

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- จันทนา จันทโร และศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. การศึกษาความเป็นไปได้โครงการด้านธุรกิจและอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2534.
- ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์. การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดมาใช้ประโยชน์. เอกสารประกอบการบรรยายการฝึกอบรมเรื่อง เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียอย่างง่าย. 11-15 มกราคม 2536. ปทุมธานี: ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม, 2536.
- มันสิน ตัณฑุเลศม์. วิศวกรรมการประปา เล่ม 2. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2527.
- วันชัย วิจารณ์ และชอุ่ม พลอยมีค่า. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2534.
- สมพล บุญทานนท์ และครรชิต วงษ์แสงจันทร์. เทคโนโลยีเมมเบรนในการบำบัดน้ำเสียเพื่อการนำกลับมาใช้ใหม่. เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่อง เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมสู่ปัญหาภัยแล้ง. 30 มีนาคม 2537. กรุงเทพมหานคร: สหภาพวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2537.
- สมิทธิ์ ตุงคะสมิต และสุมาลี ไชยิตาพันธ์. การนำน้ำหมุนเวียนกลับมาใช้ในอาคารขนาดใหญ่: ปัญหาและอุปสรรค. เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่อง เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมสู่ปัญหาภัยแล้ง. 30 มีนาคม 2537. กรุงเทพมหานคร: สหภาพวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2537.
- สำนักปลัดกรุงเทพมหานคร. กองผังเมือง. ฝ่ายวิชาการ. รายงานการศึกษาการขออนุญาตปลูกสร้างอาคารในเขตกรุงเทพมหานคร. กรุงเทพมหานคร: ฝ่ายวิชาการ กองผังเมือง สำนักปลัดกรุงเทพมหานคร, 2534.



ภาษาอังกฤษ

- Applegate, L.E. Membrane separation process. Chem. Eng. 91 (1984): 84-89.
- Arceivala, S.J. Water reuse in India. In H.I. Shuval (ed.), Water renovation and reuse, New York: Academic Press, 1977
- Asano, T., Nagasawa, Y., Hayakawa, N., and Tamaru, T. On-site wastewater reclamation and reuse systems in commercial buildings and apartment complexes. Water reuse in the future : Proceeding of Water Reuse Symposium II, pp. 157-183. Aug. 23-28, 1981. Denver: AWWA Research Foundation, 1981.
- Cheremisinoff, P.N., and Morresi, A.C. Carbon adsorption applications. In P.N. Cheremisinoff and F. Ellerbusch (eds.), Carbon adsorption handbook, pp. 1-53. Michigan: Ann Arbor Science Publishers, 1978.
- Culp, R.L. Direct filtration. Journal AWWA 69 (1977): 375-378.
- Dawda, M.M., and Davidson, M.L. Granular media filtration of secondary effluent. Journal WPCF 50 (1978): 2143-2156.
- Desalination Systems. Reverse osmosis fundamentals : technical information. Escondido, CA.: Desalination Systems, Inc. (n.d.)
- Eykamp, W., and Steen, J. Ultrafiltration and reverse osmosis. In R.W. Rousseau (ed.), Handbook of separation process technology, pp. 826-839. New York: John Wiley & Sons, 1987.
- Kawamura, S. Integrated design of water treatment facilities. New York: John Wiley & sons, 1991.
- Lauer, W.C., Rogers, S.E., LaChance, A.M., and Nealay, M.K. Process selection for potable reuse: Health effects studies. Journal AWWA 83 (November 1991): 52-63.
- Lewinger, K.L., and Young, R.E. Reclaimed water in office high-rises. Implementing water reuse : Proceedings of Water Reuse Symposium IV, pp. 1351-1362. Aug. 2-7, 1987. Denver: AWWA Research Foundation, 1988.
- Metcalf and Eddy, Inc. Wastewater engineering : treatment, disposal, reuse. 3rd ed. New York: McGraw-Hill Book, 1991.
- Montgomery, J.M. Water treatment principle and design. New York: John Wiley & Sons, 1985.
- Rautenbach, R., and Albrencht, R. Membrane process. Translated by V. Cottrell. Chichester: John Wiley & Sons, 1989.
- Romicon. Ultrafiltration handbook. Massachusetts: Romicon, Inc., 1983.

- Sanki Engineering, Co.,Ltd. The MSR system for water regeneration and reuse. Tokyo: Sanki Engineering Co.,Ltd. (n.d.)
- Schulz, C.R., and Okun, D.A. Surface water treatment for communities in developing countries. New York: John Wiley & Sons, 1984.
- Shuval, H.I. Water renovation and reuse. New York: Academic Press, 1977.
- Slim, J.A., Devey, D.G., and Vail, J.W. The feasibility of tubular reverse osmosis for water reclamation on a large scale. Wat. Sci. Tech. 25 (1992): 299-318.
- Strathman, H. Water and wastewater treatment experience in Europe and Japan using ultrafiltration. In G. Belfort (ed.), Synthetic membrane process: fundamentals and water application, pp. 343-375. Orlando, Fla.: Academic Press, 1984.
- Water Pollution Control Federation. Water reuse : Manual of practice SM-3. Alexandria, VA: 1989.
- U.S. Environmental Protection Agency. Manual guidelines for water reuse. EPA/625/R-92/004. Washington, D.C.: EPA, 1992.
- Vigneswaren, S., Tam, D.M., Visvanathan, C., and Schulz, C.R. Water filtration technologies for developing countries. Environmental sanitation reviews 12 (December 1983): 35-39, 68-79, 96.
- _____, Vigneswaren, B., and Ben Aim, R. Application of microfiltration for water and wastewater treatment. Environmental sanitation reviews 31 (June 1991): 1-39.
- Young, R.E., Lewinger, K., and Zenk, R. Wastewater reclamation - Is it cost effective? Irvine Ranch Water District : a case study. Implementing water reuse : Proceedings of Water Reuse Symposium IV, pp. 55-64. Aug. 2-7, 1987. Denver: AWWA Research Foundation, 1988.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

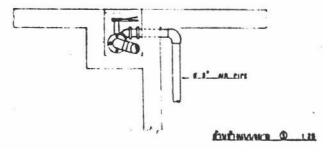
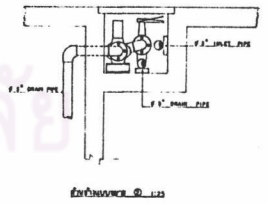
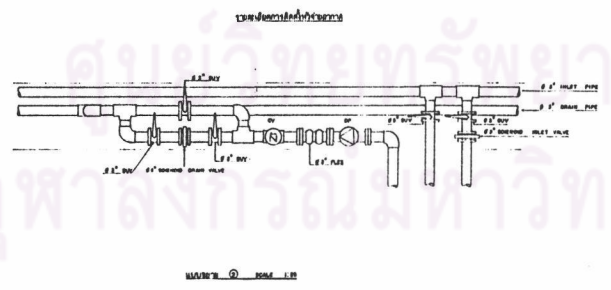
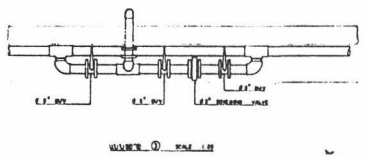
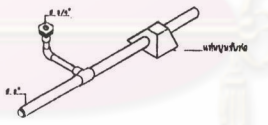
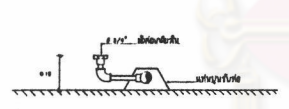
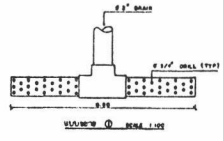
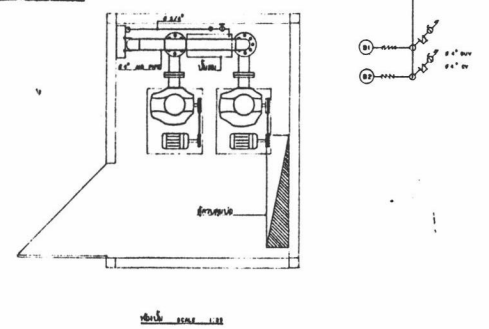
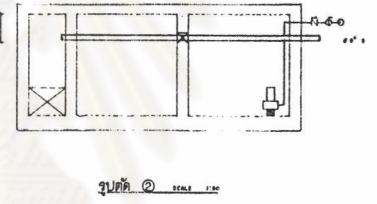
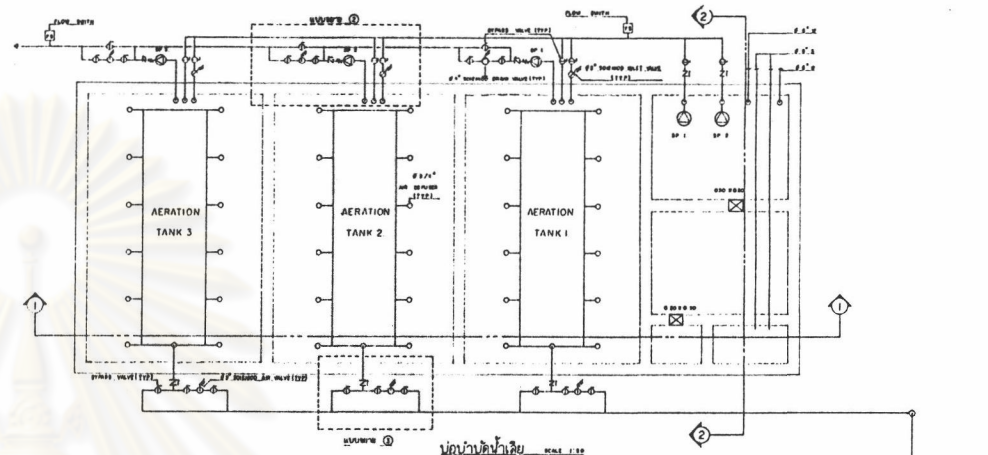
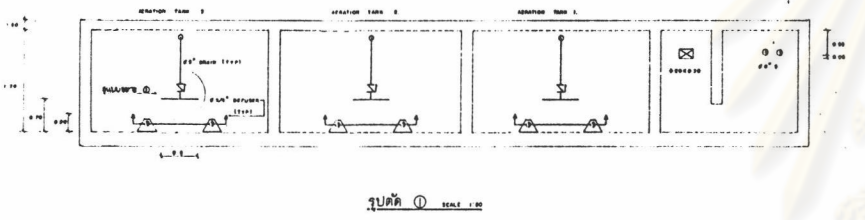
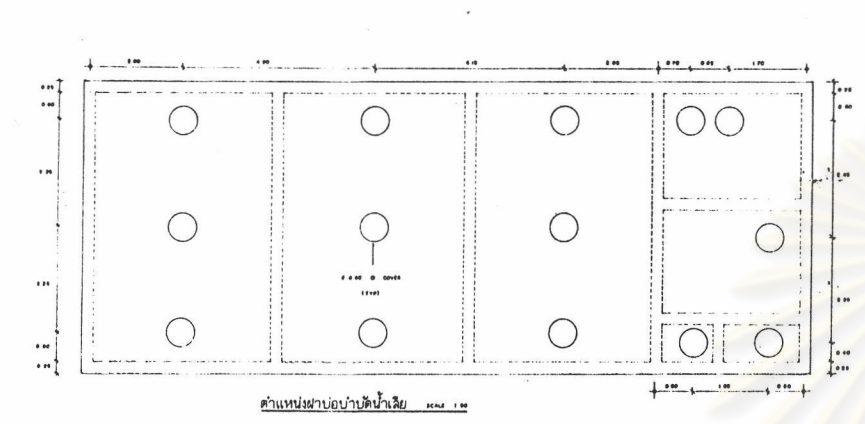
ข้อมูลทั่วไปของอาคารวิชชววรรณอพาร์ทเมนต์

อาคารวิชชววรรณอพาร์ทเมนต์ เป็นอาคารสำหรับเช่าพักอาศัยสูง 12 ชั้น มีจำนวนห้องพักทั้งสิ้น 250 ห้อง ซึ่งมีพื้นที่ใช้สอยประมาณ 30 ตารางเมตรต่อห้อง พื้นที่รวมของอาคารประมาณ 11,000 ตารางเมตร สามารถรองรับผู้พักอาศัยได้ทั้งหมดประมาณ 500 คน แต่ในช่วงระยะเวลา ระหว่างดำเนินการทดลองนั้นมีผู้เช่าอยู่ทั้งสิ้น 150 ราย จำนวนผู้พักอาศัยประมาณ 320 คน

ปริมาณการใช้น้ำของอาคารทั้งหมดประมาณ 125 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยในระหว่าง ดำเนินการทดลองปริมาณการใช้น้ำของอาคารอยู่ในช่วง 70 - 80 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ประกอบด้วย ปริมาณการใช้น้ำภายในห้องพักอาศัยประมาณ 90 % ของปริมาณการใช้น้ำทั้งหมด ส่วนที่เหลือจะใช้ ในการทำความสะอาดพื้นและรดน้ำต้นไม้ประมาณ 5 % และใช้เติมในสระว่ายน้ำอีกประมาณ 5 % อัตราการเก็บค่าน้ำประปาจากผู้เช่า 12.00 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

ระบบบำบัดน้ำเสียของอาคารวิชชววรรณอพาร์ทเมนต์เป็นระบบบำบัดแบบที่ละเท (Sequencing Batch Reactor, SBR) ประกอบด้วยบ่อเติมอากาศจำนวน 3 บ่อ ขนาดของบ่อแต่ละ บ่อเท่ากับ $3.875 * 5.75 * 2.20$ เมตร ปริมาณน้ำเสียที่บำบัดได้ประมาณ 20 ลูกบาศก์เมตรต่อเท รูปแบบของระบบบำบัดน้ำเสียแสดงในรูปที่ ก.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก.1 ระบบบำบัดน้ำเสียของอาคารวิศวกรรมอพาร์ทเมนท์

ภาคผนวก ข

รูปแสดงอุปกรณ์การทดลอง และข้อมูลการทดลอง



รูปที่ ข.1 ชุดอุปกรณ์การกรองตรง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
รูปที่ ข.2 ชุดอุปกรณ์การดูตติผิว
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รูปที่ ข.3 ชุดอุปกรณ์การกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

การทดลองชุดที่ 1 การบำบัดโดยกระบวนการกรองตรง
ปริมาณน้ำผลิตและน้ำล้างย้อน

RUN NO.	วันที่ทดลอง	น้ำผลิต			น้ำล้างย้อน		
		ปริมาณ (ลิตร)	เวลา (ชม.)	ลิตร/ชม	ปริมาณ (ลิตร)	เวลา (นาที)	ลิตร/นาที
1	21/9/38	210	16.17	12.99	45	25.08	1.79
2	22/9/38	335	24.00	13.96	50	30.00	1.67
3	24/9/38	148	10.50	14.10	35	25.13	1.39
4	25/9/38	330	24.00	13.75	55	41.00	1.34
5	27/9/38	248	18.00	13.78	32	21.95	1.46
6	28/9/38	330	24.00	13.75	48	32.07	1.50
7	29/9/38	317	21.75	14.57	40	28.43	1.41
8	3/10/38	244	15.50	15.74	50	40.42	1.24
9	5/10/38	346	23.00	15.04	50	40.17	1.24
10	8/10/38	362	24.00	15.08	44	25.68	1.71
11	9/10/38	175	11.67	15.00	43	28.48	1.51
12	10/10/38	140	9.25	15.14	34	21.15	1.61
13	12/10/38	111	7.67	14.47	55	40.00	1.38
14	14/10/38	107	7.00	15.29	50	38.00	1.32
15	18/10/38	358	24.00	14.92	51	33.00	1.55
16	19/10/38	360	24.00	15.00	48	28.00	1.71
17	20/10/38	273	24.00	11.38	55	45.00	1.22
18	22/10/38	350	24.00	14.58	55	40.00	1.38
19	23/10/38	360	24.00	15.00	52	45.00	1.16
20	25/10/38	361	24.00	15.04	65	50.00	1.30
21	26/10/38	361	24.00	15.04	60	47.00	1.28
22	28/10/38	360	24.00	15.00	60	48.00	1.25
23	30/10/38	355	24.00	14.79	54	45.00	1.20
24	31/10/38	355	24.00	14.79	60	50.00	1.20
25	2/11/38	350	24.00	14.58	48	42.00	1.14
ค่าเฉลี่ย		290	20.02	14.51	50	36.42	1.40
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		89.3	6.1	0.9	8.3	9.2	0.2
ค่าสูงสุด		362	24	15.74	65	50	1.79
ค่าต่ำสุด		107	7	11.38	32	21.15	1.14

การทดลองชุดที่ 1 การบำบัดโดยกระบวนการกรองตรง
ผลการวัดค่าพีเอช

การทดลองที่	พีเอช	
	น้ำเข้า	น้ำออก
1	7.2	7.2
2	6.8	7.0
3	7.0	7.3
4	7.7	7.7
5	7.6	7.5
6	7.7	7.8
7	7.2	7.4
8	7.4	7.4
9	7.1	7.0
10	7.0	7.0
11	6.7	7.1
12	7.3	7.5
13	7.7	7.8
14	7.1	7.0
15	6.5	6.9
16	6.6	6.8
17	7.2	7.2
18	7.5	7.4
19	6.9	7.0
20	7.1	7.0
21	7.1	7.1
22	7.2	7.4
23	6.9	7.0
24	7.3	7.3
25	7.2	7.2
ค่าเฉลี่ย	7.2	7.2
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.3	0.3
ค่าสูงสุด	7.7	7.8
ค่าต่ำสุด	6.5	6.8

