เทคโนโลยี
การใช้ปั๊มความร้อน สำหรับการทำความร้อน

โครงการสาธิตเทคโนโลยีเชิงลึกเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน
กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

สารบัญ

1. หลักการทำงานของเทคโนโลยี 1

2. การใช้ทดแทนเทคโนโลยีเดิม 2

3. ศักยภาพการประหยัดพลังงาน 3

4. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 3

5. การประยุกต์ใช้งาน 4

6. การลงทุน 4

7. กรณีศึกษา : บริษัท ออโต้อัลลายแอนซ์ (ประเทศไทย) จำกัด 5

8. กรณีศึกษา : บริษัท ฮิตาชิ โกลบอล สตอเรจ เทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัด 16

9. กรณีศึกษา : บริษัท เพรสิเด้นส์ โฮเต็ลและทาวเวอร์ จำกัด 25

10. กรณีศึกษา : บริษัท โรงแรม รอยัลออคิด (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) 34

11. กรณีศึกษา : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 42

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายละเอียดการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง 51
ภาคผนวก ข รายละเอียดการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง 60

การใช้ปั๊มความร้อน สำหรับการทำความร้อน

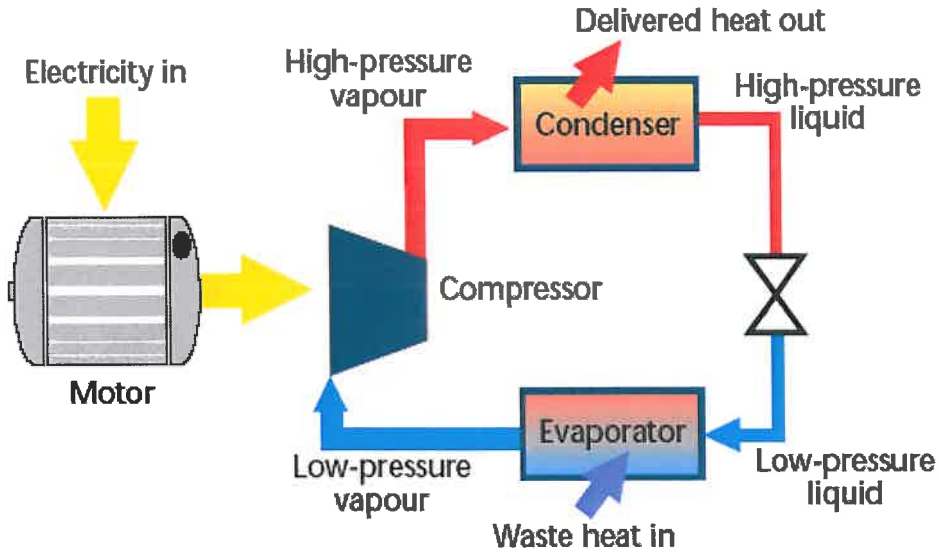
1. หลักการทำงานของเทคโนโลยี

ปั๊มความร้อน คืออะไร

ปั๊มความร้อน คือระบบที่ทำงานในการปั๊มความร้อนจากตำแหน่งหนึ่งไปใช้งานในอีกตำแหน่งหนึ่ง โดยใช้หลักการทำงานตามวัฏจักรการทำงานทางเทอร์โมไดนามิกส์ที่รู้จักกันว่า Carnot Cycle ทำให้สามารถดึงความร้อนจากแหล่งความร้อนแล้วนำไปถ่ายเทในบริเวณที่ต้องการความร้อนได้ วัฏจักรการทำงานของปั๊มความร้อนมีลักษณะเช่นเดียวกับระบบการทำความเย็นแบบอัดไอ (Mechanical Vapour Compression System) ที่มีการประยุกต์ใช้งานโดยทั่วไปในเครื่องปรับอากาศ ต่างกันเพียงแต่ปั๊มความร้อนจะเลือกใช้ประโยชน์จากด้านความร้อนเป็นหลักและควบคุมอุณหภูมิด้านความร้อนแทนด้านความเย็น

ส่วนประกอบการทำงานหลักของปั๊มความร้อน ประกอบด้วย

- **อีวาพอเรเตอร์** ทำหน้าที่ดึงความร้อนจากภายนอกเข้าสู่วงจรปั๊มความร้อน โดยสารทำความเย็นที่ความดันต่ำและอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกจะดึงความร้อนจากภายนอกและเปลี่ยนสถานะเป็นไอ
- **คอมเพรสเซอร์** ทำหน้าที่เพิ่มความดันให้สารทำความเย็นในสถานะไอที่อุณหภูมิต่ำให้มีความดันและอุณหภูมิสูงขึ้นกว่าภายนอกและส่งต่อไปที่คอนเดนเซอร์
- **คอนเดนเซอร์** ทำหน้าที่ระบายความร้อนจากสารทำความเย็นที่ความดันและอุณหภูมิสูงกว่าภายนอก ทำให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวที่ความดันสูงไหลต่อไปยังเอ็กซ์แพนชั่นวาล์ว
- **เอ็กซ์แพนชั่นวาล์ว** ทำหน้าที่ลดความดันของสารทำความเย็นเพื่อป้อนให้กับอีวาพอเรเตอร์



รูปที่ 1 แสดงวัฏจักรการทำงานของปั๊มความร้อน

ในรูปที่ 1 แสดงให้เห็นการทำงานของปั๊มความร้อนซึ่งจะทำงานโดยใช้การหมุนเวียนของสารทำความเย็น เพื่อพาความร้อนจากแหล่งความร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำมาให้แก่ด้านที่ต้องการอุณหภูมิสูง โดยใช้พลังงานจากคอมเพรสเซอร์ ทั้งนี้ ความร้อนที่ได้จากปั๊มความร้อนจึงมีค่าเท่ากับ ความร้อนจากภายนอกผ่านอีวาพอเรเตอร์รวมกับพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์

การประยุกต์ใช้ปั๊มความร้อนสำหรับการทำความร้อนในกระบวนการผลิต

จากหลักการทำงานของปั๊มความร้อนจะเห็นได้ว่าปั๊มความร้อนสามารถใช้ประโยชน์จากความร้อนจากแหล่งความร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำ เช่น ความร้อนในอากาศหรือแหล่งความร้อนสูญเสียซึ่งไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้ด้วยกระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนตามปกติมาทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นจนสามารถนำกลับมาใช้ได้

ในระบบปั๊มความร้อนทั่วไปซึ่งมีค่า COP (Heating) เท่ากับ 3 พลังงานไฟฟ้าที่ป้อนเข้าไปที่คอมเพรสเซอร์เพียง 1 ส่วน สามารถสร้างความร้อนได้ถึง 3 ส่วน โดยพลังงานความร้อนอีก 2 ส่วน จะดึงมาจากอากาศภายนอกหรือความร้อนสูญเสียจากกระบวนการอื่นได้ ดังนั้นปั๊มความร้อนจึงเป็นเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงานสูงสำหรับการทำความร้อน และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการทำงานต่างๆ ได้แก่ การผลิตน้ำร้อนสำหรับกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมหรือในอาคาร รวมทั้งการอบแห้งเพื่อไล่ความชื้นในผลิตภัณฑ์ต่างๆ

2. การใช้ทดแทนเทคโนโลยีเดิม

เทคโนโลยีปั๊มความร้อนสามารถนำมาเปลี่ยนใช้แทนหม้อต้มน้ำหรือหม้อไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงหรือไฟฟ้า เพื่อผลิตน้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 50 – 60 °C สำหรับกระบวนการผลิตหรือการใช้งานต่างๆในอาคาร และใช้ทดแทนการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิง ไอน้ำหรือไฟฟ้า ในกระบวนการทำความร้อนหรือการอบแห้งผลิตภัณฑ์ เช่น พืชผลทางการเกษตร อาหาร ไม้ ที่มีอุณหภูมิไม่สูงนักประมาณไม่เกิน 60 °C ซึ่งเมื่อพิจารณาในแง่ประสิทธิภาพโดยเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การทำงาน (COP) แล้วปั๊มความร้อนโดยทั่วไปซึ่งมีค่า COP มากกว่า 3 จึงมีประสิทธิภาพมากกว่าการผลิตความร้อนโดยใช้ก๊าซธรรมชาติหรือน้ำมันที่มีค่า COP ประมาณ 0.75 – 0.95 อยู่พอสมควร

3. ศักยภาพการประหยัดพลังงาน

จากผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานของการใช้ปั๊มความร้อนในการผลิตความร้อน เปรียบเทียบกับการใช้หม้อต้มน้ำด้วยน้ำมันเตา LPG และไฟฟ้า ปั๊มความร้อนมีศักยภาพในการประหยัดพลังงานได้มากกว่า 60% โดยสามารถประเมินเปรียบเทียบในกรณีการผลิตน้ำร้อนอุณหภูมิ 55 °C จากน้ำดิบอุณหภูมิ 27 °C ปริมาณ 16,000 ลิตรต่อวัน (เทียบเท่าปริมาณการใช้น้ำร้อนสำหรับโรงแรมขนาด 100 ห้อง) ดังนี้

ตารางที่ 1 พลังงานความร้อนที่ต้องใช้ในการผลิตน้ำร้อน 448,000 กิโลแคลอรี่

ประเภทหม้อต้มน้ำ	ประสิทธิภาพการให้ความร้อน	ปริมาณการใช้พลังงาน (kcal)	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง
ด้วยน้ำมันเตา	60%	746,666	79 ลิตร/วัน
ด้วยก๊าซ LPG	70%	640,000	53 กก./วัน
ด้วยขดลวดไฟฟ้า	100%	448,000	520 kWh
ด้วยปั๊มความร้อน	300%	149,333	173 kWh

ตารางที่ 2 แสดงศักยภาพการประหยัดพลังงานของปั๊มความร้อน

กรณี	การเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพการให้ความร้อน	ปริมาณพลังงานที่ประหยัดได้
เปลี่ยนจากน้ำมันเตาเป็นปั๊มความร้อน	จาก 60% เป็น 300%	80%
เปลี่ยนจาก LPG เป็นปั๊มความร้อน	จาก 70% เป็น 300%	76%
เปลี่ยนจากขดลวดไฟฟ้าเป็นปั๊มความร้อน	จาก 100% เป็น 300%	66%

นอกจากนี้จากข้อมูลการติดตั้งใช้งานปั๊มความร้อนในกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมยังแสดงถึงปริมาณพลังงานที่ประหยัดได้ซึ่งมากกว่า 30% ในหลายๆ กระบวนการ

4. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

เทคโนโลยีปั๊มความร้อนมีลักษณะการทำงานเช่นเดียวกับเครื่องปรับอากาศ ดังนั้น จึงมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำอยู่ในระดับเดียวกับเครื่องปรับอากาศทั่วไป

5. การประยุกต์ใช้งาน

สภาพที่เหมาะสมกับการใช้เทคโนโลยี

เทคโนโลยีปั๊มความร้อนเหมาะสำหรับการใช้ผลิตความร้อน ได้แก่ น้ำร้อน หรืออากาศร้อน สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมหรืออาคาร ในช่วงอุณหภูมิของการทำความร้อนไม่เกิน 60 °C ซึ่งเป็นช่วงที่ปั๊มความร้อนทำงานที่ประสิทธิภาพสูง โดยการผลิตความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่านี้จะทำให้ปั๊มความร้อนมีประสิทธิภาพลดลงมาก รวมทั้งข้อจำกัดของคอมเพรสเซอร์ที่ไม่สามารถทำงานได้อุณหภูมิสูงกว่าช่วง 80 – 90 °C

กลุ่มเป้าหมายการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี

กลุ่มของโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารที่สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้ ได้แก่

- โรงงานผลิตอาหารและเครื่องดื่ม
- โรงงานเคมี
- โรงงานสิ่งทอ
- โรงงานผลิตชิ้นส่วนโลหะ
- โรงงานอบแห้งไม้แปรรูป
- อาคารโรงแรม
- อาคารโรงพยาบาล
- ฯลฯ

6. การลงทุน

ราคาของเทคโนโลยี

ราคาของระบบปั๊มความร้อนสำหรับการทำความร้อน จะขึ้นอยู่กับขนาดติดตั้งของระบบและประเภทการติดตั้งใช้งาน โดยจากข้อมูลผู้จำหน่ายระบบ และกรณีศึกษาการติดตั้งในประเทศไทย พบว่า ค่าใช้จ่ายของการติดตั้งระบบปั๊มความร้อนแบบวงจรปิดจะอยู่ระหว่าง 12,000 – 28,000 บาทต่อกิโลวัตต์ความร้อนหรือ 3,500,000 – 8,200,000 บาทต่อ MMBtu

ระยะเวลาคืนทุนของเทคโนโลยี

จากข้อมูลกรณีศึกษาการติดตั้งในประเทศไทย เทคโนโลยีการใช้ปั๊มความร้อนในการทำความร้อนสามารถให้ผลประหยัด ซึ่งมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 2 – 5 ปี ซึ่งในบางกรณีปั๊มความร้อนอาจให้ระยะเวลาคืนทุนไม่ถึง 1 ปี

7. กรณีศึกษา
เทคโนโลยีการใช้ปั๊มความร้อนสำหรับการทำความร้อน

ชื่อสถานประกอบการ	:	บริษัท ออโต้อัลลายแอนซ์ (ประเทศไทย) จำกัด
ประเภทอุตสาหกรรม	:	ผลิตภัณฑ์จากโลหะ (ผลิตรถยนต์)
เทคโนโลยีเชิงลึก	:	การใช้ปั๊มความร้อนสำหรับการทำความร้อน
เทคโนโลยีเดิม	:	ผลิตน้ำร้อนโดยใช้ไอน้ำจากหม้อไอน้ำซึ่งใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นเชื้อเพลิง และผลิตน้ำร้อนโดยตรงจากฮีทเตอร์ไฟฟ้า
การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเชิงลึก	:	เปลี่ยนวิธีการผลิตน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส สำหรับใช้งานในเครื่องล้างชิ้นงาน โดยใช้ปั๊มความร้อนในการผลิตน้ำร้อนใช้งานทดแทน
ระยะเวลาในการติดตั้งเทคโนโลยี	:	8 เดือน
ชนิดของพลังงานที่ประหยัดได้	:	พลังงานความร้อน และ พลังงานไฟฟ้า
ผลประหยัดพลังงานรวม	:	1,987,534 เมกะจูลต่อปี
ผลประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานรวม	:	616,616.98 บาทต่อปี
เงินลงทุน	:	1,729,000 บาท
ระยะเวลาคืนทุน	:	2.80 ปี

7. กรณีศึกษาที่ 1 บริษัท ออโต้อัลลายแอนซ์ (ประเทศไทย) จำกัด

7.1 ความเป็นมาและข้อมูลพื้นฐาน

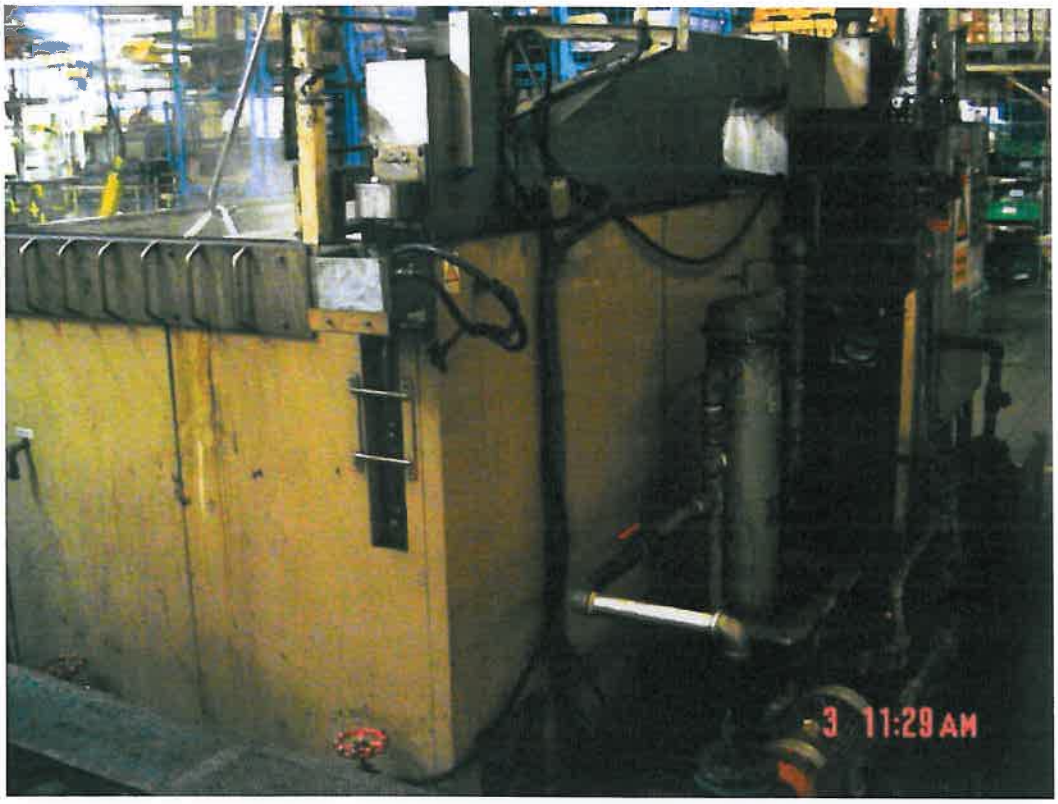
โรงงานบริษัท ออโต้อัลลายแอนซ์ (ประเทศไทย) จำกัด เป็นโรงงานในกลุ่มอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์จากโลหะ (ผลิตรถยนต์) ได้ดำเนินการติดตั้งเทคโนโลยีการใช้ปั๊มความร้อนสำหรับการทำความร้อนเพื่อผลิตน้ำร้อน ทดแทนการใช้ความร้อนจากหม้อไอน้ำ และจากขดลวดไฟฟ้า

7.2 สภาพการดำเนินการก่อนและหลังปรับปรุง

7.2.1 สภาพการดำเนินการก่อนปรับปรุง

โรงงานบริษัท ออโต้อัลลายแอนซ์ (ประเทศไทย) จำกัด มีการใช้งานน้ำร้อนในกระบวนการล้างทำความสะอาดเครื่องยนต์และชิ้นส่วนก่อนทำการประกอบในฝ่ายผลิต จำนวน 3 จุด โดยจุดล้างที่ 1 ใช้แหล่งความร้อนจากไอน้ำที่มาจากหม้อไอน้ำซึ่งใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นเชื้อเพลิง จุดล้างที่ 2 และจุดล้างที่ 3 ใช้แหล่งความร้อนจากขดลวดไฟฟ้า เพื่อรักษาอุณหภูมิน้ำให้ได้ประมาณ 60 – 70 °C โดยรายละเอียดอุปกรณ์ในระบบเดิมแสดงได้ ดังนี้

รูปที่ 2 หม้อไอน้ำขนาด 20 แรงม้า จำนวน 2 ชุด

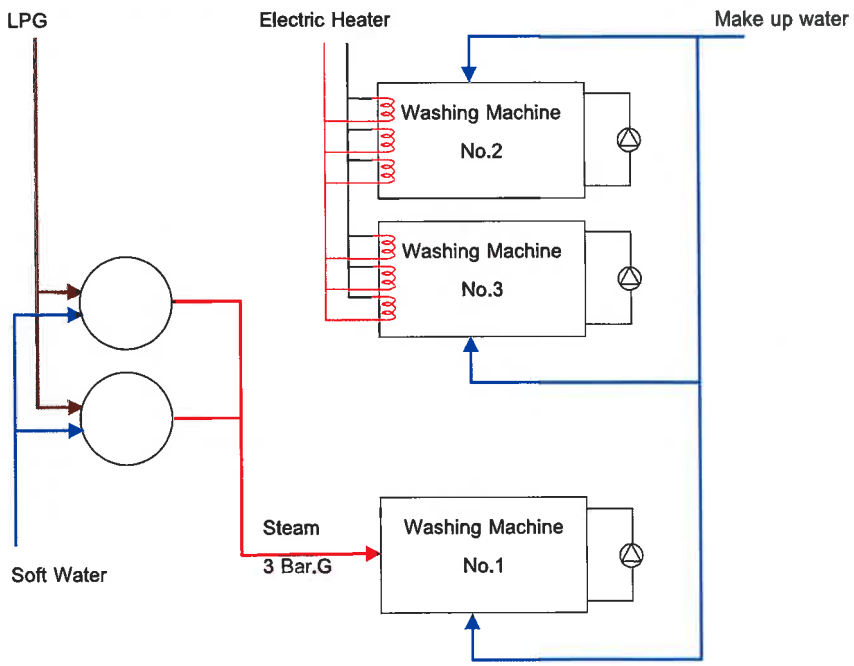


รูปที่ 3 เครื่องล้างที่ 1 ทำความร้อนโดยใช้ขดท่อไอน้ำ จำนวน 1 ชุด

รูปที่ 4 เครื่องล้างที่ 2 ทำความร้อนโดยใช้ขดลวดไฟฟ้า ขนาด 15 กิโลวัตต์ จำนวน 3 ชุด

รูปที่ 5 เครื่องล้างที่ 3 ทำความร้อนโดยใช้ขดลวดไฟฟ้า ขนาด 15 กิโลวัตต์ จำนวน 3 ชุด

• ไดอะแกรมของเครื่องจักร/อุปกรณ์เดิม



รูปที่ 6 ไดอะแกรมระบบผลิตน้ำร้อนก่อนปรับปรุง

7.2.2 ดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง (Baseline Energy Index)

ในการผลิตน้ำร้อนเพื่อใช้ในกระบวนการล้างชิ้นงานของโรงงาน จะแตกต่างกันไปตามลักษณะของเครื่องล้างชิ้นงานซึ่งมีจำนวน 3 เครื่อง โดยเครื่องล้างที่ 1 จะใช้น้ำร้อนที่ได้ความร้อนมาจากไอน้ำซึ่งผลิตจากหม้อไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นเชื้อเพลิง และมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์ประกอบต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วย ปั๊มน้ำ และพัดลมอากาศเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ โดยชิ้นงานที่นำมาล้างในเครื่องล้างที่ 1 และใส่ไว้ในชั้นตะแกรงเหล็ก เรียกว่า Rack

รูปที่ 7 ลักษณะการนำชิ้นงานใส่ใน Rack และนำเข้าล้างในเครื่องล้างที่ 1

สำหรับเครื่องล้างที่ 2 และ 3 จะใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิตน้ำร้อนจากขดลวดไฟฟ้า เพื่อใช้ล้างชิ้นงานประเภทเสื้อสูบและเพลาข้อเหวี่ยง

รูปที่ 8 ลักษณะการนำชิ้นงาน (เสื้อสูบและเพลาข้อเหวี่ยง) เข้าล้างในเครื่องล้างที่ 2 และ 3

ทั้งนี้ เนื่องจากลักษณะการใช้น้ำร้อนของเครื่องล้างเป็นการใช้น้ำร้อนแบบหมุนเวียน ประกอบกับชิ้นงานที่ได้จากเครื่องล้างทั้ง 3 เครื่องมีสองลักษณะ คือ Rack และ ชิ้น ดังนั้น ในการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง จะแยกเป็นดัชนีการใช้พลังงานสำหรับเครื่องล้างที่ 1 (เมกะจูลต่อ Rack) และ ดัชนีการใช้พลังงานสำหรับเครื่องล้างที่ 2 และ 3 (เมกะจูลต่อชิ้น) โดยสามารถแสดงดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุงได้ ดังนี้

เครื่องล้างเครื่องที่ 1 (ปริมาตรถังน้ำร้อน 3,000 ลิตร)

ดัชนีการใช้พลังงานฐาน = $\frac{\text{พลังงานที่ใช้รวมของเครื่องล้างเครื่องที่ 1 (3,000 ลิตร)}}{\text{ปริมาณ Rack}}$

ดัชนีการใช้พลังงานฐาน = 303.06 / 4

ดัชนีการใช้พลังงานฐานของเครื่องที่ 1 = 75.77 เมกะจูล/Rack

หมายเหตุ : ค่าดัชนีการใช้พลังงานฐานข้างต้น ได้จากการวิเคราะห์ที่เงื่อนไขสภาวะตัวแปรที่ต้องควบคุม คือ

- อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ใช้ในเครื่องล้าง 70 องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิของน้ำเติมที่ใช้ในเครื่องล้าง 32 องศาเซลเซียส
- จำนวนการทำงาน 4 รอบการทำงานในหนึ่งชั่วโมง ที่ปริมาตรถังน้ำร้อน 3,032.13 ลิตร ที่อุณหภูมิสารละลาย 70 °C

เครื่องล้างเครื่องที่ 2 (ปริมาตรถังน้ำร้อน 750 ลิตร)

ดัชนีการใช้พลังงานฐาน = $\frac{\text{พลังงานที่ใช้รวมของเครื่องล้างเครื่องที่ 2 (750 ลิตร)}}{\text{ปริมาณชิ้นงาน (เสื้อสูบ)}}$

ดังนั้นคิดเป็นดัชนีการใช้พลังงานต่อชิ้น = 6,762.48 / 836

ดัชนีการใช้พลังงานฐานของเครื่องที่ 2 = 8.09 เมกะจูล/ชิ้น

หมายเหตุ : ค่าดัชนีการใช้พลังงานฐานข้างต้น ได้จากการวิเคราะห์ที่เงื่อนไขสภาวะตัวแปรที่ต้องควบคุม คือ

- อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ใช้ในเครื่องล้าง 70 องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิของน้ำเติมที่ใช้ในเครื่องล้าง 32 องศาเซลเซียส
- จำนวนการทำงาน 76 รอบการทำงานใน 19 ชั่วโมง ที่ปริมาตรถังน้ำร้อน 752.22 ลิตร ที่อุณหภูมิสารละลาย 70 °C
- จำนวนชิ้นงานในรอบทำงาน 836 ชิ้น

เครื่องล้างเครื่องที่ 3 (ปริมาตรถังน้ำร้อน 750 ลิตร)

ดัชนีการใช้พลังงานฐาน = $\frac{\text{พลังงานที่ใช้รวมของเครื่องล้างเครื่องที่ 3 (750 ลิตร)}}{\text{ปริมาณชิ้นงาน (เพลาข้อเหวี่ยง)}}$

ดังนั้นคิดเป็นดัชนีการใช้พลังงานต่อชิ้น = 6,805.04 / 836

ดัชนีการใช้พลังงานฐานของเครื่องที่ 3 = 8.14 เมกะจูล/ชิ้น

หมายเหตุ : ค่าดัชนีการใช้พลังงานฐานข้างต้น ได้จากการวิเคราะห์ที่เงื่อนไขสภาวะตัวแปรที่ต้องควบคุม คือ

- อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ใช้ในเครื่องล้าง 60 องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิของน้ำเติมที่ใช้ในเครื่องล้าง 32 องศาเซลเซียส
- จำนวนการทำงาน 76 รอบการทำงานใน 19 ชั่วโมง ที่ปริมาตรถังน้ำร้อน 752.22 ลิตร ที่อุณหภูมิสารละลาย 60 °C
- จำนวนชิ้นงานในรอบทำงาน 836 ชิ้น

ดังนั้น
รวมดัชนีการใช้พลังงานทั้งหมดของเครื่องล้าง 2 และ 3

= ดัชนีการใช้พลังงานทั้งหมดของเครื่องล้าง 2 + ดัชนีการใช้พลังงานทั้งหมดของเครื่องล้าง 3
= 8.09 + 8.14
= 16.23 เมกะจูลต่อชิ้น

รวมดัชนีการใช้พลังงานฐานของเครื่องที่ 2 และ 3 = 16.23 เมกะจูล/ชิ้น

(ดูรายละเอียดการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุงใน ภาคผนวก ก.)

ตารางที่ 3 รายละเอียดการใช้พลังงานก่อนปรับปรุง

รายละเอียด	เชื้อเพลิง LPG (กก./ปี)	ไฟฟ้า (kWh/ปี)	พลังงานรวม (เมกะจูล/ปี)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท/ปี)
ปริมาณการใช้พลังงานก่อนปรับปรุง	23,019.36	224,529.86	2,952,271.16	948,245.32

7.2.3 วิธีการปรับปรุงและรายละเอียดเครื่องจักร/อุปกรณ์ที่ติดตั้งใหม่

• แนวทางการปรับปรุง

โรงงานบริษัท ออโต้อัลลายแอนซ์ (ประเทศไทย) จำกัด ได้ดำเนินการติดตั้งปั๊มความร้อนขนาด 45 กิโลวัตต์ความร้อน จำนวน 1ชุด ในการทำความร้อนให้กับเครื่องล้างเครื่องที่ 1 เพื่อทดแทนการใช้ความร้อนจากไอน้ำ ซึ่งผลิตจากหม้อไอน้ำที่ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว และขนาด 75 กิโลวัตต์ความร้อน จำนวน 1 ชุด ในการทำความร้อนให้กับเครื่องล้างเครื่องที่ 2 และ 3 เพื่อทดแทนการใช้ขดลวดไฟฟ้าในการทำความร้อน

• รายละเอียดเครื่องจักรอุปกรณ์ที่ติดตั้งใหม่

ปั๊มความร้อนเครื่องที่ 1

ข้อมูลการใช้ไฟฟ้า

- ยี่ห้อ/รุ่น	Air Source MDH-AC 150S	
- พิกัดทำความร้อน	45	กิโลวัตต์
- พิกัดทำความเย็น	153,500	Btu/h
- ชนิดสารทำความเย็น	R-22	
- จำนวน	1	ชุด
- แรงดันไฟฟ้า	380	โวลต์

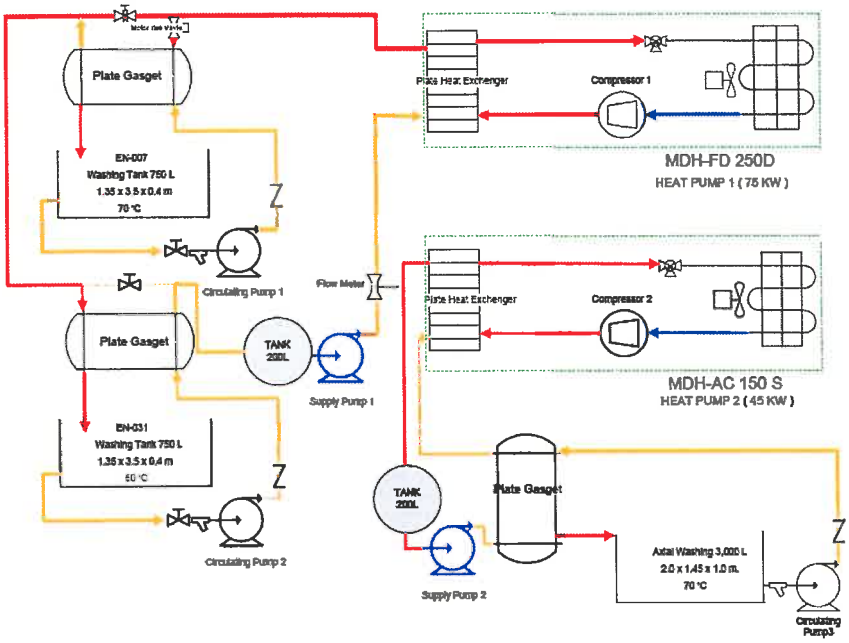
ปั๊มความร้อนเครื่องที่ 2

ข้อมูลการใช้ไฟฟ้า

- ยี่ห้อ/รุ่น	Air Source MDH-FD 250D	
- พิกัดทำความร้อน	75	กิโลวัตต์
- พิกัดทำความเย็น	252,000	Btu/h
- ชนิดสารทำความเย็น	R-22	
- จำนวน	1	ชุด
- แรงดันไฟฟ้า	380	โวลต์

ปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อน

- กำลังไฟฟ้าของปั๊มน้ำ	1.1	กิโลวัตต์
- แรงดันไฟฟ้า	380	โวลต์
- จำนวน	3	ชุด



รูปที่ 9 ไดอะแกรมระบบผลิตน้ำร้อนหลังปรับปรุง

การดำเนินการและการติดตั้ง

โรงงานบริษัท ออโต้อัลลายแอนซ์ (ประเทศไทย) จำกัด เริ่มดำเนินโครงการติดตั้งเทคโนโลยีการใช้ปั๊มความร้อนสำหรับการทำความร้อน ในเดือนตุลาคม 2551 และดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์พร้อมทดสอบการทำงานแล้วเสร็จในเดือนพฤษภาคม 2552 รวมระยะเวลาการดำเนินการทั้งสิ้น 8 เดือน สำหรับรูปภาพแสดงการติดตั้งใช้งานปั๊มความร้อนแสดงได้ ดังนี้

รูปที่ 10 ปั๊มความร้อนขนาด 45 กิโลวัตต์ความร้อน ใช้ทำความร้อนทดแทนการใช้ไอน้ำในการทำความร้อน

รูปที่ 11 ปั๊มความร้อนขนาด 75 กิโลวัตต์ความร้อน ใช้ทำความร้อนทดแทนขดลวดไฟฟ้าของเครื่องล้างเครื่องที่ 2 และ 3

7.2.4 ดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง (Post Energy Index) และผลประหยัดพลังงานของเทคโนโลยี

การคำนวณดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง

ระบบปั๊มความร้อนใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลักในการทำความร้อนและหมุนเวียนน้ำร้อน ดังนั้น ในการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง จะคำนวณจากปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของปั๊มความร้อนและปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อน เทียบกับผลผลิตที่ได้จากเครื่องล้างแต่ละเครื่อง โดยแสดงดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุงได้ดังนี้

ดัชนีการใช้พลังงาน (Specific Energy Consumption)

ดัชนีการใช้พลังงานของเครื่องล้างเครื่องที่ 1 = $\frac{\text{พลังงานที่ใช้รวม}}{\text{จำนวนการล้างใน 1 ชั่วโมง (Rack)}}$

ดังนั้น ค่าดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง = 147.60 / 4
= 36.90 เมกะจูล/Rack

ดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุงของเครื่องล้างที่ 1 = 36.90 เมกะจูล/Rack

ดัชนีการใช้พลังงานของเครื่องล้างเครื่องที่ 2 และ 3 = 3,261.92 / 836
= 3.90 เมกะจูล/ชิ้น

รวมดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุงของเครื่องที่ 2 และ 3 = 3.90 เมกะจูล/ชิ้น

(ดูรายละเอียดการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุงใน ภาคผนวก ข.)

ตารางที่ 4 รายละเอียดการใช้พลังงานหลังปรับปรุง

รายละเอียด	เชื้อเพลิง LPG (กก./ปี)	ไฟฟ้า (kWh/ปี)	พลังงานรวม (เมกะจูล/ปี)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท/ปี)
ปริมาณการใช้พลังงานหลังปรับปรุง	-	120,592.12	964,736.97	331,628.34

ตารางที่ 5 รายละเอียดผลประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่ายพลังงาน

รายละเอียด	เชื้อเพลิง LPG (กก./ปี)	ไฟฟ้า (kWh/ปี)	พลังงานรวม (เมกะจูล/ปี)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท/ปี)	ดัชนีการใช้พลังงาน (เมกะจูล/ผลผลิต)
การใช้พลังงานก่อนปรับปรุง	23,019.36	224,529.86	2,952,271.16	948,245.32	75.77 เมกะจูล/Rack (เครื่องล้างที่ 1) 16.23 เมกะจูล/ชิ้น (เครื่องล้างที่ 2,3)
การใช้พลังงานหลังปรับปรุง	-	120,592.12	964,736.97	331,628.34	36.90 เมกะจูล/Rack (เครื่องล้างที่ 1) 3.90 เมกะจูล/ชิ้น (เครื่องล้างที่ 2,3)
ผลประหยัด	23,019.36	103,937.74	1,987,534.19	616,616.98	38.87 เมกะจูล/Rack (เครื่องล้างที่ 1) 12.33 เมกะจูล/ชิ้น (เครื่องล้างที่ 2,3)

ผลประหยัดพลังงานของเทคโนโลยี

เครื่องล้างเครื่องที่ 1

ดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง = 75.77 เมกะจูล/Rack

ดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง = 36.90 เมกะจูล/Rack

คิดเป็นร้อยละผลประหยัดพลังงานของเทคโนโลยี เท่ากับ

$$= \frac{(\text{ดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง} - \text{ดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง})}{\text{ดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง}} \times 100$$

$$= \frac{(75.77 - 36.90)}{75.77} \times 100$$

$$= 51.30\%$$

เครื่องล้างเครื่องที่ 2 และ 3

ดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง	=	16.23	เมกะจูล/ชิ้น
ดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง	=	3.90	เมกะจูล/ชิ้น

คิดเป็นร้อยละผลประหยัดพลังงานของเทคโนโลยี เท่ากับ

$$= \frac{(\text{ดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง} - \text{ดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง})}{\text{ดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง}} \times 100$$

$$= \frac{(16.23 - 3.90)}{16.23} \times 100$$

$$= 75.97\%$$

- **ผลการคำนวณระยะเวลาคืนทุน และผลตอบแทนการลงทุน**

ค่าใช้จ่ายในการลงทุนทั้งสิ้น	1,729,000	บาท
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปี	616,616.98	บาท/ปี
คิดเป็นระยะเวลาคืนทุน	2.80	ปี

8. กรณีศึกษา
เทคโนโลยีการใช้ปั๊มความร้อนสำหรับการทำความร้อน

ชื่อสถานประกอบการ	:	บริษัท ฮิตาชิ โกลบอล สตอเรจ เทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัด
ประเภทอุตสาหกรรม	:	อิเล็กทรอนิกส์ (ผลิตฮาร์ดดิสค์ไดร์ฟ)
เทคโนโลยีเชิงลึก	:	การใช้ปั๊มความร้อนสำหรับการทำความร้อน
เทคโนโลยีเดิม	:	ผลิตน้ำร้อนโดยใช้ไอน้ำจากหม้อไอน้ำซึ่งใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง
การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเชิงลึก	:	เปลี่ยนวิธีผลิตน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เพื่อใช้งานในระบบซักผ้า โดยใช้ปั๊มความร้อนในการผลิตน้ำร้อนใช้งานทดแทน
ระยะเวลาในการติดตั้งเทคโนโลยี	:	4 เดือน
ชนิดของพลังงานที่ประหยัดได้	:	พลังงานความร้อน
ผลประหยัดพลังงานรวม	:	4,248,973.35 เมกะจูลต่อปี
ผลประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานรวม	:	3,391,781.94 บาทต่อปี
เงินลงทุน	:	4,570,000 บาท
ระยะเวลาคืนทุน	:	1.35 ปี

8. กรณีศึกษาที่ 2 บริษัท ฮิตาชิ โกลบอล สตอเรจ เทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัด

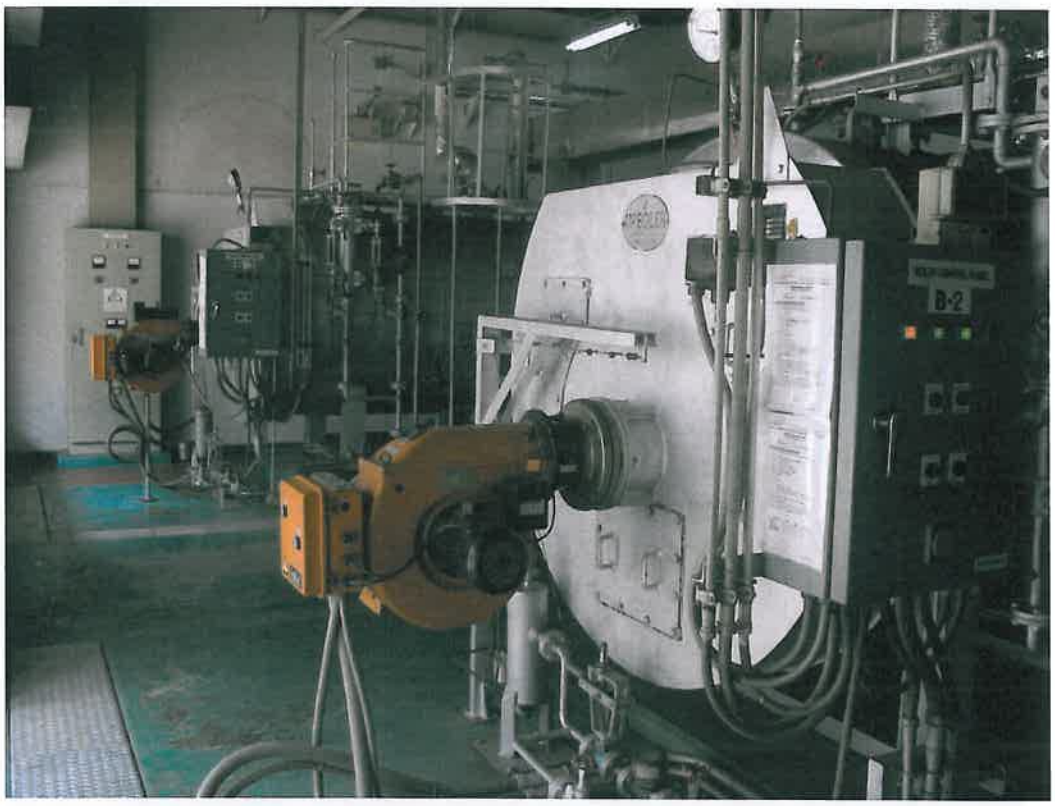
8.1 ความเป็นมาและข้อมูลพื้นฐาน

โรงงานบริษัท ฮิตาชิ โกลบอล สตอเรจ เทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัด เป็นโรงงานในกลุ่มอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ผลิตฮาร์ดดิสค์ไดร์ฟ โดยโรงงานฯ ได้ดำเนินการติดตั้งเทคโนโลยีการใช้ปั๊มความร้อนสำหรับการทำความร้อน เพื่อผลิตน้ำร้อนทดแทนการผลิตน้ำร้อนโดยใช้ความร้อนที่ได้จากหม้อไอน้ำซึ่งใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

8.2 สภาพการดำเนินการก่อนและหลังปรับปรุง

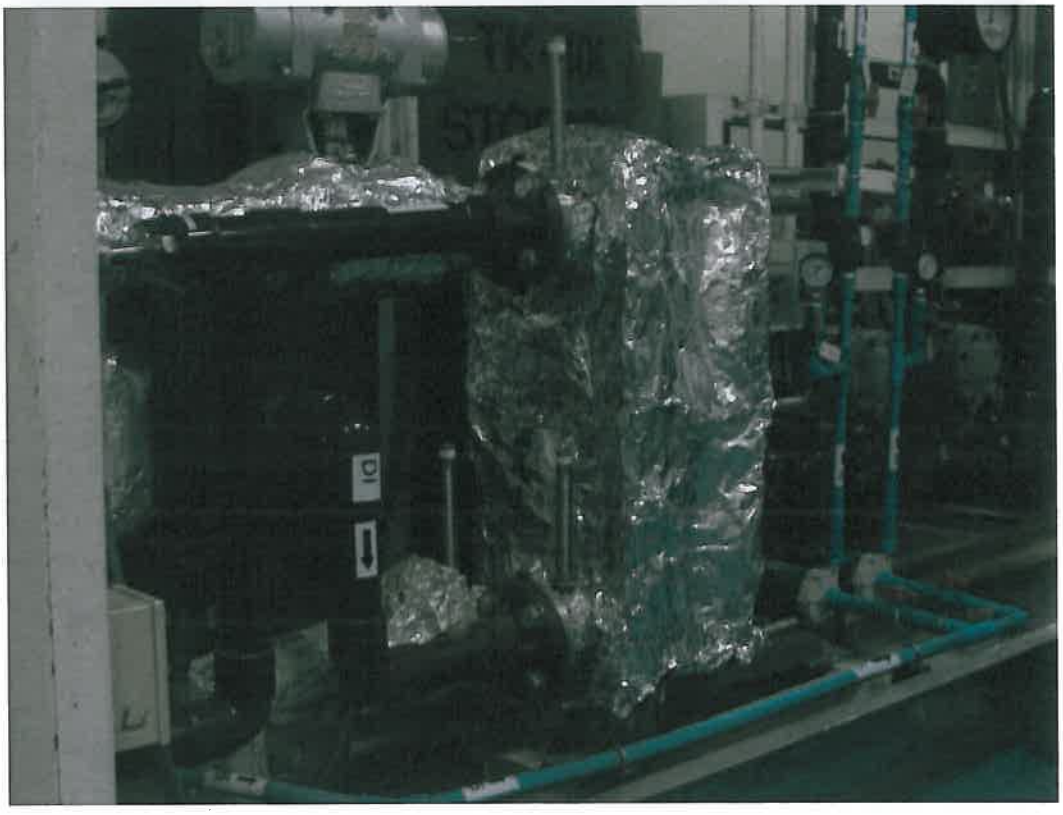
8.2.1 สภาพการดำเนินการก่อนปรับปรุง

โรงงานบริษัท ฮิตาชิ โกลบอล สตอเรจ เทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัด มีการใช้งานน้ำร้อนในกระบวนการซักผ้าในฝ่ายผลิต โดยใช้แหล่งความร้อนจากไอน้ำที่มาจากหม้อไอน้ำ เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำในกระบวนการซักผ้า ที่อุณหภูมิ 50 °C ซึ่งหม้อไอน้ำจะใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง โดยรายละเอียดอุปกรณ์ในระบบเดิมแสดงได้ดังนี้



รูปที่ 12 หม้อไอน้ำขนาด 77 แรงม้า จำนวน 2 ชุด จากทั้งหมด 3 ชุด

รูปที่ 13 เครื่องซักผ้า ขนาด 30 กิโลกรัม/รอบ



รูปที่ 14 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน จำนวน 1 ชุด

• รายละเอียดเครื่องจักร/อุปกรณ์เดิม

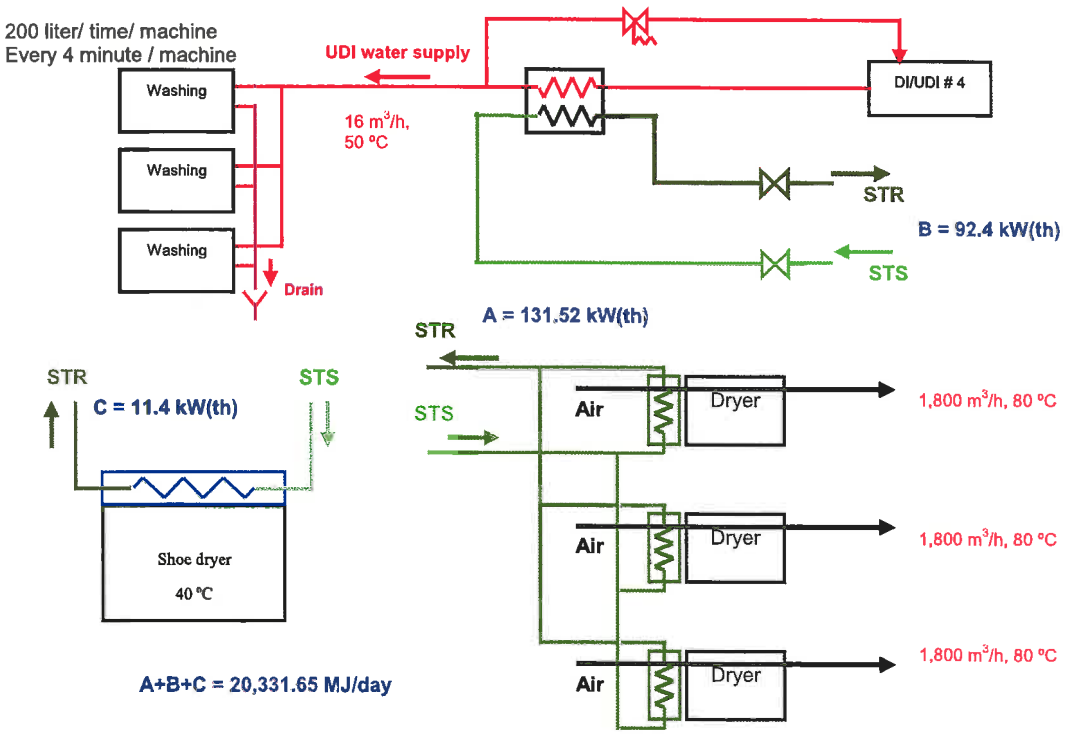
หม้อไอน้ำ

ยี่ห้อ	MP Boiler	
รุ่น	MP 801	
ขนาดพิกัด	77	แรงม้า
อัตราการระเหย	1,200	กิโลกรัม/ชั่วโมง
แรงดันไอน้ำพิกัด	10	บาร์(เกจ)
อุณหภูมิไอน้ำพิกัด	177	องศาเซลเซียส
จำนวน	3	ชุด

เครื่องซักผ้า

ยี่ห้อ	ASAHI	
รุ่น	WER-1030CS	
ขนาด	30	กิโลกรัม/รอบ
อุณหภูมิน้ำร้อนพิกัด	50	องศาเซลเซียส
ปริมาตรถังซัก	400	ลิตร
กำลังไฟฟ้าพิกัด	5.5	กิโลวัตต์
แรงดันไฟฟ้า	380	โวลต์
จำนวน	3	ชุด

• ไดอะแกรมของเครื่องจักร/อุปกรณ์เดิม



รูปที่ 15 ไดอะแกรมระบบผลิตน้ำร้อนก่อนปรับปรุง

UDI คือ น้ำที่ผ่านการกรองแบบแยกประจุ
STR คือ ไอน้ำที่ไหลกลับไปยังถังเก็บ
STS คือ ไอน้ำที่จ่ายผ่านคอยล์ร้อน

8.2.2 ดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง (Baseline Energy Index)

ระบบผลิตน้ำร้อนเดิมของโรงงานบริษัท ฮิตาชิ โกลบอล สตอเรจ เทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัด มีการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำซึ่งได้จากหม้อไอน้ำที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตน้ำร้อน และมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในพัดลมป้อนอากาศเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ ปั๊มน้ำป้อนของหม้อไอน้ำ และปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อน เพื่อผลิตน้ำร้อนใช้งานในเครื่องซักผ้า ทั้งนี้ ในการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุงนั้นเนื่องจากในการซักผ้าแต่ละรอบจะมีการใช้พลังงานที่ใกล้เคียงกันตามโปรแกรมการซัก ไม่ได้แปรเปลี่ยนตามปริมาณผ้าที่นำเข้าซักในหนึ่งรอบ ประกอบกับลักษณะการใช้น้ำร้อนของเครื่องซักผ้าเป็นแบบไม่หมุนเวียน(ใช้แล้วทิ้ง) ดังนั้น จะพิจารณาพลังงานทั้งหมดของระบบทำน้ำร้อนเดิมที่ใช้ในการทำน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตรให้มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส เป็นดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุงตามรายละเอียดแสดงได้ ดังนี้

พลังงานที่ใช้รวม	=	3,185.30	เมกะจูล
ปริมาณน้ำร้อนรวมที่ใช้ในช่วงเวลาตรวจวัด	=	23.17	ลบ.ม. ต่อชั่วโมง
ช่วงเวลาตรวจวัดการใช้พลังงาน	=	4.7	ชั่วโมง
อุณหภูมิแตกต่างของน้ำร้อน	=	5.20	องศาเซลเซียส

ดังนั้น

ดัชนีการใช้พลังงานฐาน = 3,185.30 / (4.7 x 23.17 x 5.20) เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส

ดัชนีการใช้พลังงานฐาน = 5.63 เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส

***ค่าฐานตัวแปรของการทำ Base line**

อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ใช้ของเครื่องซัก	50	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิของน้ำร้อนหมุนเวียนในระบบ	45	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิน้ำเติม (UDI Water)	30	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิแตกต่างของน้ำร้อน	5.20	องศาเซลเซียส
ปริมาณการใช้น้ำร้อนต่อชั่วโมง	23.17	ลบ.ม.
กำลังไฟฟ้าที่ใช้ของปั๊มน้ำหมุนเวียน DI	2.86	kW

(ดูรายละเอียดการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุงใน ภาคผนวก ก.)

ตารางที่ 6 รายละเอียดการใช้พลังงานก่อนปรับปรุง

รายละเอียด	เชื้อเพลิง น้ำมันดีเซล (ลิตร/ปี)	ไฟฟ้า (kWh/ปี)	พลังงานรวม (เมกะจูล/ปี)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท/ปี)
ปริมาณการใช้พลังงานก่อนปรับปรุง	145,414.57	49,392.00	5,691,134.75	3,851,470.88

8.2.3 วิธีการปรับปรุงและรายละเอียดเครื่องจักร/อุปกรณ์ที่ติดตั้งใหม่

โรงงานบริษัท ฮิตาชิ โกลบอล สตอเรจ เทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัด ได้ดำเนินการติดตั้งปั๊มความร้อนขนาด 16 กิโลวัตต์ ความร้อน จำนวน 6 ชุด เพื่อผลิตน้ำร้อน ทดแทนการผลิตน้ำร้อนโดยใช้ความร้อนจากไอน้ำซึ่งผลิตจากหม้อไอน้ำที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง สำหรับรายละเอียดของอุปกรณ์ที่ติดตั้งใหม่แสดงได้ดังนี้

• รายละเอียดเครื่องจักรอุปกรณ์ที่ติดตั้งใหม่

ปั๊มความร้อน

ข้อมูลการใช้ไฟฟ้า

- ยี่ห้อ/รุ่น	Solaris HP 16D	
- พิกัดทำความร้อน	16	กิโลวัตต์
- พิกัดทำความเย็น	11.7	กิโลวัตต์
- พิกัดกำลังไฟฟ้า	5	กิโลวัตต์
- ชนิดสารทำความเย็น	R-134a	
- จำนวน	6	ชุด

ปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อนของระบบปั๊มความร้อน

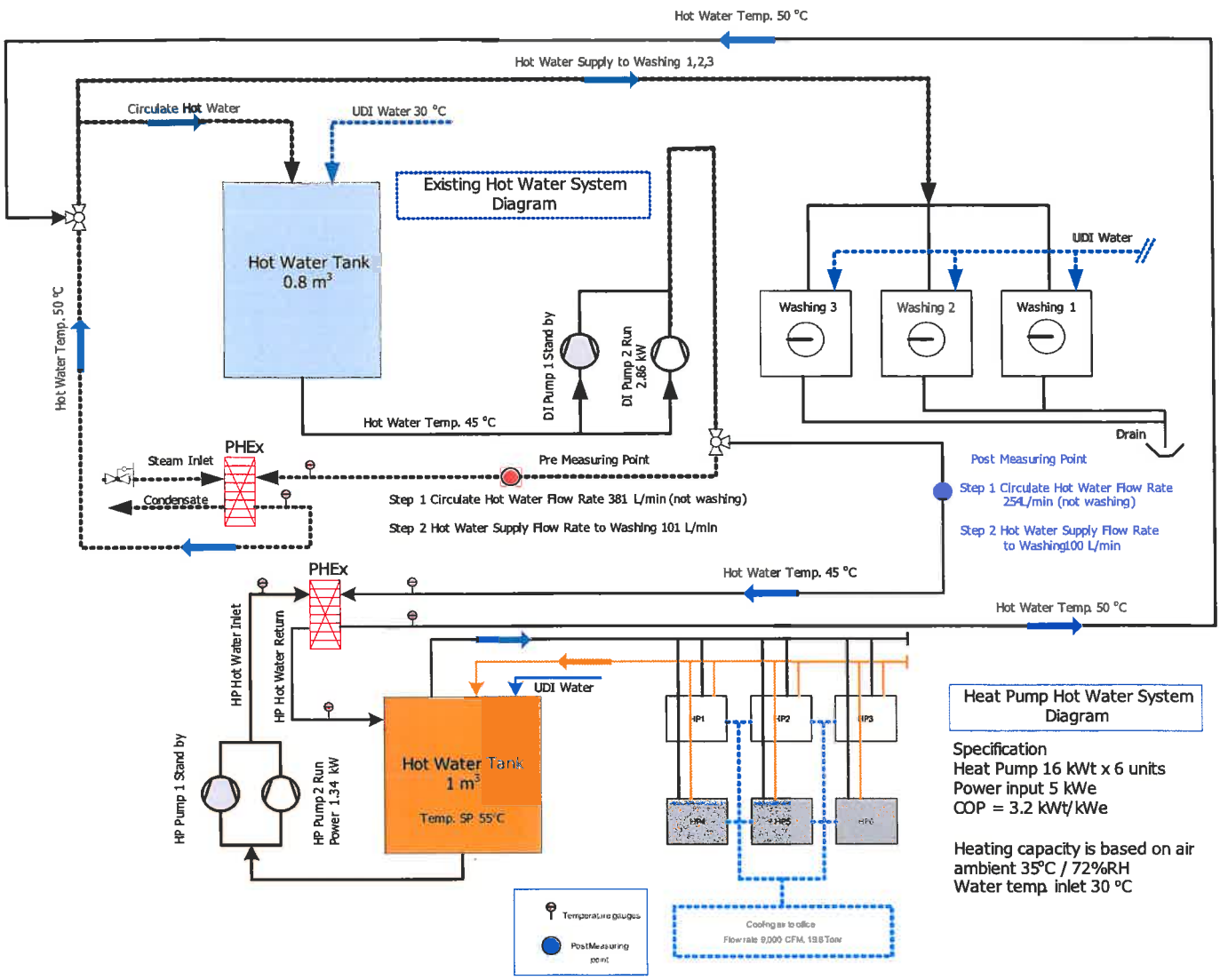
- กำลังไฟฟ้าของปั๊มน้ำ	2.2	กิโลวัตต์
- แรงดันไฟฟ้า	380	โวลต์
- จำนวน	2	ชุด

ข้อมูลในการเลือกการใช้งานของเครื่อง

- อุณหภูมิน้ำร้อน (Hot water)	50	องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิน้ำเติม (Make-up Water)	30	องศาเซลเซียส
- ปริมาณน้ำร้อนที่ใช้ต่อวัน	11,060	ลิตร/วัน
- % การทำงานของปั๊มความร้อน	43.04	%
- ชั่วโมงใช้งานต่อวัน	24	ชั่วโมง/วัน
- วันทำงานต่อปี	350	วัน/ปี

16

17



รูปที่ 19 ไดอะแกรมระบบผลิตน้ำร้อนหลังปรับปรุง

รูปที่ 16 ปั๊มความร้อนซึ่งติดตั้งใช้งาน ณ โรงงานบริษัท ฮิตาชิ โกลบอล สตอเรจ เทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัด

รูปที่ 17 ปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อนของระบบปั๊มความร้อน

รูปที่ 18 ปั๊มความร้อน จำนวน 6 ชุด ติดตั้งใช้งาน ณ โรงงานบริษัท ฮิตาชิ โกลบอล สตอเรจ เทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัด

8.2.4 ดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง (Post Energy Index) และผลประหยัดพลังงานของเทคโนโลยี

ระบบปั๊มความร้อนซึ่งติดตั้งใช้งานเพื่อผลิตน้ำร้อนจ่ายให้กับเครื่องซักผ้าของโรงงานฯ มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องปั๊มความร้อนและปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อนเป็นหลัก โดยในการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง จะพิจารณาจากพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดของระบบผลิตน้ำร้อนใหม่ที่ใช้ในการทำน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร ให้มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส เป็นดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง เพื่อใช้ในการเทียบผลประหยัดพลังงานกับดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง ตามรายละเอียดแสดงได้ดังนี้

พลังงานที่ใช้ทั้งหมด	=	222.93	เมกะจูลต่อชั่วโมง
ดังนั้น ค่าดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง	=	222.93 / (23.17 x 5.20)	
	=	1.85	เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส

ดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง = 1.85 เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส

ตารางที่ 7 รายละเอียดการใช้พลังงานหลังปรับปรุง

รายละเอียด	เชื้อเพลิง น้ำมันดีเซล (ลิตร/ปี)	ไฟฟ้า (kWh/ปี)	พลังงานรวม (เมกะจูล/ปี)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท/ปี)
ปริมาณการใช้พลังงานหลังปรับปรุง	-	180,270.17	1,442,161.40	459,688.94

ตารางที่ 8 รายละเอียดผลประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่ายพลังงาน

รายละเอียด	เชื้อเพลิง น้ำมันดีเซล (ลิตร/ปี)	ไฟฟ้า (kWh/ปี)	พลังงานรวม (เมกะจูล/ปี)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท/ปี)	ดัชนีการใช้พลังงาน (เมกะจูล/ลบ.ม.-องศาเซลเซียส)
การใช้พลังงานก่อนปรับปรุง	145,414.57	49,392.00	5,691,134.75	3,851,470.88	5.63
การใช้พลังงานหลังปรับปรุง	-	180,270.17	1,442,161.40	459,688.94	1.85
ผลประหยัด	**145,414.57**	**-130,878.17**	**4,248,973.35**	**3,391,781.94**	**3.78**

ผลประหยัดพลังงานของเทคโนโลยี

ดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง	=	5.63	เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส
ดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง	=	1.85	เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส

คิดเป็นร้อยละผลประหยัดพลังงานของเทคโนโลยี เท่ากับ

$$= \frac{(\text{ดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง} - \text{ดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง})}{\text{ดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง}} \times 100$$

$$= \frac{(5.63 - 1.85)}{5.63} \times 100$$

$$= 67.14\ \%$$

• ผลการคำนวณระยะเวลาคืนทุน และผลตอบแทนการลงทุน

ค่าใช้จ่ายในการลงทุนทั้งสิ้น	4,570,000	บาท
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปี	3,391,781.94	บาท/ปี
คิดเป็นระยะเวลาคืนทุน	1.35	ปี

9. กรณีศึกษา
เทคโนโลยีการใช้ปั๊มความร้อนสำหรับการทำความร้อน

ชื่อสถานประกอบการ	:	บริษัท เพรสิเด้นท์ โฮเต็ลและทาวเวอร์ จำกัด
ประเภทอุตสาหกรรม	:	โรงแรม
เทคโนโลยีเชิงลึก	:	การใช้ปั๊มความร้อนสำหรับการทำความร้อน
เทคโนโลยีเดิม	:	ผลิตน้ำร้อนโดยใช้ไอน้ำจากหม้อไอน้ำซึ่งใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง และใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนในการปรับอากาศให้กับห้องเครื่องลิฟต์
การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเชิงลึก	:	เปลี่ยนวิธีการผลิตน้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 55 องศาเซลเซียส โดยใช้ปั๊มความร้อนสำหรับผลิตน้ำร้อนใช้งานทดแทน พร้อมกับใช้ความเย็นที่ได้จากระบบปั๊มความร้อนในการปรับอากาศให้กับห้องเครื่องลิฟต์ทดแทนเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนเดิม
ระยะเวลาในการติดตั้งเทคโนโลยี	:	4 เดือน
ชนิดของพลังงานที่ประหยัดได้	:	พลังงานความร้อน และ พลังงานไฟฟ้า
ผลประหยัดพลังงานรวม	:	8,408,270.45 เมกะจูลต่อปี
ผลประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานรวม	:	3,715,461.64 บาทต่อปี
เงินลงทุน	:	16,400,000 บาท
ระยะเวลาคืนทุน	:	4.41 ปี

9. กรณีศึกษาที่ 3 บริษัท เพรสิเด้นท์โฮเต็ลและทาวเวอร์ จำกัด

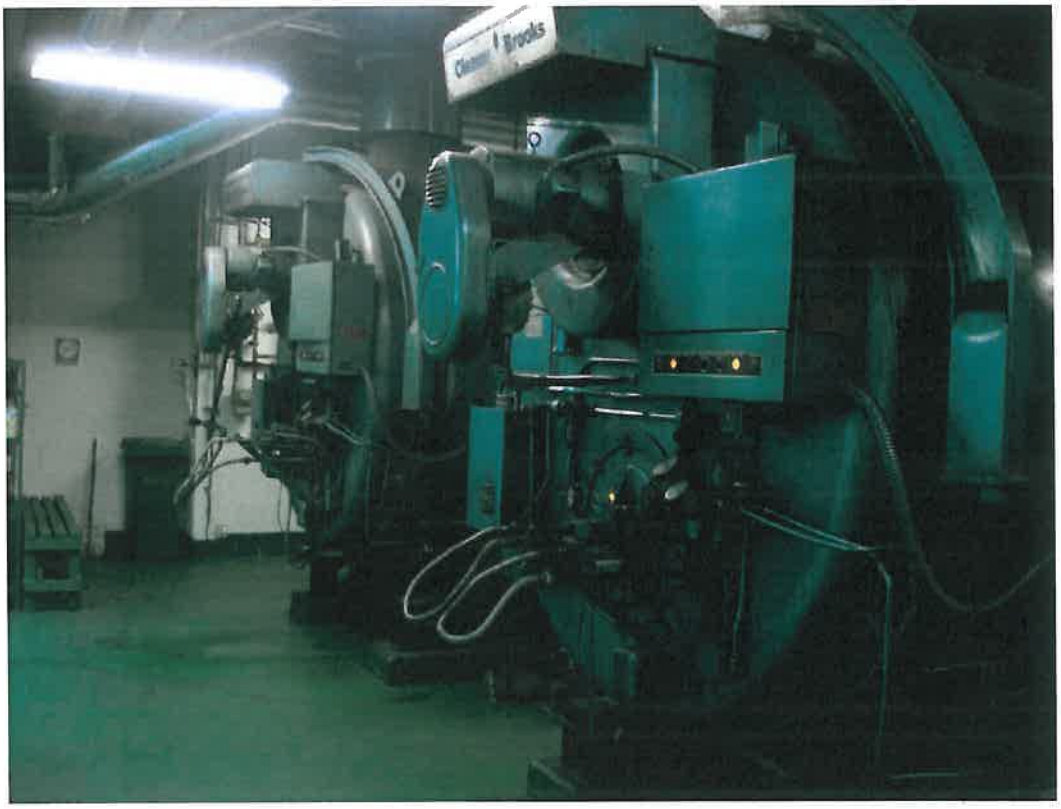
9.1 ความเป็นมาและข้อมูลพื้นฐาน

บริษัท เพรสิเด้นท์โฮเต็ลและทาวเวอร์ จำกัด (โรงแรมอินเตอร์คอนติเนนตัล กรุงเทพฯ และโรงแรมฮอลิเดย์อิน) สมัครเข้าร่วมโครงการฯ โดยได้ดำเนินการติดตั้งเทคโนโลยีการใช้ปั๊มความร้อนสำหรับการทำความร้อนเพื่อผลิตน้ำร้อนทดแทนการผลิตน้ำร้อนจากความร้อนที่ได้จากหม้อไอน้ำ

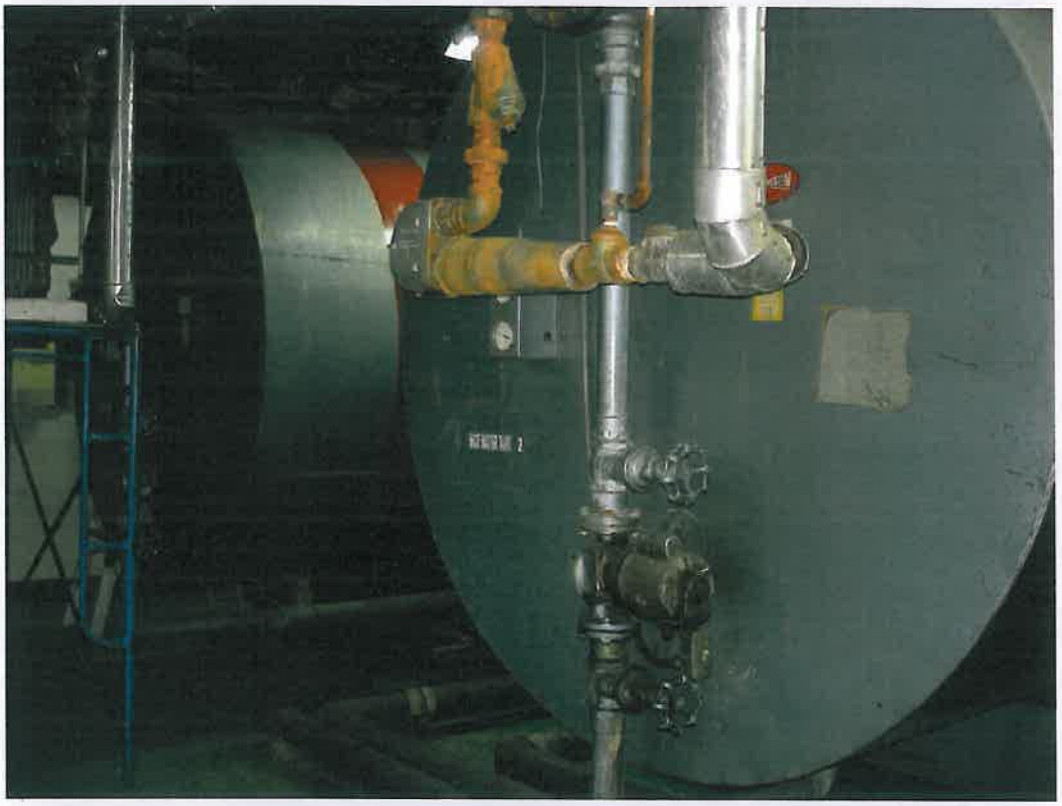
9.2 สภาพการดำเนินการก่อนและหลังปรับปรุง

9.2.1 สภาพการดำเนินการก่อนปรับปรุง

อาคารโรงแรมอินเตอร์คอนติเนนตัล และอาคารโรงแรมฮอลิเดย์อิน มีการใช้งานน้ำร้อนภายในอาคารฯ จากการต้มน้ำในถัง Calorifier โดยใช้แหล่งความร้อนจากไอน้ำที่มาจากหม้อไอน้ำซึ่งใช้น้ำมันเตาเกรดเอเป็นเชื้อเพลิง เพื่อต้มน้ำในถังให้มีอุณหภูมิประมาณ 55 °C โดยรายละเอียดอุปกรณ์ในระบบเดิมสามารถแสดงได้ ดังนี้



รูปที่ 20 หม้อไอน้ำขนาด 300 แรงม้า จำนวน 2 ชุด



รูปที่ 21 หม้อต้มน้ำ Calorifier ขนาดปริมาตร 15,878 ลิตร จำนวน 2 ชุด

รูปที่ 22 หม้อต้มน้ำ Calorifier ขนาดปริมาตร 3,899 ลิตร จำนวน 1 ชุด

• **รายละเอียดเครื่องจักร/อุปกรณ์เดิม**

หม้อไอน้ำ

ยี่ห้อ	Cleaver Brooks	
รุ่น	CB600-300	
ขนาดพิกัด	300	แรงม้า
อัตราการระเหย	4,700	กิโลกรัม/ชั่วโมง
แรงดันไอน้ำพิกัด	10	บาร์ (เกจ)
อุณหภูมิไอน้ำพิกัด	177	องศาเซลเซียส
จำนวน	2	ชุด

หม้อต้มน้ำร้อน Calorifier

ยี่ห้อ	Adamson	
รุ่น	P192H	
ขนาดความจุของถัง	15,878	ลิตร
แรงดันไอน้ำพิกัด	10	บาร์ (เกจ)
อุณหภูมิไอน้ำพิกัด	177	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิน้ำร้อนพิกัด	60	องศาเซลเซียส
ปริมาณน้ำร้อนพิกัด	14,000	ลิตร/ชั่วโมง
จำนวน	2	ชุด

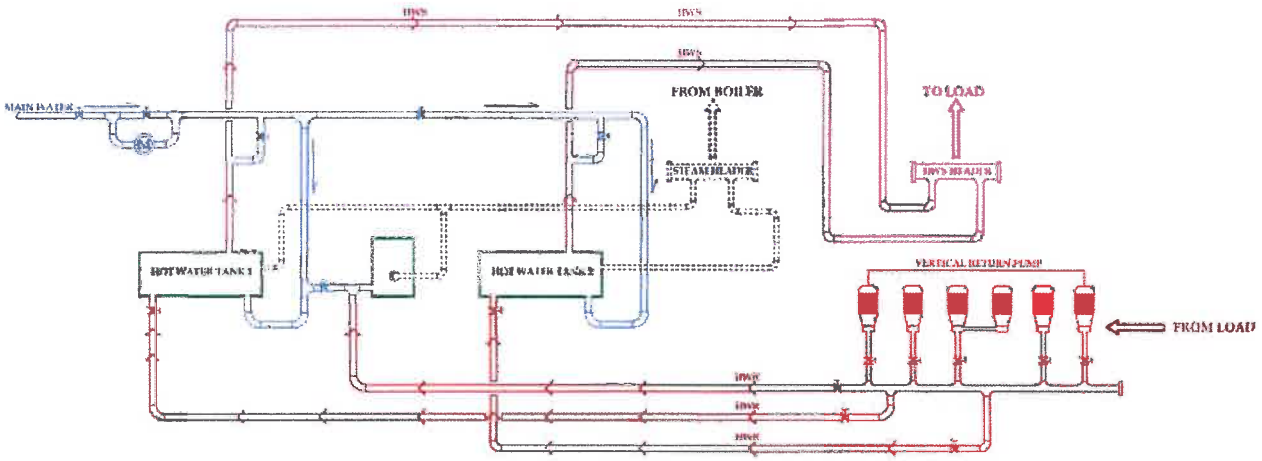
หม้อต้มน้ำร้อน Calorifier

ยี่ห้อ	Adamson	
รุ่น	K96V	
ขนาดความจุของถัง	3,899	ลิตร
แรงดันไอน้ำพิกัด	10	บาร์ (เกจ)
อุณหภูมิไอน้ำพิกัด	170	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิน้ำร้อนพิกัด	60	องศาเซลเซียส
ปริมาณน้ำร้อนพิกัด	-	ลิตร/ชั่วโมง
จำนวน	1	ชุด

ตารางที่ 9 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่จะใช้ลมเย็นจากปั๊มความร้อนทดแทน

สถานที่	ยี่ห้อ	ขนาดทำความเย็น (บีทียู/ชั่วโมง)	กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)
1. ห้องเครื่องลิฟต์	TRANE	123,200	14.48
2. ห้องเครื่องลิฟต์	TRANE	123,200	14.48
3. ห้องเครื่องลิฟต์	TRANE	86,900	7.80
4. ห้องเครื่องลิฟต์	TRANE	86,900	7.80
5. ห้องเครื่องลิฟต์	TRANE	123,200	14.48
6. ห้องเครื่องลิฟต์	TRANE	123,200	14.48
รวม		666,600	73.52

• ไดอะแกรมของเครื่องจักร/อุปกรณ์เดิม



รูปที่ 23 ไดอะแกรมระบบผลิตน้ำร้อนก่อนปรับปรุง

9.2.2 ดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง (Baseline Energy Index)

ระบบผลิตน้ำร้อนเดิมของ อาคารอินเตอร์คอนเนนตัล และอาคารฮอลิเดย์อิน มีการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่ได้จากหม้อไอน้ำที่ใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง และใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับพัดลมป้อนอากาศเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ ปั๊มน้ำป้อนของหม้อไอน้ำ และปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อน โดยลักษณะการใช้น้ำร้อนเป็นแบบไม่หมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ ดังนั้น จะพิจารณาพลังงานทั้งหมดของระบบทำน้ำร้อนเดิมที่ใช้ในการทำน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร ให้มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส เป็นดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุงตามรายละเอียดแสดงได้ ดังนี้

$$\textbf{ดัชนีการใช้พลังงานฐาน} = \frac{\textbf{พลังงานที่ใช้รวม}}{\textbf{ปริมาณน้ำร้อน x (อุณหภูมิน้ำร้อนที่ใช้ - อุณหภูมิน้ำเติม)}}$$

ปริมาณการผลิตน้ำร้อน	=	9.953	ลบ.ม./ชั่วโมง
พลังงานที่ใช้รวม	=	1,488.19	เมกะจูลต่อชั่วโมง

ใช้พลังงานในการทำน้ำร้อนจากอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็น 55 องศาเซลเซียส (25 องศาเซลเซียส)

ดัชนีการใช้พลังงานฐาน	=	1,488.19 / 9.953 / 25	
	=	5.98	เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส

ดังนั้น

ดัชนีการใช้พลังงานฐาน	=	**5.98**	เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส

***ค่าฐานตัวแปรของการทำ Base line**

อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ใช้	55	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิของน้ำเติม	30	องศาเซลเซียส
ปริมาณการใช้น้ำร้อน	9.953	ลบ.ม./ชั่วโมง
จำนวนห้องที่เข้าพักวันที่ 8-15 ส.ค. 51 เฉลี่ย	306	ห้อง

(ดูรายละเอียดการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุงใน ภาคผนวก ก.)

ตารางที่ 10 รายละเอียดการใช้พลังงานก่อนปรับปรุง

รายละเอียด	เชื้อเพลิง น้ำมันเตา (ลิตร/ปี)	ไฟฟ้า (kWh/ปี)	พลังงานรวม (เมกะจูล/ปี)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท/ปี)
ปริมาณการใช้พลังงานก่อนปรับปรุง	286,781.86	474,452.12	15,200,931.65	6,305,163.72

9.2.3 วิธีการปรับปรุงและรายละเอียดเครื่องจักร/อุปกรณ์ที่ติดตั้งใหม่

บริษัท เพรสิเด้นท์โฮเต็ลและทาวเวอร์ จำกัด (อาคารอินเตอร์คอนติเนนตัล และอาคารฮอลิเดย์อิน) ได้ดำเนินการติดตั้งปั๊มความร้อนขนาด 50 กิโลวัตต์ความร้อน จำนวน 8 ชุด เพื่อทำน้ำร้อนให้กับอาคารฯ และยกเลิกการใช้ไอน้ำในการทำน้ำร้อน ทำให้สามารถลดการใช้น้ำมันเตาเกรดเอที่ใช้ในการผลิตไอน้ำได้

- **รายละเอียดเครื่องจักรอุปกรณ์ที่ติดตั้งใหม่**

ปั๊มความร้อน

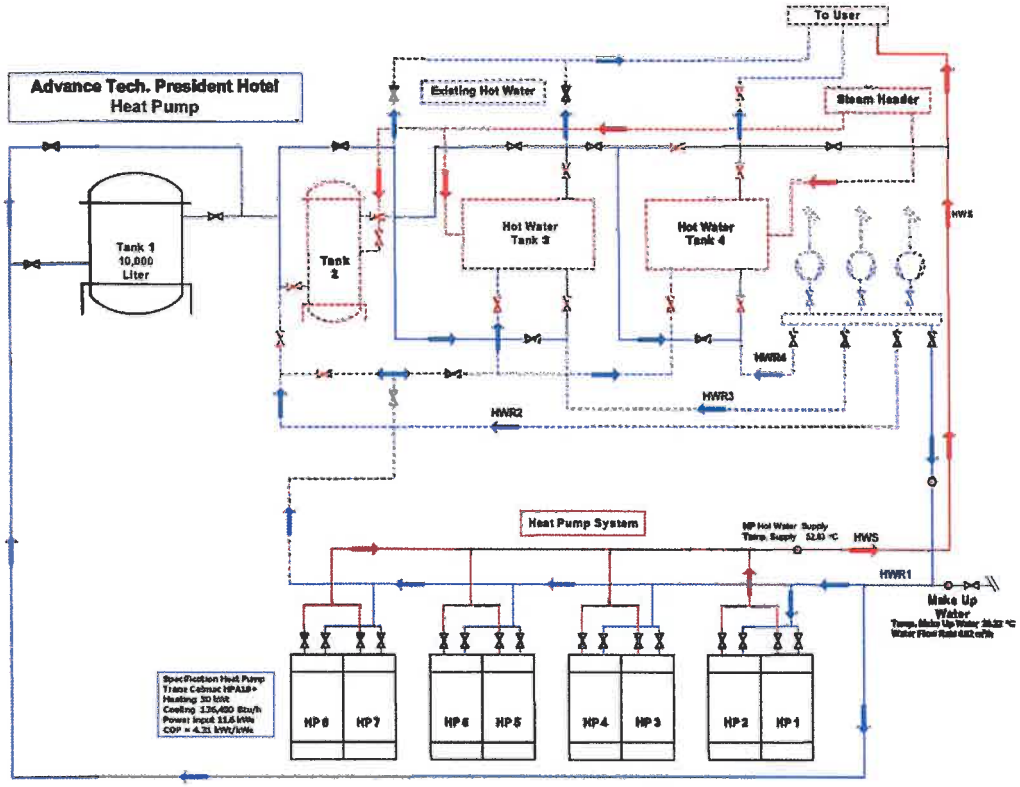
ข้อมูลการใช้ไฟฟ้า

- ยี่ห้อ/รุ่น	Colmac HPA 18+	
- พิกัดทำความร้อน	50	กิโลวัตต์
- พิกัดทำความเย็น	40	กิโลวัตต์
- พิกัดกำลังไฟฟ้า	11.6	กิโลวัตต์
- ชนิดสารทำความเย็น	134a	
- จำนวน	8	ชุด

ปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อน

- กำลังไฟฟ้าของปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อน (ใช้ชุดเดิมกำลังไฟฟ้าของปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อน 10.42 kW)	ไม่ระบุ	กิโลวัตต์
- จำนวน	2	ชุด
- แรงดันไฟฟ้า	380	โวลต์

• แผนผังระบบทำน้ำร้อนด้วยเครื่องปั๊มความร้อน



รูปที่ 24 ไดอะแกรมระบบผลิตน้ำร้อนหลังปรับปรุง

รูปที่ 25 แสดงการติดตั้งปั๊มความร้อนจำนวน 8 ชุด ของ บริษัท เพรสิเด้นท์โฮเต็ลและทาวเวอร์ จำกัด

9.2.4 ดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง (Post Energy Index) และผลประหยัดพลังงานของเทคโนโลยี

ระบบปั๊มความร้อนซึ่งติดตั้งใช้งานเพื่อผลิตน้ำร้อนจ่ายใช้งานภายในอาคารโรงแรมอินเตอร์คอนติเนนตัล และอาคารโรงแรมฮอลิเดย์อิน มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องปั๊มความร้อนและปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อนเป็นหลัก โดยในการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง จะพิจารณาจากพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดของระบบผลิตน้ำร้อนใหม่ที่ใช้ในการทำน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร ให้มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส เป็นดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง เพื่อใช้ในการเทียบผลประหยัดพลังงานกับดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง ตามรายละเอียดแสดงได้ ดังนี้

$$\text{ดัชนีการใช้พลังงาน} = \frac{\text{พลังงานที่ใช้รวม}}{\text{ปริมาณน้ำร้อน} \times (\text{อุณหภูมิน้ำร้อนที่ใช้} - \text{อุณหภูมิน้ำเติม})}$$

พลังงานที่ใช้ทั้งหมด	=	773.30	เมกะจูลต่อชั่วโมง
ผลต่างอุณหภูมิของน้ำ		25	องศาเซลเซียส
ปริมาณการใช้น้ำร้อน		9.953	ลบ.ม./ชั่วโมง
ดังนั้น ค่าดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง	=	773.30 / (9.953 x 25)	
	=	3.11	เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส
ดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง	=	3.11	เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส

ตารางที่ 11 รายละเอียดการใช้พลังงานหลังปรับปรุง

รายละเอียด	เชื้อเพลิง น้ำมันเตา (ลิตร/ปี)	ไฟฟ้า (kWh/ปี)	พลังงานรวม (เมกะจูล/ปี)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท/ปี)
ปริมาณการใช้พลังงานหลังปรับปรุง	-	849,082.65	6,792,661.20	2,589,702.08

ตารางที่ 12 รายละเอียดผลประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่ายพลังงาน

รายละเอียด	เชื้อเพลิง น้ำมันเตา (ลิตร/ปี)	ไฟฟ้า (kWh/ปี)	พลังงานรวม (เมกะจูล/ปี)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท/ปี)	ดัชนี การใช้พลังงาน (เมกะจูล/ลบ.ม.-องศาเซลเซียส)
การใช้พลังงานก่อนปรับปรุง	286,781.86	474,452.12	15,200,931.65	6,305,163.72	5.98
การใช้พลังงานหลังปรับปรุง	-	849,082.65	6,792,661.20	2,589,702.08	3.11
ผลประหยัด	**286,781.86**	**-374,630.53**	**8,408,270.45**	**3,715,461.64**	**2.87**

ผลประหยัดพลังงานของเทคโนโลยี

ดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง	=	5.98	เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส
ดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง	=	3.11	เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส

คิดเป็นร้อยละผลประหยัดพลังงานของเทคโนโลยี เท่ากับ

$$= \frac{(\text{ดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง} - \text{ดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง})}{\text{ดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง}} \times 100$$

$$= \frac{(5.98 - 3.11)}{5.98} \times 100$$

$$= 47.99\%$$

• ผลการคำนวณระยะเวลาคืนทุน และผลตอบแทนการลงทุน

ค่าใช้จ่ายในการลงทุนทั้งสิ้น	16,400,000	บาท
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปี	3,715,461.64	บาท/ปี
คิดเป็นระยะเวลาคืนทุน	4.41	ปี

10. กรณีศึกษา
เทคโนโลยีการใช้ปั๊มความร้อนสำหรับการทำความร้อน

ชื่อสถานประกอบการ	:	บริษัท โรงแรม รอยัลออคิด (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)
ประเภทอุตสาหกรรม	:	โรงแรม
เทคโนโลยี**เชิงลึก**	:	การใช้ปั๊มความร้อนสำหรับการทำความร้อน
เทคโนโลยี**เดิม**	:	ผลิตน้ำร้อนโดยใช้ไอน้ำจากหม้อไอน้ำ ซึ่งใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง
การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเชิงลึก	:	เปลี่ยนวิธีการผลิตน้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 55 องศาเซลเซียส โดยใช้ปั๊มความร้อนสำหรับผลิตน้ำร้อนใช้งานทดแทน พร้อมกับใช้ความเย็นที่ได้จากระบบปั๊มความร้อนในการปรับอากาศให้กับห้องเครื่องลิฟต์ทดแทนเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนเดิม
ระยะเวลาในการติดตั้งเทคโนโลยี	:	4 เดือน
ชนิดของพลังงานที่ประหยัดได้	:	พลังงานความร้อน และ พลังงานไฟฟ้า
ผลประหยัดพลังงานรวม	:	4,059,313.24 เมกะจูลต่อปี
ผลประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานรวม	:	1,779,056.21 บาทต่อปี
เงินลงทุน	:	7,778,621.28 บาท
ระยะเวลาคืนทุน	:	4.37 ปี

10. กรณีศึกษาที่ 4 บริษัท โรงแรม รอยัลออคิด (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)

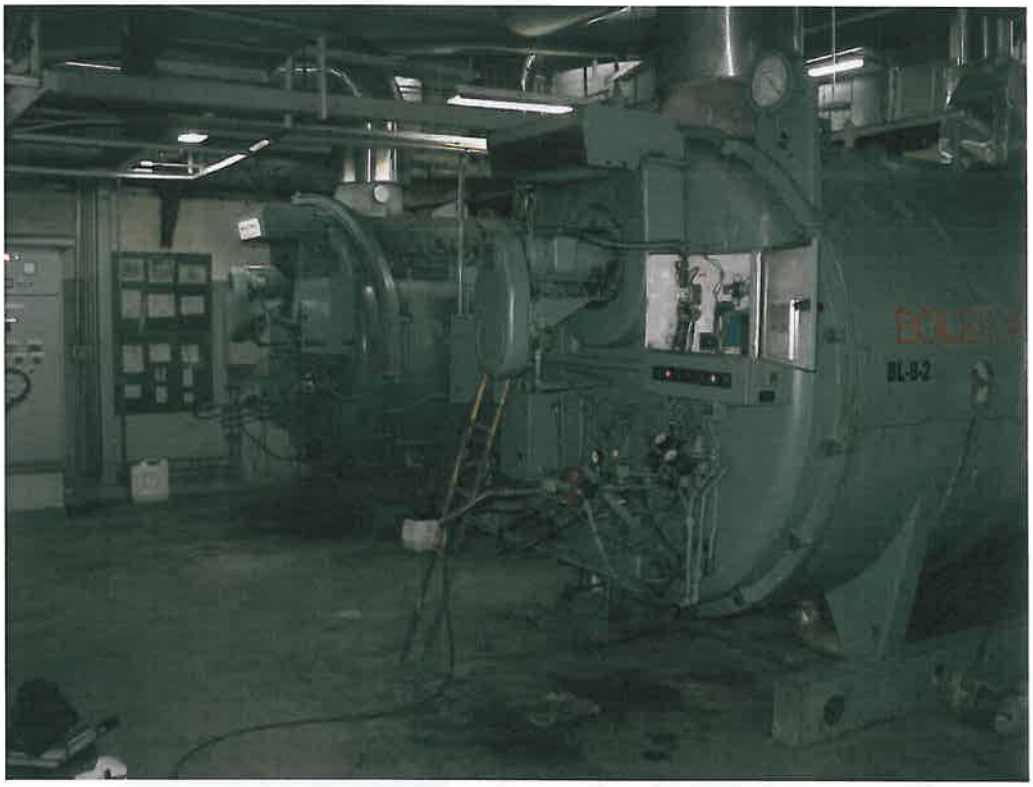
10.1 ความเป็นมาและข้อมูลพื้นฐาน

บริษัท โรงแรม รอยัลออคิด (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) สมัครเข้าร่วมโครงการฯ โดยได้ดำเนินการติดตั้งเทคโนโลยีการใช้ปั๊มความร้อนสำหรับการทำความร้อน เพื่อผลิตน้ำร้อนทดแทนการผลิตน้ำร้อนจากความร้อนที่ได้จากหม้อไอน้ำ

10.2 สภาพการดำเนินการก่อนและหลังปรับปรุง

10.2.1 สภาพการดำเนินการก่อนปรับปรุง

ทางโรงแรมฯ มีการใช้งานน้ำร้อนภายในอาคารฯ จากการต้มน้ำในถัง Calorifier โดยใช้แหล่งความร้อนจากไอน้ำที่มาจากหม้อไอน้ำซึ่งให้น้ำมันเตาเกรดเอเป็นเชื้อเพลิง เพื่อต้มน้ำในถังให้มีอุณหภูมิประมาณ 55 °C โดยรายละเอียดอุปกรณ์ในระบบเดิมสามารถแสดงได้ ดังนี้

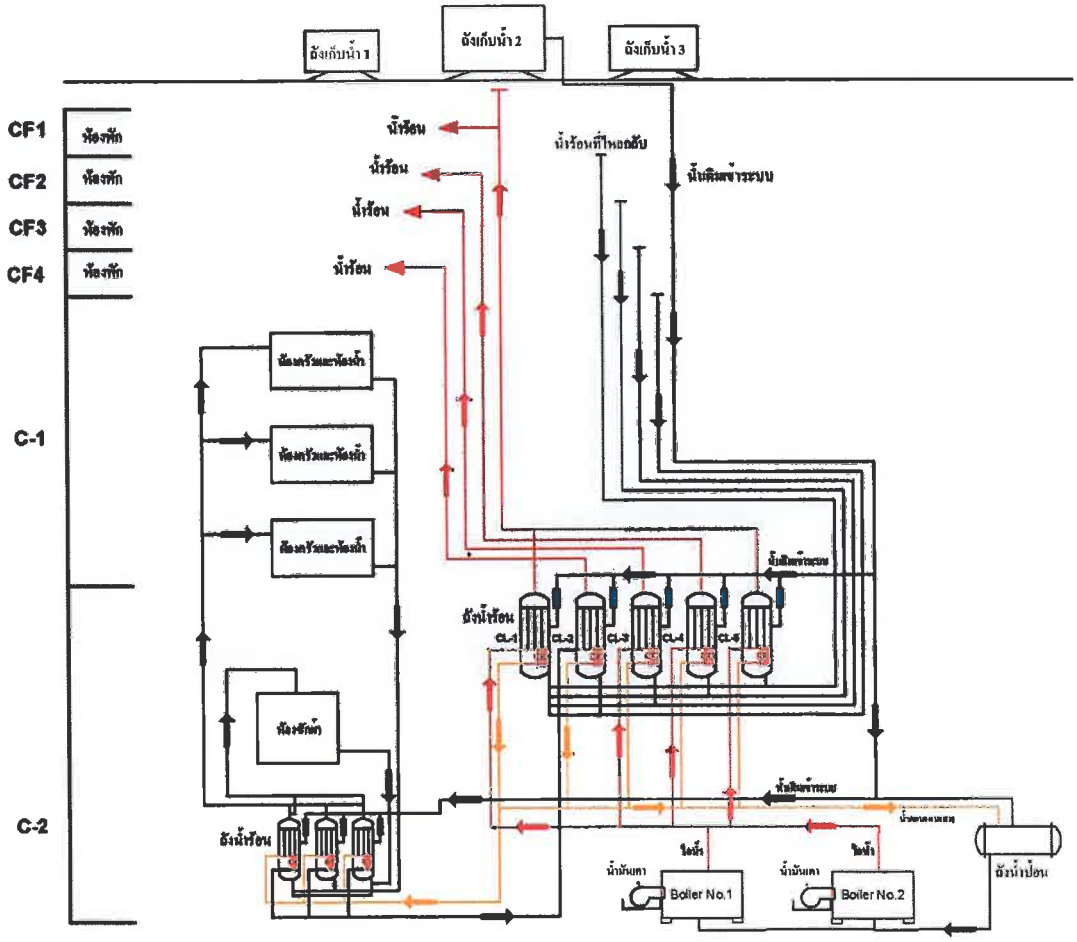


รูปที่ 26 หม้อไอน้ำขนาด 300 แรงม้า จำนวน 1 ชุด และขนาด 350 แรงม้า จำนวน 1 ชุด

ตารางที่ 13 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่จะใช้ลมเย็นจากปั๊มความร้อนทดแทน

สถานที่	ยี่ห้อ	ขนาดทำความเย็น (บีทียู/ชั่วโมง)	กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)
1. ห้องเครื่องลิฟต์ชั้นหลังคา	Carrier	24,000	2.35
2. ห้องเครื่องลิฟต์ชั้นหลังคา	Carrier	24,000	2.35
3. ห้องเครื่องลิฟต์ชั้นหลังคา	Carrier	24,000	2.35
4. ห้องเครื่องลิฟต์ชั้นหลังคา	Uni-Aire	36,000	3.50
5. ห้องเครื่องลิฟต์ชั้นหลังคา	Uni-Aire	36,000	3.50
6. ห้องเครื่องลิฟต์ชั้นหลังคา	Trane	48,000	5.25
7. ห้องเครื่องลิฟต์ชั้นหลังคา	Trane	48,000	5.25
รวม		240,000	24.55

• ไดอะแกรมของเครื่องจักร/อุปกรณ์เดิม



รูปที่ 27 ไดอะแกรมระบบผลิตน้ำร้อนก่อนปรับปรุง

10.2.2 ดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง (Baseline Energy Index)

ระบบผลิตน้ำร้อนเดิมของโรงแรมรอยัลออคิด มีการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่ได้จากหม้อไอน้ำที่ใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง และใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับพัดลมป้อนอากาศเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ ปั๊มน้ำป้อนของหม้อไอน้ำ และปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อน โดยลักษณะการใช้น้ำร้อนเป็นแบบไม่หมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ ดังนั้น จะพิจารณาพลังงานทั้งหมดของระบบทำน้ำร้อนเดิมที่ใช้ในการทำน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร ให้มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส เป็นดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุงตามรายละเอียดแสดงได้ ดังนี้

$$\text{ดัชนีการใช้พลังงาน} = \frac{\text{พลังงานที่ใช้รวม}}{\text{ปริมาณน้ำร้อน} \times (\text{อุณหภูมิน้ำร้อนที่ใช้} - \text{อุณหภูมิน้ำเติม})}$$

ปริมาณการผลิตน้ำร้อน	=	4.369	ลบ.ม./ชั่วโมง
พลังงานที่ใช้รวม	=	686.83	เมกะจูลต่อชั่วโมง
ดัชนีการใช้พลังงานฐาน	=	686.83/4.369/25	
	=	6.28	เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส

ดังนั้น

ดัชนีการใช้พลังงานฐาน	=	**6.28**	**เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส**

***ค่าฐานตัวแปรของการทำ Base line**

- อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ใช้	55	องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิของน้ำเติม	30	องศาเซลเซียส
- ปริมาณการใช้น้ำร้อน	4.369	ลบ.ม./ชั่วโมง
- จำนวนห้องที่เข้าพักเฉลี่ย	497	ห้อง

(ดูรายละเอียดการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานก่อนปรับปรุงใน ภาคผนวก ก.)

ตารางที่ 14 รายละเอียดการใช้พลังงานก่อนปรับปรุง

รายละเอียด	เชื้อเพลิงน้ำมันเตา (ลิตร/ปี)	ไฟฟ้า (kWh/ปี)	พลังงานรวม (เมกะจูล/ปี)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท/ปี)
ปริมาณการใช้พลังงานก่อนปรับปรุง	122,966.23	292,598.98	7,231,159	2,948,674.33

10.2.3 วิธีการปรับปรุงและรายละเอียดเครื่องจักร/อุปกรณ์ที่ติดตั้งใหม่

บริษัท โรงแรม รอยัลออคิด (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) ได้ดำเนินการติดตั้งปั๊มความร้อนขนาด 55 กิโลวัตต์ความร้อน จำนวน 5 ชุด เพื่อทำน้ำร้อนให้กับอาคารฯ และยกเลิกการใช้ไอน้ำในการทำน้ำร้อน ทำให้สามารถลดการใช้น้ำมันเตาเกรดเอที่ใช้ในการผลิตไอน้ำได้

• รายละเอียดเครื่องจักรอุปกรณ์ที่จะติดตั้งใหม่

ปั๊มความร้อน

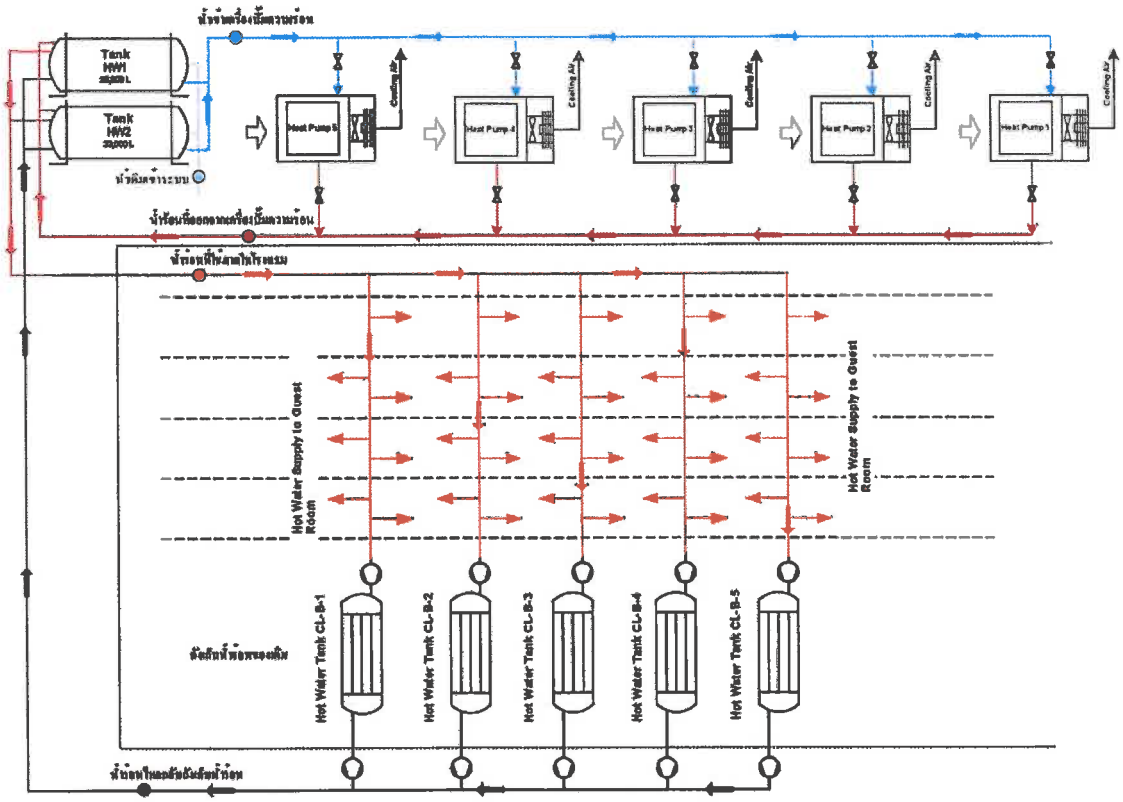
ข้อมูลการใช้ไฟฟ้า

- ยี่ห้อ/รุ่น	Turbora THP 550S	
- พิกัดทำความร้อน	55	กิโลวัตต์
- พิกัดทำความเย็น	52.7	กิโลวัตต์
- พิกัดกำลังไฟฟ้า	14.06	กิโลวัตต์
- ชนิดสารทำความเย็น	134a	
- จำนวน	5	ชุด

ปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อน

- กำลังไฟฟ้าของปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อน	1.95	กิโลวัตต์
- แรงดันไฟฟ้า	380	โวลต์

• แผนผังระบบทำน้ำร้อนด้วยปั๊มความร้อน



รูปที่ 28 ไดอะแกรมระบบผลิตน้ำร้อนหลังปรับปรุง

สำหรับการติดตั้งใช้งานเครื่องทำน้ำร้อนด้วยปั๊มความร้อน ของทางอาคารฯ สามารถแสดงดังต่อไปนี้

รูปที่ 29 การติดตั้งเครื่องปั๊มความร้อนขนาด 55 กิโลวัตต์ความร้อน จำนวน 5 เครื่อง ของ บริษัท โรงแรมรอยัลออคิด (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)

รูปที่ 30 เครื่องปั๊มความร้อนที่ติดตั้งเสร็จแล้ว

10.2.4 ดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง (Post Energy Index) และผลประหยัดพลังงานของเทคโนโลยี

ภายหลังการติดตั้งระบบปั๊มความร้อน โรงแรมสามารถยกเลิกการผลิตน้ำร้อนโดยใช้ความร้อนจากหม้อไอน้ำลงได้ พร้อมกับใช้ความเย็นที่ได้จากระบบปั๊มความร้อนในการปรับอากาศให้กับห้องเครื่องลิฟต์ทดแทนการปรับอากาศโดยใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนได้อีกด้วย ทั้งนี้ ดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุงแสดงได้ดังนี้

$$\text{ดัชนีการใช้พลังงาน} = \frac{\text{พลังงานที่ใช้รวม}}{\text{ปริมาณน้ำร้อน} \times (\text{อุณหภูมิน้ำร้อนที่ใช้} - \text{อุณหภูมิน้ำเติม})}$$

พลังงานที่ใช้ทั้งหมด	=	492.03	เมกะจูลต่อชั่วโมง
ผลต่างอุณหภูมิของน้ำ	=	25	องศาเซลเซียส
ปริมาณการใช้น้ำร้อน	=	4.369	ลบ.ม./ชั่วโมง

ดังนั้น ค่าดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง = 492.03 / (4.369 x 25)

= 4.50 เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส

ดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง	=	4.50	เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส

(ดูรายละเอียดการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุงใน ภาคผนวก ข.)

ตารางที่ 15 รายละเอียดการใช้พลังงานหลังปรับปรุง

รายละเอียด	เชื้อเพลิงน้ำมันเตา (ลิตร/ปี)	ไฟฟ้า (kWh/ปี)	พลังงานรวม (เมกะจูล/ปี)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท/ปี)
ปริมาณการใช้พลังงานหลังปรับปรุง	-	396,480.72	3,171,845.76	1,169,618.12

ตารางที่ 16 รายละเอียดผลประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่ายพลังงาน

รายละเอียด	**เชื้อเพลิงน้ำมันเตา** (ลิตร/ปี)	**ไฟฟ้า** (kWh/ปี)	**พลังงานรวม** (เมกะจูล/ปี)	**ค่าใช้จ่ายรวม** (บาท/ปี)	**ดัชนี** การใช้พลังงาน (เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส)
การใช้พลังงานก่อนปรับปรุง	122,966.23	292,598.98	7,231,159	2,948,674.33	6.28
การใช้พลังงานหลังปรับปรุง	-	396,480.72	3,171,845.76	1,169,618.12	4.50
ผลประหยัด	**122,966.23**	**-103,881.74**	**4,059,313.24**	**1,779,056.21**	**1.78**

ผลประหยัดพลังงานของเทคโนโลยี

ดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง	=	6.28	เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส
ดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง	=	4.50	เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส

คิดเป็นร้อยละผลประหยัดพลังงานของเทคโนโลยี เท่ากับ

$$= \frac{(\text{ดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง} - \text{ดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง})}{\text{ดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง}} \times 100$$

$$= \frac{(6.28 - 4.50)}{6.28} \times 100$$

$$= 28.27\%$$

- **ผลการคำนวณระยะเวลาคืนทุน และผลตอบแทนการลงทุน**

ค่าใช้จ่ายในการลงทุนทั้งสิ้น	7,778,621.28	บาท
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปี	1,779,056.21	บาท/ปี
คิดเป็นระยะเวลาคืนทุน	4.37	ปี

11. กรณีศึกษา
เทคโนโลยีการใช้ปั๊มความร้อนสำหรับการทำความร้อน

ชื่อสถานประกอบการ	:	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ประเภทอุตสาหกรรม	:	โรงพยาบาล
เทคโนโลยีเชิงลึก	:	การใช้ปั๊มความร้อนสำหรับการทำความร้อน
เทคโนโลยีเดิม	:	ผลิตน้ำร้อนโดยใช้ฮีทเตอร์ไฟฟ้า
การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเชิงลึก	:	เปลี่ยนวิธีการผลิตน้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 40-80 องศาเซลเซียส โดยใช้ปั๊มความร้อนในการผลิตน้ำร้อนทดแทน
ระยะเวลาในการติดตั้งเทคโนโลยี	:	4 เดือน
ชนิดของพลังงานที่ประหยัดได้	:	พลังงานไฟฟ้า
ผลประหยัดพลังงานรวม	:	1,522,849 เมกะจูลต่อปี
ผลประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานรวม	:	571,068.33 บาทต่อปี
เงินลงทุน	:	1,613,599.25 บาท
ระยะเวลาคืนทุน	:	2.83 ปี

11. กรณีศึกษาที่ 5 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

11.1 ความเป็นมาและข้อมูลพื้นฐาน

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้ดำเนินการติดตั้งเทคโนโลยีการใช้ปั๊มความร้อนสำหรับการทำความร้อน เพื่อผลิตน้ำร้อนใช้ภายในอาคารบุญสม มาร์ติน โรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ ทดแทนการผลิตน้ำร้อนโดยใช้เครื่องทำน้ำร้อนด้วยไฟฟ้า

11.2 สภาพการดำเนินการก่อนและหลังปรับปรุง

11.2.1 สภาพการดำเนินการก่อนปรับปรุง

• สภาพการใช้งานปัจจุบัน

อาคารบุญสม มาร์ติน โรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ เป็นอาคารสูง 7 ชั้น มีการใช้งานน้ำร้อนภายในอาคารฯ สำหรับชั้น 2 ถึงชั้น 6 (มีแผนที่จะขยายการใช้น้ำร้อนสำหรับชั้น 7) โดยการใช้เครื่องทำน้ำร้อนด้วยไฟฟ้าในการทำน้ำร้อนเพื่อใช้ในงานต่างๆ ของอาคารฯ โดยมีอุณหภูมิใช้งานระหว่าง 40 °C ถึง 80 °C ตามประเภทการใช้งานของแต่ละบริเวณ อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยก่อนเข้าเครื่องทำน้ำร้อนด้วยไฟฟ้าเท่ากับ 28 °C โดยรายละเอียดอุปกรณ์ในระบบทำน้ำร้อนเดิมก่อนปรับปรุงสามารถแสดงได้ ดังนี้

• รายละเอียดเครื่องจักรอุปกรณ์เดิม

รูปที่ 31 เครื่องทำน้ำร้อน 2 กิโลวัตต์ สำหรับ แผนกศัลยกรรมฉุกเฉิน ชั้น 2

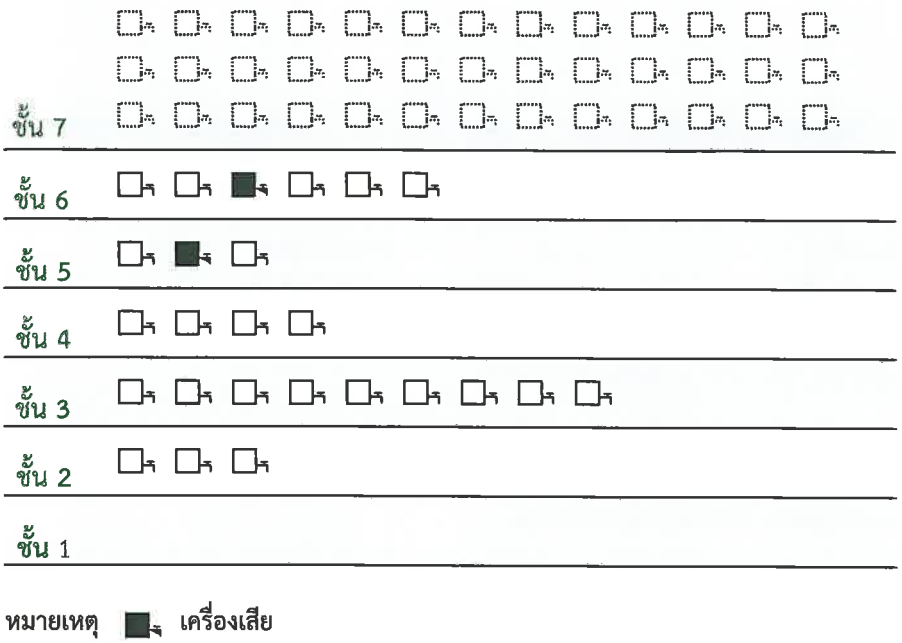
รูปที่ 32 เครื่องทำน้ำร้อน 2 กิโลวัตต์ สำหรับ แผนกศัลยกรรมอุบัติเหตุ ชั้น 2

- **รายละเอียดเครื่องทำน้ำร้อนด้วยไฟฟ้าที่ใช้เดิมก่อนปรับปรุง**

ลำดับ	ยี่ห้อ	รุ่น	พิกัดกำลังไฟฟ้า (kW)	จำนวนเครื่องที่ติดตั้งใช้งาน (เครื่อง)
1	Siemen	BK-52000	2.0	4
2	Siemen	SO-1574	4.0	3
3	National	DOT-154	2.1	2
4	National	DH-A6500	6.0	2
5	National	DH-6BT1	6.0	5
6	National	DH-6BS2	6.0	2
7	National	DG-1242	12.0	1
8	National	DH-777	6.0	1
9	National	DH-5100	5.5	1
10	National	DH-100	5.5	1
11	National	DOT-1030	2.1	2
12	Stiebel	DHA4/8L	8.0	1
13	(N/A)	-	4.5	39
เครื่องทำน้ำร้อนรวมทั้งสิ้น				64

หมายเหตุ : (N/A) หมายถึง เครื่องทำน้ำร้อนที่ชั้น 7 ซึ่งยังไม่มีการใช้น้ำร้อนก่อนเริ่มโครงการฯ โดยจำนวนเครื่องทำน้ำร้อนที่แสดงข้างต้นเป็นประมาณการจากลักษณะการใช้น้ำร้อนที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต

• ไดอะแกรมของเครื่องจักร/อุปกรณ์เดิม



รูปที่ 33 ไดอะแกรมระบบผลิตน้ำร้อนก่อนปรับปรุง

จากการเข้าดำเนินการตรวจวัดการใช้พลังงานสำหรับเครื่องทำน้ำร้อนด้วยไฟฟ้าในแต่ละชั้นพบว่า ที่ชั้น 6 เครื่องทำน้ำร้อนเสียหนึ่งเครื่องและที่ชั้น 5 เครื่องทำน้ำร้อนเสียหนึ่งเครื่อง ดังนั้นจำนวนเครื่องทำน้ำร้อนที่มีการใช้งานอยู่เท่ากับ 23 เครื่อง ในส่วนของชั้นที่ 7 เดิมไม่มีการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนแต่โรงพยาบาลมีแผนที่จะติดตั้งจุดจ่ายน้ำร้อนจำนวน 39 จุด โดยใช้น้ำร้อนจากปั๊มความร้อนที่จะทำการติดตั้งใหม่ ดังนั้น ข้อมูลที่ใช้ในการจัดทำค่าฐานการใช้พลังงานก่อนปรับปรุงสำหรับชั้น 7 จะได้จากการประมาณปริมาณการใช้น้ำร้อนและอุณหภูมิน้ำร้อนในการใช้งาน จากลักษณะงานเดียวกันที่มีใช้งานในชั้นอื่น ๆ ของโรงพยาบาล เพื่อใช้ในการคำนวณค่าการใช้พลังงานรวมกับชั้น 2 ถึง 6

11.2.2 ดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง (Baseline Energy Index)

ในการคำนวณค่าการใช้พลังงานฐานจะใช้ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดอุณหภูมิน้ำเข้าและออกจากเครื่องทำน้ำร้อนด้วยไฟฟ้าและปริมาณการใช้น้ำร้อนของเครื่องทำน้ำร้อนในแต่ละลักษณะการใช้งาน เพื่อคำนวณปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการทำน้ำร้อนก่อนปรับปรุงสำหรับชั้น 2 ถึงชั้น 6 และประเมินพลังงานที่ใช้ในการทำน้ำร้อนสำหรับชั้น 7 โดยคำนวณจากปริมาณการใช้น้ำร้อนและอุณหภูมิน้ำร้อนจากลักษณะงานเดียวกันที่มีใช้งานในชั้นอื่นๆ ของโรงพยาบาล เพื่อใช้ในการคำนวณค่าการใช้พลังงานรวมกับชั้น 2 ถึง 6

$$\text{ดัชนีการใช้พลังงาน} = \frac{\text{พลังงานความร้อนที่ใช้รวม}}{\text{ปริมาณน้ำร้อน} \times \text{ผลต่างอุณหภูมิในการทำน้ำร้อน}}$$

ปริมาณการใช้น้ำร้อน (M hot water)	=	8.682	ลบ.ม./วัน
พลังงานความร้อนที่ใช้ (Q thermal)	=	598.25	เมกะจูล/วัน

อุณหภูมิของน้ำร้อนเฉลี่ยทุกเครื่อง	44.13	องศาเซลเซียส (°C)
อุณหภูมิของน้ำก่อนเข้าเครื่อง	28	องศาเซลเซียส (°C)
อุณหภูมิแตกต่างระหว่างน้ำเข้าและออก	16.13	องศาเซลเซียส (°C)

ดัชนีการใช้พลังงานฐาน = 598.25 / (8.682 x 16.13)
= 4.27 เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส (MJ/m^3 - °C)

ดังนั้น

ดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง = 4.27 เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส

***ค่าฐานตัวแปรของการทำ Base line**

อุณหภูมิของน้ำร้อนเฉลี่ย	44.13	องศาเซลเซียส (°C)
อุณหภูมิของน้ำก่อนเข้าเครื่อง	28	องศาเซลเซียส (°C)
ปริมาณการใช้น้ำร้อน	8.682	ลบ.ม./วัน

จำนวนเตียงผู้ป่วยในเฉลี่ย 304 เตียง ณ วันที่ทำการตรวจวัด

(ดูรายละเอียดการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุงใน ภาคผนวก ก.)

ตารางที่ 17 รายละเอียดการใช้พลังงานก่อนปรับปรุง

รายละเอียด	ไฟฟ้า (kWh/ปี)	พลังงานรวม (เมกะจูล/ปี)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท/ปี)
ปริมาณการใช้พลังงานก่อนปรับปรุง	213,251.25	1,706,010	639,753.75

11.2.3 วิธีการปรับปรุงและรายละเอียดเครื่องจักร/อุปกรณ์ที่ติดตั้งใหม่

อาคารบุญสม มาร์ติน โรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ ดำเนินการติดตั้งปั๊มความร้อนขนาด 30 กิโลวัตต์ความร้อน จำนวน 2 ชุด และติดตั้งท่อน้ำร้อนใหม่เพื่อจ่ายน้ำร้อนให้กับจุดใช้งานเดิมในชั้น 2 ถึง 6 และยกเลิกการใช้งานเครื่องทำน้ำร้อนด้วยไฟฟ้าเดิม พร้อมกับติดตั้งท่อน้ำร้อนเพื่อจ่ายน้ำร้อนให้กับจุดใช้งานใหม่ในชั้น 7 จำนวน 39 จุด

• รายละเอียดเครื่องจักรอุปกรณ์ที่จะติดตั้งใหม่

ปั๊มความร้อน

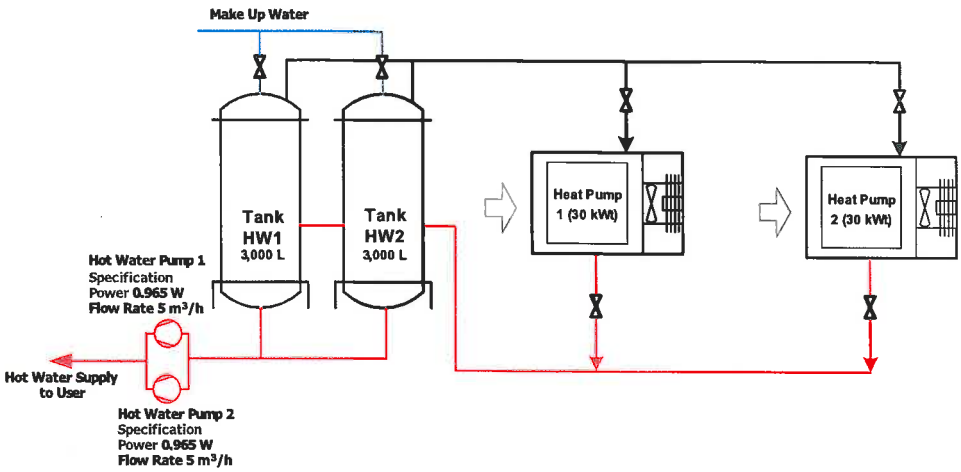
ข้อมูลการใช้ไฟฟ้า

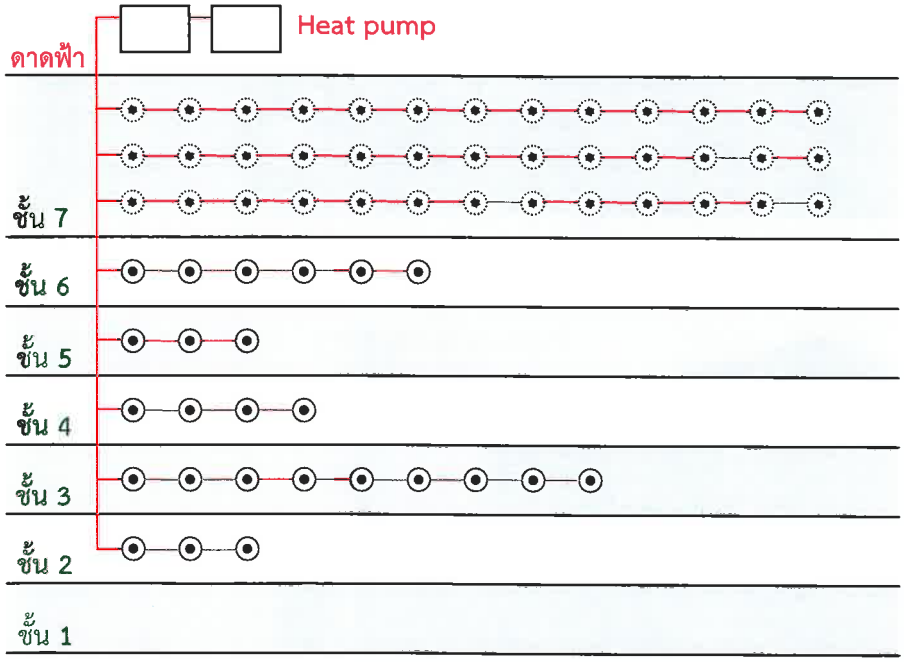
- ยี่ห้อ/รุ่น	-	
- พิกัดทำความร้อน	30	กิโลวัตต์
- พิกัดกำลังไฟฟ้า	12	กิโลวัตต์
- ชนิดสารทำความเย็น	R-22	
- จำนวน	2	ชุด
- แรงดันไฟฟ้า	380	โวลต์

รายละเอียดการทำงาน

- อุณหภูมิน้ำร้อน (Hot water)	55	องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิน้ำเติม (Make-up Water)	28	องศาเซลเซียส
- ชั่วโมงใช้งานต่อวัน	24	ชั่วโมง/วัน
- วันทำงานต่อปี	365	วัน/ปี

• แผนผังระบบทำน้ำร้อนด้วยปั๊มความร้อน





รูปที่ 34 ไดอะแกรมระบบผลิตน้ำร้อนหลังปรับปรุง

รูปภาพการติดตั้งใช้งานเครื่องทำน้ำร้อนด้วยปั๊มความร้อน ของทางโรงพยาบาลฯ สามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

รูปที่ 35 แสดงปั๊มความร้อนและถังเก็บน้ำร้อนของระบบปั๊มความร้อน

รูปที่ 36 การติดตั้งปั๊มความร้อน ขนาด 30 กิโลวัตต์ความร้อน

11.2.4 ดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง (Post Energy Index) และผลประหยัดพลังงานของเทคโนโลยี

ดัชนีการใช้พลังงาน = $\frac{\text{พลังงานที่ใช้รวม}}{\text{ปริมาณน้ำร้อน x ผลต่างอุณหภูมิน้ำ}}$

พลังงานที่ใช้ทั้งหมด = 403.17 เมกะจูลต่อวัน

ดังนั้น ค่าดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง = 403.17 / (8.682 x 16.13)

= 2.88 เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส

ดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง = 2.88 เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส

(ดูรายละเอียดการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุงใน ภาคผนวก ข.)

ตารางที่ 18 รายละเอียดการใช้พลังงานหลังปรับปรุง

รายละเอียด	ไฟฟ้า (kWh/ปี)	พลังงานรวม (เมกะจูล/ปี)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท/ปี)
ปริมาณการใช้พลังงานหลังปรับปรุง	22,895.14	183,161	68,685.42

ตารางที่ 19 รายละเอียดผลประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่ายพลังงาน

รายละเอียด	ไฟฟ้า (kWh/ปี)	พลังงานรวม (เมกะจูล/ปี)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท/ปี)	ดัชนีการใช้พลังงาน (เมกะจูล/ลบ.ม.- องศาเซลเซียส)
การใช้พลังงานก่อนปรับปรุง	213,251.25	1,706,010	639,753.75	4.27
การใช้พลังงานหลังปรับปรุง	22,895.14	183,161	68,685.42	2.88
ผลประหยัด	**190,356.11**	**1,522,849**	**571,068.33**	**1.39**

ผลประหยัดพลังงานของเทคโนโลยี

ดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง	=	4.27	เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส
ดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง	=	2.88	เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส

คิดเป็นร้อยละผลประหยัดพลังงานของเทคโนโลยี เท่ากับ

$$= \frac{(\text{ดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง} - \text{ดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง}) \times 100}{\text{ดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง}}$$

$$= \frac{(4.27 - 2.88)}{4.27} \times 100$$

$$= 32.55\%$$

- **ผลการคำนวณระยะเวลาคืนทุน และผลตอบแทนการลงทุน**

ค่าใช้จ่ายในการลงทุนทั้งสิ้น	1,613,599.25	บาท
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปี	571,068.33	บาท/ปี
คิดเป็นระยะเวลาคืนทุน	2.83	ปี

ภาคผนวก ก
รายละเอียดการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง

รายละเอียดการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง
บริษัท ออโต้อัลลายแอนซ์ (ประเทศไทย) จำกัด

พลังงานไฟฟ้าและความร้อนที่ใช้ของเครื่องล้างเครื่องที่ 1

เชื้อเพลิงที่ใช้ของเครื่องล้างที่ 1 = อัตราการใช้ LPG x ชั่วโมงการทำงาน x ค่าความร้อนของ LPG
= 5.46 x 1 x 50.22
= 274.20 เมกะจูล

พลังงานไฟฟ้าของหม้อไอน้ำ = กำลังไฟฟ้า x ชั่วโมงการทำงาน x 100%
= 1.037 x 1 x 100%
= 1.037 กิโลวัตต์ชั่วโมง
พลังงานขั้นต้น = $\frac{1.037 \times 3.6}{0.45}$
= 8.30 เมกะจูล

พลังงานไฟฟ้าปั๊มน้ำของเครื่องล้างที่ 1 = กำลังไฟฟ้า x ชั่วโมงการทำงาน x 100%
= 2.57 x 1 x 100%
= 2.57 กิโลวัตต์ชั่วโมง
พลังงานขั้นต้น = $\frac{2.57 \times 3.6}{0.45}$
= 20.56 เมกะจูล

ลักษณะชิ้นงานที่นำเข้ามาล้างจะใส่ในชั้นตะแกรงเหล็ก เรียกว่า Rack โดยปริมาณชิ้นงานที่ได้ต่อชั่วโมงเท่ากับ 4 Rack
ดัชนีการใช้พลังงานฐาน = 303.06 / 4

ดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง = 75.77 เมกะจูล/Rack

*ค่าฐานตัวแปรของการทำ Base line
- อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ใช้ในเครื่องล้าง 70 องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิของน้ำเติมที่ใช้ในเครื่องล้าง 32 องศาเซลเซียส
- จำนวนการทำงาน 4 รอบการทำงานในหนึ่งชั่วโมง ที่ปริมาณน้ำร้อน 3,032.13 ลิตร ที่อุณหภูมิสารละลาย 70 °C

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องล้างเครื่องที่ 2

คิดจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ใน 19 ชั่วโมง เท่ากับ 836 ชิ้น (ชิ้นงาน คือ เสื้อสูบ)

พลังงานไฟฟ้ารวมของเครื่องล้างที่ 2	=	กำลังไฟฟ้า x ชั่วโมงการทำงาน x 3.6	
	=	44.49 x 19 x 3.6	
	=	3,043.12	เมกะจูล
คิดเป็นพลังงานขั้นต้น	=	3,043.12 / 0.45	
	=	6,762.48	เมกะจูล
ดังนั้นคิดเป็นพลังงานต่อชิ้น	=	6,762.48 / 836	
	=	8.09	เมกะจูล/ชิ้น

*ค่าฐานตัวแปรของการทำ Base line

- อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ใช้ในเครื่องล้าง 70 องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิของน้ำเติมที่ใช้ในเครื่องล้าง 32 องศาเซลเซียส
- การทำงาน 19 ชั่วโมง ที่ปริมาณน้ำร้อน 752.22 ลิตร ที่อุณหภูมิสารละลาย 70 °C จำนวนชิ้นงานในรอบทำงาน 836 ชิ้น

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องล้างเครื่องที่ 3

จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ใน 19 ชั่วโมง เท่ากับ 836 ชิ้น (ชิ้นงาน คือ เพลาข้อเหวี่ยง)

พลังงานไฟฟ้ารวมของเครื่องล้างที่ 3	=	กำลังไฟฟ้า x ชั่วโมงการทำงาน x 3.6	
	=	44.77 x 19 x 3.6	
	=	3,062.27	เมกะจูล
คิดเป็นพลังงานขั้นต้น	=	3,062.27 / 0.45	
	=	6,805.04	เมกะจูล
ดังนั้นคิดเป็นพลังงานต่อชิ้น	=	6,805.04 / 836	
	=	8.14	เมกะจูล/ชิ้น

*ค่าฐานตัวแปรของการทำ Base line

- อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ใช้ในเครื่องล้าง 60 องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิของน้ำเติมที่ใช้ในเครื่องล้าง 32 องศาเซลเซียส
- การทำงาน 19 ชั่วโมง ที่ปริมาณน้ำร้อน 752.22 ลิตร ที่อุณหภูมิสารละลาย 60 °C จำนวนชิ้นงานในรอบทำงาน 836 ชิ้น

พลังงานที่ใช้รวมของเครื่องล้างเครื่องที่ 2 และ 3	=	**8.09 + 8.14**	**เมกะจูล/ชิ้น**
	=	**16.23**	**เมกะจูล/ชิ้น**

รายละเอียดการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง บริษัท ฮิตาชิ โกลบอล สตอเรจ เทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัด

พลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบทำน้ำร้อน

พลังงานความร้อนที่ใช้ในการผลิตน้ำร้อนใช้งานในเครื่องซักผ้า

พลังงานความร้อนในการทำน้ำร้อน = M hot water x Cp x (T hot water, out - Twater, in)

(Q hot water) = 1,464.5 x 4.186 x (50 - 30) / 1,000

= 122.61 เมกะจูล

คิดเป็นพลังงานความร้อนที่ใช้ = $\frac{\text{Q hot water}}{\text{ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ}}$

= $\frac{122.61}{80\%}$

= 153.26 เมกะจูล

พลังงานความร้อนที่ใช้ในการรักษาอุณหภูมิของน้ำร้อนที่หมุนเวียนในระบบ

พลังงานความร้อนในการทำน้ำร้อน = M hot water x Cp x (T hot water, out - T hot water, in)

(Q hot water) = 107,442 x 4.186 x (50 - 45) / 1,000

= 2,248.76 เมกะจูล

คิดเป็นพลังงานความร้อนที่ใช้ = $\frac{\text{Q hot water}}{\text{ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ}}$

= $\frac{2,248.76}{80\%}$

= 2,810.95 เมกะจูล

เวลาที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณน้ำร้อนที่ใช้ในเครื่องซักผ้าและน้ำร้อนหมุนเวียนในระบบเท่ากับ 4.7 ชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้า

เนื่องจากระบบผลิตน้ำร้อนเดิมของโรงงานบริษัท ฮิตาชิ โกลบอล สตอเรจ เทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัด มีการใช้พลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้าร่วมกันในระบบ ดังนั้น ในการคำนวณการใช้พลังงานก่อนปรับปรุง จะแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานขั้นต้น โดยใช้ค่าประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.45

พลังงานไฟฟ้าของพัดลมป้อนอากาศเผาไหม้ = กำลังไฟฟ้า x ชั่วโมงการทำงาน x 100%

= 1.42 x 4.7 x 100%

= 6.67 กิโลวัตต์ชั่วโมง

= $\frac{6.67 \times 3.6}{0.45}$

คิดเป็นพลังงานขั้นต้น = 53.39 เมกะจูล

พลังงานไฟฟ้าของปั๊มน้ำป้อนและปั๊มน้ำหมุนเวียน

	=	$(P_{Feed\ water} \times 100\% + P_{DI\ Pump} \times 100\%) \times$ ชั่วโมงการทำงาน	
	=	(1.60 x 100% + 2.86 x 100%) x 4.7	
	=	20.96	กิโลวัตต์ชั่วโมง
	=	$\frac{20.96 \times 3.6}{0.45}$	
คิดเป็นพลังงานขั้นต้น	=	167.70	เมกะจูล

พลังงานที่ใช้รวม	=	**พลังงานไฟฟ้าขั้นต้น + พลังงานความร้อน**	
(เมื่อแปลงเป็นพลังงานขั้นต้น)	=	**53.39 + 167.70 + 153.26 + 2,810.95**	
	=	**3,185.30**	**เมกะจูล**

ปริมาณน้ำร้อนที่ใช้ในเครื่องซักผ้า	=	0.31	ลบ.ม. ต่อชั่วโมง
ปริมาณน้ำร้อนหมุนเวียนในระบบ	=	22.86	ลบ.ม. ต่อชั่วโมง
ปริมาณน้ำร้อนรวมที่ใช้ในช่วงเวลาตรวจวัด	=	23.17	ลบ.ม. ต่อชั่วโมง
ช่วงเวลาตรวจวัดการใช้พลังงาน	=	4.7	ชั่วโมง
อุณหภูมิน้ำเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน	=	45	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิน้ำออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน	=	50	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิน้ำเติม (UDI Water)	=	30	องศาเซลเซียส

การคำนวณหาอุณหภูมิแตกต่างของน้ำร้อน

อุณหภูมิแตกต่างของน้ำร้อน	=	((0.31 x (50 – 30)) + (22.86 x (50 – 45))) / 23.17	
	=	5.20	องศาเซลเซียส

ดังนั้น

ดัชนีการใช้พลังงานฐาน	=	**3,185.30 / (4.7 x 23.17 x 5.20)**	**เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส**

ดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง	=	**5.63**	**เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส**

***ค่าฐานตัวแปรของการทำ Base line**

- อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ใช้ของเครื่องซัก	50	องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิของน้ำร้อนหมุนเวียนในระบบ	45	องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิน้ำเติม (UDI Water)	30	องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิแตกต่างของน้ำร้อน	5.20	องศาเซลเซียส
- ปริมาณการใช้น้ำร้อนต่อชั่วโมง	23.17	ลบ.ม.
- กำลังไฟฟ้าที่ใช้ของปั๊มน้ำหมุนเวียน DI	2.86	kW

รายละเอียดการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง บริษัท เพรสิเด้นท์โฮเต็ลและทาวเวอร์ จำกัด

พลังงานไฟฟ้าและความร้อนที่ใช้

พลังงานความร้อนในการทำน้ำร้อน = M hot water x Cp x (T hot water, out - T water, in)

(Q Hot Water) = 9,953 x 4.186 x (55 - 30) / 1,000

= 1,041.83 เมกะจูลต่อชั่วโมง

คิดเป็นพลังงานความร้อนที่ใช้ = $\frac{\text{Q Hot Water}}{\text{ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ}}$

= $\frac{1,041.83}{79.80\ \%}$

= 1,305.55 เมกะจูลต่อชั่วโมง

เนื่องจากระบบผลิตน้ำร้อนเดิมของอาคาร มีการใช้พลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้าร่วมกันในระบบ ดังนั้น ในการคำนวณการใช้พลังงานก่อนปรับปรุง จะแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานขั้นต้น โดยใช้ค่าประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.45

พลังงานไฟฟ้าของพัดลมป้อนอากาศเผาไหม้ = PBlower Boiler x OH

= 6.91 x 1

= 6.91 กิโลวัตต์ชั่วโมง

คิดเป็นพลังงานขั้นต้น = $\frac{6.91 \times 3.6}{0.45}$

= 55.28 เมกะจูล

พลังงานไฟฟ้าของปั๊มน้ำ = (PFeed Water Pump x 100% + PHot Water Pump x 100%) x OH

= (5.50 x 100% + 10.42 x 100%) x 1

= 15.92 กิโลวัตต์ชั่วโมง

คิดเป็นพลังงานขั้นต้น = $\frac{15.92 \times 3.6}{0.45}$

= 127.36 เมกะจูล

พลังงานที่ใช้รวม = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ + พลังงานความร้อนที่ใช้

(เมื่อแปลงเป็นพลังงานขั้นต้น) = (55.28 + 127.36) + 1,305.55

= 1,488.19 เมกะจูลต่อชั่วโมง

ดัชนีการใช้พลังงาน (Specific Energy Consumption)

ดัชนีการใช้พลังงาน = $\frac{\textbf{พลังงานที่ใช้รวม}}{\text{ปริมาณน้ำร้อน x (อุณหภูมิน้ำร้อนที่ใช้ - อุณหภูมิน้ำเติม)}}$

ปริมาณการผลิตน้ำร้อน = 9.953 ลบ.ม./ชั่วโมง

พลังงานที่ใช้รวม = 1,488.19 เมกะจูลต่อชั่วโมง

ใช้พลังงานในการทำน้ำร้อนจากอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็น 55 องศาเซลเซียส (25 องศาเซลเซียส)

ดัชนีการใช้พลังงานฐาน	=	1,488.19 / 9.953 / 25	
	=	5.98	เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส

ดังนั้น

ดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง	**=**	**5.98**	**เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส**

*ค่าฐานตัวแปรของการทำ Base line

- อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ใช้	55	องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิของน้ำเติม	30	องศาเซลเซียส
- ปริมาณการใช้น้ำร้อน	9.953	ลบ.ม./ชั่วโมง
- จำนวนห้องที่เข้าพักวันที่ 8-15 ส.ค.51 เฉลี่ย	306	ห้อง

รายละเอียดการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง บริษัท โรงแรมรอยัลออคิด (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)

พลังงานไฟฟ้าและความร้อนที่ใช้

พลังงานความร้อนในการทำน้ำร้อน	=	M hot water x Cp x (T hot water, out - T water, in)	
(Q Hot Water)	=	4,369.25 x 4.186 x (55 - 30) / 1,000	
	=	457.35	เมกะจูลต่อชั่วโมง

คิดเป็นพลังงานความร้อนที่ใช้ = $\frac{\text{Q Hot Water}}{\text{ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ}}$

= $\frac{457.35}{81.9\ \%}$

= 558.43 เมกะจูลต่อชั่วโมง

เนื่องจากระบบผลิตน้ำร้อนเดิมของโรงแรม มีการใช้พลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้าร่วมกันในระบบ ดังนั้น ในการคำนวณการใช้พลังงานก่อนปรับปรุง จะแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานขั้นต้น โดยใช้ค่าประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.45

พลังงานไฟฟ้าของพัดลมป้อนอากาศเผาไหม้	=	PFan x ชั่วโมงการทำงาน	
	=	8.75 x 1	
	=	8.75	กิโลวัตต์ชั่วโมง
คิดเป็นพลังงานขั้นต้น	=	$\frac{8.75 \times 3.6}{0.45}$	
	=	70	เมกะจูลต่อชั่วโมง
พลังงานไฟฟ้าของปั๊มน้ำ	=	(PPump Feed x 100% x ชั่วโมงการทำงาน + PHot Water x 100% x ชั่วโมงการทำงาน)	
	=	(5.35 x 100% x 1 + 1.95 x 100% x 1)	
	=	7.30	กิโลวัตต์ชั่วโมง
คิดเป็นพลังงานขั้นต้น	=	$\frac{7.30 \times 3.6}{0.45}$	
	=	58.4	เมกะจูลต่อชั่วโมง

พลังงานที่ใช้รวม	=	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ + พลังงานความร้อนที่ใช้	
(เมื่อแปลงเป็นพลังงานขั้นต้น)	=	70 + 58.4 + 558.43	
	=	686.83	เมกะจูลต่อชั่วโมง

ใช้พลังงานในการทำน้ำร้อนจากอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็น 55 องศาเซลเซียส (25 องศาเซลเซียส)

ดัชนีการใช้พลังงาน (Specific Energy Consumption)

$$\text{ดัชนีการใช้พลังงาน} = \frac{\text{พลังงานที่ใช้รวม}}{\text{ปริมาณน้ำร้อน} \times (\text{อุณหภูมิน้ำร้อนที่ใช้} - \text{อุณหภูมิน้ำเติม})}$$

ปริมาณการผลิตน้ำร้อน	=	4.369	ลบ.ม./ชั่วโมง
พลังงานที่ใช้รวม	=	686.83	เมกะจูลต่อชั่วโมง
ดัชนีการใช้พลังงานฐาน	=	686.83/4.369/25	
	=	6.28	เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส

ดังนั้น

ดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง	=	6.28	เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส

***ค่าฐานตัวแปรของการทำ Base line**

- อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ใช้	55	องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิของน้ำเติม	30	องศาเซลเซียส
- ปริมาณการใช้น้ำร้อน	4.369	ลบ.ม./ชั่วโมง
- จำนวนห้องที่เข้าพักเฉลี่ย	497	ห้อง

รายละเอียดการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการทำน้ำร้อน

คำนวณพลังงานที่ใช้ในการทำน้ำร้อน โดยใช้ความสัมพันธ์ ดังนี้

พลังงานในการทำน้ำร้อน = $M_{hot\ water} \times C_p \times (T_{hot\ water,\ out} - T_{water,\ in}) / \text{Heater eff.}$

โดยที่

Q	=	ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการทำน้ำร้อน (MJ/วัน)
$M_{hot\ water}$	=	ผลรวมอัตราการไหลของน้ำร้อนจากการตรวจวัด (ลิตร/วัน)
C_p	=	ความร้อนจำเพาะของน้ำ เท่ากับ 4.186 kJ/kg. °C
$T_{water,\ in}$	=	อุณหภูมิของน้ำเข้าเครื่องทำน้ำร้อนจากการตรวจวัดเฉลี่ย (°C)
$T_{hot\ water,\ out}$	=	อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ออกจากเครื่องทำน้ำร้อน (°C) เฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักร่วมกับปริมาณน้ำร้อนที่ใช้ในแต่ละอุณหภูมิ
	=	$[(M_1T_1) + (M_2T_2) + (M_3T_3) + (M_nT_n)] / M_{hot\ water}$
Heater eff.	=	ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำร้อนด้วยไฟฟ้า เท่ากับ 98 %

โดยสามารถสรุปปริมาณพลังงานที่ต้องใช้ในการทำน้ำร้อนด้วยเครื่องทำน้ำร้อนด้วยไฟฟ้าก่อนปรับปรุง สำหรับแต่ละชั้นแสดงได้ดังนี้

1. พลังงานในการทำน้ำร้อนของชั้นที่ 2 เท่ากับ	15.74	เมกะจูล/วัน
2. พลังงานในการทำน้ำร้อนของชั้นที่ 3 เท่ากับ	85.61	เมกะจูล/วัน
3. พลังงานในการทำน้ำร้อนของชั้นที่ 4 เท่ากับ	34.97	เมกะจูล/วัน
4. พลังงานในการทำน้ำร้อนของชั้นที่ 5 เท่ากับ	27.86	เมกะจูล/วัน
5. พลังงานในการทำน้ำร้อนของชั้นที่ 6 เท่ากับ	176.22	เมกะจูล/วัน
6. พลังงานในการทำน้ำร้อนของชั้นที่ 7 เท่ากับ	257.85	เมกะจูล/วัน
รวมพลังงานที่ใช้ในการทำน้ำร้อนทั้งหมดเท่ากับ	598.25	เมกะจูล/วัน
ปริมาณการใช้น้ำร้อนต่อวันเท่ากับ	8.682	ลบ.ม./วัน

หมายเหตุ : เนื่องจากยังไม่มีการใช้น้ำร้อนสำหรับชั้น 7 ในปัจจุบัน พลังงานที่ใช้ในการทำน้ำร้อนจึงคำนวณจากปริมาณการใช้น้ำร้อนและอุณหภูมิน้ำร้อนในการใช้งาน จากลักษณะงานเดียวกันที่มีใช้งานในชั้นอื่น ๆ ของโรงพยาบาล

ดัชนีการใช้พลังงาน (Specific Energy Consumption)

ดัชนีการใช้พลังงาน = $\frac{\text{พลังงานความร้อนที่ใช้รวม}}{\text{ปริมาณน้ำร้อน x ผลต่างอุณหภูมิในการทำน้ำร้อน}}$

ปริมาณการใช้น้ำร้อน (M hot water) = รวมปริมาณการใช้น้ำร้อนสำหรับชั้น 2 - 7
= 184 + 1,634 + 426 + 400 + 1,622 + 4,416
= 8,682 ลิตร/วัน
= 8.682 ลบ.ม./วัน

พลังงานความร้อนที่ใช้ (Q thermal) = รวมปริมาณพลังงานความร้อนที่ใช้สำหรับชั้น 2 - 7
= 15.74 + 85.61 + 34.97 + 27.86 + 176.22 + 257.85
= 598.25 เมกะจูล/วัน

การใช้พลังงาน/ปริมาณการใช้น้ำร้อน = 598.25 / 8.682
= 68.91 เมกะจูล/ลบ.ม.

ในการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานฐาน จะต้องคำนวณค่าการใช้พลังงานเทียบกับผลต่างของอุณหภูมิของน้ำเข้าและน้ำร้อนที่ออกจากเครื่องทำน้ำร้อนด้วยไฟฟ้า ซึ่งในกรณีของโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ อุณหภูมิน้ำเข้ามีค่าไม่แตกต่างกันโดยมีค่าเฉลี่ยที่ 28 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิน้ำร้อนที่ออกจากเครื่องทำน้ำร้อนด้วยไฟฟ้า จากการตรวจวัดพบว่ามีค่าแตกต่างกันไปตามลักษณะการใช้งาน (ระหว่าง 36.7 ถึง 87.20 องศาเซลเซียส) รวมทั้งปริมาณการใช้น้ำร้อนในแต่ละอุณหภูมิมีค่าแตกต่างกันมาก ดังนั้น จึงกำหนดค่าอุณหภูมิน้ำร้อนออกจากเครื่องฯ โดยใช้วิธีคำนวณจากอุณหภูมิน้ำร้อนที่ได้จากเครื่องทำน้ำร้อนทุกเครื่องเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก โดยพิจารณาอุณหภูมิของน้ำร้อนเฉลี่ยและปริมาณน้ำร้อนที่ใช้ในแต่ละชั้น ประกอบในการคำนวณค่าอุณหภูมิน้ำร้อนเฉลี่ยของทั้งอาคาร ดังนี้

$$T_{\text{hot water, out}} = \frac{[(M_{\text{ชั้นที่2}}T_{\text{ชั้นที่2}})+(M_{\text{ชั้นที่3}}T_{\text{ชั้นที่3}})+(M_{\text{ชั้นที่4}}T_{\text{ชั้นที่4}})+(M_{\text{ชั้นที่5}}T_{\text{ชั้นที่5}})+(M_{\text{ชั้นที่6}}T_{\text{ชั้นที่6}})+(M_{\text{ชั้นที่7}}T_{\text{ชั้นที่7}})]}{M_{\text{hot water}}}$$

$$= \frac{(184\text{x}48.02)+(1,634\text{x}40.26)+(426\text{x}47.21)+(400\text{x}44.3)+(1,622\text{x}53.43)+(4,416\text{x}41.67)}{8,682}$$

= 44.13 องศาเซลเซียส (℃)

อุณหภูมิของน้ำร้อนเฉลี่ยทุกเครื่อง	44.13	องศาเซลเซียส (℃)
อุณหภูมิของน้ำก่อนเข้าเครื่อง	28	องศาเซลเซียส (℃)
อุณหภูมิแตกต่างระหว่างน้ำเข้าและออก	16.13	องศาเซลเซียส (℃)

ดัชนีการใช้พลังงานฐาน = 598.25 / (8.682 x 16.13)

= 4.27 เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส (MJ/m^3 -℃)

ดังนั้น

ดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง	=	4.27	เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส

***ค่าฐานตัวแปรของการทำ Base line**

- อุณหภูมิของน้ำร้อนเฉลี่ย 44.13 องศาเซลเซียส (℃)
- อุณหภูมิของน้ำก่อนเข้าเครื่อง 28 องศาเซลเซียส (℃)
- ปริมาณการใช้น้ำร้อน 8.682 ลบ.ม./วัน
- จำนวนเตียงผู้ป่วยในเฉลี่ย 304 เตียง ณ วันที่ทำการตรวจวัด

ภาคผนวก ข
รายละเอียดการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง

รายละเอียดการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง
บริษัท ออโต้อัลลายแอนซ์ (ประเทศไทย) จำกัด

การคำนวณดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง

ระบบปั๊มความร้อนใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลักในการทำความร้อนและหมุนเวียนน้ำร้อน ดังนั้น ในการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง จะคำนวณจากปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของปั๊มความร้อนและปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อน เทียบกับผลผลิตที่ได้จากเครื่องล้างแต่ละเครื่อง โดยแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องล้างที่ 1

กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของปั๊มความร้อน ($P_{ปั๊มความร้อน}$) = 14.80 กิโลวัตต์

พลังงานไฟฟ้าของปั๊มความร้อน

	=	$P_{ปั๊มความร้อน}$ x จำนวนชั่วโมงในการตรวจวัด	
	=	14.80 x 1	
	=	14.80	กิโลวัตต์ชั่วโมง
คิดเป็นพลังงานขั้นสุดท้าย	=	14.80 x 3.6	
	=	53.28	เมกะจูลต่อชั่วโมง
คิดเป็นพลังงานขั้นต้น	=	53.28 / 0.45	
	=	118.40	เมกะจูลต่อชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าของปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อนของปั๊มความร้อน

	=	$P_{HP\ Pump\ \#2}$ x จำนวนชั่วโมงในการตรวจวัด	
	=	1.51 x 1	
	=	1.51	กิโลวัตต์ชั่วโมง
คิดเป็นพลังงานขั้นสุดท้าย	=	1.51 x 3.6	
	=	5.44	เมกะจูลต่อชั่วโมง
คิดเป็นพลังงานขั้นต้น	=	5.44 / 0.45	
	=	12.08	เมกะจูลต่อชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าของปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อนในระบบ

	=	$P_{Circulating\ Pump\ \#3}$ x จำนวนชั่วโมงในการตรวจวัด	
	=	2.14 x 1	
	=	2.14	กิโลวัตต์ชั่วโมง
คิดเป็นพลังงานขั้นสุดท้าย	=	2.14 x 3.6	
	=	7.70	เมกะจูลต่อชั่วโมง
คิดเป็นพลังงานขั้นต้น	=	7.70 / 0.45	
	=	17.12	เมกะจูลต่อชั่วโมง

พลังงานที่ใช้รวม

(เมื่อแปลงเป็นพลังงานขั้นต้น)	=	118.40 + 12.08 + 17.12	
	=	147.60	เมกะจูลต่อชั่วโมง

ดัชนีการใช้พลังงาน (Specific Energy Consumption)

ดัชนีการใช้พลังงานของเครื่องล้างเครื่องที่ 1 = $\frac{\text{พลังงานที่ใช้รวม}}{\text{จำนวนการล้างใน 1 ชั่วโมง (Rack)}}$

ดังนั้น ค่าดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง = 147.60 / 4

= 36.90 เมกะจูล/Rack

ดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุงของเครื่องล้างที่ 1 = 36.90 เมกะจูล/Rack

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องล้างที่ 2 และ 3

- กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของปั๊มความร้อน (PHeat Pump) 16.84 กิโลวัตต์
- จำนวนชั่วโมงการทำงาน (OH) 17 ชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าของปั๊มความร้อน

= P ปั๊มความร้อน x OH
= 16.84 x 17
= 286.28 กิโลวัตต์ชั่วโมง
คิดเป็นพลังงานขั้นสุดท้าย = 286.28 x 3.6
= 1,030.61 เมกะจูลต่อชั่วโมง
คิดเป็นพลังงานขั้นต้น = 1,030.61 / 0.45
= 2,290.24 เมกะจูลต่อชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าของปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อนของปั๊มความร้อน

= PHP Pump #1 x OH
= 1.63 x 17
= 27.71 กิโลวัตต์ชั่วโมง
คิดเป็นพลังงานขั้นสุดท้าย = 27.71 x 3.6
= 99.76 เมกะจูลต่อชั่วโมง
คิดเป็นพลังงานขั้นต้น = 99.76 / 0.45
= 221.68 เมกะจูลต่อชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าของปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อนในระบบของเครื่องล้าง (เสื้อสูบ)

= PCirculating Pump #1 x OH
= 1.47 x 17
= 24.99 กิโลวัตต์ชั่วโมง
คิดเป็นพลังงานขั้นสุดท้าย = 24.99 x 3.6
= 89.96 เมกะจูลต่อชั่วโมง
คิดเป็นพลังงานขั้นต้น = 89.96 / 0.45
= 199.92 เมกะจูลต่อชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าของปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อนในระบบของเครื่องล้าง (เพลาข้อเหวี่ยง)

	=	PCirculating Pump #2 x OH	
	=	1.52 x 17	
	=	25.84	กิโลวัตต์ชั่วโมง
คิดเป็นพลังงานขั้นสุดท้าย	=	25.84 x 3.6	
	=	93.02	เมกะจูลต่อชั่วโมง
คิดเป็นพลังงานขั้นต้น	=	93.02 / 0.45	
	=	206.72	เมกะจูลต่อชั่วโมง
พลังงานที่ใช้รวม	=	2,290.24 + 221.68 + 199.92 + 206.72	
(เมื่อแปลงเป็นพลังงานขั้นต้น)	=	2,918.56	เมกะจูลต่อชั่วโมง

ค่าปรับปรุงการใช้พลังงาน

ค่าปรับปรุงการใช้พลังงาน เนื่องจากชั่วโมงการทำงานที่ลดลงในส่วนของปั๊มความร้อนจากค่าฐานตัวแปรของการทำ Baseline ชั่วโมงการทำงานของเครื่องล้างเครื่องที่ 2 และ 3 จะเท่ากับ 19 ชั่วโมง โดยที่ปริมาณชิ้นงานที่ใช้ล้างหลังจากที่ได้ประกอบเป็นเครื่องแล้วเท่ากับ 836 เครื่อง

ตารางที่ 20 ตัวแปรควบคุมการใช้พลังงานก่อนและหลังปรับปรุง

ตัวแปรควบคุมการใช้พลังงาน	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
ชั่วโมงการทำงาน	19	17
จำนวนรอบการทำงาน	76	68
ปริมาณชิ้นงาน	836	748

ดังนั้นคิดเป็นชิ้นงานที่ลดลง	=	836 – 748	
	=	88	ชิ้น

เครื่องล้างทำงานชั่วโมงละ 4 รอบ โดยในแต่ละรอบจะได้ชิ้นงาน 11 ชิ้น ดังนั้นในหนึ่งชั่วโมงจะได้ชิ้นงานทั้งหมด 44 ชิ้น พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องปั๊มความร้อนต่อหนึ่งชั่วโมงในการล้างชิ้นงานเท่ากับ 16.84 kWh (จากการตรวจวัด)

คิดเป็นปริมาณชิ้นงานที่ล้างใน 2 ชั่วโมง	=	44 x 2	
	=	88	ชิ้น

พลังงานไฟฟ้าของปั๊มความร้อน

	=	P ปั๊มความร้อน x จำนวนชั่วโมงที่ลดลง	
	=	16.84 x 2	
	=	33.68	กิโลวัตต์ชั่วโมง
คิดเป็นพลังงานขั้นสุดท้าย	=	33.68 x 3.6	
	=	121.25	เมกะจูลต่อชั่วโมง
คิดเป็นพลังงานขั้นต้น	=	121.25 / 0.45	
	=	269.44	เมกะจูลต่อชั่วโมง

ดังนั้น คิดเป็นค่าปรับปรุงการใช้พลังงาน เนื่องจากชั่วโมงการทำงานลดลงของปั๊มความร้อนเท่ากับ 269.44 MJ/h โดยที่ปริมาณชิ้นงานที่ล้างจะเท่ากับ 88 ชิ้น

ค่าปรับปรุงการใช้พลังงาน เนื่องจากชั่วโมงการทำงานที่ลดลงในส่วนของปั๊มน้ำ

พลังงานไฟฟ้าของปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อนของปั๊มความร้อน

	=	PHP Pump #1 x OH	
	=	1.63 x 2	
	=	3.26	กิโลวัตต์ชั่วโมง
คิดเป็นพลังงานขั้นสุดท้าย	=	3.26 x 3.6	
	=	11.74	เมกะจูลต่อชั่วโมง
คิดเป็นพลังงานขั้นต้น	=	11.74 / 0.45	
	=	26.08	เมกะจูลต่อชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าของปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อนในระบบของเครื่องล้าง (เสื้อสูบ)

	=	PCirculating Pump #1 x OH	
	=	1.47 x 2	
	=	2.94	กิโลวัตต์ชั่วโมง
คิดเป็นพลังงานขั้นสุดท้าย	=	2.94 x 3.6	
	=	10.58	เมกะจูลต่อชั่วโมง
คิดเป็นพลังงานขั้นต้น	=	10.58 / 0.45	
	=	23.52	เมกะจูลต่อชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าของปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อนในระบบของเครื่องล้าง (เพลาข้อเหวี่ยง)

	=	PCirculating Pump #2 x OH	
	=	1.52 x 2	
	=	3.04	กิโลวัตต์ชั่วโมง
คิดเป็นพลังงานขั้นสุดท้าย	=	3.04 x 3.6	
	=	10.94	เมกะจูลต่อชั่วโมง
คิดเป็นพลังงานขั้นต้น	=	10.94 / 0.45	
	=	24.32	เมกะจูลต่อชั่วโมง

ดังนั้น คิดเป็นค่าปรับปรุงการใช้พลังงานของระบบปั๊มน้ำ

= พลังงานของปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อนของปั๊มความร้อน+ พลังงานของปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อนในระบบของเครื่องล้าง (เสื้อสูบ) + พลังงานของปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อนในระบบของเครื่องล้าง (เพลาข้อเหวี่ยง)

= 26.08 + 23.52 + 24.32

= 73.92 เมกะจูลต่อชั่วโมง

ดัชนีการใช้พลังงานของเครื่องล้างเครื่องที่ 2 และ 3 = $\frac{\text{พลังงานที่ใช้รวม}}{\text{ปริมาณชิ้นงาน}}$

- พลังงานที่ใช้หลังปรับปรุงของเครื่องล้างเครื่องที่ 2 และ 3 ก่อนปรับค่า	2,918.56	เมกะจูลต่อชั่วโมง
- ค่าปรับปรุงการใช้พลังงาน เนื่องจากชั่วโมงการทำงานลดลงของปั๊มความร้อน	269.44	เมกะจูลต่อชั่วโมง
- ค่าปรับปรุงการใช้พลังงาน เนื่องจากชั่วโมงการทำงานลดลงของระบบปั๊มน้ำ	73.92	เมกะจูลต่อชั่วโมง

ดังนั้นคิดเป็นพลังงานหลังปรับปรุงที่ใช้รวม	=	2,918.56 + 269.44 + 73.92	
	=	3,261.92	เมกะจูลต่อชั่วโมง
ดัชนีการใช้พลังงานของเครื่องล้างเครื่องที่ 2 และ 3	=	พลังงานหลังปรับปรุง / ปริมาณชิ้นงาน	
	=	3,261.92 / 836	
	=	3.90	เมกะจูล/ชิ้น

รวมดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุงของเครื่องที่ 2 และ 3 = 3.90 เมกะจูล/ชิ้น

รายละเอียดการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง บริษัท ฮิตาชิ โกลบอล สตอเรจ เทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัด

ผลการตรวจวัดการใช้พลังงานหลังปรับปรุง แสดงได้ ดังนี้

กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของเครื่องปั๊มความร้อน (PHeat Pump)	=	4.60	กิโลวัตต์
จำนวนการใช้งานของเครื่องปั๊มความร้อน	=	3	เครื่อง
เปอร์เซ็นต์ภาระการทำงานของระบบปั๊มความร้อน	=	58.81	%
จำนวนวันในการทำงาน (DY)	=	350	วันต่อปี
ราคาค่าไฟฟ้า	=	2.55	บาทต่อหน่วย

พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปั๊มความร้อน

= PHeat Pump x เปอร์เซ็นต์ภาระการทำงานของระบบปั๊มความร้อน x จำนวนการใช้งานของเครื่องปั๊มความร้อน x จำนวนชั่วโมงในการตรวจวัด

= 4.60 x 58.81% x 3 x 5

= 40.58 กิโลวัตต์ชั่วโมง (ใน 5 ชั่วโมง)

คิดเป็นพลังงานขั้นต้น = 40.58 x 3.6 / 0.45

= 324.64 เมกะจูล ใน 5 ชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าของปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อนของเครื่องปั๊มความร้อน

= กำลังไฟฟ้า x 100% x จำนวนชั่วโมงในการตรวจวัด

= 1.34 x 5

= 6.70 กิโลวัตต์ชั่วโมง (ใน 5 ชั่วโมง)

คิดเป็นพลังงานขั้นต้น = 6.70 x 3.6 / 0.45

= 53.6 เมกะจูล ใน 5 ชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าของปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อนในระบบน้ำ DI

= กำลังไฟฟ้า x 100% x จำนวนชั่วโมงในการตรวจวัด

= 2.86 x 5

= 14.30 กิโลวัตต์ชั่วโมง (ใน 5 ชั่วโมง)

คิดเป็นพลังงานขั้นต้น = 14.30 x 3.6 / 0.45

= 114.4 เมกะจูล ใน 5 ชั่วโมง

พลังงานที่ใช้รวม = พลังงานไฟฟ้าขั้นต้น / ช่วงเวลาที่ใช้ในการตรวจวัด

(เมื่อแปลงเป็นพลังงานขั้นต้น) = (324.64 + 53.6 + 114.4) / 5

= 492.64 / 5

= 98.53 เมกะจูลต่อชั่วโมง

ค่าตัวแปรที่ได้จากการตรวจวัดหลังปรับปรุง

ปริมาณน้ำร้อนที่ใช้ในเครื่องซักผ้า	=	0.28	ลบ.ม. ต่อชั่วโมง
ปริมาณน้ำร้อนหมุนเวียนในระบบ	=	14.53	ลบ.ม. ต่อชั่วโมง
ปริมาณน้ำร้อนรวมที่ใช้ในช่วงเวลาตรวจวัด	=	14.81	ลบ.ม. ต่อชั่วโมง
อุณหภูมิน้ำเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน	=	45	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิน้ำออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน	=	50	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิน้ำเติม (UDI Water)	=	30	องศาเซลเซียส

ดัชนีการใช้พลังงาน (Specific Energy Consumption) หลังปรับปรุง

$$\text{ดัชนีการใช้พลังงาน} = \frac{\text{พลังงานที่ใช้รวม}}{\text{ปริมาณน้ำร้อน} \times \text{ผลต่างอุณหภูมิน้ำ}}$$

- พลังงานที่ใช้หลังปรับปรุงก่อนรวมค่าปรับปรุงการใช้พลังงาน 98.53 เมกะจูลต่อชั่วโมง
- ค่าปรับปรุงการใช้พลังงาน เนื่องจากปริมาณการใช้น้ำร้อนลดลง 8.36 ลบ.ม./ชั่วโมง 128 เมกะจูลต่อชั่วโมง
- ค่าปรับปรุงการใช้พลังงาน เนื่องจากผลต่างอุณหภูมิของน้ำร้อน 3.60 เมกะจูลต่อชั่วโมง

ดังนั้นคิดเป็นพลังงานที่ใช้ทั้งหมด = 98.53 + 128 – 3.60
= 222.93 เมกะจูลต่อชั่วโมง

ดังนั้น ค่าดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง = 222.93 / (23.17 x 5.20)
= 1.85 เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส

ดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง	=	1.85	เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส

รายละเอียดการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง บริษัท เพรสิเด้นท์โฮเต็ลและทาวเวอร์ จำกัด

พลังงานไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของเครื่องปั๊มความร้อน	8.58	กิโลวัตต์
จำนวนเครื่องปั๊มความร้อนที่ใช้งาน	6	เครื่อง
ชั่วโมงการใช้งานที่ใช้ในการคำนวณ (OH)	1	ชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปั๊มความร้อน (PHeat Pump)

= PHeat Pump x 6 x ชั่วโมงการทำงาน
= 8.58 x 6 x 1
= 51.18 กิโลวัตต์ชั่วโมง
คิดเป็นพลังงานขั้นต้น = 51.18 x 3.6 / 0.45
= 409.44 เมกะจูลต่อชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าของปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อนของระบบเดิม

= (PHWRP x 100%) x ชั่วโมงการทำงาน
= (10.45 x 100%) x 1
= 10.45 กิโลวัตต์ชั่วโมง
คิดเป็นพลังงานขั้นต้น = 10.45 x 3.6 / 0.45
= 83.6 เมกะจูลต่อชั่วโมง

พลังงานที่ใช้รวม (เมื่อแปลงเป็นพลังงานขั้นต้น) = พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปั๊มความร้อน + พลังงานไฟฟ้าของปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อนของระบบเดิม
= 409.44 + 83.6 เมกะจูลต่อชั่วโมง
= 493.04 เมกะจูลต่อชั่วโมง

ตารางที่ 21 ตัวแปรควบคุมการใช้พลังงาน

ตัวแปรควบคุมการใช้พลังงาน	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ใช้ (องศาเซลเซียส)	55	52.63
อุณหภูมิน้ำเติม (องศาเซลเซียส)	30	26.32
ผลต่างของอุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)	25	26.31
จำนวนห้องที่เข้าพัก (ห้อง)	306	292

ดัชนีการใช้พลังงาน (Specific Energy Consumption)

$$\text{ดัชนีการใช้พลังงาน} = \frac{\text{พลังงานที่ใช้รวม}}{\text{ปริมาณน้ำร้อน x (อุณหภูมิน้ำร้อนที่ใช้ - อุณหภูมิน้ำเติม)}}$$

- พลังงานที่ใช้หลังปรับปรุงก่อนรวมค่าปรับปรุงการใช้พลังงาน 493.04 เมกะจูลต่อชั่วโมง
- ค่าปรับปรุงการใช้พลังงาน เนื่องจากผลต่างของปริมาณการใช้น้ำร้อน 294.74 เมกะจูลต่อชั่วโมง
- ค่าปรับปรุงการใช้พลังงาน เนื่องจากผลต่างอุณหภูมิของน้ำร้อน 14.48 เมกะจูลต่อชั่วโมง

ดังนั้นคิดเป็นพลังงานที่ใช้ทั้งหมด = 493.04 + 294.74 – 14.48
= 773.30 เมกะจูลต่อชั่วโมง

ค่าฐานตัวแปรของการทำ Base line

อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ใช้	55	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิของน้ำเติม	30	องศาเซลเซียส
ผลต่างอุณหภูมิของน้ำ	25	องศาเซลเซียส
ปริมาณการใช้น้ำร้อน	9.953	ลบ.ม./ชั่วโมง
จำนวนห้องที่เข้าพักวันที่ 8-15 ส.ค. 51 เฉลี่ย	306	ห้อง

ดังนั้น ค่าดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง = 773.30 / (9.953 x 25)
= 3.11 เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส

ดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง = 3.11 เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส

รายละเอียดการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง บริษัท โรงแรมรอยัลออคิด (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)

ผลการตรวจวัดกำลังไฟฟ้าของปั๊มความร้อน ภายหลังการติดตั้งแล้วเสร็จ แสดงได้ ดังนี้

Heat Pump	% Load	Average kW
1	43.17	18.69
2	59.21	18.49
3	25.54	18.13
4	54.00	18.89
5	0.67	18.08
Average	36.52	18.46

โดยสามารถคำนวณการใช้พลังงานต่อชั่วโมงสำหรับระบบปั๊มความร้อนที่ติดตั้งใหม่ได้ ดังนี้

พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปั๊มความร้อน เครื่องที่ 1

= P Heat Pump #1 x ชั่วโมงการทำงาน x เปอร์เซ็นต์ภาระการทำงานของเครื่องปั๊มความร้อน

= 18.69 x 1 x 43.17%

= 8.07 กิโลวัตต์ชั่วโมง

คิดเป็นพลังงานขั้นต้น = 8.07 x 3.6 / 0.45

= 64.55 เมกะจูลต่อชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปั๊มความร้อน เครื่องที่ 2

= P Heat Pump #2 x ชั่วโมงการทำงาน x เปอร์เซ็นต์ภาระการทำงานของเครื่องปั๊มความร้อน

= 18.49 x 1 x 59.21%

= 10.95 กิโลวัตต์ชั่วโมง

คิดเป็นพลังงานขั้นต้น = 10.95 x 3.6 / 0.45

= 87.58 เมกะจูลต่อชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปั๊มความร้อน เครื่องที่ 3

= P Heat Pump #3 x ชั่วโมงการทำงาน x เปอร์เซ็นต์ภาระการทำงานของเครื่องปั๊มความร้อน

= 18.13 x 1 x 25.54%

= 4.63 กิโลวัตต์ชั่วโมง

คิดเป็นพลังงานขั้นต้น = 4.63 x 3.6 / 0.45

= 37.04 เมกะจูลต่อชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปั๊มความร้อน เครื่องที่ 4

= P Heat Pump #4 x ชั่วโมงการทำงาน x เปอร์เซ็นต์ภาระการทำงานของเครื่องปั๊มความร้อน

= 18.89 x 1 x 54%

= 10.20 กิโลวัตต์ชั่วโมง

คิดเป็นพลังงานขั้นต้น = 10.20 x 3.6 / 0.45

= 81.60 เมกะจูลต่อชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปั๊มความร้อน เครื่องที่ 5

= P Heat Pump #5 x ชั่วโมงการทำงาน x เปอร์เซ็นต์ภาระการทำงานของเครื่องปั๊มความร้อน

= 18.08 x 1 x 0.67%

= 0.12 กิโลวัตต์ชั่วโมง

คิดเป็นพลังงานขั้นต้น = 0.12 x 3.6 / 0.45

= 0.97 เมกะจูลต่อชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าของปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อนของระบบเดิม

= (PHWRP x 100%) x ชั่วโมงการทำงาน

= (1.95 x 100%) x 1

= 1.95 กิโลวัตต์ชั่วโมง

คิดเป็นพลังงานขั้นต้น = 1.95 x 3.6 / 0.45

= 15.60 เมกะจูลต่อชั่วโมง

พลังงานที่ใช้รวม = **พลังงานไฟฟ้าของปั๊มความร้อน + พลังงานไฟฟ้าของปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อนของระบบเดิม**
(เมื่อแปลงเป็นพลังงานขั้นต้น)

= 64.55 + 87.58 + 37.04 + 81.60 + 0.97 + 15.60

= 287.35 เมกะจูลต่อชั่วโมง

ดัชนีการใช้พลังงาน (Specific Energy Consumption)

ดัชนีการใช้พลังงาน = $\frac{\text{พลังงานที่ใช้รวม}}{\text{ปริมาณน้ำร้อน x (อุณหภูมิน้ำร้อนที่ใช้ - อุณหภูมิน้ำเติม)}}$

- พลังงานที่ใช้หลังปรับปรุงก่อนรวมค่าปรับปรุงการใช้พลังงาน 287.35 เมกะจูลต่อชั่วโมง
- ค่าปรับปรุงการใช้พลังงาน เนื่องจากผลต่างของปริมาณการใช้น้ำร้อน 190.82 เมกะจูลต่อชั่วโมง
- ค่าปรับปรุงการใช้พลังงาน เนื่องจากผลต่างอุณหภูมิของน้ำร้อน 13.86 เมกะจูลต่อชั่วโมง

ดังนั้นคิดเป็นพลังงานที่ใช้ทั้งหมด = 287.35 + 190.82 + 13.86

= 492.03 เมกะจูลต่อชั่วโมง

ค่าฐานตัวแปรของการทำ Base line

- อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ใช้	55	องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิของน้ำเติม	30	องศาเซลเซียส
- ผลต่างอุณหภูมิของน้ำ	25	องศาเซลเซียส
- ปริมาณการใช้น้ำร้อน	4.369	ลบ.ม./ชั่วโมง
- จำนวนห้องที่เข้าพักวันที่ 8-14/08/08 เฉลี่ย	497	ห้อง

ดังนั้น ค่าดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง = 492.03 / (4.369 x 25)

= 4.50 เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส

ดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง = 4.50 เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส

รายละเอียดการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

พลังงานไฟฟ้า

ตารางที่ 22 ข้อมูลจากการตรวจวัดการทำงานของเครื่อง Heat Pump เครื่องที่ 1 และ 2

Heat Pump	จำนวนเวลาที่ทำงาน (นาที)	จำนวนเวลาทั้งหมด (นาที)	เปอร์เซ็นต์ภาระการทำงาน
เครื่องที่ 1	373	1,440	26%
เครื่องที่ 2	174	1,440	12 %

เครื่องปั๊มความร้อน เครื่องที่ 1

- กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของเครื่องปั๊มความร้อนเครื่องที่ 1 เท่ากับ 10.66 กิโลวัตต์ (P Heat Pump 1)
- เปอร์เซ็นต์ภาระการทำงาน 26 %

เครื่องปั๊มความร้อน เครื่องที่ 2

- กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของเครื่องปั๊มความร้อน เครื่องที่ 2 เท่ากับ 9.85 กิโลวัตต์ (P Heat Pump 2)
- เปอร์เซ็นต์ภาระการทำงาน 12 %

- จำนวนวันในการทำงาน 365 วันต่อปี
- ราคาค่าไฟฟ้า 3.00 บาทต่อหน่วย

พลังงานไฟฟ้าของปั๊มน้ำร้อน

	=	PHWP #1 x 100% x ชั่วโมงการทำงาน	
	=	0.71 x 100% x 24	
	=	17.04	กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน
คิดเป็นพลังงานสุดท้าย	=	17.04 x 3.6	
	=	61.34	เมกะจูลต่อวัน
คิดเป็นพลังงานขั้นต้น	=	61.34 / 0.45	
	=	136.32	เมกะจูลต่อวัน

พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปั๊มความร้อน เครื่องที่ 1

	=	P Heat Pump 1 x เปอร์เซ็นต์ภาระการทำงาน x ชั่วโมงทำงาน	
	=	10.66 x 26% x 24	
	=	66.52	กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน
คิดเป็นพลังงานขั้นสุดท้าย	=	66.52 x 3.6	
	=	239.47	เมกะจูลต่อวัน
คิดเป็นพลังงานขั้นต้น	=	239.47 / 0.45	
	=	532.15	เมกะจูลต่อวัน

พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปั๊มความร้อน เครื่องที่ 2

	=	P Heat Pump 2 x เปอร์เซ็นต์ภาระการทำงาน x ชั่วโมงการทำงาน	
	=	9.85 x 12% x 24	
	=	28.37	กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน
คิดเป็นพลังงานขั้นสุดท้าย	=	28.37 x 3.6	
	=	102.12	เมกะจูลต่อวัน
คิดเป็นพลังงานขั้นต้น	=	102.12 / 0.45	
	=	226.94	เมกะจูลต่อวัน

พลังงานที่ใช้รวม = **พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปั๊มความร้อนเครื่องที่ 1 +**
(เมื่อแปลงเป็นพลังงานขั้นต้น) **พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปั๊มความร้อนเครื่องที่ 2 + พลังงานไฟฟ้าของปั๊มน้ำร้อน**

= 532.15 + 226.94 + 136.32
= 895.41 เมกะจูลต่อวัน

ค่าตัวแปรที่ได้จากการตรวจวัดหลังปรับปรุง

- อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ออกจากเครื่องปั๊มความร้อนเฉลี่ย	41.96	องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิของน้ำร้อนที่เข้าเครื่องปั๊มความร้อนเฉลี่ย	23.91	องศาเซลเซียส
- ผลต่างของอุณหภูมิน้ำเท่ากับ	18.05	องศาเซลเซียส
- ปริมาณน้ำร้อนที่ใช้ต่อวัน	14.27	ลูกบาศก์เมตร
- จำนวนเตียงผู้ป่วยในเฉลี่ย	292	เตียง

ตารางที่ 23 ตัวแปรควบคุมการใช้พลังงานก่อนและหลังปรับปรุง

ตัวแปรควบคุมการใช้พลังงาน	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ใช้ (องศาเซลเซียส)	44.13	41.96
อุณหภูมิน้ำเติม (องศาเซลเซียส)	28	23.91
ผลต่างของอุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)	16.13	18.05
จำนวนเตียงผู้ป่วยในเฉลี่ย (เตียง)	304	292
ปริมาณน้ำร้อนรวม (ลบ.ม.ต่อวัน)	8.682	14.27

ดัชนีการใช้พลังงาน (Specific Energy Consumption)

$$\text{ดัชนีการใช้พลังงาน} = \frac{\text{พลังงานที่ใช้รวม}}{\text{ปริมาณน้ำร้อน} \times \text{ผลต่างอุณหภูมิน้ำ}}$$

- พลังงานที่ใช้หลังปรับปรุงก่อนรวมค่าปรับปรุงการใช้พลังงาน	895.41	เมกะจูลต่อวัน
- ค่าปรับปรุงการใช้พลังงาน เนื่องจากปริมาณการใช้น้ำร้อนเพิ่มขึ้น 5.59 ลบ.ม./วัน	377.52	เมกะจูลต่อวัน
- ค่าปรับปรุงการใช้พลังงาน เนื่องจากผลต่างอุณหภูมิของน้ำร้อน	114.72	เมกะจูลต่อวัน

ดังนั้นคิดเป็นพลังงานที่ใช้ทั้งหมด = 895.41 – 377.52 – 114.72
= 403.17 **เมกะจูลต่อวัน**

ดังนั้น ค่าดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง = 403.17 / (8.682 x 16.13)
= 2.88 **เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส**

ดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง	=	**2.88**	**เมกะจูล/ลบ.ม. - องศาเซลเซียส**

เอกสารอ้างอิง

(1) Centre for Advanced Engineering, New Zealand, 1996. Energy Efficiency: A Guide to Current and Emerging Technologies, Volume 2 Part 8 Chapter 3: Heat Pump and Related Plant, pp. 373-392.

(2) IEA, OECD 1995. Industrial Heat Pump, A Means to Mitigate Global Industrial Emissions, Heat Pump Programme.

(3) U.S. Department of Energy. Industrial Heat Pumps for Steam and Fuel Savings, Washington, DC, June 2003.

(4) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. กรณีศึกษา 017 การใช้ปั๊มความร้อน (Heat Pump), พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, มิถุนายน 2547

(5) มูลนิธิสถาบันประสิทธิภาพพลังงาน (ประเทศไทย). รายงานโครงการส่งเสริมการใช้ Heat Pump ในสถานประกอบการโรงแรม Available URL: http://www.eeit.or.th/project/heatpump/Heatpump%20Abstract.pdf

(6) ปรเมธ ประเสริฐยิ่ง. การใช้ปั๊มพ์ความร้อนในขบวนการทางอุตสาหกรรม, Available URL: http://energymaster.co.th/heat_3.doc./

ดำเนินโครงการโดย

สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน

17 ถนนพระราม 1 เชิงสะพานกษัตริย์ศึก แขวงรองเมือง เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทรศัพท์ 0-2223-0021-9, 0-2222-4102-9

โทรสาร 0-2226-3943

www.dede.go.th

กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน