

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อออกแบบและสร้างเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบโดยใช้เอทานอลเป็นสารแลกเปลี่ยนความร้อน โดยที่เครื่องผลิตน้ำร้อนที่ใช้ในการวิจัยมีหลักการของระบบ คือ แผงรับรังสีอาทิตย์จะดูดกลืนรังสีอาทิตย์แล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน จากนั้นจะส่งถ่ายความร้อนไปยังสารละลายเอทานอลที่ไหลอยู่ภายในแผงรังสีอาทิตย์จนสารเอทานอลเดือดเป็นไอ ไหลเวียนภายในระบบไปถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำภายในถังเก็บ และจะเกิดการควบแน่นกลายเป็นของเหลว ไหลกลับเข้าถังพักสารเอทานอลจากนั้นก็ไหลไปยังแผงรับรังสีอาทิตย์ เกิดการไหลเวียนภายในระบบผลิตน้ำร้อน ได้ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 กระบวนการผลิตน้ำร้อนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

กระบวนการผลิตน้ำร้อน [2] โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ มีแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Collector) โดยนิยามเปรียบเสมือนวัตถุดำ คือวัตถุที่มีคุณสมบัติที่ดูด และส่งพลังงานโดยการแผ่รังสีได้ดี โดยไม่คำนึงถึงความยาวคลื่น และทิศทางของรังสีที่มาตกกระทบแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์จะดูดกลืนพลังงานของคลื่นที่มากระทบไว้หมด ซึ่งตามความเป็นจริงแล้วจะไม่สามารถหาวัตถุนิยามนี้ได้ วัตถุใดก็ตามที่ดูดกลืนพลังงานของคลื่นที่มากระทบไว้หมด ซึ่งตามความเป็นจริงแล้วจะไม่สามารถหาวัตถุนิยามนี้ได้ วัตถุใดก็ตามที่ดูดกลืนพลังงานของคลื่นที่มากระทบไว้หมด ซึ่งตามความเป็นจริงแล้วจะไม่สามารถหาวัตถุนิยามนี้ได้ อย่างไรก็ตามถ้าพิจารณาแล้วซึ่งพอจะสมมติว่าเป็นวัตถุดำได้ คุณสมบัติของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ที่ดีในการส่งพลังงาน ความร้อนจากนิยาม วัตถุดำจะเป็นวัตถุที่ส่งพลังงาน โดยการแผ่รังสีได้มากที่สุด วัตถุใดที่ดูดกลืนพลังงานความร้อนได้ดี ก็จะมีคุณสมบัติในการส่งพลังงานความร้อนได้ดีด้วยเช่นกัน เมื่อพลังงานแสงอาทิตย์ตกกระทบ แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ ก็จะดูดกลืนพลังงานนี้ไว้แล้วถ่ายเทความร้อนที่ได้รับให้กับสารตัวกลางซึ่ง ณ ที่นี้ใช้เอทานอลเป็นสารตัวกลาง ในการพาความร้อนจากแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ ส่งผ่านไปยังอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger)

2.1.1 การถ่ายเทความร้อนโดยการพา (Convection Heat Transfer)

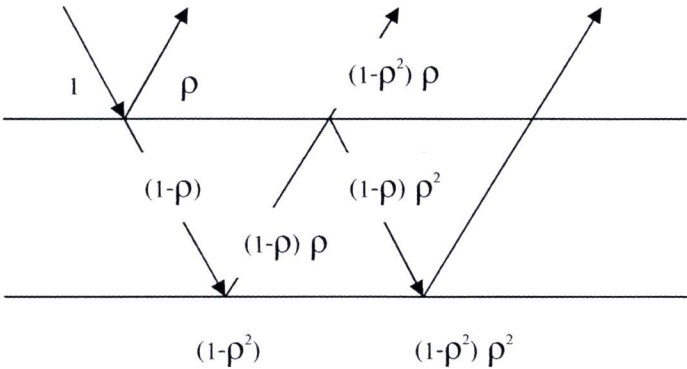
เมื่อของไหลสัมผัสกับผิวของวัตถุที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน ก็จะมีการแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนระหว่างของไหลกับวัตถุ ขบวนการและเปลี่ยนความร้อนนี้เรียกว่า การถ่ายเทความร้อนโดยการพา หรือการพาความร้อน ขบวนการพาความร้อนดังกล่าวนี้สามารถใช้คำนวณหาอัตราการพาความร้อนจากส่วนต่างๆ ของระบบ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของระบบที่ใช้ให้ความร้อนและระบบระบายความร้อน การถ่ายเทความร้อนโดยการพาสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะคือ

การพาความร้อนแบบอิสระ คือแรงที่ทำให้ของไหลเกิดการเคลื่อนไหลของการพาความร้อนแบบอิสระนั้น เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิในของไหลที่เกิดเนื่องมาจากของไหลสัมผัสกับผิวของวัตถุที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน จนทำให้เกิดการลอยตัวขึ้น ตัวอย่างของการพาความร้อนแบบอิสระนี้ เช่น การพาความร้อนภายในกาต้มน้ำ ช่วงแรกจะเพิ่มขึ้นตามระยะห่างจากผิวของวัตถุ ทั้งนี้เพราะความหนืดที่ลดน้อยลงอย่างรวดเร็ว ในขณะที่เดียวกันความแตกต่างของความหนาแน่นก็ลดน้อยลงโดยปกติแล้วแรงลอยตัวจะลดน้อยลงในขณะที่ความหนาแน่นของของไหลค่อยๆ เพิ่มขึ้นเข้าสู่ความหนาแน่นของของไหลที่อยู่รอบๆ เป็นผลให้ของไหลมีความเร็วสูงสุดและลดลงจนเป็นศูนย์เมื่อห่างออกไปจากผิวที่ร้อน

การพาความร้อนแบบบังคับ จะเกิดขึ้นเมื่อมีแรงภายนอกมาบังคับให้ของไหลเคลื่อนที่ผ่านวัตถุที่ร้อนหรือเย็นกว่า เนื่องจากการไหลของของไหลในการพาความร้อนแบบบังคับมีความเร็วที่สูงกว่าแบบอิสระ ดังนั้นถ้าหากมีความแตกต่างของอุณหภูมิขนาดเท่าๆ กันแล้ว การพาความร้อนแบบบังคับจะมีอัตราการพาความร้อนที่สูงกว่าแบบอิสระ ความแตกต่างของการพาความร้อนแบบบังคับและแบบอิสระก็คือ ความเร็วของของไหลในการพาความร้อนแบบบังคับนั้นเกิดจากแรงภายนอกมากระทำ

สัมประสิทธิ์การพาความร้อนจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่น ความหนืด และความเร็วของของไหล รวมทั้งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางความร้อนต่างๆ เช่น ค่าการนำความร้อน k และค่าความร้อนจำเพาะ C_p ในการพาความร้อนแบบบังคับนั้น ความเร็วของของไหลในระบบนั้น จะถูกกระทำด้วยปั๊มหรือพัดลม แต่สำหรับความเร็วของของไหลที่ใช้พาความร้อนแบบอิสระนั้น จะขึ้นอยู่กับความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิววัตถุกับของไหล สัมประสิทธิ์การขยายตัวของของไหล แรงดึงดูดของโลก เป็นต้น กระบวนการทำน้ำร้อน โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Collector) โดยนิยามเปรียบเสมือนวัตถุดำ คือวัตถุที่มีคุณสมบัติที่ดูดและส่งพลังงานโดยการแผ่รังสีได้ดี โดยไม่คำนึงถึงความยาวคลื่น และทิศทางของรังสีที่มากกระทบแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์จะดูดกลืนพลังงานของคลื่นที่มากกระทบไว้หมด ซึ่งตามความเป็นจริงแล้วจะไม่สามารถหาวัตถุนิดนี้ได้ อย่างไรก็ตามวัตถุบางอย่างก็มีคุณสมบัติดังนิยามที่กล่าวมาแล้วซึ่งพอจะสมมุติว่าเป็นวัตถุดำได้ คุณสมบัติของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ที่ดีในการส่งพลังงาน ความร้อนจากนิยาม วัตถุดำจะเป็นวัตถุที่ส่งพลังงานโดยการแผ่รังสีได้มากที่สุด วัตถุใดที่ดูดกลืนพลังงานความร้อนได้ดี ก็จะมีคุณสมบัติในการส่งพลังงานความร้อนได้ดีด้วยเช่นกัน เมื่อพลังงานแสงอาทิตย์ตกกระทบ แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ ก็จะดูดกลืนพลังงานนี้ไว้แล้วถ่ายเทความร้อนที่ได้รับให้กับสารตัวกลาง ซึ่ง ณ ที่นั้นใช้น้ำเป็นสารตัวกลาง ในการพาความร้อนจากแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ ส่งผ่านไปยังอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) กระบวนการนี้จะเป็นการพาความร้อนโดยปั๊มฟอง (Bubble Pump) อาศัยสารทำงานเป็นเอทานอล ระบบนี้จะใช้หลักการพาความร้อนตามธรรมชาติระหว่างแผงรับ

พลังงานแสงอาทิตย์กับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน อัตราการหมุนเวียนของน้ำในกระบวนการทำ น้ำร้อน โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์นี้จะต้องขึ้นอยู่กับ การดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ที่แผงรับ พลังงานแสงอาทิตย์ได้รับและอัตราถ่ายเทพลังงาน ความร้อนให้กับสารตัวกลางในระบบ แผงรับ พลังงานแสงอาทิตย์ จะมีแผ่นกันอยู่ด้านบน ระหว่างดวงอาทิตย์กับแผ่นดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ ส่วนด้านอื่น ๆ จะบุด้วยฉนวนกันความร้อน ดังนั้น รังสีของดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบ ยังแผ่นดูดกลืน พลังงานแสงอาทิตย์ได้ จะต้องผ่านแผ่นกันซึ่งเป็นวัสดุโปร่งแสงหรือกระจกเสียก่อน



รูปที่ 2.1 การตกกระทบของรังสี [3]

จากรูปที่ 2.1 จะเห็นได้ว่าถ้าให้รังสีตกกระทบมีค่า 1 หน่วย เมื่อตกกระทบกับแผ่นกันรังสีจะแยก ออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนหนึ่งจะสะท้อนกลับ p ไปยังบรรยากาศ เป็นรังสีส่วนที่ไม่มีประโยชน์อีก ส่วนหนึ่งจะทะลุผ่าน $(1-p)$ แผ่นกันมาแล้วตกกระทบบนแผ่นดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่แผ่นดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์นี้ ก็เป็นเช่นเดียวกับที่เกิดขึ้น ที่แผ่นกันคือ ส่วนที่มีประโยชน์ คือ $(1-p^2)$ ส่วนที่สะท้อนกลับคือ $(1-p)p$ ปฏิกิริยาของรังสีที่สะท้อน กลับไปจากแผ่นดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์จะไปกระทบกับแผ่นกัน และสะท้อนกลับมาอีกเป็น เช่นนี้ไปเรื่อย ๆ ผลรวมของรังสีที่ผ่านแผ่นดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์มาคือ พลังงานความร้อนที่ นำไปใช้ประโยชน์นั่นเอง ซึ่งเป็นอยู่ในรูปของสมการได้ คือ

$$\tau_{r,1} = (1-p)^2 \sum_{n=0}^{\infty} p^{2n} \tag{2.1}$$

$$\begin{aligned} &= (1-p)^2 / (1-p^2) \\ &= (1/p) / (1+p) \end{aligned} \tag{2.2}$$

จากสมการ จะสามารถใช้ได้สำหรับในแต่ละชนิดของรังสี (Polarized) กรณีที่เป็น Nonpolarized ให้ใช้ค่าเฉลี่ยแทน

2.1.2 คุณสมบัติการแผ่รังสี (Radiation Properties)

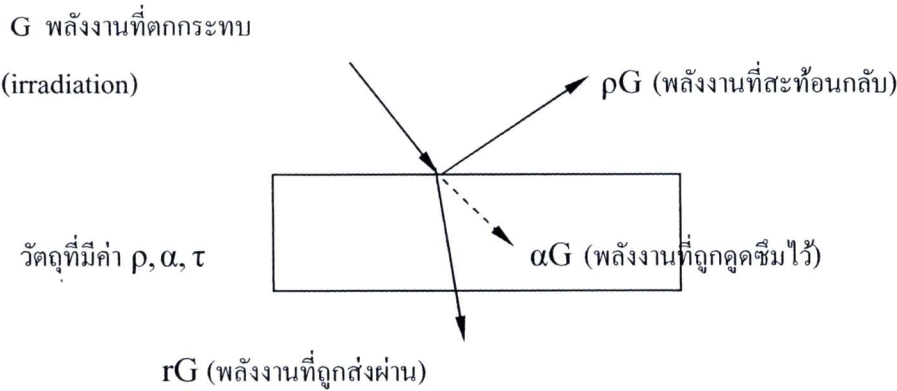
คุณสมบัติการแผ่รังสี [2] เป็นคุณสมบัติที่แสดงให้เห็นว่าพลังงานจากการแผ่รังสีจะมีปฏิกิริยาต่อผิวของวัตถุอย่างไร โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะบอกให้ทราบว่าผิวของวัตถุสามารถที่จะแพร่สะท้อนและส่งพลังงานจากการแผ่รังสีผ่านวัตถุนั้นได้มากเท่าไร

โดยทั่วไปแล้วคุณสมบัติการแผ่รังสีจะเป็นฟังก์ชันของความยาวคลื่น เช่นผิวนั้นจะเป็นตัวสะท้อนรังสีที่ดีเมื่อรังสีนั้นอยู่ในช่วงของความยาวคลื่นที่มองเห็นได้ แต่ถ้ารังสีนั้นอยู่ในช่วงของรังสีอินฟราเรดแล้วผิวนั้นก็กลับกลายเป็นตัวสะท้อนรังสีที่เลว คุณสมบัติที่บอกให้ทราบว่าผิวมีพฤติกรรมเชิงฟังก์ชันต่อความยาวคลื่นอย่างไรมันเรียกว่า “คุณสมบัติโมโนโครเมติก” (Monochromatic Properties) หรือ “คุณสมบัติสเปกตรัม” (Spectral Properties) นอกจากนี้คุณสมบัติการแผ่รังสียังเป็นฟังก์ชันของทิศทางที่พลังงานจากการแผ่รังสีไปตกกระทบบนผิววัตถุนั้นอีกด้วย คุณสมบัติที่บอกให้รู้ว่าการกระจายของพลังงานแปรตามมุมอย่างไรมันเรียกว่า “คุณสมบัติเชิงทิศทาง” Directional Properties ถ้าหากต้องการทราบอุณหภูมิของผิววัตถุด้วยการสมดุลพลังงานของผิวแล้ว ก็จะต้องทราบคุณสมบัติของการแผ่รังสีของผิววัตถุนั้นและของผิวอื่นๆ ที่มีการแลกเปลี่ยนพลังงานกัน แต่ถึงแม้ว่าจะรู้คุณสมบัติสเปกตรัมและคุณสมบัติเชิงทิศทางของผิวทุกผิวแล้วก็ตาม ก็ยังคงต้องมีการวิเคราะห์ร่วมอยู่ด้วยอย่างขาดไม่ได้ ปัญหาที่ซับซ้อน และเป็นปัญหาที่ขาดรายละเอียดทางด้านคุณสมบัติการแผ่รังสีอย่างสิ้นเชิงนั้นควรจะหาวิธีแก้ปัญหาง่ายๆ ซึ่งก็ทำได้ด้วยการใช้ค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติการแผ่รังสีจากทุกความยาวคลื่นและทิศทางคุณสมบัติที่เฉลี่ยมาจากทุกความยาวคลื่น และทุกทิศทางนี้มีชื่อเรียกว่า “คุณสมบัติรวม” (total properties) คุณสมบัติรวมที่ใช้ในการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนจากการแผ่รังสีนั้นจะให้คำตอบที่ถูกต้องเพียงพอสำหรับการใช้งานทางด้านวิศวกรรมและจะสามารถลดความซับซ้อนของปัญหาลง จนกลายเป็นปัญหาง่ายๆ ได้

2.1.3 คุณสมบัติการแผ่รังสีรวม (Total Radiation Properties)

ให้พิจารณารังสีของพลังงานความร้อนรวมจากการแผ่รังสีที่มาตกกระทบบนผิววัตถุ พลังงานความร้อนรวมที่มาตกกระทบนี้นั้น หมายถึงพลังงานความร้อนรวมจากการแผ่รังสีที่ส่งมาในทุกทิศทางจะมาจากแหล่งที่เป็นตัวกำเนิดความร้อนเอง หรือไม่เป็นแหล่งกำเนิดความร้อนเอง (Irradiation) ก็ได้ซึ่งในที่นี้จะใช้ G เป็นสัญลักษณ์ เมื่อพลังงานรวมจากการแผ่รังสีนี้มาตกกระทบบนผิวของวัตถุก็จะมีพลังงานบางส่วนถูกวัตถุนั้นดูดซึมเอาไว้ บางส่วนจะสะท้อนออกไปส่วนที่เหลือจะถูกส่งผ่านออกไปจากวัตถุก่อนหน้านี้ คุณสมบัติการแผ่รังสีทั้งสามที่บอกให้ทราบว่าพลังงานที่ตกกระทบบนนั้นถูกแจกจ่าย

ไปในทางใดบ้างนั้นก็คือค่าการดูดซึมรังสี (Absorptivity) ค่าการสะท้อนรังสี (Reflectivity) และค่าการส่งผ่านรังสี (Transmissivity)



รูปที่ 2.2 นิยามของคุณสมบัติการแผ่รังสีรวม [2]

จากรูปที่ 2.2 ค่าการดูดซึมรังสี α ของผิวเป็นอัตราส่วนของพลังงานที่ถูกวัตถุดูดซึมเอาไว้กับพลังงานที่ตกกระทบ ค่าการสะท้อนรังสี ρ ของผิวเป็นอัตราส่วนของพลังงานที่ถูกสะท้อนกลับกับพลังงานที่ตกกระทบ และค่าการส่งผ่านรังสี τ ก็เป็นอัตราส่วนของพลังงานที่ถูกส่งผ่านออกไปกับพลังงานที่ตกกระทบ จะเห็นได้ว่าถ้าหากทำการสมดุลพลังงานบนวัตถุที่อยู่ในรูปแล้ว พลังงานที่ตกกระทบ G นี้ ก็จะต้องเท่ากับผลบวกของพลังงานที่ถูกดูดซึมเอาไว้กับพลังงานที่ถูกสะท้อนกลับ และพลังงานที่ถูกส่งผ่านออกไป ดังนั้นเมื่อเขียนเป็นสมการคณิตศาสตร์แล้วก็จะได้ว่า

$$\alpha G + \rho G + \tau G = G \tag{2.3}$$

หรือเขียนสั้น ๆ ว่า

$$\alpha + \rho + \tau = 1 \tag{2.4}$$

ในกรณีของวัตถุที่มีลักษณะทึบแสงนั้น พลังงานที่ตกกระทบจะไม่สามารถลอดผ่านหรือส่งผ่านไปได้เลย ดังนั้นผิวของวัตถุทึบแสงก็จะมีค่าการส่งผ่านรังสี

$$\tau = 0$$

ฉะนั้นในกรณีของวัตถุทึบแสง สมการ (2.4) ก็จะเหลือเพียง

$$\alpha + \rho = 1 \tag{2.5}$$

ส่วนผิวของวัตถุที่เป็นตัวสะท้อนแสงหรือสะท้อนรังสีที่สมบูรณ์ (Perfect Reflector) นั้นจะมีค่าการสะท้อนรังสี

$$\rho = 1.0$$

และจากการสมดุลพลังงานบนผิววัตถุที่สามารถสะท้อนรังสีได้สมบูรณ์นั้น ก็จะได้ค่า

$$\tau = \alpha = 0 \tag{2.6}$$

วัตถุดำเป็นวัตถุที่สามารถดูดซึมพลังงานที่มากกระทบได้มากที่สุด หรือมีค่า :

$$\alpha = 1.0$$

ดังนั้นในกรณีของวัตถุดำก็จะมีค่า

$$\tau = \rho = 0 \tag{2.7}$$

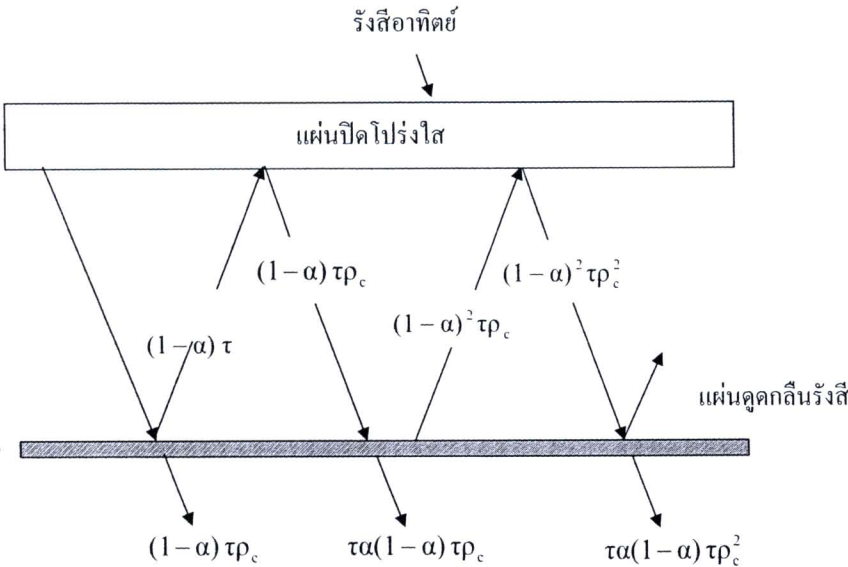
คุณสมบัติการแผ่รังสีที่สำคัญอีกคุณสมบัติหนึ่งก็คือ ค่าการแผ่รังสี (Emissivity) ของวัตถุดำการแผ่รังสีของวัตถุใด ๆ ก็คืออัตราส่วนของพลังงานจากการแผ่รังสีที่แผ่ออกจากวัตถุนั้นกับพลังงานจากการแผ่รังสีที่แผ่ออกจากวัตถุดำเมื่อวัตถุทั้งสองมีอุณหภูมิเท่าๆ กัน ดังนั้นค่าการแผ่รังสีตามความหมายทางคณิตศาสตร์ก็จะเป็น

$$\varepsilon = \frac{E}{E_b} = \frac{E}{\sigma T^4} \tag{2.8}$$

ในบรรดาวัตถุที่มีอุณหภูมิเท่า ๆ กันนั้นวัตถุดำจะสามารถแผ่รังสีได้มากที่สุด ดังนั้นค่าการแผ่รังสีของวัตถุต่าง ๆ จึงมีค่าอยู่ในช่วง 0 กับ 1 เสมอ และเมื่อผิววัตถุเป็นผิวของวัตถุดำแล้ววัตถุนั้นก็จะมีค่า $E = E_b$ และมีค่า $\varepsilon = \alpha = 1.0$

2.1.4 การส่งผ่านและดูดกลืนรังสีอาทิตย์

เมื่อรังสีอาทิตย์ตกกระทบบนแผ่นปิดโปร่งแสง ค่ารังสีอาทิตย์บางส่วนจะทะลุผ่านแผ่นปิดโปร่งแสงซึ่งมีค่าดูดรังสี (α) และเมื่อรังสีอาทิตย์กระทบกับผิววัตถุด้านล่างรังสีอาทิตย์บางส่วนจะถูกดูดกลืน $\tau(\alpha)$ และบางส่วนจะสะท้อนกลับไปที่แผ่นปิดโปร่งแสง $(1 - \alpha) \tau$ ซึ่งจะเป็นการสะท้อนกลับปกลับมา



รูปที่ 2.3 Absorption of solar radiation by Absorber plate under a cover system [4]

ดังนั้นเมื่อนำผลคูณระหว่างค่าการส่งผ่านรังสีกับค่าการดูดกลืนรังสีจะได้สมการ

$$\tau\alpha = \frac{\tau\alpha}{1 - (1-\alpha)\rho_c} \approx 1.01\tau\alpha \tag{2.9}$$

เมื่อ

- τ คือ ค่าสภาพส่งผ่าน (transmissivity) ของกระจก มีค่าประมาณ 0.85
- α คือ ค่าสภาพดูดกลืน (adsorptivity) ของผิวสีดำด้าน มีค่าประมาณ 0.96
- ρ_c คือ ค่าสะท้อนรังสีอาทิตย์

เนื่องจากการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ในแผ่นปิดโปร่งแสง จะทำให้อุณหภูมิของแผ่นปิดโปร่งแสงสูงขึ้น ทำให้การสูญเสียความร้อนจากแผ่นดูดรังสีอาทิตย์ลดลง ดังนั้นผลคูณของค่าส่งผ่านลบค่าดูดกลืนรังสีอาทิตย์มีค่าสูงขึ้น ซึ่งเรียกค่านี้ว่า ผลคูณประสิทธิภาพของค่าส่งผ่านลบค่าดูดกลืนรังสี (Effective Transmittance – absorption Product, $(\tau\alpha)_e$ ค่า $(\tau\alpha)_e$ นี้จะสูงกว่า $(\tau\alpha)$ ประมาณ 1-2% สำหรับตัวรับรังสีอาทิตย์ทั่วไปที่มีแผ่นปิดโปร่งแสง 1 ชั้น และ 2% สำหรับตัวรับรังสีอาทิตย์ทั่วไปที่มีแผ่นปิดโปร่งแสง 2 ชั้น

ค่าประสิทธิผลของการส่งผ่านและดูดกลืนในกรณีแผ่นปิดโปร่งแสงเป็นกระจก สำหรับตัวรับรังสีอาทิตย์ที่ใช้กระจกธรรมดาจะมีค่าประมาณ

$$(\tau\alpha)_c \approx 1.02(\tau\alpha)$$

และสำหรับตัวรับรังสีอาทิตย์ที่ไม่คิดการดูดกลืนที่แผ่นปิดโปร่งแสง

$$(\tau\alpha)_c \approx 1.01(\tau\alpha)$$

2.1.5 สมการสมดุลพลังงานที่แผ่รับพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นราบ

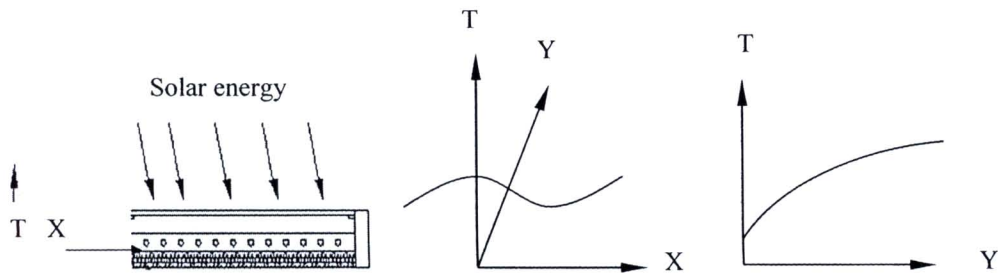
เมื่อพิจารณาที่แผ่รับพลังงานแสงอาทิตย์ [5] พลังงานที่เข้าสู่แผ่คือ พลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งจะมีทั้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรงและโดยการกระจาย พลังงานแสงอาทิตย์บางส่วนจะถูกดูดกลืนเก็บไว้ในแผ่นดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ Q_m พลังงานแสงอาทิตย์บางส่วนก็จะสูญเสียออกไป Q_L และพลังงานแสงอาทิตย์ที่ถูกดูดกลืนไว้บางส่วนก็สามารถนำไปใช้ประโยชน์ Q_u ซึ่งเขียนในรูปสมการได้ดังนี้

$$A_c(HR(\tau^a)) = Q_u + Q_L + Q_m \tag{2.10}$$

- เมื่อ H คือ พลังงานแสงอาทิตย์เนื่องจากการแผ่รังสีทั้งหมด ที่ตกกระทบบนผิวโลก ณ ที่ตำแหน่งที่แผ่รับพลังงานแสงอาทิตย์นั้นวางอยู่
- R คือ อัตราส่วนของพลังงานแสงอาทิตย์ที่มากตกกระทบบนแผ่รับพลังงานแสงอาทิตย์ต่อพลังงานเนื่องจากการแผ่รังสีทั้งหมด (H)
- (τ^a) คือ ผลคูณของค่าการส่งผ่านของแผ่นกั้น กับค่าการดูดกลืนของแผ่นดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์
- A_c คือ พื้นที่ของแผ่นดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์

การบ่งบอกคุณภาพของแผ่รับพลังงานแสงอาทิตย์ จะใช้ทอมประสิทธิภาพของแผ่รับพลังงานแสงอาทิตย์ (η) ซึ่งมีนิยามคือ อัตราส่วนของพลังงานแสงอาทิตย์ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ (Q_u) ต่อพลังงานแสงอาทิตย์ที่มากตกกระทบ ($HR(\tau^a)$)

$$\eta = (Q_u) / A_c(HR(\tau^a)) \tag{2.11}$$



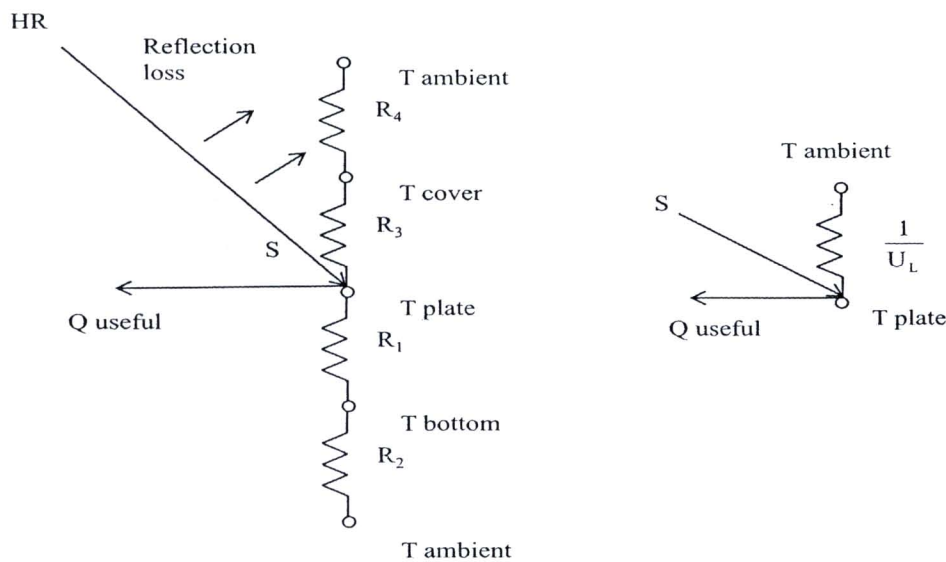
รูปที่ 2.4 การถ่ายเทความร้อนในแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ [5]

การที่อุณหภูมิแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์เป็นเช่นนี้ได้มาจาก สมมุติฐานหลายๆ ประการ ดังนี้

- 1. โครงสร้างของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์จะประกอบด้วยท่อและครีป
- 2. ท่อร่วมที่ปลายทั้งสองข้างจะต้องทำให้เกิดการไหลของของไหลสม่ำเสมอในทุกๆท่อ
- 3. แผ่นกั้นจะไม่มี การดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ไว้
- 4. คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ทำแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์จะไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ
- 5. จะไม่คิดเงาที่มาจากบังแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์
- 6. การไหลของความร้อนในฉนวนจะมีในทิศทางเดียว
- 7. ประสิทธิภาพของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์จะมีค่าคงที่เสมอ

2.1.6 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนทั้งหมดของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์

การถ่ายเทพลังงานความร้อนในแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ [4] สามารถเขียนในรูปของความต้านทานทางไฟฟ้า ดังเช่น



รูปที่ 2.5 การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนในรูปความต้านทานทางไฟฟ้า [4]

เมื่อ h_{r1} คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนระหว่างแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ กับแผ่นกั้นชั้นที่ 1 มีหน่วยเป็น $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสี คือ

$$h_{p-c} = \frac{(1-0.0018(\bar{T}-10))1.14(\Delta T)^{0.31}}{1^{0.07}} \tag{2.17}$$

$$h_{r1} = \varepsilon_c \sigma (T_{cl}^4 - T_{sky}^4) / (T_{cl} - T_{sky}) \tag{2.18}$$

เมื่อทราบค่าความต้านทานทั้งหมดทุกตัว ก็จะสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนทั้งหมดได้ (U_t)

$$U_t = \frac{1}{\sum R} \tag{2.19}$$

2.2 การถ่ายเทความร้อนของพลังงานแสงอาทิตย์ [2]

2.2.1 วัตถุดำ (Blackbody)

วัตถุดำ คือ วัตถุที่สามารถดูดกลืนรังสีที่ตกกระทบได้อย่างสมบูรณ์ไม่ว่าที่ช่วงความยาวคลื่นหรือทิศทางใด วัตถุดำเป็นเพียงวัตถุในอุดมคติเท่านั้น วัตถุที่มีอยู่จริงทุกชนิดจะมีการสะท้อนรังสีบางส่วนออกไปเสมอ แม้ว่าวัตถุดำจะไม่มีอยู่จริงในธรรมชาติ แต่ก็มีวัตถุบางอย่างที่มีสมบัติใกล้เคียงกับวัตถุดำ เช่น ถ่านดำ ที่มีลักษณะเป็นชั้นหนาจะสามารถดูดกลืนรังสีความร้อนที่ตกกระทบได้ 99 เปอร์เซนต์โดยประมาณ

นิยามของวัตถุดำอีกประการหนึ่งอาจกล่าวได้ว่าเป็นวัตถุที่สามารถแผ่รังสีความร้อนได้อย่างสมบูรณ์ ทั้งนี้เพราะจากการทดลองง่ายๆจะพบได้ว่าวัตถุที่สามารถแผ่รังสีได้อย่างสมบูรณ์ในขณะเดียวกันจะสามารถดูดกลืนรังสีได้อย่างสมบูรณ์ด้วย วัตถุดำจะดูดกลืนรังสีที่ตกกระทบและคงตัวอยู่ที่อุณหภูมิค่าหนึ่ง ในขณะเดียวกันก็จะปล่อยรังสีในจำนวนเดียวกับที่ดูดกลืนไว้

2.2.2 การแผ่รังสีท้องฟ้า

ในการหาค่าสมรรถนะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ จะทำการประเมินการแลกเปลี่ยนการแผ่รังสีระหว่างพื้นผิวและท้องฟ้า ซึ่งท้องฟ้าสามารถพิจารณาคล้ายกับวัตถุดำที่อุณหภูมิท้องฟ้า T_s การแผ่รังสีสุทธิตที่เกิดขึ้นจริงระหว่างตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ในแบบแผ่นราบในแนวระดับกับท้องฟ้า

$$T_{sky} = 0.0552T_{air}^{1.5}$$

(2.20)

$$T_{sky} = T_{air} - 6$$

(2.21)

เมื่อ

T_{sky} คือ อุณหภูมิท้องฟ้า, °C

T_{air} คือ อุณหภูมิอากาศ, °C

2.2.3 สัมประสิทธิ์การพาความร้อนเนื่องจากลม

การสูญเสียความร้อนจากแผ่นราบสู่อากาศภายนอก เป็นเรื่องที่สำคัญสำหรับตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ในกรณีที่แผงรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์นั้นมีลมพัดผ่าน ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเนื่องจากลมจะหาได้จากสมการคือ

$$h_w = 5.7 + 3.8v$$

(2.22)

เมื่อ

h_w คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนเนื่องจากลม, W/m² .°C

v คือ ความเร็วของลม, m/s

2.2.4 สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนของตัวเก็บรังสี

เพื่อให้สูตรการคำนวณปริมาณความร้อนอันเนื่องมาจากการแผ่รังสีมีรูปแบบง่าย จะใช้สมการเชิงเส้น ในการคำนวณ ดังนั้นจึงมีการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสี h_r เพื่อนำมาพิจารณาการแผ่รังสี

สัมประสิทธิ์การพาความร้อนระหว่างแผงรับพลังงานความร้อนกับแผ่นกระจก

$$h_{r,p-c} = \frac{\sigma(T_p^2 + T_c^2)(T_p + T_c)}{\frac{1}{\epsilon_p} + \frac{1}{\epsilon_c} - 1}$$

(2.23)

สัมประสิทธิ์การพาความร้อนระหว่างแผ่นกระจกกับแสงอาทิตย์

$$h_{r,c-s} = \epsilon_c \sigma(T_c^2 + T_s^2)(T_c + T_s)$$

(2.24)

สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีระหว่างแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์กับแผ่นกระจก

$$h_{p-c} = \frac{(1 - 0.0018(\bar{T} - 10))1.14(\Delta T)^{0.31}}{1^{0.07}}$$

(2.25)

การหาสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวม

$$U_t = \left[\frac{1}{h_{p-c} + h_{r,p-c}} + \frac{1}{h_w + h_{r,c-s}} \right]^{-1}$$

(2.26)

เมื่อ

U_t	คือ	สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อน, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
h_{p-c}	คือ	สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีระหว่างแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์กับแผ่นกระจก, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
$h_{r,p-c}$	คือ	สัมประสิทธิ์การพาความร้อนระหว่างแผงรับพลังงานความร้อนกับแผ่นกระจก, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
$h_{r,c-s}$	คือ	สัมประสิทธิ์การพาความร้อนระหว่างแผ่นกระจกกับแสงอาทิตย์, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
h_w	คือ	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยลม, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
T	คือ	อุณหภูมิ, $^\circ C$
ϵ_c	คือ	ค่าการแผ่รังสี

หมายเหตุตัวห้อย

r	คือ	การแผ่รังสี
p	คือ	แผ่นดูดกลืนรังสี
c	คือ	ตัวเก็บรังสี,แผ่นปิดใส
w	คือ	ลม
s	คือ	ท้องฟ้า
a	คือ	อากาศแวดล้อม,ดูดกลืน

2.2.5 สมการสมดุลพลังงานบนตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบ

สมรรถนะของตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์สามารถอธิบายได้โดยใช้หลักการสมดุลพลังงานเมื่อพิจารณาที่สถานะคงที่ ซึ่งจะเห็นได้จากการกระจายของพลังงานรังสีอาทิตย์ในรูปการสูญเสียทางความร้อน และการสูญเสียเชิงแสง ของพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

$$Q_u = A_c [F_R (\tau \alpha) I_T - F_R U_L (T_i - T_a)]$$

(2.27)

เมื่อ

Q_u	คือ	พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ใช้ประโยชน์, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
A_c	คือ	พื้นที่ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์, m^2
U_L	คือ	สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวมของตัวรับรังสี, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
T_i	คือ	อุณหภูมิของแผงรับรังสี, $^\circ C$
T_a	คือ	อุณหภูมิแวดล้อม, $^\circ C$

ประสิทธิภาพของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์

$$\eta = \frac{\Sigma Q_u}{\Sigma I_T A_c}$$

(2.28)

เมื่อ

Q_u	คือ	ความร้อนที่ได้รับจากตัวรับรังสี, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
A_c	คือ	พื้นที่ของตัวรับรังสีทั้งหมด, m^2
I_T	คือ	ความเข้มของรังสีรวมที่ตกกระทบบนตัวรับรังสี, W/m^2

2.3 สมรรถนะตัวรับรังสีอาทิตย์

2.3.1 ค่าความร้อนที่ได้จากตัวรับรังสีอาทิตย์ [7]

ที่สภาวะคงตัว ค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากแผงรับรังสี ในกรณีที่สารทำงานไม่มีการเปลี่ยนสถานะหาได้จาก

$$Q_u = \dot{m} C_p (T_{fo} - T_{fi})$$

(2.29)

เมื่อ

$\dot{m}$	คือ	อัตราการไหลเชิงมวล, kg/s
C_p	คือ	ค่าความจุความร้อนจำเพาะ, $kJ/kg \cdot ^\circ C$
T_{fo}	คือ	อุณหภูมิของสารละลายที่ไหลออกจากแผงรับรังสีอาทิตย์, $^\circ C$
T_{fi}	คือ	อุณหภูมิของสารละลายที่ไหลเข้าแผงรับรังสีอาทิตย์, $^\circ C$

ที่สภาวะคงตัวค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากแผงรับรังสีสามารถหาได้จาก

$$Q_u = A_c F' [I_T (\tau \alpha)_e - U_L (T_{pm} - T_a)]$$

(2.30)

เมื่อ

Q_u	คือ	ค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากแผงรับรังสีอาทิตย์, W/m^2
A_c	คือ	พื้นที่รับรังสีอาทิตย์ของแผงรับรังสีอาทิตย์, m^2
U_L	คือ	สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวมของแผงรับรังสี, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
T_{pm}	คือ	อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวรับรังสีอาทิตย์, $^\circ C$
I_T	คือ	รังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนแผงรับรังสี, W/m^2
T_a	คือ	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม, $^\circ C$
$(\tau\alpha)_c$	คือ	ผลคูณประสิทธิภาพของค่าส่งผ่านและดูดกลืนรังสี
F'	คือ	แฟกเตอร์ประสิทธิภาพของแผงรับรังสีอาทิตย์

ในทางปฏิบัติอุณหภูมิผิวดูดกลืนรังสีอาทิตย์เฉลี่ย (T_{pm}) วัดได้ยาก ดังนั้นจึงใช้วัดอุณหภูมิของของไหลทำงานเฉลี่ย (T_{fm}) ในตัวรับรังสีแทน ดังสมการ

$$Q_u = A_c F' [I_T (\tau\alpha)_c - U_L (T_{fm} - T_a)] \tag{2.31}$$

โดยค่าแฟกเตอร์ F' เป็นอัตราส่วนของพลังงานที่ได้จากแผงรับรังสีอาทิตย์จริงต่อพลังงานที่ได้เมื่ออุณหภูมิผิวมีค่าเท่ากับอุณหภูมิของการไหลค่าแฟกเตอร์ F' จึงเป็นตัวเลขที่ชี้ให้เห็นว่าการถ่ายเทความร้อนจากผิวรังสีอาทิตย์สู่ของไหลที่เกิดขึ้นได้ดีเพียงใด ซึ่งจะมีค่าไม่เกิน 1 และในทางปฏิบัติค่า (T_{fm}) สามารถหาได้จาก

$$T_{fm} \cong (T_{fo} + T_{fi}) / 2 \tag{2.32}$$

ในกรณีที่ใช้อุณหภูมิของของไหลเข้ามาเป็นฐานในการวิเคราะห์ค่าอัตราความร้อนแผงรับรังสีอาทิตย์จะอยู่ในรูปสมการ

$$Q_u = A_c F_R [I_T (\tau\alpha)_c - U_L (T_{fi} - T_a)] \tag{2.33}$$

เมื่อ

F_R	คือ	แฟกเตอร์ดึงความร้อน (heat removal factor)
-------	-----	---

โดยแฟกเตอร์ดึงความร้อน F_R เป็นอัตราส่วนความร้อนที่ได้จริงจากแผงรับรังสีอาทิตย์ต่อพลังงานความร้อนที่ถูกถ่ายเทถูกดึงความร้อนโดยของไหลที่ใช้งานในแผงรับรังสีอาทิตย์ เมื่ออุณหภูมิของผิวแผงรับรังสีอาทิตย์มีค่าเท่ากับอุณหภูมิของไหลที่เข้าแผงรับรังสีอาทิตย์

2.3.2 ค่าประสิทธิภาพของแผงรับรังสีอาทิตย์ (Collector Efficiency)

ค่าประสิทธิภาพของแผงรับรังสีอาทิตย์ จะเป็นดัชนีที่ใช้บอกความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานที่ได้จากแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบแล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ค่าประสิทธิภาพของแผงรับรังสีอาทิตย์ คำนวณได้จาก

$$\eta_{th} = \frac{Q_u}{I_T A_c} \times 100$$

(2.34)

$$= \frac{A_c F_R [I_T (\tau \alpha)_c - U_L (T_{fm} - T_a)]}{I_T A_c}$$

(2.35)

$$\eta_{th} = \frac{F_R (\tau \alpha)_c - F_R U_L (T_{fi} - T_a)}{I_T A_c}$$

(2.36)

2.4 การวิเคราะห์ระบบของเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

2.4.1 การคำนวณหาปริมาณความร้อนในถังเก็บน้ำร้อน

$$Q_s = m_{ws} \times C_{p,w} \times (T_{end,s} - T_{initial,s})$$

(2.37)

เมื่อ

Q_s	คือ	ปริมาณความร้อนที่ใช้ในถังเก็บน้ำร้อน, kJ
m_{ws}	คือ	มวลของน้ำในถังเก็บน้ำร้อน, kg
$C_{p,w}$	คือ	ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ, kJ/kg K
$T_{initial,s}$	คือ	อุณหภูมิของน้ำที่เวลาเริ่มต้นภายในถังเก็บน้ำร้อน, °C
$T_{end,s}$	คือ	อุณหภูมิของน้ำที่เวลาสุดท้ายภายในถังเก็บน้ำร้อน, °C

2.4.2 ประสิทธิภาพทางความร้อนของระบบผลิตน้ำร้อน

$$\eta_t = \frac{Q_s}{H_{tot}} \times 100$$

(2.38)

เมื่อ

Q_s	คือ	ปริมาณน้ำร้อนที่สะสมในถังเก็บน้ำร้อน, kJ
H_{tot}	คือ	ผลรวมค่ารังสีที่ตกกระทบบนแผงรับรังสี, W/m ²

2.5 เอทานอล

สารประกอบเอทานอลเป็นวัสดุใสไม่มีสี ติดไฟได้ เป็นสารเคมีอินทรีย์ที่หมักได้จากพืชในกลุ่มแป้งหรือน้ำตาล เอทานอลเป็นที่รู้จักกันในชื่อทั่วไปว่า เอทิลแอลกอฮอล์ มีผลสมอยู่ในสุราหรือเครื่องดื่มที่ผสมแอลกอฮอล์ทุกชนิดที่ใช้บริโภค เอทานอลมีลักษณะและโครงสร้างเคมีคล้ายกับสารเคมีอินทรีย์อีกชนิดหนึ่งคือ เมทานอล หรือเมทิลแอลกอฮอล์ แต่เมทิลแอลกอฮอล์สกัดจากระบวนการกลั่นวัสดุปิโตรเคมีและเป็นวัสดุที่มีพิษเมื่อนำมาบริโภคส่วนใหญ่ใช้ในอุตสาหกรรมที่ผลิตภัณฑ์ไม่นำมาบริโภคหรือมาใช้โดยตรงกับมนุษย์และสัตว์ มีปริมาณเอทานอลส่วนหนึ่งน้อย นอกจากได้จากการสังเคราะห์เอทานอล โดยกระบวนการเคมีเอทานอลในทางเคมีเป็นกลุ่มสารประกอบอินทรีย์มีสูตรทางเคมีคือ C_2H_5OH ประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน เป็นไฮดรอกซิล ติรเวทิลของไฮโดรคาร์บอนเกิดจากการแทนที่ไฮโดรเจนอะตอมด้วย hydroxyl group (OH) เอทานอลบริสุทธิ์ (anhydrous) มีจุดเดือดที่ 78 องศาเซลเซียส สมบัติโดยทั่วไปของเอทานอลซึ่งแสดงไว้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สมบัติทั่วไปของเอทานอล [8]

Molecular formula	C_2H_5OH
Molar mass	46.07 g mol^{-1}
Appearance	Colorless liquid
Density	0.789 g cm^{-3}
Melting point	$-114.3\text{ }^{\circ}\text{C}$, 159 K , $-174\text{ }^{\circ}\text{F}$
Boiling point	$78\text{ }^{\circ}\text{C}$, 352 K , $173\text{ }^{\circ}\text{F}$
Solubility in water	miscible
Acidity (pK_a)	15.9
Refractive index (n_D)	1.36 (25 $^{\circ}\text{C}$)
Viscosity	1.200 cP (20 $^{\circ}\text{C}$)
Dipole moment	1.69 D (gas)

2.6 การประเมินค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ [9]

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการลงทุนของเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบโดยใช้เอทานอลเป็นสารแลกเปลี่ยนความร้อนสามารถทำได้โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ต้นทุนรายปี (Uniform Annual Cost method) และการวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุน (Break-even Point method) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องรู้ข้อมูลพื้นฐานในการคิดคำนวณดังต่อไปนี้

- 1. กำหนดอายุการใช้งานเครื่องผลิตน้ำร้อน
- 2. เงินลงทุนในการสร้างเครื่องผลิตน้ำร้อนครั้งแรก (First cost)
- 3. อัตราดอกเบี้ยตลอดอายุการใช้งาน (Rate of interest)
- 4. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ และซ่อมบำรุงรักษา (Operating and Maintenance Costs)
- 5. ค่าไฟฟ้ารายปี
- 6. รายได้ (Income)

2.6.1 การวิเคราะห์ต้นทุนรายปี (Uniform Annual Cost Method)

เป็นวิธีการแปลงค่าเงินทุกอย่างของโครงการให้มาอยู่ในรูปของค่าเงินรายปีอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งสามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$R_1 = P (CRF)$$

(2.39)

เมื่อ

- R_1 คือ ราคาต้นทุนของเครื่องผลิตน้ำร้อนเป็นรายปี
- P คือ ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการผลิตน้ำร้อน
- (CRF) คือ Capital Recovery Factor $[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}]$

$$R_2 = S(SFF)$$

(2.40)

เมื่อ

- R_2 คือ มูลค่าซากรายปี
- S คือ มูลค่าซาก
- SFF คือ Sinking-Fund Factor $[\frac{i}{(1+i)^n - 1}]$
- i คือ อัตราดอกเบี้ยรายปี (%)
- n คือ อายุการใช้งาน (ปี)

จากสมการที่ 1 และ 2 จะหาต้นทุนสุทธิรายปี (R) จากสมการดังนี้คือ

$$R = R_1 - R_2 + \text{Operating Cost}$$

(2.41)

ถ้าให้ V_w เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเครื่องผลิตน้ำร้อนโดยเฉลี่ย ตลอดปี ดังนั้นราคาต้นทุนหาได้จากสมการดังนี้คือ

ราคาต้นทุนที่ใช้จ่ายในการดำเนินการเครื่องผลิตน้ำร้อน

$$= \frac{R}{V_w} \tag{2.42}$$

2.6.2 การวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุน (Break - Even Point Method)

เป็นวิธีที่ใช้ในการคำนวณหาจำนวนปีที่คุ้มทุน (Break Even) ของเครื่องผลิตน้ำร้อน สามารถวิเคราะห์คำนวณหาระยะเวลาคุ้มทุน ได้จากสมการดังต่อไปนี้

เพื่อหา n ที่เป็นระยะเวลาที่หาค่าคุ้มทุนตามสมการดังต่อไปนี้

$$n = \frac{\ln E}{\ln(1 + i)} \tag{2.43}$$

$$E = \frac{Si - X + Y}{Pi - X + Y} \tag{2.44}$$

เมื่อ

- X = เป็นเงินรายได้จากการผลิตน้ำร้อน
- Y = เป็นค่าราคาน้ำดิบค่าใช้จ่ายในการดำเนินการหรือต้นทุนในการผลิตเครื่องทำน้ำร้อน และซ่อมบำรุงรักษา

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จารุวัฒน์ เจริญจิต [10] ได้ทำการศึกษาการเลือกขนาดตัวเก็บรังสีอาทิตย์ในการกลั่นเอทานอล งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องกลั่นเอทานอลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการนำแผงรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบขนาด 2.02 ตารางเมตร เป็นอุปกรณ์ทำน้ำร้อนส่งไปยังขดท่อแลกเปลี่ยนความร้อนทองแดง เพื่อถ่ายโอนความร้อนให้สารละลายในถังกลั่นเอทานอล และทำการศึกษาพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบ ผลการจำลองสถานการณ์เทียบกับการทดลองมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้พบว่า อัตราการกลั่นแปรผันตามความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายและขนาดตัวเก็บรังสีอาทิตย์ แต่ผกผันกับความเข้มข้นของผลผลิตของเอทานอลที่กลั่นได้ โดยที่ต้นทุนจะขึ้นอยู่กับอัตราการกลั่นและขนาดของแผง จากการจำลองสถานการณ์การกลั่นสารละลายเอทานอลความเข้มข้นเริ่มต้น 10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร จำนวน 4,500 ลูกบาศก์เซนติเมตร พบว่าพื้นที่รับแสงขนาดประมาณ 2.75 ตารางเมตร เหมาะกับการกลั่นสารละลายเอทานอลความเข้มข้นเริ่มต้น 10 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นทุนต่ำสุดในช่วงพื้นที่รับรังสีขนาดประมาณ 1.5-2.5 ตารางเมตร โดยต้นทุนจะลดลงเมื่อกลั่นสารละลายเอทานอลที่มีความเข้มข้นเริ่มต้นสูงขึ้น

เกษม โพธิ์งาม [11] ได้ทำการศึกษาและออกแบบสร้างเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์น้ำหนักเบาที่ใช้ในบ้านพักอาศัย มีขนาดพื้นที่ติดตั้งสีอาทิตย์ 2.727 ตารางเมตร และมีท่อน้ำเข้าน้ำออกทำจากท่อทองแดงยาว 3 เมตร โดยตัวเก็บรังสีอาทิตย์ทำมุมเอียง 14 องศาเซลเซียส กับแนวระดับและหันหน้าไปทางทิศใต้ ผลจากการทดลองพบว่า การทดสอบหาสมรรถนะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีสภาวะคงตัว ค่า $F_R (\tau\alpha)_c$ และ $(F_R U_L)$ มีค่าเท่ากับ 0.4221 และ $5.7747 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ โดยอุณหภูมิในถังสะสมน้ำ ร้อนมีอุณหภูมิสูงพอที่จะทำน้ำร้อนเพื่อใช้งานได้ตลอดทั้งคืน และให้ค่าอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ออกจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์สูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิในถังสะสมน้ำร้อน จึงสามารถทำน้ำร้อนได้ ระบบทำน้ำร้อนนี้ใช้เงินลงทุนขั้นต้นเท่ากับ 14,878 และ 25,044.52 บาท เงินลงทุนเทียบเท่ารายปีเท่ากับ 4,284.63 และ 7,186.84 บาทต่อปี ต้นทุนพลังงานที่ผลิตได้ เท่ากับ 2.49 และ 3.801 บาท/kWh. และระยะเวลาที่คุ้มทุน เท่ากับ 2.57 และ 3.93 ปี ตามลำดับ

พิชัย นามประกาย [12] ได้ทำการศึกษาการถ่ายเทความร้อนและมวลในเครื่องกลั่นสารละลายแอลกอฮอล์โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ชุดทดลองมีผิวระเหยอยู่ในแนวนอน มีผิวกลั่นตัวเป็นกระบอกผ่าปัดเอียงด้านเดียวเป็นมุม 5-6 องศา มีการปรับค่าอุณหภูมิที่ผิวระเหยให้คงที่โดยอาศัยน้ำร้อนที่ได้รับพลังงานจากขดลวดไฟฟ้าไหลผ่านทางด้านใต้ของชุดทดลอง ส่วนที่ผิวกลั่นตัวได้รับการปรับอุณหภูมิให้คงที่เช่นกัน โดยมีน้ำเย็นจากแหล่งเก็บไหลผ่าน โดยเฉลี่ยได้อัตราการกลั่นมีค่าอยู่ระหว่าง $2.4 - 4 \text{ L/m}^2 \cdot \text{d}$

ชาญวิทย์ วุฒิวงสานนท์ [13] ได้ทำการศึกษาออกแบบและสร้างแผงรับรังสีแบบแผ่นเรียบให้มีราคาประหยัด โดยนำชุดระบายความร้อนของระบบปรับอากาศรถยนต์มาประยุกต์เป็นตัวติดตั้งสี ชุดระบายความร้อนแต่ละตัวมีขนาด $0.35 \text{ m} \times 0.53 \text{ m}$ จำนวน 10 แผง นำมาต่อเป็นแบบอนุกรมและแบบขนานร่วมกัน โดยต่อแบบขนาน 2 แถว ซึ่งแต่ละแถวจะมีชุดระบายความร้อนต่อแบบอนุกรมแถวละ 5 แผง ขนาดพื้นที่รับรังสีที่ทำการทดสอบ 2.46 ตารางเมตร การทดสอบสมรรถนะของแผงรับรังสีข้างต้นมีสภาวะคงตัว โดยใช้อัตราการไหล 0.02 กิโลกรัมต่อวินาทีต่อตารางเมตร จะแบ่งออกเป็น 2 กรณี ดังนี้ กรณีที่ 1 ทำการทดสอบกลางแจ้ง โดยใช้มาตรฐาน ASHARE 93-77 กรณีที่ 2 ทำการทดสอบกลางแจ้ง โดยใช้น้ำเย็นป้อนเข้าผสมในช่วงที่ต่ออนุกรมของชุดระบายความร้อนตัวที่ 2 กับ 3 , 3 กับ 4 และ 4 กับ 5 ที่อัตราการไหล 10 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการไหลที่ออกจากแผงรับรังสี ตามลำดับ จากผลการทดสอบสมรรถนะกรณีที่ 1 พบว่า มีค่า $F_R (\tau\alpha)_c = 0.693$ และค่า $F_R U_L = 7.1764 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ค่าความดันแตกต่างในแผงรับรังสีมีค่าประมาณ 174.75 kPa จากผลการทดสอบสมรรถนะกรณีที่ 2 พบว่ามีค่า $F_R (\tau\alpha)_c$ และค่า $F_R U_L$ ของตัวที่ 2 กับ 3 มีค่าประมาณ 0.6984 และ $6.8086 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ค่า $F_R (\tau\alpha)_c = 0.693$ และค่า $F_R U_L$ ของตัวที่ 3 กับ 4 มีค่าประมาณ 0.6971 และ $6.7649 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ค่า $F_R (\tau\alpha)_c$ และ $F_R U_L$ ของตัวที่ 4 กับ 5 มีค่าประมาณ 0.6935 และ $6.7630 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ซึ่งจะ

เห็นได้ว่าการป้อนน้ำเย็นเข้าผสมในแผงรับรังสีจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวมลดลงจึงทำให้สมรรถนะสูงขึ้น นอกจากนี้มีการคำนวณผลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อทำการเปรียบเทียบอัตราการไหลของน้ำเย็นที่ป้อนเข้าตัวดูดรังสีตัวที่ 2 กับ 3 , 3 กับ 4 และ 4 กับ 5 ที่ 5,10,15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการไหลที่ออกจากแผงรับรังสี จากผลการคำนวณพบว่า การนำน้ำเย็นป้อนเข้าตัวดูดรังสีตัวที่ 2 กับ 3 ที่อัตราการไหล 10 เปอร์เซ็นต์ ดีที่สุด จากการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการเปรียบเทียบ ประสิทธิภาพของระบบ ต้นทุนพลังงานที่ผลิตได้ และระยะเวลาคืนทุนของระบบทำน้ำร้อนทั้ง 3 ระบบ โดยระบบที่ 1 ใช้แผงรับรังสีที่ทำการทดสอบกรณีที่ 1 ระบบที่ 2 ใช้แผงรับรังสีที่นำน้ำเย็นป้อนเข้าตัวดูดรังสีตัวที่ 2 กับ 3 ที่อัตราการไหล 10 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการไหลที่ออกจากแผงรับรังสี และระบบที่ 3 ใช้แผงรับรังสีแบบแผ่นเรียบที่ผลิตขายในประเทศ จากการศึกษาเปรียบเทียบพบว่า สมรรถนะของระบบที่ 1,2 และ 3 มีค่าประมาณ 37.32,38.73 และ 34.62 เปอร์เซ็นต์ ต้นทุนพลังงานที่ผลิตได้ของระบบที่ 1,2 และ 3 มีค่าประมาณ 2.98,2.96 และ 5.07 บาท/kWh ระยะเวลาคืนทุนของระบบที่ 1,2 และ 3 มีค่าประมาณ 3.06,3.05 และ 5.24 ปี

ปิยะ ยัมขุนทด [14] ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่องเครื่องอบแห้งผลิตผลทางการเกษตรโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ งานวิจัยนี้เป็นการศึกษากระบวนการอบแห้งผลิตผลทางการเกษตร โดยการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในกระบวนการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ โดยสร้างเครื่องอบแห้งชนิดตู้ขนาด 45x70 เซนติเมตร สูง 75 เซนติเมตร มีแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์จำนวน 2 แผง เพื่อรับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยมีน้ำเป็นสารตัวกลางในการพาความร้อนที่แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ไปยังอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนภายในตู้อบ เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้กับผลิตภัณฑ์ โดยอากาศจะรับเอาความร้อนจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนไหลผ่านผลิตภัณฑ์ที่วางบนชั้น ซึ่งออกแบบให้เกิดการไหลของอากาศแต่ละชั้นอย่างสม่ำเสมอ อุณหภูมิภายในตู้อบจะอยู่ในช่วง 55-62 องศาเซลเซียส โดยระยะเวลาในการอบจะขึ้นอยู่กับความหนาและความชื้นของผลิตภัณฑ์ สำหรับผลิตผลทางการเกษตรที่ใช้ออบแห้งมี เนื้อปลาตะเพียนสดแต่เป็นชิ้นมีความหนาไม่เกิน 1 เซนติเมตร, พริกสด, เส้นหมี่และข้าวเกรียบ ค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ 18 เปอร์เซ็นต์

ณัฐวุฒิ ดุษฎี และคณะ [15] ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งผลไม้โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเสริมทำการทดสอบสมรรถนะของตู้อบแห้ง โดยใช้กล้วยน้ำว้าเป็นวัสดุอบแห้งพบว่า เมื่อเพิ่มอัตราการไหลจำเพาะของอากาศ ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะจะลดลงถึงอัตราการไหลจำเพาะค่าหนึ่งแล้ว เมื่อเพิ่มต่อไปความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะจะเพิ่มขึ้น และเมื่ออัตราส่วนของอากาศเวียนกลับเพิ่มขึ้น ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะจะลดลง คุณภาพของกล้วยอบแห้งจะดีที่สุดที่อุณหภูมิอากาศอบแห้งไม่เกิน 60 °C สำหรับแนวทางการอบแห้งที่เหมาะสม ซึ่งได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์คือ อัตราการไหลจำเพาะของอากาศประมาณ 10.5 กิโลกรัมอากาศ

แห้งต่อชั่วโมงต่อกิโลกรัมกล้วยแห้ง อัตราส่วนเวียนกลับร้อยละ 90-95 จากการวิเคราะห์ เศรษฐศาสตร์พบว่า จุดคุ้มทุนเฉพาะส่วนตัวรับรังสีมีค่า 0.76 ปี และโดยเฉลี่ยประหยัดพลังงานไฟฟ้า ของตัวอุ่นอากาศได้ร้อยละ 33

ชาญ เสนีย์นันท์ [16] ได้ศึกษาวิจัยเรื่องการประเมินสมรรถนะของรางพาราโบลิค ติดตามดวงอาทิตย์ งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้เพื่อนำความร้อนที่ได้จากการรวมแสง โดยตัวรับแสง แบบรางพาราโบลิคมาใช้ประโยชน์ รางพาราโบลิคมีขนาดกว้าง 2.13 เมตร ยาว 3 เมตร แผ่นสะท้อนแสงเป็นแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม ท่อดูดแสงใช้ท่อเหล็กสำหรับไอน้ำขนาด มิลลิเมตรและใช้น้ำมันเป็น สารทำงานในระบบ ผลจากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ อายุการใช้งานได้ 15 ปีซึ่งจากข้อดีและ ข้อเสียของงานวิจัยต่างๆนี้ จึงได้นำมาเปรียบเทียบและปรับปรุงในการวิจัยและพัฒนาตู้อบแห้งชนิด การพาความร้อนแบบบังคับโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อลดระยะเวลาจากวิธีเดิมโดยการนำ ผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำทางทะเลมาตากแดด มาเป็นตู้อบแห้งชนิดการพาความร้อนแบบบังคับโดยใช้ พลังงานแสงอาทิตย์ โดยสามารถอบปลาหมึกได้ครั้งละ 6 กิโลกรัม (70 ตัว) หลังจากทำการอบแห้ง โดยพลังงานแสงอาทิตย์ จะทำให้ความชื้นครั้งสุดท้ายลดลงเหลือประมาณ 15% โดยที่ภายในตู้อบ แห้งมีอุณหภูมิ 60 °C และใช้เวลาในการอบแห้งปลาหมึกนี้แค่เวลา 5 ชั่วโมง การอบแห้งด้วยวิธีนี้มี ต้นทุนต่ำและมีระบบไม่ซับซ้อน ในการอบแห้งด้วยวิธีนี้จะใช้อุณหภูมิต่ำที่สามารถรักษาคุณภาพของ ผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้งได้ดี การหดตัวของผลิตภัณฑ์มีน้อย ส่วนคุณค่าของสารอาหารหลังการ อบแห้งก็ยังคงเดิมและสะอาดถูกสุขลักษณะ ปลอดภัยในการใช้งานและทำการบำรุงรักษาได้ง่าย

วิชัย จันทรักษา [17] ได้ศึกษาและพัฒนาเครื่องอบแห้งตะไคร้พลังงานแสงอาทิตย์ ได้ทำการวิจัย และพัฒนาเครื่องอบแห้งตะไคร้พลังงานแสงอาทิตย์ โดยเครื่องอบแห้งดังกล่าวประกอบด้วยแผงรับ รังสีดวงอาทิตย์แบบแผ่นราบ คลุมด้วยพลาสติกมีขนาดพื้นที่รับแสง 19 ตารางเมตรและตู้อบตะไคร้ ขนาดความจุ 400 กิโลกรัม อากาศจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์จะถูกเป่าเข้าไปในตู้อบแห้งโดยอาศัย พัดลมดูดอากาศ ผู้วิจัยได้ทดสอบสมรรถนะที่พัฒนาขึ้นโดยใช้เครื่องอบแห้งดังกล่าวทำการอบแห้ง ตะไคร้จำนวน 4 ครั้ง ๆ 200 กก.ผลที่ได้พบว่าช่วงที่ท้องฟ้าแจ่มใสเครื่องอบแห้งสามารถอบตะไคร้ให้ แห้งได้ภายในเวลา 3 วัน ตะไคร้ที่อบแห้งไม่ถูกรบกวนโดยแมลง ผุ่นละออง และฝน ผู้ทำการวิจัยได้นำตะไคร้มาทำการอบโดยวิเคราะห์คุณภาพ จากผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณน้ำของตะไคร้และสี ของตะไคร้ที่ได้จากการอบแห้งมีค่าคุณภาพสอดคล้องกับคุณภาพของตะไคร้ซึ่งใช้ในอุตสาหกรรม จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่าเครื่องอบแห้งดังกล่าวมีเวลาคุ้มทุนเท่ากับ 1 ปี 5 เดือน

ทวีวัฒน์ สุภารส [18] ได้ทำการวิจัย สมรรถนะทางความร้อนของระบบกักเก็บพลังงานในรูป ความร้อนสัมผัสเพื่อใช้เป็นพลังงานเสริมในการอบแห้งระหว่างกระบวนการประจุความร้อนและ

กระบวนการดึงความร้อนโดยใช้กรวดเป็นวัสดุสะสมพลังงาน พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดของระบบเท่ากับ 65°C สำหรับกระบวนการประจุความร้อนใช้เวลา 7 ชั่วโมง และอุณหภูมิต่ำสุดของระบบ 35°C สำหรับกระบวนการดึงความร้อน 10 ชั่วโมง ปริมาณพลังงานความร้อนสัมผัส สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมขึ้นอยู่กับอัตราการไหล อุณหภูมิของน้ำมันถ่ายเทความร้อน โดยที่ระบบมีประสิทธิภาพสูงสุดตามกฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์คือ 60 %

ชาญวิทย์ อุดมศักดิ์กุล [19] ได้ศึกษาวิจัยและพัฒนาเครื่องฟักไข่พลังงานแสงอาทิตย์ จากการวิจัยพบว่าการทำงานของเครื่องฟักไข่พลังงานแสงอาทิตย์ต้นแบบขนาดบรรจุ 720 ฟอง พบว่าให้ประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อน 33% ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำร้อนก่อนที่จะนำน้ำร้อนไปใช้ในงานเท่ากับ 35% ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำร้อนไปใช้ในการฟักไข่เฉลี่ย 23.9% ที่อุณหภูมิของน้ำร้อนใช้งาน $50-70^{\circ}\text{C}$ ผลการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่า ที่ความเข้มรังสีอาทิตย์ประมาณ 100 W/m^2 ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ประมาณ 4% ที่อุณหภูมิแผงเฉลี่ย 31°C และความเข้มรังสีอาทิตย์มีค่ามากกว่า 400 W/m^2 ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์จะคงที่ประมาณ 6% ที่อุณหภูมิแผงเฉลี่ย 45°C

จงจิตร หิรัญธาก [20] ได้ทำการทดลองและพัฒนาเครื่องทำน้ำร้อนโดยใช้ท่อ PVC มีความยาว 1500 มิลลิเมตร ระยะห่างท่อ 51 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร จำนวน 13 ท่อ และทาสีดำ เพื่อใช้ในระบบเครื่องทำน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ และใช้ถังสะสมความร้อนมีความจุของน้ำ 35 ลิตร ซึ่งเมื่อมีการใช้น้ำร้อน น้ำเย็นจะไหลเข้าแทนที่ การทดสอบที่ตำแหน่งต่างกัน 2 ตำแหน่ง คือ ติดตั้งบนผนังของบ้านหันหน้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ และติดตั้งบนหลังคาบ้านหันไปทางทิศใต้ โดยใช้กระเบื้องแผ่นเรียบและกระเบื้องหลังคา เป็นแผ่นรับรังสีอาทิตย์ และสะสมความร้อนติดตั้งที่ด้านหลังมีความหนา 6 มิลลิเมตร และปิดฝาพลาสติกใสจะได้ขนาดของเครื่องทำน้ำร้อน เท่ากับ $1450 \times 1600 \times 120$ มิลลิเมตร จากการทดสอบพบว่าแบบท่อวางบนกระเบื้องหลังคาที่มีฝาพลาสติกใส สามารถทำอุณหภูมิได้ถึง 72°C ในขณะที่ท่อแนวตั้งที่มีกระเบื้องแบบแผ่นเรียบและมีฝาพลาสติกใส ทำอุณหภูมิได้ 65°C

ศิริพงษ์ ศรีรัตน์ [21] ได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเครื่องกลั่นน้ำและผลิตเกลือด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีผิวกลั่นตัวเป็นกระจกเงาด้านเดียว เปิด - ปิด ได้ เอียงทำมุม 17 องศา กับแนวระดับ มีพื้นที่ผิวที่ใช้ในการดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 1 m^2 ด้านล่างหุ้มด้วยฉนวนใยแก้ว หนา 55 mm. ผลการวิจัยเปรียบเทียบกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลองมีค่าคลาดเคลื่อนดังนี้ อัตราการกลั่นน้ำมีค่าคลาดเคลื่อนประมาณ 8.53% อุณหภูมิน้ำในเครื่องกลั่นมีค่าคลาดเคลื่อนประมาณ 2.44% อุณหภูมิกระจกมีค่าคลาดเคลื่อนประมาณ 3.69% และปริมาณของเกลือ

มีค่าคลาดเคลื่อนประมาณ 2.5% และที่ปริมาณน้ำเกลือที่ใช้ในการทดลอง 2,000 cc., 3,000 cc. และ 4000 cc. พบว่าปริมาณน้ำเกลือที่ใช้ในการทดลอง 3,000 cc. มีประสิทธิภาพสูงสุด การกลั่นน้ำเกลือประกอบด้วยน้ำและเกลือ เมื่อสารละลายได้รับความร้อนจะมีแต่น้ำเท่านั้นที่กลายเป็นไอ ไอน้ำจะควบแน่นได้ของเหลวคือน้ำกลั่นบริสุทธิ์ แต่เกลียวยังคงอยู่ในสารละลายจึงทำให้สามารถแยกน้ำกับเกลือออกจากกันได้ ปริมาณน้ำกลั่นเท่ากับ 1,749 cc. ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 58.3% ปริมาณเกลือเท่ากับ 1,060 กรัม ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 35.33% ความเข้มของแสงอาทิตย์เท่ากับ 734.7 W/m^2 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 534 W/m^2 ผลรวมคิดเป็น 93.63% การสูญเสีย 6.37%

พิระ วิจะสิกะ [22] ได้ออกแบบและสร้างระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานความร้อนในการอบแห้งแผ่นยางพารา ระบบประกอบด้วยแผงรับรังสีสุริยะแบบแผ่นราบขนาด 2.64 m^2 และระบบกักเก็บพลังงานความร้อนขนาด 0.19 m^3 บรรจุหินแกรนิตปริมาณ 75 kg. ใช้ น้ำมันถ่ายเทความร้อนเป็นสารทำงานในระบบ การทดลองแบ่งเป็น 2 สภาวะ คือ (1) กลางวันน้ำมันถ่ายเทความร้อนปรับตั้งอัตราการไหล 4,6 และ 8 LPM ไหลหมุนเวียนผ่านแผงรับรังสีสุริยะ เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้อบแห้งแผ่นยางพาราจำนวน 5 แผ่น ภายในตู้อบแห้ง ความร้อนที่เหลือจากการอบแห้งถูกนำไปเก็บสะสมในรูปความร้อนสัมผัสภายในถังกักเก็บพลังงานความร้อน (2) กลางคืนน้ำมันถ่ายเทความร้อนไหลหมุนเวียนระหว่างตู้อบแห้งและถังกักเก็บพลังงานความร้อนเพื่อดึงความร้อนจากหินแกรนิตไปใช้อบแห้ง จากผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิของน้ำมันที่ออกจากตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบมีค่าอยู่ระหว่าง $50 - 80^\circ\text{C}$ อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบแห้งมีค่าระหว่าง $40 - 70^\circ\text{C}$ และค่าความชื้นสุดท้ายของยางพาราที่อบแห้งด้วยระบบนี้มีค่า 10.5 % db. ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานในการซื้อขาย ระบบมีประสิทธิภาพเฉลี่ยเท่ากับ 65.18% และมีระยะการคืนทุน 2.88 ปี สำหรับยางพารา 5 แผ่น และ 1.35 ปี สำหรับยางพารา 7 แผ่น

กฤษณะ แก้วมณี [23] ได้ทำการศึกษาระบบการกลั่นของเครื่องกลั่นเอทานอลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยมีแผงรับรังสีชนิดแผ่นเรียบกระจกชั้นเดียวเอียง 15° องศาหันหน้าไปทางทิศใต้ โดยใช้แผงคอนเดนเซอร์เป็นตัวรับความร้อนจำนวน 4 แผง ต่อกันแบบอนุกรม แผงรับรังสีมีขนาดพื้นที่ 0.742 ตารางเมตร เพื่อเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนให้แก่สารละลายเอทานอล โดยมีสารละลายเอทานอลเป็นสารตัวกลางในการพาความร้อนที่แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับ ไปสะสมความร้อนในหม้อต้ม สารละลายเมื่อได้รับความร้อน อุณหภูมิถึงจุดเดือดก็จะระเหยและมีไอของเอทานอล ไอดังกล่าวจะเคลื่อนตัวสู่หอกลั่นจะถูกนำไปควบแน่นที่อุปกรณ์ควบแน่นระบายความร้อนด้วยน้ำ จนกระทั่งไอกลายเป็นของเหลว จากผลการทดลองพบว่า ในช่วงเวลา 12.00 น.- 13.00 น. เป็นช่วงที่อัตราการกลั่นตัวของสารละลายเอทานอลสูงสุด หลังจากนั้นอัตราการกลั่นก็จะมีค่าค่อยๆ ลดลงตามค่ารังสีอาทิตย์โดยปริมาณของเอทานอลที่กลั่นได้มีดังนี้ (1)

คออ้อยกลั่นได้สูงสุด 0.4 ลิตร/วัน (2) กากน้ำตาลกลั่นได้สูงสุด 0.15 ลิตร/วัน (3) กากมันสำปะหลังกลั่นได้สูงสุด 0.2 ลิตร/วัน และสารละลายเอทานอลที่กลั่นได้มีความเข้มข้นเฉลี่ย 38-40 เปอร์เซ็นต์

ทนนเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ และคณะ [24] ได้ทำการทดลองกลั่นเอทานอลด้วยตัวรับรังสีแบบแผ่นราบ โดยตัวรับรังสีแบบแผ่นราบได้ถูกนำมาใช้เพื่อเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนให้แก่แอลกอฮอล์ที่ต้องการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้น ตัวรับรังสีมีขนาดพื้นที่ 1.9 ตารางเมตร ประกอบด้วยกระจกสองชั้น มีแผ่นดูดกลืนรังสีเป็นแผ่นทองแดงและอลูมิเนียม มีน้ำมันเป็นตัวส่งถ่ายความร้อน คือ น้ำมันที่ทนต่ออุณหภูมิสูง โดยแอลกอฮอล์ 10 ลิตร เติมเพียงครั้งเดียวมีความเข้มข้นเริ่มต้น 10 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉลี่ยด้วยอัตรา 0.5 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน