สมุดปกขาว

ปั๊มความร้อนหรือเครื่องกำเนิดไอน้ำ: กรณีศึกษาทางธุรกิจเป็นอย่างไร

สมุดปกขาวของจอห์นสัน คอนโทรลส์

บทนำ

การจัดการการใช้พลังงานสำหรับการทำความร้อนและความเย็นของอาคารและอุตสาหกรรมเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง หากประเทศต่างๆ ต้องการจะบรรลุเป้าหมายการลดคาร์บอนและความยั่งยืนทั่วโลก

จากข้อมูลของสำนักงานพลังงานระหว่างประเทศ (IEA) เกือบ 1 ใน 5 ของการเติบโตด้านการใช้พลังงานทั่วโลกในปี 2018 นั้นเกิดจากฤดูร้อนที่ร้อนขึ้นซึ่งส่งผลให้ความต้องการด้านการทำความเย็นเพิ่มขึ้น และอากาศที่หนาวเย็นอย่างกะทันหันทำให้ความต้องการด้านการทำความร้อนสูงขึ้น และเมื่อดูการใช้พลังงานตามภาคส่วน ข้อมูลจากรายงานแนวโน้มพลังงานโลกปี 2019 (World Energy Outlook 2019) ของ IEA แสดงให้เห็นว่าภาคอุตสาหกรรมจะเข้ามาแทนที่ภาคอาคารในฐานะภาคส่วนที่ใช้พลังงานมากที่สุดภายในปี 2030

การจ่ายกระแสไฟฟ้าเพื่อการทำความร้อนผ่านปั๊มความร้อน (HP) โดยที่กระแสไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนปั๊มความร้อนนั้นมาจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนจึงถูกจับตามองว่าเป็นเทคโนโลยีสำคัญในการลดการปล่อยคาร์บอนในภาคอุตสาหกรรม การใช้ดังกล่าวยังเป็นส่วนสำคัญของความร้อนที่ลดการปล่อยคาร์บอนเพื่อสร้างเมืองอัจฉริยะที่ยั่งยืน

การขับเคลื่อนวาระปั๊มความร้อน

การเคลื่อนไหวที่เพิ่มขึ้นของประเทศต่างๆ ที่มีต่อการปล่อยคาร์บอนสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Carbon Emission) ภายในปี 2050 มีแนวโน้มที่จะช่วยเร่งการเปลี่ยนจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลมาเป็นปั๊มความร้อน (HP) แทน ในสถานการณ์การปล่อยคาร์บอนสุทธิเป็นศูนย์ปี 2050 (NZE2050) จากรายงานแนวโน้มพลังงานโลกปี 2020 ล่าสุด IEA คาดการณ์ว่า เมื่อรวมกับแหล่งความร้อนคาร์บอนต่ำอื่นๆ แล้ว ปั๊มความร้อนจะเข้ามาแทนที่เชื้อเพลิงฟอสซิลอีก 80 Mtoe (ล้านตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ) นอกเหนือจากการลดปริมาณลง 110 Mtoe ที่เกิดขึ้นในสถานการณ์การพัฒนาที่ยั่งยืนระหว่างปี 2019 ถึง 2030 โดยรวมแล้ว ไฟฟ้าและเชื้อเพลิงคาร์บอนต่ำรองรับความต้องการความร้อนประมาณหนึ่งในสี่ของอุตสาหกรรมในปี 2030 ตามนโยบาย NZE2050

ยุโรปซึ่งเป็นผู้นำในการเคลื่อนไหวไปสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนภายในปี 2050 ได้มุ่งมั่นที่จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างน้อย 40 เปอร์เซ็นต์ (จากระดับในปี 1990) ภายในปี 2030 และกำลังเสนอให้เพิ่มจุดมุ่งหมายนี้เป็น 55 เปอร์เซ็นต์ภายใต้แผนการปฏิรูปสีเขียวของยุโรป (European Green Deal หรือ EGD) เมื่อเร็วๆ นี้ ยังได้กำหนดให้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการเปลี่ยนผ่านด้านพลังงานเป็นหัวใจสำคัญของการฟื้นตัวทางเศรษฐกิจจากการแพร่ระบาดของโควิด-19 โดยมอบมาตรการจูงใจทางเศรษฐกิจสำหรับการใช้เทคโนโลยีคาร์บอนต่ำและประสิทธิภาพด้านพลังงาน ปั๊มความร้อนเป็นส่วนสำคัญของสมการนี้

การจ่ายกระแสไฟฟ้าเพื่อการทำความร้อนผ่านปั๊มความร้อน (HP) โดยที่กระแสไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนปั๊มความร้อนนั้นมาจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน จึงถูกจับตามองว่าเป็นเทคโนโลยีสำคัญในการลดการปล่อยคาร์บอนจากภาคอุตสาหกรรม

ทำความรู้จักเกี่ยวกับปั๊มความร้อน

กล่าวง่ายๆ ปั๊มความร้อน (HP) คือเครื่องยนต์ความร้อนที่ทำงานย้อนกลับ ซึ่งจะย้อนกลับกระบวนการไหลของความร้อนตามธรรมชาติ (ที่ความร้อนจะถ่ายเทจากพื้นที่ที่อุ่นกว่าไปยังพื้นที่ที่เย็นกว่า) โดยการดูดซับพลังงานจากสภาพแวดล้อมที่เย็น และปล่อยเป็นความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น กระบวนการนี้ต้องใช้แหล่งพลังงานภายนอก เช่น ไฟฟ้า ซึ่งอาจมาจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่ให้แหล่งความร้อนที่ปราศจากคาร์บอน

ปั๊มความร้อนมีส่วนประกอบหลักสี่ส่วน ได้แก่ เครื่องระเหย คอมเพรสเซอร์ คอนเดนเซอร์ และอุปกรณ์ลดความดัน โดยพื้นฐานแล้วจะทำงานเหมือนตู้เย็น ปั๊มความร้อนเชิงกล ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุดในการติดตั้งทางอุตสาหกรรม จะทำงานบนหลักการการบีบอัดและการถ่ายเทของสารทำงาน (Working Fluid) หรือ "สารทำความเย็น" ที่ไหลผ่านส่วนประกอบเหล่านี้ทั้งหมด

เครื่องระเหยเป็นตัวแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างแหล่งความร้อนอุณหภูมิต่ำกับสารทำความเย็น ในแง่ของแหล่งความร้อน อากาศภายนอก น้ำทะเล และน้ำทิ้งที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วถือเป็นส่วนสำคัญของโครงการทำความร้อนแบบรวมศูนย์ในอนาคต

สารทำความเย็นจะเข้าสู่เครื่องระเหยเป็นของเหลวแรงดันต่ำ และแหล่งความร้อนจากอากาศภายนอก/ที่ปล่อยทิ้งจะทำให้สารทำความเย็นระเหยออกไป สารทำความเย็นจะออกจากเครื่องระเหยเป็นก๊าซแรงดันต่ำ จากนั้นจะเข้าสู่คอมเพรสเซอร์และถูกบีบอัด กระบวนการบีบอัดจะเปลี่ยนก๊าซเย็นที่มีแรงดันต่ำจากเครื่องระเหยให้เป็นก๊าซร้อนแรงดันสูง ก๊าซนี้จะเข้าสู่คอนเดนเซอร์ ซึ่งเป็นตัวแลกเปลี่ยนความร้อนอีกตัวหนึ่งที่ทำหน้าที่ส่งความร้อนนี้ไปยังอุปกรณ์ที่ใช้ความร้อนในระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้น โดยต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ และพลังงานนี้จะถูกนำไปเสริมกับความร้อนที่มีอยู่แล้วในคอนเดนเซอร์

รูปที่ 1. ปั๊มความร้อนมีส่วนประกอบหลักสี่ส่วน ได้แก่ เครื่องระเหย คอมเพรสเซอร์ คอนเดนเซอร์ และอุปกรณ์ควบคุมความดัน โดยพื้นฐานแล้วจะทำงานเหมือนตู้เย็น

ความต้องการปั๊มความร้อนที่เพิ่มขึ้น

ปั๊มความร้อนมีความเหมาะสมอย่างยิ่งต่อการลดการปล่อยคาร์บอนในการจ่ายความร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำ (<100 °C) ซึ่ง IEA ระบุว่าเป็นแหล่งที่ใหญ่ที่สุดสำหรับความต้องการความร้อนในอุตสาหกรรมในปัจจุบัน ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา มีความต้องการใช้โซลูชันการทำความร้อนและความเย็นในอุตสาหกรรมที่มีขนาดและความซับซ้อนเพิ่มมากขึ้น ซึ่งผลักดันให้เกิดการสนับสนุนในแง่ของภาคส่วนที่มีการใช้งานปั๊มความร้อนในอุตสาหกรรม

การทำความเย็นนั้นเป็นสิ่งจำเป็นในโรงงาน อย่างเช่น โรงงานผลิตนมหรือโรงฆ่าสัตว์ โรงงานเหล่านี้จึงไม่มีทางเลือกอื่นนอกจากการใช้โรงหล่อเย็น แต่สำหรับการทำความร้อนนั้น มักจะมีทางเลือกอื่นอยู่เสมอ เจ้าของโรงงานสามารถใช้ปั๊มความร้อน เครื่องกำเนิดไอน้ำเชื้อเพลิงฟอสซิลที่หลากหลาย เครื่องกำเนิดไอน้ำเชื้อเพลิงชีวมวล หรือเครื่องกำเนิดไอน้ำแบบไฟฟ้าโดยขึ้นอยู่กับความต้องการ โดยทั่วไปแล้ว ปั๊มความร้อน (HP) จะมีประสิทธิภาพมากกว่าเครื่องกำเนิดไอน้ำทั่วไปในแง่ของการทำความร้อน ไม่ว่าจะเป็นการทำความร้อนเฉพาะจุดหรือการใช้งานในเขตเทศบาล

ปั๊มความร้อนมักจะมีค่าสัมประสิทธิ์ประสิทธิภาพ (COP) เท่ากับ 3-5 (หรือสูงกว่านั้น ขึ้นอยู่กับการใช้งาน) กล่าวคือ สามารถถ่ายเทพลังงานได้มากกว่าที่ใช้ถึง 500 เปอร์เซ็นต์ กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ผลิตความร้อนได้ 5 กิโลวัตต์ต่อกำลังไฟเข้าทุกๆ 1 กิโลวัตต์ ในทางตรงกันข้าม เครื่องกำเนิดไอน้ำที่ใช้แก๊สประสิทธิภาพสูงจะมีประสิทธิภาพประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหมายความว่า 95 เปอร์เซ็นต์ของพลังงานในแก๊สจะเปลี่ยนไปเป็นความร้อนที่มีประโยชน์ ส่วนอีก 5 เปอร์เซ็นต์จะกลายเป็นความร้อนผ่านปล่องไฟ

ปั๊มความร้อนมักจะมีค่าสัมประสิทธิ์ประสิทธิภาพ (COP) เท่ากับ 3-5 จึงสามารถถ่ายเทพลังงานได้มากกว่าที่ใช้ถึง 500% ในทางตรงกันข้าม เครื่องกำเนิดไอน้ำที่ใช้แก๊สประสิทธิภาพสูงจะมีประสิทธิภาพประมาณ 95%

ใช้ปั๊มความร้อนหรือเครื่องกำเนิดไอน้ำดี

ในผู้ให้บริการพลังงานหรือแวดวงด้านสาธารณูปโภค สามารถใช้ปั๊มความร้อนเป็นแหล่งผลิตหลักแทนเครื่องกำเนิดไอน้ำเชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตความร้อนได้ ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ปั๊มความร้อนถูกเปลี่ยนไปใช้งานในรูปแบบต่างๆ โดยมีกำลังส่งออกอยู่ระหว่าง 40-70 เมกะวัตต์ ซึ่งโดยปกติแล้วจะให้บริการโดยใช้เครื่องกำเนิดไอน้ำหลายชุดหรือโรงไฟฟ้าและพลังความร้อนร่วม (CHP)

อย่างไรก็ตาม การเลือกระหว่างเครื่องกำเนิดไอน้ำกับปั๊มความร้อนนั้นไม่ใช่การตัดสินใจที่ง่าย โดยพื้นฐานแล้ว การตัดสินใจนั้นถูกขับเคลื่อนโดยกรณีศึกษาทางเศรษฐกิจโดยรวม ความต้องการของผู้ประกอบการ และความต้องการด้านสุขภาพ ความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อม (HSE)

การใช้งานและความพึงพอใจของเจ้าของโรงงานถือเป็นข้อควรพิจารณาอย่างแรกก่อนที่จะซื้อปั๊มความร้อน (HP) สำหรับผู้จัดจำหน่าย สิ่งสำคัญคือต้องทำความเข้าใจกับความต้องการของเจ้าของโรงงาน เช่น มีข้อกำหนดพิเศษหรือความต้องการของไซต์งานในแง่ของการจัดการสารทำความเย็นหรือไม่ มีความจำเป็นสำหรับการสำรองกำลังการผลิตหรือไม่ นอกจากนี้ การเข้าใจพารามิเตอร์ทางการเงิน เช่น อัตราระหว่างบริษัทค่าตัดจำหน่าย ต้นทุนพลังงาน และมูลค่า/กำไรจากความร้อนนั้น เป็นเรื่องที่สำคัญเช่นกัน

สุขภาพ ความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อม (HSE) และการประเมินสภาพแวดล้อมโดยรอบมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยต้องคำนึงถึงความเป็นพิษ ความไวไฟ ความดัน และความปลอดภัยของสารทำความเย็น ในขณะเดียวกัน เจ้าของโรงงานก็ควรคำนึงถึงองค์กร ความยั่งยืน และจริยธรรมด้านความรับผิดชอบของตนด้วย

ทั้งหมดนี้นำไปสู่ข้อควรพิจารณาที่สำคัญหลายประการสำหรับการออกแบบการติดตั้งปั๊มความร้อน ซึ่งประกอบด้วย

กำลังการผลิต: เงื่อนไขการออกแบบมีอะไรบ้าง
สภาพอุณหภูมิ: วันที่หนาวที่สุดในฤดูหนาวและวันที่ร้อนที่สุดในฤดูร้อนมีอุณหภูมิอยู่ที่เท่าใด และต้องใช้ความร้อนเท่าใดในสภาพที่รุนแรงเหล่านี้ มีต้นทุนความร้อนทดแทนเทียบกับค่าไฟฟ้าเท่าใด การคำนวณมูลค่าความร้อน/กำไรต้องดำเนินการในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน
การกำหนดค่า: หากมีความจำเป็นที่จะต้องสำรองกำลังการผลิต การติดตั้งชุดอุปกรณ์ขนาดเล็กหลายชุดแทนที่จะติดตั้งชุดอุปกรณ์ขนาดใหญ่เพียงชุดเดียวถือเป็นทางเลือกที่ดีกว่า การทำงานร่วมกันของปั๊มความร้อนกับแหล่งความร้อนอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็นแบบอนุกรมหรือแบบขนาน มีความสำคัญอย่างมากในการจัดหาปั๊มความร้อนที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ข้อเสนอที่มีคุณค่ามากที่สุด
ความเสี่ยง: ความเสียหายและบทลงโทษนับเป็นข้อควรพิจารณาที่สำคัญในการจัดหาปั๊มความร้อนเช่นกัน นี่เป็นเรื่องที่สำคัญต่อการติดตั้งให้กับบริษัทที่ทำความร้อนในเขตที่มีการควบคุมรายได้ ซึ่งหมายความว่าความเสี่ยงทั้งหมดอยู่ที่ผู้จัดจำหน่าย

ประเด็นสำคัญคือกรณีของการเลือกเทคโนโลยีที่ทำให้มีต้นทุนการเป็นเจ้าของตลอดอายุการใช้งานต่ำที่สุด หรือมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) สูงสุดและผลตอบแทนการลงทุน (ROI) ที่ดีที่สุด

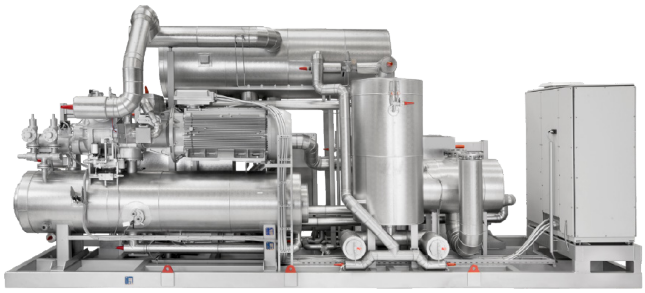
การกำหนดค่าปั๊มความร้อน: สิ่งที่ต้องพิจารณา

การใช้งาน
- ความพึงพอใจของลูกค้า
- ความต้องการของลูกค้า การสำรองกำลังการผลิต
- ไซต์งานติดตั้งของลูกค้า

ต้นทุนวงจรชีวิต (LCC) - การประหยัด
- ต้นทุนเบื้องต้น 10%
- ต้นทุนบริการ 10%
- ต้นทุนพลังงาน 80%
- มูลค่า/กำไรจากความร้อน

สุขภาพ ความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อม (HSE) และสภาพแวดล้อมโดยรอบ
- ความเป็นพิษ
- ความไวไฟ
- ความปลอดภัยและความดัน

ความรับผิดชอบต่อสังคมของบริษัท (CSR)
- ภาพลักษณ์ด้านสิ่งแวดล้อม ค่าสัมประสิทธิ์ประสิทธิภาพ (COP) - อัตราส่วนประสิทธิภาพการใช้พลังงานตามฤดูกาลของยุโรป (ESEER)
- ลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอน
- ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (GWP) ของสารทำความเย็น



กำลังการผลิต
เงื่อนไขการออกแบบคืออะไร และมีอิทธิพลต่อการลงทุนอย่างไร

สภาพอุณหภูมิ
- สภาวะการใช้งานที่หลากหลายเพื่อกรณีศึกษาทางธุรกิจที่ดีที่สุด เช่น ฤดูร้อน-ฤดูหนาว กลางวัน กลางคืน และการจัดเก็บ
- ต้นทุนความร้อนทดแทนเทียบกับต้นทุนไฟฟ้า
- ประเมินมูลค่าความร้อน/กำไรต่อสถานการณ์

การกำหนดค่า
- ความจำเป็นสำหรับการสำรอง อุปกรณ์ขนาดใหญ่เทียบกับอุปกรณ์ขนาดเล็กหลายชุด
- แหล่งความร้อนหลักหรือสำรอง
- จำนวนชุดอุปกรณ์ ช่วงเวลาเข้ารับบริการเทียบกับเวลาในการทำงาน

ความเสี่ยง
- ความเสียหายและบทลงโทษ
- การทดสอบประสิทธิภาพ

ข้อโต้แย้ง:
ไม่มีโซลูชันที่เหมือนกันเนื่องจากขึ้นอยู่กับเงื่อนไขหลายประการ โซลูชันที่ดีที่สุดคือมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) สูงสุด

รูปที่ 2. การเลือกระหว่างเครื่องกำเนิดไอน้ำกับปั๊มความร้อนถูกขับเคลื่อนโดยกรณีศึกษาทางเศรษฐกิจโดยรวม ความต้องการของผู้ประกอบการ และความต้องการด้านสุขภาพ ความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อม (HSE)

ปั๊มความร้อนเทียบกับเครื่องกำเนิดไอน้ำทั่วไป

ต้นทุนของเงินทุนสำหรับปั๊มความร้อนระดับอุตสาหกรรมสูงกว่าเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ใช้น้ำมันหรือใช้แก๊ส อย่างไรก็ตาม ระยะเวลาคืนทุนอาจสั้นกว่า ดังนั้นจึงจำเป็นต้องวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์อย่างเต็มรูปแบบก่อนตัดสินใจเลือกระหว่างสองแบบนี้ หรือว่าจะเพิ่มปั๊มความร้อนไปที่การติดตั้งเครื่องกำเนิดไอน้ำที่มีอยู่

นอกจากนี้ ยังเป็นที่น่าสังเกตว่ามีเงินทุนและสิ่งจูงใจจากรัฐบาลมากมาย ซึ่งทำให้เป็นกรณีศึกษาทางธุรกิจที่น่าสนใจ

กลยุทธ์ของสหภาพยุโรปเพื่อการบูรณาการระบบพลังงานมุ่งเน้นไปที่การจ่ายกระแสไฟฟ้าโดยตรงตามความต้องการด้านพลังงาน ดังนั้นจึงแนะนำให้เลิกใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล และใช้เทคโนโลยี เช่น ปั๊มความร้อน ในอาคารและอุตสาหกรรม

ในแผนการปฏิรูปสีเขียวของยุโรป (EGD) ที่ประกาศในปี 2019 คณะกรรมาธิการยุโรปได้จัดสรรเงินจำนวน 750 พันล้านยูโรสำหรับโครงการริเริ่มที่สนับสนุนการลงทุนในเทคโนโลยีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม นวัตกรรมทางเทคโนโลยีที่มุ่งเน้นการลดคาร์บอนในภาคพลังงาน และการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

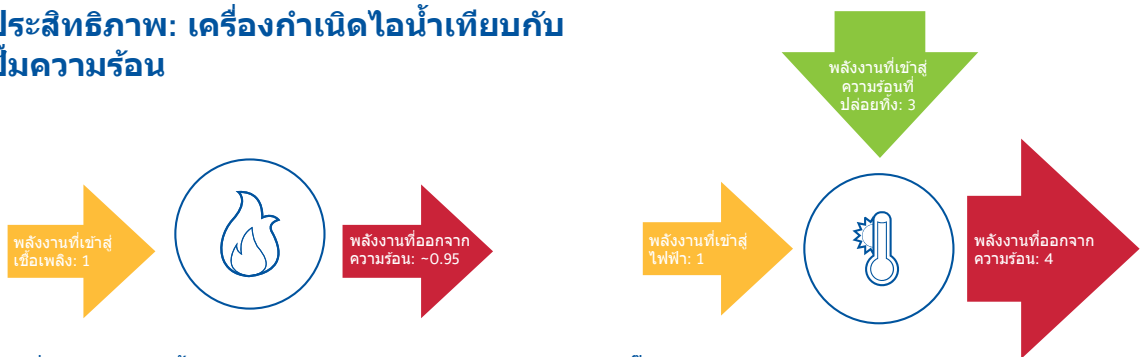
ผู้ที่จะติดตั้งปั๊มความร้อนยังต้องคำนึงถึงต้นทุนที่เพิ่มขึ้นของโควต้าการปล่อยมลพิษและการเก็บภาษีคาร์บอนสำหรับเชื้อเพลิงในอนาคตด้วย สมาคมการค้าขายแลกเปลี่ยนก๊าซเรือนกระจกระหว่างประเทศ (IETA) คาดการณ์ว่าราคาคาร์บอนเฉลี่ยในสหภาพยุโรปตลอดปี 2020 จะเท่ากับ 32 ยูโรต่อตันของคาร์บอนไดออกไซด์ที่เทียบเท่า ซึ่งเป็นการเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 27 ยูโร ตามที่บันทึกไว้ในระหว่างเดือนมิถุนายน 2018 ถึงมิถุนายน 2019 การเพิ่มขึ้นนี้มีแนวโน้มที่จะดำเนินต่อไป การติดตั้งปั๊มความร้อนทำให้สามารถหลีกเลี่ยงหรือลดต้นทุนเหล่านี้ได้ โดยการใช้แหล่งพลังงานคาร์บอนต่ำหรือแหล่งพลังงานหมุนเวียน

แหล่งความร้อนที่มีอยู่ในท้องถิ่นสำหรับปั๊มความร้อน เช่น ความร้อนที่ปล่อยทิ้งจากกระบวนการผลิตและศูนย์ข้อมูล ทะเลสาบ ฯลฯ ซึ่งยังหมายความว่าไม่มีต้นทุนด้านเชื้อเพลิงหรือมีต้นทุนต่ำ ในอาคารและเมืองอัจฉริยะในอนาคต การติดตั้งปั๊มความร้อนจะช่วยให้ผู้จัดการพลังงานสามารถผนวกรวมระบบทำความร้อนและความเย็น ผสานการทำงาน และปรับสมดุลพลังงานหมุนเวียนจำนวนมาก แล้วใช้เป็นแหล่งเก็บสะสมความร้อนได้ ตามรายงานของ “Decarb Europe 2018” การเก็บสะสมความร้อนนั้นมีราคาถูกกว่าการจัดเก็บกระแสไฟฟ้า 100 เท่า (0.5-3 ยูโร/กิโลวัตต์-ชั่วโมง เทียบกับ 170 ยูโร/กิโลวัตต์-ชั่วโมง)

อย่างไรก็ตาม หากต้องการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ สิ่งสำคัญคือต้องทำความเข้าใจความแตกต่างระหว่างปั๊มความร้อนกับเครื่องกำเนิดไอน้ำทั่วไป

พลังงานของปั๊มความร้อนนั้นแตกต่างจากเครื่องกำเนิดไอน้ำที่พลังงานจะถูกควบคุมตามปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ไป โดยมีสมดุลทางความร้อนตามอุณหภูมิด้านที่ร้อน/เย็นเป็นตัวกำหนด เมื่ออุณหภูมิที่ด้านที่เย็น (แหล่งความร้อน) ลดลง หลักฟิสิกส์บอกว่าจะมีโมเลกุลน้อยลงภายในไอของสารทำความเย็น ซึ่งหมายความว่าปริมาณความร้อนที่สามารถผลิตได้จะลดลง สมดุลทางเทอร์โมไดนามิกส์นี้จะกำหนดประสิทธิภาพและความเหมาะสมของปั๊มความร้อนสำหรับการใช้งานที่เฉพาะเจาะจง

ประสิทธิภาพ: เครื่องกำเนิดไอน้ำเทียบกับปั๊มความร้อน



เครื่องกำเนิดไอน้ำ:
พลังงานจะถูกควบคุมตามการควบคุมปริมาณที่ใช้

ประสิทธิภาพ**ไม่ได้ขึ้นอยู่กับ**อุณหภูมิในระบบทำความร้อนเท่าใดนัก

ปั๊มความร้อน:
พลังงานจะถูก "กำหนด" โดยสมดุลทางความร้อนที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิการใช้งานด้านที่ร้อน/เย็น

ประสิทธิภาพ**ขึ้นอยู่กับ**อุณหภูมิแหล่งกำเนิดและอุณหภูมิในระบบทำความร้อนเป็นอย่างมาก

รูปที่ 3. พลังงานของปั๊มความร้อนนั้นแตกต่างจากเครื่องกำเนิดไอน้ำที่พลังงานจะถูกควบคุมตามปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ไป โดยมีสมดุลทางความร้อนตามอุณหภูมิด้านที่ร้อน/เย็นเป็นตัวกำหนด

ดังนั้น ในขณะที่ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไอน้ำไม่ได้พึ่งพาอุณหภูมิในระบบทำความร้อนอย่างใกล้ชิด แต่ประสิทธิภาพของปั๊มความร้อนนั้นจะสัมพันธ์เป็นอย่างมากกับอุณหภูมิของแหล่งความร้อน และอุณหภูมิที่จำเป็นสำหรับการใช้งาน จึงทำให้ยากต่อการเปรียบเทียบสองเทคโนโลยีนี้

โดยทั่วไป เมื่ออุณหภูมิของกระบวนการเพิ่มขึ้นสำหรับการใช้งาน ความซับซ้อนของอุปกรณ์ก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องปรับอุณหภูมิทั้งด้านที่ร้อนและเย็นให้เหมาะสมสำหรับการใช้งาน เพื่อประเมินและปรับปรุงกรณีศึกษาทางธุรกิจให้ดีขึ้น

ความซับซ้อนและราคา: เครื่องกำเนิดไอน้ำเทียบกับปั๊มความร้อน

เครื่องกำเนิดไอน้ำ:
ราคา**ไม่ได้ขึ้นอยู่กับ**อุณหภูมิของระบบทำความร้อนมากนัก

ปั๊มความร้อน:
ราคา**ขึ้นอยู่กับ**อุณหภูมิแหล่งกำเนิดและอุณหภูมิในระบบทำความร้อนเป็นอย่างมาก

ปั๊มความร้อน
อุณหภูมิต่ำ

< 55°C

อุปกรณ์
ทำความเย็นปกติ

ปั๊มความร้อน
อุณหภูมิปานกลาง

< 75-82°C

อุปกรณ์
ทำความเย็นกึ่งปกติ

ปั๊มความร้อน
อุณหภูมิสูง

82-95°C

อุปกรณ์
ปั๊มความร้อนพิเศษ

รูปที่ 4. เมื่ออุณหภูมิของกระบวนการเพิ่มขึ้นสำหรับการใช้งาน ความซับซ้อนของอุปกรณ์และราคาก็จะเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

การคำนวณแสดงให้เห็นว่า ในแผงระบายความร้อนหรือด้านที่เย็น ทุกๆ 1°C ของอุณหภูมิของน้ำที่ไหลเข้าเพิ่มขึ้นจะทำให้กำลังการผลิตเพิ่มขึ้น 2 เปอร์เซ็นต์ และ COP เพิ่มขึ้น 2 เปอร์เซ็นต์ ในด้านส่งออกความร้อน ทุกๆ 1°C ของอุณหภูมิน้ำที่ส่งออกเพิ่มขึ้น จะทำให้กำลังการผลิตลดลง 0.3 เปอร์เซ็นต์ และ COP ลดลงประมาณ 1.6 เปอร์เซ็นต์ กล่าวโดยสรุป หมายความว่า สภาวะการใช้งานที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปั๊มความร้อนคือ การใช้ประโยชน์จากความร้อนที่ปล่อยทิ้งที่อุณหภูมิสูงสุดเท่าที่เป็นไปได้ และการนำความร้อนเข้าสู่อุณหภูมิต่ำสุดที่ใช้งานได้ในระบบทำความร้อน

ในแผงระบายความร้อนหรือด้านที่เย็น ทุกๆ 1°C ของอุณหภูมิน้ำที่ไหลเข้าเพิ่มขึ้น จะทำให้กำลังการผลิตเพิ่มขึ้น 2% และ COP เพิ่มขึ้น 2% ในด้านส่งออกความร้อน ทุกๆ 1°C ของอุณหภูมิน้ำที่ส่งออกเพิ่มขึ้น จะทำให้กำลังการผลิตลดลง 0.3% และ COP ลดลงประมาณ 1.6%

ยกตัวอย่างเครื่องจักรที่มีแผงระบายความร้อน 40°C โดยด้านที่ร้อนจะมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงจาก 40°C ถึง 85°C ซึ่งจะทำให้เครื่องจักรมีกำลังการผลิต 1,500 กิโลวัตต์ และ COP เท่ากับ 4.5 หากเครื่องจักรเดียวกันได้รับความร้อนเพียง 10°C แทนที่จะเป็น 40°C ในด้านที่รับพลังงานแต่ช่วงอุณหภูมิด้านที่ร้อนอยู่ที่ 40-85°C เหมือนกัน กำลังการผลิตของเครื่องจักรจะลดลงเหลือเพียง 775 กิโลวัตต์ และ COP จะลดลงเป็น 2.8

สิ่งที่สามารถทำได้ และผลกระทบของแหล่งความร้อน กำลังการผลิต และ COP

แผงระบายความร้อน อุณหภูมิขาเข้าที่เพิ่มขึ้น: ผลกระทบด้านที่เย็น
กำลังการผลิตเพิ่มขึ้น ~ +2% ต่อองศา
COP เพิ่มขึ้น ~ +2% ต่อองศา

การส่งออกความร้อน อุณหภูมิขาออกที่เพิ่มขึ้น: ผลกระทบด้านที่ร้อน
กำลังการผลิตลดลง ~ 0.3% ต่อองศา
COP ลดลง ~ 1.6% ต่อองศา

รูปที่ 5. ประสิทธิภาพและกำลังการผลิตของปั๊มความร้อนขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ด้านที่เย็นและด้านที่ร้อน

ซึ่งเห็นได้ชัดว่ามีการลงทุนเป็นสองเท่า เนื่องจากเจ้าของจะต้องใช้ปั๊มความร้อนสองตัวเพื่อให้ได้กำลังการผลิตเท่ากัน การเพิ่มอุณหภูมิที่ด้านความเย็น 10°C จะเพิ่ม COP ขึ้น 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งส่งผลให้ค่าไฟฟ้าลดลง 20 เปอร์เซ็นต์ ในขณะเดียวกัน การลดอุณหภูมิด้านที่ร้อน เช่น ด้านที่ร้อนจากอุณหภูมิน้ำออก เป็นต้น จะเพิ่มประสิทธิภาพและต้นทุนการดำเนินการให้ดีขึ้น

สิ่งสำคัญที่เจ้าของปั๊มความร้อนต้องตระหนักคือ ไม่สามารถควบคุมประสิทธิภาพของเครื่องจักรผ่านปุ่มบนตัวเครื่องได้ นั่นคือ ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงเทอร์โมไดนามิกส์ของสารทำความเย็นได้ แต่สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยการปรับสภาพอุณหภูมิของการใช้งานให้เหมาะสมเท่านั้น

การสร้างกรณีศึกษาทางธุรกิจ

การจัดทำกรณีศึกษาทางธุรกิจให้เหมาะสมที่สุดเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบสิ่งที่เกิดซ้ำหรือสถานการณ์จำนวนมาก เพื่อประเมินผลลัพธ์ของการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขต่างๆ ในช่วงหนึ่งปี การดำเนินการเช่นนี้จะช่วยให้สามารถพิจารณาความผันแปรของสภาพแวดล้อมตามฤดูกาลและต้นทุนพลังงานได้ (เช่น ไฟฟ้าเทียบกับแก๊ส เป็นต้น) ข้อมูลสำคัญอื่นๆ ได้แก่ ประสิทธิภาพของปั๊มความร้อน โหลด และชั่วโมงการทำงาน

รูปที่ 6 แสดงตัวอย่างลักษณะการเปลี่ยนแปลงของกรณีศึกษาทางธุรกิจสำหรับเก้าสถานการณ์ที่แตกต่างกัน สำหรับผู้ประกอบการที่ได้ติดตั้งเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิงอยู่แล้ว การสร้างสถานการณ์ดังกล่าวสามารถระบุได้ว่าเมื่อใดจะใช้เครื่องกำเนิดไอน้ำเมื่อเทียบกับปั๊มความร้อน

ความโปร่งใสในสถานการณ์ต่างๆ เป็นสิ่งจำเป็นเพื่อสร้างโซลูชันที่เหมาะสมที่สุด

สถานการณ์		#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	ทั้งปี
กำลังการผลิต	กิโลวัตต์	2500	3500	5000	8000	7800	7000	6300	5400	4000	3000	
แหล่งอุณหภูมิ	°C	25	20	18	12	5	0	-5	-7	-10	-12	
อุณหภูมิการทำความร้อน	°C	80/50	80/50	75/45	75/45	75/40	75/40	65/40	65/40	60/40	60/40	
COP ความร้อน	-	4,80	4,32	4,48	3,94	3,39	3,05	3,18	3,06	2,87	2,76	
ชั่วโมงการทำงาน	ชั่วโมง	100	750	750	1650	1800	2200	800	400	200	110	8760
การผลิตความร้อน	เมกะวัตต์-ชั่วโมง	250	2625	3750	13200	14040	15400	5040	2160	800	330	57595
ต้นทุนการดำเนินการปั๊มความร้อน	ยูโร/เมกะวัตต์-ชั่วโมง	15,5	17,0	16,5	18,5	21,2	23,3	22,4	23,3	24,6	25,6	20,9
ต้นทุนความร้อนจากปั๊มความร้อน	พันยูโร	3,39	39,50	54,42	217,68	269,23	328,12	102,86	45,92	18,09	7,77	1087
ต้นทุนบริการปั๊มความร้อน	พันยูโร	0,5	5,25	7,5	26,4	28,08	30,8	10,08	4,32	1,6	0,66	115
ต้นทุนการดำเนินการปั๊มความร้อน	พันยูโร	3,9	44,7	61,9	244,1	297,3	358,9	112,9	50,2	19,7	8,4	1.202
ต้นทุนความร้อนทดแทน	ยูโร/เมกะวัตต์-ชั่วโมง	30	30	30	30	35	35	35	45	45	45	33,9
ต้นทุนความร้อนทดแทน	พันยูโร	7,5	78,8	113	396	491	539	176	97,2	36,0	15	1.950
ประหยัด	พันยูโร	3,6	34,0	50,6	152	194	180	63,5	47,0	16,3	6,4	747
ต้นทุนไฟฟ้า	65	ยูโร/เมกะวัตต์-ชั่วโมง										

- ชั่วโมงการทำงาน กำลังการผลิต และ COP ต่อสถานการณ์
- ราคาของความร้อนทดแทนแตกต่างกันไปในแต่ละปี
- คำนวณมูลค่า/ความประหยัดต่อสถานการณ์

จดจำสิ่งที่เกิดซ้ำเพื่อนำไปใช้เพิ่มประสิทธิภาพปั๊มความร้อน เพื่อให้ได้กรณีศึกษาทางธุรกิจที่ดีที่สุด

รูปที่ 6. ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของกรณีศึกษาทางธุรกิจสำหรับเก้าสถานการณ์ที่แตกต่างกัน

เห็นได้ชัดว่าขึ้นอยู่กับราคาเชื้อเพลิงในประเทศเทียบกับค่าไฟฟ้า หากไฟฟ้ามีราคาแพงมากและเชื้อเพลิงฟอสซิลมีราคาถูก โดยทั่วไปจะไม่มีกรณีสำหรับการติดตั้งปั๊มความร้อน หาก COP สูงกว่าค่าไฟฟ้าหารด้วยค่าการทำความร้อน เจ้าของจะมีกรณีศึกษาทางธุรกิจ รูปที่ 7 แสดงอัตราส่วนระหว่างค่าไฟฟ้ากับค่าเชื้อเพลิง

อิทธิพลของอัตราส่วนระหว่างต้นทุนเชื้อเพลิงและไฟฟ้า

ตัวอย่าง:
ต้นทุนแก๊ส: 33,0 ยูโร/เมกะวัตต์-ชั่วโมง
ต้นทุนไฟฟ้า: 65,0 ยูโร/เมกะวัตต์-ชั่วโมง

อัตราส่วน: $\frac{65}{33} = 1,97$

COP จริงของปั๊มความร้อน ≥ 3,0

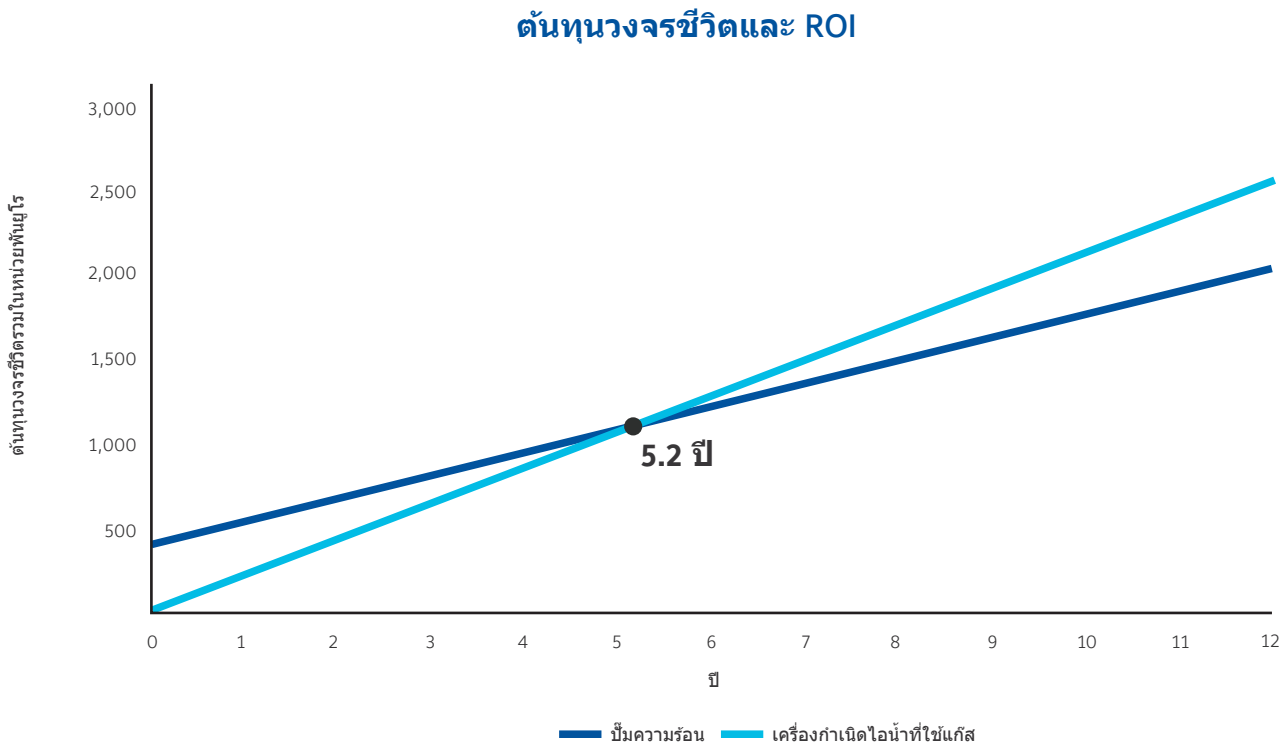
COP > อัตราส่วน

การประหยัดต้นทุนพลังงาน: $\frac{(33-\frac{65}{3.0})}{33} \approx 34\%$

รูปที่ 7. กรณีศึกษาทางธุรกิจเพื่อการแทนที่เชื้อเพลิงฟอสซิลจะพิจารณาจากอัตราส่วนระหว่างต้นทุนเชื้อเพลิงและต้นทุนไฟฟ้า

การคำนวณอัตราส่วนนี้ต้องทำแยกกันสำหรับแต่ละสถานการณ์ เนื่องจากราคาของความร้อนอาจแตกต่างกันมากสำหรับบริษัทพลังงาน ซึ่งขึ้นอยู่กับช่วงเวลาของปี ตัวอย่างเช่น ในช่วงฤดูร้อนที่โรงเผาขยะยังคงต้องเผาขยะ ต้นทุนเชื้อเพลิงจะถูกมาก และเอื้อต่อการทำงานของเครื่องกำเนิดไอน้ำ อย่างไรก็ตาม เมื่อมีภาระการใช้งานสูง สถานการณ์จะเอื้อต่อปั๊มความร้อน แต่ต้นทุนเชื้อเพลิงของเครื่องกำเนิดไอน้ำจะสูงขึ้นแทน

รูปที่ 8 สรุปกรณีศึกษาทางเศรษฐกิจสำหรับการติดตั้งปั๊มความร้อน ซึ่งอาจเกิดขึ้นในไซต์งานที่มีเครื่องกำเนิดไอน้ำแบบใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิงอยู่แล้ว ตัวอย่างเช่น ที่ร้านอาหารและเครื่องดื่ม (F&B) ในที่นี้ การลงทุนเพิ่มเติมจะต้องครอบคลุมต้นทุนของเงินทุนทั้งหมดของปั๊มความร้อน รวมถึงต้นทุนการดำเนินการ รูปนี้แสดงให้เห็นว่าปั๊มความร้อนจะให้ผลตอบแทนการลงทุน (ROI) ใน 5.2 ปี และประหยัดกว่า 1.140 ล้านยูโรตลอดอายุการติดตั้ง 20 ปี



การลงทุน	หน่วย	ปั๊มความร้อน	เครื่องกำเนิดไอน้ำที่ใช้แก๊ส
อายุการใช้งานของโซลูชัน	ปี	20	20
การลงทุนโครงการ	พันยูโร	403	0
ROI ธรรมดา	ปี	**5.2**	
ต้นทุนวงจรชีวิตรวม	พันยูโร	3,120	4,260
การประหยัดวงจรชีวิตรวม	**พันยูโร**	**1,140**	

รูปที่ 8. สรุปกรณีศึกษาทางเศรษฐกิจสำหรับการติดตั้งปั๊มความร้อนที่อาจเกิดขึ้นในไซต์งานที่ใช้เครื่องกำเนิดไอน้ำแบบใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิงอยู่แล้ว

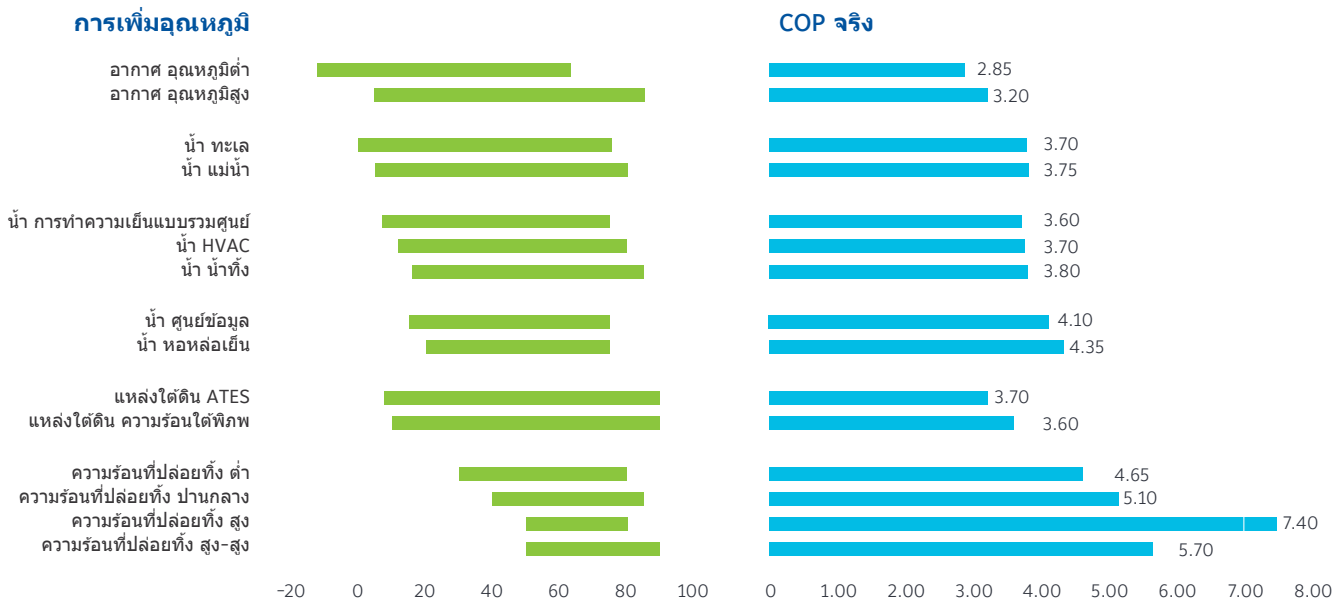
อย่างไรก็ตาม โปรดทราบว่าเกณฑ์การประเมินสำหรับบริษัทอาหารและเครื่องดื่มจะแตกต่างจากบริษัทสาธารณูปโภค การตัดสินใจในบริษัทอาหารและเครื่องดื่มเป็นไปตาม ROI ส่วนบริษัทสาธารณูปโภคมักเป็นไปตาม NPV เสมอ เนื่องจากราคาความร้อนเกี่ยวข้องกับรูปแบบธุรกิจของบริษัท

สำหรับด้านสาธารณูปโภค 60-70 เปอร์เซ็นต์ของเกณฑ์การประเมินอยู่ที่ NPV โดย 30 เปอร์เซ็นต์อาจเกี่ยวข้องกับปัญหาทางเทคนิคและประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์เกี่ยวข้องกับความสามารถของผู้จัดจำหน่ายปั๊มความร้อน และความเชี่ยวชาญในการจัดการโครงการ รวมถึง HSE ความเสี่ยง ฯลฯ

ทางเลือกขึ้นอยู่กับหลักเศรษฐศาสตร์

สรุปแล้ว ในโรงงานที่มีเครื่องกำเนิดไอน้ำอยู่แล้ว การประหยัดต้นทุนพลังงานที่คาดการณ์ไว้จะต้องครอบคลุมการลงทุนทั้งหมดของปั๊มความร้อนใหม่ กรณีศึกษาทางเศรษฐกิจที่ไซต์งาน ซึ่งเริ่มจากไม่มีอะไรเลยและมีต้นทุนของเงินทุนสำหรับปั๊มความร้อนที่อาจจะมากกว่าต้นทุนของเครื่องกำเนิดไอน้ำใหม่เพียง 30 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น มีความชัดเจน กล่าวคือ การประหยัดพลังงานตลอดอายุการใช้งานของการติดตั้งต้องครอบคลุมการลงทุนเพิ่มเติมอีกเพียง 30 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ซึ่งทำให้ปั๊มความร้อนค่อนข้างเป็นอุปกรณ์ที่น่าพึงพอใจมากกว่าเสมอ

ในท้ายที่สุด ไม่มีโซลูชันใดเหมือนกันเมื่อติดตั้งปั๊มความร้อน เนื่องจากขึ้นอยู่กับเงื่อนไขมากมาย โซลูชันที่ดีที่สุดจึงเป็นโซลูชันที่ให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) หรือผลตอบแทนการลงทุน (ROI) สูงสุด เจ้าของปั๊มความร้อนควรทราบว่าการคืนทุนใน 5.2 ปีนั้นเทียบเท่ากับอัตราดอกเบี้ยรายปีประมาณ 13 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นผลตอบแทนจากการลงทุนที่ยากที่จะได้รับจากที่อื่นใด



รูปที่ 9. แหล่งความร้อนต่างๆ ของปั๊มความร้อนและ COP ที่เกี่ยวข้อง

เจ้าของปั๊มความร้อนควรทราบว่าการคืนทุนใน 5.2 ปีนั้นเทียบเท่ากับอัตราดอกเบี้ยรายปีประมาณ 13% ซึ่งเป็นผลตอบแทนจากการลงทุนที่ยากที่จะได้รับจากที่อื่นใด

© 2021 Johnson Controls สงวนลิขสิทธิ์