E_1	E_3	Effl.	Efficiency %
BOD g/cu.m.	i)	120	37	29	24	80.0
	ii)	198	64	47	32	83.8
COD g/cu.m.	i)	267	102	80		
	ii)	256	126	92	74	71.0
Suspended solids g/cu.m.	i)	104	34	23	22	78.9
	ii)	120	38	29	17	85.8
Total solids g/cu.m.	i)	519	362	354	360	30.7
	ii)	574	423	400	308	46.4
NH_3- N g/cu.m.	i)	-	-	-	-	-
	ii)	42	57	52	52	
Turbidity (FTU)	i)	-	-	-	-	-
	ii)	74	27	15	11	85.1
Gas evolved g/cu.m.	i)	-	1.03		-	-
	ii)	-	1.24			

NOTES : i) = 37 observations during 5.1.76 to 22.7.76
ii) = 27 observations during 21.10.76 to 16.6.77
Inf. = Influent
E_1 = Effluent at depth 1 foot from bottom

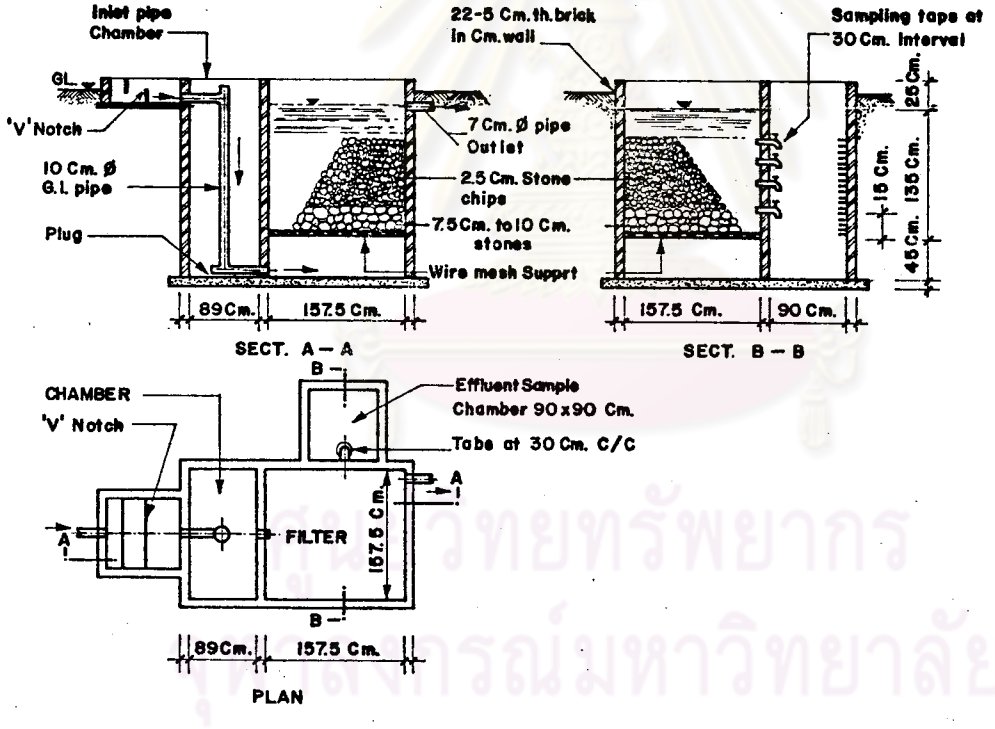


FIGURE. 2-5 PILOT UPFLOW (Anaerobic) FILTER., (After V. RAMAN & A.N KHAN)

TABLE 2-12 Performance of Field Filter Treating Raw Sewage

(After RAMAN & KHAN, 1978)

Duration of flow in a day - 9.5 hours

(Average Values)

Parameter	Inf.	Effl.	Efficiency in %
BOD g/cu.m.	i) 175	48	72.5
	ii) 210	43	79.5
Suspended solids g/cu.m.	i) 125	54	56.8
	ii) 172	22	88.5
Turbidity (FTU)	i) 100	27	73.0
	ii) 102	18	82.4
NH_3- N g/cu.m.	i) 38	44	-
	ii) 41	52	-

NOTES : Index

i) 15 observations during 10.8.77 to 8.2.77 at hydraulic loading of 0.570 cu.m./hour

ii) 11 observations during 25.2.77 to 5.8.77 at hydraulic loading of 0.422 cu.m./hour

Av. temp. of influent & effluent in i) 27.5°C

ในหนึ่งวัน ผลจากการทดลองและวิจัย RAMAN & KHAN ได้สรุปไว้ว่าถังกรองไร้อากาศในการทำความสะอาดน้ำโสโครกจากบ้านพักอาศัยสามารถถอดบีโอดีได้ประมาณ 70–80% บีโอดีของน้ำที่ผ่านการกรองมีค่าประมาณ 25–30 ก./ลบ.ม. ขนาดของหินกรองใช้ขนาด 19–25 มม. ความลึกของหินกรอง 0.75–1.20 ม. ปริมาณการกรองของถังกรองมีค่าประมาณ 3.4 ลบ.ม./ตร.ม.–วัน ปริมาณบีโอดีมีค่าประมาณ 0.34 กก./ลบ.ม.–วัน อุณหภูมิประมาณ 23–32.5 องศาเซ็นเซียส และถังกรองสามารถทำงานได้นาน 1.5–2 ปี โดยจะไม่มีการอุดตัน

2.5 <u>สภาวะองค์ประกอบที่มีผลต่อการทำงานของถังกรองไร้อากาศ</u>

2.5.1 <u>ปริมาณสารอินทรีย์</u> (Organic Loading) จากการวิจัยที่ผ่านมามักจะใช้ค่าของปริมาณซีโอดี (COD Loading) แทนค่าของปริมาณสารอินทรีย์

YOUNG & McCARTY (1969) ได้ทำการทดลองและวิจัยพบว่าที่ค่าของปริมาณซีโอดีค่าหนึ่ง การลดของความเข้มข้นซีโอดีจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับความเข้มข้นของซีโอดีของน้ำทิ้งนั้น

สุรพล สายพานิช (2518) ได้ทำการทดลองและวิจัยโดยใช้ระยะเวลากักน้ำ 24 ชม. คงที่ ค่าปริมาณซีโอดีจะแปรค่าตั้งแต่ 0.6–4.0 กก./ลบ.ม.–วัน ตามค่าของความเข้มข้นซีโอดีของน้ำทิ้งตั้งแต่ 1,250–8,500 ก./ลบ.ม. จะให้ค่าการลดซีโอดีเฉลี่ยประมาณ 94%

ไพพรรณ พรประภา และมั่นสิน ตัณฑุลเวศน์ (2519) ได้ทำการทดลองและวิจัยที่ค่าปริมาณซีโอดีสูงถึง 6 กก./ลบ.ม.–วัน ความเข้มข้นซีโอดีประมาณ 3,300 ก/ลบ.ม. จะให้ค่าการลดซีโอดีประมาณ 95%

บุญส่ง ไข่เกษ (2519) ได้ทำการทดลองและวิจัยโดยให้ค่าของระยะเวลากักน้ำคงที่ประมาณ 24 ชม. ค่าของปริมาณซีโอดีจะแปรค่าตั้งแต่ 0.56–3.38 กก./

RAMAN & CHAKLADAR (1972) ได้ทำการศึกษาและเก็บข้อมูลจากการทดลองโดยใช้น้ำโสโครกจากถังหมักมีค่าของความเข้มข้นบีโอดีประมาณ 170–240 ก./ลบ.ม. หรือค่าความเข้มข้นซีโอดีประมาณ 340–565 ก./ลบ.ม. ซึ่งลักษณะของน้ำโสโครกมีค่าความเข้มข้นซีโอดีต่ำ และให้ค่าปริมาณบีโอดี = 0.34 กก./ลบ.ม.–วัน จะให้ค่าการลดบีโอดีประมาณ 76%

2.5.2 <u>ปริมาณการกรอง</u> (Hydraulic Loading) จากการทดลองและวิจัยของ RAMAN & CHAKLADAR (1972) ได้ยึดถือข้อกำหนดของ Low-Rate Trickling Filter มาทดลองวิจัยถังกรองไร้อากาศในการทำความสะอาดน้ำโสโครกจากถังหมัก โดยใช้ค่าปริมาณการกรองประมาณ 3.2 ลบ.ม./ตร.ม.–วัน โดยที่บีโอดีของน้ำโสโครกประมาณ 290 ก./ลบ.ม. ผลจากการทดลองและวิจัยพบว่า การลดบีโอดีมีค่าประมาณ 76% บีโอดีของน้ำโสโครกที่ผ่านการกรองมีค่าประมาณ 67 ก./ลบ.ม. RAMAN & KHAN (1978) ก็ได้ยึดข้อกำหนดของ Low-Rate Trickling Filter เช่นกันในการทดลองและวิจัยถังกรองไร้อากาศกับน้ำโสโครกจากบ้านพักอาศัย โดยใช้ค่าปริมาณการกรอง 3.4 ลบ.ม./ตร.ม.–วัน บีโอดีของน้ำโสโครกมีค่าประมาณ 210 ก./ลบ.ม. ผลจากการทดลองพบว่า การลดบีโอดีมีค่าประมาณ 70–80% บีโอดีของน้ำโสโครกที่ผ่านการกรองมีค่าประมาณ 43 ก./ลบ.ม. ในกรณีที่น้ำทิ้งมีค่าความเข้มข้นบีโอดีหรือซีโอดีสูง ความสำคัญของค่าปริมาณการกรองจะมีน้อย ปริมาณบีโอดีหรือปริมาณซีโอดีจะให้ความสำคัญมากกว่า อย่างไรก็ตามค่าของปริมาณการกรองจะมีค่ามากกว่าค่า Solid Flux ของ Sludge Thickness ไม่ได้ ทั้งนี้ก็เนื่องจากการป้องกันมิให้ตะกอนไหลหลุดออกมาจากถังกรอง

2.5.3 <u>ระยะเวลากักน้ำ</u> (Detention Time) ผลอันเนื่องจากระยะเวลากักน้ำ YOUNG & McCARTY (1969) ได้ทำการทดลองและวิจัยโดยใช้น้ำทิ้งเทียม Protein-Carbohydrate มีความเข้มข้นซีโอดีประมาณ 1,500 ก./ลบ.ม. ใช้ระยะเวลากักน้ำตั้งแต่ 4.5–36 ชม. ได้ผลการทดลองดังนี้ ระยะเวลากักน้ำ 4.5 ชม. การลด

ความเข้มข้นซีโอดีของน้ำทิ้งแปรค่าตั้งแต่ 1,250–8,500 ก./ลบ.ม. ผลการทดลองการลดซีโอดีจะให้ค่าใกล้เคียงกันคือประมาณ 94% บุญส่ง (2519) ได้ทำการทดลองและวิจัยโดยกำหนดค่าระยะเวลากักน้ำไว้ที่ 24 ชม. เช่นกัน แต่ค่าความเข้มข้นซีโอดีแปรค่าตั้งแต่ 1,200–7,500 ก./ลบ.ม. ได้ผลการทดลองดังนี้ น้ำทิ้งที่ซีโอดีประมาณ 1,200–2,500 ก./ลบ.ม. จะให้ค่าการลดซีโอดีประมาณ 90% น้ำทิ้งซีโอดีประมาณ 5,000 ก./ลบ.ม. จะให้ค่าการลดซีโอดีประมาณ 84% และน้ำทิ้งซีโอดีประมาณ 7,500 ก./ลบ.ม. จะให้ค่าการลดซีโอดีประมาณ 77% นอกจากนี้ยังทำการทดลองโดยใช้ความเข้มข้นของน้ำทิ้งคงที่คือมีค่าซีโอดีประมาณ 5,000 ก./ลบ.ม. แต่แปรค่าระยะเวลากักน้ำตั้งแต่ 12–36 ชม. ได้ผลการทดลองดังนี้คือ เมื่อระยะเวลากักน้ำนาน 12 ชม. การลดซีโอดีประมาณ 71%, เมื่อระยะเวลากักน้ำนาน 24 ชม. การลดซีโอดีประมาณ 84% และเมื่อระยะเวลากักน้ำนาน 36 ชม. การลดซีโอดีประมาณ 87% การทดลองของ RAMAN & KHAN (1978) โดยใช้น้ำโสโครกจากบ้านพักอาศัย มีความเข้มข้นบีโอดีเพียง 120 ก./ลบ.ม. ใช้ระยะเวลากักน้ำนานเพียง 5 ชม. สามารถให้ค่าการลดบีโอดีได้ 80%

2.5.4 <u>ความลึกของตัวกลางกรอง</u> (Filter Media Depth)

จากการทดลองและวิจัยของYOUNG & McCARTRY (1969) พบว่าปฏิกริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ จะปรากฏที่ระยะความลึกประมาณ 0.30 ม. จากก้นของถังกรองมากกว่าระดับอื่น ค่าการลดซีโอดีที่ระดับความลึก 0.30 ม. นี้ จะมีค่าต่ำกว่าการลดซีโอดี หลังจากผ่านการกรองเพียงเล็กน้อย การทดลองและวิจัยของสุรพล (2518) และการทดลองวิจัยของไพพรรณและมั่นสิน (2519) ได้สรุปผลเช่นเดียวกันคือ การทำงานของถังกรองไร้อากาศในช่วงความลึก 0.30 ม. จากก้นถังกรองสามารถลดค่าซีโอดีได้อย่างมาก และเป็นช่วงความลึกของถังกรองที่ทำงานให้ค่าประสิทธิภาพสูงเกือบจะเท่าประสิทธิภาพความลึกรวมทั้งหมดของถังกรอง บุญส่ง (2519) ได้กล่าวถึงความลึกช่วง 0.15 ม. จากก้นถังกรองว่าเป็นระดับความลึกแรกที่ถังกรองได้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด หรือประมาณ 87%

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5.5 ขนาดของตัวกลางกรอง (Size of Filter Media) การทดลองของบุญส่ง (2519) เพื่อเปรียบเทียบการทำงานของถังกรองไร้อากาศที่ใช้ตัวกลางกรองต่างขนาด โดยใช้หินขนาด 25–35 มม. และ 45–55 มม. ผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพการทำงานของหินขนาด 25–35 มม. สามารถลดซีโอดีได้ประมาณ 71–92 % ในขณะที่หินขนาด 45–55 มม. สามารถลดซีโอดีได้เพียงประมาณ 20–84 % โดยที่ได้ทดลองภายใต้ปริมาณซีโอดี, ระยะเวลากักน้ำ และน้ำทิ้งชนิดเดียวกัน สำหรับค่าของตะกอนแขวนลอยในน้ำที่ผ่านการกรอง เมื่อใช้หินต่างชนิดกันค่าของตะกอนแขวนลอยจะมีค่าต่างกันไปด้วย หินขนาด 25–35 มม. จะมีค่าตะกอนแขวนลอยหลุดออกมา 85 ก./ลบ.ม. แต่หินขนาด 45–55 มม. จะให้ค่าตะกอนแขวนลอยหลุดออกมาสูงถึง 189 ก./ลบ.ม. โดยที่การทดลองอยู่ภายใต้การควบคุมเดียวกัน นอกจากนี้แล้วค่าของระยะเวลาเก็บกักตะกอน (Solid Retention Time) ของถังกรองที่ใช้หิน 25–35 มม. จะมีค่าสูงถึง 424 วัน แต่ของหิน 45–55 มม. จะมีค่าเพียง 65 วันเท่านั้น

2.5.6 ระดับน้ำที่สูญเสีย (Head Loss) สมการของ Darcy's Law ซึ่งกล่าวถึงการไหลของน้ำผ่านตัวกลางที่เป็นอนุภาคเม็ดเล็ก ๆ ไว้ดังนี้

$$v = Kh/l$$

$$h/l = v/K$$

จากสมการนี้ ได้มีการดัดแปลงเป็น Kozeny's Equation ใหม่คือ

$$h/l = \frac{kuv}{g\rho} \frac{(1-f)^2}{f^3} \left(\frac{s}{d}\right)^2$$

โดยที่ h = ระดับน้ำที่สูญเสีย (Head Loss)

l = ความหนาของตัวกลางกรอง (Depth of Bed)

k = ค่าประสิทธิของการซึมผ่าน (Kozeny Coefficient of Permeability)

f = ช่องว่างระหว่างเม็ดตัวกลางกรอง (Porosity)

u = ความหนืดของน้ำที่ผ่าน (Viscosity)

ρ = ความหนาแน่นของน้ำที่ผ่าน (Density)

v = ความเร็วของน้ำที่ไหลผ่าน (Velocity of Flow or Rate of Filtration or Hydraulic Loading)

จากสมการข้างบนจะพบว่ามีค่าตัวแปรต่าง ๆ เข้าเกี่ยวข้องอยู่มาก การที่จะคำนวณหาค่าระดับน้ำที่สูญเสียย่อมกระทำได้ยาก ดังนั้นวิธีที่ง่ายควรหาจากการทดลอง โดยกล่าวอ้างถึง Darcy's Law แรกเริ่มที่สรุปได้ว่าระดับน้ำที่สูญเสียย่อมเป็นปฏิภาคโดยตรงกับอัตราการกรอง หรือปริมาณการกรอง ดังนั้นจากการทดลองที่ค่า อัตราการกรองอันหนึ่ง ได้ค่าระดับน้ำที่สูญเสียอันหนึ่ง สัดส่วนของระดับน้ำที่สูญเสียกับอัตราการกรองย่อมได้เป็นค่าคงที่สำหรับถังกรองตัวนั้น

จากการวิจัยระดับน้ำที่สูญเสียในถังกรองไร้อากาศที่ผ่านมา RAMAN & CHAKLADAR (1972) พบว่าค่าระดับน้ำที่สูญเสียสูงสุดในถังกรองมีค่าประมาณ 0.20 ม. YOUNG & McCARTY (1969) ก็ได้กล่าวถึงค่าระดับน้ำที่สูญเสียในถังกรองไร้อากาศโดยทั่วไปควรจะมีค่าประมาณ 25 ถึง 75 มม. ทั้งนี้ขึ้นกับปริมาณของตะกอนที่สะสมในถังกรองว่ามีความหนาแน่นเท่าใด

2.5.7 อุณหภูมิ ระดับของอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับปฏิกริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาพไร้อากาศ McKINNEY (1962) ได้กล่าวว่าควรจะมีระดับอุณหภูมิ 33–37 องศาเซ็นเซียส และ ECKENFELDER (1970) ก็ได้สรุปไว้ว่าระดับอุณหภูมิ 32–38 องศาเซ็นเซียสเหมาะสำหรับปฏิกริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์เพื่อให้ได้ก๊าซมีเทน จากการวิจัยถังกรองไร้อากาศ ของ YOUNG & McCARTY (1969) ซึ่งควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 25 องศาเซ็นเซียส ถังกรองไร้อากาศสามารถทำงานได้ดี การวิจัยของสุรพล (2518) ไพพรรณและมั่นสิน (2519) และบุญส่ง (2519) ซึ่งทดลองในสภาพอุณหภูมิทั่วไปของประเทศไทย คือ 25–35 องศาเซ็นเซียส การทำงานของถังกรองไร้อากาศก็ดำเนินไป

2.5.8 พีเอช (pH) McKINNEY (1062) ได้อธิบายถึงการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาพไร้อากาศว่าระดับพีเอชไม่ควรต่ำกว่า 6.5 ECKENFELDER (1970) ก็ได้สรุปว่าระดับพีเอชสำหรับปฏิกริยาการย่อยสลายเพื่อให้เกิดก๊าซมีเทนจะมีค่า 6.4–7.8 สำหรับการทำงานของถังกรองไร้อากาศ สุรพล (2519) ได้ทดลองกับน้ำทิ้งจากโรงงานแป้งมันซึ่งมีค่าพีเอชประมาณ 3.9 หลังจากผ่านการกรองแล้ว ปรากฏว่าระดับพีเอชของน้ำที่ออกมามีค่าประมาณ 7 ไพพรรณและมั่นสิน (2519) ก็ได้ทดลองกับน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำตาล โดยปรับค่าพีเอชของน้ำทิ้งแปรค่าตั้งแต่ 4–8.5 หลังจากผ่านการกรองออกมาก็ปรากฏว่าน้ำจะมีพีเอชประมาณ 7–8 เสมอ เช่นเดียวกันกับบุญส่ง (2519) ซึ่งทดลองกับน้ำทิ้งโรงงานทำผักดองบรรจุกระป๋อง ค่าระดับพีเอชของน้ำทิ้งประมาณ 4.8 หลังจากผ่านการกรองออกมาค่าพีเอชจะมีค่าก็จะอยู่ระดับ 7–8 เช่นกัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ถังกรองไร้อากาศจะทำงานโดยรักษาสภาพพีเอชของมันให้มีค่าอยู่ระดับ 7–8 เสมอ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย