# บรรณานุกรม

# บรรณานุกรม

## ภาษาไทย

### หนังสือ


กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน.(ม.ป.ป.) . **การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร.** กรุงเทพฯ : ผู้แต่ง

จรัล อินทรังษี .(2551). **โครงการพัฒนาประสิทธิภาพในภาคอุตสาหกรรมและธุรกิจ**. กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน.

ชุญาดา เส้งโสตะ. (2547). **สูตร & ฟังก์ชั่น Excel ฉบับใช้งานจริงในสำนักงาน.** กรุงเทพฯ : เฟิสท์ออฟเซต (1993).

มานะศิษฎ์ พิมพ์สาร.(ม.ป.ป.). **ระบบน้ำร้อนในอาคาร**.กรุงเทพฯ : เอเซียเพรส (1989).

วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ . (2540). **การออกแบบระบบท่อภายในอาคาร สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์**. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วัชระ มั่งวิฑิตกุล . (2550). **กระบวนการและเทคนิคการลดค่าใช้จ่ายพลังงานสำหรับอาคารและโรงงานอุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ : สามลดา.

วันชัย ริจิรวนิช และชอุ่ม พลอยมีค่า. (2550). **เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม.** กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุภชัย ปัญญาวีร์ และจตุพร สถากุลเจริญ. (2549). **คู่มือการลดต้นทุนผลิตด้านพลังงาน.** กรุงเทพฯ : ส.ส.ท.

สุรินทร์ เศรษฐมาตร และทาเคโอะ มอริมูระ. (2530). **วิศวกรรมงานท่อภายในอาคาร การออกแบบและการบำรุงรักษา**. กรุงเทพฯ : ดวงกมล และ สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์.


### วิทยานิพนธ์


กฤษณ์ คงเจริญ. (2548). **การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนโครงการผลิตน้ำร้อนด้วยระบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีศึกษาโรงพาบาลแกลง จังหวัดระยอง.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากร.กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จุฑามาส ภควัตบริรักษ์ .(ม.ป.ป.). **การวิเคราะห์สมรรถนะปั๊มความร้อนทำงานร่วมกับสารดูดความชื้นชนิดแข็งในกระบวนการอบแห้ง**. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ธีรภัทร์ อนุชาติ. (2549). **การเลือกขนาดระบบทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์ร่วมกับปั๊มความร้อนสำหรับการใช้งานในโรงแรมในประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ปณต วิไลพล. (2543). **การศึกษาการนำความร้อนทิ้งจากอุปกรณ์ควบแน่นของระบบปรับอากาศสำหรับผลิตน้ำร้อนโดยปั๊มความร้อน** .วิทยานิพนธ์ระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ปราโมทย์ ลายประดิษฐ์. (2542). **การวิเคราะห์สมรรถนะของระบบทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มในที่พักอาศัย**. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยี พลังงาน. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระเจ้าเกล้าธนบุรี.

พัชรี จันทนบุบผา. (2536). **การใช้ปั๊มความร้อนเพื่อเพิ่มคุณภาพพลังงานความร้อน**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระเจ้าเกล้าธนบุรี.

ภาณุศักดิ์ มูลศรี. (2550). **การวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบต้นทุนวงจรชีวิตทางเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตน้ำร้อนแบบต่างๆ**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระเจ้าเกล้าธนบุรี.

ศรีธร อุปคำ. (2543). **การวิเคราะห์สมรรถนะระบบทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์ร่วมกับปั๊มความร้อนสำหรับอาคารที่อยู่อาศัย**. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สรรพวรรธ วิทยาศัย. (2543). **การเลือกปั๊มความร้อนเสริมระบบผลิตน้ำร้อนแสงอาทิตย์**. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระเจ้าเกล้าธนบุรี.

อลงกรณ์ สุขใส. (2538). **การออกแบบระบบน้ำร้อนแสงอาทิตย์ในโรงแรม**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระเจ้าเกล้าธนบุรี.

อาทิตย์ ไชยนันท์. (2543). **การทำน้ำร้อนจากปั๊มความร้อน** . วิทยานิพนธ์ระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระเจ้าเกล้าธนบุรี.

## สารสนเทศจากสื่ออิเล็กทรอนิกส์

บริษัทบุญเยี่ยมและสหาย, (2551). ปั๊มความร้อนคืออะไร. สืบค้นเมื่อ 25 มีนาคม 2551, จาก **http://www.boonyium/sara-3htm..**

Modern Environment. (2550). ความรู้พื้นฐาน Heat Pump. สืบค้นเมื่อ 4 ธันวาคม 2550, จาก **http://www.modernbis.com.**

# ภาคผนวก

**1. การประเมินผลประหยัดที่ได้จากการเลือกติดตั้งระบบทำน้ำร้อนจากปั๊มความร้อนของโรงแรม กรณีศึกษา โรงแรมมิเลนเนียมสุขุมวิท**

1.1 ค่าใช้จ่ายพลังงานจากการผลิตน้ำร้อนจากปั๊มความร้อน

ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปั๊มความร้อนนั้นนอกจากจะขึ้นอยู่กับกำลังไฟฟ้าที่เครื่องใช้แล้ว ยังขึ้นอยู่กับสัมประสิทธิ์ในการทำงาน (Coefficient of performance: COP) เป็นค่าที่แสดงประสิทธิภาพของวัฏจักรการทำความร้อนคืออัตราส่วนระหว่างพลังงานที่เครื่องสามารถทำความร้อนได้ต่อพลังงานที่ต้องใช้ (พลังงานไฟฟ้า) และค่า COP จะมีค่ามากกว่า 1 เนื่องจากเครื่องทำความร้อนนั้นทำหน้าที่เป็นปั๊มความร้อน ดังนั้นความสามารถในการทำความร้อนจึงต้องมากกว่างานที่ทำในเครื่องอัด มีรายละเอียดสมการ

‘ COP = (พลังงานความร้อนที่น้ำป้อนได้รับ) / (กำลังไฟฟ้าที่ใช้ขับคอมเพรสเซอร์)

โดย

พลังงานความร้อนที่น้ำป้อนได้รับ = $0.00116 \times F \times \Delta T$

กำหนดให้

F คือ อัตราน้ำป้อนที่ต้องการผลิต (L/hr)

$\Delta T$ คือ อุณหภูมิแตกต่างของน้ำร้อนที่ไหลเข้าและออกจากส่วนทำน้ำร้อน (F)

0.00116 คือ ค่าคงที่จากการแปลงหน่วย

พลังไฟฟ้า คือ พลังไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ (kW)

โดย

พลังงานของคอมเพรสเซอร์ = $I \times V \times 1.732 \times PF$

กำหนดให้

I คือ กระแสไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่อง (A)

V คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้า (Volt)

1.732 คือ ค่าคงที่ใช้ในกรณีต้องการคิดพลังงานไฟฟ้า 3 เฟส

PF คือ ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

ทั้งนี้สัมประสิทธิ์ในการทำงาน (Coefficient of performance : COP) ของเครื่องปั๊มความร้อนจากกรณีศึกษาที่นำมาคำนวณนั้นเป็นค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริงจากการวัดค่าของเครื่องจากการทำงานจริงของเครื่อง ซึ่งได้ค่าตัวแปรต่างๆ สำหรับใช้ในการคำนวณ ได้แก่ ค่าอุณหภูมิน้ำร้อนที่สามารถผลิตได้ ค่าอุณหภูมิอากาศป้อน อัตราน้ำป้อนที่ต้องการผลิต อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลเข้า กระแสไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่อง และความต่างศักย์ไฟฟ้า และนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำมาเป็นค่าที่ใช้สำหรับการคำนวณ ซึ่งได้ค่า COP ของเครื่องปั๊มความร้อนเท่ากับ 3 ตามที่มาตรฐานตาม

กฎกระทรวง แห่ง พรบ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานกำหนด ซึ่งสามารถนำมาใช้คำนวณค่าใช้จ่ายจากการผลิตน้ำร้อนจากปั๊มความร้อนได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าใช้จ่ายของการผลิตน้ำร้อนในโรงแรมจากปั๊มความร้อน

| รายการ | หน่วย | ปั๊มความร้อน |
|---|---|---|
| จำนวนวันใช้งานต่อปี | วัน/ปี | 365 |
| ปริมาณความต้องการผลิตน้ำร้อน | ลิตร/วัน | 48,750 |
| ปริมาณความร้อนที่ต้องการ | kcal/วัน | 1,511,250 |
| เทียบเท่าพลังงานไฟฟ้า | kWh/วัน | 1757.27 |
| COP Heat pump | | 3 |
| ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสำหรับ Heat pump | kWh/วัน | 585.76 |
| ขนาด Heat pump ที่ใช้ | kW | 460 |
| พลังงานที่ใช้ต่อปี | kWh/ปี | 213,800.87 |
| อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย | บาท/kWh | 3 |
| ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าต่อปี | บาท/ปี | 641,403 |

1.2 ค่าใช้จ่ายการผลิตน้ำร้อนจากการใช้น้ำมันเตา

ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการผลิตน้ำร้อนเงื่อนไขเดียวกันโดยการใช้เชื้อเพลิงเป็นน้ำมันเตา สามารถคิดเป็นมูลค่าใช้จ่ายได้ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าใช้จ่ายของการผลิตน้ำร้อนในโรงแรมจากเชื้อเพลิงน้ำมันเตา

| รายการ | หน่วย | ค่า |
|---|---|---|
| จำนวนวันใช้งานต่อปี | วัน/ปี | 365 |
| ปริมาณความร้อนที่ต้องการ | kcal/วัน | 1,511,250.00 |
| ค่าความร้อนของน้ำมันเตา | kcal/ลิตร | 9,500.00 |
| ปริมาณน้ำมันเตาที่ใช้ | ลิตร/วัน | 159.08 |
| ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ | % | 85 |
| ต้องใช้น้ำมันเตาจริงต่อวัน | ลิตร/วัน | 187.15 |
| ต้องใช้น้ำมันเตาจริงต่อปี | ลิตร/ปี | 68,310.37 |

ตารางที่ 2 (ต่อ)

| รายการ | หน่วย | ค่า |
|---|---|---|
| ราคาน้ำมันเตาลิตรละ | บาท/ลิตร | 20 |
| ราคาน้ำมันเตา | บาท/วัน | 3,743.03 |
| ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าต่อปี | บาท/ปี | 1,366,207.43 |

หมายเหตุ : ราคาของน้ำมันเตาใช้ราคาจากบริษัท ปตท. จำกัด วันที่ 12 กันยายน 2551
ค่าพลังงานความร้อนของน้ำมันเตาเท่ากับ 9,500 kcal/ลิตร

1.3 การผลิตน้ำร้อนจากการใช้ขดลวดพลังงานไฟฟ้า

ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการผลิตน้ำร้อนเงื่อนไขเดียวกันโดยการใช้ขดลวดพลังงานไฟฟ้าสามารถคิดเป็นมูลค่าใช้จ่ายได้ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าใช้จ่ายของการผลิตน้ำร้อนในโรงแรมจากเชื้อเพลิงจากขดลวดพลังงานไฟฟ้า

| รายการ | หน่วย | ค่า |
|---|---|---|
| จำนวนวันใช้งานต่อปี | วัน/ปี | 365.00 |
| ต้องการความร้อนวันละ | kcal/วัน | 1,511,250.00 |
| เทียบเท่าพลังงานไฟฟ้า | kwh | 1,757.27 |
| ขนาดขดลวด | kw | 73.22 |
| ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยเฉลี่ย | บาท/kWh | 3.00 |
| ค่าไฟฟ้าต่อปี | บาท/ปี | 1,924,207.85 |

1.4 การผลิตน้ำร้อนจากการใช้เครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการผลิตน้ำร้อนเงื่อนไขเดียวกันโดยการใช้เครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์โดยในกรณีนี้คิดที่ระบบที่ติดขดลวดไฟฟ้าเพิ่ม 50% สามารถคิดเป็นมูลค่าใช้จ่ายได้ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าใช้จ่ายของการผลิตน้ำร้อนในโรงแรมจากเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดขดลวดไฟฟ้าเพิ่ม 50%

| รายการ | หน่วย | ค่า |
|---|---|---|
| จำนวนวันใช้งานต่อปี | วัน/ปี | 365.00 |
| ต้องการความร้อนวันละ | kcal/วัน | 1,511,250.00 |
| เป็นความร้อนจากขดลวดไฟฟ้า 50% | kcal/วัน | 755,625.00 |
| เป็นพลังงานไฟฟ้าจากขดลวด | kWh/วัน | 878.63 |
| ขดลวดทำงานวันละ | ชม./วัน | 12.00 |
| ขนาดขดลวด | kW | 73.22 |
| อัตราค่าพลังงานไฟฟ้า | บาท/kWh | 3.00 |
| มูลค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปี | บาท/ปี | 962,103.92 |

**2. การวิเคราะห์ทางการเงินของการทดแทนระบบผลิตน้ำร้อนอื่นๆ ด้วยปั๊มความร้อน**

หากโรงแรมที่มีเงื่อนไขการใช้งานและการผลิตน้ำร้อนเช่นเดียวกันกับโรงแรมกรณีศึกษาได้มีการตัดสินใจติดตั้งระบบทำน้ำร้อนด้วยระบบอื่นๆ คือ การผลิตน้ำร้อนแทนการผลิตน้ำร้อนจากระบบทำน้ำร้อนจากน้ำมันเตา ขดลวดไฟฟ้า และเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นระบบเดิมมาก่อนและต้องการจะเปลี่ยนมาใช้ระบบปั๊มความร้อนนั้นต้องมีการพิจารณาความคุ้มค่าในการลงทุน

2.1 ต้นทุนทางการเงินของโครงการ

ต้นทุนหรือรายจ่าย (Cost) ทางการเงินของโครงการประกอบด้วยต้นทุน 2 ส่วน คือ ต้นทุนการลงทุนเริ่มต้น ($C_f$)และต้นทุนขณะดำเนินการ ($C_v$) คือ ต้นทุนที่เพิ่มขึ้นครั้งแรกและต้นทุนเงินประกันที่เพิ่มขึ้นต่อปีเมื่อเปลี่ยนมาใช้ระบบปั๊มความร้อนแทนระบบผลิตน้ำร้อนชนิดอื่น โดยสามารถแสดงถึงต้นทุนของโครงการในแต่ละส่วนดังนี้

2.1.1 ต้นทุนการลงทุนเริ่มต้น (Investment Cost)

ในกรณีที่โรงแรมกรณีศึกษาได้มีการตัดสินใจติดตั้งระบบทำน้ำร้อนด้วยระบบอื่นๆ คือ การผลิตน้ำร้อนแทนการผลิตน้ำร้อนจากระบบทำน้ำร้อนจากน้ำมันเตา ขดลวดไฟฟ้า และเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ และต้องการจะเปลี่ยนมาใช้ระบบปั๊มความร้อนนั้นย่อมมีต้นทุนเริ่มแรกที่เพิ่มมากขึ้นเนื่องจากราคาระบบและภาษีมูลค่าเพิ่มที่แตกต่างกัน ในการศึกษานี้จะถือว่าต้นทุนค่าแรงงานในการติดตั้ง พร้อมทั้งอุปกรณ์ประกอบระบบผลิตน้ำร้อน เช่น ท่อน้ำร้อน

สายไฟฟ้า และอุปกรณ์อื่นๆ ของแต่ละระบบมีค่าเท่ากัน ดังนั้นต้นทุนการลงทุนเริ่มต้นจึงแตกต่างกันเฉพาะส่วนของต้นทุนระบบผลิตน้ำร้อนแต่ละชนิด รายละเอียดดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ต้นทุนการลงทุนเริ่มต้นระบบผลิตน้ำร้อนแต่ละชนิด

| กรณีที่ | ชนิดของระบบทำน้ำร้อน | ต้นทุนระบบผลิตน้ำร้อน (บาท) | ต้นทุนที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปลี่ยนมาใช้ระบบปั๊มความร้อนแทนระบบอื่นๆ (บาท) | ต้นทุนที่เพิ่มขึ้น (%) |
|---|---|---|---|---|
| | ปั๊มความร้อน | 14,370,000.00 | ค่าอ้างอิง | ค่าอ้างอิง |
| 1. | น้ำมันเตา | 7,612,800.00 | 6,757,200.00 | 47.02% |
| 2. | ขดลวดไฟฟ้า | 5,341,500.00 | 9,028,500.00 | 62.83% |
| 3. | พลังงานแสงอาทิตย์ | 10,958,250.00 | 3,411,750.00 | 23.74% |

ที่มา : สำรวจข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิตและผู้นำเข้า

2.1.2 ต้นทุนขณะดำเนินการ (Operation Cost)

ต้นทุนขณะดำเนินการ (Operation Cost) ประกอบด้วย ค่าประกันระบบ ค่าซ่อมบำรุง ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ทั้งนี้ค่าใช้จ่ายในส่วนดังกล่าวของระบบผลิตน้ำร้อนแต่ละชนิดจะมีค่าแตกต่างกัน โดยทั่วไปค่าประกันระบบจะมีค่าเท่ากับ 1% ของมูลค่าเริ่มต้น ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานคำนวณจากปริมาณเชื้อเพลิงและไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตน้ำร้อนภายใต้สภาวะเงื่อนไขเดียวกัน โดยการคิดคำนวณค่าใช้จ่ายด้านพลังงานตลอดอายุการใช้งานของระบบผลิตน้ำร้อนแต่ละชนิดทั้งนี้เนื่องมาจากระบบผลิตน้ำร้อนเมื่อใช้งานได้ระยะเวลาหนึ่งย่อมทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องลดลง ทำให้มีการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งราคาของพลังงานแต่ละประเภทที่ใช้ในระบบก็มีราคาสูงสุดตามสภาวการณ์ การศึกษานี้จึงคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานให้มีค่าสูงขึ้นในแต่ละปีโดยใช้ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นปีละ 5% และค่าน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับหม้อต้มน้ำเพิ่มขึ้นปีละ 10% เนื่องจากราคาน้ำมันมีแนวโน้มเพิ่มสูงมากกว่าค่าพลังงานไฟฟ้า และต้นทุนการดำเนินการในส่วนของค่าบำรุงรักษาด้วยวิธีการจ้างหน่วยงานภายนอก (Outsource) ทั้งนี้ระบบผลิตน้ำร้อนนั้นย่อมต้องได้รับการบำรุงรักษามากขึ้นเนื่องจากอายุการใช้งานเพิ่มมากขึ้นโดยกำหนดให้อัตราค่า

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย



บำรุงรักษาเพิ่มขึ้นปีละ 10% ซึ่งค่าใช้จ่ายขณะดำเนินการปีแรกของเครื่องผลิตน้ำร้อนแต่ละชนิด สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ต้นทุนขณะดำเนินการของปั๊มความร้อน

| กรณีที่ | ชนิดของระบบผลิตน้ำร้อน | ค่าประกัน (บาท/ปี) | ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานปีแรก* (บาท) | ค่าซ่อมบำรุงปีแรก* (บาท) |
|---|---|---|---|---|
| | ปั๊มความร้อน | 143,700.00 | 641,403.00 | 20,000.00 |
| 1. | น้ำมันเตา | 76,128.00 | 1,366,207.43 | 25,000.00 |
| 2. | ขดลวดไฟฟ้า | 53,415.00 | 1,924,207.85 | 37,500.00 |
| 3. | พลังงานแสงอาทิตย์ | 109,582.00 | 962,103.92 | 78,750.00 |

หมายเหตุ : ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานสำหรับปั๊มความร้อน ขดลวดไฟฟ้า และพลังงานแสงอาทิตย์ เพิ่มขึ้นปีละ 5% และค่าน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับหม้อต้มน้ำเพิ่มขึ้นปีละ 10% และอัตราค่าบำรุงรักษาของทุกระบบเพิ่มขึ้นปีละ 10%

ที่มา : สำรวจข้อมูลจากบริษัทบริการซ่อมบำรุงและประกัน

จากตารางที่ 6 จะพบว่าต้นทุนขณะดำเนินการของระบบผลิตน้ำร้อนแต่ละชนิดทั้ง 3 ส่วน คือ ค่าประกัน ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน และค่าซ่อมบำรุง พบว่าหากมีการเปลี่ยนจากการผลิตน้ำร้อนจากระบบอื่นๆมาใช้ปั๊มความร้อนแทน จะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าใช้จ่ายด้านพลังงานและค่าซ่อมบำรุงได้ ดังนั้นต้นทุนในการดำเนินการสุทธิจึงมีเฉพาะส่วนของค่าประกันเท่านั้น

2.2 ผลประโยชน์ทางการเงินของโครงการ

ผลตอบแทนหรือผลประโยชน์ (Benefit) ทางการเงินของโครงการ คือมูลค่าด้านพลังงานที่ประหยัดได้ (Energy Saved) มูลค่าการซ่อมบำรุงที่ลดลง และมูลค่าซากที่จำหน่ายได้ของระบบทั้งนี้คิดมูลค่าซากแบบหักลดปีละเท่าๆ กันตลอดอายุการใช้งาน ของมูลค่าการลงทุนเริ่มแรกของระบบนั้น โดยผลประโยชน์นี้สามารถคำนวณได้จากการเปรียบเทียบมูลค่าที่ลดลงของต้นทุนที่ลดลงเมื่อมีการใช้ปั๊มความร้อนผลิตน้ำร้อนแทนระบบอื่นๆ ที่เงื่อนไขการผลิตน้ำร้อนเดียวกัน ดังสมการต่อไปนี้คือ

$$B_d = PC(e) - PC(i)$$

เมื่อ $B_d$ = มูลค่าผลประโยชน์ที่ได้ในช่วงระยะเวลา 1 ปี

PC (e) = ต้นทุนจากการใช้ระบบผลิตน้ำร้อนจากปั๊มความร้อน (Heat Pump) ในช่วงระยะเวลา 1 ปี

PC (i) = ต้นทุนจากการผลิตน้ำร้อนของเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆในช่วงระยะเวลา 1 ปี

จากการคำนวณมูลค่าผลประโยชน์ได้จากการติดตั้งระบบทำน้ำร้อนจากปั๊มความร้อน (Heat Pump) แทนการใช้ระบบทำน้ำร้อนจากเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายพลังงานที่ประหยัดได้ ค่าบำรุงรักษาที่ลดลง และมูลค่าซากที่จำหน่ายได้ในราคาที่สูงขึ้น ดังแสดงได้ดังรายละเอียดในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายและเปรียบเทียบผลการประหยัดพลังงานเมื่อติดตั้งปั๊มความร้อนแทนการผลิตน้ำร้อนด้วยระบบอื่นๆ ในภาวะเงื่อนไขการผลิตน้ำร้อนเดียวกัน

| กรณีที่ | ชนิดของระบบผลิตน้ำร้อน | มูลค่าซากในปีสุดท้ายที่เพิ่มขึ้น (บาท) | ผลประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานปีแรก* (บาท) | ผลการประหยัดค่าซ่อมบำรุงปีแรก* (บาท) |
|---|---|---|---|---|
| | ปั๊มความร้อน | อ้างอิง | อ้างอิง | อ้างอิง |
| 1. | น้ำมันเตา | 450,480.00 | 724,804.81 | 5,000.00 |
| 2. | ขดลวดไฟฟ้า | 601,900.00 | 1,282,805.23 | 17,500 .00 |
| 3. | พลังงานแสงอาทิตย์ | 227,450.00 | 320,701.31 | 58,750.00 |

หมายเหตุ : 1. ผลการประหยัดด้านพลังงานสำหรับปั๊มความร้อน ขดลวดไฟฟ้า และพลังงานแสงอาทิตย์ เพิ่มขึ้นปีละ 5% และค่าน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับหม้อต้มน้ำเพิ่มขึ้นปีละ 10% และค่าบำรุงรักษาของทุกระบบเพิ่มขึ้นปีละ 10% ซึ่งเป็นไปตามสัดส่วนของค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น

2.3 ค่าใช้จ่ายสุทธิตลอดอายุการใช้งาน

ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายสุทธิตลอดอายุการใช้งาน (Cost) ของการติดตั้งระบบผลิตน้ำร้อนทุกประเภทซึ่งประกอบด้วย ต้นทุนการลงทุนเริ่มต้น ($C_f$) และต้นทุนขณะดำเนินการ ($C_v$) ทั้งนี้ต้นทุนการลงทุนเริ่มต้น (Investment Cost) ของโครงการนั้นในการศึกษานี้จะถือว่าต้นทุนค่าแรงงานในการติดตั้ง พร้อมทั้งอุปกรณ์ประกอบระบบผลิตน้ำร้อน เช่น ท่อน้ำร้อน สายไฟฟ้า และอุปกรณ์อื่นๆ ของแต่ละระบบมีค่าเท่ากัน ดังนั้นต้นทุนการลงทุนเริ่มต้นจึงแตกต่างกันเฉพาะส่วนของต้นทุนระบบผลิตน้ำร้อนแต่ละชนิด และต้นทุนขณะดำเนินการ (Operation Cost) ประกอบด้วย ค่าประกันระบบ ค่าซ่อมบำรุง ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ทั้งนี้ค่าใช้จ่ายในส่วนดังกล่าวของระบบผลิตน้ำร้อนแต่ละชนิดจะมีค่าแตกต่างกัน โดยทั่วไปค่าประกันระบบจะมีค่าเท่ากับ 1%

ของมูลค่าเริ่มต้น ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานคำนวณจากปริมาณเชื้อเพลิงและไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตน้ำร้อนภายใต้สภาวะเงื่อนไขเดียวกัน โดยการคิดคำนวณค่าใช้จ่ายด้านพลังงานตลอดอายุการใช้งานของระบบผลิตน้ำร้อนแต่ละชนิดทั้งนี้เนื่องมาจากระบบผลิตน้ำร้อนเมื่อใช้งานได้ระยะเวลาหนึ่งย่อมทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องลดลงทำให้มีการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งราคาของพลังงานแต่ละประเภทที่ใช้ในระบบก็มีราคาสูงสุดตามสภาวการณ์ การศึกษานี้จึงคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานให้มีค่าสูงขึ้นในแต่ละปีโดยใช้ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นปีละ 5% และค่าน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับหม้อต้มน้ำเพิ่มขึ้นปีละ 10% เนื่องจากราคาน้ำมันมีแนวโน้มเพิ่มสูงมากกว่าค่าพลังงานไฟฟ้า และต้นทุนการดำเนินการในส่วนของค่าบำรุงรักษาด้วยวิธีการจ้างหน่วยงานภายนอก (Outsource) ทั้งนี้ระบบผลิตน้ำร้อนนั้นย่อมต้องได้รับการบำรุงรักษามากขึ้นเนื่องจากอายุการใช้งานเพิ่มมากขึ้นโดยกำหนดให้อัตราค่าบำรุงรักษาเพิ่มขึ้นปีละ 10% อย่างไรก็ตามค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานในการติดตั้งระบบผลิตน้ำร้อนแต่ละชนิดยังมีความเกี่ยวข้องกับรายได้ที่ได้จากมูลค่าซากที่ทำให้ค่าใช้จ่ายนั้นลดลง การศึกษานี้ใช้วิธีการคิดค่าเสื่อมราคาแบบลดเท่ากันทุกปีทั้งนี้มูลค่าซากนั้นถือได้ว่าเป็นส่วนของรายได้ที่นำมาลดต้นทุนค่าใช้จ่ายของระบบผลิตน้ำร้อน โดยระบบทำน้ำร้อนชนิดที่ใช้หม้อไอน้ำประเภทใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตา ระบบขดลวดไฟฟ้า ปั๊มความร้อน และระบบการผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ มีค่าใช้จ่ายสุทธิตลอดอายุการใช้งานเท่ากับ 52,449,312.61 บาท 48,499,734.49 บาท 30,043,496.77 บาท และ 39,857,464.90 บาท ตามลำดับ แสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 8 ถึง 11

ตารางที่ 8 ค่าใช้จ่ายสุทธิตลอดอายุการใช้งานของระบบปั๊มความร้อน

| ปีที่ | มูลค่าลงทุนเริ่มต้น | ค่าประกัน | มูลค่าซาก | ค่าพลังงานไฟฟ้า | ค่าซ่อมบำรุง |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 14,370,000.00 | | | | |
| 1 | | 143,700.00 | | 641,402.62 | 20,000.00 |
| 2 | | 143,700.00 | | 673,472.75 | 22,000.00 |
| 3 | | 143,700.00 | | 707,146.38 | 24,200.00 |
| 4 | | 143,700.00 | | 742,503.70 | 26,620.00 |
| 5 | | 143,700.00 | | 779,628.89 | 29,282.00 |
| 6 | | 143,700.00 | | 818,610.33 | 32,210.20 |
| 7 | | 143,700.00 | | 859,540.85 | 35,431.22 |
| 8 | | 143,700.00 | | 902,517.89 | 38,974.34 |

ตารางที่ 8 (ต่อ)

| ปีที่ | มูลค่าลงทุนเริ่มต้น | ค่าประกัน | มูลค่าซาก | ค่าพลังงานไฟฟ้า | ค่าซ่อมบำรุง |
|---|---|---|---|---|---|
| 9 | | 143,700.00 | | 947,643.79 | 42,871.78 |
| 10 | | 143,700.00 | | 995,025.98 | 47,158.95 |
| 11 | | 143,700.00 | | 1,044,777.28 | 51,874.85 |
| 12 | | 143,700.00 | | 1,097,016.14 | 57,062.33 |
| 13 | | 143,700.00 | | 1,151,866.95 | 62,768.57 |
| 14 | | 143,700.00 | | 1,209,460.29 | 69,045.42 |
| 15 | | 143,700.00 | 958,000.00 | 1,269,933.31 | 75,949.97 |

ตารางที่ 9 ค่าใช้จ่ายสุทธิตลอดอายุการใช้งานของระบบขดลวดไฟฟ้า

| ปีที่ | มูลค่าลงทุนเริ่มต้น | ค่าประกัน | มูลค่าซาก | ค่าพลังงานไฟฟ้า | ค่าซ่อมบำรุง |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 5,341,500.00 | | | | |
| 1 | | 53,415.00 | | 1,924,207.85 | 37,500.00 |
| 2 | | 53,415.00 | | 2,020,418.24 | 41,250.00 |
| 3 | | 53,415.00 | | 2,121,439.15 | 45,375.00 |
| 4 | | 53,415.00 | | 2,227,511.11 | 49,912.50 |
| 5 | | 53,415.00 | | 2,338,886.67 | 54,903.75 |
| 6 | | 53,415.00 | | 2,455,831.00 | 60,394.13 |
| 7 | | 53,415.00 | | 2,578,622.55 | 66,433.54 |
| 8 | | 53,415.00 | | 2,707,553.68 | 73,076.89 |
| 9 | | 53,415.00 | | 2,842,931.36 | 80,384.58 |
| 10 | | 53,415.00 | | 2,985,077.93 | 88,423.04 |
| 11 | | 53,415.00 | | 3,134,331.83 | 97,265.34 |
| 12 | | 53,415.00 | | 3,291,048.42 | 106,991.88 |
| 13 | | 53,415.00 | | 3,455,600.84 | 117,691.06 |
| 14 | | 53,415.00 | -- | 3,628,380.88 | 129,460.17 |
| 15 | | 53,415.00 | 356,100.00 | 3,809,799.92 | 142,406.19 |

ตารางที่ 10 ค่าใช้จ่ายสุทธิตลอดอายุการใช้งานของระบบหม้อไอน้ำ

| ปีที่ | มูลค่าลงทุนเริ่มต้น | ค่าประกัน | มูลค่าซาก | ค่าพลังงานไฟฟ้า | ค่าซ่อมบำรุง |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 7,612,800.00 | | | | |
| 1 | | 76,128.00 | | 1,366,207.43 | 25,000.00 |
| 2 | | 76,128.00 | | 1,502,828.17 | 27,500.00 |
| 3 | | 76,128.00 | | 1,653,110.99 | 30,250.00 |
| 4 | | 76,128.00 | | 1,818,422.09 | 33,275.00 |
| 5 | | 76,128.00 | | 2,000,264.30 | 36,602.50 |
| 6 | | 76,128.00 | | 2,200,290.73 | 40,262.75 |
| 7 | | 76,128.00 | | 2,420,319.80 | 44,289.03 |
| 8 | | 76,128.00 | | 2,662,351.78 | 48,717.93 |
| 9 | | 76,128.00 | | 2,928,586.96 | 53,589.72 |
| 10 | | 76,128.00 | | 3,221,445.66 | 58,948.69 |
| 11 | | 76,128.00 | | 3,543,590.22 | 64,843.56 |
| 12 | | 76,128.00 | | 3,897,949.24 | 71,327.92 |
| 13 | | 76,128.00 | | 4,287,744.17 | 78,460.71 |
| 14 | | 76,128.00 | | 4,716,518.58 | 86,306.78 |
| 15 | | 76,128.00 | 507,520.00 | 5,188,170.44 | 94,937.46 |

ตารางที่ 11 ค่าใช้จ่ายสุทธิตลอดอายุการใช้งานของระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

| ปีที่ | มูลค่าลงทุนเริ่มต้น | ค่าประกัน | มูลค่าซาก | ค่าพลังงานไฟฟ้า | ค่าซ่อมบำรุง |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 10,958,250.00 | | | | |
| 1 | | 109,582.50 | | 962,103.92 | 78,750.00 |
| 2 | | 109,582.50 | | 1,010,209.12 | 105,375.00 |
| 3 | | 109,582.50 | | 1,060,719.58 | 136,537.50 |
| 4 | | 109,582.50 | | 1,113,755.56 | 172,878.75 |

ตารางที่ 11 (ต่อ)

| ปีที่ | มูลค่าลงทุนเริ่มต้น | ค่าประกัน | มูลค่าซาก | ค่าพลังงานไฟฟ้า | ค่าซ่อมบำรุง |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | | 109,582.50 | | 1,169,443.33 | 215,122.88 |
| 6 | | 109,582.50 | | 1,227,915.50 | 264,087.04 |
| 7 | | 109,582.50 | | 1,289,311.27 | 320,692.80 |
| 8 | | 109,582.50 | | 1,353,776.84 | 385,978.85 |
| 9 | | 109,582.50 | | 1,421,465.68 | 461,115.18 |
| 10 | | 109,582.50 | | 1,492,538.96 | 547,418.99 |
| 11 | | 109,582.50 | | 1,567,165.91 | 646,372.41 |
| 12 | | 109,582.50 | | 1,645,524.21 | 759,642.32 |
| 13 | | 109,582.50 | | 1,727,800.42 | 889,102.49 |
| 14 | | 109,582.50 | | 1,814,190.44 | 1,036,858.27 |
| 15 | | 109,582.50 | 730,550.00 | 1,904,899.96 | 1,205,274.19 |

2.4 ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงิน

ในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินของโครงการจะทำการวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลต้นทุนและผลประโยชน์ทางการเงินมาทำการวิเคราะห์โดยใช้ตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการ 3 ตัว คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio : BCR) และอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return : IRR)

จากการวิเคราะห์โดยใช้ตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการ 4 ตัว คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio : BCR) อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return : IRR) และ ระยะเวลาในการคืนทุน (Simple Payback Period :SPP) ตามสมการที่กำหนดไว้พบว่าทุกกรณีมีคุ้มค่าทางการเงิน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

**กรณีที่ 1** การผลิตน้ำร้อนจากปั๊มความร้อนแทนการใช้น้ำมันเตา

การผลิตน้ำร้อนจากปั๊มความร้อนแทนการใช้น้ำมันเตาไม่มีความเป็นไปได้ทางการเงิน คือ โครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 3,609,877.74 บาท อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) เท่ากับ 1.50 อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) เท่ากับ 18.05% และระยะเวลาการคืนทุน (SPP) เท่ากับ 10.15 ปี ดังแสดงในตารางที่ 12 โดยสามารถสรุปการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการ จากตัวชี้วัดแต่ละตัว ได้ดังนี้

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV) ของโครงการมีมูลค่าเท่ากับ 3,609,877.74 บาท หมายความว่า การลงทุนในการผลิตน้ำร้อนจากปั๊มความร้อนแทนการใช้น้ำมันเตาในโรงแรม เมื่อสิ้นสุดโครงการแล้วจะมีมูลค่าในปัจจุบันของผลตอบแทนที่หักลบกับต้นทุนแล้วมีมูลค่าเท่ากับ 3,609,877.74 บาท ซึ่งแสดงว่าโครงการนี้สมควรที่จะลงทุนเพราะเป็นโครงการที่ได้รับผลตอบแทนมากกว่าต้นทุนและมีค่า NPV มากกว่า 0

อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio : BCR) ของโครงการมีค่าเท่ากับ 1.50 หมายความว่า การลงทุนในการลงทุนการผลิตน้ำร้อนจากปั๊มความร้อนแทนการใช้น้ำมันเตาในโรงแรมเมื่อสิ้นสุดโครงการแล้วจะมีอัตราส่วนของผลตอบแทนที่มากกว่าต้นทุนที่ปรับให้เป็นมูลค่าในปัจจุบันแล้ว 1.50 เท่า ซึ่งแสดงว่าโครงการสมควรที่จะลงทุนเพราะเป็นโครงการที่มีค่า BCR มากกว่า 1

อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return : IRR) ของโครงการมีค่าเท่ากับ 18.05% หมายความว่า อัตราดอกเบี้ยของเงินทุนที่นำมาใช้ในการลงทุนในการลงทุนการผลิตน้ำร้อนจากปั๊มความร้อนแทนการใช้น้ำมันเตาในโรงแรมมีค่าเพิ่มขึ้น 18.05% หรือแสดงว่าแม้ว่าจะต้องเสียอัตราดอกเบี้ย โครงการก็ให้ผลตอบแทนที่มากกว่าต้นทุน ดังนั้นจึงมีความคุ้มค่าในการลงทุน

ระยะเวลาในการคืนทุน (Simple Payback Period :SPP) ของโครงการมีค่าเท่ากับ 10.15 ปีหมายความว่า มูลค่าของผลการประหยัดเมื่อใช้งานระบบปั๊มความร้อนแทนแทนการใช้น้ำมันเตาในโรงแรมระยะเวลาในการคืนทุนเมื่อใช้งานระบบผ่านไปเวลา 10.15 ปี ซึ่งมีค่าน้อยกว่าอายุการใช้งานของระบบ จึงถือว่าคุ้มค่าในการลงทุน

ตารางที่ 12 ต้นทุนและผลประโยชน์ทางการเงินการผลิตน้ำร้อนจากปั๊มความร้อนแทนบอยเลอร์น้ำมันเตา

| ปีที่ | ต้นทุนเริ่มแรกที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปลี่ยนมาใช้ระบบปั๊มความร้อนแทนบอยเลอร์น้ำมันเตา | ค่าใช้จ่ายในการประกันระบบต่อปีที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปลี่ยนมาใช้ระบบปั๊มความร้อนแทนบอยเลอร์น้ำมันเตา | ผลประโยชน์ | อัตราคิดลด 11.75% | มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน (PVC) | มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ (PVB) | มูลค่าปัจจุบันสุทธิรายปี | มูลค่าปัจจุบันสุทธิสะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 6,757,200 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 6,757,200.00 | 0.00 | -6,757,200.00 | -6,757,200.00 |
| 1 | | 67,572 | 729,804.81 | 0.89 | 60,467.11 | 653,069.18 | 592,602.07 | -6,164,597.93 |
| 2 | | 67,572 | 834,855.43 | 0.80 | 54,109.27 | 668,522.78 | 614,413.51 | -5,550,184.42 |
| 3 | | 67,572 | 952,014.61 | 0.72 | 48,419.93 | 682,183.19 | 633,763.26 | -4,916,421.16 |
| 4 | | 67,572 | 1,082,573.39 | 0.64 | 43,328.80 | 694,172.20 | 650,843.40 | -4,265,577.76 |
| 5 | | 67,572 | 1,227,955.91 | 0.57 | 38,772.97 | 704,604.02 | 665,831.04 | -3,599,746.71 |
| 6 | | 67,572 | 1,389,732.95 | 0.51 | 34,696.17 | 713,585.74 | 678,889.57 | -2,920,857.15 |
| 7 | | 67,572 | 1,569,636.76 | 0.46 | 31,048.03 | 721,217.80 | 690,169.77 | -2,230,687.38 |
| 8 | | 67,572 | 1,769,577.47 | 0.41 | 27,783.47 | 727,594.37 | 699,810.89 | -1,530,876.48 |
| 9 | | 67,572 | 1,991,661.12 | 0.37 | 24,862.17 | 732,803.71 | 707,941.54 | -822,934.94 |
| 10 | | 67,572 | 2,238,209.42 | 0.33 | 22,248.02 | 736,928.58 | 714,680.56 | -108,254.39 |
| 11 | | 67,572 | 2,511,781.66 | 0.29 | 19,908.75 | 740,046.54 | 720,137.80 | 611,883.41 |
| 12 | | 67,572 | 2,815,198.69 | 0.26 | 17,815.43 | 742,230.28 | 724,414.85 | 1,336,298.26 |
| 13 | | 67,572 | 3,151,569.36 | 0.24 | 15,942.22 | 743,547.91 | 727,605.69 | 2,063,903.95 |
| 14 | | 67,572 | 3,524,319.65 | 0.21 | 14,265.97 | 744,063.23 | 729,797.26 | 2,793,701.21 |
| 15 | | 67,572 | 4,387,704.63 | 0.19 | 12,765.97 | 828,942.50 | 816,176.53 | 3,609,877.74 |
| รวม (บาท) | | | | | 7,223,634.30 | 10,833,512.05 | | |
| มูลค่าปัจจุบันสุทธิ : NPV (บาท) | | | | | | 3,609,877.74 | | |
| อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน : BCR | | | | | | 1.50 | | |
| อัตราผลประโยชน์ภายในโครงการ : IRR (%) | | | | | | 18.05% | | |
| ระยะเวลาในการคืนทุน (ปี) | | | | | | 10.15 | | |

หมายเหตุ อัตราคิดลดร้อยละ 11.75 ต่อปี ณ วันที่ 6 มิถุนายน พ.ศ. 2551 จากอัตราดอกเบี้ยของธนาคารกรุงไทย

**กรณีที่ 2** การผลิตน้ำร้อนจากปั๊มความร้อนแทนการใช้ขดลวดไฟฟ้า

การผลิตน้ำร้อนจากปั๊มความแทนการใช้ขดลวดไฟฟ้าในโรงแรมไม่มีความเป็นไปได้ทางการเงิน คือโครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 2,213,132.74 บาท อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) เท่ากับ 1.23 อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) เท่ากับ 15.48% และระยะเวลาการคืนทุน (SPP) เท่ากับ 10.97 ปี ดังแสดงในตารางที่ 9 โดยสามารถสรุปการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการ จากตัวชี้วัดแต่ละตัว ได้ดังนี้

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV) ของโครงการมีมูลค่าเท่ากับ 2,213,132.74บาทหมายความว่า การลงทุนในการผลิตน้ำร้อนจากปั๊มความร้อนแทนการใช้ขดลวดไฟฟ้าในโรงแรม เมื่อสิ้นสุดโครงการแล้วจะมีมูลค่าในปัจจุบันของผลตอบแทนที่หักลบกับต้นทุนแล้วมีมูลค่า 2,213,132.74 บาท ซึ่งแสดงว่าโครงการนี้สมควรที่จะลงทุนเพราะเป็นโครงการที่ได้รับผลตอบแทนน้อยกว่าต้นทุนและมีค่า NPV มากกว่า 0

อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio : BCR) ของโครงการมีค่าเท่ากับ 1.23 หมายความว่า การลงทุนในการผลิตน้ำร้อนจากปั๊มความร้อนแทนการใช้ขดลวดไฟฟ้าในโรงแรม เมื่อสิ้นสุดโครงการแล้วจะมีอัตราส่วนของผลตอบแทนที่มากกว่าต้นทุนที่ปรับให้เป็นมูลค่าในปัจจุบันแล้ว 1.23 เท่า ซึ่งแสดงว่าโครงการสมควรที่จะลงทุนเพราะเป็นโครงการที่มีค่า BCR มากกว่า 1

อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return : IRR) ของโครงการมีค่า15.48% เท่ากับ หมายความว่า อัตราดอกเบี้ยของเงินทุนที่นำมาใช้ในการลงทุนในการลงทุนการผลิตน้ำร้อนจากปั๊มความร้อนแทนการใช้การใช้ขดลวดไฟฟ้าในโรงแรมสามารถเพิ่มขึ้นได้15.48% หรือแสดงว่าถ้าหากอัตราดอกเบี้ยของเงินทุนที่นำมาลงทุนยังอยู่ในระดับต่ำกว่า 15.48% ซึ่งแสดงว่าโครงการนี้สมควรที่จะลงทุน

ระยะเวลาในการคืนทุน (Simple Payback Period :SPP) ของโครงการมีค่าเท่ากับ 10.15 ปีหมายความว่า มูลค่าของผลการประหยัดเมื่อใช้งานระบบปั๊มความร้อนแทนแทนการใช้ขดลวดไฟฟ้าในโรงแรมระยะเวลาในการคืนทุนเมื่อใช้งานระบบผ่านไปเวลา 10.97 ปี ซึ่งมีค่าน้อยกว่าอายุการใช้งานของระบบ จึงถือว่าคุ้มค่าในการลงทุน

ตารางที่ 13 ต้นทุนและผลประโยชน์ทางการเงินของการผลิตน้ำร้อนจากปั๊มความร้อนแทนการใช้ขดลวดไฟฟ้า

| ปีที่ | ต้นทุนเริ่มแรกที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปลี่ยนมาใช้ระบบปั๊มความร้อนแทนขดลวดไฟฟ้า | ค่าใช้จ่ายในการประกันระบบต่อปีที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปลี่ยนมาใช้ระบบปั๊มความร้อนแทนขดลวดไฟฟ้า | ผลประโยชน์ | อัตราคิดลด 11.75% | มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน (PVC) | มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ (PVB) | มูลค่าปัจจุบันสุทธิรายปี | มูลค่าปัจจุบันสุทธิสะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 9,028,500 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 9,028,500.00 | 0.00 | -9,028,500.00 | -9,028,500.00 |
| 1 | | 90,285 | 1,300,305.23 | 0.89 | 80,791.95 | 1,163,584.10 | 1,082,792.15 | -7,945,707.85 |
| 2 | | 90,285 | 1,366,195.49 | 0.80 | 72,297.04 | 1,094,001.17 | 1,021,704.12 | -6,924,003.72 |
| 3 | | 90,285 | 1,435,467.77 | 0.72 | 64,695.34 | 1,028,610.26 | 963,914.91 | -5,960,088.81 |
| 4 | | 90,285 | 1,508,299.91 | 0.64 | 57,892.92 | 967,158.33 | 909,265.41 | -5,050,823.40 |
| 5 | | 90,285 | 1,584,879.53 | 0.57 | 51,805.75 | 909,407.64 | 857,601.89 | -4,193,221.51 |
| 6 | | 90,285 | 1,665,404.59 | 0.51 | 46,358.61 | 855,134.77 | 808,776.16 | -3,384,445.35 |
| 7 | | 90,285 | 1,750,084.02 | 0.46 | 41,484.22 | 804,129.84 | 762,645.62 | -2,621,799.73 |
| 8 | | 90,285 | 1,839,138.33 | 0.41 | 37,122.34 | 756,195.59 | 719,073.25 | -1,902,726.48 |
| 9 | | 90,285 | 1,932,800.38 | 0.37 | 33,219.10 | 711,146.73 | 677,927.63 | -1,224,798.84 |
| 10 | | 90,285 | 2,031,316.04 | 0.33 | 29,726.26 | 668,809.11 | 639,082.85 | -585,716.00 |
| 11 | | 90,285 | 2,134,945.04 | 0.29 | 26,600.68 | 629,019.13 | 602,418.44 | 16,702.45 |
| 12 | | 90,285 | 2,243,961.82 | 0.26 | 23,803.74 | 591,623.04 | 567,819.30 | 584,521.75 |
| 13 | | 90,285 | 2,358,656.39 | 0.24 | 21,300.89 | 556,476.42 | 535,175.53 | 1,119,697.28 |
| 14 | | 90,285 | 2,479,335.33 | 0.21 | 19,061.20 | 523,443.52 | 504,382.32 | 1,624,079.60 |
| 15 | | 90,285 | 3,208,222.84 | 0.19 | 17,057.00 | 606,110.14 | 589,053.14 | 2,213,132.74 |
| รวม (บาท) | | | | | 9,651,717.03 | 11,864,849.77 | | |
| มูลค่าปัจจุบันสุทธิ : NPV (บาท) | | | | | | 2,213,132.74 | | |
| อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน : BCR | | | | | | 1.23 | | |
| อัตราผลประโยชน์ภายในโครงการ : IRR (%) | | | | | | 15.48% | | |
| ระยะเวลาในการคืนทุน (ปี) | | | | | | 10.97 | | |

หมายเหตุ อัตราคิดลดร้อยละ 11.75 ต่อปี ณ วันที่ 6 มิถุนายน พ.ศ. 2551 จากอัตราดอกเบี้ยของธนาคารกรุงไทย

**กรณีที่ 3** การผลิตน้ำร้อนจากปั๊มความร้อนแทนการใช้เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

การผลิตน้ำร้อนจากปั๊มความร้อนแทนการใช้เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ในโรงแรมไม่มีความเป็นไปได้ทางการเงิน คือโครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) 1,305,104.64 บาท อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) เท่ากับ 1.37 อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) เท่ากับ 16.74 % และระยะเวลาการคืนทุน (SPP) เท่ากับ 10.91 ปี ดังแสดงในตารางที่ 10 โดยสามารถสรุปการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการ จากตัวชี้วัดแต่ละตัว ได้ดังนี้

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV) ของโครงการมีมูลค่าเท่ากับ 1,305,104.64 บาท หมายความว่า การลงทุนในการผลิตน้ำร้อนจากปั๊มความร้อนแทนการใช้เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในโรงแรม เมื่อสิ้นสุดโครงการแล้วจะมีมูลค่าในปัจจุบันของผลตอบแท้นที่หักลบกับต้นทุน แล้วมีมูลค่า 1,305,104.64 บาท ซึ่งแสดงว่าโครงการนี้สมควรที่จะลงทุนเพราะเป็นโครงการที่ได้รับผลตอบแทนมากกว่าต้นทุนและมีค่า NPV มากกว่า 0

อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio : BCR) ของโครงการมีค่าเท่ากับ 1.37 หมายความว่า การลงทุนในการผลิตน้ำร้อนจากปั๊มความร้อนแทนการใช้เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในโรงแรม เมื่อสิ้นสุดโครงการแล้วจะมีอัตราส่วนของผลตอบแทนที่มากกว่าต้นทุนที่ปรับให้เป็นมูลค่าในปัจจุบัน 1.37 เท่า ซึ่งแสดงว่าโครงการสมควรที่จะลงทุนเพราะเป็นโครงการที่มีค่า BCR มากกว่า 1

อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return : IRR) ของโครงการมีค่า 16.74 % เท่ากับ หมายความว่า อัตราดอกเบี้ยของเงินทุนที่นำมาใช้ในการลงทุนในการลงทุนการผลิตน้ำร้อนจากปั๊มความร้อนแทนการใช้เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในโรงแรมมีค่าเพิ่มขึ้น 16.74 % โครงการนี้ให้ผลตอบแทนที่มากกว่าต้นทุน ดังนั้นจึงมีความคุ้มค่าในการลงทุน

ระยะเวลาในการคืนทุน (Simple Payback Period :SPP) ของโครงการมีค่าเท่ากับ 10.91 ปีหมายความว่า มูลค่าของผลการประหยัดเมื่อใช้งานระบบปั๊มความร้อนแทนแทนการใช้เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในโรงแรมระยะเวลาในการคืนทุนเมื่อใช้งานระบบผ่านไปเวลา 10.91 ปี ซึ่งมีค่าน้อยกว่าอายุการใช้งานของระบบ จึงถือว่าคุ้มค่าในการลงทุน

ตารางที่ 14 ต้นทุนและผลประโยชน์ทางการเงินของการผลิตน้ำร้อนจากปั๊มความร้อนแทนการใช้เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

| ปีที่ | ต้นทุนเริ่มแรกที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปลี่ยนมาใช้ระบบปั๊มความร้อนแทนระบบพลังงานแสงอาทิตย์ | ค่าใช้จ่ายในการประกันระบบต่อปีที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปลี่ยนมาใช้ระบบปั๊มความร้อนแทนระบบพลังงานแสงอาทิตย์ | ผลประโยชน์ | อัตราคิดลด 11.75% | มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน (PVC) | มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ (PVB) | มูลค่าปัจจุบันสุทธิรายปี | มูลค่าปัจจุบันสุทธิสะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 3,411,750 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 3,411,750.00 | 0.00 | -3,411,750.00 | -3,411,750.00 |
| 1 | | 34,118 | 379,451.31 | 0.89 | 30,530.20 | 339,553.74 | 309,023.54 | -3,102,726.46 |
| 2 | | 34,118 | 420,111.37 | 0.80 | 27,320.09 | 336,410.37 | 309,090.28 | -2,793,636.18 |
| 3 | | 34,118 | 465,910.69 | 0.72 | 24,447.51 | 333,856.69 | 309,409.18 | -2,484,227.00 |
| 4 | | 34,118 | 517,510.60 | 0.64 | 21,876.97 | 331,840.30 | 309,963.33 | -2,174,263.67 |
| 5 | | 34,118 | 575,655.32 | 0.57 | 19,576.70 | 330,312.39 | 310,735.69 | -1,863,527.98 |
| 6 | | 34,118 | 641,182.00 | 0.51 | 17,518.30 | 329,227.52 | 311,709.22 | -1,551,818.76 |
| 7 | | 34,118 | 715,032.01 | 0.46 | 15,676.33 | 328,543.41 | 312,867.08 | -1,238,951.68 |
| 8 | | 34,118 | 798,263.46 | 0.41 | 14,028.04 | 328,220.72 | 314,192.68 | -924,759.00 |
| 9 | | 34,118 | 892,065.30 | 0.37 | 12,553.05 | 328,222.89 | 315,669.83 | -609,089.17 |
| 10 | | 34,118 | 997,773.03 | 0.33 | 11,233.16 | 328,515.94 | 317,282.78 | -291,806.39 |
| 11 | | 34,118 | 1,116,886.20 | 0.29 | 10,052.04 | 329,068.32 | 319,016.28 | 27,209.89 |
| 12 | | 34,118 | 1,251,088.06 | 0.26 | 8,995.12 | 329,850.77 | 320,855.65 | 348,065.54 |
| 13 | | 34,118 | 1,402,267.40 | 0.24 | 8,049.32 | 330,836.12 | 322,786.80 | 670,852.34 |
| 14 | | 34,118 | 1,572,543.00 | 0.21 | 7,202.97 | 331,999.24 | 324,796.26 | 995,648.60 |
| 15 | | 34,118 | 1,991,740.87 | 0.19 | 6,445.61 | 376,287.56 | 369,841.95 | 1,365,490.55 |
| รวม (บาท) | | | | | 3,647,255.42 | 5,012,745.97 | | |
| มูลค่าปัจจุบันสุทธิ : NPV (บาท) | | | | | | 1,365,490.55 | | |
| อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน : BCR | | | | | | 1.37 | | |
| อัตราผลประโยชน์ภายในโครงการ : IRR (%) | | | | | | 16.74% | | |
| ระยะเวลาในการคืนทุน (ปี) | | | | | | 10.91 | | |

หมายเหตุ อัตราคิดลดร้อยละ 11.75 ต่อปี ณ วันที่ 6 มิถุนายน พ.ศ. 2551 จากอัตราดอกเบี้ยของธนาคารกรุงไทย

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

## ประวัติผู้เขียน

| | |
|---|---|
| ชื่อ- นามสกุล | นายบุญรฤทธิ์ ไร่สูงเนิน |
| ประวัติการศึกษา | ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์<br>สาขาวิชาเครื่องกลวิศวกรรม<br>มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง<br>ปีการศึกษา 2536 |
| ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน | วิศวกรโครงการ บริษัท เอม อี ซี ที จำกัด เลขที่ 252/144 ถนนพหลโยธิน 32 (อาคารชุดสายลมสวีท) เขตจัตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900 |