

การพัฒนาเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์

Development of Solar Energy Heater

ธนศ ทับทิมใส¹ นิวัฒน์ สุตะโท² ณัฐพล วุฒิจันทร์³ ปกรณ์ สุดสุนทร⁴ ธนศ อักษร⁵ รศ สืบสาการ⁶

^{1,2,3,5,6}วิทยาลัยการชลประทาน สถาบันสมทบมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทคัดย่อ

จากปัญหาการใช้พลังงานจากไฟฟ้า ถ่านหิน แก๊ส ไม้ฟืน ฯลฯ เพื่อใช้ในการต้มน้ำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลทำให้แหล่งเชื้อเพลิงที่มีเหลืออยู่น้อยมาก ลดลง ในที่สุดก็จะหมดไปจากโลก ดังนั้นจึงหาแหล่งพลังงานอื่นๆ ที่เป็นพลังงานยั่งยืนมาทดแทน คือ พลังงานจากดวงอาทิตย์

ดังนั้นการประดิษฐ์เครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำขึ้นเพื่อศึกษาวัสดุดูดกลืนความร้อนที่หาได้ตามท้องถิ่นที่จะสามารถนำมาเป็นวัสดุดูดกลืนความร้อนในแผงรับแสงอาทิตย์ในเครื่องประดิษฐ์ที่ทำขึ้นเพื่อจะผลิตน้ำอุ่นมาใช้เพื่อลดค่าใช้จ่ายไฟฟ้าจากเครื่องทำน้ำอุ่นไฟฟ้าได้ และนำผลของน้ำอุ่นที่ได้จากเครื่องประดิษฐ์ขึ้นมาเปรียบเทียบกับเครื่องทำน้ำอุ่นไฟฟ้าเพื่อหาระยะคุ้มทุนในการวิจัยครั้งนี้ อุปกรณ์ที่สำคัญประกอบด้วย ถังเก็บน้ำอุ่นหุ้มด้วยฉนวนกันความร้อน ขนาด 80 ลิตร กรอบแผงรับแสงแดดที่มีแผงท่อทองแดงขนาด 90×145 เซนติเมตร โดยมีเกลบเป็นวัสดุดูดกลืนความร้อนในแผงรับแสงแดด ท่อน้ำร้อนพิม่าพลาสติกไปป์ 1/2 นิ้ว เป็นท่อจ่ายน้ำเข้าแผงรับแสงแดดและจ่ายน้ำเข้าถังเก็บในถังเก็บน้ำอุ่นหุ้มฉนวนกันความร้อน

จากการทดลองของเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์สามารถผลิตน้ำอุ่นได้ 80 ลิตร/วัน อุณหภูมิสูง 44 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิปกติ 31 องศาเซลเซียส โดยมีเกลบเผาเป็นวัสดุดูดกลืนความร้อนที่ดีที่สุดจากการทดลองเปรียบเทียบสามตัวอย่าง ในขณะเดียวกันในตอนกลางคืนถังเก็บน้ำอุ่นยังสามารถรักษาอุณหภูมิไว้ได้เฉลี่ย 41 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิปกติ และในการหาระยะคุ้มทุนของเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์มาเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายไฟฟ้าเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานไฟฟ้าวัดที่อุณหภูมิเดียวกัน ปริมาณที่เท่าๆกัน ซึ่งค่าลงทุนครั้งแรกของเครื่องประดิษฐ์ 7,755 บาท ระยะคุ้มทุนของเครื่องที่ประดิษฐ์ขึ้นมาเท่ากับ 2 ปี เมื่อเทียบกับเครื่องทำน้ำอุ่นไฟฟ้า 3,500 บาท ที่ใช้ทั่วไปในวิทยาลัยการชลประทาน

บทนำ

พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติ เป็นพลังงานที่สะอาดไม่ทำปฏิกิริยาใดๆ อันจะทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง จัดว่าเป็นพลังงานทดแทนชนิดหนึ่งที่สะอาด

มนุษย์รู้จักการนำเอาน้ำมาต้มให้ร้อนเพื่อใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ได้แก่นำมาล้างผักล้างจาน ประกอบอาหาร หรือแม้กระทั่งชำระร่างกายเพื่อรักษาอุณหภูมิของร่างกายในฤดูหนาว ฯลฯ กิจกรรมเหล่านี้ล้วนใช้พลังงานจากไฟฟ้า ถ่านหิน แก๊ส น้ำมัน ไม้ฟืน ฯลฯ เพื่อใช้ในการต้มน้ำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลทำให้แหล่งเชื้อเพลิงที่มีเหลืออยู่น้อยมาก ลดลง ในที่สุดก็จะหมดไปจากโลก ถ้าเราไม่หาแหล่งพลังงาน อื่นๆ ที่เป็นพลังงานยั่งยืน มาทดแทน พลังงานเหล่านี้

แหล่งพลังงานที่ยั่งยืน ที่สามารถนำมาทดแทนพลังงานเหล่านี้ได้แก่ พลังงานจากดวงอาทิตย์ ในที่นี้ กล่าวถึงเครื่องประดิษฐ์ที่ทำให้น้ำอุณหภูมิปกติ ให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น ด้วยพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ เครื่องประดิษฐ์นี้ว่า คือ เครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energy Heater)

