

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

- ปฏิรูป ผลจันทร์. 2544. การกำจัดสารอินทรีย์ธรรมชาติออกจากน้ำโดยใช้กระบวนการนาโนฟิลเตรชัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธนากร เมธาธรรม. 2548. ผลการเพิ่มช่วงห่างของความถี่การล้างเมมเบรนที่มีต่อการเกิดฟาวลิงของนาโนฟิลเตรชันเมมเบรนในการผลิตน้ำประปาระยะยาว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มันสิน ตันฑุลเวศม์. 2538. วิศวกรรมการประปา. เล่ม2, พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มรุพัชร จำนงวงศ์. 2547. เครื่องต้นแบบระบบการกรองแบบนาโนสำหรับผลิตน้ำดื่มชุมชน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- รัฐพนธ์ ทาทอง. 2543. การใช้หลอดรังสีอัลตราไวโอเลตชนิดความดันต่ำในการบำบัดน้ำดิบที่ปนเปื้อนโคลิฟอร์ม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- รัตนา จิระรัตนานนท์. 2541. กระบวนการด้วยเยื่อแผ่นสังเคราะห์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- จิวัฒน์ ตันฑะพานิชกุล. 2536. อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนในอุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์เอเชียเพรส.

วลัยรัตน์ อุดตมะปรางกรม. 2550. การแยกเกลือออกจากน้ำทิ้งของโรงงานผักตบชวาสำเร็จรูปด้วยระบบนาโนฟิลเตรชันสำหรับการนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สนธยา สรหงษ์. 2546. การศึกษากระบวนการนาโนฟิลเตรชันเพื่อนำน้ำทิ้งจากโรงงานฟอกย้อมกลับมาใช้ใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมภพ ปัญญาสมพรรค์. 2547. หอคอยทำความเย็น[ออนไลน์]. แหล่งที่มา : [http://mte.kmutt.ac.th/mte\\_learning/Air%20Conditioning/les7.htm](http://mte.kmutt.ac.th/mte_learning/Air%20Conditioning/les7.htm)[2008, July 21]

สิทธิชัย วงศ์ธนสุนทรณ์. 2545. หอทำน้ำเย็น[ออนไลน์]. แหล่งที่มา : [http://www.thairefrig.or.th/download/thairefrig\\_or\\_th/coolingtower.pdf](http://www.thairefrig.or.th/download/thairefrig_or_th/coolingtower.pdf) [2008, July 21]

### **ภาษาอังกฤษ**

Baker, R. W. (2004). Membrane technology and applications. 2<sup>nd</sup> ed. England: John Wiley & Sons.

Bes-Pia, A., Mendoza-Roca, J. A., and Alcaina-Miranda, M. I. (2002). Reuse of wastewater of the textile industry after its treatment with a combination of physico-chemical treatment and membrane technologies. Desalination 149: 169-174.

Chiyoda Kohan. (1996). UV Light Works Photochemically. Ultraviolet Disinfection Systems : 7-17.

- Choi, H., Zhang, K., Dionysios, D. D., Oerther, D. B., and Sorial, G. A. (2005). Influence of cross - flow velocity on membrane performance during filtration of biological suspension. Journal of membrane science 248: 189-199.
- Duranceau, S. J., Taylor, J. S. and Mulford, L. A. (1992). SOC removal in a membrane softening process. Journal AWWA 84: 78-86.
- Foust, A. S. (1980). Principles of Unit Operations. 2<sup>nd</sup>ed. New York: John Wiley & Sons.
- Garba, Y., Taha, S., Gondrexon, N., and Dorange, G. (1999). Ion transport modelling through nanofiltration membranes. Journal of Membrane Science 160: 187-200.
- Jian-Jun, Q., Maung, H., and Kiran, A. K. (2007). Nanofiltration for recovering wastewater from a specific dyeing facility. Separation and Purification Technology 56: 199-203.
- Kaliappan, S., Sathish, C., and Nirmalkumar, T. (2005). Recovery and reuse of water from effluents of cooling tower. Journal of Indian Institute of Science 85: 215-221.
- Koch, M. S. nanofiltration[Online]. (n.d.). Available from:  
[http://www.kochmembrane.com/sep\\_nf.html](http://www.kochmembrane.com/sep_nf.html)[2008, July 21]
- Innova, I. Cooling Tower[Online]. (n.d.). Available from:  
[http://www.innovationidea.com/app\\_th.html](http://www.innovationidea.com/app_th.html)[2008, July 21]
- Mark, J. Sharrer., Steven, T. Summerfelt., Graham, L. Bullock., Lauren, E. Gleason., and Jessica, T. (2005). Inactivation of bacteria using ultraviolet irradiation. Aquacultural Engineering 33: 135-149.

- Osamu, O. (2001). Technical transfer textbook for the project on the industrial water technology institute phase 2 : Water and wastewater treatment process. Bangkok: IWTI, Japan International Cooperation Agency.
- Otaki, M., Takizawa, S., and Ohgaki, S. (1998). Control and modeling of membrane fouling due to microorganism growth by UV pretreatment. Water Science and Technology 38: 405-412.
- Radier, R. G. J., van Oers, C. W., Steenbergen, A., and Wessling, M. (2001). Desalting a process cooling water using nanofiltration. Separation and Purification Technology 22-23: 159-168.
- Raman, L. P., Cheryan, M., and Rajagopalan, N. (1994). Consider nanofiltration for membrane separation. Chemical Engineering progress : 68-74.
- Song, W., Ravindran, V., Koel, B. E., and Pirbazari, M. (2004). Nanofiltration of natural organic matter with H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV pretreatment : fouling mitigation and membrane surface characterization. Journal of Membrane Science 241: 143–160.
- Thaienergy, T. Cooling Tower[Online]. (n.d.). Available from:  
[http://www.thaienergetic.com/index\\_thai1.php](http://www.thaienergetic.com/index_thai1.php)[2008, July 21]
- Wang, Z., Fan, Z., Xie, L., and Wang, S. (2006). Study of integrated membrane systems for the treatment of wastewater from cooling towers. Desalination 191: 117–124.

- Yasemin, K., Hulusi, B., and Semiha, A. (2009). Nanofiltration of Cleaning-in-Place (CIP) wastewater in a detergent plant: Effects of pH, temperature and transmembrane pressure on flux behavior. Separation and Purification Technology 65: 117–129.
- Yung, S., and Young, K. (1998). decomposition of gas-phase chloroethenes by UV/O<sub>3</sub> process. Water Research 32: 2669-2679.
- Zhang, J., Chen, L., Zeng, H., Yan, X., Song, X., Yang, H., and Ye, C. (2007). Pilot testing of outside-in MF and UF modules used for cooling tower blowdown pretreatment of power plants. Desalination 214: 287–298.
- Zhang, J., Zeng, H., Ye, C., Chen, L., and Yan, X. (2008). Pilot test of UF pretreatment prior to RO for cooling tower blowdown reuse of power plant. Desalination 222: 9–16.
- Zhao, Y., Taylor, J. S., and Chellam, S. (2005). Predicting RO/NF water quality by modified solution diffusion model and artificial neural networks. Journal of Membrane Science 263: 38–46.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก  
การวิเคราะห์สมบัติของน้ำในส่วนต่างๆ  
ของแต่ละการทดลอง

ตาราง ก-1 แสดงคุณสมบัติของน้ำทิ้งจากระบบหล่อเย็นของโรงงานตัวอย่าง

สมบัติ	หน่วย	การเก็บน้ำดิบ					เฉลี่ย	SD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5		
พีเอช		8.59	8.64	8.72	8.83	8.62	8.68	0.097
อุณหภูมิ	°C	26.5	25.8	28.4	29.5	27.3	27.50	1.478
ความนำไฟฟ้า	µs/cm	1530	1592	1585	1555	1620	1576.40	34.746
ของแข็งละลายทั้งหมด	mg/l	887	918	909	902	923	907.80	14.167
ความขุ่น	NTU	2.4	2	2.4	2.2	2.5	2.30	0.200
ความกระด้างทั้งหมด	mg/l CaCO <sub>3</sub>	430	378	415	395	418	407.20	20.608
ซีโอดี	mg/l	115.6	116.7	92.5	99.2	122.7	109.34	12.828
แบคทีเรียรวม	colonies/ml	16200	15000	11100	12500	14800	13920	2068.091
คลอไรด์	mg/l Cl <sup>-</sup>	162.4	138.2	126.6	155.8	145.5	145.70	14.160
ซัลเฟต	mg/l SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	23.5	25.8	22.5	28.2	30.4	26.08	3.268
ฟอสเฟต	mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	8.6	8.1	7.9	8.3	8.4	8.26	0.270



ตาราง ก-2 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำเข้าระบบของชุดการทดลองที่ 2

การทดลอง	pH	Temp. °C	Conductivity μs/cm	TDS mg/l	Turbidity NTU	TH mg/l CaCO <sub>3</sub>	COD mg/l	Tot. Bac. colonies/ml	Cl <sup>-</sup> mg/l Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
การทดลอง 2.1	8.80	27.8	1566	1170	2.2	430	106	17500	162	28.2	8.6
การทดลอง 2.2	8.65	26.8	1543	1163	2.2	422	102	14500	160	27.8	8.5
การทดลอง 2.3	8.74	29.2	1531	1162	2.3	428	98	13800	158	27.5	8.5
การทดลอง 2.4	8.54	28.7	1529	1158	2.2	411	97	12400	157	26.6	8.3

ตาราง ก-3 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำเข้าระบบของชุดการทดลองที่ 3.1

เวลา ชั่วโมง	pH	Temp. °C	Conductivity µs/cm	TDS mg/l	Turbidity NTU	TH mg/l CaCO <sub>3</sub>	COD mg/l	Tot. Bac. colonies/ml	Cl <sup>-</sup> mg/l Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
2	8.52	36.8	1542	1163	2.2	420	102	16200	146	27.4	8.5
4	8.42	38	1492	1159	2	384	95	14200	160	26.6	8.1
6	8.68	37.7	1520	1148	2.3	415	97	15100	137	23.6	7.3
8	8.72	37.5	1538	1139	2	394	92	13700	152	26.1	7.8
เฉลี่ย	8.64	37.5	1523	1152.3	2.1	403.3	96.5	14800	148.75	25.9	7.9

ตาราง ก-4 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำเข้าระบบของชุดการทดลองที่ 3.2

เวลา ชั่วโมง	pH	Temp. °C	Conductivity µs/cm	TDS mg/l	Turbidity NTU	TH mg/l CaCO <sub>3</sub>	COD mg/l	Tot. Bac. colonies/ml	Cl <sup>-</sup> mg/l Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
2	8.8	36	1520	1151	2.4	392	92	15700	137	23.5	8.3
4	8.63	35.6	1480	1168	2.5	387	87	12300	134	25.1	7.5
6	8.57	37.5	1511	1136	2.1	385	95	13500	132	23.5	6.9
8	8.65	37.2	1586	1145	2	381	100	12800	126	27.2	7.8
เฉลี่ย	8.71	36.6	1524.3	1150.0	2.3	386.3	93.5	13575	132.3	24.8	7.6

ตาราง ก-5 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำเข้าระบบของชุดการทดลองที่ 3.3

เวลา ชั่วโมง	pH	Temp. °C	Conductivity µs/cm	TDS mg/l	Turbidity NTU	TH mg/l CaCO <sub>3</sub>	COD mg/l	Tot. Bac. colonies/ml	Cl <sup>-</sup> mg/l Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
2	8.55	37.2	1532	1154	2.1	402	94	14200	123	27.6	8.2
4	8.62	38.6	1492	1162	2	387	92	15800	120	22.4	7.4
6	8.43	37.6	1487	1127	2	354	87	11500	131	25.6	7.2
8	8.28	36.8	1536	1077	1.9	375	84	12700	124	23.7	7
เฉลี่ย	8.58	37.6	1511.8	1130.0	2.0	379.5	89.3	13550	124.5	24.8	7.5

ตาราง ก-6 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำเข้าระบบของชุดการทดลองที่ 3.4

เวลา ชั่วโมง	pH	Temp. °C	Conductivity µs/cm	TDS mg/l	Turbidity NTU	TH mg/l CaCO <sub>3</sub>	COD mg/l	Tot. Bac. colonies/ml	Cl <sup>-</sup> mg/l Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
2	8.57	37.8	1530	1170	2.3	397	87	13200	128	21.5	7.9
4	8.41	38.2	1493	1143	2.4	348	84	11300	130	22.5	6.8
6	8.67	36.4	1481	1087	2.2	366	90	10400	117	25.1	7.4
8	8.23	38.3	1476	1127	1.9	356	80	12700	123	25.6	8
เฉลี่ย	8.54	37.7	1495.0	1131.8	2.2	366.8	85.3	11900	124.5	23.7	7.5

ตาราง ก-7 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำเข้มข้นของชุดการทดลองที่ 2

การทดลอง	pH	Temp. °C	Conductivity µs/cm	TDS mg/l	Turbidity NTU	TH mg/l CaCO <sub>3</sub>	COD mg/l	Tot. Bac. colonies/ml	Cl <sup>-</sup> mg/l Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
การทดลอง 2.1	8.96	30.2	2480	1907	3.0	690	172	19500	243	44.8	12.9
การทดลอง 2.2	8.88	29.4	2440	1903	2.9	672	161	18500	240	44.2	12.8
การทดลอง 2.3	8.93	31.3	2420	1886	3.0	682	157	16200	237	44	12.8
การทดลอง 2.4	8.79	32.4	2410	1847	2.9	655	153	13500	233	42.6	12.5

ตาราง ก-8 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำเข้มข้นของชุดการทดลองที่ 3.1

เวลา ชั่วโมง	pH	Temp. °C	Conductivity µs/cm	TDS mg/l	Turbidity NTU	TH mg/l CaCO <sub>3</sub>	COD mg/l	Tot. Bac. colonies/ml	Cl <sup>-</sup> mg/l Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
2	8.79	39	2420	1850	2.8	654	161	18700	241	43.0	13.0
4	8.72	38.7	2350	1830	2.8	638	145	16800	234	41.2	12.0
6	8.66	39	2370	1840	2.8	616	156	16800	228	39.9	10.9
8	8.82	38.9	2400	1840	2.7	622	148	17800	188	38.6	11.2
เฉลี่ย	8.75	38.9	2385	1840.0	2.8	632.5	152.5	17525	222.75	40.7	11.8

ตาราง ก-9 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำเข้มข้นของชุดการทดลองที่ 3.2

เวลา ชั่วโมง	pH	Temp. °C	Conductivity µs/cm	TDS mg/l	Turbidity NTU	TH mg/l CaCO <sub>3</sub>	COD mg/l	Tot. Bac. colonies/ml	Cl <sup>-</sup> mg/l Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
2	8.91	37.8	2450	1840	3.1	627	151	17500	200	39.2	12.5
4	8.82	37.4	2250	1820	2.9	623	148	14500	188	37.5	10.7
6	8.77	38.1	2410	1780	3	606	143	14800	206	38.6	11.2
8	8.86	37.6	2450	1790	2.8	598	141	15800	195	36.5	11.4
เฉลี่ย	8.84	37.7	2390.0	1807.5	3.0	613.5	145.75	15650	197.3	38.0	11.5



ตาราง ก-10 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำเข้มข้นของชุดการทดลองที่ 3.3

เวลา ชั่วโมง	pH	Temp. °C	Conductivity µs/cm	TDS mg/l	Turbidity NTU	TH mg/l CaCO <sub>3</sub>	COD mg/l	Tot. Bac. colonies/ml	Cl <sup>-</sup> mg/l Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
2	8.82	39.2	2380	1760	2.9	587	154	17200	192	36.4	11.6
4	8.65	38.8	2350	1800	2.6	611	127	15000	185	37.2	10.8
6	8.74	38.7	2410	1810	2.5	592	145	16000	195	38.1	12
8	8.56	39.6	2320	1780	2.3	602	137	15400	186	39.3	10
เฉลี่ย	8.69	39.1	2365.0	1787.5	2.6	598.0	140.8	15900	189.5	37.8	11.1

ตาราง ก-11 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำเข้มข้นของชุดการทดลองที่ 3.4

เวลา ชั่วโมง	pH	Temp. °C	Conductivity µs/cm	TDS mg/l	Turbidity NTU	TH mg/l CaCO <sub>3</sub>	COD mg/l	Tot. Bac. colonies/ml	Cl <sup>-</sup> mg/l Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
2	8.65	39.6	2250	1830	2.7	551	132	14200	161	34.9	12
4	8.56	39.3	2410	1760	3	621	140	12300	157	35.6	11.6
6	8.76	38.2	2360	1800	2.8	589	128	11200	155	36.2	10.5
8	8.54	38.6	2380	1730	2.9	557	142	13200	158	37.5	11.6
เฉลี่ย	8.63	38.9	2350.0	1780.0	2.9	579.5	135.5	12725	157.8	36.1	11.4

ตาราง ก-12 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำสะอาดที่ผลิตได้ของชุดการทดลองที่ 2

การทดลอง	pH	Temp. °C	Conductivity µs/cm	TDS mg/l	Turbidity NTU	TH mg/l CaCO <sub>3</sub>	COD mg/l	Tot. Bac. colonies/ml	Cl <sup>-</sup> mg/l Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
การทดลอง 2.1	8.68	31.2	110	83	0.1	9	54	1100	62	1	0
การทดลอง 2.2	8.42	30.4	93	81	0.0	4	38	600	53	1	0
การทดลอง 2.3	8.55	29.8	77	70	0.0	0	22	300	40	1	0
การทดลอง 2.4	8.32	30.5	92	93	0.0	4	27	400	38	0	0

ตาราง ก-13 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำสะอาดที่ผลิตได้ของชุดการทดลองที่ 3.1

เวลา ชั่วโมง	pH	Temp. °C	Conductivity µs/cm	TDS mg/l	Turbidity NTU	TH mg/l CaCO <sub>3</sub>	COD mg/l	Tot. Bac. colonies/ml	Cl <sup>-</sup> mg/l Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
2	8.64	38.7	62	45	0	0	7	0	30	0.0	0.0
4	8.72	37.6	58	42	0	0	12	0	33	0.0	0.0
6	8.64	38.1	64	51	0	0	11	0	29	0.0	0.0
8	8.58	36.8	59	48	0	0	9	0	31	0.0	0.0
เฉลี่ย	8.58	37.8	60.75	46.5	0	0.0	9.8	0	30.75	0	0.0

ตาราง ก-14 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำสะอาดที่ผลิตได้ของชุดการทดลองที่ 3.2

เวลา ชั่วโมง	pH	Temp. °C	Conductivity µs/cm	TDS mg/l	Turbidity NTU	TH mg/l CaCO <sub>3</sub>	COD mg/l	Tot. Bac. colonies/ml	Cl <sup>-</sup> mg/l Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
2	8.78	37.2	65	70	0	1	20	0	35	0	0
4	8.66	36.2	63	73	0	0	17	0	32	0	0
6	8.64	38.4	62	67	0	0	21	0	34	0	0
8	8.77	35.9	63	68	0	0	20	0	31	0	0
เฉลี่ย	8.66	36.9	63.3	69.5	0.0	0.3	19.5	0	33.0	0.0	0.0

ตาราง ก-15 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำสะอาดที่ผลิตได้ของชุดการทดลองที่ 3.3

เวลา ชั่วโมง	pH	Temp. °C	Conductivity µs/cm	TDS mg/l	Turbidity NTU	TH mg/l CaCO <sub>3</sub>	COD mg/l	Tot. Bac. colonies/ml	Cl <sup>-</sup> mg/l Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
2	8.55	38.4	78	60	0	1	23	0	36	0	0
4	8.62	38.8	74	55	0	1	25	0	37	0	0
6	8.57	38.1	77	57	0	0	18	0	34	0	0
8	8.56	38.6	74	56	0	0	17	0	33	0	0
เฉลี่ย	8.53	38.5	75.8	57.0	0.0	0.5	20.8	0	35.0	0.0	0.0

ตาราง ก-16 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำสะอาดที่ผลิตได้ของชุดการทดลองที่ 3.4

เวลา ชั่วโมง	pH	Temp. °C	Conductivity µs/cm	TDS mg/l	Turbidity NTU	TH mg/l CaCO <sub>3</sub>	COD mg/l	Tot. Bac. colonies/ml	Cl <sup>-</sup> mg/l Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
2	8.64	37.8	95	69	0	1	31	0	40	0	0
4	8.45	38.6	89	68	0	0	29	0	42	0	0
6	8.55	38.1	88	66	0	1	25	0	37	0	0
8	8.45	37.8	87	70	0	0	24	0	35	0	0
เฉลี่ย	8.52	38.1	89.8	68.3	0.0	0.5	27.3	0	38.5	0.0	0.0

ตาราง ก-17 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำของชุดการทดลองที่ 1

ระยะเวลาสัมผัส (วินาที)	ครั้งที่					เฉลี่ย colonies/ml
	1	2	3	4	5	
0	15000	16500	14500	13500	13800	14660
4	6600	5400	4500	3900	5100	5100
6	4400	3800	3700	4100	4900	4180
8	3200	3800	3700	4100	2900	3540
10	2100	2400	1900	3300	2900	2520



ตาราง ก-18 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำส่วนต่างๆจากการเดินระบบระยะยาวที่โรงงาน

เวลาทดลอง (ชั่วโมง)	PH			Temperature(°C)			Conductivity(µs/cm)		
	feed	permeate	Concentrate	feed	permeate	Concentrate	feed	permeate	Concentrate
0	8.46	8.22	8.61	29.5	30.4	30	1511	60	2420
8	8.68	8.35	8.87	31.5	33.1	33.4	1513	62	2430
16	8.59	8.36	8.93	30.8	32.7	32.5	1517	63	2420
24	8.67	8.53	8.78	34.6	36.2	36.3	1515	64	2440
32	8.78	8.60	8.9	33.4	35.2	35.6	1521	63	2430
40	8.77	8.63	8.9	34.9	37.6	37.2	1518	65	2420
48	8.71	8.54	8.88	36	36.7	37	1526	65	2440
56	8.8	8.67	9	35.6	37.3	37.5	1529	66	2460
64	8.55	8.57	8.76	36.8	38.7	38.5	1533	67	2450
72	8.78	8.66	8.8	37	38.3	38.8	1531	67	2440
80	8.8	8.70	8.95	37.4	38	38.1	1537	68	2460
88	8.72	8.55	8.86	38.2	39.1	39	1535	69	2460
96	8.77	8.58	8.94	37.6	38.5	38.2	1542	69	2470

ตาราง ก-18 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำส่วนต่างๆจากการเดินระบบระยะยาวที่โรงงาน (ต่อ)

เวลาทดลอง (ชั่วโมง)	PH			Temperature(°C)			Conductivity(µs/cm)		
	feed	permeate	Concentrate	feed	permeate	Concentrate	feed	permeate	Concentrate
104	8.75	8.44	8.94	39.7	40	40	1538	70	2480
112	8.56	8.63	8.77	38.8	39.4	39	1547	72	2470
120	8.68	8.57	8.76	38.5	39.8	39.2	1543	73	2460
128	8.75	8.65	8.8	38.2	39	39	1550	75	2490
136	8.42	8.28	8.75	37.5	38.8	38.2	1548	77	2520
144	8.77	8.62	8.89	36.8	38.5	38.2	1553	77	2490
152	8.65	8.56	8.73	34.9	35.4	35.3	1556	78	2520
160	8.71	8.68	8.82	37.2	38.5	38.4	1552	78	2500
168	8.67	8.54	8.73	37.7	38.3	38.1	1557	78	2500
176	8.76	8.62	8.86	37.5	38.8	38.5	1561	78	2510
184	8.58	8.36	8.91	37.9	39.2	38.7	1555	78	2500
192	8.76	8.67	8.88	38.2	38.9	38.7	1564	80	2530
200	8.67	8.50	8.87	39	39.5	39.2	1568	80	2520

ตาราง ก-18 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำส่วนต่างๆจากการเดินระบบระยะยาวที่โรงงาน (ต่อ)

เวลาทดลอง (ชั่วโมง)	PH			Temperature(°C)			Conductivity(µs/cm)		
	feed	permeate	Concentrate	feed	permeate	Concentrate	feed	permeate	Concentrate
208	8.78	8.67	8.93	38.6	38.9	38.7	1565	80	2530
216	8.8	8.68	8.93	38.3	39.1	38.7	1570	81	2540
224	8.56	8.35	8.7	38.9	39.5	39.3	1574	81	2560
232	8.54	8.28	8.83	39.3	39.5	40	1578	82	2550
240	8.78	8.66	8.78	39.1	39.6	39.4	1582	80	2570

ตาราง ก-18 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำส่วนต่างๆจากการเดินระบบระยะยาวที่โรงงาน

เวลาทดลอง (ชั่วโมง)	TDS(mg/l)			Total Hardness (mg/lCaCO <sub>3</sub> )			Turbidity(NTU)		
	feed	permeate	Concentrate	feed	permeate	Concentrate	feed	permeate	Concentrate
0	1072	44	1760	430	0	690	1.7	0	2.2
8	1073	44	1770	433	0	695	1.7	0	2.2
16	1075	44	1770	435	2	700	1.8	0	2.3
24	1068	45	1760	438	0	703	1.8	0	2.3
32	1078	45	1780	441	0	709	1.8	0	2.3
40	1076	45	1780	445	0	716	1.8	0	2.3
48	1065	46	1760	449	0	722	1.8	0	2.4
56	1075	47	1770	451	0	734	1.8	0	2.4
64	1077	45	1780	456	0	742	1.9	0	2.4
72	1078	45	1780	458	0	738	1.9	0	2.4
80	1078	47	1780	460	0	746	1.9	0	2.4
88	1080	47	1780	464	0	754	1.9	0	2.4
96	1082	48	1790	466	0	759	1.9	0	2.5

ตาราง ก-18 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำส่วนต่างๆจากการเดินระบบระยะยาวที่โรงงาน (ต่อ)

เวลาทดลอง (ชั่วโมง)	TDS(mg/l)			Total Hardness (mg/lCaCO <sub>3</sub> )			Turbidity(NTU)		
	feed	permeate	Concentrate	feed	permeate	Concentrate	feed	permeate	Concentrate
104	1082	49	1790	469	0	762	2	0	2.6
112	1086	47	1800	470	0	768	2	0	2.6
120	1089	48	1800	473	0	775	2	0	2.5
128	1091	50	1810	475	0	780	2	0	2.5
136	1095	50	1820	478	0	784	2	0	2.5
144	1099	52	1820	479	0	786	2	0	2.6
152	1109	53	1840	480	0	793	2	0	2.6
160	1115	53	1830	482	0	797	2	0	2.6
168	1118	52	1850	483	0	803	2	0	2.6
176	1125	54	1860	486	0	808	2	0	2.6
184	1128	56	1860	488	4	813	2	0	2.6
192	1130	57	1870	491	0	837	2	0	2.6
200	1135	57	1870	490	0	828	2.1	0	2.7

04891678 I

ตาราง ก-18 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำส่วนต่างๆจากการเดินระบบระยะยาวที่โรงงาน (ต่อ)

เวลาทดลอง (ชั่วโมง)	TDS(mg/l)			Total Hardness (mg/lCaCO <sub>3</sub> )			Turbidity(NTU)		
	feed	permeate	Concentrate	feed	permeate	Concentrate	feed	permeate	Concentrate
208	1142	58	1880	494	0	845	2.2	0	2.9
216	1145	60	1890	493	0	852	2.2	0	2.9
224	1149	60	1900	497	0	867	2.2	0.1	2.9
232	1152	61	1900	501	0	873	2.2	0.1	3.0
240	1154	63	1910	503	0	880	2.3	0.1	3.0

ตาราง ก-18 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำส่วนต่างๆจากการเดินระบบระยะยาวที่โรงงาน

เวลาทดลอง (ชั่วโมง)	Cl <sup>-</sup> (mg/l Cl <sup>-</sup> )			SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )			PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )		
	feed	permeate	Concentrate	feed	permeate	Concentrate	feed	permeate	Concentrate
0	162	32	261	23.8	0	40.2	8.6	0	13.7
16	165	33	264	23.8	0	40.3	8.6	0	13.7
32	168	33	269	23.9	0	40.3	8.6	0	13.8
48	170	34	272	23.9	0	40.5	8.7	0	13.9
64	169	33	271	23.9	0	40.6	8.8	0	14
80	171	34	274	24.1	0	41.0	8.8	0	14
96	173	35	277	24	0	41.2	8.8	0	14.1
112	170	35	272	24.2	0	41.1	8.9	0	14.2
128	175	35	280	24.3	0	41.3	9	0	14.4
144	176	35	282	24.3	0	41.3	9	0	14.4
160	179	36	287	24.4	0	41.5	9.1	0	14.6
176	174	35	279	24.7	0	42.0	9	0	14.4

ตาราง ก-18 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำส่วนต่างๆจากการเดินระบบระยะยาวที่โรงงาน (ต่อ)

เวลาทดลอง (ชั่วโมง)	Cl <sup>-</sup> (mg/l Cl <sup>-</sup> )			SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )			PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )		
	feed	permeate	Concentrate	feed	permeate	Concentrate	feed	permeate	Concentrate
192	180	36	288	24.8	0	42.2	9.2	0	14.7
208	184	37	295	24.8	0	42.3	9.3	0	14.8
224	182	37	293	24.9	0	42.3	9.3	0	14.9
240	186	37	298	25	0	42.5	9.5	0	15.2



ตาราง ก-18 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำส่วนต่างๆจากการเดินระบบระยะยาวที่โรงงาน

เวลาทดลอง (ชั่วโมง)	COD(mg/l)			Total Plate Count(colonies/ml)		
	feed	permeate	Concentrate	feed	permeate	Concentrate
0	106	10.5	172	17500	500	20200
16	106	10.6	174	14500	0	18700
32	107	10.6	175	13800	200	17200
48	108	10.8	176	12400	300	15800
64	109	10.9	178	13100	0	15600
80	109	10.9	179	14000	700	18400
96	110	11.0	181	12200	500	16700
112	112	11.2	184	14200	0	17500
128	114	11.4	187	15600	200	19400
144	115	11.5	187	11400	100	18500
160	117	11.7	190	12600	0	19200
176	118	11.8	191	14600	0	19500

ตาราง ก-18 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำส่วนต่างๆจากการเดินระบบระยะยาวที่โรงงาน (ต่อ)

เวลาทดลอง (ชั่วโมง)	COD(mg/l)			Total Plate Count(colonies/ml)		
	feed	permeate	Concentrate	feed	permeate	Concentrate
192	120	12.0	194	10700	600	19600
208	121	12.1	197	12400	0	19700
224	122	12.2	200	15800	300	20700
240	125	12.4	202	14400	0	23300

ภาคผนวก ข

อัตราการผลิตน้ำสะอาดของการทดลองแต่ละชุด

ตารางที่ ข-1 แสดงอัตราการผลิตน้ำสะอาดที่แต่ละความดันเดินระบบในชุดการทดลองที่ 2

ความดัน bar	Qf l/min	อัตราการผลิตน้ำสะอาดที่แต่ละชั่วโมง (l/min)								เฉลี่ย l/min	Flux ( $\times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{s}$ )
		1	2	3	4	5	6	7	8		
3	27.8	3	2.9	3	2.8	2.9	3	2.9	3	2.94	0.306
4	27.8	4	3.9	4	4	3.9	4	4	3.9	3.96	0.413
5	27.8	5.5	5.5	5.4	5.5	5.3	5.4	5.5	5.4	5.44	0.566
6	27.8	6.5	6.5	6.4	6.3	6.5	6.4	6.5	6.5	6.45	0.672

ตารางที่ ข-2 แสดงอัตราการผลิตน้ำสะอาดของชุดการทดลองที่ 4

เวลาเดินระบบ (ชั่วโมง)	อัตราการผลิตน้ำสะอาด (l/min)	ฟลักซ์ ( $\times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^2\text{s}$ )
0	5.5	0.57
8	5.5	0.57
16	5.4	0.56
24	5.5	0.57
32	5.4	0.56
40	5.4	0.56
48	5.5	0.57
56	5.4	0.56
64	5.3	0.55
72	5.5	0.57
80	5.4	0.56
88	5.4	0.56
96	5.5	0.57
104	5.3	0.55
112	4.9	0.51
120	5.3	0.55
128	5.4	0.56
136	5.5	0.57
144	5.4	0.56
152	5.3	0.55
160	5.5	0.57
168	5.4	0.56
176	5.4	0.56
184	5.5	0.57

ตารางที่ ข-2 แสดงอัตราการผลิตน้ำสะอาดของชุดการทดลองที่ 4 (ต่อ)

เวลาเดินระบบ (ชั่วโมง)	อัตราการผลิตน้ำสะอาด (l/min)	ฟลักซ์ ( $\times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^2\text{s}$ )
192	5.4	0.56
200	5.4	0.56
208	5.2	0.54
216	4.8	0.5
224	5.4	0.56
232	5.4	0.56
240	5.4	0.56
เฉลี่ย	5.37	0.56

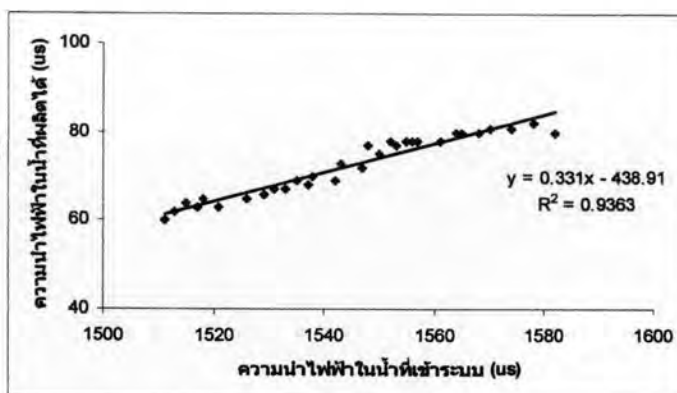
ภาคผนวก ค  
แสดงการหาค่า  $K_s$

ตาราง ค-1 แสดงการหาค่า Ks ของความนำไฟฟ้าสำหรับการทดลองกับชุดเดินระบบ  
ระยะยาวที่โรงงาน

จากรูปเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$\text{Conductivity}_p = Z \text{Conductivity}_i + C$$

เมื่อ  $Z = 0.331$



เวลาเดินระบบ (ชม.)	Fw (m/s x10 <sup>-6</sup> )	Qp (m <sup>3</sup> /d)	Qf (m <sup>3</sup> /d)	R	(2-2R)/(2-R)	Fw*(2-2R)/(2-R) (m/s x10 <sup>-6</sup> )	Ks (m/s x10 <sup>-6</sup> )
8	0.572917	7.920	40	0.1980	0.890122	0.509966	0.020806
16	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.020479
24	0.572917	7.920	40	0.1980	0.890122	0.509966	0.020806
32	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.020479
40	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.020479
48	0.572917	7.920	40	0.1980	0.890122	0.509966	0.020806
56	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.020479
64	0.552083	7.632	40	0.1908	0.894539	0.493860	0.020149
72	0.572917	7.920	40	0.1980	0.890122	0.509966	0.020806
80	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.020479
88	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.020479
96	0.572917	7.920	40	0.1980	0.890122	0.509966	0.020806
104	0.552083	7.632	40	0.1908	0.894539	0.493860	0.020149
112	0.510417	7.056	40	0.1764	0.903268	0.461043	0.018810
120	0.552083	7.632	40	0.1908	0.894539	0.493860	0.020149
128	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.020479
136	0.572917	7.920	40	0.1980	0.890122	0.509966	0.020806



ตาราง ค-1 แสดงการหาค่า Ks ของความนำไฟฟ้าสำหรับการทดลองกับชุดเดินระบบ  
ระยะยาวที่โรงงาน (ต่อ)

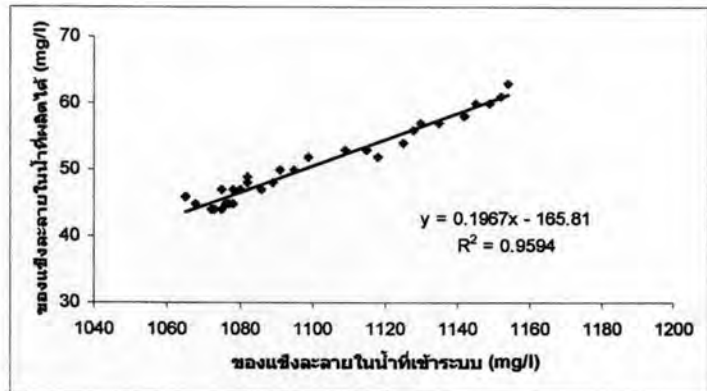
เวลาเดินระบบ (ชม.)	Fw (m/s x10 <sup>-6</sup> )	Qp (m <sup>3</sup> /d)	Qf (m <sup>3</sup> /d)	R	(2-2R)/(2-R)	Fw*(2-2R)/(2-R) (m/s x10 <sup>-6</sup> )	Ks (m/s x10 <sup>-6</sup> )
144	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.020479
152	0.552083	7.632	40	0.1908	0.894539	0.493860	0.020149
160	0.572917	7.920	40	0.1980	0.890122	0.509966	0.020806
168	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.020479
176	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.020479
184	0.572917	7.920	40	0.1980	0.890122	0.509966	0.020806
192	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.020479
200	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.020479
208	0.541667	7.488	40	0.1872	0.896734	0.485731	0.019818
216	0.500000	6.912	40	0.1728	0.905429	0.452715	0.018470
224	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.020479
232	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.020479
240	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.020479
						ค่าเฉลี่ย	0.020378

ตาราง ค-2 แสดงการหาค่า Ks ของของแข็งละลายสำหรับการทดลองกับชุดเดินระบบ  
ระยะยาวที่โรงงาน

จากรูปเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$TDS_p = Z TDS_i + C$$

เมื่อ  $Z = 0.1967$



เวลาเดินระบบ (ชม.)	Fw (m/s x10 <sup>-6</sup> )	Qp (m <sup>3</sup> /d)	Qf (m <sup>3</sup> /d)	R	(2-2R)/(2-R)	Fw*(2-2R)/(2-R) (m/s x10 <sup>-6</sup> )	Ks (m/s x10 <sup>-6</sup> )
8	0.572917	7.920	40	0.1980	0.890122	0.509966	0.064385
16	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.063371
24	0.572917	7.920	40	0.1980	0.890122	0.509966	0.064385
32	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.063371
40	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.063371
48	0.572917	7.920	40	0.1980	0.890122	0.509966	0.064385
56	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.063371
64	0.552083	7.632	40	0.1908	0.894539	0.493860	0.062351
72	0.572917	7.920	40	0.1980	0.890122	0.509966	0.064385
80	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.063371
88	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.063371
96	0.572917	7.920	40	0.1980	0.890122	0.509966	0.064385
104	0.552083	7.632	40	0.1908	0.894539	0.493860	0.062351
112	0.510417	7.056	40	0.1764	0.903268	0.461043	0.058208
120	0.552083	7.632	40	0.1908	0.894539	0.493860	0.062351
128	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.063371
136	0.572917	7.920	40	0.1980	0.890122	0.509966	0.064385

ตาราง ค-2 แสดงการหาค่า Ks ของของแข็งละลายสำหรับการทดลองกับชุดเดินระบบ  
ระยะยาวที่โรงงาน (ต่อ)

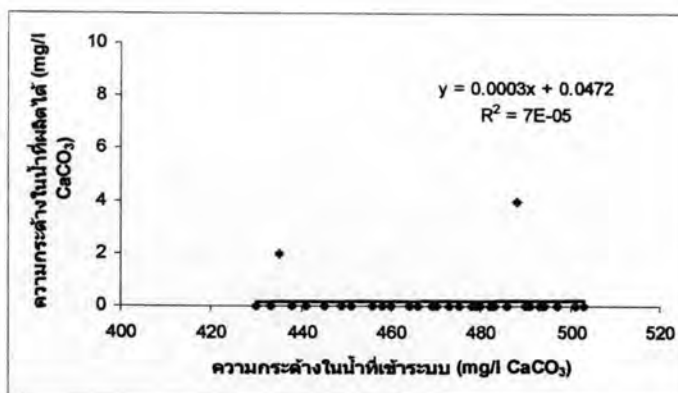
เวลาเดินระบบ (ชม.)	Fw (m/s x10 <sup>-6</sup> )	Qp (m <sup>3</sup> /d)	Qf (m <sup>3</sup> /d)	R	(2-2R)/(2-R)	Fw*(2-2R)/(2-R) (m/s x10 <sup>-6</sup> )	Ks (m/s x10 <sup>-6</sup> )
144	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.063371
152	0.552083	7.632	40	0.1908	0.894539	0.493860	0.062351
160	0.572917	7.920	40	0.1980	0.890122	0.509966	0.064385
168	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.063371
176	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.063371
184	0.572917	7.920	40	0.1980	0.890122	0.509966	0.064385
192	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.063371
200	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.063371
208	0.541667	7.488	40	0.1872	0.896734	0.485731	0.061325
216	0.500000	6.912	40	0.1728	0.905429	0.452715	0.057157
224	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.063371
232	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.063371
240	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.063371
						ค่าเฉลี่ย	0.063058

ตาราง ค-3 แสดงการหาค่า Ks ของความกระด้างสำหรับการทดลองกับชุดเดินระบบ  
ระยะยาวที่โรงงาน

จากรูปเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$TH_p = Z TH_t + C$$

เมื่อ  $Z = 0.0003$



เวลาเดินระบบ (ชม.)	Fw (m/s x10 <sup>-6</sup> )	Qp (m <sup>3</sup> /d)	Qf (m <sup>3</sup> /d)	R	(2-2R)/(2-R)	Fw*(2-2R)/(2-R) (m/s x10 <sup>-6</sup> )	Ks (m/s x10 <sup>-6</sup> )
8	0.572917	7.920	40	0.1980	0.890122	0.509966	0.004372
16	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.004303
24	0.572917	7.920	40	0.1980	0.890122	0.509966	0.004372
32	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.004303
40	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.004303
48	0.572917	7.920	40	0.1980	0.890122	0.509966	0.004372
56	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.004303
64	0.552083	7.632	40	0.1908	0.894539	0.493860	0.004234
72	0.572917	7.920	40	0.1980	0.890122	0.509966	0.004372
80	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.004303
88	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.004303
96	0.572917	7.920	40	0.1980	0.890122	0.509966	0.004372
104	0.552083	7.632	40	0.1908	0.894539	0.493860	0.004234
112	0.510417	7.056	40	0.1764	0.903268	0.461043	0.003952
120	0.552083	7.632	40	0.1908	0.894539	0.493860	0.004234
128	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.004303
136	0.572917	7.920	40	0.1980	0.890122	0.509966	0.004372

ตาราง ค-3 แสดงการหาค่า Ks ของความกระด้างสำหรับการทดลองกับชุดเดินระบบ  
ระยะยาวที่โรงงาน (ต่อ)

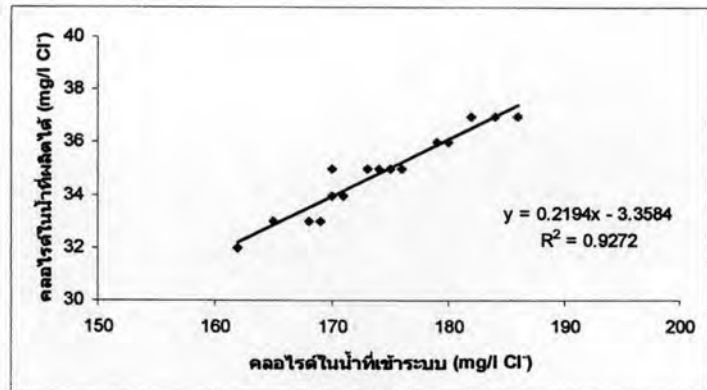
เวลาเดินระบบ (ชม.)	Fw (m/s x10 <sup>-6</sup> )	Qp (m <sup>3</sup> /d)	Qf (m <sup>3</sup> /d)	R	(2-2R)/(2-R)	Fw*(2-2R)/(2-R) (m/s x10 <sup>-6</sup> )	Ks (m/s x10 <sup>-6</sup> )
144	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.004303
152	0.552083	7.632	40	0.1908	0.894539	0.493860	0.004234
160	0.572917	7.920	40	0.1980	0.890122	0.509966	0.004372
168	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.004303
176	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.004303
184	0.572917	7.920	40	0.1980	0.890122	0.509966	0.004372
192	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.004303
200	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.004303
208	0.541667	7.488	40	0.1872	0.896734	0.485731	0.004164
216	0.500000	6.912	40	0.1728	0.905429	0.452715	0.003881
224	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.004303
232	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.004303
240	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.004303
						ค่าเฉลี่ย	0.004282

ตาราง ค-4 แสดงการหาค่า Ks ของคลอไรด์สำหรับการทดลองกับชุดเดินระบบระยะยาว  
ที่โรงงาน

จากรูปเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$Cl_p = Z Cl_r + C$$

เมื่อ  $Z = 0.2194$



เวลาเดินระบบ (ชม.)	Fw (m/s x10 <sup>-6</sup> )	Qp (m <sup>3</sup> /d)	Qf (m <sup>3</sup> /d)	R	(2-2R)/(2-R)	Fw*(2-2R)/(2-R) (m/s x10 <sup>-6</sup> )	Ks (m/s x10 <sup>-6</sup> )
16	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.157206
32	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.157206
48	0.572917	7.920	40	0.1980	0.890122	0.509966	0.159720
64	0.552083	7.632	40	0.1908	0.894539	0.493860	0.154676
80	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.157206
96	0.572917	7.920	40	0.1980	0.890122	0.509966	0.159720
112	0.510417	7.056	40	0.1764	0.903268	0.461043	0.144398
128	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.157206
144	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.157206
160	0.572917	7.920	40	0.1980	0.890122	0.509966	0.159720
176	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.157206
192	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.157206
208	0.541667	7.488	40	0.1872	0.896734	0.485731	0.152130
224	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.157206
240	0.562500	7.776	40	0.1944	0.892335	0.501938	0.157206
						ค่าเฉลี่ย	0.156348

ภาคผนวก ง  
แสดงสมบัติของเมมเบรน

## Product Information



### FILMTEC Membranes

Desalting Nanofiltration Elements for Process Streams

#### Features

FILMTEC™ NF membrane elements are designed for process applications where a separation of solutes is desired.

- NF is a durable polypiperazine amide membrane designed to reject organics with a molecular weight above 200 while passing monovalent salts.
- FILMTEC NF membrane elements are used in a variety of applications such as desalting organic compounds, acid processing, metal recovery and antifreeze recovery.
- FILMTEC NF membrane elements replace discontinued NF45 elements.

#### Product Specifications

Product	Part number	Active area – ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )
NF-2540	151538	28 (2.6)
NF-4040	151543	82 (7.6)
NF-400 (8040 style)	151544	400 (37.2)

1. Permeate flow and salt rejection based on the following test conditions: 2,000 ppm MgSO<sub>4</sub>, 130 psig (8.9 bar), 77°F (25°C), pH 8 and 15% recovery.
2. Target water flow rates for new elements are: NF-2540 – 920 gpd (3.5 m<sup>3</sup>/d), NF-4040 – 3,050 gpd (11.5 m<sup>3</sup>/d), NF-400 – 13,700 gpd (51.9 m<sup>3</sup>/d).
3. Minimum MgSO<sub>4</sub> rejection is 98.0%. Stabilized rejection is >99%.
4. Product specifications may vary slightly as improvements are implemented.



Figure 1.

2540 and 4040 styles

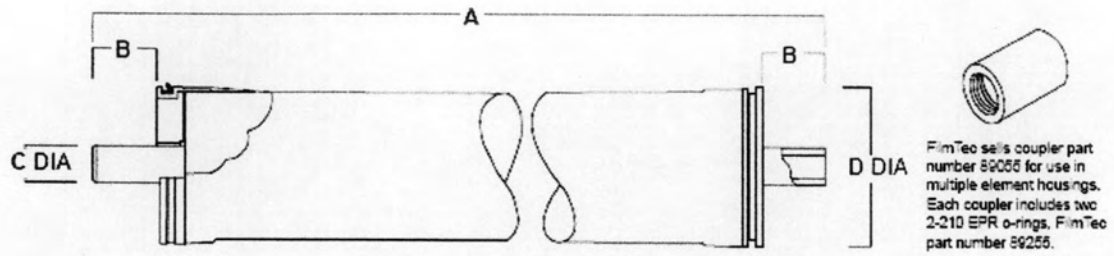
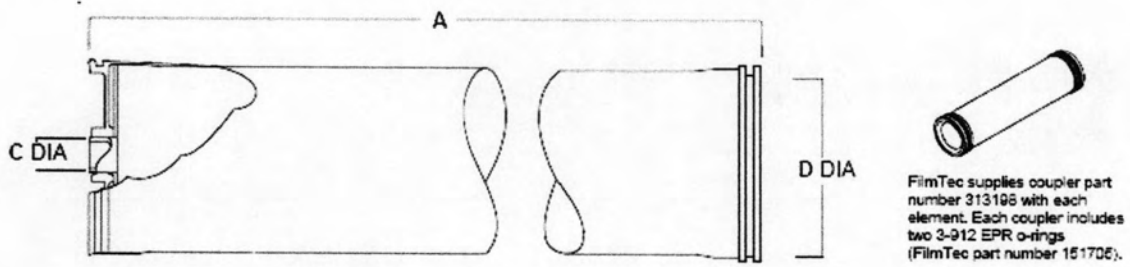


Figure 2.

8040 styles





**Important Information** Depending on the application requirements, new NF spiral elements may be cleaned prior to initial use. The cleaning procedure should be based on the application for which the elements are to be used. If cleaning with formulated agents is not available, an alkaline wash with wetting agent is recommended prior to initial use.

An appropriate alkaline wash consists of the following:

- Flushing with water (ensure water quality meets guidelines found in bulletin 609-00077).
- Heating water to 113°F (45°C) in recirculation mode.
- Adding 0.2% Na-EDTA and NaOH to pH 11 and recirculating for 30 minutes.
- Flushing with water until neutral pH is obtained.

**Operation Guidelines** Avoid any abrupt pressure or cross-flow variations on the spiral elements during start-up, shutdown, cleaning or other sequences to prevent possible membrane damage. During start-up, a gradual change from a standstill to operating state is recommended as follows:

- Feed pressure should be increased gradually over a 30-60 second time frame.
- Before initiating cross-flow at high permeate flux conditions (e.g., start-up with high-temperature water), the set operating pressure should be maintained for 5-10 minutes.
- Cross-flow velocity at set operating point should be achieved gradually over 15-20 seconds.

- General**
- Keep elements moist at all times after initial wetting.
- Information**
- If operating specifications given in this Product Information bulletin are not strictly followed, the limited warranty will be null and void.
  - To prevent biological growth during system shutdowns, it is recommended that membrane elements be immersed in a preservative solution.
  - The customer is fully responsible for the effects of incompatible chemicals and lubricants on elements.
  - Maximum pressure drop across an entire pressure vessel (housing) is 50 psi (3.4 bar).
  - Avoid permeate-side backpressure at all times.

**Notice:** The use of this product in and of itself does not necessarily guarantee the removal of cysts and pathogens from water. Effective cyst and pathogen reduction is dependent on the complete system design and on the operation and maintenance of the system.

**Notice:** No freedom from any patent owned by Seller or others is to be inferred. Because use conditions and applicable laws may differ from one location to another and may change with time, Customer is responsible for determining whether products and the information in this document are appropriate for Customer's use and for ensuring that Customer's workplace and disposal practices are in compliance with applicable laws and other governmental enactments. Seller assumes no obligation or liability for the information in this document. NO WARRANTIES ARE GIVEN; ALL IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE EXPRESSLY EXCLUDED.



## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายเอกชัย อุดลยธรรม เกิดเมื่อวันที่ 18 พฤษภาคม 2526 จังหวัดกาญจนบุรี สำเร็จ การศึกษาระดับมัธยมต้นจากโรงเรียนครูณากาญจนบุรีและระดับมัธยมปลายจากโรงเรียนสาร สิทธิพิทยาลัย หลังจากนั้นสำเร็จการศึกษาระดับปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา ปิโตรเคมีและวัสดุพอลิเมอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม จากมหาวิทยาลัย ศิลปากร ในปีการศึกษา 2548 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2549

