

การศึกษาการผลิตน้ำจืดจากทะเลในเขตชายฝั่งทะเลตะวันออก



นางสาวเนตรประภา โชติมานนท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2537

ISBN 974-631-052-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16186060

A STUDY OF DESALINATION FOR THE EASTERN SEABOARD AREA

MISS.NETPRAPA CHOTIMANON



ศูนย์วิทยทรัพยากร

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering

Department of Industrial Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

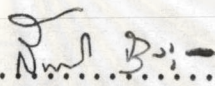
1994

ISBN 974-631-052-6

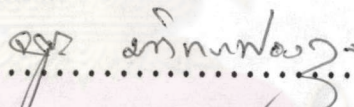
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาการผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเลในเขตชายฝั่งทะเลตะวันออก
โดย นางสาวเนตรประภา โชติमानนท์
ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ อัมพิกา ไกรฤทธิ
 นายวัฒนา ยุกแผน

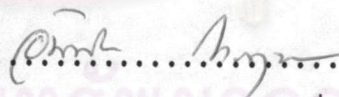


บัณฑิตมหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


.....  คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ อุกสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....  ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ จรุณ มหิตธาพองกุล)

.....  อาจารย์ที่ปรึกษา
(ศาสตราจารย์ อัมพิกา ไกรฤทธิ)

.....  อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(นายวัฒนา ยุกแผน)

.....  กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ จันทนา จันทโร)



พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

เนตรประภา ไชติมานนท์ : การศึกษาการผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเลในเขตชายฝั่งทะเลตะวันออก
(A STUDY OF DESALINATION FOR EASTERN SEABOARD AREA) อ.ที่ปรึกษา : ศ.อัมพิกา
ไกรฤทธิ , นายวัฒนา ยุกแผน , 192 หน้า, ISBN 974-631-052-6

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาการผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเลในเขตพื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออก โดยมี
วัตถุประสงค์หลัก เพื่อศึกษาต้นทุนในการผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเล โดยระบบรีเวอร์สออสโมซิสและระบบมัลติส
เตนเฟลซ ในบริเวณพื้นที่แถบชายฝั่งทะเลตะวันออกและทำการเปรียบเทียบต้นทุนของน้ำจืดที่ผลิตได้กับน้ำประปา
ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ความต้องการใช้น้ำในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเพิ่มมากขึ้นพร้อมกับการขยายตัวทางด้าน
อุตสาหกรรม ในปีพ.ศ.2536 มีความต้องการใช้น้ำเพียง 165.9 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ในปีพ.ศ.2555
ความต้องการใช้น้ำเพิ่มเป็น 433.6 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี การพิจารณาแหล่งน้ำเพื่อสนองความต้องการที่
เพิ่มขึ้น จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง

2. ในการศึกษาต้นทุนต่อลูกบาศก์เมตรของการผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเลโดยวิธีรีเวอร์สออสโมซิส
วิธีมัลติสเตนเฟลซ และการประปา พบว่า ระบบมัลติสเตนเฟลซ มีต้นทุนต่อลูกบาศก์เมตรสูงเป็นอันดับที่หนึ่ง
เท่ากับ 50.87 บาทต่อลูกบาศก์เมตร การประปาย่านบึง มีต้นทุนต่อลูกบาศก์เมตรสูงเป็นอันดับสองเท่ากับ
43.77 บาทต่อลูกบาศก์เมตร และระบบรีเวอร์สออสโมซิสมีต้นทุนต่อลูกบาศก์เมตรสูงเป็นอันดับสามเท่ากับ
35.69 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

3. ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานมีบทบาทต่อระบบการผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเลสูงมาก จากการพิจารณา
สัดส่วนขององค์ประกอบต้นทุนการดำเนินงาน ของระบบรีเวอร์สออสโมซิสและระบบมัลติสเตนเฟลซ พบว่า
ค่าพลังงานมีสัดส่วนของต้นทุนต่อต้นทุนการดำเนินงานสูงถึง 64.85 % และ 68.92 % ตามลำดับ ในขณะที่
ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของการประปาย่านบึง มีสัดส่วนของต้นทุนต่อการดำเนินงานแค่ 7.65 %

ศูนย์วิทยพัชร์พยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ปีการศึกษา 2537

ลายมือชื่อนิสิต *Mr. Nipha*

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา *Dr. Ampika*

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม



c316318 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEY WORD: COST/ REVERSE OSMOSIS/ EASTERN SEABOARD/ DESALINATION

NETPRAPA CHOTIMANON : A STUDY OF DESALINATION FOR THE EASTERN

SEABOARD AREA. THESIS ADVISOR : PROF.AMPIKA KRAIRIT,MR.WATTANA YUKPAN

,192 PP. ISBN 974-631-052-6

This thesis investigates the cost of desalination for Eastern Seaboard area. The main objectives are to study and analyze the cost of Reverse Osmosis, Multi Stage Flash and compare the cost between desalination and water from The Provincial Waterworks Authority in Eastern Seaboard area.

The main finding are as follows:

1. Water demand in Eastern Seaboard area increase every years depend on the growth of industry. In 1993, water demand was 165.9 Bath/m³. In 2012, water demand will increase to 433.6 Bath/m³. So, it is necessary to find the water resources for responding the increasing demand.

2. The cost for one cubic metres of water production in Multi Stage Flash system , Reverse Osmosis system, Banbung Water Treatment Plant are 50.87 Bath/m³, 35.69 Bath/m³ and 43.77 Bath/m³ respectively.

3. The highest average proportional cost for one cubic metre of water production in desalination system is energy cost . The average proportional energy cost of Reverse Osmosis is 64.85 % and Multi Stage Flash system is 68.92 % . Where as , the energy cost for Banbung Water Treatment plant of The Provincial Water works Authority is as low as 7.65 %.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม

ลายมือชื่อนิติ.....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2537

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของศาสตราจารย์ อัมพิกา ไกรฤทธิ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และนายวัฒนา ยุกแผน รองผู้อำนวยการประสานครหลวง อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งท่านได้ให้ความกรุณาสับสนุนงานวิจัยเรื่องนี้รวมทั้งได้เสียสละเวลาเพื่อให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้ด้วยดีตลอดมา ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ทั้งสองเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ และตรวจสอบเพื่อความสมบูรณ์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นอย่างดี ท้ายที่สุดผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณ อาจารย์ดำรง ธรรมเกษม คุณบัญชา สัตถานานุเคราะห์ หัวหน้าฝ่ายจัดสรรน้ำและบำรุงรักษา สำนักงานกรมชลประทานเขต 9 คุณพงษ์เทพ เทียมสุทธิกาญจน์ ผู้จัดการบริษัทอัญญะเทคโนโลยี คุณเด่น เบจกุลพลชัย ผู้จัดการโรงกลั่นน้ำมันไทยออยล์ คุณบัณฑิต ธรรมประจำจิต วิศวกรโรงกลั่นน้ำมันไทยออยล์ คุณดำรงส ไตรรัตนภา หัวหน้างาน 8 การประปาภูมิภาค ที่ได้กรุณาให้ความช่วยเหลือแนะนำ ตลอดจนให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล และอำนวยความสะดวกเป็นอย่างดี ตลอดเวลาที่ทำกรวิจัย อันเป็นผลให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เนตรประภา โชติมานนท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญภาพ.....	ฉ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....	ต
บทที่ 1 บทนำ.....	1
สภาวะความเป็นมาและแนวทางเหตุผล.....	1
วัตถุประสงค์.....	2
ขอบเขตของการศึกษา.....	2
ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย.....	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	5
1. หลักการผลิตน้ำจืดจากทะเล.....	5
2. การวิเคราะห์โครงการ.....	7
สำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
บทที่ 2 การศึกษาสภาพทั่วไปของพื้นที่ชายฝั่งทะเล	
ลักษณะทั่วไปของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.....	10
1. ภูมิประเทศ.....	10
2. ภูมิอากาศ.....	10
3. ปริมาณน้ำฝน.....	11
การศึกษาโครงการพัฒนาพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงเหนือ.....	16
1. สาเหตุที่เลือกพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.....	16
2. นโยบายของรัฐในการพัฒนาภูมิภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.....	16
3. การดำเนินงาน.....	17

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4. ผลการดำเนินงาน.....	18
5. ผลกระทบจากการพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออก.....	20
6. ประโยชน์จากการพัฒนาพื้นที่ชายฝั่ง.....	21
ข้อจำกัดของแหล่งน้ำดิบในเขตภาคตะวันออก.....	22
1. น้ำดิบใต้ดิน.....	32
2. น้ำดิบผิวดิน.....	32
องค์ประกอบที่มีผลต่อความต้องการใช้น้ำ.....	35
ปริมาณการใช้น้ำในเขตพื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออก.....	37
1. เขตจังหวัดชลบุรี.....	37
2. เขตแหลมฉบังและบริเวณใกล้เคียง.....	40
3. เขตเมืองพัทยาและบริเวณใกล้เคียง.....	42
4. เขตมาบตาพุด บ้านฉางและอำเภอลี้ตลับ.....	45
5. เขตเมืองระยองและชลประทานบ้านค่าย.....	48
แหล่งน้ำในภาคตะวันออก.....	49
การคาดคะเนความต้องการใช้น้ำเบื้องต้นด้วยแผนการใช้ที่ดิน.....	52
บทที่ 3 ระบบรีเวอร์ส ออสโมซิส	
บทนำ.....	66
ออสโมซิสและรีเวอร์สออสโมซิส.....	66
กระบวนการรีเวอร์ส ออสโมซิส.....	69
ระบบรีเวอร์สออสโมซิส.....	70
1. การปรับสภาพน้ำก่อนเข้ากระบวนการ.....	71
2. เครื่องสูบน้ำความดันสูง.....	76
3. เยื่อเมมเบรน และส่วนประกอบเยื่อเมมเบรน.....	77
การคำนวณต้นทุน.....	86
ประโยชน์ในการนำระบบรีเวอร์สออสโมซิสมาใช้.....	95

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ข้อดีและข้อเสียของระบบรีเวอร์สออสโมซิส.....	96
บทที่ 4 ระบบมัลติสเตจแฟลช (MULTI STAGE FLASH).....	97
บทนำ.....	97
กระบวนการมัลติสเตจแฟลช.....	98
1. อีเจคโตคอมเพรสชั่น.....	98
2. ขบวนการผลิต.....	99
3. ลักษณะที่สำคัญของกระบวนการมัลติสเตจแฟลช.....	101
การไหลของตัวควบแน่น.....	101
การไหลของน้ำกลั่น.....	102
ระบบสุญญากาศ.....	102
ระบบการใช้สารเคมี.....	102
1. ระบบป้องกันการเกิดตะกอนและการเกิดฟอง.....	102
2. การทำความสะอาด.....	103
การสูบน้ำทะเลเข้าเครื่องกลั่นน้ำทะเล.....	104
การระบายน้ำทิ้ง.....	104
ลักษณะของเครื่องระเหย.....	104
รายละเอียดของส่วนประกอบต่าง ๆ.....	105
1. Evaporator Shell.....	105
2. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน.....	105
3. Demister.....	105
4. อีเจคโตคอมเพรสเซอร์.....	105
การคำนวณต้นทุน.....	106
ข้อดีและข้อเสียของระบบมัลติสเตจแฟลช.....	115
บทที่ 5 การผลิตน้ำประปา.....	117
กระบวนการผลิตน้ำประปา.....	117
ต้นทุนในการผลิตน้ำประปา.....	121

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 6 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบต้นทุน.....	126
การจำแนกค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำจืด.....	126
การวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิตน้ำจืด.....	127
การวิเคราะห์สัดส่วนต้นทุน.....	128
การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์.....	145
การเปรียบเทียบข้อแตกต่าง.....	148
บทที่ 7 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	152
สรุปความต้องการใช้น้ำ.....	152
สรุปผลการวิจัย.....	155
ข้อเสนอแนะ.....	158
รายการอ้างอิง.....	159
ภาคผนวก.....	161
ภาคผนวก ก แสดงรายละเอียดการคำนวณต้นทุนการผลิตน้ำจืด.....	161
ภาคผนวก ข มาตรฐานคุณภาพน้ำที่บริโภค.....	164
ภาคผนวก ค แสดงรายละเอียดการคำนวณต้นทุนการผลิตน้ำประปา.....	174
ภาคผนวก ง ค่าเสื่อมราคา.....	190
ประวัติผู้เขียน.....	192

ศูนย์วิทยพัชยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	สรุปสภาพภูมิอากาศในเขตภาคตะวันออกเฉียง (บันทึกอุณหภูมิ ความเร็วลม).....12
2.2	สรุปสภาพภูมิอากาศในเขตภาคตะวันออกเฉียง (บันทึกการระเหย).....13
2.3	บันทึกปริมาณน้ำฝนประจำเดือนโดยเฉลี่ยในเขตจังหวัดชลบุรี.....14
2.4	บันทึกปริมาณน้ำฝนประจำเดือนโดยเฉลี่ยในเขตจังหวัดระยอง.....15
2.5	แสดงพื้นที่ที่เข้าดำเนินการแล้วในเขตพื้นที่อุตสาหกรรม.....17
2.6	แสดงรายละเอียดผู้ใช้น้ำเขตชลบุรี.....39
2.7	แสดงรายละเอียดแหล่งน้ำที่นำมาใช้ในเขตชลบุรี.....39
2.8	แสดงรายละเอียดผู้ใช้น้ำเขตนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง.....41
2.9	แสดงรายละเอียดแหล่งน้ำที่นำมาใช้ในเขตแหลมฉบัง.....41
2.10	แสดงรายละเอียดผู้ใช้น้ำในเขตเมืองพัทยา.....44
2.11	แสดงรายละเอียดแหล่งน้ำที่นำมาใช้ในเขตเมืองพัทยา.....44
2.12	แสดงรายละเอียดผู้ใช้น้ำในเขตนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด-สัตหีบ.....47
2.13	แสดงรายละเอียดแหล่งน้ำที่นำมาใช้ในเขตนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด-สัตหีบ.....47
2.14	แสดงรายละเอียดผู้ใช้น้ำเขตระยองและพื้นที่ชลประทานบ้านค่าย.....48
2.15	แสดงรายละเอียดแหล่งน้ำที่นำมาใช้ในเขตระยองและเขตพื้นที่ชลประทานบ้านค่าย.....49
2.16	อ่างเก็บน้ำปัจจุบันที่มีในเขตจังหวัดชลบุรีและระยอง.....50
2.17	อ่างเก็บน้ำที่อยู่ในระหว่างการก่อสร้างในจังหวัดชลบุรีและระยอง.....51
2.18	อ่างเก็บน้ำที่มีอยู่ตามแผนที่จะดำเนินการต่อในอนาคตในจังหวัดชลบุรีและระยอง...51
2.19	ความต้องการใช้น้ำสำหรับเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา.....57
2.20	ความต้องการใช้น้ำสำหรับการเกษตรในเขตจังหวัดชลบุรี.....58
2.21	ความต้องการใช้น้ำสำหรับบ้านเรือนในเขตจังหวัดชลบุรี.....59
2.22	ความต้องการใช้น้ำสำหรับนักท่องเที่ยวในเขตจังหวัดชลบุรี.....60
2.23	ความต้องการใช้น้ำสำหรับอุตสาหกรรมในเขตจังหวัดชลบุรี.....61
2.24	ความต้องการใช้น้ำสำหรับการเกษตรในเขตจังหวัดระยอง.....62
2.25	ความต้องการใช้น้ำสำหรับบ้านเรือนในเขตจังหวัดระยอง.....63
2.26	ความต้องการใช้น้ำสำหรับนักท่องเที่ยวในเขตจังหวัดระยอง.....64

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
2.27 ความต้องการใช้น้ำสำหรับอุตสาหกรรมในเขตจังหวัดระยอง.....	65
3.1 ข้อมูลของระบบรีเวอร์สออสโมซิสที่ทำการศึกษา.....	86
3.2 ส่วนประกอบของเงินลงทุนของระบบรีเวอร์สออสโมซิส.....	87
3.3 พลังงานที่ใช้ในกระบวนการรีเวอร์สออสโมซิส.....	89
3.4 ค่าใช้จ่ายด้านสารเคมี.....	90
3.5 ค่าแรงงาน.....	91
3.6 ค่าซ่อมบำรุงรักษา.....	92
3.7 ต้นทุนการดำเนินงานทั้งหมดของระบบรีเวอร์สออสโมซิส.....	93
3.8 ต้นทุนการผลิตทั้งหมดของระบบรีเวอร์สออสโมซิส.....	94
4.1 ข้อมูลของระบบมัลติสเตทเฟลซที่ทำการศึกษา.....	107
4.2 ส่วนประกอบของเงินลงทุนของระบบ.....	108
4.3 พลังงานที่ใช้ในกระบวนการมัลติสเตทเฟลซ.....	110
4.4 ค่าใช้จ่ายด้านสารเคมี.....	111
4.5 ค่าแรงงาน.....	112
4.6 ค่าซ่อมบำรุงรักษา.....	113
4.7 ต้นทุนการดำเนินงานทั้งหมดของระบบมัลติสเตทเฟลซ.....	114
4.8 ต้นทุนการผลิตทั้งหมดของระบบมัลติสเตทเฟลซ.....	115
5.1 สรุปรต้นทุนของการผลิตน้ำประปา.....	124
5.2 ค่าน้ำประปาของการประปาภูมิภาค.....	125
6.1 แสดงผลเปรียบเทียบต้นทุนการดำเนินการผลิตน้ำจืดจากระบบต่าง ๆ.....	129
6.2 แสดงผลการเปรียบเทียบต้นทุนรวมของการผลิตน้ำจืดจากระบบต่าง ๆ.....	130
6.3 แสดงผลการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์สัดส่วนต้นทุนของระบบรีเวอร์สออสโมซิส.....	135
6.4 แสดงผลการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์สัดส่วนต้นทุนของระบบมัลติสเตทเฟลซ.....	136
6.5 แสดงผลการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์สัดส่วนต้นทุนของการประปาชลบุรี.....	137
6.6 แสดงผลการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์สัดส่วนต้นทุนของการประปาย่านบึง.....	138
6.7 แสดงผลการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์สัดส่วนต้นทุนของการประปาย่านนิคม.....	139

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
6.8	แสดงผลการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์สัดส่วนต้นทุนของการประปาพืทยา.....140
6.9	แสดงผลการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์สัดส่วนต้นทุนของการประปาแหลมฉบัง.....141
6.10	แสดงผลการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์สัดส่วนต้นทุนของการประปาระยอง.....142
6.11	แสดงผลการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์สัดส่วนต้นทุนของการประปาประแสร์.....143
6.12	แสดงผลการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์สัดส่วนต้นทุนของการประปาบ้านฉาง.....144
6.13	เปรียบเทียบสภาวะในการดำเนินงาน.....149
6.14	เปรียบเทียบต้นทุนการผลิต.....150
6.15	เปรียบเทียบคุณภาพน้ำจืดจากระบบรีเวอร์สออสโมซิสและระบบมัลติสเตรทเฟลซ...151
7.1	สรุปการพยากรณ์ความต้องการใช้น้ำ.....152
7.2	แสดงสมคูลของน้ำในเขตชายฝั่งทะเลตะวันออก.....154
7.3	เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสีของระบบต่างๆ.....157
ข.1	เกณฑ์เกี่ยวกับสารพิษในน้ำบริโคคของ WHO.....167
ข.2	คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำบริโคค.....168
ข.3	คุณสมบัติทางเคมีของน้ำบริโคค.....169
ข.4	สารเป็นพิษในน้ำบริโคค.....170
ข.5	คุณลักษณะทางจุลชีววิทยา.....171
ข.6	คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำที่บริโคค.....172
ข.7	คุณลักษณะทางเคมีของน้ำบริโคค.....172
ข.8	คุณลักษณะที่เป็นพิษของน้ำบริโคค.....173
ข.9	คุณลักษณะทางบัคเตรีของน้ำบริโคค.....173
ค.1	รายละเอียดต้นทุนการผลิตน้ำประปาของการประปาชลบุรี.....174
ค.2	แสดงผลการคำนวณต้นทุนการผลิตน้ำประปาของการประปาชลบุรี.....175
ค.3	รายละเอียดต้นทุนการผลิตน้ำประปาของการประปาบ้านบัง.....176
ค.4	แสดงผลการคำนวณต้นทุนการผลิตน้ำประปาของการประปาบ้านบัง.....177
ค.5	รายละเอียดต้นทุนการผลิตน้ำประปาของการประปานครินทร์.....178

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ค.6	แสดงผลการคำนวณต้นทุนการผลิตน้ำประปาของการประปาพณิชยกรรม..... 179
ค.7	รายละเอียดต้นทุนการผลิตน้ำประปาของการประปาพณิชยกรรม..... 180
ค.8	แสดงผลการคำนวณต้นทุนการผลิตน้ำประปาของการประปาพณิชยกรรม..... 181
ค.9	รายละเอียดต้นทุนการผลิตน้ำประปาของการประปาแหลมฉบัง..... 182
ค.10	แสดงผลการคำนวณต้นทุนการผลิตน้ำประปาของการประปาแหลมฉบัง..... 183
ค.11	รายละเอียดต้นทุนการผลิตน้ำประปาของการประปาประยอง..... 184
ค.12	แสดงผลการคำนวณต้นทุนการผลิตน้ำประปาของการประปาประยอง..... 185
ค.13	รายละเอียดต้นทุนการผลิตน้ำประปาของการประปาประแสร์..... 186
ค.14	แสดงผลการคำนวณต้นทุนการผลิตน้ำประปาของการประปาประแสร์..... 187
ค.15	รายละเอียดต้นทุนการผลิตน้ำประปาของการประปาบ้านฉาง..... 188
ค.16	แสดงผลการคำนวณต้นทุนการผลิตน้ำประปาของการประปาบ้านฉาง..... 189

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	แสดงพื้นที่โครงการพัฒนาชายฝั่งทะเลตะวันออก.....	3
2.1	แผนที่อภิศูนย์วิทยภาคตะวันออก.....	23
2.2	แหล่งน้ำบาดาล.....	24
2.3	แสดงพื้นที่ป่าไม้ในภาคตะวันออก.....	33
3.1	หลักการดำเนินงานของระบบรีเวอร์สออสโมซิส.....	68
3.2	ไดอะแกรมแสดงทิศทางการไหลของน้ำในระบบรีเวอร์สออสโมซิส.....	69
3.3	ไดอะแกรมของระบบรีเวอร์สออสโมซิส.....	70
3.4	การปรับสภาพน้ำสำหรับกระบวนการรีเวอร์สออสโมซิส.....	72
3.5	ทิศทางการไหลของน้ำใน Spiral memberane.....	79
3.6	โครงสร้างของเยื่อเมมเบรนชนิดเกลียว.....	80
3.7	ภาพขยายของเส้นใยละเอียดกลวง.....	81
3.8	ทิศทางการไหลของน้ำภายในเส้นใยละเอียดกลวง.....	82
3.9	ไดอะแกรมของเส้นใยละเอียดกลวง.....	83
3.10	เส้นใยละเอียดกลวง.....	84
3.11	ระบบรีเวอร์สออสโมซิส.....	86
4.1	แสดงไดอะแกรมของเครื่องกลั่นมัลติสเตทเฟลซ.....	99
4.2	แสดงขบวนการผลิตน้ำจากระบบมัลติสเตทเฟลซ.....	100
4.3	ระบบมัลติสเตทเฟลซที่ใช้ในโรงกลั่นไทยออยล์.....	106
4.4	ระบบมัลติสเตทเฟลซอย่างง่ายขนาดกำลังการผลิต 6,912 m ³ /วัน.....	107
5.1	กระบวนการผลิตน้ำประปา.....	118
5.2	แสดงเขตพื้นที่ของการประปาในเขตพื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออก.....	122
6.1	แสดงผลการเปรียบเทียบต้นทุนรวมของการผลิตน้ำจืดจากระบบต่างๆ.....	131
6.2	แสดงพาเรโตไดอะแกรมของเปอร์เซ็นต์สัดส่วนต้นทุนของการผลิตน้ำจืดจากระบบรีเวอร์สออสโมซิส.....	135

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
6.3 แสดงภาพเรดิโอแกรมของเปอร์เซ็นต์สัดส่วนต้นทุนของการผลิตน้ำจืดจากระบบ มัลติสเตทเฟลซ.....	136
6.4 แสดงภาพเรดิโอแกรมของเปอร์เซ็นต์สัดส่วนต้นทุนของการผลิตน้ำประปาของการ ประปาชลบุรี.....	137
6.5 แสดงภาพเรดิโอแกรมของเปอร์เซ็นต์สัดส่วนต้นทุนของการผลิตน้ำประปาของการ ประปาบ้านบึง.....	138
6.6 แสดงภาพเรดิโอแกรมของเปอร์เซ็นต์สัดส่วนต้นทุนของการผลิตน้ำประปาของการ ประปานครราชสีมา.....	139
6.7 แสดงภาพเรดิโอแกรมของเปอร์เซ็นต์สัดส่วนต้นทุนของการผลิตน้ำประปาของการ ประปานครราชสีมา.....	140
6.8 แสดงภาพเรดิโอแกรมของเปอร์เซ็นต์สัดส่วนต้นทุนของการผลิตน้ำประปาของการ ประปาแหลมฉบัง.....	141
6.9 แสดงภาพเรดิโอแกรมของเปอร์เซ็นต์สัดส่วนต้นทุนของการผลิตน้ำประปาของการ ประปาระยอง.....	142
6.10 แสดงภาพเรดิโอแกรมของเปอร์เซ็นต์สัดส่วนต้นทุนของการผลิตน้ำประปาของการ ประปาประแสร์.....	143
6.11 แสดงภาพเรดิโอแกรมของเปอร์เซ็นต์สัดส่วนต้นทุนของการผลิตน้ำประปาของการ ประปาบ้านฉาง.....	144

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ลบ.ม.	หมายถึง	หน่วยวัดปริมาตรน้ำเป็น "ลูกบาศก์เมตร"
RO	หมายถึง	ระบบรีเวอร์สออสโมซิส (REVERSE OSMOSIS)
MSF	หมายถึง	ระบบมัลติสเตจแฟลช (MULTI STAGE FLASH)
Kw	หมายถึง	หน่วยวัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้เป็น "กิโลวัตต์" (Kilo-Watt)
Kwh	หมายถึง	หน่วยวัดจำนวนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เป็น "กิโลวัตต์-ชั่วโมง" (Kilo-Watt-Hour)
Kwh/m ³	หมายถึง	หน่วยวัดพลังงานไฟฟ้าเป็น "กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อลูกบาศก์เมตร" (Kilo-Watt Hour Per Cubic Metres)
m ³	หมายถึง	หน่วยวัดปริมาตรน้ำเป็น "ลูกบาศก์เมตร" (Cubic Metres)
m ³ /hr	หมายถึง	หน่วยวัดปริมาตรน้ำต่อเวลาเป็น "ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง" (Cubic Metres Per Hour)
LP STEAM	หมายถึง	พลังงานไอน้ำความดันต่ำ (Low Pressure Steam)
HP STEAM	หมายถึง	พลังงานไอน้ำความดันสูง (High Pressure Steam)
BFW	หมายถึง	น้ำหล่อเลี้ยง Boiler (Boiler Feed Water)
L/hr	หมายถึง	หน่วยวัดอัตราการไหลของของเหลวเป็น "ลิตรต่อชั่วโมง" (Litres Per Hour)
กก.	หมายถึง	หน่วยวัดน้ำหนักเป็น "กิโลกรัม"

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย