

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการศึกษาการผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเลในเขตชายฝั่งทะเลตะวันออก โดยมุ่งเน้นไปที่การหาต้นทุนการผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเลโดยวิธีรีเวอร์สออสโมซิส การผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเลโดยวิธีมัลติสเตจเฟรช และเปรียบเทียบต้นทุนระหว่างการผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเลจากระบบรีเวอร์สออสโมซิส ระบบมัลติสเตจเฟรช และน้ำจืดจากการประปา ในเขตพื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออก ในการวิจัยนี้มีขอบเขตของการศึกษา คือ ศึกษาภายใต้หัวข้อสมมติฐานว่า น้ำทะเลทุกแห่งในเขตชายฝั่งทะเลตะวันออกมีคุณสมบัติทางเคมีและทางชีวภาพใกล้เคียงกัน โดยทำการศึกษาเฉพาะในเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรี และจังหวัดระยอง เนื่องจากเป็นเขตที่มีโครงการพัฒนาอุตสาหกรรมในเขตชายฝั่งทะเลตะวันออกเป็นพื้นที่ใกล้ทะเล ซึ่งมีข้อจำกัดทางด้านธรณีวิทยา ในการขุดเจาะน้ำบาดาล

จากผลการวิจัยนี้สามารถสรุปผลและให้ข้อเสนอแนะได้ดังนี้

สรุปความต้องการใช้น้ำ

ในอนาคต ประชาชนอาจประสบกับปัญหาการขาดแคลนน้ำ เนื่องจากการขยายตัวของชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรม พฤติกรรมการใช้น้ำของประชาชนที่เปลี่ยนแปลงไป ทำให้ความต้องการใช้น้ำมีแนวโน้มสูงมากขึ้น ในปีพ.ศ.2536 ความต้องการใช้น้ำเป็น 165.9 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี อีก 19 ปีข้างหน้า คือปีพ.ศ.2555 ความต้องการใช้น้ำเพิ่มขึ้นเป็น 433.6 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 7.1 สรุปการพยากรณ์ความต้องการใช้น้ำในปี พ.ศ. 2534 พ.ศ.2544 และพ.ศ.2555 ในเขตชายฝั่งทะเลตะวันออก ความต้องการน้ำทั้งหมดในหน่วยล้านลูกบาศก์เมตรต่อปีสำหรับแต่ละเขต

ตารางที่ 7.1 สรุปการพยากรณ์ความต้องการใช้น้ำ

เขตใช้น้ำ	2534	2536	2544	2555
ชลบุรี	36.0	44.5	56.0	63.0
แหลมฉบัง	7.6	13.4	63.0	68.9
พิทยา	17.0	17.0	27.5	35.2
มาบตาพุด-สัตหีบ	10.5	27.0	109.6	124.8
ระยอง	94.6	64.0	69.4	141.7
รวม	165.7	165.9	325.5	433.6

การพึ่งพาแต่เพียงน้ำในอ่างเก็บน้ำที่รัฐป้อนให้กับชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรม เริ่มประสบปัญหาจำกัดเก็บในอ่างลดลง อย่างเช่น อ่างเก็บน้ำบางพระในจังหวัดชลบุรี ปริมาตรบรรจุน้ำในอ่างเก็บน้ำที่คาดการณ์ไว้ว่าจะจุน้ำได้ประมาณ 110 ล้านลูกบาศก์เมตร กลับไม่สามารถเก็บน้ำได้อย่างที่คาดการณ์ไว้ โดยกลับมีน้ำดิบธรรมชาติกักเก็บได้เพียง 47 ล้านลูกบาศก์เมตรเท่านั้น สามารถนำน้ำไปใช้ได้ 36 ล้านลูกบาศก์เมตร และมีแนวโน้มว่าน้ำจะลดน้อยลงทุกปี ในขณะที่ความต้องการใช้น้ำมีมากขึ้น ดังตารางที่ 7.2 แสดงสมดุลของน้ำในเขตชายฝั่งทะเลตะวันออก (จังหวัดชลบุรี และจังหวัดระยอง) จะเห็นได้ว่า ในอนาคตสำหรับบางพื้นที่ แหล่งน้ำที่มีอยู่และความต้องการใช้น้ำมีปริมาณเกือบเท่ากัน มีความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำ อย่างเช่น เขตชลบุรี เขตมาบตาพุด-สัตหีบ การรอคอยน้ำในอ่างเก็บน้ำที่มีในปัจจุบัน และอ่างเก็บน้ำที่คาดว่าจะสร้างในอนาคต เช่น อ่างเก็บน้ำหนองปลาไหล อ่างเก็บน้ำห้วยใหญ่ เป็นต้น แนวทางเหล่านั้นต้องพึ่งพาปริมาณน้ำฝน สภาพดินฟ้าอากาศตามธรรมชาติ ซึ่งไม่มีความแน่นอน เนื่องจากพื้นที่ป่าต้นน้ำถูกทำลาย สภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงไป อีกทั้งมีข้อจำกัดด้านทรัพยากรทางธรณีวิทยา สภาพดินไม่สามารถเก็บกักน้ำได้ ทำให้ไม่สามารถขุดเจาะหาแหล่งน้ำบาดาลได้เพียงพอตามที่ต้องการ และอาจทำให้แผ่นดินทรุดได้ จึงต้องแสวงหาหนทางใหม่ คือ การผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเลโดยมีวัตถุดิบ คือ น้ำทะเลที่มีอยู่มากมายมหาศาลในเขตชายฝั่งทะเลตะวันออก เพื่อเป็นแหล่งน้ำ

ตารางที่ 7.2 แสดงสมดุลของน้ำในเขตชายฝั่งทะเลตะวันออก (หน่วย : ล้านลบ.ม.ต่อปี)

เขตใช้น้ำ	2534	2536	2544	2555
<b>ชลบุรี</b>				
ความต้องการน้ำ	36.0	44.5	56.0	63.0
แหล่งน้ำ	42.0	42.0	50.0	63.0
สมดุล	+6.0	-2.5	-6.0	0.0
<b>แหลมฉบัง</b>				
ความต้องการน้ำ	7.6	13.4	63.0	68.9
แหล่งน้ำ	11.7	11.7	66.6	80.8
สมดุล	+4.1	-1.7	+3.6	+11.9
<b>พัทยา</b>				
ความต้องการน้ำ	17.0	17.0	27.5	35.2
แหล่งน้ำ	16.1	19.0	31.1	36.1
สมดุล	-9.0	+2.0	+3.6	+0.9
<b>มาบตาพุด-สัตหีบ</b>				
ความต้องการน้ำ	10.5	27.0	109.6	124.8
แหล่งน้ำ	52.5	124.8	110.8	125.8
สมดุล	+42.0	+97.8	+0.7	+1.0
<b>ระยอง</b>				
ความต้องการน้ำ	94.6	64.0	69.4	141.7
แหล่งน้ำ	67.5	121.1	121.1	153.6
สมดุล	-27.1	+57.1	+51.7	+11.9



สำรองในอนาคต ในกรณีที่ประชาชนมีความต้องการใช้น้ำมากกว่าที่พยากรณ์ไว้ หรือกรณีที่อ่างเก็บน้ำมีปริมาณเก็บกักได้น้อยกว่าปริมาณที่คาดไว้ ทั้งนี้อาจรวมถึงในสภาวะวิกฤตที่อาจเกิดขึ้นโดยไม่คาดฝันอีกด้วย เช่น กรณีที่ฝนตกน้อย ฝนตกผิดฤดูกาล เกิดภาวะสงคราม การจราจรและกรณีที่แหล่งน้ำดิบตามธรรมชาติถูกทำลาย

### สรุปผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์ต้นทุนต่อลูกบาศก์เมตรของการผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเล โดยวิธีรีเวอร์สออสโมซิส สรุปได้ว่าต้นทุนรวมของการดำเนินงานมีค่าเท่ากับ 22.36 บาทต่อลูกบาศก์เมตรและต้นทุนเงินทรมมีค่าเท่ากับ 13.33 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ต้นทุนรวมในการผลิตน้ำจืดต่อลูกบาศก์เมตรของระบบรีเวอร์สออสโมซิส เท่ากับ 35.69 บาทต่อลูกบาศก์เมตร (ดูตารางที่ 6.2 บทที่ 6 ประกอบ)

2. ผลการวิเคราะห์ต้นทุนต่อลูกบาศก์เมตรของการผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเล โดยวิธีระบบมัลติสแตทเฟลซ สรุปได้ว่าต้นทุนรวมของการดำเนินงานมีค่าเท่ากับ 13.93 บาทต่อลูกบาศก์เมตร และต้นทุนเงินทรมมีค่าเท่ากับ 36.94 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ต้นทุนรวมในการผลิตน้ำจืดต่อลูกบาศก์เมตรของระบบมัลติสแตทเฟลซ เท่ากับ 50.87 บาทต่อลูกบาศก์เมตร (ดูตารางที่ 6.2 บทที่ 6 ประกอบ)

3. ผลการวิเคราะห์ต้นทุนต่อลูกบาศก์เมตรของการผลิตน้ำประปาจากการประปาบ้านบึง สรุปได้ว่าต้นทุนรวมของการดำเนินงานมีค่าเท่ากับ 9.02 บาทต่อลูกบาศก์เมตร และต้นทุนเงินทรมมีค่าเท่ากับ 34.75 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ต้นทุนรวมในการผลิตน้ำต่อลูกบาศก์เมตรของระบบการประปา เท่ากับ 43.77 บาทต่อลูกบาศก์เมตร (ดูตารางที่ 6.2 บทที่ 6 ประกอบ)

4. ผลการวิเคราะห์ต้นทุนรวมต่อลูกบาศก์เมตรของการผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเลโดยวิธีรีเวอร์สออสโมซิส มัลติสแตทเฟลซ และน้ำประปา (เปรียบเทียบเฉพาะการประปาบ้านบึง เนื่องจากต้นทุนใกล้เคียงกัน) สรุปได้ว่าระบบมัลติสแตทเฟลซ มีต้นทุนรวมต่อลูกบาศก์เมตรสูงเป็นอันดับหนึ่งเท่ากับ 50.87 บาทต่อลูกบาศก์เมตร อันดับสองการประปาบ้านบึงเท่ากับ 43.77 บาทต่อลูกบาศก์เมตร อันดับสามคือระบบรีเวอร์สออสโมซิส เท่ากับ 35.69 บาทต่อลูกบาศก์เมตร (ดูรูปที่ 6.2 บทที่ 6 ประกอบ) จะเห็นได้ว่าระบบรีเวอร์สออสโมซิสเป็นที่น่าสนใจมากกว่า เนื่องจากต้นทุนรวมต่อลูกบาศก์เมตร มีค่าน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับระบบมัลติสแตทเฟลซ และการประปาบ้านบึง

5. ผลการวิเคราะห์สัดส่วนขององค์ประกอบต้นทุนการดำเนินงานของระบบรีเวอร์ส ออสโมซิส สรุปได้ว่า ค่าพลังงานมีสัดส่วนของต้นทุนการดำเนินงานสูงสุดเท่ากับ 64.85% และ ค่าใช้จ่ายด้านการเปลี่ยนทดแทนเมมเบรนมีสัดส่วนของต้นทุนการดำเนินงานสูงเป็นอันดับสอง เท่ากับ 21.74% ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา มีสัดส่วนของต้นทุนต่อต้นทุนการดำเนินงานเป็นอันดับที่สาม เท่ากับ 10.50 % สำหรับสัดส่วนต้นทุนของค่าใช้จ่ายอื่นๆ มีเปอร์เซ็นต์สัดส่วนเพียงเล็กน้อย (ดูรูปที่ 6.3 บทที่ 6 ประกอบ)

6. ผลการวิเคราะห์สัดส่วนขององค์ประกอบต้นทุนการดำเนินงาน ของระบบมัลติ สเตทเฟลซ สรุปได้ว่าค่าพลังงานมีสัดส่วนของต้นทุนการดำเนินงานสูงสุดเท่ากับ 68.92 % และ ค่าใช้จ่ายด้านการบำรุงรักษามีสัดส่วนของต้นทุนการดำเนินงานเป็นอันดับสอง เท่ากับ 27.71 % สำหรับสัดส่วนต้นทุนของค่าใช้จ่ายอื่น ๆ มีเปอร์เซ็นต์สัดส่วนเพียงเล็กน้อย (ดูรูปที่ 6.4 บทที่ 6 ประกอบ)

7. ผลการวิเคราะห์ สัดส่วนขององค์ประกอบต้นทุนการดำเนินงาน ของการประปา บ้านบึง สรุปได้ว่า ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ มีสัดส่วนของต้นทุนการดำเนินงานสูงสุดเท่ากับ 48.00 % และ ค่าพลังงานมีสัดส่วนของต้นทุนการดำเนินงานน้อยมาก เท่ากับ 7.42 % (ดูรูปที่ 6.6 บทที่ 6 ประกอบ)

8. ผลการเปรียบเทียบสัดส่วนของต้นทุนการดำเนินงาน ค่าพลังงานมีบทบาทต่อระบบ การผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเลของระบบรีเวอร์สออสโมซิสและระบบมัลติสเตทเฟลซสูง ในทางกลับกัน ค่าพลังงานมีบทบาทต่อการผลิตน้ำประปำน้อยมาก

9. ผลการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของระบบรีเวอร์สออสโมซิส ระบบมัลติสเตทเฟลซและระบบการประปา ดังแสดงในตารางที่ 7.3

10. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบเงินลงทุน โดยวิธีการหาค่าเงินจ่ายเทียบเท่ารายปี โดยเทียบจากมูลค่าปัจจุบัน สรุปได้ว่า การผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเลโดยระบบรีเวอร์สออสโมซิส เป็นที่น่าสนใจกว่าระบบมัลติสเตทเฟลซและระบบการประปาบ้านบึง

11. ผลการวิจัยการวิเคราะห์หาต้นทุนการผลิตน้ำจืดต่อหน่วยลูกบาศก์เมตร จากระบบ รีเวอร์สออสโมซิส ระบบมัลติสเตทเฟลซและน้ำประปา จะเป็นฐานข้อมูลที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ต่อการประปา ในการพิจารณาตัดสินใจเลือกหาแหล่งน้ำจืดที่เหมาะสมมาใช้ในการอุปโภคบริโภค ให้เพียงพอับความต้องการ และเป็นการศึกษาเทคโนโลยีใหม่ๆมาใช้ในการผลิตน้ำประปา ในประเทศ



ตารางที่ 7.3 แสดงการเปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของระบบต่าง ๆ

	ระบบรีเวอร์ส ออสโมซิส	ระบบมัลติสเตทเฟลช
ข้อดี	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. สะดวกและง่ายต่อการใช้งาน เมื่อเปรียบเทียบกับระบบการกลั่น</li> <li>2. ระยะเวลาการติดตั้งเครื่องสั้นและเร็ว</li> <li>3. สามารถเปิดปิดเครื่องได้อย่างรวดเร็ว</li> <li>4. สามารถขยายระบบได้ง่าย</li> <li>5. การบำรุงรักษาต่ำ</li> <li>6. ขนาดกระทัดรัด ใช้พื้นที่น้อย</li> <li>7. การกัดกร่อนต่ำ เนื่องจากใช้งานที่อุณหภูมิปกติ</li> <li>8. อุณหภูมิของน้ำทิ้งต่ำ ช่วยรักษาสภาพแวดล้อม</li> <li>9. ไม่ต้องใช้พลังงานไอน้ำ</li> <li>10. ไม่จำเป็นต้องหยุดเครื่อง กรณีที่ไม่ดูแลตัวหนึ่งชำรุด เนื่องจากเป็น MODULAR CONCEPT</li> <li>11. ใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อยกว่า MSF</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. น้ำจืดที่ได้มีความบริสุทธิ์สูง</li> <li>2. คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำทะเลที่เปลี่ยนแปลงไม่ผลกระทบต่อระบบ</li> <li>3. สามารถใช้ได้กับทุกอุตสาหกรรม</li> <li>4. ไม่จำเป็นต้องการปรับสภาพน้ำเป็นพิเศษ</li> </ol>
ข้อเสีย	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ใช้งานที่ความดันสูง</li> <li>2. ต้องการการปรับสภาพน้ำที่ดี</li> <li>3. เยื่อเมมเบรนมีความไวต่อเหล็กและไวนิลต่อปริมาณของคลอรีนในน้ำทะเล</li> <li>4. ความบริสุทธิ์ของน้ำถูกจำกัดที่ 500ppm</li> <li>5. เยื่อเมมเบรนต้องการการดูแลเป็นพิเศษ</li> <li>6. อายุของเยื่อเมมเบรนสั้น และมีราคาแพง นำเข้าจากต่างประเทศ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. มีการข่อมบำรุงสูง</li> <li>2. อุณหภูมิสูงทำให้เกิดตะกอนได้ง่าย</li> <li>3. ต้องการการดูแลสม่ำเสมอ เพราะจะทำให้เสียได้ง่าย</li> <li>4. ต้องใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ</li> <li>5. ใช้พื้นที่ในการติดตั้งมากกว่า RO</li> </ol>

12. วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ นอกจากเป็นประโยชน์โดยตรงต่อการประปาแล้ว ยังเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในการรับผิดชอบจัดหาแหล่งน้ำ เช่น หน่วยงานเอกชนที่อยู่ในพื้นที่ใกล้ทะเล เช่น เขตชายฝั่งทะเลตะวันออก หรือเขตภาคใต้ และมีปัญหาด้านคุณภาพของแหล่งน้ำ เช่น หน่วยงานที่อยู่ในแถบจังหวัดฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ ซึ่งน้ำส่วนใหญ่จะเป็นน้ำกร่อย ไม่เหมาะต่อการนำมาอุปโภคและบริโภค

### ข้อเสนอแนะ

1. จากการวิเคราะห์หาต้นทุนของระบบรีเวอร์สออสโมซิส ค่าใช้จ่ายด้านการเปลี่ยนเมมเบรนทดแทน มีบทบาทต่อต้นทุนการผลิตน้ำจืดเป็นอันดับสอง รองจากค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน เนื่องจากเยื่อเมมเบรนมีราคาแพงต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ ผู้วิจัยมีความเห็นว่า ในอนาคตหากประเทศไทยสามารถวิจัยและผลิตเยื่อเมมเบรนได้เอง จะทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตน้ำจืดได้

2. สำหรับหน่วยงานเอกชนที่มีพลังงานเหลือใช้ในระบอบ อาจสามารถพิจารณานำพลังงานที่เหลือใช้มาใช้ให้เป็นประโยชน์ได้ โดยการผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเลโดยวิธี ระบบมัลติสเตทเฟลซ

3. ในการผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเลจากทั้งระบบ ระบบรีเวอร์สออสโมซิส และระบบมัลติสเตทเฟลซ จะได้น้ำทะเลเข้มข้น (brine) ออกมา ในน้ำทะเลเข้มข้นมีปริมาณของแร่ธาตุเจือปนอยู่ เช่น คลอไรด์ แคลเซียมคาร์บอเนต ซัลเฟต เป็นต้น ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่า น่าจะมีการศึกษาวิจัยค้นคว้า นำน้ำทะเลเข้มข้นส่วนนี้ไปใช้ประโยชน์ เพื่อเพิ่มผลพลอยได้ในการผลิต

4. สำหรับการประปาบ้านบึง ซึ่งมีต้นทุนการผลิตต่อหน่วยลูกบาศก์เมตรสูงมาก ผู้วิจัยมีความเห็นว่า กรณีที่การประปาภูมิภาคจะทำการขยายกำลังการผลิตในเขตนี้ ควรนำระบบรีเวอร์สออสโมซิส เข้ามาพิจารณาร่วมด้วย เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตต่อหน่วยลูกบาศก์เมตรต่ำกว่าและคุณภาพน้ำมีคุณภาพดีกว่าน้ำจืดที่ได้จากระบบการประปา

5. ควรมีการศึกษาปรับปรุงระบบการผลิตของการผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเลต่อไป เนื่องจากต้นทุนการผลิตในปัจจุบันค่อนข้างสูง

6. ควรมีการศึกษาและพัฒนาระบบการประปา ให้สามารถผลิตน้ำประปาจากแหล่งน้ำจืดตามธรรมชาติและจากน้ำทะเลได้ภายในระบบเดียวกัน