

การศึกษาสมรรถนะของเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีแผ่นสะท้อนรังสีและไม่มีน้ำไหลต่อเนื่องแบบฟิล์มบาง

A study of Solar desalination Performance with flat plate reflectors and Thin Film continuous water flow

บัญญัติ นิยมवास* และ บรรเจิด โปฏกรัตน์

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

1 ถนนราชดำเนินนอก ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

*ติดต่อ: banyat.niyomvas@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์/โทรสาร 074-315185

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาสมรรถนะของเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยจะเปรียบเทียบระหว่างที่มีและไม่มีน้ำไหลผ่านกระจกด้านบน ทำการทดลองวันละ 7 ชั่วโมง จากเวลา 9.00 น. – 16.00 น. จากการทดลองเป็นเวลา 4 วัน พบว่า อัตราการกลั่นเฉลี่ยของเครื่องกลั่นน้ำที่มีแผ่นสะท้อนรังสีและน้ำไหลผ่านกระจกด้านบนเป็น 0.273 ลิตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง หรือ 1.913 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน ส่วนเครื่องกลั่นน้ำที่มีแผ่นสะท้อนรังสีและไม่มีน้ำไหลผ่านกระจกด้านบนเป็น 0.225 ลิตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง หรือ 1.572 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน โดยเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีแผ่นสะท้อนรังสีและน้ำไหลผ่านกระจกด้านบนมีอัตราการกลั่นน้ำทะเลที่สูงกว่าแบบไม่มีน้ำไหลผ่านกระจกด้านบนเท่ากับ 21.69%

คำหลัก: เครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์, แผ่นสะท้อนรังสี, น้ำไหลต่อเนื่องแบบฟิล์มบาง

Abstract

This article presents a study of performance of solar desalination with flat plate reflectors. The experiment will compare solar desalination with and without thin film continuous water flow. Experimental period is 7 hours per day between 9.00 am - 4.00 pm. An average of distillation rate of solar desalination with thin film continuous water flow is 0.273 L/m²/h or 1.913 L/m²/day, while the distillation rate of solar desalination without thin film continuous water flow is 0.225 L/m²/h or 1.572 L/m²/day. The results shown that an distillation of solar desalination with thin film continuous water flow is higher than solar desalination without thin film continuous water flow 21.69 %.

Keywords: solar desalination, flat plate reflectors, Thin Film continuous water flow.

1. บทนำ

พื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย ประกอบไปด้วยชายฝั่งทะเล และเกาะแก่งต่างๆ ซึ่งการหาน้ำจืดเพื่อใช้ในการอุปโภค บริโภค ก็ยังเป็นอุปสรรคอยู่ ทำให้การดำเนินชีวิตเป็นไปอย่างยากลำบาก เครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถจะนำมาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาความขาดแคลนน้ำใช้ดังกล่าว เพราะการกลั่นน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นวิธีที่ได้พลังงานมาฟรี นั่นก็คือพลังงานจากแสงอาทิตย์ แต่อย่างไรก็ตาม ก็ยังจำเป็นต้องมีการพัฒนาให้เครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้นต่อไป

บรรณชา ชันเขียว และ ทวิช จิตรสมบูรณ์ [1] ได้สร้างเครื่องกลั่นน้ำพลังแสงแดดแบบไหลต่อเนื่องฟิล์มบาง โดยมีภาตรองน้ำทำจากสังกะสีหนา 2 มิลลิเมตร มีพื้นที่ 0.5 เมตร x 0.5 เมตร ด้านบนเป็นกระจกหนา 3 มิลลิเมตร ทำมุมเอียง 10 องศา พบว่าเมื่อให้น้ำไหลผ่านด้านบนกระจกด้วยอัตราการไหล 2 ลิตรต่อชั่วโมง อัตราการกลั่นเฉลี่ย 2.42 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน โดยทำการทดลองวันละ 12 ชั่วโมง คิดเป็นอัตราการกลั่นเฉลี่ย 0.202 ลิตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง

สำรวย ภูบาล, พิชัย นามประกาย และ ปรีดา จันทวงษ์ [2] ได้ศึกษาเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์อย่างง่าย โดยมีภาตรองน้ำทำจากแผ่นทองแดงทาสีดำหนา 0.8 มิลลิเมตร มีพื้นที่ 0.52 เมตร x 1.63 เมตร ด้านบนเป็นกระจกหนา 3 มิลลิเมตร ทำมุมเอียง 14 องศา อัตราการกลั่นเฉลี่ย 2.365 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน โดยทำการทดลองวันละ 9 ชั่วโมง คิดเป็นอัตราการกลั่นเฉลี่ย 0.263 ลิตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง

สำรวย ภูบาล และ สิทธิพร ไชยธัญยศ [3] ได้ศึกษาเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์รูปทรงพีระมิด โดยมีภาตรองน้ำทำจากแผ่นทองแดงทาสีดำหนา 3 มิลลิเมตร มีพื้นที่ 0.5 เมตร x 0.5 เมตร ด้านบนเป็นกระจกหนา 3 มิลลิเมตร พีระมิดทำมุมเอียง 30 องศา อัตราการกลั่นเฉลี่ย 2.5 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน โดยทำการทดลองวัน

ละ 10 ชั่วโมง คิดเป็นอัตราการกลั่นเฉลี่ย 0.25 ลิตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง

บัญญัติ นิยมวาส [4] ได้ศึกษาเปรียบเทียบเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีภาตรองน้ำแบบเรียบ และ แบบลอนสี่เหลี่ยม โดยพบว่าอัตราการกลั่นเฉลี่ยของเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีภาตรองน้ำแบบเรียบได้เท่ากับ 0.194 ลิตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง ส่วนแบบลอนสี่เหลี่ยมได้เท่ากับ 0.249 ลิตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง โดยเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีภาตรองน้ำแบบลอนสี่เหลี่ยมมีอัตราการกลั่นน้ำทะเลที่สูงกว่าแบบลาดเรียบเท่ากับ 28.56%

บัญญัติ นิยมวาส [5] ได้ศึกษาเปรียบเทียบเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีและไม่มีแผ่นสะท้อนรังสี โดยทำการทดลองที่มุมของแผ่นสะท้อนรังสี 3 ค่า คือมุม 30, 45 และ 60 องศา กับแนวระดับ พบว่าอัตราการกลั่นน้ำที่มุมแผ่นสะท้อนรังสี 30 องศา ให้ค่าอัตราการกลั่นดีที่สุด คือเท่ากับ 0.398 ลิตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง ส่วนเครื่องกลั่นน้ำทะเลที่ไม่มีแผ่นสะท้อนรังสีจะให้ค่าอัตราการกลั่นดีที่สุด คือเท่ากับ 0.305 ลิตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง โดยเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีแผ่นสะท้อนรังสีมีอัตราการกลั่นน้ำทะเลที่สูงกว่าแบบไม่มีแผ่นสะท้อนรังสีเท่ากับ 30.33%

Flendrig et al. [6] ได้ศึกษาเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์อย่างง่าย โดยมีภาตรองน้ำทำจากพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) สีดำ หนา 3 มิลลิเมตร มีพื้นที่ 1.34 ตารางเมตร ด้านบนเป็นแผ่นพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (LDPE) ทำมุมเอียง 10 องศา อัตราการกลั่นเฉลี่ย 2.24 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน โดยทำการทดลองวันละ 11.5 ชั่วโมง คิดเป็นอัตราการกลั่นเฉลี่ย 0.195 ลิตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง

ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาการเพิ่มสมรรถนะของเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยวิธีการให้

มีน้ำไหลผ่านกระจกด้านบนของเครื่องกลั่นน้ำทะเล เพื่อที่จะทำให้อัตราการกลั่นน้ำทะเลมีค่าสูงขึ้น

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ด้านบนใช้กระจกหนา 3 มิลลิเมตร โดยเอียงทำมุม 15 องศา ภาชนะน้ำแบบลอนสี่เหลี่ยมทำจากแผ่นสังกะสีทาสีดำ มีขนาด 0.6 เมตร × 0.6 เมตร มีขอบสูง 0.047 เมตร บริเวณก้นภาชนะจะมีลอนคลื่นสี่เหลี่ยมจำนวน 5 ลอน โดยมีขนาด 0.050 เมตร × 0.6 เมตร × 0.025 เมตรต่อลอน บรรจุน้ำภายในเครื่องกลั่นโดยให้ระดับน้ำสูง 0.03 เมตร จากก้นภาชนะ มีรางน้ำติดอยู่โดยรอบทั้งสี่ด้านของผนัง ด้านข้างเพื่อให้ น้ำที่กลั่นไหลสู่ภาชนะบรรจุ น้ำที่กลั่นได้ แผ่นสะท้อนรังสีมีขนาดของแผ่นกระจก 0.25 เมตร × 0.55 เมตร โดยติดตั้งต่ำลงมาจากก้นภาชนะเป็นระยะ 0.50 เมตร ด้านล่างของภาชนะทั้งสองแบบไม่มีการติดตั้งแผ่นฉนวน มุมของแผ่นสะท้อนรังสีจะตั้งไว้ที่ 30 องศา กับแนวระดับ เครื่องกลั่นน้ำทะเลชุดหนึ่งจะมีน้ำไหลผ่าน ด้านบนแบบฟิล์มบาง โดยน้ำจะไหลผ่านทั้งไป อีกชุดหนึ่งจะไม่มีน้ำไหลผ่าน โดยลักษณะการจัดวางเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แสดงได้ดังรูปที่ 1 ต่อไปนี้



รูปที่ 1 ลักษณะการจัดวางเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

เครื่องมือวัดอุณหภูมิยี่ห้อ Extech มีช่วงการวัด $-100^{\circ}\text{C} \sim 1300^{\circ}\text{C}$ ความละเอียดในการวัด 0.1°C เครื่องมือ

วัดความเข้มแสงอาทิตย์ ยี่ห้อ TES มีช่วงการวัด $0 - 2000\text{W/m}^2$ ความละเอียดในการวัด 1W/m^2

2.2 วิธีการทดลอง

อัตราการไหลของน้ำทะเลเข้าสู่เครื่องกลั่นทั้งสองมีค่าเท่ากับ 2 ลิตรต่อชั่วโมง ที่ข้างภาชนะทำการเจาะรูเพื่อระบายน้ำทิ้งที่ความสูง 0.03 เมตร จากก้นภาชนะ เพื่อเป็นการรักษาระดับของน้ำในภาชนะให้เท่ากับ 0.03 เมตร ตลอดเวลา น้ำที่ไหลผ่านกระจกแบบฟิล์มบางมีอัตราการไหลเท่ากับ 5 ลิตรต่อชั่วโมง

ติดตั้งหัววัดอุณหภูมิไว้ตรงกลางภาชนะ โดยสูงจากก้นภาชนะ 0.02 เมตร เพื่อวัดอุณหภูมิของน้ำ แผ่นสะท้อนรังสีทำการปรับตั้งค่ามุมให้ได้ 30 องศา กับแนวระดับ รางรองรับน้ำภายในเครื่องกลั่นน้ำทะเลมีครบทั้ง 4 ด้าน เพื่อที่จะสามารถรองรับน้ำที่กลั่นและหยดลงมาตามผนังทั้ง 4 ด้านได้อย่างครบถ้วน

การทดลองเริ่มตั้งแต่เวลา 09.00 น. ถึงเวลา 16.00 น. โดยเมื่อครบทุกชั่วโมงจะทำการบันทึกค่าอุณหภูมิ น้ำในภาชนะ วัดค่าความเข้มแสงอาทิตย์ และ ทำการขีดระดับ น้ำที่กลั่นได้ในขวดบรรจุ น้ำ เมื่อทำการทดลองจนถึงเวลา 16.00 น. นำน้ำที่กลั่นได้มาตวงวัดด้วยกระบอกตวงขนาด 200 ลิตร เพื่อหาปริมาณน้ำที่กลั่นได้ในแต่ละชั่วโมง

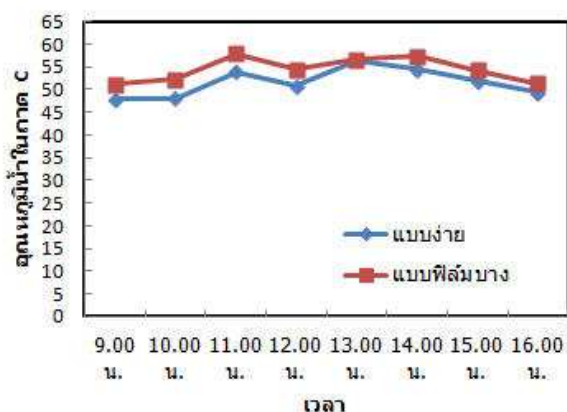
3. ผลการทดลอง

ผลการทดลองของเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ จะนำมาเปรียบเทียบกับในประเด็นของอุณหภูมิ น้ำภายในภาชนะ และอัตราการกลั่นน้ำทะเลของเครื่องกลั่นน้ำทะเลแบบที่มีและไม่มีน้ำไหลผ่านกระจก

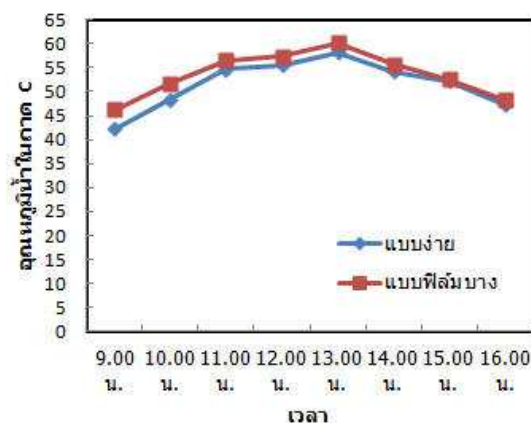
การทดลองจะทดลองซ้ำเป็นเวลา 4 วัน โดยจะทำการทดลองในวันที่ 12, 13, 14 และ 15 มีนาคม พ.ศ. 2555

3.1 อุณหภูมิ น้ำในภาชนะ

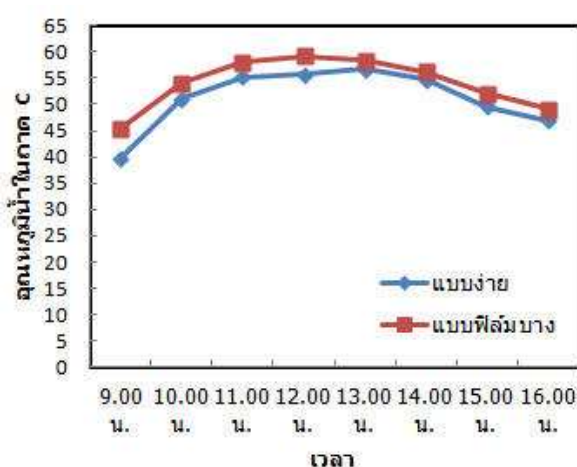
อุณหภูมิ น้ำในภาชนะของเครื่องกลั่นน้ำทะเลแบบที่มีและไม่มีน้ำไหลผ่านกระจก ของการทดลองวันที่ 12, 13, 14 และ 15 มีนาคม พ.ศ. 2555 แสดงได้ดังรูปที่ 2 – 5 ดังต่อไปนี้



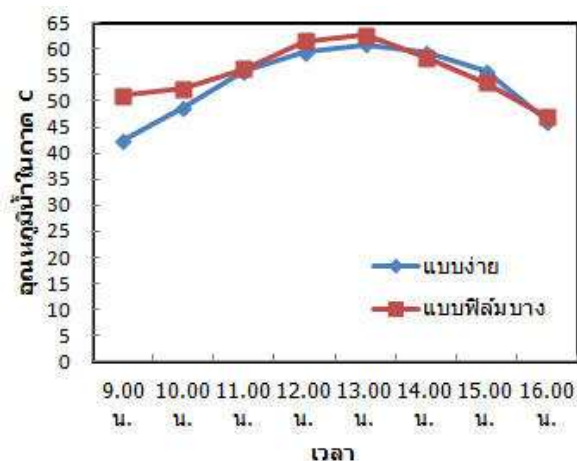
รูปที่ 2 อุณหภูมิของน้ำในถาด (วันที่ 12 มีนาคม 2555)



รูปที่ 5 อุณหภูมิของน้ำในถาด (วันที่ 15 มีนาคม 2555)



รูปที่ 3 อุณหภูมิของน้ำในถาด (วันที่ 13 มีนาคม 2555)



รูปที่ 4 อุณหภูมิของน้ำในถาด (วันที่ 14 มีนาคม 2555)

จากรูปที่ 2 – 5 พบว่าอุณหภูมิของน้ำในถาดทั้งสองมีแนวโน้มสูงขึ้นในช่วงระหว่างเริ่มทำการทดลองที่เวลา 09.00 น. และจะสูงที่สุดในเวลาประมาณ 12.00 – 14.00 น. และจะค่อยๆ ลดลงจนถึงเวลา 16.00 น. โดยความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำในถาดทั้งสองสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1 ต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำในถาดทั้งสอง

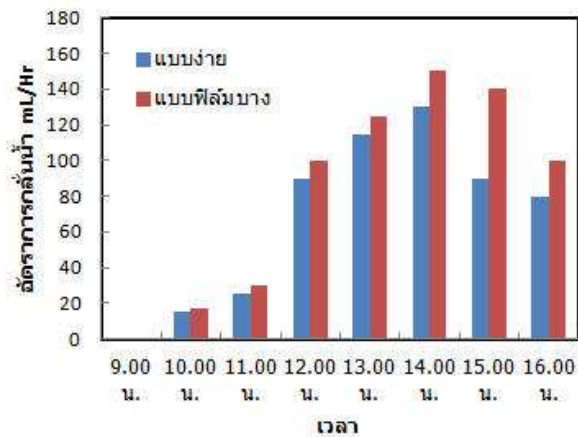
	อุณหภูมิแตกต่าง (C)
วันที่ 1	2.45
วันที่ 2	2.08
วันที่ 3	0.73
วันที่ 4	1.46
เฉลี่ย	1.68

จากตารางที่ 1 พบว่าอุณหภูมิของน้ำในถาดของเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีที่มีการไหลของน้ำผ่านด้านบนกระจกแบบฟิล์มบางมีค่าสูงกว่าแบบไม่มีน้ำไหลผ่าน เฉลี่ย 1.68 °C ตลอดการทดลองทั้ง 4 วัน

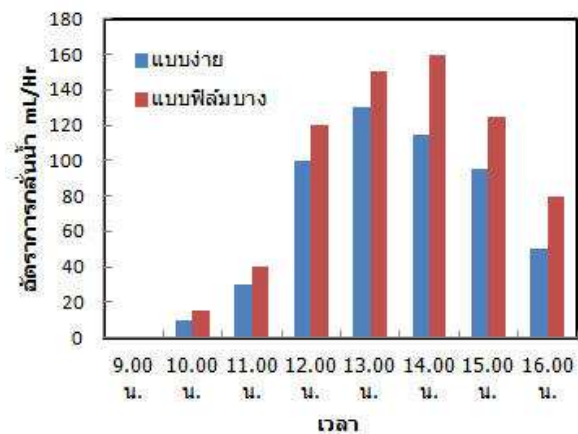
3.2 อัตราการกลั่นน้ำทะเล

อัตราการกลั่นน้ำทะเลของเครื่องกลั่นน้ำทะเลแบบที่มีและไม่มีน้ำไหลผ่านกระจก ของการทดลองวันที่ 12,

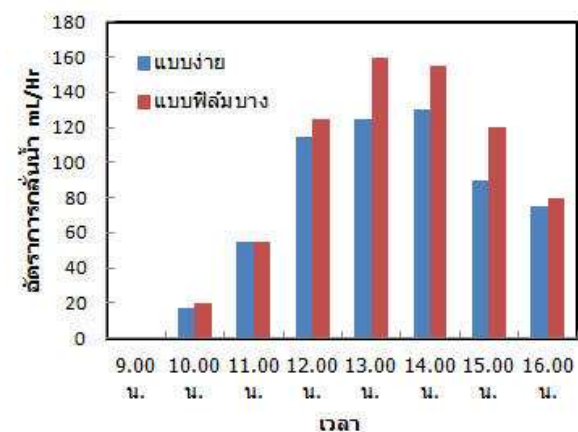
13, 14 และ 15 มีนาคม พ.ศ. 2555 แสดงได้ดังรูปที่ 6 – 9 ดังต่อไปนี้



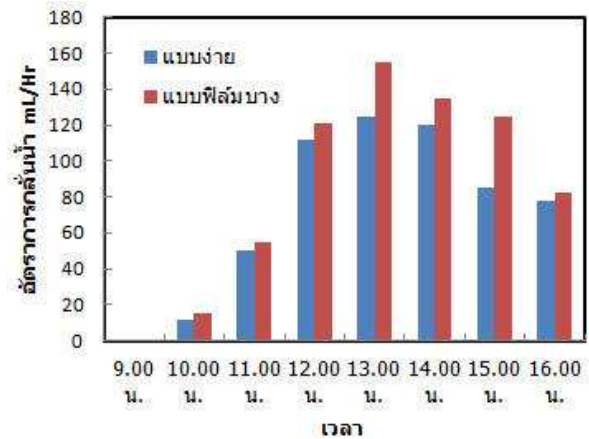
รูปที่ 6 อัตราการกลั่นน้ำทะเล (วันที่ 12 มีนาคม 2555)



รูปที่ 7 อัตราการกลั่นน้ำทะเล (วันที่ 13 มีนาคม 2555)



รูปที่ 8 อัตราการกลั่นน้ำทะเล (วันที่ 14 มีนาคม 2555)



รูปที่ 9 อัตราการกลั่นน้ำทะเล (วันที่ 15 มีนาคม 2555)

จากรูปที่ 6 – 9 พบว่าอัตราการกลั่นน้ำทะเลของเครื่องกลั่นน้ำทะเลทั้งสองแบบ มีแนวโน้มสูงขึ้นในช่วงระหว่างเริ่มทำการทดลองที่เวลา 09.00 น. และจะสูงที่สุดในเวลาประมาณ 12.00 – 14.00 น. และจะค่อยๆ ลดลงจนถึงเวลา 16.00 น. โดยความแตกต่างของอัตราการกลั่นน้ำทะเลของเครื่องกลั่นน้ำทะเลทั้งสองแบบสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2 ต่อไปนี้

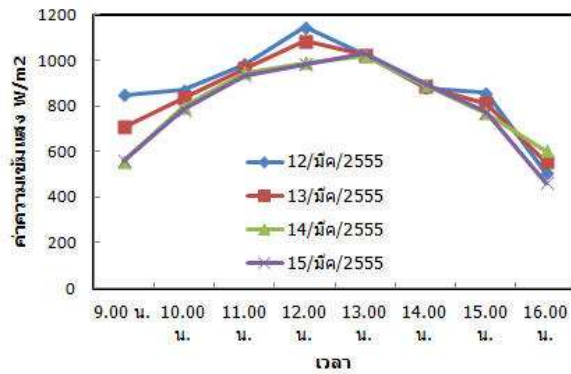
ตารางที่ 2 ความแตกต่างของอัตราการกลั่นน้ำทะเล

	อัตราการกลั่น (ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน)		
	แบบง่าย	แบบฟิล์มบาง	แตกต่าง
วันที่ 1	1.514	1.839	0.325
วันที่ 2	1.472	1.917	0.444
วันที่ 3	1.686	1.986	0.300
วันที่ 4	1.617	1.911	0.294
เฉลี่ย	1.572	1.913	0.341

จากตารางที่ 2 พบว่าอัตราการกลั่นน้ำทะเลของเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีที่มีการไหลของน้ำผ่านด้านบนกระจากแบบฟิล์มบางมีค่าสูงกว่าแบบไม่มีน้ำไหลผ่าน เฉลี่ย 0.341 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน ตลอดการทดลองทั้ง 4 วัน

3.3 ความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์

ตลอดการทดลองทั้ง 4 วัน สามารถบันทึกค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นรายชั่วโมง โดยสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 10 ต่อไปนี้



รูปที่ 10 ค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ (W/m^2)

3.4 ประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

จากผลการทดลองนำค่าอัตราการกลั่น และค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ มาคำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยจะพิจารณาในสภาวะคงตัว (Steady State) [7] ได้ดังต่อไปนี้

$$\eta = \frac{\dot{m} \times L \times 100}{q_o} \quad (1)$$

เมื่อ η = ประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วย

พลังงานแสงอาทิตย์ (ร้อยละ)

$\dot{m}$ = อัตราการกลั่น ($kg/m^2/hr$)

L = ความร้อนแฝงของการระเหยของน้ำ

= 2257.1 kJ/kg

q_o = ค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์
($kJ/m^2/hr$)

นำผลการทดลองทั้ง 4 วันมาคำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยสมการที่ (1) ได้ผลดังตารางที่ 3 และ 4 ต่อไปนี้

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบง่าย

	แบบง่าย		
	อัตราการกลั่น ($L/m^2/hr$)	ค่าความเข้มแสง (W/m^2)	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)
วันที่ 1	0.252	782.950	20.20
วันที่ 2	0.245	769.310	20.00
วันที่ 3	0.281	751.450	23.45
วันที่ 4	0.269	732.560	23.06
เฉลี่ย	0.262	759.068	21.68

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง

	แบบฟิล์มบาง		
	อัตราการกลั่น ($L/m^2/hr$)	ค่าความเข้มแสง (W/m^2)	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)
วันที่ 1	0.306	782.950	24.54
วันที่ 2	0.319	769.310	26.03
วันที่ 3	0.331	751.450	27.62
วันที่ 4	0.319	732.560	27.26
เฉลี่ย	0.319	759.068	26.36

4. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า การเพิ่มการไหลของน้ำผ่านกระจกด้านบนแบบฟิล์มบาง โดยเป็นแบบไหลผ่าน ไม่ได้นำกลับเข้ามาใช้ในการกลั่น สามารถที่จะเพิ่มอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำในภาตให้สูงกว่าแบบไม่มีน้ำไหลผ่านหรือแบบง่ายเท่ากับ $1.68^\circ C$ หรือคิดเป็น 3.60 % เพิ่มอัตราการกลั่นเฉลี่ยได้เท่ากับ 0.341 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน หรือคิดเป็น 21.69 % และมีค่าประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สูงกว่ากันอยู่ 4.68 %

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณ นายธีรยุทธ ชูสินโท และนาย นิวัต ชุโชนติ นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ในการทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] บรรณชา ชันเขียว และ ทวิช จิตรสมบูรณ์ (2551). อัตราการไหลที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำพลังแสงแดดแบบไหลต่อเนื่องฟิล์มบาง, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 22, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย

[2] สำรวย ภูบาล, พิชัย นามประกาย และ ปรีดา จันทวงศ์ (2550). การศึกษาความเป็นไปได้ของเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์อย่างง่าย, วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, ปีที่ 3, ฉบับที่ 1, มกราคม – มิถุนายน 2550, หน้า 1 – 7.

[3] สำรวย ภูบาล และ สิทธิพร ใหญ่ธนายศ (2552). การทดสอบเครื่องกลั่นน้ำแสงอาทิตย์รูปทรงพีระมิด, วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, ปีที่ 5, ฉบับที่ 2, กรกฎาคม – ธันวาคม 2552, หน้า 59 – 67.

[4] บัญญัติ นิยมवास (2554). การศึกษาสมรรถนะของเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีถาดรองน้ำแบบเรียบและแบบลอนสี่เหลี่ยม, การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7, 3-5 พฤษภาคม 2554, โรงแรมภูเก็ตออร์คิดรีสอร์ทแอนด์สปาหาดกะรน จังหวัดภูเก็ต

[5] บัญญัติ นิยมवास (2555). การศึกษาสมรรถนะของเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีแผ่นสะท้อนรังสี, การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8, 2-4 พฤษภาคม 2555, โรงแรมตักศิลา อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม

[6] L.M. Flendrig, B. Shah, N. Subrahmaniam and V. Ramakrishnan (2009). Low cost thermoformed solar still water purifier for D&E

countries, Physics and Chemistry of the Earth, Part A/B/C, Vol. 34, Issue. 1 – 2, 2009, pp. 50 – 54.

[7] Hamdan M.A., Musa A.M. and Jubran B.A. (1999). Performance of solar still under Jordanian climate, Energy Conversion & Management, Volume 40, pp. 495 – 503.