ดังนั้นจึงได้คิดประดิษฐ์เครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้นมาเพื่อใช้ประโยชน์แทนการทำน้ำอุ่นด้วยพลังงานไฟฟ้าซึ่งถือว่าเป็นการประหยัดพลังงาน ประหยัดค่าใช้จ่าย และช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าได้อีกทางหนึ่ง

วัตถุประสงค์

เพื่อประดิษฐ์เครื่องทำน้ำอุ่นสำหรับการทำความสะอาดภาชนะด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

- เพื่อศึกษาการทำงานของระบบเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ ตามหลักการทำงานของเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์
 - เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการดูดกลืนรังสีและการแผ่รังสีความร้อนจากแคลบเผา ทราช และ ถ่านไม้บดละเอียด ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักในการเก็บความร้อนของเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์
 - เพื่อศึกษาประโยชน์ที่ได้จากเครื่องทำน้ำอุ่นสำหรับการใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน และระยะคุ้มทุนของเครื่องประดิษฐ์เมื่อเทียบกับเครื่องทำน้ำอุ่นที่ใช้กันทั่วไปภายในวิทยาลัยการชลประทานได้
- ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการศึกษา

- สามารถเรียนรู้หลักการทำงานของเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ได้
- สามารถประดิษฐ์เครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ได้

- เครื่องประดิษฐ์ขึ้นมาสามารถผลิตน้ำอุ่นมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้

วิธีวิจัย

◆ วิธีการดำเนินการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 (เพื่อศึกษาการทำเครื่องทำน้ำอุ่นจากพลังงานแสงอาทิตย์) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. อุปกรณ์และวัสดุต่างๆ

อุปกรณ์ต่างๆ ที่นำมาใช้ในการประดิษฐ์เครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ หลังจากออกแบบระบบและวางแผนแล้ว มีอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

1.1 แผ่นสังกะสีเรียบไว้วางพื้นกระบะไม้ก่อนใส่วัสดุดูดกลืนความร้อน

1.2. กระจกใส เป็นกระจกโปร่งแสงที่สามารถกักเก็บและเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนให้กับบรรยากาศได้

1.3 สีทาท่อทองแดงสีดำ สีดำมีความสามารถในการดูดกลืนความร้อนของการแผ่รังสีที่เกิดจากแสงแดดได้ดี

1.4 ไม้สำหรับประกอบแผ่นพื้นเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ จะนำมาจากไม้แบบที่ได้จากก่อสร้างที่มีการใช้แล้วมาเป็นวัสดุประกอบเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อลดต้นทุนในการประดิษฐ์

1.5 ท่อทางเดินน้ำในแผงรับความร้อนใช้ท่อทองแดงในการเชื่อมแผงรับแสงแดด

1.6 ถังน้ำเก็บความร้อน ทำหน้าที่เก็บน้ำร้อนที่ผลิตได้จากการไหลเวียนของน้ำตามหลักการธรรมชาติในแผงรับแสงอาทิตย์

1.7 ฉนวนใยแก้วสำหรับใช้งานทนอุณหภูมิสูง ซึ่งผลิตจากใยแก้วผสมด้วยกาชชนิดพิเศษที่ไม่ลามไฟ และทนอุณหภูมิได้สูงถึง 540°C ($1,000^{\circ}\text{F}$) มีน้ำหนักเบาติดตั้งได้ง่าย ผลิตจากเส้นใยแก้วที่ละเอียดปราศจากฝุ่นผงภายหลังการติดตั้งไม่สกปรกนำมาใช้เป็นฉนวนกันความร้อนในถังเก็บน้ำเพื่อรักษาให้น้ำมีอุณหภูมิคงที่หรือเก็บน้ำให้อุ่นไว้ได้นานๆ

1.8 ท่อน้ำร้อนพิวมาเฟล็กมัลติไปป์ เป็นท่อที่ใช้ทดแทน ท่อทองแดง ท่อเหล็กท่อพีวีซี สามารถใช้งานได้กับระบบน้ำร้อน น้ำอุ่น และน้ำเย็น ทนแรงดันมากถึง 10 บาร์ที่อุณหภูมิสูงสุดถึง 95 องศาเซลเซียส ติดตั้งง่ายได้ทันที จะติดตั้งเป็นท่อส่งน้ำเข้าถัง และเข้าแผงรับความร้อน

1.9 กระจกเงาเป็นวัสดุที่มีความสามารถในการสะท้อนได้ดีเนื่องจากแสงจากวัตถุไปตกกระทบกับกระจก แล้วเกิดการสะท้อนกลับมายังอีกวัตถุหนึ่ง ทำให้วัตถุเพิ่มความร้อนมากขึ้น

2 ขั้นตอนในการออกแบบและประดิษฐ์เครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์

ขั้นตอนที่ 1 ออกแบบและประดิษฐ์เครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์

1. สถานที่ออกแบบและประดิษฐ์

สถานที่ออกแบบและประดิษฐ์ ประกอบด้วยสถานที่ต่างๆ ได้แก่ ขึ้นรูปถังเก็บน้ำร้อนที่ร้านแก้ว ดิฉนวนวงแหวนตะวันตก อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี หุ้มฉนวนใยแก้วพร้อมขึ้นรูปถังรอบนอก และเชื่อมเหล็กทำขาตั้งรองรับถังเก็บน้ำร้อนที่อำเภอตลาดบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี เชื่อมท่อทองแดงทำแผงรับความร้อนที่แยกแคราย จังหวัดนนทบุรี และประกอบติดตั้งที่บริเวณวิทยาลัยการชลประทาน อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี

2. ขั้นตอนในการประดิษฐ์เครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์

2.1 ศึกษารูปแบบโครงสร้างของเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ หรือข้อมูลจาก Internet

2.2 ออกแบบโครงสร้างส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ที่จะทำการประดิษฐ์ โดยใช้โปรแกรม Google Sketch Up ในการร่างแบบเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์

2.3 เลือกวัสดุอุปกรณ์ที่จะนำมาทำการประดิษฐ์เครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์และส่วนประกอบต่างๆ โดยยึดหลักความประหยัด และอุปกรณ์ส่วนประกอบต่างๆ หาซื้อง่ายตามร้านทั่วไป

2.4 ทำการประดิษฐ์เครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์และส่วนประกอบต่างๆ ตามแบบที่กำหนดไว้ โดยระหว่างการประดิษฐ์นั้นจะทำการศึกษาส่วนประกอบหรือโครงสร้างของเครื่องทำน้ำอุ่นว่าเหมาะสมหรือไม่เพื่อที่จะสามารถทำการแก้ไขหรือเปลี่ยนชนิดอุปกรณ์ได้

ก. ออกแบบถังเก็บน้ำอุ่นโดยให้ช่างได้ขึ้นรูป โดยทำการขึ้นรูปถังเก็บน้ำร้อนเป็นทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.40 เมตร ยาว 1 เมตร และหนา 0.05 เมตร

ข. นำเศษท่อเหล็กขนาด 1/2 นิ้ว ยาว 15 cm. ไปกลึงเกลียวในเพื่อที่จะนำไปเชื่อมติดกับถังเก็บน้ำร้อนไว้สำหรับต่อก้อน้ำหรือท่อต่อทางน้ำเข้า – ออก จากถัง

ค. นำท่อเหล็กขนาด 1/2 นิ้ว ยาว 15 cm. ไปเชื่อมติดกับถังเก็บน้ำอุ่นไว้สำหรับต่อก้อน้ำหรือท่อต่อทางน้ำเข้า – ออก จากถังได้ เมื่อเสร็จแล้วทำการทดสอบหารอยรั่วโดยการนำถังไปจุ่มน้ำในกระบอกที่บรรจุน้ำ ผลออกมาคือไม่พบรอยรั่ว

ง. ทำการเชื่อมขาตั้งรองรับท่อเก็บน้ำร้อน และนำฉนวนใยแก้วมาฉนวนถังเก็บน้ำร้อนเพื่อเก็บรักษาความร้อนของน้ำในถัง แล้วทำการขึ้นรูปถังเก็บน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยแผ่นสังกะสีเรียบตามที่ออกแบบไว้ของถังอีกชั้นหนึ่ง

จ. เลือกซื้อท่อทองแดง ขนาด 1/2 นิ้ว ยาว 6 เมตร ทำการตัดแยกชิ้นส่วนตามที่ต้องการ ออกแบบไว้ โดยมีความยาว 80 เซนติเมตร จำนวน 2 ท่อน ความยาว 110 เซนติเมตร จำนวน 4 ท่อน แล้วทำการเชื่อมตามที่ได้ออกแบบไว้ แล้วทาสีดำให้ทั่ว นำไปตากแดดเพื่อทำให้สีแห้งติดท่อทองแดง

ฉ. จัดทำแผงรับความร้อนของเครื่องทำน้ำอุ่น โดยประกอบโครงกรอบไม้ ขนาด กว้าง 0.90 เมตร ยาว 1.44 เมตร และหนา 0.08 เมตร ด้านล่างปิดด้วยไม้อัด ขนาดกว้าง 0.9 เมตร ยาว 1.44 เมตร และหนา 0.025 เมตร ปูด้วยสังกะสีเรียบขนาดกว้าง 0.90 เมตร ยาว 1.15 เมตร และติดกระจกเงาด้านกว้าง 2 ด้าน ขนาด 0.85×0.08 เมตร และด้านยาว ขนาด 1.20×0.08 เมตร

ช. จะทำการเลื่อยและบากขอบไม้สำหรับวางกระจก และตกแต่งเก็บรายละเอียดของงาน หลังจากประกอบแผงรับพลังงานความร้อนเสร็จ แล้วก็ทำที่ขาตั้งรองรับแผงน้ำอุ่นโดยการตัดไม้ตามแบบที่กำหนดไว้

ซ. นำท่อน้ำร้อนพินาเฟล็กมัลติไปป์ มาประกอบเข้ากับเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ ทำหน้าที่ส่งน้ำเข้าในแผงรับน้ำอุ่นและส่งน้ำจากแผงน้ำอุ่นเข้าสู่ถังเก็บน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์

◆ **วิธีการดำเนินการวิจัยของวัตถุประสงค์ที่ 2** (เพื่อเปรียบเทียบการดูดกลืนรังสีและการแผ่รังสีความร้อนจากเกลบเผา ทราช และถ่านไม้) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. จัดเตรียมสถานที่ และอุปกรณ์ หาววัสดุดูดกลืนความร้อนได้ดีที่สุดระหว่างดินทราช ถ่านไม้ บดละเอียด และเกลบเผา เพื่อที่จะนำมาเป็นวัสดุดูดกลืนความร้อนใส่ในแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์

ก. สถานที่ในการทดลอง หาววัสดุดูดกลืนความร้อนได้ดีที่สุด คือ บริเวณวิทยาลัยการชลประทาน อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี

ข. ตัวอย่างวัสดุที่สามารถดูดกลืนและแผ่รังสีความร้อนได้ดีที่หาได้ง่าย นำมาทดลองเปรียบเทียบหาววัสดุที่สามารถดูดกลืนความร้อนได้ดีที่สุด เพื่อที่จะนำไปประกอบกับเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์

ค. อุปกรณ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบวัสดุดูดกลืนความร้อน ได้แก่ เทอร์โมมิเตอร์ และปิเกออร์

2. วิธีการดำเนินการศึกษาตัวดูดกลืนและแผ่รังสีความร้อน

ก. นำเกลบที่ได้จากโรงสีข้าวมาจัดเป็นกองแล้วเผา พอเผาเสร็จรดด้วยน้ำพอประมาณ แล้วก็นำมาตากแดดให้แห้ง จากนั้นเก็บตัวอย่างมาทดลองต่อไป เพื่อที่จะนำมาทดลองเป็นวัสดุดูดกลืนความร้อนไว้เปรียบเทียบกับทราช และถ่านไม้ละเอียด

ข. นำถ่านไม้มาบดให้ละเอียด แล้วเปรียบเทียบวัสดุดูดกลืนความร้อน 3 ชนิด

ค. นำแคลบเผาที่ได้ ใส่ในบีกเกอร์ปริมาณ 500 cm³ ทรายใส่ในบีกเกอร์ปริมาณ 500 cm³ และถ่านไม้ที่บดละเอียด ใส่ลงในบีกเกอร์ปริมาณ 500 cm³ แล้วคลุมด้วยถุงพลาสติกมัดให้แน่น จากนั้นนำไปตากแดดเพื่อทดลองเปรียบเทียบวัสดุดูดกลืนความร้อนที่สามารถดูดกลืนความร้อนได้ดี เพื่อที่จะนำวัสดุนั้นมาประกอบในเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์

ง. วัดอุณหภูมิของแคลบเผา ถ่านไม้ละเอียด และทรายในบีกเกอร์ทั้ง 3 บีกเกอร์ก่อนและหลังนำการทดลองการเปรียบเทียบ บริเวณสนามฟุตบอลวิทยาลัยการชลประทาน ที่มีแสงแดดจ้า แล้วบันทึกผลอุณหภูมิ

จ. เปรียบเทียบอุณหภูมิทั้ง 3 บีกเกอร์ ระหว่างแคลบเผา ถ่านไม้ และทราย ว่าวัสดุใดจะสามารถดูดกลืนและแผ่รังสีความร้อนได้ดีที่สุด เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการตัดสินใจเลือกวัสดุดูดความร้อนจากแสงอาทิตย์สำหรับประกอบในเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ต่อไป

◆ **วิธีการดำเนินการวิจัยของวัตถุประสงค์ที่ 3** (เพื่อศึกษาจุดคุ้มทุนของเครื่องทำน้ำอุ่นที่ประดิษฐ์ขึ้นมากับเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานไฟฟ้า) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1 เก็บผลที่ได้จากการวัดอุณหภูมิของน้ำในถังเก็บน้ำของเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผลิตน้ำได้ ในกรณีไม่มีแสงแดด น้ำที่อยู่ในถังจะสามารถเก็บรักษาอุณหภูมิได้นานหรือน้อยเพียงใด โดยการปิดระบบการทำงานของเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์หลังจากระบบทำงานอยู่ ท่อที่ส่งน้ำเข้าถังน้ำอุ่นสามารถถอดเก็บได้ แล้วทำการวัดอุณหภูมิหลังปิดระบบการทำงานในตอนกลางคืนเป็นช่วงเวลา ได้ผลแล้วเปรียบเทียบกับการใช้จากเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลาที่เท่ากัน แล้วคำนวณหาจุดคุ้มทุนในระยะเวลายาว

2 วัดกระแสไฟฟ้าด้วยเครื่องแคลมป์มิเตอร์ (Clamp Meter) ของเครื่องทำน้ำอุ่นไฟฟ้า 3500 วัตต์ ราคาประมาณ 3,380 บาท 220 โวลต์ ได้ 15 แอมป์ จับเวลาเทียบกับเวลาที่เครื่องประดิษฐ์ที่ผลิตน้ำได้ 80 ลิตรต่อวัน โดยจับเวลาเมื่อเครื่องทำน้ำอุ่นไฟฟ้าผลิตน้ำไปถึงอุณหภูมิ 41 °C ให้อุณหภูมิคงที่แล้วเริ่มจับเวลาได้ 1 ลิตรใช้เวลา 19 วินาที ดังนั้น 80 ลิตรจึงใช้เวลาได้ 1520 วินาที แล้วนำไปคำนวณหาระยะคุ้มทุนเมื่อเทียบกับเครื่องทำน้ำอุ่นไฟฟ้าที่อุณหภูมิเท่ากัน

3 ศึกษาข้อมูลค่าใช้จ่ายของเครื่องทำน้ำอุ่นที่ใช้พลังงานไฟฟ้า ยกตัวอย่างการคิดค่าไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยประเภท 1 สมมุติในเดือนมกราคม 2554 บ้านหลังหนึ่งมีเครื่องทำน้ำอุ่นอยู่ภายในบ้านใช้ไฟฟ้าไป 500 หน่วย แสดงตัวอย่างการคำนวณค่าไฟฟ้าของที่อยู่อาศัยที่มีเครื่องทำน้ำอุ่นอยู่ภายในบ้าน

1. ค่าไฟฟ้าฐาน

150 หน่วยแรก = $150 \text{ หน่วย} \times 1.81 \text{ บาท} = 270.71 \text{ บาท}$

250 หน่วยต่อไป = $250 \text{ หน่วย} \times 2.78 \text{ บาท} = 694.53 \text{ บาท}$

เกิน 400 หน่วยต่อไป = $(500 - 400) \times 2.98 = 297.80 \text{ บาท}$

รวมค่าไฟฟ้าฐานเป็นเงิน 1,303.93 บาท

2. ค่าไฟฟ้าผันแปร

ค่าไฟฟ้าผันแปร = $500 \times (21.95/100) = 109.75 \text{ บาท}$

รวมค่าไฟฟ้าฐานและค่าไฟฟ้าผันแปร = 1,413.68 บาท

3. ภาษีมูลค่าเพิ่ม ร้อยละ 7

ภาษีมูลค่าเพิ่ม = $1,413.68 \times (7/100) = 98.95 \text{ บาท}$

ค่าบริการเดือนละ 8.19 บาท = 8.19 บาท

รวมค่าไฟฟ้าทั้งสิ้น = 1,520.82 บาท

ผลและการอภิปราย

การศึกษาการประดิษฐ์เครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อเปรียบเทียบวัสดุดูดกลืนความร้อนที่สามารถหาได้ตามท้องถิ่นมาเป็นวัสดุดูดกลืนความร้อนในแผงรับแสงแดดของเครื่องประดิษฐ์ ทดสอบโดยมีวัสดุ 3 ตัวอย่าง ได้แก่ แกלבเพา ทราช และถ่านไม้ละเอียด ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

1. ทำการทดลองเปรียบเทียบวัสดุดูดกลืนความร้อน กรณียังไม่ใส่ในแผงรับแสงแดดของเครื่องประดิษฐ์

ตารางที่ 1 สรุปข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยเปรียบเทียบวัสดุคุณกั้นความร้อนที่สามารถเก็บอุณหภูมิได้ข้อมูลดังนี้

อุณหภูมิเฉลี่ยทดสอบวัสดุคุณกั้นความร้อน					
ครั้งที่	วันที่ทดสอบ	แกลบเผา(°C)	ทราย (°C)	ถ่านไม้ละเอียด(°C)	อุณหภูมิปกติ (°C)
1	27/12/2553	43	41	42	31
2	28/12/2553	37	34	35	28
3	29/12/2553	47	41	40	31
4	5/1/2554	47	41	40	31
5	6/1/2554	42	41	40	31
6	7/1/2554	48	44	43	31
7	8/1/2554	48	44	43	31
8	15/1/2554	46	43	42	31
9	16/1/2554	47	42	40	31
10	17/1/2554	47	41	40	30

จากการทดสอบหาวัสดุคุณกั้นรังสีความร้อนทั้ง 10 วัน ตามตารางที่ 1 จะพบว่าวัสดุที่สามารถคุณกั้นรังสีความร้อนได้ดีที่สุดคือ แกลบเผาที่อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด 48 องศาเซลเซียส ในครั้งที่ 5 และ 6 (วันที่ 7 – 8 มกราคม 2554) และมากกว่าวัสดุตัวอย่างอื่นทุกวัน จึงเหมาะสมที่จะนำมาเป็นวัสดุคุณกั้นความร้อนในแผงรับแสงแดดของเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์

2. ทำการทดลองตรวจสอบอุณหภูมิของน้ำที่ได้จากเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์

เมื่อเราได้วัสดุคุณกั้นความร้อนที่ได้จากการทดลองแล้วก็นำมาทำการทดสอบกับเครื่องประดิษฐ์เพื่อที่จะสามารถผลิตน้ำอุ่นได้ใช้ และเพื่อให้ได้ผลที่แน่ชัดว่าแกลบเผาจะสามารถเป็นวัสดุคุณกั้นความร้อนได้ดีกว่าตัวอย่างอื่นที่ได้นำมาทดสอบได้จริงหรือไม่ เมื่อได้ผลแล้วก็จะสามารถนำค่าที่ได้จากกลางวันหรือคิดค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำตอนกลางคืนไปคำนวณหาระยะกุ่มทุนได้เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานไฟฟ้า

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลอุณหภูมิของน้ำเมื่อเครื่องประคิษฐ์ทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ทำงาน

อุณหภูมิของน้ำเมื่อทดสอบในการทำงานเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ (กลางวัน)					
วันที่ทดสอบ	วัสดุดูดกลืนความร้อน	ครั้งที่ 1 (°C)	ครั้งที่ 2 (°C)	ครั้งที่ 3 (°C)	เฉลี่ย (°C)
29/1/2554	ไม่มีวัสดุดูดกลืนความร้อน	31	32	35	33
31/1/2554	แกลบเผา	37	38	44	40
2/2/2554	ถ่านไม้ละเอียด	35	35	40	37
4/2/2554	ทราย	30	34	40	35

จากการทดสอบอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำที่ได้จากเครื่องประคิษฐ์เมื่อมีการทำงานของเครื่องประคิษฐ์เป็นช่วงๆ ผลที่ได้คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำเมื่อมีแกลบเผาเป็นวัสดุดูดกลืนความร้อนในแผงรับแสงแดดของเครื่องประคิษฐ์ได้สูงกว่า ที่นำเอาทราย ถ่านไม้ละเอียด หรือไม้ไผ่ดูดกลืนความร้อนอะไรลงไปในแผงรับแสงแดดของตัวเครื่อง อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำอยู่ที่ 40 องศาเซลเซียส ในกรณีเมื่อเครื่องประคิษฐ์ทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ทำงานตอนกลางวัน

3 ทำการทดลองตรวจสอบอุณหภูมิของน้ำที่ได้จากเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ โดยปีระบบการทำงานของเครื่องประคิษฐ์ (กลางคืน)

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลอุณหภูมิของน้ำเมื่อเครื่องประคิษฐ์ทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ไม่ทำงาน (กลางคืน)

อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำทดสอบในการทำงานเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ (กลางคืน)					
วันที่ทดสอบ	วัสดุดูดกลืนความร้อน	ครั้งที่ 1 (°C)	ครั้งที่ 2 (°C)	ครั้งที่ 3 (°C)	เฉลี่ย (°C)
29/1/2554	ไม่มีวัสดุดูดกลืนความร้อน	34	33	33	33
31/2/2554	แกลบเผา	43	40	40	41
2/2/2554	ถ่านไม้ละเอียด	39	36	36	37
4/2/2554	ทราย	38	37	37	37

จากการทดสอบอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำที่ได้จากเครื่องประคิษฐ์เมื่อไม่มีการทำงาน วัดอุณหภูมิของน้ำที่กักเก็บไว้ในถังหุ้มฉนวนเป็นช่วงๆ ตามตารางที่ 3 ผลที่ได้คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำเมื่อมีแลกเปลี่ยนเป็นวัสดุดูดกลืนความร้อนในแผงรับแสงแดดของเครื่องประคิษฐ์ได้สูงกว่าทราย ถ่านไม้ละเอียด หรือไม้ส่วดูดกลืนความร้อนอะไรลงไปในแผงรับแสงแดดของตัวเครื่อง อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำอยู่ที่ 41 องศาเซลเซียส คิดในกรณีเมื่อเครื่องประคิษฐ์ทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ไม่ทำงานตอนกลางวัน แล้วนำค่าที่ได้ไปคิดหาระยะกั้มนุนเมื่อเทียบกับเครื่องทำน้ำอุ่นไฟฟ้า

4 คำนวนหาจุดกั้มนุนในระยะยาวของเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ที่ประคิษฐ์ขึ้นมาเมื่อเทียบกับเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานไฟฟ้า

ก. ถังเก็บน้ำของเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ ขนาดความจุ 80 ลิตร แผงรับแสงแดด ขนาด (90×145×8) ซม. สามารถผลิตน้ำได้ 80 ลิตร/วัน (M) อุณหภูมิของน้ำตอนกลางคืนเฉลี่ย 41 °C เมื่อเทียบกับอุณหภูมิปกติ 27 °C (T) (ค่าความร้อนจำเพาะ 1 kcal) (P) จากการวิเคราะห์ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ภายใน 1 ปี พลังงานแสงอาทิตย์ผลิตได้ประมาณ 90 %

การคำนวณหาปริมาณความร้อนที่ผลิตได้

$$Q = M \times P \times T$$

$$= 80 \times 1 \times (41-27)$$

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณความร้อนที่ผลิตได้} &= 1,120 \text{ kcal/วัน} \\ &= 1,120 \times 0.00162 \quad (1 \text{ kcal} = 0.00162 \text{ kW}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นพลังงานความร้อนที่ได้รับ} &= 1.814 \times (90/100) \times 365 \\ &= 596.03 \text{ kwh/ปี} \end{aligned}$$

$$\text{ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดต่อปี (F)} = 1,299.35 \text{ บาทต่อปี} \quad (\text{ค่าพลังงานคิดเป็น 2.1800 บาท})$$

คำนวณหาระยะเวลากั้มนุนเมื่อใช้พลังงานแสงอาทิตย์ผลิตน้ำร้อน จากสูตร

$$Y = C/F$$

$$= 7,755/1,299.35$$

$$\text{เพราะฉะนั้นระยะเวลากั้มนุน} = 5.97 \text{ ปี}$$

ข. เครื่องทำน้ำอุ่นไฟฟ้า 3,500 วัตต์ 220 โวลท์ 1 เครื่อง ราคา 3,380 บาท ผลิตน้ำอุ่นที่อุณหภูมิคงที่ 41 °C 1 ลิตร ใช้เวลา 19 วินาที (80 ลิตร จะเท่ากับ 1,520 วินาที) วัดกระแสไฟฟ้าได้ 15 แอมป์ หรือ 3,300 วัตต์ ค่า F_t เดือนมกราคม-เมษายน 2554 เท่ากับ 86.88 สตางค์ต่อหน่วย

วิธีคิด 1,520 นาที ใช้ไฟฟ้าไป $(1,520/3,600) \times 3,300 = /1,000 = 1.393$ หน่วย

1 เดือน = $1.393 \times 30 = 41.79$ หน่วย

1. คิดค่าไฟฟ้าฐาน

5 หน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง) แรก = 4.96 บาท

10 หน่วยต่อไป = $10 \times 0.7124 = 7.12$ บาท

10 หน่วยต่อไป $10 \times 0.8993 = 8.99$ บาท

10 หน่วยต่อไป $10 \times 1.1516 = 11.52$ บาท

65 หน่วยต่อไป = $65 \times 1.54 = 99.76$ บาท

รวมค่าไฟฟ้าฐาน = 132.36 บาท ต่อเดือน

2. ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft)

ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft) = $41.79 \times (86.88/100) = 36.31$ บาท

รวมค่าไฟฟ้าฐานและค่าไฟฟ้าผันแปร = 168.66 บาทต่อเดือน

3. ภาษีมูลค่าเพิ่ม ร้อยละ 7

ภาษีมูลค่าเพิ่ม = $168.662 \times (7/100) = 11.81$ บาท

ค่าบริการเดือนละ 8.19 บาท = 8.19 บาท

รวมค่าไฟฟ้าทั้งสิ้น = 188.66 บาทต่อเดือน

คิดทั้งปี ค่าไฟฟ้าเท่ากับ $188.658 \times 12 = 2,263.90$ บาทต่อปี

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานไฟฟ้ากับเครื่องทำน้ำอุ่นที่ประดิษฐ์

ปีที่	ค่าใช้จ่ายเครื่องประดิษฐ์ (บาท)	รวมค่าใช้จ่ายเครื่องทำน้ำอุ่นไฟฟ้า ตลอดทั้งปี (บาท)
1	7,755	5,643.90
2	7,755	7,907.80

เครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กันภายในวิทยาลัยการชลประทานจะผลิตน้ำที่อุณหภูมิ 41 °C จำนวน 80 ลิตร เป็นเวลา 1,520 วินาที และวัดกระแสไฟฟ้าได้ 15 แอมป์ ค่าใช้จ่ายไฟฟ้ารวม

กับค่าเครื่องที่ซื้อมา รวมในปีที่ 2 เท่ากับ 7,907.80 บาท ซึ่งต่างกัน 152.80 บาท เมื่อคิดในระยะคุ้มทุน 2 ปี ดังนั้นค่าใช้จ่ายของเครื่องประดิษฐ์ ได้กำไรในปีที่สอง 152.80 บาท

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาและทำการทดลองเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทำการประดิษฐ์ขึ้นมาสามารถสรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะได้ดังนี้

1 เครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์สามารถผลิตขึ้นได้จากวัสดุที่หาได้ภายในท้องถิ่น โดยอาศัยหลักการระบบท่อความร้อน Thermosiphon

2 เครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์อาศัยวัสดุดูดกลืนความร้อน โดยเปรียบเทียบวัสดุ 3 ชนิด คือ แกלבเผา ทราช และถ่านไม้ละเอียด ผลปรากฏว่าแกלבเผาเป็นตัวดูดกลืนความร้อนได้สูงสุดที่อุณหภูมิ 44 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิปกติ 31 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุตัวอื่นในความจุของถังเก็บน้ำอุ่นหุ้มฉนวนที่ 80 ลิตร เท่ากัน

3 เครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์จะสามารถช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายได้ โดยการหาระยะคุ้มทุนของเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์มาเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานไฟฟ้า เมื่อวัดที่อุณหภูมิเดียวกัน ปริมาณที่เท่ากัน ซึ่งค่าลงทุนครั้งแรกของเครื่องประดิษฐ์ 7,755 บาท ระยะคุ้มทุนของเครื่องที่ประดิษฐ์ขึ้นมาเท่ากับ 2 ปี เมื่อเทียบกับเครื่องทำน้ำอุ่นไฟฟ้า 3,500 บาท ที่ใช้ทั่วไปภายในวิทยาลัยการชลประทาน

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป

1. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับแสงแดด วัสดุที่นำมาห่อหุ้มถังเก็บน้ำร้อนควรเป็นฉนวนกันความร้อนชั้นดีรวมไปถึงวัสดุที่นำมาเป็นตัวถังเก็บน้ำร้อนควรปรับปรุงเป็นวัสดุชั้นดี เพื่อจะทำให้เครื่องทำน้ำอุ่นสามารถผลิตน้ำอุ่นได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. แผงรับความร้อน สามารถปรับปรุงเพิ่มวัสดุที่ใช้ทำส่วนประกอบของเครื่องให้มีประสิทธิภาพในการดูดกลืนความร้อนสูง และไม่ให้เกิดความสูญเสียความร้อนสู่ภายนอก

3. เครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถเสริมอุปกรณ์ฮีตเตอร์ไฟฟ้า เพื่อใช้ในกรณีกังวลว่าจะไม่มีแสงอาทิตย์ติดต่อกันหลายวัน ทำให้สามารถมีน้ำร้อนใช้ทุกวัน

4. ท่อน้ำอุ่นภายในแผงที่ทำจากท่อทองแดง สามารถเปลี่ยนเป็นหลอดแก้วสุญญากาศแทน จะทำให้เครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตน้ำอุ่นที่มีอุณหภูมิสูงกว่าปกติมาก

5. บริเวณข้อต่อต่างๆ ควรมีการใช้ข้อต่อมีดีและติดตั้งอย่างระมัดระวังเพื่อไม่ให้เกิดรอยรั่ว บริเวณข้อต่อเพราะจะทำให้อุณหภูมิของน้ำอุ่นลดลง

6. ประโยชน์ที่ได้จากการผลิตเป็นน้ำอุ่นออกมา สามารถปรับแรงทำเป็นน้ำร้อนใช้ ประโยชน์ได้หลายด้าน

กิตติกรรมประกาศ

การประดิษฐ์เครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการศึกษาเปรียบเทียบหาวัสดุ ดูดกลืนความร้อนที่หาได้ง่ายตามท้องถิ่นมาเป็นส่วนประกอบหลักในการเก็บความร้อนของเครื่อง ทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ ในการจัดทำโครงการสามารถเสร็จลุล่วงไปด้วยดีเพราะได้รับการ สนับสนุนจากทุกฝ่าย ทางผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ณัฐพล วุฒิจันทร์ ที่ปรึกษาโครงการ ที่สนับสนุนความคิดของผู้จัดทำและติดตามการทำงานมาโดยตลอดอาจารย์ปกรณ์ สุตสุนทร อาจารย์สุ สืบสภาร และอาจารย์ ดร.ธนศ อักษร ร่วมเป็นคณะกรรมการ อาจารย์นพดล ปิยะธรรมธาดา ผู้ให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางในการวิจัยในครั้งนี้ และขอบคุณวิทยาลัยการ ชลประทานที่ให้โอกาส จัดทำโครงการวิศวกรรมในครั้งนี้ เพื่อนๆ ที่เป็นกำลังใจและคอยช่วยเหลือ จนลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรีนพีซ .2553.12 วิธีประหยัด. แหล่งที่มา: <http://www.greenpeace.org/seasia/th/features/energysavings/>, 20 ตุลาคม 2553.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2553. พลังงานแสงอาทิตย์จากการตรวจวัด. แหล่งที่มา: <http://www.dede.go.th/dede/index.php?id=35>, 18 กันยายน 2553.

กองพัฒนาพลังงานทดแทน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2553. พลังงานทดแทน. แหล่งที่มา: www.egat.co.th, 14 กันยายน 2553.

จงจิตร หิรัญธาก. 2541. พลังงานสะสม.

แหล่งที่มา: http://ess.geology.ufl.edu/ess/Notes/020-Intro_ESS/Fig2.html, 18 ตุลาคม 2553.

จินต์สุภา เรือนสิทธิ์. 2553. การพาความร้อน.

แหล่งที่มา: http://203.172.208.244/web/stu19/site2_2/index.htm, 20 กันยายน 2553.

ชัยญวดี เทพพิทักษ์. 2553. ผลงานแสงอาทิตย์ อิทธิพลของดวงอาทิตย์ต่อโลกของเรา.

แหล่งที่มา: <http://dnfe5.nfe.go.th/ilp/sunshine/index.htm>, 18 กันยายน 2553.

ชนพล นิมิตยสุข. 2548. กาลักน้ำ.

แหล่งที่มา: http://www.mne.eng.psu.ac.th/knowledge/student/solarcell/apply1_2.htm#A,
14 กันยายน 2553.

ชนารัฐ สิงหา. 2544. การทำน้ำร้อนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์.

แหล่งที่มา: <http://teenet.chiangmai.ac.th/emac/journal/2001/01/04.php>, 18 สิงหาคม 2553.

บริษัท โซลูเมท จำกัด. 2550. ไม้สำหรับทำพื้นแผ่นรับพลังงานแสงอาทิตย์.

แหล่งที่มา: <http://www.solumate.com/>, 15 สิงหาคม 2553.

บริษัท ท็อป อินซูลेशन แอนด์ เทคคิง จำกัด. 2553. ฉนวนใยแก้ว.

แหล่งที่มา: <http://www.topinsulation.com/>, 15 สิงหาคม 2553

บริษัท พิมาทек จำกัด. 2553. ท่อน้ำร้อนพิมาเฟล็กมัลติไปป์.

แหล่งที่มา: <http://pimatec.weloveshopping.com/template/e1/shop.php?shopid=182009>,
18 ตุลาคม 2553.

บริษัท วนวัฒน์ แสตนด์เลสสตีล จำกัด. 2550. แผ่นสังกะสี.

แหล่งที่มา: http://www.easyhorpak.com/build/data_profile.php?pdata_id=2440,
15 สิงหาคม 2553.

บริษัท อลูแซท จำกัด. 2546. แผ่นกระจกใส.

แหล่งที่มา: http://www.aluzat.com/mad_of_glass_thai.html, 15 สิงหาคม 2553.

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2549. รูปบีเกอร์.

แหล่งที่มา: <http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%84%E0%B8%9F%E0%B8%A5%E0%B9%8C:Beakers.jpg>, 18 ตุลาคม 2553.

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2553. การนำความร้อน. แหล่งที่มา: <http://th.wikipedia.org/wiki/>, 14 กันยายน 2553.

วัฒนพงษ์ รัชวิเชียร และคณะ. 2549. เอกสารประกอบรายวิชาการระบบสะสมพลังงาน. วิทยาลัยพลังงานทดแทน, มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. 2542 . การใช้น้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์. แหล่งที่มา: <http://www.eppo.go.th/vrs/VRS44-07-Solar.html>, 10 สิงหาคม 2553.

อนุตร จำลองกุล. 2552. พลังงานแสงอาทิตย์.

แหล่งที่มา: http://thailandindustry.com/home/FeatureStory_preview.php?id=8946§ion=9&rcount=Y, 17 กันยายน 2553.