การทดลองชุดที่ 1 การบำบัดโดยกระบวนการกรองตรง

ผลการวัดค่าสภาพนำไฟฟ้า

การทดลอง ที่	สภาพนำไฟฟ้า (mS/cm)		TDS (mg/l)		ประสิทธิภาพการกำจัด %
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	
1	0.453	0.453	290.4	290.4	0.0
2	0.404	0.404	259.0	259.0	0.0
3	0.475	0.407	304.5	260.9	14.3
4	0.391	0.432	250.6	276.9	error
5	0.406	0.396	260.3	253.8	2.5
6	0.381	0.380	244.2	243.6	0.3
7	0.374	0.363	239.7	232.69	2.9
8	0.350	0.334	224.4	214.10	4.6
9	0.369	0.351	236.5	225.0	4.9
10	0.405	0.400	259.6	256.4	1.2
11	0.443	0.423	284.0	271.2	4.5
12	0.456	0.521	292.3	334.0	error
13	0.528	0.552	338.5	353.8	error
14	0.509	0.482	326.3	309.0	5.3
15	0.380	0.425	243.6	272.4	error
16	0.393	0.423	251.9	271.2	error
17	0.365	0.369	234.0	236.5	error
18	0.411	0.378	263.5	242.3	8.0
19	0.428	0.381	274.4	244.2	11.0
20	0.373	0.416	239.1	266.7	error
21	0.382	0.382	244.9	244.9	0.0
22	0.382	0.360	244.9	230.8	5.8
23	0.365	0.377	234.0	241.7	error
24	0.373	0.373	239.1	239.1	0.0
25	0.402	0.384	257.7	246.2	4.5
ค่าเฉลี่ย	0.408	0.407	261.5	260.7	4.1
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.046	0.051	29.5	32.8	4.1
ค่าสูงสุด	0.528	0.552	338.5	353.8	14.3
ค่าต่ำสุด	0.350	0.334	224.4	214.1	0.0

การทดลองชุดที่ 1 การบำบัดโดยกระบวนการกรองตรง
ผลการวัดค่าความขุ่น

การทดลองที่	ความขุ่น (NTU)		ประสิทธิภาพการกำจัด %
	น้ำเข้า	น้ำออก	
1	4.8	3.3	32.3
2	6.0	3.3	45.0
3	8.5	3.6	57.6
4	4.5	3.5	22.2
5	2.9	1.8	39.7
6	5.6	2.0	64.3
7	8.0	2.5	68.8
8	3.8	1.6	59.2
9	6.3	1.8	71.4
10	4.5	2.6	42.2
11	12.0	5.5	54.2
12	14.0	5.4	61.4
13	15.0	8.1	46.0
14	8.0	5.4	32.5
15	2.6	1.5	42.3
16	2.3	1.0	56.5
17	2.2	1.5	31.8
18	4.4	2.5	43.2
19	3.3	2.0	39.4
20	2.6	1.7	34.6
21	3.2	1.7	46.9
22	2.5	1.6	36.0
23	1.6	1.4	12.5
24	2.7	1.6	40.7
25	2.9	1.5	48.3
ค่าเฉลี่ย	5.4	2.7	50.0
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	3.7	1.7	14.2
ค่าสูงสุด	15.0	8.1	71.4
ค่าต่ำสุด	1.6	1.0	12.5

การทดลองชุดที่ 1 การบำบัดโดยกระบวนการกรองตรง

ผลการวัดสี

การทดลองที่	สี (unit)		ประสิทธิภาพการกำจัด %
	นำเข้า	นำออก	
1	40	40	0.0
2	45	43	4.4
3	55	55	0.0
4	42	40	4.8
5	53	50	5.7
6	45	40	11.1
7	60	50	16.7
8	52	43	17.3
9	49	45	8.2
10	59	58	2.4
11	67	66	2.1
12	67	66	2.1
13	86	72	16.5
14	63	59	6.8
15	43	40	7.0
16	39	38	2.6
17	43	42	2.3
18	55	55	0.0
19	58	38	34.8
20	53	49	7.9
21	53	49	7.9
22	46	45	3.0
23	46	45	2.2
24	52	50	2.7
25	66	55	17.1
ค่าเฉลี่ย	53.5	49.2	8.0
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	10.8	9.4	7.9
ค่าสูงสุด	85.9	71.7	34.8
ค่าต่ำสุด	39.0	37.5	0.0

การทดลองชุดที่ 1 การบำบัดโดยกระบวนการกรองตรง

ผลการวัดค่าซีไอดี

การทดลองที่	ค่าซีไอดี (mg/l)		ประสิทธิภาพการกำจัด %
	น้ำเข้า	น้ำออก	
1	68.6	54.9	20.0
2	54.9	34.3	37.5
3	46.7	40.0	14.3
4	46.7	40.0	14.3
5	40.0	40.0	0.0
6	66.7	60.0	10.0
7	93.3	66.7	28.6
8	43.1	40.0	7.1
9	55.1	47.2	14.3
10	56.8	50.5	11.1
11	82.1	69.5	15.4
12	78.9	52.6	33.3
13	72.3	59.2	18.2
14	56.8	50.5	11.1
15	63.2	18.9	70.0
16	25.3	12.6	50.0
17	12.6	12.6	0.0
18	50.5	37.9	25.0
19	32.4	25.9	20.1
20	64.9	25.9	60.0
21	30.8	24.6	20.0
22	40.0	33.8	15.5
23	22.1	18.9	14.3
24	101.1	56.8	43.8
25	44.3	40.6	8.3
ค่าเฉลี่ย	54.0	40.6	24.8
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	21.8	16.3	17.7
ค่าสูงสุด	101.1	69.5	70.0
ค่าต่ำสุด	12.6	12.6	0.0

การทดลองชุดที่ 1 การบำบัดโดยกระบวนการกรองตรง

ผลการวัดค่าแอมโมเนีย

การทดลองที่	ปริมาณแอมโมเนีย (mg/l)		ประสิทธิภาพการกำจัด %
	น้ำเข้า	น้ำออก	
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8	19.67	17.54	10.8
9	19.58	18.57	5.2
10	21.22	20.06	5.5
11	25.57	23.84	6.8
12	24.1	22.51	6.6
13	22.02	21.11	4.1
14	20.97	18.13	13.5
15	4.36	1.47	66.3
16	4.52	2.34	48.2
17	4.49	3.77	16.0
18	6.58	5.12	22.2
19	6.43	6.06	5.8
20	6.99	4.73	32.3
21	5.07	4.29	15.4
22	4.07	3.9	4.2
23	3.74	3.07	17.9
24	5.02	3.71	26.1
25	4.31	2.96	31.3
ค่าเฉลี่ย	11.6	10.2	12.1
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	8.6	8.4	17.0
ค่าสูงสุด	25.6	23.8	66.3
ค่าต่ำสุด	3.7	1.5	4.1

การทดลองชุดที่ 1 การบำบัดโดยกระบวนการกรองตรง

ผลการวัดค่าไนเตรท

การทดลองที่	ปริมาณไนเตรท (mg/l)		ประสิทธิภาพการกำจัด %
	น้ำเข้า	น้ำออก	
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8	10.41	10.28	1.2
9	10.42	9.19	11.8
10	4.77	4.04	15.3
11	4.47	3.95	11.6
12	3.87	3.36	13.2
13	4.00	3.80	5.0
14	10.32	10.26	0.6
15	24.41	23.78	2.6
16	24.69	24.22	1.9
17	23.49	22.35	4.8
18	21.16	18.88	10.8
19	23.32	23.18	0.6
20	23.91	23.84	0.3
21	21.33	21.21	0.6
22	22.53	20.36	9.6
23	21.15	20.68	2.2
24	22.53	20.88	7.3
25	21.45	20.80	3.1
ค่าเฉลี่ย	16.6	15.8	4.8
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	8.2	8.1	5.1
ค่าสูงสุด	24.7	24.2	15.3
ค่าต่ำสุด	3.9	3.4	0.3

การทดลองชุดที่ 1 การบำบัดโดยกระบวนการกรองตรง
ผลการวัดค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด

การทดลองที่	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/l)		ประสิทธิภาพการกำจัด %
	น้ำเข้า	น้ำออก	
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8	1.7	1.5	11.1
9	1.9	1.2	40.1
10			
11			
12	2.9	2.6	10.5
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20	2.8	2.8	0.0
21			
22			
23			
24	5.9	3.2	44.7
25	5.2	4.5	14.9
ค่าเฉลี่ย	3.4	2.6	23.5
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.7	1.2	18.0
ค่าสูงสุด	5.9	4.5	44.7
ค่าต่ำสุด	1.7	1.2	0.0

การทดลองชุดที่ 2 การบำบัดโดยกระบวนการดูดติดผิว
ปริมาณน้ำผลิตและน้ำล้างย้อน

RUN NO.	วันที่ทดลอง	น้ำผลิต			น้ำล้างย้อน		
		ปริมาณ (ลิตร)	เวลา (ชม.)	อัตราผลิต	ปริมาณ (ลิตร)	เวลา (นาที)	อัตราล้างย้อน
1	11/11/38	75	24	3.13	25	24	1.04
2	14/11/38	90	26	3.46	28	45	0.62
3	16/11/38	80	24	3.33	35	60	0.58
4	18/11/38	93	24	3.88	20	30	0.67
5	20/11/38	98	24	4.08	20	22	0.91
6	22/11/38	100	24	4.17	15	20	0.75
7	23/11/38	88	24	3.67	21	25	0.84
8	25/11/38	95	24	3.96	20	25	0.80
9	26/11/38	98	24	4.08	25	30	0.83
10	28/11/38	100	24	4.17	24	26	0.92
11	29/11/38	92	24	3.83	25	27	0.93
12	1/12/38	92	24	3.83	26	25	1.04
13	4/12/38	91	24	3.79	25	24	1.04
14	5/12/38	89	24	3.71	28	27	1.04
15	6/12/38	100	24	4.17	24	28	0.86
16	8/12/38	100	24	4.17	25	28	0.89
17	10/12/38	102	24	4.25	25	23	1.09
18	11/12/38	99	24	4.13	25	27	0.93
19	13/12/38	92	23.25	3.96	25	25	1.00
20	14/12/38	86	21	4.10	29	28	1.04
21	15/12/38	102	25.75	3.96	25	24	1.04
22	17/12/38	96	24	4.00	23	20	1.15
23	19/12/38	99	24	4.13	22	20	1.10
24	20/12/38	100	24	4.17	20	20	1.00
25	22/12/38	110	24	4.58	20	20	1.00
	ค่าเฉลี่ย	94.7	24	3.9	24	26.9	0.9
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	7.5	0.8	0.3	3.9	8.6	0.2
	ค่าสูงสุด	110.0	26.0	4.6	35.0	60.0	1.2
	ค่าต่ำสุด	75.0	21.0	3.1	15.0	20.0	0.6

การทดลองชุดที่ 2 การบำบัดโดยกระบวนการดูดติดผิว
ผลการวัดค่าพีเอช

การทดลองที่	พีเอช	
	น้ำเข้า	น้ำออก
1	5.8	7.7
2	5.9	7.2
3	6.0	7.2
4	6.3	7.1
5	6.6	7.3
6	6.7	7.3
7	6.9	7.30
8	6.9	7.10
9	7.0	7.2
10	7.1	7.4
11	6.5	7.1
12	6.5	7.2
13	6.8	7.1
14	6.5	7.3
15	6.8	6.9
16	6.8	7.1
17	6.6	7.0
18	6.8	7.0
19	6.8	7.2
20	6.8	7.1
21	6.6	6.8
22	6.7	7.0
23	6.9	7.2
24	6.7	7.1
25	6.7	7.2
ค่าเฉลี่ย	6.6	7.2
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.3	0.2
ค่าสูงสุด	7.1	7.7
ค่าต่ำสุด	5.8	6.8

การทดลองชุดที่ 2 การบำบัดโดยกระบวนการดูดติดผิว
ผลการวัดค่าสภาพนำไฟฟ้า

การทดลอง ที่	สภาพนำไฟฟ้า (mS/cm)		TDS (mg/l)		ประสิทธิภาพการกำจัด %
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	
1	0.353	0.310	226.3	198.7	12.2
2	0.365	0.343	234.0	219.9	6.0
3	0.404	0.390	259.0	250.0	3.5
4	0.387	0.360	248.1	230.8	7.0
5	0.375	0.339	240.4	217.3	9.6
6	0.372	0.365	238.5	234.0	1.9
7	0.398	0.347	255.1	222.44	12.8
8	0.433	0.427	277.6	273.72	1.4
9	0.388	0.373	248.7	239.1	3.9
10	0.355	0.353	227.6	226.3	0.6
11	0.367	0.364	235.3	233.3	0.8
12	0.422	0.410	270.5	262.8	2.8
13	0.461	0.451	295.5	289.1	2.2
14	0.445	0.432	285.3	276.9	2.9
15	0.472	0.461	302.6	295.5	2.3
16	0.488	0.466	312.8	298.7	4.5
17	0.454	0.453	291.0	290.4	0.2
18	0.494	0.496	316.7	317.9	error
19	0.440	0.438	282.1	280.8	0.5
20	0.414	0.411	265.4	263.5	0.7
21	0.419	0.406	268.6	260.3	3.1
22	0.450	0.434	288.5	278.2	3.6
23	0.448	0.442	287.2	283.3	1.3
24	0.505	0.498	323.7	319.2	1.4
25	0.480	0.472	307.7	302.6	1.7
ค่าเฉลี่ย	0.424	0.410	271.5	262.6	3.4
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.046	0.053	29.5	33.8	3.5
ค่าสูงสุด	0.505	0.498	323.7	319.2	12.8
ค่าต่ำสุด	0.353	0.310	226.3	198.7	0.2

การทดลองชุดที่ 2 การบำบัดโดยกระบวนการดูดติดผิว
ผลการวัดค่าความขุ่น

การทดลองที่	ความขุ่น (NTU)		ประสิทธิภาพการกำจัด %
	น้ำเข้า	น้ำออก	
1	2.1	1.2	42.9
2	2.6	1.7	34.6
3	3.5	2.3	34.3
4	2.1	1.5	28.6
5	1.2	1.0	16.7
6	1.6	1.1	31.3
7	1.3	0.95	26.9
8	1.5	0.76	49.3
9	2.0	1.0	50.0
10	1.5	1.2	20.0
11	1.5	1.0	33.3
12	1.2	0.8	35.8
13	2.1	1.5	28.6
14	1.2	0.7	41.7
15	2.0	1.1	45.0
16	2.9	1.6	44.8
17	2.0	1.5	25.0
18	3.3	1.4	56.9
19	3.2	1.5	53.1
20	3.0	1.3	58.3
21	2.5	1.0	60.0
22	2.0	1.1	45.0
23	2.3	1.1	52.2
24	3.2	1.5	53.1
25	2.5	1.0	60.0
ค่าเฉลี่ย	2.2	1.2	45.5
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.7	0.4	12.8
ค่าสูงสุด	3.5	2.3	60.0
ค่าต่ำสุด	1.2	0.7	16.7

การทดลองชุดที่ 2 การบำบัดโดยกระบวนการดูดติดผิว
ผลการวัดความเข้มข้น

การทดลองที่	สี (unit)		ประสิทธิภาพการกำจัด %
	นำเข้า	นำออก	
1	32	5	84.4
2	43	5	88.4
3	45	5	88.9
4	33	9	72.7
5	22	0	100.0
6	36	2	94.4
7	22	2	90.9
8	33	0	100.0
9	37	5	86.5
10	33	6	81.8
11	18	0	100.0
12	19	0	100.0
13	45	4	91.1
14	23	1	95.7
15	42	5	88.1
16	47	5	89.4
17	37	9	75.7
18	68	12	82.4
19	52	11	78.8
20	57	1	98.2
21	35	4	88.6
22	35	5	85.7
23	30	4	86.7
24	59	7	88.1
25	43	11	74.4
ค่าเฉลี่ย	37.8	4.7	87.6
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	12.6	3.6	8.0
ค่าสูงสุด	68.0	12.0	100.0
ค่าต่ำสุด	18.0	0.0	72.7

การทดลองชุดที่ 2 การบำบัดโดยกระบวนการดูดติดผิว
ผลการวัดค่าซีไอดี

การทดลองที่	ค่าซีไอดี (mg/l)		ประสิทธิภาพการกำจัด %
	น้ำเข้า	น้ำออก	
1	34.3	6.2	81.8
2	36.0	18.0	50.0
3	36.9	9.2	75.0
4	24.0	6.0	75.0
5	39.0	12.0	69.2
6	21.0	0.0	100.0
7	30.0	6.0	80.0
8	26.3	8.8	66.7
9	32.2	20.5	36.4
10	35.1	5.9	83.3
11	32.2	17.6	45.5
12	17.3	0.0	100.0
13	46.3	11.6	75.0
14	11.4	0.0	100.0
15	31.4	8.6	72.7
16	31.1	8.5	72.7
17	42.4	28.2	33.3
18	36.7	8.5	76.9
19	31.8	11.6	63.6
20	33.9	8.5	75.0
21	28.2	11.3	60.0
22	30.3	19.3	36.4
23	27.6	8.3	70.0
24	44.7	16.7	62.5
25	30.7	19.5	36.4
ค่าเฉลี่ย	31.6	10.8	65.8
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	7.9	6.9	19.5
ค่าสูงสุด	46.3	28.2	100.0
ค่าต่ำสุด	11.4	0.0	33.3

การทดลองชุดที่ 2 การบำบัดโดยกระบวนการดูดติดผิว
ผลการวัดค่าแอมโมเนีย

การทดลองที่	ปริมาณแอมโมเนีย (mg/l)		ประสิทธิภาพการกำจัด %
	นำเข้า	นำออก	
1	3.87	1.87	51.7
2	6.23	4.41	29.2
3	3.76	2.89	23.1
4	2.93	2.75	6.1
5	1.73	1.69	2.3
6	2.14	1.33	37.9
7	2.57	1.00	61.1
8	5.28	2.92	44.7
9	4.06	1.14	71.9
10	5.69	3.16	44.5
11	0.97	0.15	84.5
12	0.62	0.16	74.2
13	2.64	2.56	3.0
14	1.06	0.34	67.9
15	4.97	2.63	47.1
16	7.00	5.22	25.4
17	3.85	1.23	68.1
18	5.00	2.72	45.6
19	2.63	1.33	49.4
20	2.84	1.73	39.1
21	3.36	1.49	55.7
22	2.60	1.37	47.3
23	3.64	2.44	33.0
24	3.48	2.37	31.9
25	0.33	0.09	72.7
ค่าเฉลี่ย	3.3	2.0	39.4
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.7	1.3	22.4
ค่าสูงสุด	7.0	5.2	84.5
ค่าต่ำสุด	0.3	0.1	2.3

การทดลองชุดที่ 2 การบำบัดโดยกระบวนการดูดติดผิว
ผลการวัดค่าไนเตรท

การทดลองที่	ปริมาณไนเตรท (mg/l)		ประสิทธิภาพการกำจัด %
	น้ำเข้า	น้ำออก	
1	19.09	9.88	48.3
2	16.55	11.25	32.0
3	21.05	16.55	21.4
4	19.15	17.50	8.6
5	17.31	16.39	5.3
6	16.51	15.36	7.0
7	15.28	13.30	13.0
8	23.82	21.90	8.1
9	15.08	14.27	5.4
10	6.07	4.79	21.1
11	17.45	13.33	23.6
12	20.82	18.03	13.4
13	21.71	20.73	4.5
14	21.48	19.87	7.5
15	23.31	21.34	8.5
16	25.33	24.83	1.9
17	25.65	25.04	2.4
18	25.42	23.48	7.6
19	23.19	22.62	2.5
20	22.30	21.85	2.0
21	23.13	21.83	5.6
22	24.23	23.56	2.8
23	22.14	21.47	3.0
24	25.71	25.01	2.7
25	22.43	20.58	8.2
ค่าเฉลี่ย	20.6	18.6	9.7
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	4.5	5.2	11.0
ค่าสูงสุด	25.7	25.0	48.3
ค่าต่ำสุด	6.1	4.8	1.9

การทดลองชุดที่ 2 การบำบัดโดยกระบวนการดูดติดผิว
ผลการวัดค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด

การทดลองที่	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/l)		ประสิทธิภาพการกำจัด %
	น้ำเข้า	น้ำออก	
1			
2			
3	2.0	1.0	51.5
4			
5			
6			
7			
8			
9	3.8	3.6	5.3
10			
11			
12			
13	3.9	2.3	41.2
14			
15			
16			
17			
18	2.0	1.7	13.8
19			
20			
21			
22			
23			
24	1.7	1.5	15.1
25			
ค่าเฉลี่ย	2.7	2.0	25.9
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.1	1.0	19.8
ค่าสูงสุด	3.9	3.6	51.5
ค่าต่ำสุด	1.7	1.0	5.3

การทดลองชุดที่ 3 การบำบัดโดยกระบวนการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง
ปริมาณน้ำผลิตและน้ำล้างย้อน

RUN NO.	วันที่ทดลอง	น้ำผลิต			น้ำล้างย้อน		
		ปริมาณ (ลิตร)	เวลา (ชม.)	ลิตร/ชม	ปริมาณ (ลิตร)	เวลา (นาที)	ลิตร/นาที
1	27/2/39	35	2.38	14.69	17	8.00	2.13
2	29/2/39	36	2.47	14.59	15	12.00	1.25
3	1/3/39	36	2.50	14.40	18	13.00	1.38
4	3/3/39	23	1.80	12.78	11	10.00	1.10
5	5/3/39	110	7.50	14.67	24	15.00	1.60
6	6/3/39	78	5.50	14.18	18	10.00	1.80
7	7/3/39	50	3.25	15.38	19	16.00	1.19
8	8/3/39	60	3.75	16.00	12.5	10.00	1.25
9	9/3/39	34	2.25	15.11	12	12.00	1.00
10	10/3/39	73	3.33	21.90	11	10.00	1.10
11	12/3/39	95	6.42	14.81	18	10.00	1.80
12	12/3/39	85	5.50	15.45	18	10.00	1.80
13	13/3/39	166	11.50	14.43	13	10.00	1.30
14	14/3/39	57	4.17	13.68	12	10.00	1.20
15	15/3/39	52	3.58	14.51	20	15.00	1.33
16	18/3/39	58	4.25	13.65	16	11.00	1.45
17	19/3/39	50	3.08	16.22	14	12.00	1.17
18	21/3/39	95	6.17	15.41	15	12.00	1.25
19	22/3/39	65	4.50	14.44	22	16.00	1.38
20	23/3/39	60	4.00	15.00	12	10.00	1.20
21	24/3/39	98	6.92	14.17	18	11.00	1.64
22	25/3/39	90	6.00	15.00	18	17.00	1.06
23	26/3/39	85	6.50	13.08	12	11.00	1.09
24	27/3/39	104	8.00	13.00	12	11.00	1.09
25	28/3/39	116	8.17	14.20	12	11.00	1.09
ค่าเฉลี่ย		72	4.94	14.83	16	11.72	1.35
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		32.7	2.3	1.7	3.6	2.3	0.3
ค่าสูงสุด		166	11.5	21.9	24	17	2.13
ค่าต่ำสุด		23	1.8	12.8	11	8	1

การทดลองชุดที่ 3 การบำบัดโดยกระบวนการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง
ผลการวัดค่าพีเอช

การทดลองที่	พีเอช	
	น้ำเข้า	น้ำออก
1	6.8	6.8
2	6.8	6.8
3	6.6	6.7
4	6.7	6.7
5	6.9	7.2
6	6.9	7.2
7	6.8	7.10
8	7.2	7.50
9	7.1	7.2
10	7.2	7.5
11	6.1	6.4
12	6.1	6.3
13	6.8	6.8
14	6.4	6.4
15	6.4	6.4
16	6.5	6.5
17	6.5	6.5
18	6.7	6.7
19	6.7	6.7
20	6.7	6.8
21	6.7	6.7
22	6.7	6.7
23	6.7	6.7
24	6.8	7.0
25	6.8	7
ค่าเฉลี่ย	6.7	6.8
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.3	0.3
ค่าสูงสุด	7.2	7.5
ค่าต่ำสุด	6.1	6.3

การทดลองชุดที่ 3 การบำบัดโดยกระบวนการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง
ผลการวัดค่าสภาพนำไฟฟ้า

การทดลอง ที่	สภาพนำไฟฟ้า (mS/cm)		TDS (mg/l)		ประสิทธิภาพการกำจัด %
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	
1	0.520	0.531	333.3	340.4	-2.1
2	0.505	0.457	323.7	292.9	9.5
3	0.540	0.509	346.2	326.3	5.7
4	0.599	0.593	384.0	380.1	1.0
5	0.504	0.509	323.1	326.3	-1.0
6	0.501	0.491	321.2	314.7	2.0
7	0.510	0.516	326.9	330.77	-1.2
8	0.519	0.519	332.7	332.69	0.0
9	0.538	0.518	344.9	332.1	3.7
10	0.558	0.564	357.7	361.5	error
11	0.545	0.537	349.4	344.2	1.5
12	0.526	0.499	337.2	319.9	5.1
13	0.525	0.515	336.5	330.1	1.9
14	0.500	0.487	320.5	312.2	2.6
15	0.486	0.471	311.5	301.9	3.1
16	0.475	0.499	304.5	319.9	error
17	0.509	0.520	326.3	333.3	error
18	0.522	0.532	334.6	341.0	error
19	0.484	0.472	310.3	302.6	2.5
20	0.513	0.503	328.8	322.4	1.9
21	0.510	0.516	326.9	330.8	error
22	0.467	0.463	299.4	296.8	0.9
23	0.505	0.495	323.7	317.3	2.0
24	0.492	0.484	315.4	310.3	1.6
25	0.489	0.510	313.5	326.9	error
ค่าเฉลี่ย	0.514	0.508	329.3	325.9	1.0
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.028	0.030	18.0	19.3	2.7
ค่าสูงสุด	0.599	0.593	384.0	380.1	9.5
ค่าต่ำสุด	0.467	0.457	299.4	292.9	-2.1

การทดลองชุดที่ 3 การบำบัดโดยกระบวนการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

ผลการวัดค่าความขุ่น

การทดลองที่	ความขุ่น (NTU)		ประสิทธิภาพการกำจัด %
	น้ำเข้า	น้ำออก	
1	8.2	0.5	94.4
2	4.6	0.7	85.7
3	4.5	1.0	78.2
4	7.1	0.8	88.5
5	2.5	0.5	79.6
6	4.5	0.7	85.6
7	2.5	0.84	66.4
8	2.5	0.70	72.0
9	3.0	0.7	78.3
10	2.0	0.7	67.5
11	3.0	0.4	86.0
12	2.4	0.4	84.2
13	1.3	0.5	61.5
14	4.0	0.5	87.5
15	2.3	0.5	80.0
16	7.6	0.6	92.0
17	5.8	0.5	91.4
18	3.0	0.6	81.3
19	3.6	0.6	84.7
20	4.0	0.4	89.0
21	4.0	0.4	89.8
22	2.4	0.4	83.3
23	6.1	0.4	93.3
24	2.7	0.5	83.3
25	5.5	0.44	92.0
ค่าเฉลี่ย	4.0	0.6	85.0
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.8	0.2	8.6
ค่าสูงสุด	8.2	1.0	94.4
ค่าต่ำสุด	1.3	0.4	61.5

การทดลองชุดที่ 3 การบำบัดโดยกระบวนการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

ผลการวัดความเข้มข้น

การทดลองที่	สี (unit)		ประสิทธิภาพการกำจัด %
	น้ำเข้า	น้ำออก	
1	84	21	75.0
2	74	31	58.1
3	65	36	44.6
4	107	36	66.4
5	30	12	60.0
6	58	14	75.9
7	40	33	17.5
8	49	30	38.8
9	55	37	32.7
10	46	34	26.1
11	55	18	67.3
12	39	20	48.7
13	12	5	58.3
14	40	1	98.0
15	46	30	34.8
16	78	1	99.0
17	61	5	91.8
18	37	6	83.8
19	74	47	36.5
20	88	46	47.7
21	85	43	49.4
22	76	52	31.6
23	86	56	34.9
24	20	2	90.0
25	25	0	100.0
ค่าเฉลี่ย	57.2	24.6	57.0
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	24.2	17.6	25.0
ค่าสูงสุด	107.0	56.0	100.0
ค่าต่ำสุด	12.0	0.0	17.5

การทดลองชุดที่ 3 การบำบัดโดยกระบวนการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง
ผลการวัดค่าซีไอดี

การทดลองที่	ค่าซีไอดี (mg/l)		ประสิทธิภาพการกำจัด %
	น้ำเข้า	น้ำออก	
1	39.8	39.8	0.0
2	66.4	59.8	9.9
3	93.0	66.4	28.6
4	43.1	40.0	7.2
5	54.9	47.0	14.4
6	56.9	50.6	11.1
7	82.2	69.5	15.5
8	78.7	52.5	33.3
9	72.2	59.0	18.2
10	56.9	50.6	11.1
11	63.2	19.0	70.0
12	32.3	18.5	42.9
13	36.9	36.9	0.0
14	46.2	32.3	30.0
15	43.3	39.3	9.1
16	45.7	18.3	60.0
17	41.1	22.9	44.4
18	40.4	22.4	44.4
19	40.4	22.4	44.4
20	35.9	22.4	37.5
21	40.4	22.4	44.4
22	31.1	13.3	57.1
23	26.7	17.8	33.3
24	53.3	22.2	58.3
25	31.1	17.8	42.9
ค่าเฉลี่ย	50.1	35.3	29.5
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	17.4	17.3	20.1
ค่าสูงสุด	93.0	69.5	70.0
ค่าต่ำสุด	26.7	13.3	0.0

การทดลองชุดที่ 3 การบำบัดโดยกระบวนการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง
ผลการวัดค่าแอมโมเนีย

การทดลองที่	ปริมาณแอมโมเนีย (mg/l)		ประสิทธิภาพการกำจัด %
	น้ำเข้า	น้ำออก	
1	9.78	9.26	5.3
2	13.65	11.35	16.8
3	12.81	12.55	2.0
4	20.04	18.00	10.2
5	6.07	5.01	17.5
6	5.69	5.41	4.9
7	9.62	8.08	16.0
8	8.94	8.11	9.3
9	19.27	17.50	9.2
10	15.38	14.34	6.8
11	2.53	2.37	6.3
12	2.32	2.05	11.6
13	8.03	7.88	1.9
14	3.43	3.34	2.6
15	4.31	4.01	7.0
16	5.49	5.43	1.1
17	7.07	5.12	27.6
18	6.39	5.94	7.0
19	10.02	8.72	13.0
20	11.32	11.08	2.1
21	9.51	9.31	2.1
22	8.30	7.86	5.3
23	9.52	9.34	1.9
24	10.48	9.19	12.3
25	10.07	8.57	14.9
ค่าเฉลี่ย	9.2	8.4	8.7
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	4.6	4.2	6.5
ค่าสูงสุด	20.0	18.0	27.6
ค่าต่ำสุด	2.3	2.1	1.1

การทดลองชุดที่ 3 การบำบัดโดยกระบวนการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง
ผลการวัดค่าไนเตรท

การทดลองที่	ปริมาณไนเตรท (mg/l)		ประสิทธิภาพการกำจัด %
	น้ำเข้า	น้ำออก	
1	28.31	26.04	8.0
2	18.96	18.83	0.7
3	20.50	17.17	16.2
4	20.20	18.72	7.3
5	17.42	15.30	12.2
6	16.51	14.95	9.4
7	10.71	10.29	3.9
8	10.44	10.02	4.0
9	1.55	1.09	29.6
10	14.90	14.58	2.1
11	29.50	28.93	1.9
12	29.36	27.86	5.1
13	23.63	23.61	0.1
14	26.86	25.82	3.9
15	29.01	28.56	1.6
16	27.29	25.79	5.5
17	26.73	25.93	3.0
18	26.01	24.94	4.1
19	17.00	15.81	7.0
20	13.77	12.69	7.8
21	27.12	26.71	1.5
22	26.52	26.01	1.9
23	24.25	23.42	3.4
24	22.49	21.76	3.2
25	24.81	24.14	2.7
ค่าเฉลี่ย	21.4	20.4	4.7
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	7.2	7.1	6.2
ค่าสูงสุด	29.5	28.9	29.6
ค่าต่ำสุด	1.5	1.1	0.1

การทดลองชุดที่ 3 การบำบัดโดยกระบวนการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง
ผลการวัดค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด

การทดลองที่	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/l)		ประสิทธิภาพการกำจัด %
	น้ำเข้า	น้ำออก	
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10	2.8	2.7	0.7
11			
12			
13			
14	7.3	5.1	29.6
15			
16			
17	4.6	4.5	2.8
18			
19			
20			
21	4.9	4.4	8.5
22			
23			
24	6.2	4.1	33.4
25			
ค่าเฉลี่ย	5.1	4.2	17.6
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.7	0.9	15.4
ค่าสูงสุด	7.3	5.1	33.4
ค่าต่ำสุด	2.8	2.7	0.7

ภาคผนวก ค

รายละเอียดการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ในอาคาร จะแตกต่างกันไปตามปริมาณของน้ำที่นำกลับมาใช้ ซึ่งจะแปรตามขนาดและลักษณะการใช้งานของอาคาร ดังนั้น เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้กว้างขวาง ในการวิจัยนี้จึงจะกำหนดกำลังการผลิตของระบบนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ให้เท่ากับ 250, 500, 750 และ 1,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

ในการกำหนดกำลังการผลิตจะใช้วิธีการคำนวณ โดยอาศัยข้อกำหนดสำหรับการออกแบบปริมาณการใช้น้ำภายในอาคารดังแสดงในตารางที่ ค.1

ตารางที่ ค.1 ข้อกำหนดในการออกแบบปริมาณความต้องการน้ำของอาคาร

ข้อกำหนดในการออกแบบ	ประเภทของอาคาร	
	อาคารสำนักงาน	อาคารพักอาศัย
ปริมาณการใช้น้ำ	75 lpcd	100 - 350 lpcd
อัตราการใช้พื้นที่	9 ตร.ม. / คน	2 คน / ห้อง 30 ตร.ม. / ห้อง
ระยะเวลาในการใช้น้ำ	8 - 9 ชม. / วัน	15 ชม. / วัน
ปริมาณน้ำเสียที่นำกลับมาใช้	60 - 80% ของปริมาณการใช้น้ำทั้งหมด	40 - 50% ของปริมาณการใช้น้ำทั้งหมด
กำลังการผลิต ($Q_{\max \text{ day}}$)	1.5 เท่าของปริมาณการใช้น้ำโดยเฉลี่ย	
ชั่วโมงการใช้น้ำสูงสุด (Q_{\max})	2.0 เท่าของปริมาณการใช้น้ำโดยเฉลี่ย	
อัตราการใช้สูงสุด (Q_p)	3.0 เท่าของปริมาณการใช้น้ำโดยเฉลี่ย	

นอกจากนี้การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ยังขึ้นกับลักษณะโครงสร้างของอาคาร ซึ่งในปัจจุบันมีการออกแบบโครงสร้างที่ซับซ้อนมากขึ้นเพื่อความสวยงามของอาคาร ลักษณะของโครงสร้างที่ซับซ้อนจะมีผลต่อการลงทุนในระบบจ่ายน้ำของอาคาร ดังนั้นในการวิจัยจะใช้ตัวอย่างของอาคารสำนักงานและอาคารพักอาศัยที่มีรายละเอียดของอาคารดังแสดงในตารางที่ ค.2 มาเป็นกรณีศึกษาในการคำนวณ เพื่อนำไปใช้เป็นสมมติฐานสำหรับการประมาณการลงทุนในเรื่องของระบบที่จ่ายน้ำสำหรับอาคารที่มีขนาดต่าง ๆ ต่อไป

ตารางที่ ค.2 ข้อมูลของอาคารที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

ข้อมูลของอาคาร	ประเภทการใช้งานของอาคาร			
	อาคารสำนักงาน		อาคารพักอาศัย	
	อาคาร ก	อาคาร ข	อาคาร ค	อาคาร ง
ความสูงของอาคาร	23 ชั้น (95 เมตร)	20 ชั้น (105 เมตร)	36 ชั้น (120 เมตร)	35 ชั้น (113 เมตร)
พื้นที่ใช้สอยโดยประมาณ (ตร.ม.)	25,000	27,500	15,000	13,000
จำนวนยูนิต	-	-	99	208
จำนวนห้องนอนต่อยูนิต	-	-	3	2
จำนวนท่อในแนวตั้ง (Riser)	2 เส้น	2 เส้น	1 เส้น	1 เส้น
ปริมาณการใช้น้ำ (ลบ.ม./วัน)	210	230	-	-

รายละเอียดการคำนวณ

1. อัตราการนำน้ำกลับมาใช้โดยเฉลี่ย และขนาดของอาคาร

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณการใช้น้ำในอาคารสำนักงาน} &= 75 * \text{พื้นที่ของอาคาร} / 1000 * 9 \text{ ลบ.ม. / วัน} \\ \text{ปริมาณน้ำที่นำกลับมาใช้โดยเฉลี่ย} &= 80 \% \text{ ของปริมาณการใช้น้ำในอาคารสำนักงาน} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณการใช้น้ำในอาคารพักอาศัย} &= 400 * \text{จำนวนห้องนอน} / 1000 \text{ ลบ.ม. / วัน} \\ \text{ปริมาณน้ำที่นำกลับมาใช้โดยเฉลี่ย} &= 40 \% \text{ ของปริมาณการใช้น้ำในอาคารพักอาศัย} \end{aligned}$$

จากสมการข้างต้น จะคำนวณหาขนาดของอาคารสำนักงานและอาคารพักอาศัยที่มีอัตราการนำน้ำกลับมาใช้ตามที่กำหนดได้ดังแสดงในตารางที่ ค.3 และปริมาณการใช้น้ำสูงสุดและอัตราการใช้น้ำสูงสุดในอาคารสำนักงานและอาคารพักอาศัยแสดงในตารางที่ ค.4 และ ค.5 ตามลำดับ

ตารางที่ ค.3 ขนาดของอาคารที่กำลังการผลิตน้ำเพื่อนำกลับมาใช้ต่าง ๆ

กำลังการผลิต Qmax day ลบ.ม./วัน	อัตราการผลิตโดยเฉลี่ย Qave ลบ.ม./วัน	ขนาดของอาคาร		
		สำนักงาน (ตารางเมตร)	พักอาศัย	
			(จำนวนห้องนอน)	(ตารางเมตร)
250	167	25,000	1,050	31,500
500	333	50,000	2,010	60,300
750	500	75,000	3,125	93,750
1,000	667	100,000	4,200	126,000

ตารางที่ ค.4 ปริมาณการใช้น้ำสูงสุดและอัตราการใช้น้ำสูงสุดในอาคารสำนักงาน

อัตราการการใช้น้ำโดยเฉลี่ย Q ave		ปริมาณการใช้น้ำสูงสุด Qmax = 2Qave		อัตราการใช้น้ำสูงสุด Qpeak = 3Qave
ลบ.ม./วัน	ลบ.ม./ชม.	ลิตร/วินาที	gpm	ลิตร/วินาที
167	20.8	11.6	183.3	17.4
333	41.7	23.1	366.6	34.7
500	62.5	34.7	549.9	52.1
667	83.3	46.3	733.2	69.4

ตารางที่ ค.5 ปริมาณการใช้น้ำสูงสุดและอัตราการใช้น้ำสูงสุดในอาคารพักอาศัย

อัตราการการใช้น้ำโดยเฉลี่ย Q ave		ปริมาณการใช้น้ำสูงสุด Qmax = 2Qave		อัตราการใช้น้ำสูงสุด Qpeak = 3Qave
ลบ.ม./วัน	ลบ.ม./ชม.	ลิตร/วินาที	gpm	ลิตร/วินาที
167	11.1	6.2	97.8	9.3
333	22.2	12.3	195.5	18.5
500	33.3	18.5	293.3	27.8
667	44.4	24.7	391.1	37.0

2. เงินลงทุนของการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่

ระบบการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ในอาคารประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ ค.5 ซึ่งประกอบด้วยถังกรอง ถังเก็บน้ำ เครื่องสูบน้ำ ระบบเติมคลอรีน และระบบท่อ ซึ่งรายละเอียดในการคำนวณหาขนาดของอุปกรณ์ต่าง ๆ มีดังนี้

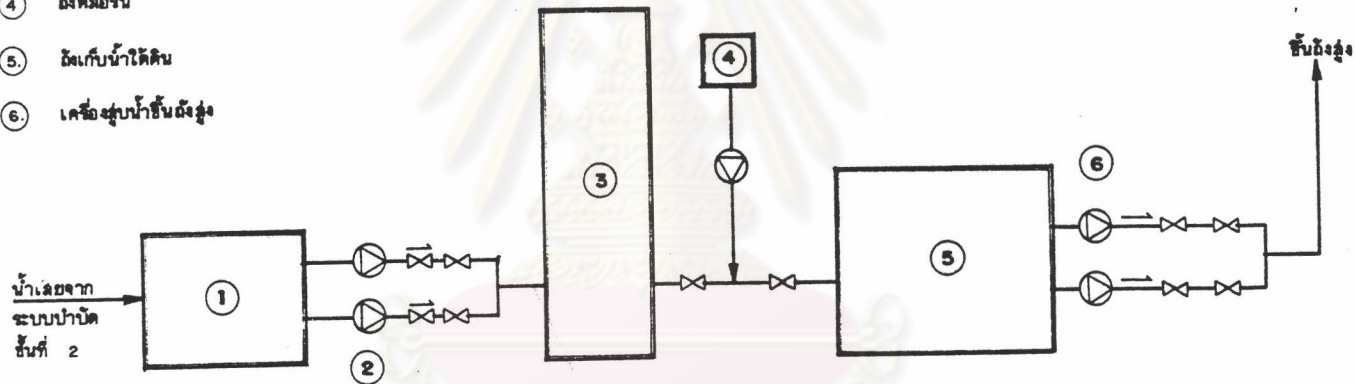
2.1 ถังกรอง

ขนาดของถังกรองที่ใช้ในการบำบัดน้ำโดยวิธีกรองตรง วิธีดูดติดผิว และวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง จะขึ้นอยู่กับอัตราการผลิตที่ต้องการ โดยจะกำหนดให้ใช้สารกรองและอัตราเร็วในการกรองตามที่ใช้ในการทดลอง ขนาดของถังกรองแบบต่าง ๆ ที่กำลังการผลิตน้ำต่างกันแสดงในตารางที่ ค.6

ตารางที่ ค.6 ขนาดของถังกรองที่กำลังการผลิตน้ำต่าง ๆ

กำลังการผลิต ลบ.ม. / วัน	ถังกรองตรง		ถังดูดติดผิว		ถังเยื่อกรอง
	d (m)	h (m)	d (m)	h (m)	จำนวนโมดูล (แท่ง)
250	1.25	1.5	2.44	1.2	25
500	1.68	1.5	2.44	1.2	50
750	2.13	1.5	2.44	1.2	75
1000	2.44	1.5	2.74	1.2	100

- ①. ถังพักน้ำ
- ②. เครื่องสูบน้ำเข้าถังกรอง
- ③. ถังกรอง
- ④. ถังคลอรีน
- ⑤. ถังเก็บน้ำใต้ดิน
- ⑥. เครื่องสูบน้ำขึ้นถังสูง



รูปที่ ค.1 แผนผังของระบบบำบัดน้ำเมื่อนำกลับมาใช้ใหม่
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 ถังเก็บน้ำ

ประกอบด้วยถังเก็บน้ำใต้ดิน และถังเก็บน้ำบนหลังคาหรือถังสูง ปกติถังเก็บน้ำจะเป็นโครงสร้างจำเป็นพื้นฐานของอาคารที่จะต้องมีการลงทุนเมื่อมีการก่อสร้างอาคารอยู่แล้ว ดังนั้น การก่อสร้างถังเก็บน้ำเสียที่จะนำกลับมาใช้ใหม่สำหรับอาคารที่มีการวางแผนจะดำเนินการก่อสร้าง จะเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มในการทำผนังเพิ่มขึ้นไปอีก 2 ด้านเท่านั้น เพราะปริมาตรรวมของถังเก็บน้ำยังเท่ากับเมื่อใช้ระบบน้ำประปาอย่างเดียว ส่วนอาคารที่เปิดใช้งานแล้วมีความยุ่งยากและเสียค่าใช้จ่ายสูงในการก่อสร้างถังเก็บน้ำเพิ่มเติม ดังนั้นเงินลงทุนสำหรับก่อสร้างถังเก็บน้ำที่ใช้ในการคำนวณจึงไม่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้กับอาคารเก่าที่เปิดใช้งานแล้ว

ขนาดของถังเก็บน้ำ คำนวณได้ดังนี้

2.2.1 ขนาดของถังเก็บน้ำใต้ดิน จะกำหนดให้มีระยะเวลาเก็บกักน้ำได้ 1 วัน

$$\text{ปริมาตรของถัง} = Q_{\text{max day}} * \text{เวลากักน้ำ}$$

2.2.2 ขนาดของถังสูง จะกำหนดให้มีขนาดประมาณ 30 - 40 เท่าของชั่วโมงการใช้น้ำสูงสุด (Q_{max}) และเมื่อไว้สำหรับน้ำดับเพลิง 15 ลูกบาศก์เมตร แต่ถ้าไม่ได้นำน้ำกลับมาใช้กับกิจกรรมภายในอาคารก็ไม่จำเป็นต้องมีถังสูง

ขนาดและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างถังเก็บน้ำที่กำลังการผลิตต่าง ๆ แสดงในตารางที่

ค.7

ตารางที่ ค.7 ขนาดของถังเก็บน้ำและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างที่กำลังการผลิตต่าง ๆ

กำลังการผลิต ลบ.ม./วัน	ขนาดถังใต้ดิน ลบ.ม.	ขนาดถังสูง ลบ.ม.	ค่าก่อสร้างถังเก็บน้ำ (บาท)		รวม บาท
			UG tank	Roof tank	
250	250	35	75,600.00	28,350.00	103,950.00
500	500	55	107,350.00	35,532.00	142,882.00
750	750	75	130,788.00	41,580.00	172,368.00
1,000	1,000	95	151,200.00	46,872.00	198,072.00

2.3 เครื่องสูบน้ำ

ขนาดของเครื่องสูบน้ำ สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$HP = Q * H / 3960 * \eta$$

เมื่อ HP = แรงม้าของมอเตอร์ (horsepower)

Q = อัตราการไหล มีหน่วยเป็น gpm (gallon per minute)

H = แรงดันสุทธิ มีหน่วยเป็น ฟุต (feet)

η = ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ เป็น %

$$\text{หรือ } kW = Q * H / 102 * \eta$$

เมื่อ kW = กิโลวัตต์ของมอเตอร์

Q = อัตราการไหล มีหน่วยเป็น lps (liters per second)

H = แรงดันสุทธิ มีหน่วยเป็น เมตร

η = ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ เป็น %

ในระบบนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในอาคารจะต้องเพิ่มเครื่องสูบน้ำ เพื่อทำหน้าที่ดังนี้

2.3.1 เครื่องสูบน้ำเข้าถังกรอง จะใช้สูบน้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัดชั้นที่ 2 เข้าถังกรอง โดยจะใช้เครื่องสูบน้ำทั้งหมด 2 เครื่อง ทำงานสลับกันตลอด 24 ชั่วโมง และกำหนดแรงดันสุทธิของเครื่องสูบน้ำเท่ากับ 30 เมตร อัตราการไหลจะขึ้นอยู่กับกำลังการผลิตของระบบ ขนาดของเครื่องสูบน้ำที่ใช้แสดงในตารางที่ ค.8

ตารางที่ ค.8 ขนาดของเครื่องสูบน้ำเข้าถังกรอง

$Q_{\max \text{ day}} \text{ (m}^3/\text{d)}$	Head (m)	Power (kW)
250	30	1.42
500	30	2.84
750	30	4.26
1000	30	7.28

2.3.2 เครื่องสูบน้ำขึ้นถังสูง (Transfer pump) จะใช้สูบน้ำจากถังเก็บน้ำใต้ดินขึ้นไปเก็บไว้ในถังสูง โดยจะใช้เครื่องสูบน้ำจำนวน 2 เครื่อง ทำงานสลับกัน โดยอัตราการไหลจะขึ้นกับปริมาณการใช้น้ำสูงสุด (Q_{max}) ส่วนแรงดันสุทธินั้นจะขึ้นกับความสูงของอาคาร และเพื่อความสะดวกในการคำนวณ ในการวิจัยนี้จะกำหนดความสูงของอาคารสำนักงานเท่ากับ 100 เมตร และความสูงของอาคารพักอาศัยเท่ากับ 115 เมตร ขนาดของเครื่องสูบน้ำที่ใช้ในอาคารสำนักงานและอาคารพักอาศัยแสดงในตารางที่ ค.9 และ ค.10 ตามลำดับ

ตารางที่ ค.9 ขนาดของเครื่องสูบน้ำขึ้นถังสูงสำหรับอาคารสำนักงาน

Q_{max} (m^3/h)	Head (m)	Power (kW)
41.8	100	18.6
83.2	100	37.2
124.9	100	55.8
166.7	100	74.4

ตารางที่ ค.10 ขนาดของเครื่องสูบน้ำขึ้นถังสูงสำหรับอาคารพักอาศัย

Q_{max} (m^3/h)	Head (m)	Power (kW)
22.3	115	11.7
44.3	115	23.1
66.6	115	34.8
88.9	115	46.4

2.3.3 เครื่องสูบน้ำแรงดันสูง (Booster pump) จะใช้เพิ่มแรงดันให้กับระบบจ่ายน้ำในชั้นบนสุดของอาคาร ซึ่งในที่นี้จะกำหนดแรงดันสุทธิเท่ากับ 25 เมตร ส่วนอัตราการไหลจะขึ้นกับปริมาณการใช้น้ำสูงสุดของชั้นบน ขนาดของเครื่องสูบน้ำแรงดันสูง แสดงในตารางที่ ค.11 และ ค.12

ตารางที่ ค.11 ขนาดเครื่องสูบน้ำแรงดันสูงที่ใช้ในอาคารสำนักงาน

Q_{max} (m ³ / h)	Head (m)	Power (kW)
6.3	25	0.7
12.5	25	1.4
18.8	25	2.1
25.1	25	2.8

ตารางที่ ค.12 ขนาดเครื่องสูบน้ำแรงดันสูงที่ใช้ในอาคารพักอาศัย

Q_{max} (m ³ / h)	Head (m)	Power (kW)
5.3	25	0.6
10.6	25	1.2
15.9	25	1.8
21.2	25	2.4

ในกรณีที่นำน้ำกลับมาใช้เป็นน้ำชดเชยในระบบปรับอากาศ ไม่จำเป็นต้องมีเครื่องสูบน้ำแรงดันสูง

2.4 ระบบเติมคลอรีน

เงินลงทุนสำหรับระบบเติมคลอรีนให้กับน้ำเสียก่อนจะนำกลับมาใช้ใหม่ประกอบด้วย

2.4.1 ชุดจ่ายคลอรีน ราคาประมาณ 60,000 บาท

2.4.2 ถังบรรจุคลอรีน จำนวน 2 ถัง ราคาถังละ 12,000 บาท

2.4.3 เครื่องสูบน้ำจ่ายคลอรีน จำนวน 2 เครื่อง ซึ่งในการคำนวณนี้จะใช้เครื่องสูบน้ำจ่ายคลอรีนที่มีอัตราการสูบน้ำจ่ายคลอรีนได้สูงสุด 3 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง หรือ ประมาณ 2 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ขนาดของมอเตอร์ 1.1 กิโลวัตต์ ราคาประมาณ 14,000 บาทต่อเครื่อง

2.4.4 ค่าติดตั้งระบบ ประมาณ 5,000 บาท

2.5 ระบบท่อ

ระบบท่อในที่นี้ หมายถึงถึงอุปกรณ์ข้อต่อ วาล์ว และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ขนาดของท่อที่ใช้ในการจ่ายน้ำจะขึ้นอยู่กับอัตราการไหลสูงสุด (Q_p) การประมาณเงินลงทุนในระบบท่อที่เพิ่มขึ้นจะแตกต่างกันตามลักษณะโครงสร้าง พื้นที่ และความสูงของอาคาร ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการประมาณเงินลงทุน จะอาศัยการประมาณเงินลงทุนจากอาคารที่ใช้เป็นกรณีศึกษาเป็นราคาพื้นฐานสำหรับการคำนวณราคาของระบบท่อของอาคารขนาดต่าง ๆ ต่อไป

จากการคำนวณขนาดท่อจากแผนผังการเดินท่อของอาคารตัวอย่าง จะต้องใช้เงินลงทุนเพิ่มขึ้นดังนี้

2.5.1 เงินลงทุนในระบบท่อของอาคารสำนักงาน

2.5.1.1 กรณีที่นำน้ำกลับมาใช้ในการชักโครก

อาคาร ก ใช้เงินลงทุนประมาณ 660,000 บาท คิดเป็น 26.40 บาท/ตารางเมตร

อาคาร ข ใช้เงินลงทุนประมาณ 643,000 บาท คิดเป็น 23.30 บาท/ตารางเมตร

ดังนั้น เงินลงทุนในระบบท่อโดยเฉลี่ยสำหรับอาคารสำนักงาน ที่จะนำไปใช้ในการคำนวณต่อไป ประมาณ 25.00 บาท / ตารางเมตร

2.5.1.2 กรณีที่นำน้ำกลับมาใช้เป็นน้ำรดเซยในระบบปรับอากาศนั้น จะลงทุน

เดินท่อขึ้น (up feed) เพิ่มขึ้นเพียง 1 เส้น ซึ่งในที่นี้กำหนดความยาวของท่อดังกล่าวประมาณ 100 เมตร

2.5.2 เงินลงทุนในระบบท่อของอาคารพักอาศัย

อาคาร ค ใช้เงินลงทุนประมาณ 754,000 บาท คิดเป็น 50.27 บาท/ตารางเมตร

อาคาร ง ใช้เงินลงทุนประมาณ 579,000 บาท คิดเป็น 44.54 บาท/ตารางเมตร

ดังนั้น เงินลงทุนในระบบท่อโดยเฉลี่ยสำหรับอาคารสำนักงาน ที่จะนำไปใช้ในการคำนวณต่อไป ประมาณ 47.00 บาท / ตารางเมตร

ตารางที่ ค.13 - ค.15 จะแสดงรายละเอียดของเงินลงทุนของการบำบัดน้ำโดยวิธีการกรองตรงวิธีดูดติดผิว และวิธีการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง เพื่อนำน้ำกลับมาใช้ในอาคารสำนักงาน กรณีนำน้ำกลับมาใช้เป็นน้ำซักโครก ตารางที่ ค.16 - ค.18 แสดงรายละเอียดของเงินลงทุนของการนำน้ำกลับมาใช้เป็นน้ำชดเชยในระบบปรับอากาศในอาคารสำนักงาน ส่วนตารางที่ ค.19 - ค.21 จะแสดงรายละเอียดของเงินลงทุนนำน้ำกลับมาใช้เป็นน้ำซักโครกในอาคารพักอาศัย

3. การประมาณค่าใช้จ่ายรายปี

3.1 ค่าไฟฟ้า

ค่าไฟฟ้า = กำลังไฟฟ้า * จำนวนชั่วโมงการใช้งาน * อัตราค่าไฟฟ้า
กำหนดให้อัตราค่าไฟฟ้า เท่ากับ 2.40 บาท/หน่วย

3.2 ค่าน้ำในการล้างย้อน

ค่าน้ำในการล้างย้อน = อัตราเร็วในการล้างย้อน * พื้นที่หน้าตัดของถัง *
เวลาในการล้างย้อน * อัตราค่าน้ำ
กำหนดอัตราค่าน้ำ เท่ากับ 11.31 บาท / ลูกบาศก์เมตร

ในการวิจัยนี้จะใช้ค่าไฟฟ้าและค่าน้ำในการล้างย้อนที่ได้จากการดำเนินการทดลองบำบัดน้ำโดยวิธีการกรองตรง วิธีดูดติดผิว และวิธีการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง ในระดับห้องปฏิบัติการ ซึ่งเท่ากับ 5.25 , 13.00 และ 6.02 บาทต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ

3.3 ค่าเปลี่ยนสารกรอง อายุการใช้งานของสารกรองประมาณ 3 - 5 ปี แต่โดยทั่วไปผู้ขายมักจะกำหนดให้ผู้ซื้อเปลี่ยนทดแทนสารกรองประมาณ 5% ทุกปี ราคาของสารกรองที่ใช้มีดังนี้

3.3.1 แอนทราไซต์ ราคาประมาณ 25 บาทต่อลิตร

3.3.2 ททราย ราคาประมาณ 200 บาทต่อถุง (1 ถุง หนักประมาณ 50 กิโลกรัม)

3.3.3 ถ่านกัมมันต์ ราคาประมาณ 30 บาทต่อลิตร

3.3.4 เยื่อกรองชนิดเส้นใยกลวง ราคาประมาณ 55,000 บาทต่อโมดูล

3.4 ค่าคลอรีน

ค่าสโตยซิโอเมตริกของคลอรีนต่อแอมโมเนียทางทฤษฎีเท่ากับ 7.6 : 1 ดังนั้นจะกำหนดปริมาณคลอรีนที่จะเติมในน้ำเสียที่จะนำกลับมาใช้ใหม่เท่ากับ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยก๊าซคลอรีนจะมีราคาประมาณ 40 บาทต่อกิโลกรัม

$$\begin{aligned} \text{ที่อัตราการผลิต 167 ลบ.ม. / วัน : ปริมาณคลอรีนที่ใช้} &= 167 * 50 \\ &= 8.35 \text{ กก. / วัน} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ที่อัตราการผลิต 333 ลบ.ม. / วัน : ปริมาณคลอรีนที่ใช้} &= 333 * 50 \\ &= 16.65 \text{ กก. / วัน} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ที่อัตราการผลิต 500 ลบ.ม. / วัน : ปริมาณคลอรีนที่ใช้} &= 500 * 50 \\ &= 25.00 \text{ กก. / วัน} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ที่อัตราการผลิต 667 ลบ.ม. / วัน : ปริมาณคลอรีนที่ใช้} &= 667 * 50 \\ &= 33.35 \text{ กก. / วัน} \end{aligned}$$

3.5 ค่าบำรุงรักษา

- | | | | |
|---------------------|--------|------|--------------|
| 3.5.1 ถังกรอง | ประมาณ | 1 % | ของเงินลงทุน |
| 3.5.2 ถังเก็บน้ำ | ประมาณ | 1 % | ของเงินลงทุน |
| 3.5.3 เครื่องสูบน้ำ | ประมาณ | 10 % | ของเงินลงทุน |
| 3.5.4 ระบบท่อ | ประมาณ | 1 % | ของเงินลงทุน |

3.6 ค่าแรงงาน ปกติแล้วระบบของการกรองน้ำเป็นระบบที่ไม่มีความซับซ้อน และมักจะใช้ระบบการทำงานแบบอัตโนมัติ ต้องการเพียงช่างเทคนิคประจำอาคารที่คอยตรวจสอบการทำงานของระบบเป็นระยะ ซึ่งช่างเทคนิคประจำอาคารที่มีอยู่แล้วสามารถดูแลได้ ไม่จำเป็นต้องมีการว่าจ้างแรงงานเพิ่มเติม ดังนั้นในกรณีนี้จะไม่นำค่าแรงงานมารวมในการคำนวณค่าใช้จ่ายรายปี

3.7 ดอกเบี้ยเงินกู้ จะกำหนดให้อัตราดอกเบี้ยเงินกู้เท่ากับ 8 %

รายละเอียดของค่าใช้จ่ายรายปีในการนำน้ำกลับมาใช้ในอาคารสำนักงาน และอาคารพักอาศัย แสดงในตารางที่ ค.22 - ค.30

4. งบกระแสเงินสด

เงินสดเป็นทรัพย์สินที่สามารถนำไปใช้สอยได้ทันที ซึ่งทำให้การดำเนินงานมีสภาพคล่องตัว การประมาณงบกระแสเงินสดจะทำให้ทราบกระแสเงินสดรับและกระแสเงินสดที่จ่ายไปในแต่ละปี ซึ่งจะประมาณได้ว่าในแต่ละปีที่ดำเนินงานจะมีกระแสเงินสดสุทธิเหลืออยู่เท่าใด

$$\text{กระแสเงินสดสุทธิ (กำไรสุทธิ)} = \text{ค่าน้ำประปาที่ประหยัดได้} - \text{ค่าใช้จ่ายรายปี}$$

โดยรายละเอียดการหากระแสเงินสดสุทธิแสดงในตารางที่ ค.31 - ค.39

5. การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน

5.1 การคำนวณอัตราผลตอบแทนการลงทุน

การหาอัตราผลตอบแทนการลงทุนเป็นการหาอัตราส่วนลด หรืออัตราดอกเบี้ยตลอดอายุของโครงการ ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของรายรับจากโครงการเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของการลงทุน ซึ่งก็คือมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับศูนย์ การคำนวณอัตราผลตอบแทนการลงทุนจะใช้วิธี trial and error โดยใช้สมการต่อไปนี้

$$\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} - I = 0$$

เมื่อ C_t = กระแสเงินสดสุทธิในแต่ละปี (บาท)

I = เงินลงทุนทั้งหมด (บาท)

n = อายุการของโครงการ (ปี)

t = ปีที่ดำเนินงาน

r = อัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเป็นศูนย์ (%)

อัตราผลตอบแทนการลงทุนนี้จะเป็นตัวเลขที่บอกผลกำไรของโครงการ โดยนำไปเปรียบเทียบกับอัตราดอกเบี้ยของสถาบันการเงิน เช่น ธนาคารพาณิชย์ บริษัทเงินทุน เป็นต้น ถ้าอัตราผลตอบแทนการลงทุนที่คำนวณได้มีค่าสูงกว่าอัตราดอกเบี้ยของสถาบันการเงิน แสดงว่าโครงการมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน ในการวิจัยจะเลือกใช้อัตราดอกเบี้ย 8 % ซึ่งเป็นอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ระยะ

ยาวสำหรับการลงทุนในโครงการทางด้านสิ่งแวดล้อมเป็นอัตราดอกเบี้ยมาตรฐานในการเปรียบเทียบผลตอบแทนการลงทุน และกำหนดให้อายุของโครงการที่จะใช้ในการวิเคราะห์หาอัตราผลตอบแทนเท่ากับ 10 ปี ซึ่งพิจารณาจากอายุการใช้งานของเครื่องจักรอุปกรณ์ รายละเอียดการคำนวณอัตราผลตอบแทนการลงทุนแสดงในตารางที่ ค.40 - ค.43

5.2 การหาระยะเวลาดำเนินการ

เป็นการหาจำนวนปีในการดำเนินการ ที่จะทำให้ผลกำไรที่ได้รับในแต่ละปีรวมกันแล้ว มีค่าเท่ากับเงินลงทุนเริ่มแรก ระยะเวลาดำเนินการไม่ได้เป็นตัววัดความสามารถในการสร้างกำไรของโครงการ แต่จะเป็นตัวชี้ให้เห็นสภาพคล่องของโครงการ ซึ่งจะเป็ประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ความเสี่ยงของโครงการ และผู้ลงทุนสามารถนำเงินทุนที่ถอนคืนมาได้ไปลงทุนหาผลประโยชน์ในกิจการอื่นต่อไป

$$\text{ระยะเวลาดำเนินการ} = \text{มูลค่าเงินลงทุนทั้งหมด} / \text{ผลกำไร}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.13 เงินลงทุนสำหรับการนำน้ำกลับมาใช้เป็นน้ำซักโครกในอาคารสำนักงาน

โดยการกรองตรง

รายการ	อัตราการนำน้ำกลับมาใช้โดยเฉลี่ย (ลบ.ม./วัน)			
	167	333	500	667
ถังกรอง	100,000.00	180,000.00	339,000.00	447,000.00
ถังเก็บน้ำ				
- ถังเก็บน้ำใต้ดิน	75,600.00	107,350.00	130,788.00	151,200.00
- ถังเก็บน้ำบนหลังคา	28,350.00	35,532.00	41,580.00	46,872.00
เครื่องสูบน้ำ				
- เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง (เข้าถังกรอง)	49,400.00	64,600.00	73,000.00	79,400.00
- เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง (ชั้นดั่งสูง)	122,000.00	260,000.00	260,000.00	380,000.00
- เครื่องสูบน้ำแรงดันสูง	85,000.00	100,000.00	104,500.00	104,500.00
ระบบเติมคลอรีน	117,000.00	117,000.00	117,000.00	117,000.00
ระบบท่อ ข้อต่อ และวาล์ว	625,000.00	1,250,000.00	1,875,000.00	2,500,000.00
ค่าติดตั้งระบบไฟฟ้า	60,000.00	60,000.00	60,000.00	60,000.00
เบ็ดเตล็ด (5%)	63,117.50	108,724.10	150,043.40	194,298.60
รวม	1,325,467.50	2,283,206.10	3,150,911.40	4,080,270.60
ค่าอำนาจการและกำไร (10%)	132,546.75	228,320.61	315,091.14	408,027.06
เงินลงทุนรวม	1,458,014.25	2,511,526.71	3,466,002.54	4,488,297.66
ภาษีมูลค่าเพิ่ม (7%)	102,061.00	175,806.87	242,620.18	314,180.84
เงินลงทุนรวมทั้งหมด	1,560,075.25	2,687,333.58	3,708,622.72	4,802,478.50

ตารางที่ ค.14 เงินลงทุนสำหรับการนำน้ำกลับมาใช้เป็นน้ำซักโครกในอาคารสำนักงาน

โดยการดูดตีตผิว

รายการ	อัตราการนำน้ำกลับมาใช้โดยเฉลี่ย (ลบ.ม./วัน)			
	167	333	500	667
ถังกรอง	380,000.00	760,000.00	1,140,000.00	1,395,000.00
ถังเก็บน้ำ				
- ถังเก็บน้ำใต้ดิน	75,600.00	107,350.00	130,788.00	151,200.00
- ถังเก็บน้ำบนหลังคา	28,350.00	35,532.00	41,580.00	46,872.00
เครื่องสูบน้ำ				
- เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง (เข้าถังกรอง)	49,400.00	64,600.00	73,000.00	79,400.00
- เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง (ขึ้นถังสูง)	122,000.00	260,000.00	260,000.00	380,000.00
- เครื่องสูบน้ำแรงดันสูง	85,000.00	100,000.00	104,500.00	104,500.00
ระบบเติมคลอรีน	117,000.00	117,000.00	117,000.00	117,000.00
ระบบท่อ ข้อต่อ และวาล์ว	625,000.00	1,250,000.00	1,875,000.00	2,500,000.00
ค่าติดตั้งระบบไฟฟ้า	60,000.00	60,000.00	60,000.00	60,000.00
เบ็ดเตล็ด (5%)	77,117.50	137,724.10	190,093.40	241,698.60
รวม	1,619,467.50	2,892,206.10	3,991,961.40	5,075,670.60
ค่าอำนวยการและกำไร (10%)	161,946.75	289,220.61	399,196.14	507,567.06
เงินลงทุนรวม	1,781,414.25	3,181,426.71	4,391,157.54	5,583,237.66
ภาษีมูลค่าเพิ่ม (7%)	124,699.00	222,699.87	307,381.03	390,826.64
เงินลงทุนรวมทั้งหมด	1,906,113.25	3,404,126.58	4,698,538.57	5,974,064.30

ตารางที่ ค.15 เงินลงทุนสำหรับการนำน้ำกลับมาใช้เป็นน้ำซักโครกในอาคารสำนักงาน

โดยการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

รายการ	อัตราการนำน้ำกลับมาใช้โดยเฉลี่ย (ลบ.ม./วัน)			
	167	333	500	667
ถังกรอง	1,375,000.00	2,750,000.00	4,125,000.00	5,500,000.00
ถังเก็บน้ำ				
- ถังเก็บน้ำใต้ดิน	75,600.00	107,350.00	130,788.00	151,200.00
- ถังเก็บน้ำบนหลังคา	28,350.00	35,532.00	41,580.00	46,872.00
เครื่องสูบน้ำ				
- เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง (เข้าถังกรอง)	49,400.00	64,600.00	73,000.00	79,400.00
- เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง (ขึ้นถังสูง)	122,000.00	260,000.00	260,000.00	380,000.00
- เครื่องสูบน้ำแรงดันสูง	85,000.00	100,000.00	104,500.00	104,500.00
ระบบเติมคลอรีน	117,000.00	117,000.00	117,000.00	117,000.00
ระบบท่อ ข้อต่อ และวาล์ว	625,000.00	1,250,000.00	1,875,000.00	2,500,000.00
ค่าติดตั้งระบบไฟฟ้า	60,000.00	60,000.00	60,000.00	60,000.00
เบ็ดเตล็ด (5%)	126,867.50	237,224.10	339,343.40	446,948.60
รวม	2,664,217.50	4,981,706.10	7,126,211.40	9,385,920.60
ค่าอำนวยความสะดวกและกำไร (10%)	266,421.75	498,170.61	712,621.14	938,592.06
เงินลงทุนรวม	2,930,639.25	5,479,876.71	7,838,832.54	10,324,512.66
ภาษีมูลค่าเพิ่ม (7%)	205,144.75	383,591.37	548,718.28	722,715.89
เงินลงทุนรวมทั้งหมด	3,135,784.00	5,863,468.08	8,387,550.82	11,047,228.55

ตารางที่ ค.16 เงินลงทุนสำหรับการนำน้ำกลับมาใช้เป็นน้ำสะอาดในระบบปรับอากาศ

ในอาคารสำนักงาน โดยการกรองตรง

รายการ	อัตราการนำน้ำกลับมาใช้โดยเฉลี่ย (ลบ.ม./วัน)			
	167	333	500	667
ถังกรอง	100,000.00	180,000.00	339,000.00	447,000.00
ถังเก็บน้ำ				
- ถังเก็บน้ำใต้ดิน	75,600.00	107,350.00	130,788.00	151,200.00
- ถังเก็บน้ำบนหลังคา	28,350.00	35,532.00	41,580.00	46,872.00
เครื่องสูบน้ำ				
- เครื่องสูบน้ำแบบหยอชิง (เข้าถังกรอง)	49,400.00	64,600.00	73,000.00	79,400.00
- เครื่องสูบน้ำแบบหยอชิง (ขึ้นถังสูง)	122,000.00	260,000.00	260,000.00	380,000.00
- เครื่องสูบน้ำแรงดันสูง	-	-	-	-
ระบบเติมคลอรีน	117,000.00	117,000.00	117,000.00	117,000.00
ระบบท่อ ข้อต่อ และวาล์ว	35,000.00	35,000.00	35,000.00	35,000.00
ค่าติดตั้งระบบไฟฟ้า	60,000.00	60,000.00	60,000.00	60,000.00
เบ็ดเตล็ด (5%)	29,367.50	42,974.10	52,818.40	65,823.60
รวม	616,717.50	902,456.10	1,109,186.40	1,382,295.60
ค่าอำนวยการและกำไร (10%)	61,671.75	90,245.61	110,918.64	138,229.56
เงินลงทุนรวม	678,389.25	992,701.71	1,220,105.04	1,520,525.16
ภาษีมูลค่าเพิ่ม (7%)	47,487.25	69,489.12	85,407.35	106,436.76
เงินลงทุนรวมทั้งหมด	725,876.50	1,062,190.83	1,305,512.39	1,626,961.92

ตารางที่ ค.17 เงินลงทุนสำหรับการนำน้ำกลับมาใช้เป็นน้ำสะอาดในระบบปรับอากาศ

ในอาคารสำนักงาน โดยการดูดติดผิว

รายการ	อัตราการนำน้ำกลับมาใช้โดยเฉลี่ย (ลบ.ม./วัน)			
	167	333	500	667
ถังกรอง	380,000.00	760,000.00	1,140,000.00	1,395,000.00
ถังเก็บน้ำ				
- ถังเก็บน้ำใต้ดิน	75,600.00	107,350.00	130,788.00	151,200.00
- ถังเก็บน้ำบนหลังคา	28,350.00	35,532.00	41,580.00	46,872.00
เครื่องสูบน้ำ				
- เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง (เข้าถังกรอง)	49,400.00	64,600.00	73,000.00	79,400.00
- เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง (ขึ้นถังสูง)	122,000.00	260,000.00	260,000.00	380,000.00
- เครื่องสูบน้ำแรงดันสูง	-	-	-	-
ระบบเติมคลอรีน	117,000.00	117,000.00	117,000.00	117,000.00
ระบบท่อ ข้อต่อ และวาล์ว	35,000.00	35,000.00	35,000.00	35,000.00
ค่าติดตั้งระบบไฟฟ้า	60,000.00	60,000.00	60,000.00	60,000.00
เบ็ดเตล็ด (5%)	43,367.50	71,974.10	92,868.40	113,223.60
รวม	910,717.50	1,511,456.10	1,950,236.40	2,377,695.60
ค่าอำนวยความสะดวกและกำไร (10%)	91,071.75	151,145.61	195,023.64	237,769.56
เงินลงทุนรวม	1,001,789.25	1,662,601.71	2,145,260.04	2,615,465.16
ภาษีมูลค่าเพิ่ม (7%)	70,125.25	116,382.12	150,168.20	183,082.56
เงินลงทุนรวมทั้งหมด	1,071,914.50	1,778,983.83	2,295,428.24	2,798,547.72

ตารางที่ ค.18 เงินลงทุนสำหรับการนำน้ำกลับมาใช้เป็นน้ำสะอาดในระบบปรับอากาศ

ในอาคารสำนักงาน โดยการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

รายการ	อัตราการนำน้ำกลับมาใช้โดยเฉลี่ย (ลบ.ม./วัน)			
	167	333	500	667
ถังกรอง	1,375,000.00	2,750,000.00	4,125,000.00	5,500,000.00
ถังเก็บน้ำ				
- ถังเก็บน้ำใต้ดิน	75,600.00	107,350.00	130,788.00	151,200.00
- ถังเก็บน้ำบนหลังคา	28,350.00	35,532.00	41,580.00	46,872.00
เครื่องสูบน้ำ				
- เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง (เข้าถังกรอง)	49,400.00	64,600.00	73,000.00	79,400.00
- เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง (ขึ้นถังสูง)	122,000.00	260,000.00	260,000.00	380,000.00
- เครื่องสูบน้ำแรงดันสูง	-	-	-	-
ระบบเติมคลอรีน	117,000.00	117,000.00	117,000.00	117,000.00
ระบบท่อ ข้อต่อ และวาล์ว	35,000.00	35,000.00	35,000.00	35,000.00
ค่าติดตั้งระบบไฟฟ้า	60,000.00	60,000.00	60,000.00	60,000.00
เบ็ดเตล็ด (5%)	93,117.50	171,474.10	242,118.40	318,473.60
รวม	1,955,467.50	3,600,956.10	5,084,486.40	6,687,945.60
ค่าอำนวยความสะดวกและกำไร (10%)	195,546.75	360,095.61	508,448.64	668,794.56
เงินลงทุนรวม	2,151,014.25	3,961,051.71	5,592,935.04	7,356,740.16
ภาษีมูลค่าเพิ่ม (7%)	150,571.00	277,273.62	391,505.45	514,971.81
เงินลงทุนรวมทั้งหมด	2,301,585.25	4,238,325.33	5,984,440.49	7,871,711.97

ตารางที่ ค.19 เงินลงทุนสำหรับการนำน้ำกลับมาใช้เป็นน้ำซักโครกในอาคารพักอาศัย

โดยการกรองตรง

รายการ	อัตราการนำน้ำกลับมาใช้โดยเฉลี่ย (ลบ.ม./วัน)			
	167	333	500	667
ถังกรอง	100,000.00	180,000.00	339,000.00	447,000.00
ถังเก็บน้ำ				
- ถังเก็บน้ำใต้ดิน	75,600.00	107,350.00	130,788.00	151,200.00
- ถังเก็บน้ำบนหลังคา	28,350.00	35,532.00	41,580.00	46,872.00
เครื่องสูบน้ำ				
- เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง (เข้าถังกรอง)	49,400.00	64,600.00	73,000.00	79,400.00
- เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง (ขึ้นถังสูง)	174,000.00	194,000.00	220,000.00	260,000.00
- เครื่องสูบน้ำแรงดันสูง	85,000.00	100,000.00	104,500.00	104,500.00
ระบบเติมคลอรีน	117,000.00	117,000.00	117,000.00	117,000.00
ระบบท่อ ข้อต่อ และวาล์ว	1,480,500.00	2,834,100.00	4,406,250.00	5,922,000.00
ค่าติดตั้งระบบไฟฟ้า	60,000.00	60,000.00	60,000.00	60,000.00
เบ็ดเตล็ด (5%)	108,492.50	184,629.10	274,605.90	359,398.60
รวม	2,278,342.50	3,877,211.10	5,766,723.90	7,547,370.60
ค่าอำนวยความสะดวกและกำไร (10%)	227,834.25	387,721.11	576,672.39	754,737.06
เงินลงทุนรวม	2,506,176.75	4,264,932.21	6,343,396.29	8,302,107.66
ภาษีมูลค่าเพิ่ม (7%)	175,432.37	298,545.25	444,037.74	581,147.54
เงินลงทุนรวมทั้งหมด	2,681,609.12	4,563,477.46	6,787,434.03	8,883,255.20

ตารางที่ ค.20 เงินลงทุนสำหรับการนำน้ำกลับมาใช้เป็นน้ำซักโครกในอาคารพักอาศัย

โดยการดูดตีตผิว

รายการ	อัตราการนำน้ำกลับมาใช้โดยเฉลี่ย (ลบ.ม./วัน)			
	167	333	500	667
ถังกรอง	380,000.00	760,000.00	1,140,000.00	1,395,000.00
ถังเก็บน้ำ				
- ถังเก็บน้ำใต้ดิน	75,600.00	107,350.00	130,788.00	151,200.00
- ถังเก็บน้ำบนหลังคา	28,350.00	35,532.00	41,580.00	46,872.00
เครื่องสูบน้ำ				
- เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง (เข้าถังกรอง)	49,400.00	64,600.00	73,000.00	79,400.00
- เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง (ขึ้นถังสูง)	174,000.00	194,000.00	220,000.00	260,000.00
- เครื่องสูบน้ำแรงดันสูง	85,000.00	100,000.00	104,500.00	104,500.00
ระบบเติมคลอรีน	117,000.00	117,000.00	117,000.00	117,000.00
ระบบท่อ ข้อต่อ และวาล์ว	1,480,500.00	2,834,100.00	4,406,250.00	5,922,000.00
ค่าติดตั้งระบบไฟฟ้า	60,000.00	60,000.00	60,000.00	60,000.00
เบ็ดเตล็ด (5%)	122,492.50	213,629.10	314,655.90	406,798.60
รวม	2,572,342.50	4,486,211.10	6,607,773.90	8,542,770.60
ค่าอำนวยความสะดวกและกำไร (10%)	257,234.25	448,621.11	660,777.39	854,277.06
เงินลงทุนรวม	2,829,576.75	4,934,832.21	7,268,551.29	9,397,047.66
ภาษีมูลค่าเพิ่ม (7%)	198,070.37	345,438.25	508,798.59	657,793.34
เงินลงทุนรวมทั้งหมด	3,027,647.12	5,280,270.46	7,777,349.88	10,054,841.00

ตารางที่ ค.21 เงินลงทุนสำหรับการนำน้ำกลับมาใช้เป็นน้ำซักโครกในอาคารพักอาศัย

โดยการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

รายการ	อัตราการนำน้ำกลับมาใช้โดยเฉลี่ย (ลบ.ม./วัน)			
	167	333	500	667
ถังกรอง	1,375,000.00	2,750,000.00	4,125,000.00	5,500,000.00
ถังเก็บน้ำ				
- ถังเก็บน้ำใต้ดิน	75,600.00	107,350.00	130,788.00	151,200.00
- ถังเก็บน้ำบนหลังคา	28,350.00	35,532.00	41,580.00	46,872.00
เครื่องสูบน้ำ				
- เครื่องสูบน้ำแบบหยอชิง (เข้าถังกรอง)	49,400.00	64,600.00	73,000.00	79,400.00
- เครื่องสูบน้ำแบบหยอชิง (ขึ้นถังสูง)	174,000.00	194,000.00	220,000.00	260,000.00
- เครื่องสูบน้ำแรงดันสูง	85,000.00	100,000.00	104,500.00	104,500.00
ระบบเติมคลอรีน	117,000.00	117,000.00	117,000.00	117,000.00
ระบบท่อ ข้อต่อ และวาล์ว	1,480,500.00	2,834,100.00	4,406,250.00	5,922,000.00
ค่าติดตั้งระบบไฟฟ้า	60,000.00	60,000.00	60,000.00	60,000.00
เบ็ดเตล็ด (5%)	172,242.50	313,129.10	463,905.90	612,048.60
รวม	3,617,092.50	6,575,711.10	9,742,023.90	12,853,020.60
ค่าอำนวยความสะดวกและกำไร (10%)	361,709.25	657,571.11	974,202.39	1,285,302.06
เงินลงทุนรวม	3,978,801.75	7,233,282.21	10,716,226.29	14,138,322.66
ภาษีมูลค่าเพิ่ม (7%)	278,516.12	506,329.75	750,135.84	989,682.59
เงินลงทุนรวมทั้งหมด	4,257,317.87	7,739,611.96	11,466,362.13	15,128,005.25

ตารางที่ ค.22 ค่าใช้จ่ายดำเนินการรายปีของการนำน้ำกลับมาใช้เป็นน้ำซักโครกในอาคารสำนักงาน
โดยวิธีกรองตรง

รายการ	ราคา / หน่วย	ค่าใช้จ่ายรายปีที่อัตราการนำน้ำกลับมาใช้ต่าง ๆ (บาท/ปี)			
		167	333	500	667
1. ค่าใช้จ่ายในการบำบัด (จากการทดลอง)	5.25 บาท/ลบ.ม.	319,375.00	638,750.00	958,125.00	1,277,500.00
2. ค่าไฟฟ้า	2.40 บาท/kw-h	104,594.40	186,062.40	267,530.40	348,998.40
3. ค่าเปลี่ยนทดแทนสารกรอง	5 % ของสารกรองทั้งหมด	1,049.48	2,098.96	3,148.44	4,197.92
4. ค่าใช้จ่ายสำหรับคลอรีน	40.00 บาท/กก.	121,666.67	243,333.33	365,000.00	486,666.67
5. ค่าบำรุงรักษา					
5.1 ถังกรอง	1 % ของเงินลงทุน	1,000.00	1,800.00	3,390.00	4,470.00
5.2 ถังเก็บน้ำ	1 % ของเงินลงทุน	1,039.50	1,428.82	1,723.68	1,980.72
5.3 เครื่องสูบน้ำ	10 % ของเงินลงทุน	25,640.00	42,460.00	43,750.00	56,390.00
5.4 ระบบท่อ ข้อต่อ และวาล์ว	1 % ของเงินลงทุน	6,250.00	12,500.00	18,750.00	25,000.00
รวมค่าบำรุงรักษารายปี		33,929.50	58,188.82	67,613.68	87,840.72
รวมค่าใช้จ่ายดำเนินการทั้งหมด		580,615.05	1,128,433.51	1,661,417.52	2,205,203.70

ตารางที่ ค.23 ค่าใช้จ่ายดำเนินการรายปีของการนำน้ำกลับมาใช้ป็นน้ำซักโครกในอาคารสำนักงาน

โดยวิธีดูตติตติ

รายการ	ราคา / หน่วย	ค่าใช้จ่ายรายปีที่อัตราการนำน้ำกลับมาใช้ต่าง ๆ (บาท/ปี)			
		167	333	500	667
1. ค่าใช้จ่ายในการบำบัด (จากการทดลอง)	13.00 บาท/ลบ.ม.	790,833.33	1,581,666.67	2,372,500.00	3,163,333.33
2. ค่าไฟฟ้า	2.40 บาท/kw-h	104,594.40	186,062.40	267,530.40	348,998.40
3. ค่าเปลี่ยนทดแทนสารกรอง	5 % ของสารกรองทั้งหมด	4,905.00	9,810.00	14,715.00	28,035.00
4. ค่าใช้จ่ายสำหรับคลอรีน	40.00 บาท/กก.	121,666.67	243,333.33	365,000.00	486,666.67
5. ค่าบำรุงรักษา					
5.1 ถังกรอง	1 % ของเงินลงทุน	3,800.00	7,600.00	11,400.00	13,950.00
5.2 ถังเก็บน้ำ	1 % ของเงินลงทุน	1,039.50	1,428.82	1,723.68	1,980.72
5.3 เครื่องสูบน้ำ	10 % ของเงินลงทุน	25,640.00	42,460.00	43,750.00	56,390.00
5.4 ระบบท่อ ข้อต่อ และวาล์ว	1 % ของเงินลงทุน	6,250.00	12,500.00	18,750.00	25,000.00
รวมค่าบำรุงรักษารายปี		36,729.50	63,988.82	75,623.68	97,320.72
รวมค่าใช้จ่ายดำเนินการทั้งหมด		1,058,728.90	2,084,861.22	3,095,369.08	4,124,354.12

ตารางที่ ค.24 ค่าใช้จ่ายดำเนินการรายปีของการนำน้ำกลับมาใช้เป็นน้ำซักโครกในอาคารสำนักงาน
โดยวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

รายการ	ราคา / หน่วย	ค่าใช้จ่ายรายปีที่อัตราการนำน้ำกลับมาใช้ต่าง ๆ (บาท/ปี)			
		167	333	500	667
1. ค่าใช้จ่ายในการบำบัด (จากการทดลอง)	6.02 บาท/ลบ.ม.	366,216.67	732,433.33	1,098,650.00	1,464,866.67
2. ค่าไฟฟ้า	2.40 บาท/kw-h	104,594.40	186,062.40	267,530.40	348,998.40
3. ค่าเปลี่ยนทดแทนสารกรอง	5 % ของสารกรองทั้งหมด	68,750.00	137,500.00	206,250.00	275,000.00
4. ค่าใช้จ่ายสำหรับคลอรีน	40.00 บาท/กก.	121,666.67	243,333.33	365,000.00	486,666.67
5. ค่าบำรุงรักษา					
5.1 ตั้งกรอง	1 % ของเงินลงทุน	13,750.00	27,500.00	41,250.00	55,000.00
5.2 ตั้งเก็บน้ำ	1 % ของเงินลงทุน	1,039.50	1,428.82	1,723.68	1,980.72
5.3 เครื่องสูบน้ำ	10 % ของเงินลงทุน	25,640.00	42,460.00	43,750.00	56,390.00
5.4 ระบบท่อ ข้อต่อ และวาล์ว	1 % ของเงินลงทุน	6,250.00	12,500.00	18,750.00	25,000.00
รวมค่าบำรุงรักษารายปี		46,679.50	83,888.82	105,473.68	138,370.72
รวมค่าใช้จ่ายดำเนินการทั้งหมด		707,907.23	1,383,217.89	2,042,904.08	2,713,902.45

ตารางที่ ค.25 ค่าใช้จ่ายดำเนินการรายปีของการนำน้ำกลับมาใช้เป็นน้ำสะอาดในระบบปรับอากาศ

ในอาคารสำนักงาน โดยวิธีกรองตรง

รายการ	ราคา / หน่วย	ค่าใช้จ่ายรายปีที่อัตราการนำน้ำกลับมาใช้ต่าง ๆ (บาท/ปี)			
		167	333	500	667
1. ค่าใช้จ่ายในการบำบัด (จากการทดลอง)	5.25 บาท/ลบ.ม.	319,375.00	638,750.00	958,125.00	1,277,500.00
2. ค่าไฟฟ้า	2.40 บาท/kw-h	104,594.40	186,062.40	267,530.40	348,998.40
3. ค่าเปลี่ยนทดแทนสารกรอง	5 % ของสารกรองทั้งหมด	1,049.48	2,098.96	3,148.44	4,197.92
4. ค่าใช้จ่ายสำหรับคลอรีน	40.00 บาท/กก.	121,666.67	243,333.33	365,000.00	486,666.67
5. ค่าบำรุงรักษา					
5.1 ดึงกรอง	1 % ของเงินลงทุน	1,000.00	1,800.00	3,390.00	4,470.00
5.2 ดึงเก็บน้ำ	1 % ของเงินลงทุน	756.00	1,073.50	1,307.88	1,512.00
5.3 เครื่องสูบน้ำ	10 % ของเงินลงทุน	17,140.00	32,460.00	33,300.00	45,940.00
5.4 ระบบท่อ ข้อต่อ และวาล์ว	1 % ของเงินลงทุน	-	-	-	-
รวมค่าบำรุงรักษารายปี		18,896.00	35,333.50	37,997.88	51,922.00
รวมค่าใช้จ่ายดำเนินการทั้งหมด		565,581.55	1,105,578.19	1,631,801.72	2,169,284.98

ตารางที่ ค.26 ค่าใช้จ่ายดำเนินการรายปีของการนำน้ำกลับมาใช้เป็นน้ำสะอาดในระบบปรับอากาศ
ในอาคารสำนักงาน โดยวิธีดูดติดผิว

รายการ	ราคา / หน่วย	ค่าใช้จ่ายรายปีที่อัตราการนำน้ำกลับมาใช้ต่าง ๆ (บาท/ปี)			
		167	333	500	667
1. ค่าใช้จ่ายในการบำบัด (จากการทดลอง)	13.00 บาท/ลบ.ม.	790,833.33	1,581,666.67	2,372,500.00	3,163,333.33
2. ค่าไฟฟ้า	2.40 บาท/kw-h	104,594.40	186,062.40	267,530.40	348,998.40
3. ค่าเปลี่ยนทดแทนสารกรอง	5 % ของสารกรองทั้งหมด	4,905.00	9,810.00	14,715.00	28,035.00
4. ค่าใช้จ่ายสำหรับคลอรีน	40.00 บาท/กก.	121,666.67	243,333.33	365,000.00	486,666.67
5. ค่าบำรุงรักษา					
5.1 ดึงกรอง	1 % ของเงินลงทุน	3,800.00	7,600.00	11,400.00	13,950.00
5.2 ดึงเก็บน้ำ	1 % ของเงินลงทุน	756.00	1,073.50	1,307.88	1,512.00
5.3 เครื่องสูบน้ำ	10 % ของเงินลงทุน	17,140.00	32,460.00	33,300.00	45,940.00
5.4 ระบบท่อ ข้อต่อ และวาล์ว	1 % ของเงินลงทุน	-	-	-	-
รวมค่าบำรุงรักษารายปี		21,696.00	41,133.50	46,007.88	61,402.00
รวมค่าใช้จ่ายดำเนินการทั้งหมด		1,043,695.40	2,062,005.90	3,065,753.28	4,088,435.40

ตารางที่ ค.27 ค่าใช้จ่ายดำเนินการรายปีของการนำน้ำกลับมาใช้เป็นน้ำสะอาดในระบบปรับอากาศ
ในอาคารสำนักงาน โดยวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

รายการ	ราคา / หน่วย	ค่าใช้จ่ายรายปีที่อัตราการนำน้ำกลับมาใช้ต่าง ๆ (บาท/ปี)			
		167	333	500	667
1. ค่าใช้จ่ายในการบำบัด (จากการทดลอง)	6.02 บาท/ลบ.ม.	366,216.67	732,433.33	1,098,650.00	1,464,866.67
2. ค่าไฟฟ้า	2.40 บาท/kw-h	104,594.40	186,062.40	267,530.40	348,998.40
3. ค่าเปลี่ยนทดแทนสารกรอง	5 % ของสารกรองทั้งหมด	68,750.00	137,500.00	206,250.00	275,000.00
4. ค่าใช้จ่ายสำหรับคลอรีน	40.00 บาท/กก.	121,666.67	243,333.33	365,000.00	486,666.67
5. ค่าบำรุงรักษา					
5.1 ดังกรอง	1 % ของเงินลงทุน	13,750.00	27,500.00	41,250.00	55,000.00
5.2 ดังเก็บน้ำ	1 % ของเงินลงทุน	756.00	1,073.50	1,307.88	1,512.00
5.3 เครื่องสูบน้ำ	10 % ของเงินลงทุน	17,140.00	32,460.00	33,300.00	45,940.00
5.4 ระบบท่อ ข้อต่อ และวาล์ว	1 % ของเงินลงทุน				
รวมค่าบำรุงรักษาประจำปี		31,646.00	61,033.50	75,857.88	102,452.00
รวมค่าใช้จ่ายดำเนินการทั้งหมด		692,873.73	1,360,362.57	2,013,288.28	2,677,983.73

ตารางที่ ค.28 ค่าใช้จ่ายดำเนินการรายปีของการนำน้ำกลับมาใช้เป็นน้ำซักโครกในอาคารพักอาศัย
โดยวิธีกรองตรง

รายการ	ราคา / หน่วย	ค่าใช้จ่ายรายปีที่อัตราการนำน้ำกลับมาใช้ต่าง ๆ (บาท/ปี)			
		167	333	500	667
1. ค่าใช้จ่ายในการบำบัด (จากการทดลอง)	5.25 บาท/ลบ.ม.	319,375.00	638,750.00	958,125.00	1,277,500.00
2. ค่าไฟฟ้า	2.40 บาท/kw-h	93,206.40	163,286.40	233,366.40	303,446.40
3. ค่าเปลี่ยนทดแทนสารกรอง	5 % ของสารกรองทั้งหมด	1,049.48	2,098.96	3,148.44	4,197.92
4. ค่าใช้จ่ายสำหรับคลอรีน	40.00 บาท/กก.	121,666.67	243,333.33	365,000.00	486,666.67
5. ค่าบำรุงรักษา					
5.1 ตั้งกรอง	1 % ของเงินลงทุน	1,000.00	1,800.00	3,390.00	4,470.00
5.2 ตั้งเก็บน้ำ	1 % ของเงินลงทุน	7,747.50	15,040.00	22,312.50	29,565.00
5.3 เครื่องสูบน้ำ	10 % ของเงินลงทุน	30,840.00	35,860.00	39,750.00	44,390.00
5.4 ระบบท่อ ข้อต่อ และวาล์ว	1 % ของเงินลงทุน	14,805.00	14,805.00	14,805.00	14,805.00
รวมค่าบำรุงรักษารายปี		54,392.50	67,505.00	80,257.50	93,230.00
รวมค่าใช้จ่ายดำเนินการทั้งหมด		589,690.05	1,114,973.69	1,639,897.34	2,165,040.98

ตารางที่ ค.29 ค่าใช้จ่ายดำเนินการรายปีของการนำน้ำกลับมาใช้เป็นน้ำซักโครกในอาคารพักอาศัย

โดยวิธีตัดตีตผิว

รายการ	ราคา / หน่วย	ค่าใช้จ่ายรายปีที่อัตราการนำน้ำกลับมาใช้ต่าง ๆ (บาท/ปี)			
		167	333	500	667
1 ค่าใช้จ่ายในการบำบัด (จากการทดลอง)	13.00 บาท/ลบ.ม.	790,833.33	1,581,666.67	2,372,500.00	3,163,333.33
2. ค่าไฟฟ้า	2.40 บาท/kw-h	104,594.40	186,062.40	267,530.40	348,998.40
3. ค่าเปลี่ยนทดแทนสารกรอง	5 % ของสารกรองทั้งหมด	4,905.00	9,810.00	14,715.00	28,035.00
4 ค่าใช้จ่ายสำหรับคลอรีน	40.00 บาท/กก.	121,666.67	243,333.33	365,000.00	486,666.67
5. ค่าบำรุงรักษา					
5.1 ตั้งกรอง	1 % ของเงินลงทุน	3,800.00	7,600.00	11,400.00	13,950.00
5.2 ตั้งเก็บน้ำ	1 % ของเงินลงทุน	7,747.50	15,040.00	22,312.50	29,565.00
5.3 เครื่องสูบน้ำ	10 % ของเงินลงทุน	30,840.00	35,860.00	39,750.00	44,390.00
5.4 ระบบท่อ ข้อต่อ และวาล์ว	1 % ของเงินลงทุน	14,805.00	14,805.00	14,805.00	14,805.00
รวมค่าบำรุงรักษารายปี		57,192.50	73,305.00	88,267.50	102,710.00
รวมค่าใช้จ่ายดำเนินการทั้งหมด		957,667.23	1,850,986.07	2,743,154.90	3,643,218.73

ตารางที่ ค.30 ค่าใช้จ่ายดำเนินการรายปีของการนำน้ำกลับมาใช้เป็นน้ำซักโครกในอาคารพักอาศัย

โดยวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

รายการ	ราคา / หน่วย	ค่าใช้จ่ายรายปีที่อัตราการนำน้ำกลับมาใช้ต่าง ๆ (บาท/ปี)			
		167	333	500	667
1. ค่าใช้จ่ายในการบำบัด (จากการทดลอง)	6.02 บาท/ลบ.ม.	366,216.67	732,433.33	1,098,650.00	1,464,866.67
2. ค่าไฟฟ้า	2.40 บาท/kw-h	104,594.40	186,062.40	267,530.40	348,998.40
3. ค่าเปลี่ยนทดแทนสารกรอง	5 % ของสารกรองทั้งหมด	68,750.00	137,500.00	206,250.00	275,000.00
4. ค่าใช้จ่ายสำหรับคลอรีน	40.00 บาท/กก.	121,666.67	243,333.33	365,000.00	486,666.67
5. ค่าบำรุงรักษา					
5.1 ตั้งกรอง	1 % ของเงินลงทุน	13,750.00	27,500.00	41,250.00	55,000.00
5.2 ตั้งเก็บน้ำ	1 % ของเงินลงทุน	7,747.50	15,040.00	22,312.50	29,565.00
5.3 เครื่องสูบน้ำ	10 % ของเงินลงทุน	30,840.00	35,860.00	39,750.00	44,390.00
5.4 ระบบท่อ ข้อต่อ และวาล์ว	1 % ของเงินลงทุน	14,805.00	14,805.00	14,805.00	14,805.00
รวมค่าบำรุงรักษารายปี		67,142.50	93,205.00	118,117.50	143,760.00
รวมค่าใช้จ่ายดำเนินการทั้งหมด		728,370.23	1,392,534.07	2,055,547.90	2,719,291.73

ตารางที่ ค.31 งบกระแสเงินสด ของการบำบัดโดยวิธีกรองตรงเพื่อใช้เป็นน้ำซักโครก
ในอาคารสำนักงาน

รายการ	มูลค่าทางการเงินที่อัตราการนำน้ำกลับมาใช้โดยเฉลี่ยต่าง ๆ (บาท)			
	167 ลบ.ม./วัน	333 ลบ.ม./วัน	500 ลบ.ม./วัน	667 ลบ.ม./วัน
รายรับ				
มูลค่าน้ำประปาที่ประหยัดได้ต่อปี	689,401.05	1,374,673.95	2,064,075.00	2,753,476.05
รายจ่าย				
1. เงินลงทุน	1,560,075.25	2,687,333.58	3,708,622.72	4,802,478.50
2. ค่าใช้จ่ายดำเนินการต่อปี	580,615.05	1,128,433.51	1,661,417.52	2,205,203.70
ดอกเบี้ย (8%)	124,806.02	214,986.69	296,689.82	384,198.28
ค่าใช้จ่ายต่อปี	705,421.07	1,343,420.20	1,958,107.33	2,589,401.98
กำไรสุทธิ	(16,020.02)	31,253.75	105,967.67	164,074.07
ดอกเบี้ย (15%)	234,011.29	403,100.04	556,293.41	720,371.77
ค่าใช้จ่ายต่อปี	814,626.33	1,531,533.55	2,217,710.93	2,925,575.48
กำไรสุทธิ	(125,225.28)	(156,859.60)	(153,635.93)	(172,099.43)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.32 งบกระแสเงินสด ของการบำบัดโดยวิธีดูดติดผิวเพื่อใช้เป็นน้ำซักโครก
ในอาคารสำนักงาน

รายการ	มูลค่าทางการเงินที่อัตราการนำน้ำกลับมาใช้โดยเฉลี่ยต่าง ๆ (บาท)			
	167 ลบ.ม./วัน	333 ลบ.ม./วัน	500 ลบ.ม./วัน	667 ลบ.ม./วัน
รายรับ				
มูลค่าน้ำประปาที่ประหยัดได้ต่อปี	689,401.05	1,374,673.95	2,064,075.00	2,753,476.05
รายจ่าย				
1. เงินลงทุน	1,906,113.25	3,404,126.58	4,698,538.57	5,974,064.30
2. ค่าใช้จ่ายดำเนินการต่อปี	1,058,728.90	2,084,861.22	3,095,369.08	4,124,354.12
ดอกเบี้ย (8%)	152,489.06	272,330.13	375,883.09	477,925.14
ค่าใช้จ่ายต่อปี	1,211,217.96	2,357,191.35	3,471,252.17	4,602,279.26
กำไรสุทธิ	(521,816.91)	(982,517.40)	(1,407,177.17)	(1,848,803.21)
ดอกเบี้ย (15%)	285,916.99	510,618.99	704,780.79	896,109.64
ค่าใช้จ่ายต่อปี	1,344,645.89	2,595,480.21	3,800,149.87	5,020,463.76
กำไรสุทธิ	(655,244.84)	(1,220,806.26)	(1,736,074.87)	(2,266,987.71)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.33 งบกระแสเงินสด ของการบำบัดโดยวิธีการรดด้วยแผ่นเยื่อกรอง
เพื่อใช้เป็นน้ำชักโครก ในอาคารสำนักงาน

รายการ	มูลค่าทางการเงินที่อัตราการนำน้ำกลับมาใช้โดยเฉลี่ยต่าง ๆ (บาท)			
	167 ลบ.ม./วัน	333 ลบ.ม./วัน	500 ลบ.ม./วัน	667 ลบ.ม./วัน
รายรับ				
มูลค่าน้ำประปาที่ประหยัดได้ต่อปี	689,401.05	1,374,673.95	2,064,075.00	2,753,476.05
รายจ่าย				
1. เงินลงทุน	3,135,784.00	5,863,468.08	8,387,550.82	11,047,228.55
2. ค่าใช้จ่ายดำเนินการต่อปี	707,907.23	1,383,217.89	2,042,904.08	2,713,902.45
ดอกเบี้ย (8%)	250,862.72	469,077.45	671,004.07	883,778.28
ค่าใช้จ่ายต่อปี	958,769.95	1,852,295.33	2,713,908.15	3,597,680.74
กำไรสุทธิ	(269,368.90)	(477,621.38)	(649,833.15)	(844,204.69)
ดอกเบี้ย (15%)	470,367.60	879,520.21	1,258,132.62	1,657,084.28
ค่าใช้จ่ายต่อปี	1,178,274.83	2,262,738.10	3,301,036.70	4,370,986.74
กำไรสุทธิ	(488,873.78)	(888,064.15)	(1,236,961.70)	(1,617,510.69)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.34 งบกระแสเงินสด ของการบำบัดโดยวิธีการตรงเพื่อใช้เป็นน้ำชดเชย
ในระบบปรับอากาศ ของอาคารสำนักงาน

รายการ	มูลค่าทางการเงินที่อัตราการนำน้ำกลับมาใช้โดยเฉลี่ยต่าง ๆ (บาท)			
	167 ลบ.ม./วัน	333 ลบ.ม./วัน	500 ลบ.ม./วัน	667 ลบ.ม./วัน
รายรับ				
มูลค่าน้ำประปาที่ประหยัดได้ต่อปี	689,401.05	1,374,673.95	2,064,075.00	2,753,476.05
รายจ่าย				
1. เงินลงทุน	725,876.50	1,062,190.83	1,305,512.39	1,626,961.92
2. ค่าใช้จ่ายดำเนินการต่อปี	565,581.55	1,105,578.19	1,631,801.72	2,169,284.98
ดอกเบี้ย (8%)	58,070.12	84,975.27	104,440.99	130,156.95
ค่าใช้จ่ายต่อปี	623,651.67	1,190,553.46	1,736,242.71	2,299,441.94
กำไรสุทธิ	65,749.38	184,120.49	327,832.29	454,034.11
ดอกเบี้ย (15%)	108,881.47	159,328.62	195,826.86	244,044.29
ค่าใช้จ่ายต่อปี	674,463.02	1,264,906.82	1,827,628.58	2,413,329.27
กำไรสุทธิ	14,938.03	109,767.13	236,446.42	340,146.78

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.35 งบกระแสเงินสด ของการบำบัดโดยวิธีดูดติดผิวเพื่อใช้เป็นน้ำชดเชย
ในระบบปรับอากาศ ของอาคารสำนักงาน

รายการ	มูลค่าทางการเงินที่อัตราการนำน้ำกลับมาใช้โดยเฉลี่ยต่าง ๆ (บาท)			
	167 ลบ.ม./วัน	333 ลบ.ม./วัน	500 ลบ.ม./วัน	667 ลบ.ม./วัน
รายรับ				
มูลค่าน้ำประปาที่ประหยัดได้ต่อปี	689,401.05	1,374,673.95	2,064,075.00	2,753,476.05
รายจ่าย				
1. เงินลงทุน	1,071,914.50	1,778,983.83	2,295,428.24	2,798,547.72
2. ค่าใช้จ่ายดำเนินการต่อปี	1,043,695.40	2,062,005.90	3,065,753.28	4,088,435.40
ดอกเบี้ย (8%)	85,753.16	142,318.71	183,634.26	223,883.82
ค่าใช้จ่ายต่อปี	1,129,448.56	2,204,324.61	3,249,387.54	4,312,319.22
กำไรสุทธิ	(440,047.51)	(829,650.66)	(1,185,312.54)	(1,558,843.17)
ดอกเบี้ย (15%)	160,787.17	266,847.57	344,314.24	419,782.16
ค่าใช้จ่ายต่อปี	1,204,482.57	2,328,853.47	3,410,067.52	4,508,217.56
กำไรสุทธิ	(515,081.52)	(954,179.52)	(1,345,992.52)	(1,754,741.51)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.36 งบกระแสเงินสด ของการบำบัดโดยวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง
เพื่อใช้เป็นน้ำรดพืชในระบบปรับอากาศ ของอาคารสำนักงาน

รายการ	มูลค่าทางการเงินที่อัตราการนำน้ำกลับมาใช้โดยเฉลี่ยต่าง ๆ (บาท)			
	167 ลบ.ม./วัน	333 ลบ.ม./วัน	500 ลบ.ม./วัน	667 ลบ.ม./วัน
รายรับ				
มูลค่าน้ำประปาที่ประหยัดได้ต่อปี	689,401.05	1,374,673.95	2,064,075.00	2,753,476.05
รายจ่าย				
1. เงินลงทุน	2,301,585.25	4,238,325.33	5,984,440.49	7,871,711.97
2. ค่าใช้จ่ายดำเนินการต่อปี	692,873.73	1,360,362.57	2,013,288.28	2,677,983.73
ดอกเบี้ย (8%)	184,126.82	339,066.03	478,755.24	629,736.96
ค่าใช้จ่ายต่อปี	877,000.55	1,699,428.59	2,492,043.52	3,307,720.69
กำไรสุทธิ	(187,599.50)	(324,754.64)	(427,968.52)	(554,244.64)
ดอกเบี้ย (15%)	345,237.79	635,748.80	897,666.07	1,180,756.80
ค่าใช้จ่ายต่อปี	1,038,111.52	1,996,111.37	2,910,954.35	3,858,740.53
กำไรสุทธิ	(348,710.47)	(621,437.42)	(846,879.35)	(1,105,264.48)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.37 งบกระแสเงินสด ของการบำบัดโดยวิธีการตรงเพื่อใช้เป็นน้ำชักโครก
ในอาคารพักอาศัย

รายการ	มูลค่าทางการเงินที่อัตราการนำน้ำกลับมาใช้โดยเฉลี่ยต่าง ๆ (บาท)			
	167 ลบ.ม./วัน	333 ลบ.ม./วัน	500 ลบ.ม./วัน	667 ลบ.ม./วัน
รายรับ				
มูลค่าน้ำประปาที่ประหยัดได้ต่อปี	689,401.05	1,374,673.95	2,064,075.00	2,753,476.05
รายจ่าย				
1. เงินลงทุน	2,681,609.12	4,563,477.46	6,787,434.03	8,883,255.20
2. ค่าใช้จ่ายดำเนินการต่อปี				
ดอกเบี้ย (8%)	214,528.73	365,078.20	542,994.72	710,660.42
ค่าใช้จ่ายต่อปี	804,218.78	1,480,051.89	2,182,892.06	2,875,701.40
กำไรสุทธิ	(114,817.73)	(105,377.94)	(118,817.06)	(122,225.35)
ดอกเบี้ย (15%)	402,241.37	684,521.62	1,018,115.10	1,332,488.28
ค่าใช้จ่ายต่อปี	991,931.41	1,799,495.31	2,658,012.44	3,497,529.26
กำไรสุทธิ	(302,530.36)	(424,821.36)	(593,937.44)	(744,053.21)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.38 งบกระแสเงินสด ของการบำบัดโดยวิธีดูดติดผิวเพื่อใช้เป็นน้ำซักโครก
ในอาคารพักอาศัย

รายการ	มูลค่าทางการเงินที่อัตราการนำน้ำกลับมาใช้โดยเฉลี่ยต่าง ๆ (บาท)			
	167 ลบ.ม./วัน	333 ลบ.ม./วัน	500 ลบ.ม./วัน	667 ลบ.ม./วัน
รายรับ				
มูลค่าน้ำประปาที่ประหยัดได้ต่อปี	689,401.05	1,374,673.95	2,064,075.00	2,753,476.05
รายจ่าย				
1. เงินลงทุน	3,027,647.12	5,280,270.46	7,777,349.88	10,054,841.00
2. ค่าใช้จ่ายดำเนินการต่อปี	957,667.23	1,850,986.07	2,743,154.90	3,643,218.73
ดอกเบี้ย (8%)	242,211.77	422,421.64	622,187.99	804,387.28
ค่าใช้จ่ายต่อปี	1,199,879.00	2,273,407.70	3,365,342.89	4,447,606.01
กำไรสุทธิ	(510,477.95)	(898,733.75)	(1,301,267.89)	(1,694,129.96)
ดอกเบี้ย (15%)	454,147.07	792,040.57	1,166,602.48	1,508,226.15
ค่าใช้จ่ายต่อปี	1,411,814.30	2,643,026.64	3,909,757.38	5,151,444.88
กำไรสุทธิ	(722,413.25)	(1,268,352.69)	(1,845,682.38)	(2,397,968.83)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.39 งบกระแสเงินสด ของการบำบัดโดยวิธีการรดด้วยแผ่นเชือกกรอง
เพื่อใช้เป็นน้ำชักโครก ในอาคารพักอาศัย

รายการ	มูลค่าทางการเงินที่อัตราการนำน้ำกลับมาใช้โดยเฉลี่ยต่าง ๆ (บาท)			
	167 ลบ.ม./วัน	333 ลบ.ม./วัน	500 ลบ.ม./วัน	667 ลบ.ม./วัน
รายรับ				
มูลค่าน้ำประปาที่ประหยัดได้ต่อปี	689,401.05	1,374,673.95	2,064,075.00	2,753,476.05
รายจ่าย				
1. เงินลงทุน	4,257,317.87	7,739,611.96	11,466,362.13	15,128,005.25
2. ค่าใช้จ่ายดำเนินการต่อปี	728,370.23	1,392,534.07	2,055,547.90	2,719,291.73
ดอกเบี้ย (8%)	340,585.43	619,168.96	917,308.97	1,210,240.42
ค่าใช้จ่ายต่อปี	1,068,955.66	2,011,703.02	2,972,856.87	3,929,532.15
กำไรสุทธิ	(379,554.61)	(637,029.07)	(908,781.87)	(1,176,056.10)
ดอกเบี้ย (15%)	638,597.68	301,755.45	445,928.53	589,429.82
ค่าใช้จ่ายต่อปี	1,366,967.91	1,694,289.52	2,501,476.43	3,308,721.56
กำไรสุทธิ	(677,566.86)	(319,615.57)	(437,401.43)	(555,245.51)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.40 อัตราผลตอบแทนการลงทุนของการนำน้ำกลับมาใช้ในอาคารสำนักงาน

โดยวิธีกรองตรง ที่อัตราการใช้น้ำโดยเฉลี่ย 167 ลบ.ม. / วัน

ปีที่	ไม่รวมระบบจ่ายน้ำ				
	กระแสเงินสดสุทธิ	อัตราส่วนลด = 0.1 %		อัตราส่วนลด = 0.08 %	
		แฟคเตอร์	มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน	แฟคเตอร์	มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน
0	(725,876.50)	1.0000	(725,876.50)	1.0000	(725,876.50)
1	65,749.38	0.9990	65,683.70	0.9992	65,696.83
2	65,749.38	0.9980	65,618.08	0.9984	65,644.31
3	65,749.38	0.9970	65,552.53	0.9976	65,591.84
4	65,749.38	0.9960	65,487.04	0.9968	65,539.41
5	65,749.38	0.9950	65,421.62	0.9960	65,487.02
6	65,749.38	0.9940	65,356.27	0.9952	65,434.67
7	65,749.38	0.9930	65,290.97	0.9944	65,382.36
8	65,749.38	0.9920	65,225.75	0.9936	65,330.10
9	65,749.38	0.9910	65,160.59	0.9928	65,277.88
10	65,749.38	0.9901	65,095.49	0.9920	65,225.70
มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิ			(71,984.45)		(71,266.39)
อัตราผลตอบแทนการลงทุน		IRR = < 0.1 %			

ตารางที่ ค.41 อัตราผลตอบแทนการลงทุนของการนำน้ำกลับมาใช้ในอาคารสำนักงาน

โดยวิธีการตรง ที่อัตราการใช้น้ำโดยเฉลี่ย 333 ลบ.ม. / วัน

ปีที่	ไม่รวมระบบจ่ายน้ำ				
	กระแสเงินสดสุทธิ	อัตราส่วนลด = 11.0 %		อัตราส่วนลด = 11.5 %	
		แฟคเตอร์	มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน	แฟคเตอร์	มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน
0	(1,062,190.83)	1.0000	(1,062,190.83)	1.0000	(1,062,190.83)
1	184,120.49	0.9009	165,874.32	0.8969	165,130.49
2	184,120.49	0.8116	149,436.32	0.8044	148,099.09
3	184,120.49	0.7312	134,627.32	0.7214	132,824.30
4	184,120.49	0.6587	121,285.87	0.6470	119,124.93
5	184,120.49	0.5935	109,266.55	0.5803	106,838.50
6	184,120.49	0.5346	98,438.33	0.5204	95,819.28
7	184,120.49	0.4817	88,683.18	0.4667	85,936.58
8	184,120.49	0.4339	79,894.76	0.4186	77,073.16
9	184,120.49	0.3909	71,977.26	0.3754	69,123.91
10	184,120.49	0.3522	64,844.38	0.3367	61,994.54
มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิ			22,137.46		(226.04)
อัตราผลตอบแทนการลงทุน		IRR = $11.0 + 22137 * (11.5 - 11.0) / (22137 + 226) = 11.5\%$			

ตารางที่ ค.42 อัตราผลตอบแทนการลงทุนของการนำน้ำกลับมาใช้ในอาคารสำนักงาน

โดยวิธีกรองตรง ที่อัตราการใช้น้ำเฉลี่ย 500 ลบ.ม. / วัน

ปีที่	ไม่รวมระบบจ่ายน้ำ				
	กระแสเงินสดสุทธิ	อัตราส่วนลด = 22.0 %		อัตราส่วนลด = 21.5 %	
		แฟคเตอร์	มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน	แฟคเตอร์	มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน
0	(1,305,512.39)	1.0000	(1,305,512.39)	1.0000	(1,305,512.39)
1	327,832.29	0.8197	268,714.99	0.8230	269,820.82
2	327,832.29	0.6719	220,258.19	0.6774	222,074.75
3	327,832.29	0.5507	180,539.50	0.5575	182,777.57
4	327,832.29	0.4514	147,983.20	0.4589	150,434.21
5	327,832.29	0.3700	121,297.70	0.3777	123,814.17
6	327,832.29	0.3033	99,424.35	0.3108	101,904.66
7	327,832.29	0.2486	81,495.37	0.2558	83,872.15
8	327,832.29	0.2038	66,799.48	0.2106	69,030.58
9	327,832.29	0.1670	54,753.67	0.1733	56,815.29
10	327,832.29	0.1369	44,880.06	0.1426	46,761.56
มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิ			(19,365.88)		1,793.35
อัตราผลตอบแทนการลงทุน		IRR = $21.5 + 1793 * (22-21.5) / (1793+19366) = 21.5 \%$			

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.43 อัตราผลตอบแทนการลงทุนของการนำน้ำกลับมาใช้ในอาคารสำนักงาน

โดยวิธีการตรง ที่อัตราการใช้้ำเฉลี่ย 667 ลบ.ม. / วัน

ปีที่	ไม่รวมระบบจ่ายน้ำ				
	กระแสเงินสดสุทธิ	อัตราส่วนลด = 24.5 %		อัตราส่วนลด = 25.0 %	
		แฟคเตอร์	มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน	แฟคเตอร์	มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน
0	(1,626,961.92)	1.0000	(1,626,961.92)	1.0000	(1,626,961.92)
1	454,034.11	0.8032	364,686.03	0.8000	363,227.29
2	454,034.11	0.6452	292,920.51	0.6400	290,581.83
3	454,034.11	0.5182	235,277.52	0.5120	232,465.47
4	454,034.11	0.4162	188,977.93	0.4096	185,972.37
5	454,034.11	0.3343	151,789.50	0.3277	148,777.90
6	454,034.11	0.2685	121,919.28	0.2621	119,022.32
7	454,034.11	0.2157	97,927.13	0.2097	95,217.85
8	454,034.11	0.1732	78,656.33	0.1678	76,174.28
9	454,034.11	0.1391	63,177.77	0.1342	60,939.43
10	454,034.11	0.1118	50,745.20	0.1074	48,751.54
มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิ			19,115.27		(5,831.64)
อัตราผลตอบแทนการลงทุน		IRR = $16.0 + 17045 * (16.5-16.0) / (17045+13100) = 24.9 \%$			

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างแบบสอบถามในการสำรวจ

แบบสำรวจการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ในอาคารสูง

วันที่สำรวจ/...../.....

ผู้ให้ข้อมูล ตำแหน่ง

สถานที่ติดต่อ

โทรศัพท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบสอบถามการนำน้ำเสียกลับมาใช้ในอาคารสูง

1. ประเภทของอาคาร

1.1 อาคารพักอาศัย

- อพาร์ทเมนท์ , แมนชั่น
 คอนโดมิเนียม สำหรับผู้มีรายได้ ระดับปานกลาง
 ระดับสูง

ได้แก่

ลำดับที่	ชื่อโครงการ	ความสูง (ชั้น)	จำนวนห้องพัก (ห้อง)
1			
2			
3			
4			
5			

1.2 อาคารพาณิชย์กรรม

- อาคารสำนักงาน
 ศูนย์การค้า

ได้แก่

ลำดับที่	ชื่อโครงการ	ความสูง (ชั้น)	พื้นที่ใช้สอย (ตร.ม.)
1			
2			
3			
4			
5			

2. ความคิดเห็นเกี่ยวกับการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในอาคาร

2.1 ท่านเคยได้รับทราบข้อมูลเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่บ้างหรือไม่

- เคย
 ไม่เคย

2.2 มีโครงการใดบ้างหรือไม่ ที่มีการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่

- มี ได้แก่
- ไม่มี

2.3 ท่านเห็นด้วยหรือไม่กับการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ในอาคาร

- เห็นด้วย เพราะ
- ไม่เห็นด้วย เพราะ

2.4 ท่านคิดว่าควรจะนำน้ำเสียกลับมาใช้ในกิจกรรมใดบ้าง

- ใช้เป็นน้ำซักโครก
- ใช้เป็นน้ำรดพืชสำหรับเติมใน Cooling Tower
- ใช้ในการชำระล้าง , ทำความสะอาดพื้น
- รดน้ำต้นไม้และทำสวนประดับ
- อื่น ๆ ระบุ

2.5 ในอนาคตอันใกล้นี้ จะมีการพิจารณาระบบการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ มาใช้เป็นทางเลือกหนึ่งในโครงการของท่านหรือไม่

- มี
- ไม่มี

2.6 ท่านคิดว่า ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการตัดสินใจลงทุนในการนำน้ำกลับมาใช้ ได้แก่

- อัตราค่าน้ำประปาที่เพิ่มขึ้น
- มูลค่าของเงินลงทุน
- การยอมรับของผู้ใช้
- ความสำคัญของการรักษาสิ่งแวดล้อม
- อื่น ๆ ได้แก่

3. ความคิดเห็นเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่

3.1 มูลค่าการลงทุนที่เพิ่มขึ้นเพื่อนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่เมื่อเปรียบเทียบกับมูลค่าการลงทุนในระบบสุขาภิบาลของโครงการ ที่ท่านยอมรับได้ควรเป็นเท่าใด

- 10 % ของงานระบบสุขาภิบาล
- 20 % ของงานระบบสุขาภิบาล
- 30 % ของงานระบบสุขาภิบาล
- 40 % ของงานระบบสุขาภิบาล
- 50 % ของงานระบบสุขาภิบาล
-

3.2 ท่านคิดว่า เมื่ออัตราค่าน้ำประปาเป็นเท่าใดจึงควรมีการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> อัตราที่เก็บในปัจจุบัน | <input type="checkbox"/> 12.00 - 15.00 บาท / ลูกบาศก์เมตร |
| <input type="checkbox"/> 15.01 - 20.00 บาท / ลูกบาศก์เมตร | <input type="checkbox"/> 20.01 - 25.00 บาท / ลูกบาศก์เมตร |
| <input type="checkbox"/> 25.01 - 30.00 บาท / ลูกบาศก์เมตร | <input type="checkbox"/> 30.01 - 35.00 บาท / ลูกบาศก์เมตร |
| <input type="checkbox"/> 35.01 - 40.00 บาท / ลูกบาศก์เมตร | <input type="checkbox"/> 40.01 - 45.00 บาท / ลูกบาศก์เมตร |
| <input type="checkbox"/> 45.01 - 50.00 บาท / ลูกบาศก์เมตร | <input type="checkbox"/> มากกว่า 50.00 บาท/ลูกบาศก์เมตร |
| <input type="checkbox"/> ไม่ขึ้นกับอัตราค่าน้ำประปา | |

3.3 ระยะเวลาคืนทุนที่ท่านยอมรับได้สำหรับการลงทุนนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ ควรอยู่ในช่วง

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 0 - 1 ปี | <input type="checkbox"/> 1 - 2 ปี |
| <input type="checkbox"/> 2 - 3 ปี | <input type="checkbox"/> 3 - 4 ปี |
| <input type="checkbox"/> 4 - 5 ปี | <input type="checkbox"/> 5 - 6 ปี |
| <input type="checkbox"/> 6 - 7 ปี | <input type="checkbox"/> |

4. ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นของท่านที่มีต่อการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ใหม่ในอาคาร

.....

.....

.....

.....

.....

ประวัติผู้เขียน

นางสาวอัมพวัน พงศ์สิทธิศักดิ์ เกิดวันที่ 2 ตุลาคม พ.ศ.2512 ที่อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี สำเร็จ
การศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
เชียงใหม่ ในปีการศึกษา 2535 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรม
สิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2536



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย