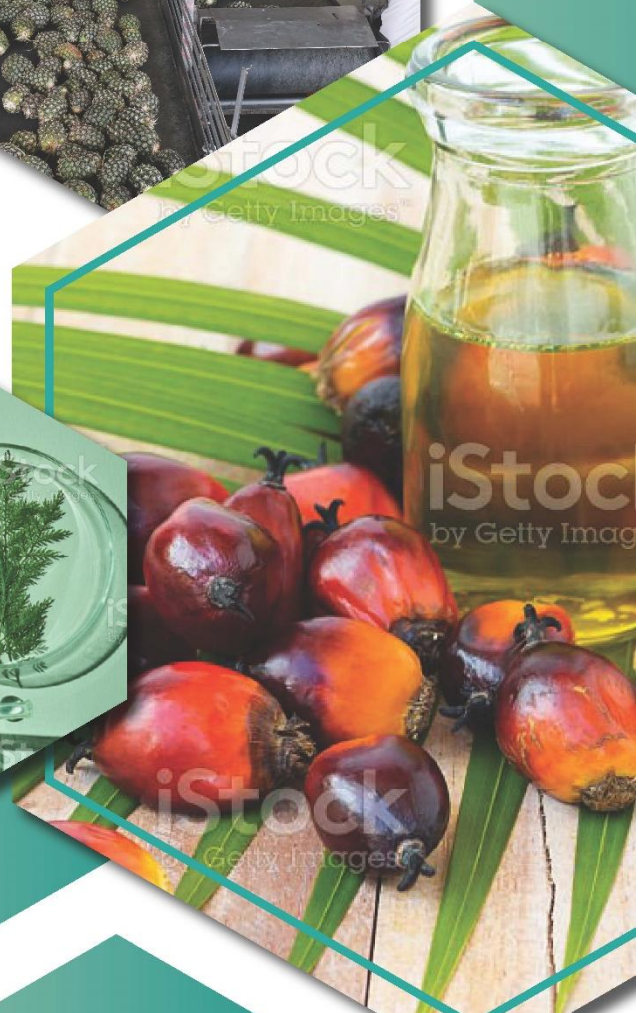


กรมโรงงานอุตสาหกรรม
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL WORKS

หลักปฏิบัติเทคโนโลยี การผลิตที่สะอาด

อุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ





กรมโรงงานอุตสาหกรรม
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL WORKS

หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด
(การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและป้องกันมลพิษ)
อุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ
Cleaner Technology Codes of Practice
(Biotechnology Industries)



หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ)
อุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ

Cleaner Technology Codes of Practice (Biotechnology Industries)

คณะผู้จัดทำ

คณะบรรณาธิการ

นางนพลักษณ์ ศุภธนสินเชษม	นักวิทยาศาสตร์เชี่ยวชาญ
นายกิตติพันธุ์ เทพารักษ์ษณากร	ผู้อำนวยการกลุ่มเทคโนโลยีการป้องกันมลพิษ
นายวโรศักดิ์ สันติวราคม	ผู้อำนวยการกลุ่มเทคโนโลยีน้ำอุตสาหกรรม
นายกิตติดิษฐ์ โสภกา	วิศวกรชำนาญการพิเศษ
นายภัทธกฤต คีนคสิบ	วิศวกรชำนาญการ
นายอดิศักดิ์ ชายทวีป	วิศวกรชำนาญการ
นายบุญสม จิตโสภณปัญญา	วิศวกรชำนาญการ

ที่ปรึกษา : บริษัท ชิดเอ็น จำกัด

เลขที่ 82/277 หมู่บ้านซิเมนต์ไทย ถนนประชาชื่น แขวงลาดยาว

เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

นายวัฒนา	เจนการ	ผู้จัดการโครงการ
นายมงคล	สุทธิวัฒนา	ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการน้ำ
นายรวิชัย	ทวีทรัพย์	ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการน้ำ
นายวีระวัฒน์	สิทธิพร	ผู้เชี่ยวชาญอุตสาหกรรมรายสาขา
นายกิตติศักดิ์	จันเพชร	ผู้เชี่ยวชาญอุตสาหกรรมรายสาขา
ดร.วาศนศักดิ์	ลิ้มควรสุวรรณ	ผู้เชี่ยวชาญด้านสิ่งแวดล้อม
นางสาววันธรา	แทนคำ	ผู้เชี่ยวชาญด้านสิ่งแวดล้อม
นายประสิทธิ์	ตรีจ้อย	ผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงาน
นายศักดิ์ดา	ประสงค์อุปถัมภ์	ผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงาน
นายไกรวี	โนศรี	วิศวกรประจำโครงการ

นายอัคริตตา	กรัตไวเนตร์	วิศวกรประจำโครงการ
นายจิรวุฒน์	สุทธิพัฒน์รัตน์	วิศวกรประจำโครงการ
นายสุรียา	ดอนแก้ว	วิศวกรประจำโครงการ
นางสาวพรภัสส์	กลับสมบูรณ์	นักวิทยาศาสตร์
นางสาววัชรวิมล	ประเสริฐวรากลุ	นักวิทยาศาสตร์
นางสาวธัญชนก	เขี้ยวรัตน์	เจ้าหน้าที่เก็บข้อมูลภาคสนาม
นางสาวชญภา	พัคสี	เจ้าหน้าที่เก็บข้อมูลภาคสนาม
นางสาวมินตรา	มัควิน	เจ้าหน้าที่บันทึกข้อมูล
นางสาวจากรุณี	วิชัยวงศ์	เจ้าหน้าที่ประสานงานโครงการ

จัดทำโดย :

- ① กลุ่มเทคโนโลยีการป้องกันมลพิษ กองส่งเสริมเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
 - ② กลุ่มเทคโนโลยีน้ำอุตสาหกรรม กองส่งเสริมเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
- เลขที่ 75/6 ถนนพระรามที่ 6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2430 6315 ต่อ 2404, 2406 โทรสาร ต่อ 2499

พิมพ์ที่ : ก๊อปปี้ เอ็กซ์เพรส

เลขที่ 76/122 หลักสี่สแควร์ ถนนแจ้งวัฒนะ แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน
กรุงเทพฯ 10220

สงวนลิขสิทธิ์โดย กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

ISBN xxx-xxx-xxx

คำนำ

อุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมของประเทศที่มีความสำคัญต่อการขับเคลื่อนระบบเศรษฐกิจ เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานที่สร้างรายได้หลักให้กับประเทศปีละหลายหมื่นล้านบาท อีกทั้ง ยังมีบทบาทสำคัญต่อการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์ในปัจจุบัน ส่งผลให้อุตสาหกรรมนี้มีแนวโน้มการเจริญเติบโตที่ดีทั้งด้านการผลิต การจำหน่าย การส่งออก และมีการแข่งขันทางการค้าสูงทั้งในด้านคุณภาพและเทคโนโลยี กอปรกับกระแสความตื่นตัวในหลายๆ ประเทศเกี่ยวกับความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อมเป็นแรงผลักดัน ให้ผู้ประกอบการธุรกิจต้องพิจารณาดำเนินการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ปรับปรุงกระบวนการผลิต เทคโนโลยีและวิธีปฏิบัติงานให้สามารถผลิตสินค้า เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค และกระแสความตื่นตัวด้านสิ่งแวดล้อม

กรมโรงงานอุตสาหกรรม มีพันธกิจหลักในการส่งเสริมสนับสนุนข้อมูลและองค์ความรู้ ด้านเครื่องจักร กระบวนการผลิต สิ่งแวดล้อม ความปลอดภัย สารเคมีวัตถุอันตราย พลังงาน และความรับผิดชอบต่อสังคม โดยได้มีการดำเนินการที่สอดคล้องกับพันธกิจดังกล่าว ผ่านโครงการต่างๆ มาอย่างต่อเนื่อง เช่นเดียวกับโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด ซึ่งมีวัตถุประสงค์ให้โรงงานสามารถนำหลักปฏิบัติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต การป้องกันมลพิษ ด้วยแนวคิดการใช้วัตถุดิบ ทรัพยากรและพลังงานอย่างประหยัด รวมทั้งลดการเกิดของเสีย ทำให้การผลิตมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการลดต้นทุนและค่าใช้จ่าย รวมทั้งลดปัญหาสิ่งแวดล้อมไปใช้ จนเห็นผลในทางปฏิบัติได้อย่างแท้จริงและยั่งยืน

หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดระดับรายสาขา (สำหรับอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ) ประกอบด้วยความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ กรณีศึกษาการนำวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ โดยให้แนวคิดและวิธีปฏิบัติอย่างละเอียด เพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจง่ายและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง อันจะก่อให้เกิดการพัฒนาประสิทธิภาพการผลิต เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมควบคู่กับการรักษาสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

กรมโรงงานอุตสาหกรรม

สิงหาคม 2565

กิตติกรรมประกาศ

กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรมขอขอบคุณ ผู้ประกอบการโรงงานอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการศึกษา สํารวจ และเก็บข้อมูล ในการดำเนินโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดระดับรายสาขา การลดปริมาณน้ำในโรงงานอุตสาหกรรม และส่งเสริมอุตสาหกรรมสีเขียว (ภายใต้ค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการวัตถุดิบอันตราย และสิ่งแวดล้อม) กิจกรรมถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดระดับรายสาขา ดังรายนามต่อไปนี้

1. บริษัท สิงห์ เบเวอเรจ จำกัด
2. บริษัท นิสชิน เอสทีซี ฟลาวมิลลิ่ง จำกัด
3. บริษัท เมย์ยูเม แมนูแฟกเจอร์ริง (ประเทศไทย) จำกัด
4. บริษัท เอสแอนด์เจ อินเตอร์เนชั่นแนลเอนเตอร์ไพรส์ จำกัด (มหาชน)
5. บริษัท เคทิส ไปโอเอทานอล จำกัด
6. บริษัท สยามอุตสาหกรรมการเกษตร สับปะรดและอื่น ๆ จำกัด (มหาชน)
7. บริษัท ยูโทเปีย จำกัด
8. บริษัท บีค เคมิคอล จำกัด
9. บริษัท เอไอ เอนเนอร์จี จำกัด (มหาชน)
10. บริษัท เจนเนอร์ล เบฟเวอเรจ จำกัด
11. บริษัท หลักชัย ค้าสุรา จำกัด

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ	
รายการสัญลักษณ์.....	i
รายการคำย่อ.....	ii
ค่าที่ใช้คำนวณผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	iii
ศัพท์และความหมาย.....	iv
บทที่ 1 บทนำ.....	1-1
1.1 ข้อมูลพื้นฐานอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ	1-1
1.2 ทิศทางความต้องการเกี่ยวกับอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ.....	1-3
1.3 บทบาทของกรมโรงงานอุตสาหกรรมต่อการส่งเสริมอุตสาหกรรม.....	1-4
1.4 คำจำกัดความที่สำคัญในหลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด.....	1-5
บทที่ 2 เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด.....	2-1
2.1 หลักการ ความหมาย และประโยชน์ของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด.....	2-1
2.2 ปัจจัยแห่งความสำเร็จ.....	2-5
2.3 ขั้นตอนการดำเนินการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด	2-6
2.4 ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต	2-12
2.5 แนวทางปฏิบัติที่ดีสำหรับอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ.....	2-16
2.5.1 กระบวนการผลิต	2-16
2.5.2 ระบบอัดอากาศ.....	2-17
2.5.3 หอผึ่งน้ำเย็น.....	2-20
2.5.4 ระบบปรับอากาศ.....	2-21
2.5.5 หน่วยผลิตน้ำ.....	2-22
2.5.6 การใช้พลังงานไฟฟ้าของสำนักงานและระบบอื่นๆ.....	2-22
2.5.7 การใช้น้ำของสำนักงานและระบบอื่นๆ.....	2-24
2.5.8 การใช้พลังงานความร้อน	2-24

สารบัญ

หน้า

บทที่ 3 การประยุกต์วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษไปปฏิบัติใช้จริง ..3-1	
3.1 กรณีศึกษาเรื่อง การเปลี่ยนเครื่องเติมน้ำเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพ ผลิตภัณฑ์	3-4
3.2 กรณีศึกษาเรื่อง การลดปริมาณของเสียหล่นจากสายพานลำเลียง.....	3-5
3.3 กรณีศึกษาเรื่อง การดึงผลิตภัณฑ์ค้างท่อมาบรรจุใหม่.....	3-8
3.4 กรณีศึกษาเรื่อง การเปลี่ยนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง.....	3-10
3.5 กรณีศึกษาเรื่อง การลดเวลาการใช้ และลดพื้นที่ปรับอากาศ.....	3-12
3.6 กรณีศึกษาเรื่อง การติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบปั้มน้ำ RO.....	3-14
3.7 กรณีศึกษาเรื่อง การปรับปรุงสายพานลำเลียงเพื่อลดการใช้อากาศอัด เป่าชิ้นงาน	3-16
3.8 กรณีศึกษาเรื่อง การปรับปรุงท่อส่งจ่ายอากาศอัด.....	3-18
3.9 กรณีศึกษาเรื่อง การติดตั้งฉนวนหลังคา.....	3-21
3.10 กรณีศึกษาเรื่อง การติดตั้ง Pressure regulator เพื่อลดแรงดันอากาศ.....	3-23
3.11 กรณีศึกษาเรื่อง การเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง.....	3-26
3.12 กรณีศึกษาเรื่อง การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างเป็นหลอด LED	3-28
3.13 กรณีศึกษาเรื่อง การติดตั้ง Air Blower แทนการใช้อากาศอัดในการ เป่าแห้งขวด.....	3-31
3.14 กรณีศึกษาเรื่อง การลดอุณหภูมิขาเครื่องอัดอากาศ.....	3-33
3.15 กรณีศึกษาเรื่อง การเปลี่ยนรถโฟล์คลิฟท์สมรรถนะสูง	3-36
3.16 กรณีศึกษาเรื่อง การหุ้มฉนวนกันความร้อนท่อส่งจ่ายไอน้ำ.....	3-38
3.17 กรณีศึกษาเรื่อง การเปลี่ยนกับดักไอน้ำและข้อมแซมรอยรั่วไอน้ำ.....	3-40
3.18 กรณีศึกษาเรื่อง การลดการ blow down	3-42

สารบัญ

หน้า

บทที่ 3 การประยุกต์วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษไปปฏิบัติใช้จริง ..3-1	
3.19 กรณีศึกษาเรื่อง การปรับปรุงประสิทธิภาพหม้อน้ำ.....	3-44
3.20 กรณีศึกษาเรื่อง การลดปริมาณการใช้น้ำในการล้างทำความสะอาด.....	3-47
3.21 กรณีศึกษาเรื่อง การนำน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิต spent less มาเป็นน้ำ make up หอหล่อเย็น turbine.....	3-49
3.22 กรณีศึกษาเรื่อง การซ่อมแซมระบบท่อน้ำ.....	3-51

ภาคผนวก

ก. กระบวนการผลิตอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ.....	ก-1
ข. รายละเอียดการคำนวณการประยุกต์วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และการป้องกันมลพิษไปปฏิบัติใช้จริง.....	ข-1
ค. แหล่งข้อมูลเพิ่มเติมด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด.....	ค-1
ง. บรรณานุกรม	ง-1

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

2.1	ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตในกลุ่มโรงงานยารักษาโรค	2-12
2.2	ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตในกลุ่มโรงงานเครื่องสำอาง	2-13
2.3	ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตในกลุ่มโรงงานผลไม้กระป๋อง	2-13
2.4	ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตในกลุ่มโรงงานเครื่องดื่มจากผลไม้.....	2-3
2.5	ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตในกลุ่มโรงงานเครื่องดื่มแอลกอฮอล์..	2-14
2.6	ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตในกลุ่มโรงงานแปงสาสี.....	2-14
2.7	ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตในกลุ่มโรงงานเอทานอล.....	2-14
2.8	ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตในกลุ่มโรงงานน้ำมันพืชและ ไบโอดีเซล.....	2-15
3.1	ผลสรุปของการนำวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ ที่นำไปปฏิบัติจริงและผลที่ได้รับจริง	3-2
ข.1	รายละเอียดวิธีการคำนวณการเปลี่ยนเครื่องเติมน้ำเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพ ผลิตภัณฑ์.....	ข-1
ข.2	รายละเอียดวิธีการคำนวณการลดปริมาณของเสียหล่นจากสายพานลำเลียง.....	ข-2
ข.3	รายละเอียดวิธีการคำนวณการตั้งผลิตภัณฑ์ค้ำท่อมมาบรรจุใหม่.....	ข-3
ข.4	รายละเอียดวิธีการคำนวณการเปลี่ยนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง.....	ข-4
ข.5	รายละเอียดวิธีการคำนวณการลดเวลาการใช้ และลดพื้นที่ปรับอากาศ.....	ข-5
ข.6	รายละเอียดวิธีการคำนวณการติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบปั้มน้ำ RO.....	ข-7
ข.7	รายละเอียดวิธีการคำนวณการปรับปรุงสายพานลำเลียงเพื่อลดการใช้ อากาศอัดเป่าชิ้นงาน	ข-8
ข.8	รายละเอียดวิธีการคำนวณการปรับปรุงท่อส่งจ่ายอากาศอัด.....	ข-9
ข.9	รายละเอียดวิธีการคำนวณการติดตั้งฉนวนหลังคา.....	ข-10
ข.10	รายละเอียดวิธีการคำนวณการติดตั้ง Pressure regulator เพื่อลดแรงดันอากาศ.....	ข-12

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

ข.11	รายละเอียดวิธีการคำนวณการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง.....	ข-13
ข.12	รายละเอียดวิธีการคำนวณการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างเป็นหลอด LED	ข-14
ข.13	รายละเอียดวิธีการคำนวณการติดตั้ง Air Blower แทนการใช้อากาศอัด ในการเป่าแห้งขวด.....	ข-15
ข.14	รายละเอียดวิธีการคำนวณการลดอุณหภูมิขาเข้าเครื่องอัดอากาศ.....	ข-17
ข.15	รายละเอียดวิธีการคำนวณการเปลี่ยนรถโฟร์คลิฟท์ประสิทธิภาพสูง	ข-18
ข.16	รายละเอียดวิธีการคำนวณการหุ้มฉนวนกันความร้อนท่อส่งจ่ายไอน้ำ.....	ข-19
ข.17	รายละเอียดวิธีการคำนวณการลดการรั่วไหลไอน้ำ.....	ข-21
ข.18	รายละเอียดวิธีการคำนวณการลดการ blow down	ข-22
ข.19	รายละเอียดวิธีการคำนวณการปรับปรุงประสิทธิภาพหม้อน้ำ	ข-25
ข.20	รายละเอียดวิธีการคำนวณการลดปริมาณการใช้น้ำในการล้างทำความสะอาด ..	ข-26
ข.21	รายละเอียดวิธีการคำนวณการนำน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิต spent less มาเป็นน้ำ make up หอหล่อเย็น turbine	ข-27
ข.22	รายละเอียดวิธีการคำนวณการซ่อมแซมระบบท่อน้ำ.....	ข-29
ค.1	แหล่งข้อมูลเพิ่มเติมด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดในประเทศไทย.....	ค-1
ค.2	แหล่งข้อมูลเพิ่มเติมด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดในต่างประเทศ	ค-2
ค.3	แหล่งข้อมูลเพิ่มเติมด้านกองทุน/โครงการที่ให้การสนับสนุนด้านเงินทุน	ค-3

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่

2.1	ลำดับความสำคัญการจัดการมลพิษตามแนวคิดเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด.....	2-2
2.2	วิธีการดำเนินงานของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด	2-3
2.3	การดำเนินการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด.....	2-7
2.4	การจัดการภาระงานของเครื่องอัดอากาศโดยใช้ชุดควบคุมอัตโนมัติ	2-18
3.1	การดำเนินการมาตรการเปลี่ยนเครื่องเติมน้ำเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์.....	3-5
3.2	การดำเนินการมาตรการปรับปรุงสายพานลำเลียงเพื่อลดของเสีย	3-7
3.3	การดำเนินการมาตรการลดการดิ่งผลิตภัณฑ์ค้างท่อมาบรรจุใหม่.....	3-9
3.4	การดำเนินการมาตรการเปลี่ยนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง.....	3-11
3.5	การดำเนินการมาตรการลดเวลาการใช้ และลดพื้นที่ปรับอากาศ	3-13
3.6	การดำเนินการมาตรการติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบปั้มน้ำ RO.....	3-16
3.7	การดำเนินการมาตรการปรับปรุงสายพานลำเลียงเพื่อลดการใช้อากาศอัด.....	3-18
3.8	การดำเนินการมาตรการปรับปรุงท่อส่งจ่ายอากาศอัด.....	3-20
3.9	การดำเนินการมาตรการติดตั้งฉนวนหลังคา.....	3-23
3.10	การดำเนินการมาตรการติดตั้ง Pressure regulator เพื่อลดแรงดันอากาศอัด	3-25
3.11	การดำเนินการมาตรการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง.....	3-28
3.12	การดำเนินการมาตรการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างเป็นหลอด LED	3-30
3.13	การดำเนินการมาตรการติดตั้ง Air Blower แทนการใช้อากาศอัดในการเป่าแห้งขวด....	3-33
3.14	การดำเนินการมาตรการลดอุณหภูมิขาเข้าเครื่องอัดอากาศ	3-35
3.15	การดำเนินการมาตรการเปลี่ยนรถฟอร์คลิฟท์สมรรถนะสูง	3-37
3.16	การดำเนินการมาตรการหุ้มฉนวนกันความร้อนท่อส่งจ่ายไอน้ำ.....	3-39
3.17	การดำเนินการมาตรการเปลี่ยนกับดักไอน้ำและซ่อมแซมรอยรั่วไอน้ำ.....	3-41
3.18	การดำเนินการมาตรการลดการ blow down	3-44
3.19	การดำเนินการมาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้.....	3-47
3.20	การดำเนินการมาตรการลดปริมาณการใช้น้ำในการล้างทำความสะอาด	3-49

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่

3.21	การดำเนินมาตรการการนำน้ำระบายความร้อน spent less มาใช้เป็น น้ำ make up หอหล่อเย็น turbine	3-51
3.22	การดำเนินมาตรการซ่อมแซมการรั่วไหลของแผ่นกผลิตน้ำบริสุทธิ์.....	3-53
ก.1	แผนผังแสดงการไหลของมวลและพลังงานของกลุ่มยารักษาโรค.....	ก-1
ก.2	แผนผังแสดงการไหลของมวลและพลังงานของเครื่องสำอางครีมทาผิว	ก-3
ก.3	แผนผังแสดงการไหลของมวลและพลังงานกลุ่มผลไม้กระป๋อง (สับปะรด).....	ก-5
ก.4	แผนผังแสดงการไหลของมวลและพลังงานกลุ่มเครื่องดื่มจากผลไม้.....	ก-6
ก.5	แผนผังแสดงการไหลของมวลและพลังงานของเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ (สุรา).....	ก-8
ก.6	แผนผังแสดงการไหลของมวลและพลังงานของเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ (เบียร์).....	ก-9
ก.7	แผนผังการไหลของมวลและพลังงานของแป้งสาลี	ก-11
ก.8	แผนผังการไหลของมวลและพลังงานของเอทานอล	ก-12
ก.9	แผนผังการไหลของมวลและพลังงานของน้ำมันพืชและไบโอดีเซล	ก-14

รายการสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	คำจำกัดความ	หน่วย
A	พื้นที่	ตารางเมตร
CO ₂ eq	การปลดปล่อยก๊าซ CO ₂ เทียบเท่า	คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า
d	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	มิลลิเมตร
eff	ประสิทธิภาพ	เปอร์เซ็นต์
E _{PRE}	พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
E _{POST}	พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
GJ	จิกะจูล	จิกะจูล
h	เอนทาลปี	กิโลจูลต่อกิโลกรัม.
H	ชั่วโมงการเปิดใช้งาน	ชั่วโมง
kg _f	น้ำหนักผลิตภัณฑ์	กิโลกรัม
kg _m	น้ำหนักวัตถุดิบ	กิโลกรัม
kg _{st}	กิโลกรัมไอน้ำ	กิโลกรัมไอน้ำ
kWh	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
l	ลิตร	ลิตร
LHV	ค่าความร้อนขั้นต่ำ	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
m ³	ลูกบาศก์เมตร	ลูกบาศก์เมตร
p	แรงดัน	กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
rpm	ความเร็วรอบ	รอบต่อนาที
T	อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส
Ton _{Rated}	ขนาดเครื่องทำน้ำเย็น	ตันความเย็น
W	กำลังไฟฟ้า	กิโลวัตต์
y	ระยะเวลารายปี	ปี
η	สมรรถนะการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น	กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น

รายการคำย่อ

คำย่อ	คำเต็ม	ความหมาย
AHU	Air Handling Unit	เครื่องส่งลมเย็น
CIP	Clean In Process	ทำความสะอาด ซ้ำซ้ำโดยไม่ถอดท่อ
FCU	Fan Coil Unit	ชุดจ่ายลมเย็น
FIFO	First In-First Out	ระบบซื้อก่อนใช้ก่อน
GWP	Global Warming Potential	ศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อน
HEPA	High Efficiency Particulate Air Filter	แผ่นกรองอากาศคุณภาพสูง
HID	High Intensity Discharge	หลอดปล่อยประจุความเข้มสูง
PHE	Plate Heat Exchanger	เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น
RO	Reverse Osmosis	กระบวนการกรองน้ำผ่านเยื่อเมมเบรน
TQM	Total Quality Management	การบริหารจัดการคุณภาพโดยรวม
VSD	Variable Speed Drive	อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์
X_{BD}	Blow Down Parameter	ค่าของตัวแปรการโบล์ดาวน์
X_{EN}	Energy Parameter	ค่าของตัวแปรพลังงาน
X_{rated}	Rated Parameter	ค่าพิกัดของตัวแปร
X_{pre}	Preliminary Parameter	ค่าตรวจวัดของตัวแปรก่อนปรับปรุง
X_{post}	Post-Retrofit Parameter	ค่าตรวจวัดของตัวแปรหลังปรับปรุง
X_{in}	Input Parameter	ค่าของตัวแปรขาเข้า
X_{out}	Output Parameter	ค่าของตัวแปรขาออก
X_{save}	Parameter Saving	ค่าผลประหยัดตัวแปร
X_{tot}	Total Number Of Parameter	ค่าผลรวมของตัวแปร
X_w	Water Parameter	ค่าของตัวแปรน้ำอุตสาหกรรม

ค่าที่ใช้คำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อม

ค่าที่ใช้คำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

รายการ	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ (กิโลกรัม คาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่าต่อหน่วย)
แก๊สธรรมชาติ	เมกะจูล	0.0562
น้ำมันเตา A	ลิตร	3.2198
น้ำมันเตา C	ลิตร	3.2455
น้ำมันดีเซล	ลิตร	2.7076
ถ่านหินซับบิทูมินัส	กิโลกรัม	2.5454
แก๊สแอลพีจี	กิโลกรัม	3.1133
ไฟฟ้า	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	0.4999
น้ำปราศจากไอออน	ลูกบาศก์เมตร	2.0676
สับปะรดโรงงาน	กิโลกรัม	0.3277
แป้งสาลี	กิโลกรัม	0.5900
SORBITOL LIQ, NON-CRYSTALLISING	กิโลกรัม	1.2381

หมายเหตุ: ฐานข้อมูล Emission factor คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) วันที่ 11 เมษายน 2565 และ ฐานข้อมูล Emission factor คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) เมื่อวันที่ 23 เมษายน 2564 (ค่า Emission factor อาจมีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลา)



คาร์บอนฟุตพริ้นท์
ขององค์กร



คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของ
ผลิตภัณฑ์

ศัพท์และความหมาย

Fixed Speed หมายถึง การใช้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าแบบปรับความเร็วรอบไม่ได้

Variable Speed Drive (VSD) หมายถึง เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าแบบปรับความเร็วรอบได้

กฎของปั๊ม (Affinity Law) หมายถึง ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อสมรรถนะของปั๊ม ได้แก่ ความเร็วรอบ เฮด อัตราการไหล และกำลังงาน

การจดบันทึกข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic log sheet) หมายถึง การนำเอาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ เข้ามาช่วยในการจัดการข้อมูลสำหรับสนับสนุนการจดบันทึกข้อมูลอุปกรณ์ต่างๆ ในโรงงาน

ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง (Low Heating Value) หมายถึง ปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นต่อน้ำหนักเชื้อเพลิง เมื่อเชื้อเพลิงนั้นถูกเผาไหม้ ค่าความร้อนต่ำเป็นค่าที่วัดได้โดยไม่รวมความร้อนที่เกิดขึ้นจากการกลั่นตัวของไอน้ำ

ชุดคอนเดนเซอร์ (Condensing unit) หมายถึง อุปกรณ์สำหรับให้สารทำความเย็นที่สถานะไอควบแน่นเป็นของเหลว โดยมีอากาศหรือน้ำทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็น

ชุดแฟนคอยล์ (Fan coil unit) หมายถึง อุปกรณ์สำหรับผลิตความเย็นโดยทำให้สารทำความเย็นที่สถานะของเหลวและมีความดันสูงระเหยกลายเป็นไอ โดยมีอากาศเป็นแหล่งความร้อนให้แก่สารทำความเย็น

โบล์ดาวน์ (Blow down) หมายถึง วิธีการลดความเข้มข้นของสารละลายต่างๆ ภายในตัวหม้อน้ำ เนื่องจากน้ำที่ป้อนเข้าไปในตัวหม้อน้ำเมื่อได้รับความร้อนขึ้นไปเรื่อยๆ จนถึงจุดหนึ่ง น้ำเหล่านั้นจะเปลี่ยนสภาพกลายเป็นไอน้ำถูกส่งไปใช้งานตามท่อไอน้ำแต่สารละลายต่างๆ โดยส่วนใหญ่ยังคงอยู่ภายในหม้อน้ำ ทำให้เกิดเป็นตะกรัน เช่น หินปูน จับตามขึ้นส่วนท่อภายในหม้อน้ำ ทำให้พื้นที่การแลกเปลี่ยนความร้อนลดลง

ภาวะโลกร้อน (Global warming) หมายถึง ปรากฏการณ์ที่อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้นเนื่องจากแสงอาทิตย์ส่องทะลุผ่านชั้นบรรยากาศมาสู่พื้นโลกได้มากขึ้น ซึ่งสาเหตุของการเกิดภาวะโลกร้อนเกิดจากการเพิ่มปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคอุตสาหกรรม เกษตรกรรม บริการและขนส่ง รวมทั้งการปล่อยก๊าซกลุ่มไนโตรเจนออกไซด์ (NOX) และคลอโรฟลูโอโรคาร์บอน (CFC)

ระบบกรองน้ำ RO (Reverse Osmosis) หมายถึง กระบวนการย้อนกลับของระบบออสโมซิส คือ กระบวนการทำให้โมเลกุลของน้ำผ่านเยื่อเลือกผ่านหรือเมมเบรน จากฝั่งที่มีสารละลายความเข้มข้นในน้ำสูง (ความเข้มข้นของน้ำน้อย) ไปยังฝั่งที่มีสารละลายความเข้มข้นในน้ำต่ำ (ความเข้มข้นของน้ำมาก) โดยให้แรงดันที่มีสารละลายความเข้มข้นในน้ำสูงเพื่อดันให้เฉพาะโมเลกุลของตัวทำละลายหรือน้ำ ผ่านเยื่อเมมเบรนไปได้

ระบบซื้อก่อนใช้ก่อน (First in First Out, FIFO) หมายถึง วิธีการบริหารการจัดเก็บวัตถุดิบ โดยวัตถุดิบชุดใดเข้ามาาก่อนก็นำไปผลิตก่อน วัตถุดิบชุดใดเข้ามาทีหลังก็นำไปผลิตทีหลัง เพื่อลดปริมาณวัตถุดิบเสื่อมสภาพ

อินเวอร์เตอร์ (Inverter) หมายถึง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้สำหรับควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำ โดยการเปลี่ยนความถี่ของกระแสไฟที่จ่ายให้กับมอเตอร์ ซึ่งจะทำให้มอเตอร์หมุนด้วยความเร็วที่เปลี่ยนแปลงไป

เอนทัลปี (enthalpy) หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าหรือออกจากระบบในกระบวนการที่ความดันคงที่

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ข้อมูลพื้นฐานอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ

อุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพเป็นอุตสาหกรรมหลักของประเทศที่มีความเข้มแข็ง โดยสำนักงานนโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ (สอวช.) ได้กำหนดสาระสำคัญของกรอบนโยบายการพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพของประเทศไทย (พ.ศ.2555 – 2564) ซึ่งให้ความสำคัญในการพัฒนา 4 สาขายุทธศาสตร์หลัก ได้แก่ 1.เกษตรและอาหาร 2.การแพทย์และสุขภาพ 3.พลังงานชีวภาพ 4.อุตสาหกรรมชีวภาพ โดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือกสาขายุทธศาสตร์ย่อย ในการเพิ่มผลผลิตประกอบกับการใช้เทคโนโลยีชีวภาพเพื่อยกระดับประสิทธิภาพในการผลิตและเพิ่มมูลค่าผลผลิตตลอดห่วงโซ่มูลค่า ประยุกต์การใช้เทคโนโลยีชีววิทยาในระดับโมเลกุล เพิ่มความมั่นคงทางพลังงานด้วยเทคโนโลยีชีวภาพที่ไม่ก่อปัญหาการแย่งชิงพืชอาหาร และประยุกต์ใช้เทคโนโลยีชีวภาพในการผลิตระดับอุตสาหกรรมโดยมุ่งเน้นพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาทางชีวภาพ

โดยหากพิจารณาอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญยิ่งต่อเศรษฐกิจของไทย พบว่า อุตสาหกรรมเกษตรและเทคโนโลยีชีวภาพถือเป็น 1 ใน 10 อุตสาหกรรมเป้าหมายที่จะสามารถขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศเป็นสำคัญ โดยสำนักงานคณะกรรมการนโยบายเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (สกพอ.) (2560) ได้กล่าวถึงอุตสาหกรรมการเกษตรและเทคโนโลยีชีวภาพไว้ว่าเป็นลักษณะของอุตสาหกรรมที่มีการใช้เทคโนโลยีชีวภาพเพื่อดำเนินกิจการทางการเกษตรในการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรให้กลายเป็นเครื่องอุปโภค-บริโภค โดยครอบคลุมตั้งแต่การประยุกต์เทคโนโลยีที่ใช้ในระบบชีววิทยา สิ่งมีชีวิต หรือการดัดแปลง ด้วยการสร้าง ปรับเปลี่ยนแก้ไขผลิตผลหรือกระบวนการไปจนถึงการมุ่งเน้นเทคนิคเชิงพันธุวิศวกรรม ชีวโมเลกุล และกระบวนการพัฒนาเทคโนโลยีที่เฉพาะเจาะจง เพื่อใช้กับการผลิตเพาะพันธุ์พืชผลทางการเกษตรและสินค้าบริการที่เกี่ยวข้อง ดังนั้น หากพิจารณาถึงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพในประเทศไทย จะพบว่ามีส่วนเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมเกษตรค่อนข้างมาก ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า อุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ หมายถึง อุตสาหกรรมเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่นำเอาความรู้

ในด้านต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้กับสิ่งมีชีวิต ชิ้นส่วนของสิ่งมีชีวิต ผลผลิตของสิ่งมีชีวิต เพื่อให้เป็นประโยชน์ต่อมนุษย์ ในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านอาหารเป็นการนำเทคโนโลยีชีวภาพเพื่อช่วยเพิ่มคุณค่าผลผลิตของอาหาร การลดปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดง ด้านการทำให้ปลอดภัย ไข่ หมู หรือวัว เพิ่มปริมาณสารอาหารโปรตีนและเนื้อ ด้านการเกษตรจะช่วยปรับปรุงและพัฒนาพันธุ์พืช โดยวิธีตัดแต่งยีน การเพาะเลี้ยงเซลล์พืช การพัฒนาให้พืชผักได้ผลผลิตเร็วขึ้น การพัฒนาเพื่อต่อต้านศัตรูพืช การพัฒนาให้ได้ผลไม้มากที่สุดทุกฤดูกาล ด้านการแพทย์เป็นการใช้เทคโนโลยี DNA เพื่อตรวจสอบโรค ความผิดปกติทางพันธุกรรม การผลิตวัคซีนป้องกันโรค การผลิต Antibody เพื่อตรวจวินิจฉัยโรคและเยียวยารักษา และด้านสิ่งแวดล้อม เป็นการลดการใช้สารเคมีที่เป็นผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมใช้จุลินทรีย์ในการกำจัดขยะหรือน้ำเสีย การนำของเสียจากสิ่งมีชีวิตไปทำปุ๋ย เป็นต้น

ทั้งนี้ รัฐบาลได้แต่งตั้งคณะกรรมการสานพลังประชารัฐ โดยในส่วนคณะทำงานด้านการพัฒนาคลัสเตอร์ภาคอุตสาหกรรมแห่งอนาคต (D5: New S-Curve) ได้บรรจุเศรษฐกิจชีวภาพ (Bioeconomy) ซึ่งเป็นการผลิตตามพื้นฐานองค์ความรู้โดยใช้ประโยชน์จากทรัพยากรชีวภาพ เพื่อสร้างการผลิตสินค้าและบริการอย่างยั่งยืนให้กับทุกภาคส่วนของเศรษฐกิจ ให้เป็นกลไกสำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรมเป้าหมายที่มีศักยภาพในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ และได้มีการลงนามความร่วมมือ (MOU) ระหว่างหน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน และสถาบันการศึกษาวิจัย จำนวน 23 หน่วยงาน เมื่อวันที่ 23 มกราคม พ.ศ. 2560 นับเป็นจุดเริ่มต้นในการผลักดันการลงทุนสร้างเศรษฐกิจชีวภาพ (Bioeconomy) ภายใต้โครงการสานพลังประชารัฐในประเทศไทย ซึ่งจะทำให้เกิดมูลค่าการลงทุน ในส่วนของ เศรษฐกิจชีวภาพ คิดเป็นมูลค่าทั้งสิ้น 381,231 ล้านบาท ภายในระยะเวลา 10 ปี เพื่อขับเคลื่อนอุตสาหกรรมชีวภาพ ประกอบด้วย 5 อุตสาหกรรม ได้แก่ พลังงานชีวภาพ ชีวเคมีภัณฑ์ ชีวเภสัชภัณฑ์ อาหารแห่งอนาคตและอาหารสัตว์แห่งอนาคต

จากความเป็นมา เหตุผลความจำเป็นและการดำเนินการที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่า อุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ เป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจ ดังนั้นผู้ประกอบการจึงควรเริ่มลงทุน เพื่อยกระดับประสิทธิภาพการผลิตและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของธุรกิจ เพื่อให้ก้าวทันการเปลี่ยนแปลงของอุตสาหกรรม เนื่องจากปัญหาสถานะเศรษฐกิจโลกที่มีความผันผวนค่อนข้างมาก ผู้ประกอบการจำเป็นต้องเร่งพัฒนา

การผลิตให้มีคุณภาพมากขึ้น ภายใต้ต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่าประเทศคู่แข่งเพื่อรักษาความสามารถในการแข่งขัน

1.2 ทิศทางความต้องการเกี่ยวกับอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ

นโยบายประเทศไทย 4.0 มีเป้าหมายในการพัฒนาประเทศไปสู่ประเทศรายได้สูง มีความมั่นคง มั่งคั่งและยั่งยืน ด้วยการนำเอาเทคโนโลยีและนวัตกรรมมาขับเคลื่อนเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม ให้เกิดมูลค่าเพิ่ม ด้วยการพัฒนาสินค้าเชิงนวัตกรรม การเน้นภาคบริการมูลค่าสูงและการขับเคลื่อนอุตสาหกรรมด้วยเทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

อุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ จึงเป็นอุตสาหกรรมหลัก ที่ไทยสามารถผลักดันเพื่อให้เกิดการเติบโตทางเศรษฐกิจในระยะสั้นและในระยะกลางได้ทันที ด้วยการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปัจจัยการผลิต โดยเฉพาะการต่อยอดอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพไปสู่อุตสาหกรรมอาหารในอนาคต หรือการดำเนินโครงการไปยังกลุ่มโรงงานเศรษฐกิจชีวภาพ (Bioeconomy) เพื่อให้สอดคล้องและสามารถตอบสนองนโยบายภาครัฐที่กำหนดนโยบายประเทศไทย 4.0 ขึ้น เพื่อให้มีการปรับโครงสร้างทางเศรษฐกิจ ไปสู่ “เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม” ซึ่งนับเป็นการพัฒนาระดับความก้าวหน้า ทางเศรษฐกิจยุคใหม่ (New Engines of Growth) ด้วยการ นำเอาจุดแข็งอันเป็นข้อได้เปรียบเชิงเปรียบเทียบของประเทศไทยที่มีอยู่ 2 ด้าน คือ ด้านความหลากหลายทางชีวภาพ และด้านความหลากหลายทางวัฒนธรรม ให้เป็นข้อได้เปรียบในเชิงแข่งขัน โดยให้ความสำคัญต่อการส่งเสริม การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรความหลากหลายทางชีวภาพอย่างยั่งยืน อันจะช่วยสร้างโอกาสการใช้ความหลากหลายทางชีวภาพเป็นฐานเพิ่มมูลค่าสินค้าและบริการ โดยใช้วัตถุดิบทางการเกษตรเป็นสำคัญสำหรับการสร้างนวัตกรรมที่มีคุณค่าสูงขึ้นได้อีกด้วย

จากเหตุผลดังกล่าว ทำให้เกิดการปรับตัวอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง ในการเพิ่มปริมาณการผลิต เพื่อให้เพียงพอและสามารถรองรับความต้องการที่สูงขึ้นในอนาคต ก่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรและของเสียจากกระบวนการผลิตที่มากขึ้น ดังนั้น โรงงานอุตสาหกรรมหลายแห่ง จึงมีเป้าหมายในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต หรือปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ และลดการเกิดของเสียจากกระบวนการผลิตให้น้อยลง ช่วยลดต้นทุนและเพิ่มรายได้ให้มากยิ่งขึ้น

1.3 บทบาทของกรมโรงงานอุตสาหกรรมต่อการส่งเสริมอุตสาหกรรม

กรมโรงงานอุตสาหกรรม เป็นหน่วยงานภาครัฐตระหนักดีถึงพันธกิจหลักในการบริหารจัดการ กำกับดูแลธุรกิจอุตสาหกรรม และส่งเสริมสนับสนุนข้อมูล องค์ความรู้ด้านเครื่องจักร การผลิต สิ่งแวดล้อม ความปลอดภัย สารเคมีวัตถุอันตราย พลังงาน และความรับผิดชอบต่อสังคมเพื่อประโยชน์ในการพัฒนาธุรกิจอุตสาหกรรมสู่ความยั่งยืน จึงได้ดำเนินการโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดระดับรายสาขา เพื่อส่งเสริมการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ โดยใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (Cleaner Technology, CT) เป็นแนวคิดและเทคนิคที่ช่วยให้มีการใช้ทรัพยากรอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ ลดของเสียให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด จึงเป็นการช่วยลดต้นทุนและลดค่าใช้จ่ายในการจัดการของเสีย รวมทั้งลดปัญหาสิ่งแวดล้อม

ทั้งนี้ กลไกหนึ่งที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมนำมาใช้เพื่อการส่งเสริมคือ การเผยแพร่ องค์ความรู้จากโครงการ ผ่านการจัดทำคู่มือหลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดเฉพาะของแต่ละอุตสาหกรรมรายสาขา เพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินงานด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด โดยโรงงานในกลุ่มอุตสาหกรรมและผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดผล ในทางปฏิบัติได้ โดยปัจจุบันนี้ มีการจัดทำหลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด ให้กับอุตสาหกรรมรายสาขาเพื่อนำไปปฏิบัติใช้แล้วจำนวน 22 รายสาขา ประกอบด้วย อุตสาหกรรมนมและผลิตภัณฑ์นม ยางพารา สับปรดระบอง อาหารทะเลแช่แข็ง ก๋วยเตี๋ยว และเส้นหมี่ แป้งมันสำปะหลัง ปลากระป๋อง ชุบโลหะ แป้งขนมจีน เฟอร์นิเจอร์ไม้ โรงสีข้าว ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์ (ลูกชิ้น - ไส้กรอก) ผลิตภัณฑ์ยาง เครื่องปรับอากาศ บรรจุก๊าซอาหาร ข้าวโพดกระป๋อง อุตสาหกรรมโลหะ อุตสาหกรรมแก้ว อุตสาหกรรม การทำเครื่องตีจากผักและผลไม้ อุตสาหกรรมอาหารพร้อมรับประทาน อุตสาหกรรม เกี่ยวกับรถยนต์ และอุตสาหกรรมเกษตรแปรรูป

อนึ่ง เพื่อให้ครอบคลุมอุตสาหกรรมที่สร้างรายได้ให้กับประเทศ ในปีงบประมาณ 2565 กรมโรงงานอุตสาหกรรม จึงได้กำหนดให้มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด ไปสู่การปฏิบัติใช้จริงให้กับกลุ่มอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ ที่มุ่งส่งเสริมการพัฒนา กระบวนการผลิต และเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด และตอบสนองความต้องการ ของภาคอุตสาหกรรม ที่ต้องการพัฒนาศักยภาพในการผลิตและผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตร

ต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเพื่อให้ก้าวทันการเปลี่ยนแปลงของอุตสาหกรรมในยุค 4.0 และโมเดลเศรษฐกิจใหม่ (Bio Circular Green Economy)

1.4 คำจำกัดความที่สำคัญในหลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (Cleaner Technology, CT) หมายถึงการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตหรือผลิตภัณฑ์เพื่อใช้วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากรธรรมชาติเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเปลี่ยนเป็นของเสียน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย จึงเป็นการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด ทั้งนี้รวมถึงการเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบ การใช้ซ้ำหรือแปรรูปให้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ซึ่งจะช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและลดต้นทุนการผลิตไปพร้อมกัน

หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (Cleaner Technology Codes of Practice, COP) หมายถึงแนวทางการปฏิบัติตามหลักการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดสำหรับสถานประกอบการในรายสาขาอุตสาหกรรมที่กำหนด เพื่อให้มีการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด การใช้ซ้ำหรือแปรรูปให้กลับคืน ประกอบด้วยปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต และวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ ซึ่งได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการอุตสาหกรรมรายสาขา

ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต (Key Factor) หมายถึงปริมาณการใช้วัตถุดิบและทรัพยากร หรือปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้น โดยเทียบกับหนึ่งหน่วยวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ ของแต่ละอุตสาหกรรมรายสาขา เพื่อใช้เป็นตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต หรือความสูญเสียที่เกิดขึ้นและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ (CT Options) หมายถึงแนวทางและวิธีปฏิบัติเพื่อพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต หรือปรับปรุงค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตให้ดีขึ้น

บทที่ 2

เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

2.1 หลักการ ความหมาย และประโยชน์ของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

แนวคิดในการใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดเพื่อจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อม ได้ถูกเผยแพร่ ในปี พ.ศ. 2532 โดยโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (United Nation Environment Programme, UNEP IE/ PAC) จากนั้นแนวคิดนี้ได้ถูกนำไปขยายต่อเป็นวงกว้างไปทั่วโลก โดยเฉพาะในกลุ่มประเทศอุตสาหกรรม ต่อมา ในปี พ.ศ. 2535 เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด ถูกนำไปกำหนดเป็นหัวข้อหลักในเวทีการประชุมระดับโลกว่าด้วยเรื่องสิ่งแวดล้อมและการพัฒนา โดยการประชุมดังกล่าวได้กำหนดให้ประเทศสมาชิกตระหนักถึงความสำคัญในการรักษาสิ่งแวดล้อมร่วมกับการพัฒนา สำหรับประเทศไทย เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดถูกนำมาใช้ในภาคอุตสาหกรรมเป็นครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2533 และได้รับการส่งเสริมให้นำไปใช้กันอย่างแพร่หลายในช่วงปี พ.ศ. 2540 เพื่อลดค่าใช้จ่ายควบคู่กับการรักษาสิ่งแวดล้อมอันเนื่องจากปัญหาวิกฤตทางเศรษฐกิจอย่างรุนแรง และตั้งแต่นั้นปี พ.ศ. 2543 จนถึงปัจจุบัน กรมโรงงานอุตสาหกรรมได้นำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดมาส่งเสริมให้ภาคอุตสาหกรรมนำไปปฏิบัติใช้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ ตลอดจนเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันโดยมีกิจกรรมหลักประกอบด้วย การจัดทำหลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด การพัฒนาบุคลากรด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด และการสนับสนุนข้อมูลด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

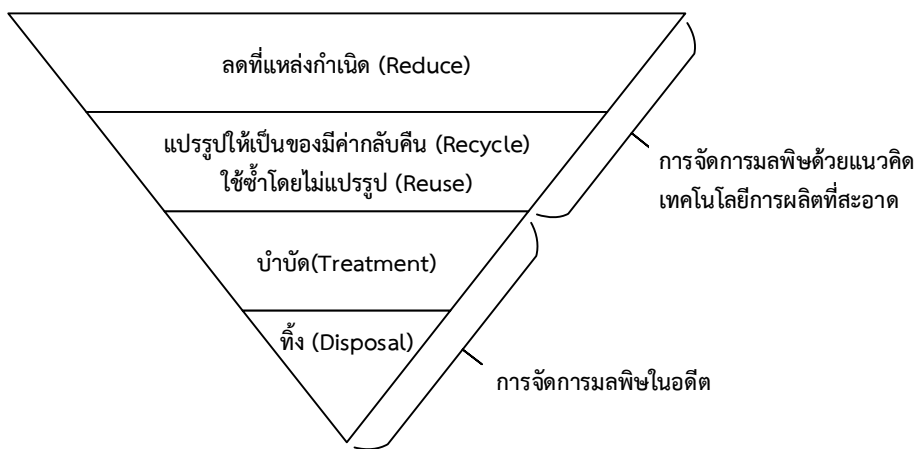
หลักการ

หลักการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด คือการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิดเพื่อขจัดปัญหาการสูญเสียและการเกิดมลพิษ และหากยังมีของเสียเกิดขึ้นต้องพยายามนำของเสียเหล่านั้นกลับมาใช้ซ้ำ หรือแปรรูปกลับคืน เพื่อให้มีของเสียที่ต้องบำบัดเหลืออยู่น้อยที่สุดหรือไม่มีเลย

ความหมาย

เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (Cleaner Technology, CT) หมายถึง การปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตหรือผลิตภัณฑ์เพื่อให้การใช้วัตถุดิบ ทรัพยากรธรรมชาติ

และพลังงาน เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยให้เปลี่ยนเป็นของเสียน้อยที่สุด จึงเป็นการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด ทั้งนี้รวมถึงอุตสาหกรรมการผลิตที่มีการใช้วัตถุดิบที่ปลอดภัย ทำให้ลดของเสียหรือสารพิษในกระบวนการผลิตด้วย นอกจากนี้ ยังรวมถึงการใช้ซ้ำหรือแปรรูปของเสียให้มีค่ากลับคืน ซึ่งจะช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและลดต้นทุนการผลิตไปพร้อมกัน โดยมีหลักการเช่นเดียวกับการผลิตที่สะอาด (Cleaner Production) การป้องกันมลพิษ (Pollution Prevention หรือ P2) การลดของเสียให้น้อยที่สุด (Waste Minimisation) หรือการผลิตเพื่อรักษาสิ่งแวดล้อม



ภาพที่ 2.1 ลำดับความสำคัญการจัดการมลพิษตามแนวคิดเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (ที่มา : หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ) อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์และชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หรือพลาสติก พ.ศ. 2562)

เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดมีวิธีการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด และการนำของเสียกลับมาใช้ ดังภาพที่ 2.2 วิธีการดำเนินงานของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

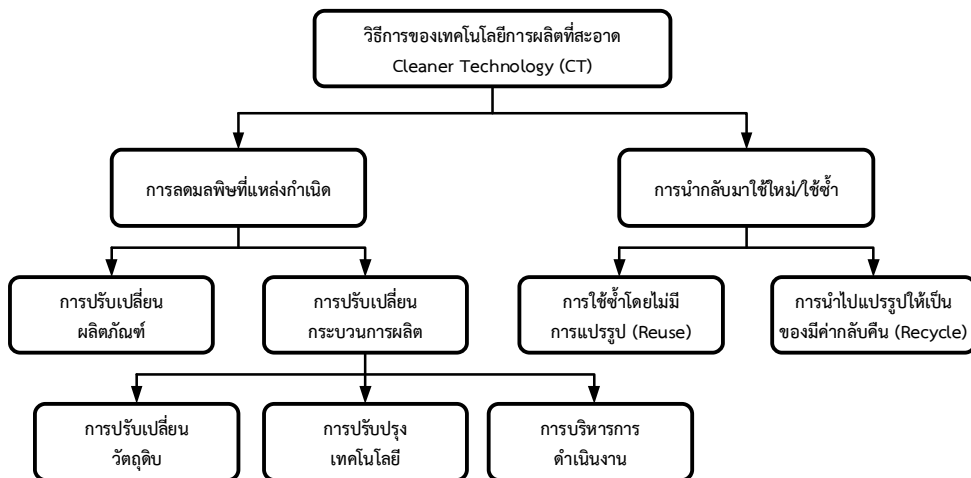
การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด แบ่งออกเป็น 2 วิธี

- 1) การปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิต (Process Change) แบ่งออกเป็น 3 วิธีย่อย คือ
 - ก. การปรับเปลี่ยนวัตถุดิบ (Input Material Change) เป็นการเลือกใช้วัตถุดิบที่สะอาด มีคุณภาพสูง การใช้วัตถุดิบทดแทน การยกเลิกการใช้วัตถุดิบที่เป็นอันตราย

การประหยัดวัตถุดิบ และการใช้วัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้

ข. การปรับปรุงเทคโนโลยี (Technology Improvement) เป็นการเพิ่มศักยภาพการผลิต หรือ การใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้เกิดของเสียน้อยที่สุด ระดับของการปรับปรุงเทคโนโลยีนั้นมี ตั้งแต่การปรับปรุงที่ใช้เงินลงทุนต่ำ เช่น การติดตั้งมิเตอร์วัด เป็นต้น ไปจนกระทั่งการปรับปรุงเทคโนโลยีที่ต้องใช้เงินลงทุนสูง เช่น การใช้ระบบอัตโนมัติ การปรับปรุงระบบท่อ สายพาน อุปกรณ์ การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสม

ค. การบริหารการดำเนินงาน (Operational Management) เป็นการวางแผนหรือจัดทำวิธีการ และควบคุมการดำเนินการเพื่อเพิ่มศักยภาพกระบวนการผลิต ให้สามารถลดต้นทุนการผลิตและผลกระทบ ต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การใช้ระบบ FIFO เพื่อจัดการการใช้วัตถุดิบหรือชิ้นส่วนในการผลิต การแยกประเภทของเสียเพื่อแยกกำจัดหรือนำกลับไปใช้ประโยชน์ การฝึกอบรมพนักงาน ให้มีความรู้และสามารถปฏิบัติงานได้ตามมาตรฐาน



ภาพที่ 2.2 วิธีการดำเนินงานของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

(ที่มา : หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ) อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์และชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หรือพลาสติก พ.ศ. 2562)

2) การปรับเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ (Product Reformulation) ผลิตภัณฑ์ซึ่งมีคุณภาพรูปร่างลักษณะ ขนาดและภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สามารถปรับปรุงเพื่อลดปัญหาได้ 4 วิธี คือ

ก. Product Change Factor เป็นการออกแบบใหม่เพื่อปรับเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ โดยมีเงื่อนไข เทคนิคต่างๆ ที่เหมาะสม เช่น ออกแบบผลิตภัณฑ์ที่สามารถแยกส่วนได้ หรือติดตั้งและประกอบง่าย

ข. Production Change Factor เป็นการปรับปรุงกระบวนการผลิต วิธีการควบคุมสินค้า การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเมื่อผู้บริโภคนำไปใช้

ค. Market Change Factor ปรับเปลี่ยนวิธีการและประมาณความต้องการของตลาด

ง. Marketing Change Factor ปรับปรุงการบริการและการตลาด

การนำของเสียกลับมาใช้ โดยปกติการดำเนินงานเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด ควรเน้นการแก้ปัญหา ด้วยการลดการสูญเสียที่แหล่งกำเนิดเป็นลำดับแรก ก่อนที่จะแก้ปัญหาด้วยการนำของเสียกลับมาใช้ ซึ่งมีอยู่ 2 วิธี คือ

1) การใช้ซ้ำโดยไม่แปรรูป (Reuse) หมายถึงการนำทรัพยากรที่ผ่านการใช้งานแล้ว และยังมีคุณภาพเพียงพอที่จะนำไปใช้งานในขั้นตอนอื่นๆ ได้ เช่น การนำน้ำล้างครั้งสุดท้ายกลับมาใช้สำหรับการล้างในครั้งแรก ซึ่งไม่ต้องการความสะอาดมากนัก การนำสีฝุ่นที่หกหล่นกลับไปร่อนเพื่อนำไปพ่นเป็นสีรองพื้น เป็นต้น

2) การนำไปแปรรูปให้เป็นของมีค่ากลับคืน (Recycle) หมายถึง การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อนำทรัพยากรกลับมาใช้อีกครั้งหรือทำให้เกิดผลพลอยได้ ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับของเสีย เช่น การนำรีนเนอร์และเศษพลาสติกจากการฉีดขึ้นส่วน ไปบดใหม่แล้วนำกลับมาใช้ซ้ำเพื่อฉีดขึ้นส่วนเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการคุณภาพไม่สูงมาก

ประโยชน์ของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา ปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของภาคอุตสาหกรรม และทำให้เกิดการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งให้ประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อมดังนี้

ประโยชน์ทางตรง

- 1) ลดต้นทุนการผลิต เนื่องจากการใช้ทรัพยากรต่างๆ ลดลง ได้แก่ น้ำ วัตถุดิบ พลังงาน และสารเคมี รวมถึงการลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดหรือจัดการของเสีย
- 2) เพิ่มศักยภาพการผลิต หมายถึงการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต เพิ่มคุณภาพและปริมาณสินค้า ที่ออกจำหน่ายและบริการ
- 3) ลดความเสี่ยงและอันตรายที่เกิดขึ้นกับมนุษย์ รวมทั้งสิ่งแวดล้อมรอบข้างดีขึ้น
- 4) พัฒนาให้เกิดการบริหารงานอย่างเป็นระบบ และสร้างภาพพจน์ที่ดีให้กับโรงงาน
- 5) สนับสนุนให้เกิดการปฏิบัติที่เป็นไปตามกฎหมายด้านสิ่งแวดล้อมของทางราชการ
- 6) พัฒนาเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศ

ประโยชน์ทางอ้อม

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดก่อให้เกิดประโยชน์ทางอ้อม คือ ประโยชน์เชิงสิ่งแวดล้อม พิจารณาได้จากปริมาณการเกิดมลพิษที่ลดลง เช่น ลดการปล่อยน้ำเสีย ลดการปล่อยสารเคมีหรือสารพิษปนเปื้อนในน้ำเสีย ลดการปล่อยควันพิษ หรือพิจารณาจากการใช้ทรัพยากรที่ลดลง นอกจากนี้ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม อาจประเมินจากการลดศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential, GWP) ซึ่งคำนวณได้จากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่สามารถลดได้

2.2 ปัจจัยแห่งความสำเร็จ

ผู้บริหาร (Leader) เป็นผู้ที่มียุทธศาสตร์ชัดเจนดำเนินงานต่างๆ ภายในโรงงาน ดังนั้น ผู้บริหารต้องให้ความสำคัญ ต่อการนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดไปปฏิบัติใช้เป็นอันดับแรกด้วยการประกาศนโยบายที่ระบุเป็นลายลักษณ์อักษรอย่างชัดเจน กำหนดวัตถุประสงค์และเป้าหมายที่ปฏิบัติได้จริงเพื่อให้ พนักงานถือปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด นอกจากนี้ ผู้บริหารยังต้องสนับสนุนด้านงบประมาณ หรือกำลังคนอย่างเพียงพอ และต้องหมั่นเอาใจใส่ติดตามการดำเนินกิจกรรมเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดอย่างสม่ำเสมอ

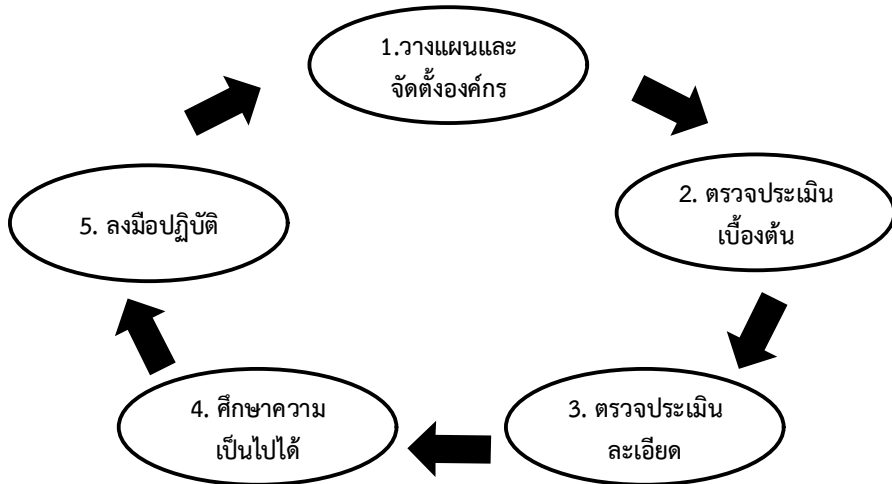
การมีส่วนร่วมของพนักงาน (Staff Participation) พนักงานในโรงงานจะเป็นผู้ลงมือปฏิบัติจริงในแต่ละกิจกรรมของการดำเนินการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด อาทิเช่น การประชุมค้นหาปัญหาและหาแนวทางแก้ไขการดำเนินการปรับปรุง การประเมินผล เป็นต้น ดังนั้น การสร้างการมีส่วนร่วมของพนักงาน ให้เกิดขึ้นภายในโรงงานนั้นจะต้องพยายามให้พนักงานทุกฝ่าย มีส่วนร่วมเป็นทีมงานหลักในการดำเนินการ นอกจากนี้ โรงงานควรต้องดำเนินการสร้างความรักและความผูกพันต่อองค์กร ชี้แจงถึงความจำเป็นของโรงงานที่ต้องทำกิจกรรมเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด รวมทั้งสร้างแนวคิดเชิงบวกให้กับพนักงานว่าไม่เป็นภาระต่องานประจำที่ปฏิบัติอยู่

มูลเหตุจูงใจ (Incentive) การสร้างมูลเหตุจูงใจควรมุ่งเน้นที่ผลประโยชน์ที่แต่ละฝ่ายจะได้รับ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ฝ่ายผู้บริหารและฝ่ายผู้ปฏิบัติ สำหรับฝ่ายผู้บริหาร ควรเน้นที่ผลตอบแทนทางธุรกิจ เช่น การลดต้นทุนการผลิตที่เห็นผลชัดเจน การลดหย่อนด้านภาษี เป็นต้น ด้านภาพลักษณ์และการยอมรับจากสังคมในด้านการอนุรักษ์และรักษาสิ่งแวดล้อมในโรงงาน และการเอาใจใส่ใจต่อชุมชนรอบข้างโรงงาน สำหรับฝ่ายผู้ปฏิบัติ ควรเน้นในเรื่องผลตอบแทนด้านตัวเงิน เช่น เงินรางวัล โบนัส เป็นต้น การได้รับการยกย่องจากผู้บริหารและการยอมรับจากเพื่อนร่วมงาน รวมทั้งคุณภาพชีวิต และสภาพแวดล้อมในสถานที่ปฏิบัติงาน

องค์ความรู้ (Knowledge) สำหรับการดำเนินการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดนั้น แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นองค์ความรู้ที่ได้จากข้อมูลผลการดำเนินงานของโรงงาน ในด้านการผลิต การใช้ทรัพยากร และการเกิดของเสีย ส่วนที่สองเป็นองค์ความรู้เกี่ยวกับการสร้างความตระหนักต่อการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ และการรักษาสิ่งแวดล้อม และส่วนสุดท้ายเป็นองค์ความรู้เชิงเทคนิค เช่น ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการผลิต วิธีปฏิบัติงานที่ถูกต้อง เป็นต้น

2.3 ขั้นตอนการดำเนินการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

เพื่อจัดการกับประเด็นปัญหาหลักของโรงงานที่เป็นการใช้ทรัพยากรอย่างไม่มีประสิทธิภาพและลดการเกิดหรือปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมจึงดำเนินการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด 5 ขั้นตอน เรียงลำดับจากขั้นตอนที่ 1 ถึงขั้นตอนที่ 5 เมื่อดำเนินการเสร็จสิ้นครบทั้ง 5 ขั้นตอนแล้ว จะเริ่มทำซ้ำในขั้นตอนที่ 1 เพื่อจัดการกับประเด็นปัญหาอื่นต่อไป



ภาพที่ 2.3 การดำเนินการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

(ที่มา : หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ) อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์และชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หรือพลาสติก พ.ศ. 2562)

ขั้นตอนที่ 1 การวางแผนและการจัดตั้งองค์กร

ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้บริหารและพนักงานทุกคนในโรงงาน ตระหนักถึงความจำเป็นในการดำเนินการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด ขั้นตอนการดำเนินงานเริ่มจากสร้างความร่วมมือและการสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูง การจัดตั้งทีมงาน โดยทีมงานนั้นจะต้องมีผู้แทนจากหลายๆ ส่วนที่เกี่ยวข้อง จากนั้นกำหนดเป้าหมายของการทำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดที่ชัดเจนและวัดผลได้ สุดท้ายคือ ค้นหาอุปสรรคที่เกิดขึ้น เช่น ทัศนคติ การขาดข้อมูล ฯลฯ พร้อมทั้งหาวิธีแก้ไข ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้คือ ได้รับความร่วมมือและสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูง ผู้บริหารระดับกลาง และพนักงานทราบถึงวัตถุประสงค์ของการทำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด มีงบประมาณและทีมงานที่เพียงพอเพื่อดำเนินการ และปัญหาอุปสรรคเบื้องต้นได้รับการแก้ไขเป็นที่เรียบร้อย โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) กำหนดนโยบายอย่างชัดเจนและเป็นลายลักษณ์อักษร โดยแจ้งไปยังทุกแผนก เพื่อให้ทุกคนมีส่วนร่วม และปฏิบัติตามอย่างต่อเนื่อง ซึ่งนโยบายต้องประกอบด้วยวิสัยทัศน์และภารกิจขององค์กร โดยมี วัตถุประสงค์ในการลดการใช้วัตถุดิบและทรัพยากรในการผลิต รวมทั้งการลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น

2) จัดตั้งทีมงานที่ประกอบด้วยผู้แทนจากฝ่ายต่างๆ เช่น ฝ่ายบริหาร ฝ่ายผลิต ฝ่ายควบคุมคุณภาพ ฝ่ายวิศวกรรมและสิ่งแวดล้อม ฝ่ายซ่อมบำรุง และฝ่ายจัดซื้อ โดยตัวแทนจากทุกฝ่ายเข้าร่วมประชุม เพื่อปรึกษาหารือและเสนอแนวทางข้อคิดเห็นต่างๆ เพื่อค้นหาแหล่งกำเนิดของการสูญเสียจากการผลิต แล้วหาทางแก้ไขเพื่อให้การสูญเสียนั้นเป็นศูนย์เพื่อให้การใช้ทรัพยากรมีประสิทธิภาพสูงสุด รวมถึงเพิ่มคุณภาพและกำลังการผลิต

ขั้นตอนที่ 2 การตรวจประเมินเบื้องต้น

การตรวจประเมินเบื้องต้นเป็นกระบวนการคัดเลือกประเด็นปัญหาที่สำคัญของโรงงาน เพื่อตรวจประเมินละเอียด โดยมีงานที่ต้องทำประกอบด้วย การจัดทำแผนภาพการผลิต พร้อมทั้งรายละเอียดการใช้ทรัพยากร พลังงาน ผลิตภัณฑ์ และของเสียที่ปล่อยออกจากนั้นประเมินหาสารเข้าและสารออก (Input-Output) ทั้งหมดของแต่ละขั้นตอนการผลิต สุดท้ายคือคัดเลือกประเด็นปัญหาที่สำคัญ ที่มีมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐกิจสูง มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมาก และที่สำคัญคือต้องเป็นที่ยอมรับของทุกคนในทีมงาน ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้คือ ได้แผนภาพกระบวนการผลิตพร้อมรายการสารเข้าและสารออก ได้กิจกรรมหรือบริเวณที่เกิดการสูญเสียสำหรับการตรวจประเมินละเอียด นอกจากนี้ยังจะได้วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ (CT Options) ที่เห็นผลชัดเจนและดำเนินการได้ทันทีโดยไม่ต้องตรวจประเมินละเอียด โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) จัดทำผังกระบวนการผลิตและรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น โดยให้บันทึกรายละเอียดของแต่ละกระบวนการในแผนผังกระบวนการผลิต โดยอาจใช้แผ่นงานแสดงมวลเข้า มวลออกของแต่ละกระบวนการ

2) เดินสำรวจเบื้องต้น ซึ่งควรจะเดินเรียงตามหน่วยกระบวนการตั้งแต่ต้นจนจบ โดยให้ความสนใจในส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ได้ การใช้ทรัพยากร และของเสียที่เกิดขึ้น ในระหว่างการสำรวจอาจมีการพูดคุยกับพนักงานประจำเครื่อง เพื่อให้ได้ข้อมูลของลักษณะการทำงานจริง ลักษณะ ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น ซึ่งนำมาสู่โอกาสในการลดปริมาณของเสียหรือการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ

3) กำหนดประเด็นที่น่าสนใจ เนื่องจากเวลาและบุคลากรที่มีจำกัด การตรวจประเมินไม่สามารถทำได้ทุกกระบวนการ ดังนั้น ควรตรวจประเมินในประเด็นที่น่าสนใจก่อน

โดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้

- กระบวนการที่สามารถปรับปรุงได้ง่ายและทำได้ทันที
- กระบวนการที่ก่อให้เกิดของเสียในปริมาณมาก
- กระบวนการที่มีการใช้หรือก่อให้เกิดสารเคมีหรือวัตถุอันตราย
- กระบวนการที่มีจำนวนเงินสูญเสียสูง
- กระบวนการที่มีประโยชน์จากการนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดไปใช้อย่างเห็นได้ชัด

ขั้นตอนที่ 3 การตรวจประเมินละเอียด

ขั้นตอนนี้เป็นวิธีการสร้างทางเลือก วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ พร้อมกำหนดวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษออกเป็นกลุ่มที่สามารถปฏิบัติได้ทันที และกลุ่มที่ต้องศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมอีก งานที่ต้องทำสำหรับการตรวจประเมินละเอียดประกอบด้วย การจัดทำสมดุลมวลสาร สมดุลพลังงาน ซึ่งต้องคำนวณปริมาณการใช้และราคาของวัตถุดิบ ทรัพยากร และสารอื่นๆ ตลอดจนพลังงานที่เข้าและออกจากกระบวนการผลิตหรือกระบวนการย่อย ตามด้วยการประเมินหาสาเหตุของการสูญเสีย ซึ่งพิจารณาใน 5 ประเด็น คือ วัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์ วิธีปฏิบัติงาน เทคโนโลยีการผลิต และของเสีย จากนั้นก็ดำเนินการสร้างวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ คัดเลือกวิธีการที่มีความเป็นไปได้ ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้คือ ผลการทำสมดุลมวลสารและสมดุลพลังงาน ที่ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องแล้ว ข้อมูลแหล่งกำเนิดและการสูญเสียพร้อมกับสาเหตุ ได้วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษที่เรียงลำดับความสำคัญ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) เก็บข้อมูลในเชิงปริมาณ ในการพิจารณาการเก็บข้อมูลสามารถนำแผนงานแสดงมวลเข้าและออก ของแต่ละกระบวนการมาประกอบการพิจารณา โดยข้อมูลที่เก็บบันทึกควรเป็นปริมาณต่อหน่วยการผลิต เป็นข้อมูลที่สามารถช่วยในการวิเคราะห์จุดที่มีการสูญเสีย

2) จัดทำสมดุลสาร เพื่อให้ทราบถึงปริมาณการใช้วัตถุดิบ พลังงาน สารเคมี และน้ำใช้ ทั้งหมดที่เข้าและออกจากระบบ

3) เสนอทางเลือก วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ อาจขึ้นกับองค์ความรู้และประสบการณ์ร่วมกับการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดยการดุลมวล

ซึ่งช่วยให้มองเห็นทางเลือกของวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษได้ดี

4) จัดบันทึก เรียงลำดับความสำคัญของแต่ละทางเลือก ความยากง่ายในการปฏิบัติ (นำไปปฏิบัติได้ทันที หรือต้องศึกษาเพิ่มเติม)

ขั้นตอนที่ 4 ศึกษาความเป็นไปได้

การศึกษาความเป็นไปได้ เป็นกระบวนการคัดเลือกวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษสำหรับลงมือปฏิบัติ ขั้นตอนการดำเนินงานประกอบด้วย การประเมินเบื้องต้น เพื่อประเมินดูว่าจะต้องศึกษารายละเอียดมากถึงระดับใดและต้องใช้ข้อมูลอะไรบ้าง จากนั้นเป็นการประเมินทางเทคนิค สำหรับวิธีการที่มีการลงทุนปานกลางและลงทุนสูงเพื่อประเมินผลกระทบเกิดขึ้นต่อกระบวนการผลิตในรูปของปริมาณการใช้วัตถุดิบ พลังงาน ทรัพยากรที่ลดลง ถัดไปเป็นการประเมินทางเศรษฐศาสตร์เพื่อประเมินความคุ้มค่าการลงทุน การประเมินทางสิ่งแวดล้อมเพื่อประเมินผลดีหรือผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการคัดเลือกวิธีการที่จะนำไปปฏิบัติ ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้คือ วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษที่เป็นไปได้และผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) ประเมินความเป็นไปได้เบื้องต้น ซึ่งผลของการประเมินนี้สามารถบอกได้ว่าทางเลือกของวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษใดมีความเป็นไปได้ หรือต้องศึกษาเพิ่มเติม

2) ประเมินความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค ต้องศึกษาผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต และความปลอดภัยที่อาจเกิดจากการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีหรือวิธีการทำงาน นอกจากนี้ ต้องพิจารณาถึงความจำเป็นในการฝึกอบรมพนักงานเพิ่มเติมหรือการบำรุงรักษาเพิ่มขึ้นหรือไม่

3) ประเมินความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ เป็นการเปรียบเทียบต้นทุนในการเปลี่ยนแปลง กับมูลค่าที่จะประหยัดได้ ซึ่งการประเมินความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์นั้น เป็นการประเมินในรูปแบบของระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

4) ประเมินความเป็นไปได้ทางด้านสิ่งแวดล้อม ประเมินจากปริมาณการเกิดมลพิษที่ลดลง เช่น ลดการปล่อยน้ำเสีย ลดการปล่อยสารเคมีหรือสารพิษปนเปื้อนในน้ำเสีย

ลดการปล่อยควันพิษ หรือพิจารณาจากการใช้ทรัพยากรที่ลดลง นอกจากนี้ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมอาจประเมินได้จากการลดศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential, GWP) ซึ่งคำนวณได้จากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่สามารถลดได้

ขั้นตอนที่ 5 การลงมือปฏิบัติ

ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษที่คัดเลือกไปสู่การปฏิบัติ ทำให้กิจกรรมเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดดำเนินการอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน กิจกรรมย่อย ในขั้นตอนนี้ประกอบด้วย การเตรียมแผนปฏิบัติการ การลงมือปฏิบัติการ ติดตามประเมินผลการนำวิธีการไป ปฏิบัติ และสุดท้ายการทำให้กิจกรรมเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดดำเนินการอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน ด้วยการประกาศนโยบายของโรงงาน และบรรจุลงในแผนดำเนินธุรกิจประจำปีขององค์กร ผลลัพธ์จากขั้นตอนนี้คือ มีการลงมือปฏิบัติตามวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษที่เหมาะสม มีการติดตามและประเมินผล รวมทั้งมีแผนงาน หรือนโยบายที่จะดำเนินงานด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดอย่างต่อเนื่องและยั่งยืนต่อไป โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) จัดเตรียมแผนปฏิบัติงาน ซึ่งประกอบด้วย กิจกรรมที่ต้องกระทำ วิธีการที่ต้องกระทำ ทรัพยากรที่ต้องการในการปฏิบัติงาน บุคคลผู้รับผิดชอบกิจกรรม และกรอบระยะเวลาในการปฏิบัติงาน

2) นำทางเลือกของวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษที่ได้รับการคัดเลือกไปปฏิบัติจริง

3) ตรวจสอบและติดตามผลการดำเนินงาน ซึ่งสามารถนำค่าปัจจัยหลักต่างๆ ที่ได้จากการตรวจประเมินมาเปรียบเทียบ

4) ปรับปรุงและดำเนินกิจกรรม ด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดอย่างต่อเนื่อง โดยต้องนำผลที่ได้รับการตรวจสอบติดตามผล มาปรับปรุงวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น และต้องเผยแพร่แนวคิดด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดไปยังพนักงานทุกระดับเพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืน นอกจากนี้ทางโรงงานยังสามารถนำแนวคิดด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดไปใช้ร่วมกับระบบคุณภาพที่ใช้อยู่ หรือจะใช้ในอนาคตได้

2.4 ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต

ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต หมายถึงปริมาณการใช้วัตถุดิบและทรัพยากร หรือปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้น โดยเทียบต่อหนึ่งหน่วยวัตถุดิบ หรือผลิตภัณฑ์ของแต่ละอุตสาหกรรมรายสาขา เพื่อใช้เป็นตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพในการผลิตหรือความสูญเสียที่เกิดขึ้น และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

จากการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานด้านการผลิต การใช้และการสูญเสียทรัพยากร รวมทั้งตรวจวัดข้อมูลการผลิตจริงในสถานประกอบการเกี่ยวกับอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ จำนวน 11 โรงงาน โดยมีข้อมูลพื้นฐาน ขั้นตอนการผลิต และหน่วยสนับสนุนการผลิตที่เกี่ยวข้อง แสดงในภาคผนวก ก จากข้อมูลดังกล่าวได้นำมาวิเคราะห์หาปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตโดยแยกตามประเภทกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งแบ่งออกเป็น 8 กลุ่ม ดังนี้ 1) กลุ่มอุตสาหกรรมยารักษาโรค จำนวน 3 แห่ง 2) กลุ่มอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง จำนวน 1 แห่ง 3) กลุ่มอุตสาหกรรมผลไม้กระป๋อง จำนวน 1 แห่ง 4) กลุ่มเครื่องดื่มจากผลไม้ จำนวน 1 แห่ง 5) กลุ่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ จำนวน 2 แห่ง 6) กลุ่มแป้งสาลี จำนวน 1 แห่ง 7) กลุ่มเอทานอล จำนวน 1 แห่ง และ 8) กลุ่มน้ำมันพืชและไบโอดีเซล จำนวน 1 แห่ง

ตารางที่ 2.1 ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตในกลุ่มโรงงานยารักษาโรค

ประเด็น	หน่วย	โรงงาน		
		A	B	C
วัตถุดิบ	กิโลกรัมต่อกิโลกรัมผลิตภัณฑ์	0.17	1.04	0.44
ไฟฟ้า	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัมผลิตภัณฑ์	0.43	0.36	31.72
พลังงานความร้อน	เมกะจูลต่อกิโลกรัมผลิตภัณฑ์	0.82 ^[1]	0.13 ^[2]	10.78 ^[2]
น้ำ	ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลกรัมผลิตภัณฑ์	0.006	0.002	0.53

^[1] แก๊สธรรมชาติ

^[2] แก๊สปิโตรเลียมเหลว

ตารางที่ 2.2 ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตในกลุ่มโรงงานเครื่องสำอาง

ประเด็น	หน่วย	โรงงาน D
วัตถุดิบ	กิโลกรัมต่อตันผลิตภัณฑ์	34.48
ไฟฟ้า	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตันผลิตภัณฑ์	912.47
พลังงานความร้อน (ไอน้ำ)	เมกะจูลต่อตันผลิตภัณฑ์	1,470.00
น้ำ	ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภัณฑ์	14.58

ตารางที่ 2.3 ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตในกลุ่มโรงงานผลไม้กระป๋อง

ประเด็น	หน่วย	โรงงาน E
วัตถุดิบ	ตันต่อตันผลิตภัณฑ์	2.72
ไฟฟ้า	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตันผลิตภัณฑ์	289.10
พลังงานความร้อน (NG)	เมกะจูลต่อตันผลิตภัณฑ์	4,741.74
น้ำ	ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภัณฑ์	28.24

ตารางที่ 2.4 ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตในกลุ่มโรงงานเครื่องดื่มจากผลไม้

ประเด็น	หน่วย	โรงงาน F
วัตถุดิบ	ลิตรต่อลิตรผลิตภัณฑ์	1.21
ไฟฟ้า	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อลิตรผลิตภัณฑ์	0.21
พลังงานความร้อน (NG)	เมกะจูลต่อลิตรผลิตภัณฑ์	1.41
น้ำ	ลิตรต่อลิตรผลิตภัณฑ์	4.00

ตารางที่ 2.5 ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตในกลุ่มโรงงานเครื่องต้มแอลกอฮอล์

ประเด็น	หน่วย	โรงงาน	
		G	H
วัตถุดิบ	กิโลกรัมต่อลิตรผลิตภัณฑ์	0.15	2.05
ไฟฟ้า	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อลิตรผลิตภัณฑ์	0.09	0.06
พลังงานความร้อน (NG)	เมกะจูลต่อลิตรผลิตภัณฑ์	0.02	2.38
น้ำ	ลูกบาศก์เมตรต่อลิตรผลิตภัณฑ์	0.005	0.010

ตารางที่ 2.6 ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตในกลุ่มโรงงานแปงสาลี

ประเด็น	หน่วย	โรงงาน I
วัตถุดิบ	ตันต่อตันผลิตภัณฑ์	1.32
ไฟฟ้า	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตันผลิตภัณฑ์	85.10
พลังงานความร้อน (LPG)	เมกะจูลต่อตันผลิตภัณฑ์	15.83
น้ำ	ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภัณฑ์	0.09

ตารางที่ 2.7 ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตในกลุ่มโรงงานเอทานอล

ประเด็น	หน่วย	โรงงาน J
วัตถุดิบ	ตันวัตถุดิบต่อลูกบาศก์เมตรผลิตภัณฑ์	3.58
ไฟฟ้า	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อลูกบาศก์เมตรผลิตภัณฑ์	115.00
พลังงานความร้อน (ถ่านหิน)	เมกะจูลต่อลูกบาศก์เมตรผลิตภัณฑ์	9,520.00
น้ำ	ลูกบาศก์เมตรต่อลูกบาศก์เมตรผลิตภัณฑ์	24.49

ตารางที่ 2.8 ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตในกลุ่มโรงงานน้ำมันพืชและไบโอดีเซล

ประเด็น	หน่วย	โรงงาน K
วัตถุดิบ	ตันวัตถุดิบต่อตันเมตรผลิตภัณฑ์	0.51
ไฟฟ้า	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตันผลิตภัณฑ์	120.87
พลังงานความร้อน (ถ่านหิน)	เมกะจูลต่อตันผลิตภัณฑ์	4,680.00
น้ำ	ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภัณฑ์	2.81

2.5 แนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุดสำหรับอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ

แนวทางการปฏิบัติที่ดีที่สุด สำหรับอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพได้นำเสนอเป็นแนวทางให้ผู้ประกอบการโรงงาน เพื่อคัดเลือกวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษนำไปประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสมกับสภาพการดำเนินงานจริง ของแต่ละสถานประกอบการอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมุ่งเน้นการควบคุมดูแลการผลิตและการดำเนินการที่ครอบคลุมมลพิษที่เกิดขึ้นทั้งในส่วนของการกระบวนการผลิตและหน่วยสนับสนุนการผลิต โดยขั้นตอนของการดำเนินการนั้นจะเสนอแนวทางที่เป็นทั้งด้านการจัดการ เทคนิค และแนวทางพัฒนาปรับปรุง ประสิทธิภาพการผลิตในอนาคต แนวทางการปฏิบัติที่ดีที่สุดสำหรับอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ นำไปสู่การปรับปรุงการใช้พลังงาน ทรัพยากร และการควบคุมมลพิษนั้นควรมีการดำเนินงานเป็นขั้นตอนโดยเริ่มจากเทคโนโลยีที่ง่ายที่สุดและใช้เงินลงทุนน้อยที่สุด จนถึงงานที่ต้องใช้เทคโนโลยีสูงและเงินลงทุนมาก โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.5.1 กระบวนการผลิต

1) การจัดการ

(1) การออกแบบโรงงานให้ถูกสุขลักษณะอนามัยที่ดี ตามแนวทางการแบ่งพื้นที่ production risk zone มีการแบ่งพื้นที่ความเสี่ยงต่ำ (Low-care area) คือ พื้นที่การผลิตที่เป็นกระบวนการก่อนกระบวนการฆ่าเชื้อ และพื้นที่ความเสี่ยงสูง (High-care area) บริเวณผลิตอาหารส่วนที่อาหารผ่านการแปรรูป หรือหุงต้มสุก แล้วแต่ยังไม่ได้บรรจุในบรรจุภัณฑ์

(2) การจัดทำ ตารางการทำความสะอาดและการบริหารจัดการคุณภาพโดยรวม (Total Quality Management, TQM)

(3) การบริหารจัดการแผนการผลิตสำหรับขั้นตอนต่างๆ ให้มีจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ต่อครั้งมากที่สุด หรือวางแผนการผลิตให้ผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันผลิตให้ได้ปริมาณมากที่สุด เพื่อลดการสูญเสียจากการล้างระหว่างเปลี่ยนชนิดผลิตภัณฑ์

(4) การทำระบบปลอดเชื้อให้มากที่สุด เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งหากเกิดการตรวจพบเชื้อในผลิตภัณฑ์ จนเกิดการส่งคืนผลิตภัณฑ์จะทำให้เกิดการสูญเสียเป็นจำนวนมาก

(5) การควบคุมอุณหภูมิเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร ที่อุณหภูมิระหว่าง -2 ถึง 4 °C

เนื่องจากมีเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นปัญหาของอาหารแช่เย็นหลายชนิด ที่เป็นจุลินทรีย์ที่ก่อโรคสามารถเจริญเติบโตได้ดีในขณะที่เก็บอาหารที่อุณหภูมิสูงกว่า 5 °C

2) เทคนิค

- (1) เลือกเครื่องจักรให้เหมาะสมกับบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์เพื่อป้องกันเชื้อ รวมถึงการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่สมบูรณ์
- (2) ออกแบบให้ระบบปรับอากาศมีการกระจายตัวที่ดี เพื่อลดเวลาในการทำความเย็น เพื่อให้อาหารที่อยู่บริเวณเย็นมีอุณหภูมิตามที่กำหนด
- (3) การจัดเรียงอาหารกระบวนการแช่เย็นและแช่แข็งให้สม่ำเสมอ ให้เกิดช่องว่างที่อากาศไหลไปได้ง่าย ลดเวลาในการทำความเย็นเพื่อให้อาหารที่ห้องเย็นมีอุณหภูมิตามที่กำหนด
- (4) การใช้ความเร็วลมสูง ในการทำความเย็นของระบบห้องเย็น เพื่อลดเวลาการทำความเย็นให้สั้นลง และลดการสูญเสียน้ำหนักโดยรวม
- (5) การติดตั้งชุดอุปกรณ์ควบคุมเวลา (Timer) เพื่อช่วยในการฉีดยาหล่อลื่นสายพานเป็นจังหวะ เปิด-ปิดตามการใช้งานจริงจะช่วยให้ประหยัดน้ำและสารเคมี
- (6) การเลือกใช้หัวฉีดยาหล่อลื่นสายพาน ที่มีขนาดเหมาะสมเพียงพอต่อความกว้างและความยาวของสายพานเพื่อป้องกันสายพานสะดุดและสายพานขาด

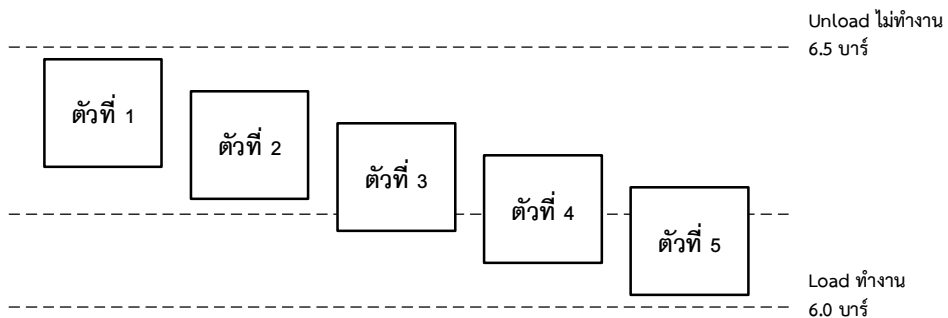
2.5.2 ระบบอัดอากาศ

1) การจัดการ

- (1) ตรวจสอบและบำรุงรักษาชุดกรองและจุดกรองต่างๆ ในระบบ เช่น ชุดกรองอากาศก่อนเข้าเครื่อง (Air filter) ชุดกรองน้ำมัน (Oil separator) ชุดระบายความร้อนหลังการอัด (After cooler) ฯลฯ เพื่อลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า
- (2) จัดทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เพื่อให้อุปกรณ์อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานตลอดเวลา
- (3) พิจารณาเลือกเดินเครื่องอัดอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงทดแทนการเดินเครื่องอัดอากาศที่มีประสิทธิภาพต่ำ ด้วยจำนวนชั่วโมงทำงานที่มากกว่า เช่น ควรเลือกใช้เครื่องอัดอากาศแบบปรับความเร็วรอบมอเตอร์ (Variable Speed Drive, VSD) ขนาดใหญ่

กว่าแบบความเร็วรอบมอเตอร์คงที่ (Fixed speed) และให้เครื่องอัดอากาศ แบบ VSD เดินเครื่องเป็นตัวหลักโดยให้เครื่องอัดอากาศแบบ Fixed speed เป็นตัวเสริม

(4) บริหารการใช้งานเครื่องอัดอากาศให้เหมาะสมกับความต้องการ เพื่อลดการเดินเครื่องตัวเปล่า เช่น ปรับตั้งค่าช่วงแรงดันของเครื่องอัดอากาศให้เหลื่อมกัน เพื่อลดการสูญเสียจากการเดินเครื่องแต่ไม่จ่ายลมอัด (Unload) ดังแสดงในภาพที่ 2.4 หรือ ในกรณีที่มีการใช้เครื่องอัดอากาศแบบ VSD ร่วมกับ Fixed speed ที่มีมากกว่า 1 เครื่อง ควรให้เครื่องอัดอากาศแบบ Fixed speed เดินปรับความดันของเครื่องแบบขั้นบันได โดยมีเครื่องอัดอากาศแบบ VSD ปรับให้ความดันอยู่ระหว่างความดันช่วง unload กับ load ของระบบอัดอากาศรวม unload (ไม่ทำงาน)



ภาพที่ 2.4 การจัดการภาระงานของเครื่องอัดอากาศโดยใช้ชุดควบคุมอัตโนมัติ (ที่มา : หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ) อุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศ พ.ศ. 2555)

- (5) ปรับตั้งแรงดันลมของเครื่องอัดอากาศให้เหมาะสมกับการใช้งาน
- (6) ตรวจสอบเครื่องทำลมแห้งให้มีอุณหภูมิไม่เกิน 5 °C เพื่อกำจัดน้ำออกจากลมอัดที่ผ่านเครื่องอัดอากาศ
- (7) ปิดวาล์วป้องกันลมเข้าเครื่องทำลมแห้งทุกครั้งกรณีไม่ใช้งาน
- (8) ติดตั้งระบบระบายน้ำจากถังเก็บลมอัดโดยไม่ส่งผลกระทบต่อความดันของลมอัดในถัง
- (9) ตรวจสอบการรั่วไหลทุกๆ 2 สัปดาห์ โดยใช้ฟองสบู่เพื่อลดปริมาณการรั่วไหลของลมอัด ทั้งนี้ ถ้ามีอัตราการรั่วไหลมากกว่าร้อยละ 5 ควรต้องรีบดำเนินการซ่อมแซมแก้ไข

โดยทันที จุดที่มักจะเกิดการรั่วไหล ได้แก่ วาล์ว หน้าแปลน ข้อต่อท่อต่างๆ จุดต่อเข้ากับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ ฯลฯ ทั้งนี้ สามารถตรวจสอบได้จากข้อมูลการใช้ปริมาณไฟฟ้าต่อผลิตภัณฑ์ หรือปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตลมนอัดต่อปริมาณลมนอัดที่ผลิตได้

(10) ลดพฤติกรรมการใช้ลมนอัดที่ไม่เหมาะสม เช่น การนำลมนอัดไปเป่าทำความสะอาดพื้นหรือเครื่องจักร และการนำลมนอัดไปเป่าฝุ่นออกจากตัว เป็นต้น

(11) ตรวจสอบการรั่วซึมบริเวณท่ออย่างหรือท่อพลาสติก รวมทั้งจุดเชื่อมต่อกับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ใช้งาน

2) เทคนิค

(1) ลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องอัดอากาศ ทั้งนี้การลดอุณหภูมิอากาศทุกๆ 3 °C จะช่วยลดการใช้พลังงานสำหรับเครื่องอัดอากาศลงได้ประมาณร้อยละ 1

(2) เลือกใช้ขนาดถังเก็บอากาศอัดให้เหมาะสมกับลักษณะภาระการใช้งาน การติดตั้งถังเก็บอากาศมีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บอากาศอัด รวมถึงเพื่อป้องกันและลดแรงการแกว่งของแรงดันลมจากเครื่องอัดอากาศ ชดเชยความต้องการของภาระการใช้งานในช่วงความต้องการสูงสุด (Peak load) และลดการตัดต่อของเครื่องอัดอากาศที่บ่อยเกินไป

(3) ติดตั้งเครื่องดูดความชื้นของลมนอัด โดยใช้ระบบทำความเย็นหรือใช้สารดูดความชื้นเพื่อปรับปรุงคุณภาพลมนอัด

(4) นำความร้อนทิ้งจากเครื่องอัดอากาศมาใช้ประโยชน์ เช่น นำมาอุ่นน้ำป้อนหม้อน้ำ นำมาอุ่นอากาศสำหรับใช้อบหรือให้ความร้อน นำมาอุ่นน้ำหรือสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการล้างชิ้นงาน เป็นต้น

(5) ลดการสูญเสียพลังงานอันเนื่องมาจากความดันตกในท่ออากาศอัด ซึ่งเกิดจากการเลือกใช้ขนาดท่อส่งอากาศอัดที่ไม่เหมาะสม ความดันตกในท่ออากาศอัดเกิดจาก 1) แรงเสียดทานระหว่างอากาศกับผนังท่อ 2) การเปลี่ยนทิศทางการไหลของอากาศ และ 3) การเปลี่ยนแปลงความเร็วของลมนอัดภายในท่อ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงขนาดท่อ ทั้งนี้ความเร็วของลมนอัดในท่อไม่ควรเกิน 6 เมตรต่อวินาทีสำหรับท่อหลัก และไม่เกิน 10 เมตรต่อวินาทีสำหรับท่อย่อยเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความสูญเสียความดันภายในท่อมากเกินไป

(6) เลือกใช้อุปกรณ์ประสิทธิภาพสูง เช่น ปั๊มลม หรือหัวเป่าลมประสิทธิภาพสูง

2.5.3 หอฝึ่งน้ำเย็น

1) การจัดการ

(1) ทำความสะอาดหัวฉีดของหอหล่อเย็นอย่างสม่ำเสมอเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการอุดตัน

(2) ทำความสะอาดแผงระบายความร้อน (Filling pack) และถาดรองรับน้ำเป็นประจำทุกๆ 1 เดือน รวมทั้งเปลี่ยนแผงระบายความร้อนเมื่อหมดอายุการใช้งาน

(3) ตรวจสอบอุณหภูมิของน้ำขาเข้าและขาออก อุณหภูมิอากาศขาเข้า (กระเปาะแห้งและกระเปาะเปียก) เพื่อประเมินหาความสามารถระบายความร้อนของหอหล่อเย็น

(4) ตรวจสอบปั๊มน้ำและมอเตอร์พัดลมอย่างสม่ำเสมอ

2) เทคนิค

(1) ใช้สารเคมีเพื่อป้องกันตะกรันการกัดกร่อนและตะไคร่น้ำ ซึ่งเป็นผลให้ประสิทธิภาพ การแลกเปลี่ยนความร้อนลดลง

(2) ใช้ระบบไอโซนปรับปรุงคุณภาพน้ำ เพื่อยับยั้งการเกิดตะกรันและตะไคร่น้ำ (สำหรับหอหล่อเย็นที่ใช้ในระบบปรับอากาศที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ) ซึ่งช่วยลดการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า รวมทั้งช่วยกำจัดเชื้อโรคลีเจียนเนลลา (Legionella) ซึ่งมีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจของมนุษย์

(3) ติดตั้งอินเวอร์เตอร์เพื่อควบคุมความเร็วของพัดลม ตามอุณหภูมิของน้ำสำหรับกรณีที่มีภาระความร้อนของน้ำหล่อเย็นมีค่าเปลี่ยนแปลงสูงต่ำตลอดเวลา

(4) ติดตั้งปล่องระบายอากาศร้อนขาออก ในทิศทางที่เหมาะสมเพื่อป้องกันไม่ให้อากาศร้อนไหลย้อนกลับไปแทนที่อากาศเย็น (Short Circuit) ขาเข้าหอหล่อเย็น

2.5.4 ระบบปรับอากาศ

1) การจัดการ

(1) ทำความสะอาดคอนเดนเซอร์อย่างสม่ำเสมอ เพื่อกำจัดคราบตะกรันหรือสิ่งสกปรกที่ยึดเกาะผิวท่อแลกเปลี่ยนความร้อนของคอนเดนเซอร์ ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างสารทำความเย็นกับน้ำหรืออากาศลดลง อย่างไรก็ตาม การกำหนดความถี่สำหรับการทำความสะอาดคอนเดนเซอร์ อาจพิจารณาได้จากผลต่างอุณหภูมิสารทำความเย็นในคอนเดนเซอร์ (ควรแตกต่างกันไม่เกิน 4-6 °F)

(2) ทำความสะอาดกรองอากาศในเครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit, AHU) และชุดจ่ายลมเย็นเป็นประจำ (Fan Coil Unit, FCU)

(3) ลดการนำอากาศภายนอกหรือดูดอากาศภายในทิ้งเพื่อลดภาระการปรับอากาศ

(4) ลดอากาศร้อนจากภายนอก รั่วเข้าสู่ห้องปรับอากาศเพื่อป้องกันการเพิ่มภาระให้ระบบปรับอากาศ โดยส่วนใหญ่รอยรั่วในห้องปรับอากาศมักเกิดขึ้นตามบริเวณขอบประตูและหน้าต่างห้อง

(5) ลดพื้นที่ปรับอากาศที่ไม่จำเป็นด้วยการกั้นห้องแยก

(6) ปรับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องปรับอากาศให้สูงขึ้น โดยถ้าปรับตั้งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำเกินไป ซึ่งเป็นการเพิ่มภาระการทำงานของระบบปรับอากาศและสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ามากขึ้น

(7) ปรับปรุงระบบแสงสว่างที่ใช้ภายในห้องปรับอากาศ ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น (สูญเสียพลังงานไฟฟ้าในรูปของความร้อนน้อยที่สุด) เพื่อลดภาระความร้อนระบบปรับอากาศ

(8) เลือกเดินปั๊มน้ำระบายความร้อนที่มีประสิทธิภาพสูงเป็นหลัก

2) เทคนิค

(1) ติดตั้งอินเวอร์เตอร์ เพื่อควบคุมความเร็วรอบของปั๊มน้ำระบายความร้อน สำหรับกรณีที่มีภาระความร้อนของน้ำมีค่าเปลี่ยนแปลงสูงต่ำตลอดเวลา

(2) ติดตั้งอินเวอร์เตอร์ เพื่อควบคุมความเร็วรอบของพัดลมในเครื่องส่งลมเย็นตามภาระความร้อนที่เกิดขึ้นในบริเวณปรับอากาศ

(3) ติดตั้งปล่องระบายลมร้อนขาออก จากชุดคอนเดนเซอร์ในทิศทางที่เหมาะสม เพื่อป้องกันไม่ให้ลมร้อนไหลย้อนกลับไปแทนที่อากาศขาเข้าชุดคอนเดนเซอร์

(4) นำความร้อนทิ้งจากคอนเดนเซอร์กลับมาใช้ประโยชน์ เช่น นำมาอุ่นน้ำบ่อนหมอน้ำ นำมาอุ่นอากาศสำหรับใช้อบหรือให้ความร้อน นำมาอุ่นน้ำหรือสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการล้างชิ้นงาน เป็นต้น

2.5.5 หน่วยผลิตน้ำ

1) การจัดการ

(1) ระบบผลิตน้ำที่ใช้อัตราแรงดันสูง เช่น หน่วยผลิตน้ำรีเวอร์สออสโมซิส (Reverse Osmosis, RO) สำหรับท่อและข้อต่อที่ติดตั้งในแนวตั้งหรือแนวตั้งและในแนวราบหรือแนวระดับ ต้องอยู่ในระนาบเดียวกัน เพื่อไม่ให้เกิดการรั่วของข้อต่อที่อาจก่อให้เกิดการรั่วซึมได้

(2) การตรวจเช็คความดันขาเข้าและขาออก ของหน่วยผลิตน้ำรีเวอร์สออสโมซิส การตก ของความดัน (pressure drop) ขาออกจะทำให้เกิดแรงดันน้ำสูงในไส้เมมเบรน (ไส้เมมเบรนอุดตัน) ต้องทำการล้างเมมเบรนเพื่อยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ในระบบผลิตน้ำ RO อีกทั้งยังช่วยรักษา คุณภาพของน้ำ RO ที่ผลิตได้

(3) น้ำทิ้งจากระบบผลิตน้ำรีเวอร์สออสโมซิส (Reverse Osmosis, RO) สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ ได้ เช่น รดน้ำต้นไม้ น้ำใช้ในห้องน้ำ น้ำล้างพื้น ฯลฯ

2) เทคนิค

(1) ติดตั้งระบบนำน้ำกลับมาใช้งานในระบบต่างๆ เช่น นำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วหรือติดตั้งระบบรีเวอร์สออสโมซิสเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำเสีย ให้สามารถนำกลับมาใช้งานได้

2.5.6 การใช้พลังงานไฟฟ้าของสำนักงานและระบบอื่นๆ

1) การจัดการ

(1) เลือกใช้ประเภทของหลอดไฟให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งาน เช่น ห้องทำงาน อาคารผลิต คลังสินค้า ทางเดินหรือถนนในเวลาากลางคืน

(2) เลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ประหยัดพลังงาน เช่น หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ (หลอดตะเกียบ) ที่มีฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 โคมไฟฟ้าชนิดรีแฟคเตอร์ โทรสาร (Fax)

บัลลาสอิเล็กทรอนิกส์ จอภาพแบบ LCD เครื่องพิมพ์ (Printer) เครื่องถ่ายเอกสารที่มีระบบประหยัดพลังงานหรือมีสัญลักษณ์ “Energy star”

(3) กำหนดมาตรการการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เช่น ตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้า ทุกๆ 6 เดือน

(4) ผนวกรวมและฝึกอบรมให้บุคลากรมีความตระหนัก ถึงการใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัด การปฏิบัติงานที่เหมาะสมและถูกวิธี เช่น ไม่เสียบปลั๊กเครื่องใช้ไฟฟ้า (เครื่องถ่ายเอกสาร จอภาพ เครื่องพิมพ์) ทิ้งไว้ นำอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เป็นแหล่งกำเนิดความร้อน เช่น กระจกน้ำร้อน เครื่องถ่าย เอกสาร ออกนอกห้องปรับอากาศ เป็นต้น

(5) เตรียมพร้อมในการซ่อมแซมอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ไฟฟ้า

2) เทคนิค

(1) ติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าเพื่อปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

(2) ปรับแรงดันด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าให้เหมาะสม โดยปรับลดแรงดันไฟฟ้าที่หม้อแปลงเพื่อให้ระดับแรงดันไฟฟ้าปลายทางยังอยู่ในระดับที่เหมาะสมกับพิกัดของอุปกรณ์ปลายทาง และเครื่องจักรยังสามารถทำงานได้ปกติ

(3) ใช้อุปกรณ์ควบคุมค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (Demand controller) เพื่อควบคุมค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด สำหรับโรงงานที่ต้องเดินเครื่องจักรเฉพาะเวลากลางวัน

(4) ใช้ระบบควบคุมตัวประกอบกำลังแบบอัตโนมัติ สำหรับแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังมีความเหมาะสม กับอุปกรณ์ที่ต้องการกำลังไฟฟ้ายืดหยุ่นที่ไม่คงที่

(5) ใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพประมาณร้อยละ 90 ในช่วงภาระงาน (Load) ที่กว้างคือตั้งแต่ร้อยละ 70 - 130 ของพิกัด (Rated load) ในขณะที่มอเตอร์มาตรฐานนั้นจะมีค่าประสิทธิภาพดีที่สุดประมาณร้อยละ 82 ในช่วงภาระงานแบบๆ คือร้อยละ 50 - 60 ของพิกัด เท่านั้น

(6) ติดตั้งอินเวอร์เตอร์เพื่อควบคุมความเร็วรอบในปั๊มน้ำหรือพัดลม (Blower) สำหรับกรณีที่มีภาระการใช้งานเปลี่ยนแปลงสูงต่ำอยู่ตลอดเวลา

(7) ติดตั้งเครื่องเร่งระเหยไอก๊าซแบบน้ำร้อนหมุนเวียน ร่วมกับการใช้เครื่องเร่งระเหยไอก๊าซแบบน้ำร้อนไม่หมุนเวียน ซึ่งใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้าผลิตน้ำร้อน

2.5.7 การใช้น้ำของสำนักงานและระบบอื่นๆ

1) การจัดการ

(1) ติดตั้งมาตรวัดน้ำในแต่ละจุดจ่ายน้ำ เช่น สำนักงานกระบวนการล้างชิ้นงาน ระบบหล่อเย็น ฯลฯ เพื่อเก็บข้อมูลตรวจสอบอัตราการใช้น้ำ

(2) ซ่อมแซมจุดที่รั่วไหลต่างๆ และหมั่นตรวจสอบการรั่วไหลของน้ำตามจุดต่างๆ รวมทั้งการตรวจระบบซ่อมบำรุงอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำ

(3) อบรมให้ความรู้ วัฒนธรรมการสร้างจิตสำนึกให้แก่พนักงานเกี่ยวกับการใช้น้ำ

2) เทคนิค

(1) เลือกใช้อุปกรณ์ประหยัดน้ำ เช่น ก๊อกน้ำ หรือโถสุขภัณฑ์ที่ได้รับฉลากเขียว เป็นต้น

2.5.8 การใช้พลังงานความร้อน

1) การจัดการ

(1) การติดตั้งมาตรวัดการใช้เชื้อเพลิง ในการจดข้อมูลส่วนใหญ่จะมีความผิดพลาด เนื่องจากการวัดการใช้เชื้อเพลิงจากถังเก็บน้ำมันที่มีขนาดใหญ่ รวมถึงระดับอ้างอิง ปริมาณการใช้ของตัวถังเก็บซึ่งส่วนใหญ่ไม่ละเอียด ทำให้ค่าที่อ่านได้ไม่ถูกต้อง ดังนั้นควรมีการปรับความละเอียดในการอ่านค่าปริมาณการใช้น้ำมัน

(2) การเพิ่มอุณหภูมิน้ำป้อนหม้อไอน้ำ จะช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำ

(3) การไล่ไอน้ำที่ค้างในท่อไอน้ำหลังจากที่เริ่มเดินระบบหม้อไอน้ำแล้วออกให้หมด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของไอน้ำ

(4) การปรับอัตราส่วนการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ เพื่อช่วยลดการใช้เชื้อเพลิง

(5) การกำหนดเวลาเปิด - ปิดหม้อไอน้ำ การลดเวลาการใช้งานหม้อไอน้ำ ส่งผลให้สามารถประหยัดพลังงานและลดการใช้เชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำ

(6) การหุ้มฉนวนกันความร้อนที่ท่อส่งจ่ายไอน้ำ เพื่อป้องกันการสูญเสียพลังงานความร้อนโดยไม่จำเป็น

(7) การสำรวจและตรวจสอบสภาพของอุปกรณ์กับดักไอน้ำ (Steam trap) อย่างสม่ำเสมอและดำเนินการซ่อมแซมอุปกรณ์ดักไอน้ำที่ชำรุด เพื่อลดการสูญเสียไอน้ำ

และช่วยประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไอน้ำของโรงงาน

(8) การตรวจสอบตำแหน่งที่มีการรั่วของไอน้ำ และดำเนินการปรับปรุงซ่อมแซมตำแหน่งการรั่วไหลของไอน้ำตามจุดต่างๆ เพื่อป้องกันการรั่วไหลของไอน้ำภายในโรงงาน

2) เทคนิค

(1) การนำความร้อนทิ้งจากไอเสียของหม้อน้ำมาถ่ายเทให้กับน้ำมันเตาก่อนที่จะป้อนเข้าสู่หัวฉีดน้ำมันเตาของหม้อน้ำ เพื่อลดปริมาณการใช้ไฟฟ้า และช่วยลดอุณหภูมิของไอเสียก่อนปล่อยสู่บรรยากาศ

(2) การนำน้ำคอนเดนเสทมาอุ่นน้ำป้อนหม้อไอน้ำ ช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลง โดยจะนำน้ำคอนเดนเสทมาผสมกับน้ำป้อนหม้อไอน้ำ ทำให้น้ำป้อนมีอุณหภูมิสูงขึ้น

บทที่ 3

การประยุกต์วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษไปปฏิบัติใช้

บทนี้จะนำเสนอกรณีศึกษาการประยุกต์วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษไปปฏิบัติใช้จริง ณ โรงงานนาร่องเพื่อให้ผู้ประกอบการได้รับการถ่ายทอดแนวคิดและประสบการณ์ของการนำวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษไปปฏิบัติจริงในสถานประกอบการแต่ละแห่ง เนื้อหาในแต่ละกรณีศึกษาประกอบด้วย รายละเอียดแนวคิดของวิธีการ สภาพปัจจุบันด้านข้อมูลการใช้ทรัพยากรที่เกี่ยวข้อง สภาพการดำเนินการ การคำนวณ ออกแบบ จัดซื้อ และติดตั้งอุปกรณ์ พร้อมทั้งการตรวจวัดและวิเคราะห์ผล นอกจากนี้ ยังได้เปรียบเทียบปริมาณการใช้ทรัพยากรก่อนและหลังการปฏิบัติ ประโยชน์ที่ได้รับทั้งทางด้านเทคนิค (การใช้พลังงาน ทรัพยากร สารเคมีที่ลดลง) เศรษฐศาสตร์ (ค่าใช้จ่ายลดลงหรือกำไรเพิ่มขึ้น และความคุ้มค่าในการลงทุน) และสิ่งแวดล้อม (ศักยภาพการลดการปล่อยมลพิษหรือของเสีย) วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษที่นำไปปฏิบัติจริง ณ โรงงานนาร่องทั้ง 11 โรงงาน มีทั้งสิ้น 22 วิธีการ โดยผลสรุปของการนำวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษที่นำไปปฏิบัติจริงที่นำเสนอในเล่มนี้แสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ผลสรุปของการนำวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษที่นำไปปฏิบัติจริงและผลที่ได้รับจริง

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ	เงินลงทุน (บาท)	ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ (บาทต่อปี)	ระยะเวลา คืนทุน (ปี)	CO ₂ เทียบเท่า ที่ลดได้ (กิโล กรัม CO ₂ eq. ต่อปี)
1 การเปลี่ยนเครื่องเติมน้ำเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์*	1,200,000	1,742,649.85	8 เดือน 7 วัน	-
2 การลดปริมาณของเสียหล่นจากสายพานลำเลียง	100,000	212,932.80	5 เดือน 19 วัน	1,625.39
3 การติดตั้งผลิตภัณฑ์ต่างท่อมาบรรจุใหม่	75,000	1,323,000.00	20 วัน	45,569.94
4 การเปลี่ยนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง	391,500	71,803.97	5 ปี 5 เดือน 12 วัน	9,546.49
5 การลดเวลาการใช้ และลดพื้นที่ปรับอากาศ	35,800	241,803.79	1 เดือน 23 วัน	31,234.55
6 การติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบปั๊มน้ำ RO	318,200	160,946.36	1 ปี 11 เดือน 21 วัน	21,863.34
7 การปรับปรุงสายพานลำเลียงเพื่อลดการใช้อากาศอัดเป่าชิ้นงาน	-	66,665.32	คืนทุนทันที	8,373.36
8 การปรับปรุงท่อส่งจ่ายอากาศอัด	20,000	156,652.80	1 เดือน 15 วัน	19,676.06
9 การติดตั้งฉนวนหลังคา	120,000	243,726.92	5 เดือน 27 วัน	29,288.24
10 การติดตั้ง Pressure regulator เพื่อลดแรงดันลมเป่า	8,000	5,425.06	1 ปี 5 เดือน 20 วัน	655.07
11 การเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า	4,176,000	576,158.83	7 ปี 2 เดือน 29 วัน	69,570.48
12 การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่าง	262,500	669,060.00	4 เดือน 21 วัน	94,481.10

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ	เงินลงทุน (บาท)	ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ (บาทต่อปี)	ระยะเวลา คืนทุน (ปี)	CO ₂ เทียบเท่า ที่ลดได้ (กิโล กรัม CO ₂ eq. ต่อปี)
13 การติดตั้ง Air Blower แทนการใช้ อากาศอัดในการเป่าแห้งขวด	110,000	89,770.01	1 ปี 2 เดือน 21 วัน	12,676.84
14 การลดอุณหภูมิขาเข้าเครื่องอัด อากาศ	15,000	43,996.45	4 เดือน 2 วัน	6,212.95
15 การเปลี่ยนรถโฟล์คลิฟท์ ประสิทธิภาพสูง	750,000	215,280.00	3 ปี 5 เดือน 24 วัน	26,810.11
16 การหุ้มฉนวนกันความร้อนท่อส่งจ่าย ไอน้ำ	10,000	7,857.51	1 ปี 3 เดือน 8 วัน	809.22
17 การซ่อมแซมการรั่วไหลไอน้ำ	10,000	186,759.94	19 วัน	241,135.19
18 การลดการ Blowdown	-	23,980.73	คืนทุนทันที	30,962.74
19 การปรับปรุงประสิทธิภาพหม้อน้ำ	315,400	3,598,058.88	1 เดือน 1 วัน	2,410,131.34
20 การลดปริมาณการใช้น้ำในการล้าง ทำความสะอาด	7,200	115,020.00	22 วัน	4,461.40
21 การนำน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิต spent less มาเป็นน้ำ make up	20,000	284,040.00	25 วัน	53,989.20
22 การซ่อมแซมระบบท่อไอน้ำ	50,000	227,223.36	2 เดือน 19 วัน	26,259.21
รวม	7,994,600	10,262,813		3,145,336

*ไม่พิจารณาการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่ลดลงเนื่องจากการเพิ่มประสิทธิภาพด้านคุณภาพในการผลิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งไม่ส่งผลให้ปริมาณผลิตภัณฑ์เพิ่มหรือลดลง

สำหรับเนื้อหาในบทนี้นำเสนอวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ
ที่นำไปปฏิบัติจริง ณ โรงงานนำร่องที่แตกต่างกัน

3.1 กรณีศึกษาเรื่อง การเปลี่ยนเครื่องเติมน้ำเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์

1) ข้อมูลการใช้งานและประเด็นปัญหา

เนื่องจากผลิตภัณฑ์ของโรงงาน มีความจำเป็นต้องควบคุมความชื้น เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของสินค้าตามคุณภาพของสินค้า ซึ่งเปอร์เซ็นต์ความชื้นของสินค้าถือเป็นตัวแปรสำคัญปัจจัยหนึ่ง จากการเข้าสำรวจไลน์การผลิตพบว่าในกระบวนการผลิตมีการปรับความชื้นวัตถุดิบ เพื่อควบคุมคุณภาพของผลผลิต โดยใช้เครื่องเติมน้ำซึ่งมีอายุการใช้งานนาน ทำให้เกิดการปรับความชื้นที่ไม่เหมาะสม ซึ่งจะทำให้คุณภาพของผลผลิตลดลง

2) แนวทางการปรับปรุง/การเพิ่มประสิทธิภาพ

ดำเนินการเปลี่ยนเครื่องเติมน้ำที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งมีการออกแบบโดยใช้เทคโนโลยีการพ่นน้ำและมีวงจรควบคุมปริมาณน้ำและเครื่องวัดความชื้นที่แม่นยำ ทำให้สามารถปรับอัตราการเติมน้ำและควบคุมความชื้นที่เหมาะสมกับวัตถุดิบ ทำให้ปริมาณสินค้าที่ผลิตได้คุณภาพดีขึ้น มีปริมาณมากขึ้น

3) รายการคำนวณผลประโยชน์ที่ได้รับ

ผลประโยชน์ที่ได้รับจะเป็นการเปรียบเทียบการเก็บข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุง สำหรับรายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข.1

ข้อมูลก่อนปรับปรุง

ปริมาณการผลิตต่อวัน	= 102,297.00	กิโลกรัมต่อวัน
มูลค่าผลิตภัณฑ์	= 18.20	บาทต่อกิโลกรัม
มูลค่าผลิตภัณฑ์ต่อปี	= 580,883,284.80	บาทต่อปี

ข้อมูลหลังปรับปรุง

ปริมาณการผลิตต่อวัน	= 102,603.89	กิโลกรัมต่อปี
มูลค่าผลิตภัณฑ์	= 18.2	บาทต่อตัน
มูลค่าผลิตภัณฑ์ต่อปี	= 582,625,928.98	บาทต่อปี

ผลประโยชน์

ผลประโยชน์ด้านเทคนิค

ปริมาณผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น	= 102,603.89 - 102,297.00	กิโลกรัมต่อวัน
	= 306.89	กิโลกรัมต่อวัน

	= 95,749.68	กิโลกรัมต่อปี
ผลประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์		
มูลค่าผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น	= 1,742,649.85	บาทต่อปี
เงินลงทุน	= 1,200,000.00	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	= 1 ปี 7 เดือน 25 วัน	
ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม		
ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลง*	ไม่มี (เนื่องจากการเป็นการเพิ่มผลผลิต)	

*ไม่พิจารณาการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่ลดลงเนื่องจากการเพิ่มประสิทธิภาพด้านคุณภาพในการผลิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งไม่ส่งผลให้ปริมาณผลิตภัณฑ์เพิ่มหรือลดลง



เครื่องเติมน้ำเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์

ภาพที่ 3.1 การดำเนินการมาตรการเปลี่ยนเครื่องเติมน้ำเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์

3.2 กรณีศึกษาเรื่อง การลดปริมาณของเสียหล่นจากสายพานลำเลียง

1) ข้อมูลการใช้งานและประเด็นปัญหา

จากการเข้าสำรวจไลน์การผลิตพบว่าในไลน์การผลิตมีของเสียจากสาเหตุเศษสับปะรดหล่นพื้น เนื่องจากขนาดของสายพานค่อนข้างเล็ก และ บางกระบวนการมีคอขวดในระบบ ทำให้เกิดการสูญเสีย รวมถึง ถาดรองกันตก มีขนาดไม่เหมาะสม ทำให้เกิดของเสียหล่นจากสายพานคิดเป็นปริมาณ 5,225.60 กิโลกรัมต่อปี ซึ่งถือว่าเป็นมูลค่าค่อนข้างสูง

2) แนวทางการปรับปรุง/การเพิ่มประสิทธิภาพ

ปรับปรุงระบบลำเลียงสับปะรดโดยทำปีกกันตก รวมถึง จัดทำถาดรองกันตกขนาดใหญ่ขึ้น ป้องกันสับปะรดหล่นจากสายพานลำเลียงได้ สามารถช่วยเพิ่มมูลค่าผลผลิตและลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสียจากกระบวนการผลิตได้

3) รายการคำนวณผลประโยชน์ที่ได้รับ

ผลประโยชน์ที่ได้รับจะเป็นการเปรียบเทียบการเก็บข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุงสำหรับรายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข.2

ข้อมูลก่อนปรับปรุง

ปริมาณสับปะรดหล่น	= 5,225.60	กิโลกรัมต่อปี
มูลค่าผลิตภัณฑ์	= 42.93	บาทต่อกิโลกรัม
มูลค่าสับปะรดหล่น	= 224,335.01	บาทต่อปี

ข้อมูลหลังปรับปรุง

ปริมาณสับปะรดหล่น	= 265.60	กิโลกรัมต่อปี
มูลค่าผลิตภัณฑ์	= 42.93	บาทต่อดัน
มูลค่าสับปะรดหล่น	= 11,402.21	บาทต่อปี

ผลประโยชน์**ผลประโยชน์ด้านเทคนิค**

ปริมาณของเสียลดลง	= 5,225.60 - 265.60	กิโลกรัมต่อปี
	= 4,960.00	กิโลกรัมต่อปี

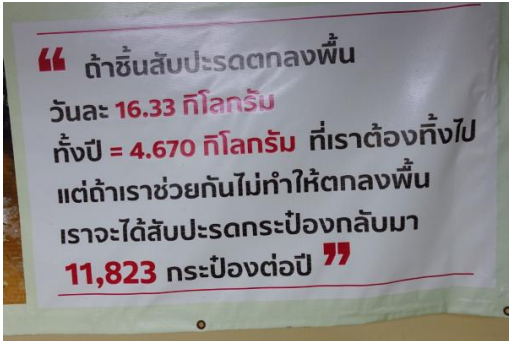
ผลประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์

มูลค่าสับปะรดหล่นที่ประหยัดได้	= 212,932.80	บาทต่อปี
เงินลงทุน	= 100,000.00	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	= 100,000.00/212,932.80	
	= 5 เดือน 19 วัน	

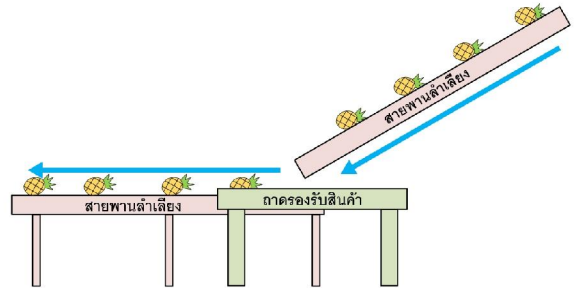
ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

ค่า Emission factor (EF) ของวัตถุดิบสับปะรด	= 0.3277	kgCO ₂ eq ต่อkg
---	----------	----------------------------

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลง = 1,625.39 kgCO₂eq ต่อปี



สถิติของเสียจากการตรวจวัด



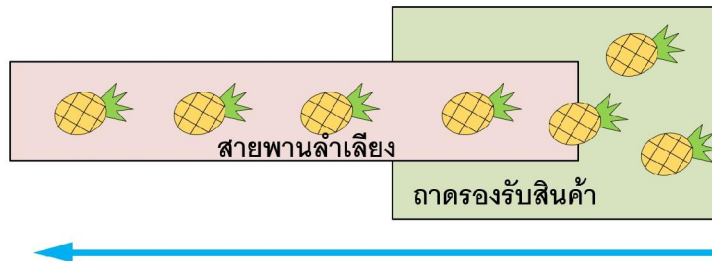
การปรับปรุงระบบลำเลียงเพื่อลดของเสีย



ของเสียหล่นจากสายพานลำเลียง



ทำปึกกันตกและถาดรองรับสินค้ามีขนาดใหญ่ขึ้น



ภาพที่ 3.2 การดำเนินมาตรการปรับปรุงสายพานลำเลียงเพื่อลดของเสีย

3.3 กรณีศึกษาเรื่อง การดึงผลิตภัณฑ์ค้างท่อมาบรรจุใหม่

1) ข้อมูลการใช้งานและประเด็นปัญหา

จากการเข้าสำรวจกระบวนการผลิตพบว่า มีผลิตภัณฑ์ค้างท่อ เนื่องจากหลังจากบรรจุผลิตภัณฑ์แล้วไม่มีการไล่ผลิตภัณฑ์ที่ค้างท่อเข้าเครื่องบรรจุ ก่อนฆ่าเชื้อทำความสะอาดท่อ (CIP) ไลน์ผลิต ทำให้เกิดการสูญเสียผลิตภัณฑ์ คิดเป็นปริมาณ 14,700.00 ลิตรต่อปี และมีการใช้น้ำในการ CIP ไลน์ผลิตค่อนข้างมาก หากลดปริมาณผลิตภัณฑ์ค้างท่อได้ สามารถลดปริมาณการใช้น้ำในการ CIP ไลน์ผลิตได้

2) แนวทางการปรับปรุง/การเพิ่มประสิทธิภาพ

ดำเนินการติดตั้ง Ball Pump ในการไล่ผลิตภัณฑ์ค้างท่อเข้าเครื่องบรรจุ ก่อน CIP ไลน์ผลิต ทำให้สามารถลดของเสียที่เป็นผลิตภัณฑ์ค้างท่อได้ และสามารถลดปริมาณการใช้น้ำในการ CIP ไลน์ผลิตได้มาก

3) รายการคำนวณผลประโยชน์ที่ได้รับ

ผลประโยชน์ที่ได้รับจะเป็นการเปรียบเทียบการเก็บข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุง สำหรับรายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข.3

ข้อมูลก่อนปรับปรุง

ปริมาณผลิตภัณฑ์ค้างท่อ ก่อนปรับปรุง ตรวจวัด	=	14,700.00	ลิตรต่อปี
ค่าผลิตภัณฑ์ที่สูญเสีย (100 บาทต่อลิตร)	=	1,470,000.00	บาทต่อปี
ปริมาณน้ำในการ CIP ไลน์ผลิต	=	360.00	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
ค่าน้ำ (25 บาทต่อลบ.ม.)*	=	9,000.00	บาทต่อปี

ข้อมูลหลังปรับปรุง

ปริมาณผลิตภัณฑ์ค้างท่อ หลังปรับปรุง ตรวจวัด	=	1,470.00	ลิตรต่อปี
ค่าผลิตภัณฑ์ที่สูญเสีย (100 บาทต่อลิตร)	=	147,000.00	บาทต่อปี
ปริมาณน้ำในการ CIP ไลน์ผลิต	=	255.00	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
ค่าน้ำ (25 บาทต่อลบ.ม.)*	=	6,375.00	บาทต่อปี

ผลประโยชน์

ผลประโยชน์ด้านเทคนิค

การลดผลิตภัณฑ์ค้างท่อ สามารถลดการสูญเสียผลิตภัณฑ์ค้างท่อได้ 90.00 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณผลิตภัณฑ์ค้างท่อที่ดึงกลับมาได้	=	14,700.00 - 1,470.00	
	=	13,230.00	ลิตรต่อปี

คิดเป็นผลประหยัดของผลิตภัณฑ์ที่ได้รับระยะ	=	90.00	
การลดการใช้น้ำในการ CIP โหลน์ผลิต สามารถลดการใช้น้ำได้		29.17	เปอร์เซ็นต์
ปริมาณน้ำในการ CIP โหลน์ผลิตที่ลดลง	=	360.00 - 255.00	
	=	105.00	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
คิดเป็นผลประหยัดน้ำที่ได้รับระยะ	=	29.17	
ผลประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์			
มูลค่าผลิตภัณฑ์เฉลี่ย	=	100.00	บาทต่อลิตร
มูลค่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการตั้งผลิตภัณฑ์ค้างท่อ	=	13,230.00 × 100.00	
	=	1,323,000.00	บาทต่อปี
ค่าน้ำเฉลี่ย	=	25.00	บาทต่อลบ.ม.
ค่าน้ำที่ลดลง	=	105.00 × 25.00	
มูลค่าน้ำที่ได้จากการตั้งผลิตภัณฑ์ค้างท่อ	=	2,625.00	บาทต่อปี
เงินลงทุน	=	75,000.00	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	75,000.00 / 1,323,000.00	
	=	20 วัน	

ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยลดลง = 16,481.88 กิโลกรัม CO₂eq ต่อปี

(ค่า EF ของผลิตภัณฑ์ = 1.2381 kgCO₂eq/kg)

(ค่า EF ของน้ำ = 0.9697 kgCO₂eq/ลบ.ม.)

*ข้อมูลจากฝ่ายผลิตของโรงงาน



การติดตั้ง Ball Pump



การไล่ผลิตภัณฑ์ค้างท่อเข้าเครื่องบรรจุ

ภาพที่ 3.3 การดำเนินมาตรการลดการตั้งผลิตภัณฑ์ค้างท่อมาบรรจุใหม่

3.4 กรณีศึกษาเรื่อง การเปลี่ยนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

1) ข้อมูลการใช้งานและประเด็นปัญหา

จากการสำรวจกระบวนการผลิตในโรงงาน พบว่าใช้มีการใช้งานมอเตอร์ปั้มน้ำ ขนาด 30 kW จำนวน 2 ชุด และขนาด 7.5 kW จำนวน 2 ชุด เปิดใช้งานตลอดเวลา 24 ชั่วโมง/วัน 312 วัน/ปี เนื่องจากมอเตอร์ มีอายุการใช้งานมานานมากกว่า 30 ปี ดังนั้น ส่วนต่างๆของปั้มน้ำและมอเตอร์ เช่น ซีลและแกนเพลามอเตอร์ จึงเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งาน ทำให้ประสิทธิภาพลดลง และเป็นการสิ้นเปลืองพลังงาน

2) แนวทางการปรับปรุง/การเพิ่มประสิทธิภาพ

อุปกรณ์ที่มีการใช้งานมานาน ย่อมมีการชำรุด สึกหรือ อีกทั้งอุปกรณ์รุ่นใหม่จะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า โดยมอเตอร์รุ่นใหม่ประสิทธิภาพสูง จะมีการออกแบบให้มีการสูญเสียในแกนเหล็กลดลง รวมถึงเลือกใช้ขดลวดทองแดงที่มีประสิทธิภาพดีขึ้น รวมถึงเลือกใช้ตลับลูกปืนที่มีค่าความเสียดทานน้อยลง ดังนั้นการเปลี่ยนมอเตอร์เป็นรุ่นใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นย่อมลดการใช้พลังงานและค่าซ่อมบำรุง จึงพิจารณาเปลี่ยนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง ขนาด 30 kW 2 ชุด และ 7.5kW 2 ชุด พบว่าสามารถลดพลังงานไฟฟ้าในมอเตอร์ลงได้

3) รายการคำนวณผลประโยชน์ที่ได้รับ

ผลประโยชน์ที่ได้รับจะเป็นการเปรียบเทียบการเก็บข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุง สำหรับรายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข.4

ข้อมูลก่อนปรับปรุง

จำนวน มอเตอร์ขนาด 30 kW	=	2	ชุด
ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในระบบมอเตอร์	=	441,504.00	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
ค่าไฟฟ้า (3.76 บาท/หน่วย)	=	1,660,055.04	บาทต่อปี
จำนวน มอเตอร์ขนาด 7.5 kW	=	2	ชุด
ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในระบบมอเตอร์	=	110,025.60	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
ค่าไฟฟ้า (3.76 บาท/หน่วย)	=	413,696.26	บาทต่อปี

ข้อมูลหลังปรับปรุง

จำนวน มอเตอร์ขนาด 30 kW	=	2	ชุด
ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในระบบมอเตอร์	=	429,940.80	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
ค่าไฟฟ้า (3.76 บาท/หน่วย)	=	1,616,577.41	บาทต่อปี
จำนวน มอเตอร์ขนาด 7.5 kW	=	2	ชุด

ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในระบบมอเตอร์	=	102,492.00	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
ค่าไฟฟ้า (3.76 บาท/หน่วย)	=	385,369.92	บาทต่อปี

ผลประโยชน์

ผลประโยชน์ด้านเทคนิค

การเปลี่ยนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง สามารถลดการใช้พลังงานได้ 3.5 เปอร์เซ็นต์

พลังงานไฟฟ้าลดลง	=	19,096.80	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
------------------	---	-----------	------------------------

ผลประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์

ค่าไฟฟ้าที่ลดลง	=	71,803.97	บาทต่อปี
-----------------	---	-----------	----------

เงินลงทุน	=	391,500.00	บาท
-----------	---	------------	-----

ระยะเวลาคืนทุน	=	391,500.00 / 71,803.97	
----------------	---	------------------------	--

= 5 ปี 5 เดือน 12 วัน

ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยลดลง	=	9,546.49	กิโลกรัม CO ₂ eq ต่อปี
---	---	----------	-----------------------------------

(ค่า Emission factor ของไฟฟ้า = 0.4999 กิโลกรัม CO₂eq ต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)



มอเตอร์มาตรฐาน



มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง



ตรวจวัดพลังไฟฟ้า

ภาพที่ 3.4 การดำเนินการมาตรการเปลี่ยนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

3.5 กรณีศึกษาเรื่อง การลดเวลาการใช้ และลดพื้นที่ปรับอากาศ

1) ข้อมูลการใช้งานและประเด็นปัญหา

ในห้องผสมวัตถุดิบมีการใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 48,000 บีทียู จำนวน 3 เครื่อง โดยมีการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ 24 ชั่วโมงต่อวัน 300 วันต่อปี พบว่าเครื่องปรับอากาศมีภาระการทำงานสูง เนื่องจากมีการใช้ไอน้ำในการให้ความร้อนในการผสมวัตถุดิบ ซึ่งหากทำการแบ่งพื้นที่ในการปรับอากาศเฉพาะส่วนที่พนักงานทำงาน จะลดเวลาการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศและจำนวนจำนวนเครื่องปรับอากาศได้

2) แนวทางการปรับปรุง/การเพิ่มประสิทธิภาพ

สำรวจและตรวจสอบแผนผังพื้นที่ห้องผสมวัตถุดิบของโรงงาน ภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศภายในห้อง และทำการกันห้องจัดแบ่งพื้นที่ปรับอากาศ โดยดำเนินการติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาด 9,000 Btu เพื่อลดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ สามารถช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 62,481.60 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี และสามารถลดต้นทุนค่าไฟฟ้าในการผลิตลงได้ 241,803.79 บาทต่อปี

3) รายการคำนวณผลประโยชน์ที่ได้รับ

ผลประโยชน์ที่ได้รับจะเป็นการเปรียบเทียบการเก็บข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุง สำหรับรายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข.5

ข้อมูลก่อนปรับปรุง

ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ก่อนปรับปรุง	=	87,480.00	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
ค่าไฟฟ้า (3.87 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)	=	338,547.60	บาทต่อปี

ข้อมูลหลังปรับปรุง

ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้หลังปรับปรุง	=	24,998.40	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
ค่าไฟฟ้า (3.87 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)	=	96,743.81	บาทต่อปี

ผลประโยชน์

ผลประโยชน์ด้านเทคนิค

การลดเวลาการใช้ และลดพื้นที่ปรับอากาศ สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 71.42 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	=	87,480.00 - 24,998.40	
	=	62,481.60	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
คิดเป็นผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ร้อยละ	=	71.42	

ผลประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์

ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	= 3.87	บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง
ค่าไฟฟ้าที่ลดลง	= 62,481.60 x 3.87	
	= 241,803.79	บาทต่อปี
เงินลงทุน	= 35,800.00	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	= 35,800.00 / 241,803.79	
	= 1 เดือน 23 วัน	

ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยลดลง	= 31,234.55	กิโลกรัม CO ₂ eq ต่อปี
(ค่า Emission factor ของไฟฟ้า = 0.4999 กิโลกรัม CO ₂ eq ต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)		



คอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศ



การกันห้องจัดแบ่งพื้นที่ปรับอากาศ



การตรวจวัด



คอยล์ร้อนของเครื่องปรับอากาศ

ภาพที่ 3.5 การดำเนินมาตรการการลดเวลาการใช้ และลดพื้นที่ปรับอากาศ

3.6 กรณีศึกษาเรื่อง การติดอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบปั้มน้ำ RO

1) ข้อมูลการใช้งานและประเด็นปัญหา

มอเตอร์ปั้มน้ำของระบบปั้มน้ำ RO พบว่า มีการติดตั้งปั้มน้ำขนาดค่อนข้างใหญ่กว่าความต้องการใช้งานจริง ซึ่งตัวแปรที่เกี่ยวข้องในระบบปั้มน้ำ จะเป็นเหตุหรือความดันและอัตราการไหล โดยหลักการควบคุมระบบปั้มน้ำ จะใช้วิธีการปรับอัตราการไหลเพื่อควบคุมปริมาณของของไหลในกระบวนการต่างๆ หรือการควบคุมความดันภายในท่อส่งให้เหมาะสมกับการใช้งาน โดยการปรับเปลี่ยนนี้ จะอยู่ในทิศทางที่เพิ่มหรือลดอัตราการไหลของของไหลในท่อส่ง ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับ ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่มีการกำหนดจากค่าออกแบบ (Design Point) และ ค่าปรับตั้ง (Set Point) ที่ต้องการ โดยจากการสำรวจและตรวจวัดพบว่าในระบบปั้มน้ำ RO ของโรงงานมีการใช้ปั้มน้ำขนาด 37 กิโลวัตต์ จำนวน 2 ชุด โดยทำการเปิดใช้งานสลับกันวันละ 24 ชั่วโมงต่อวัน จำนวนวันทำงาน 330 วันต่อปี คิดเป็นการใช้พลังงาน 139,709 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี คิดเป็นเงิน 514,128.38 บาทต่อปี จึงทำการศึกษาถึงแนวทางการลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าโดยติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบปั้มน้ำ

2) แนวทางการปรับปรุง/การเพิ่มประสิทธิภาพ

ระบบปั้มน้ำ RO มีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าเนื่องจากการออกแบบปั้มน้ำที่แรงดัน 20 บาร์ 34 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง แต่จากการสำรวจพบว่ามีความต้องการใช้งานที่ 30 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จึงได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบของปั้มน้ำ ทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้ และเมื่อตรวจสอบการใช้พลังงานหลังปรับปรุง พบว่าสามารถลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 43,735.42 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี คิดเป็นต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้า 160,946.36 บาทต่อปี

3) รายการคำนวณผลประโยชน์ที่ได้รับ

ผลประโยชน์ที่ได้รับจะเป็นการเปรียบเทียบการเก็บข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุงสำหรับรายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข.6

ข้อมูลก่อนปรับปรุง

แรงดันใช้งาน	=	20	บาร์
อัตราการไหล	=	34	ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	=	139,708.80	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
ค่าไฟฟ้า (3.68 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)*	=	514,128.38	บาทต่อปี

ข้อมูลหลังปรับปรุง

อัตราการไหล	=	30	ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	=	95,973.38	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
ค่าไฟฟ้า (3.68 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)	=	353,182.03	บาทต่อปี

ผลประโยชน์

ผลประโยชน์ด้านเทคนิค

การติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบปั้มน้ำระบบ RO จะทำให้สามารถลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าได้ โดยการปรับความถี่ของพลังงานไฟฟ้าที่เข้าในระบบปั้มน้ำ สามารถลดการใช้พลังงานได้

ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	43,735.42	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
คิดเป็นผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบได้ร้อยละ	=	31.3	

ผลประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์

ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง	=	160,946.36	บาทต่อปี
เงินลงทุน	=	318,200.00	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	318,200.00 / 160,946.36	
	=	1 ปี 11 เดือน 21 วัน	

ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยลดลง	=	21,863.3	กิโลกรัม CO ₂ eq ต่อปี
---	---	----------	-----------------------------------

(ค่า Emission factor ของไฟฟ้า = 0.4999 กิโลกรัม CO₂eq ต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)

*ข้อมูลจากฝ่ายผลิตของโรงงาน



ระบบปั้มน้ำ RO



การตรวจวัดอัตราการไหล



การตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าปั๊ม RO



อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบ

ภาพที่ 3.6 การดำเนินมาตรการติดอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบปั๊มน้ำ RO

3.7 กรณีศึกษาเรื่อง การปรับปรุงสายพานลำเลียงเพื่อลดการใช้อากาศอัดเป่าชิ้นงาน

1) ข้อมูลการใช้งานและประเด็นปัญหา

ในกระบวนการผลิตมีการใช้สายพานลำเลียง ในการขนส่งกระป๋องไปยัง กระบวนการฆ่าเชื้อ เนื่องจากระดับของสายพานไม่ได้ระดับ ทำให้พนักงานต้องใช้อากาศอัด ในการเป่ากระป๋องเพื่อให้สามารถเคลื่อนที่ไปสู่กระบวนการต่อไปได้ เนื่องจากขนาด ของกระป๋องมีขนาดใหญ่ ทำให้ต้องใช้อากาศอัดที่มีรูปร่างขนาดใหญ่ และใช้แรงดันค่อนข้างสูง โดยพบว่า มีการใช้อากาศอัดต่อท่อลมขนาด 6 มิลลิเมตร แรงดันลม 6 บาร์ เป่าไปยังกระป๋อง บนสายพานลำเลียง เพื่อช่วยในการผลักกระป๋องให้เคลื่อนที่ไปตามสายพานลำเลียง เพื่อป้องกันกระป๋องติดบนสายพาน ทำให้มีการใช้พลังงานในระบบอากาศอัดค่อนข้างมาก

2) แนวทางการปรับปรุง/การเพิ่มประสิทธิภาพ

ทำการปรับปรุงสายพานลำเลียงบริเวณที่ใช้ลมอัดเป่ากระป๋อง โดยปรับองศา และทิศทางของสายพานลำเลียง ป้องกันกระป๋องติดบนสายพาน และยกเลิกการใช้อากาศอัด เป่ากระป๋อง โดยติดตามผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการดำเนินมาตรการ พบว่าสามารถลด การสูญเสียพลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 16,750.08 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี และสามารถลดต้นทุน ค่าพลังงานไฟฟ้าลงได้ 66,665.32บาทต่อปี

3) แนวทางการปรับปรุง/การเพิ่มประสิทธิภาพ

ผลประโยชน์ที่ได้รับจะเป็นการเปรียบเทียบการเก็บข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุง

สำหรับรายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข.7

ข้อมูลก่อนปรับปรุง

ขนาดรูท่อลมจ่ายอากาศอัดเป่ากระป๋องบนสายพาน	= 6	มิลลิเมตร
ความดันอากาศอัดที่จุดเป่าลม	= 6	บาร์
จำนวนตำแหน่งจ่ายอากาศอัด	= 1	จุด
คิดเป็นกำลังงานที่ใช้อากาศอัดเป่ากระป๋อง	= 7.27	กิโลวัตต์/จุด
พลังไฟฟ้าของระบบอัดอากาศของโรงงานเฉลี่ย	= 41.4	กิโลวัตต์
ชั่วโมงการทำงาน	= 8	ชั่วโมงต่อวัน
จำนวนวันทำงานของระบบ	= 320	วันต่อปี
ร้อยละการทำงาน	= 90	
ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้อากาศอัดเป่ากระป๋อง	= 16,750.08	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ของระบบอัดอากาศ	= 266,240.00	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
ค่าพลังงานไฟฟ้า (3.98 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง)*	= 1,059,635.20	บาท/ปี

ข้อมูลหลังปรับปรุง

พลังไฟฟ้าของระบบอัดอากาศของโรงงานเฉลี่ย	= 34.13	กิโลวัตต์
ชั่วโมงการทำงาน	= 8	ชั่วโมงต่อวัน
จำนวนวันทำงานของระบบ	= 320	วันต่อปี
ร้อยละการทำงาน	= 90	
ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้	= 249,489.92	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
ค่าพลังงานไฟฟ้า (3.98 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	= 992,969.88	บาท/ปี

ผลประหยัด**ผลประโยชน์ด้านเทคนิค**

การปรับปรุงสายพานลำเลียงเพื่อลดการใช้อากาศอัด ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้

ปริมาณไฟฟ้าที่ลดลง	= 16,750.08	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
คิดเป็นผลประหยัดพลังงานไฟฟ้า ได้ร้อยละ	= 6.3	

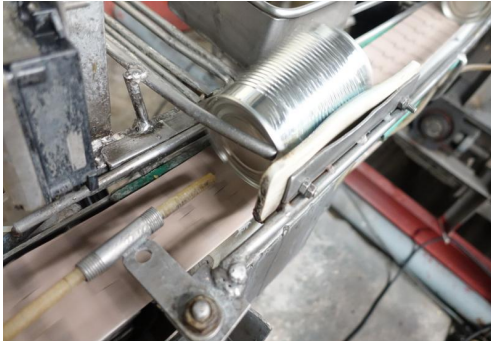
ผลประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์

ค่าไฟฟ้าที่ใช้ลดลง	= 66,665.32	บาท/ปี
เงินลงทุน	= ไม่มีค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง	
ระยะเวลาคืนทุน	= คืนทุนทันที (ไม่มีค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง)	

ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยลดลง = 8,373.36 กิโลกรัม CO₂eq ต่อปี
 (ค่า Emission factor ของไฟฟ้า = 0.4999 กิโลกรัม CO₂eq ต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)

*ข้อมูลจากฝ่ายผลิตของโรงงาน



การใช้อากาศอัดเป่ากระป๋อง



สายพานที่ถอดจุดเป่าลมออก



วาล์วลมจุดเป่ากระป๋องบนสายพานลำเลียง



หลังปรับปรุงถอดสายลมออก

ภาพที่ 3.7 การดำเนินการมาตรการปรับปรุงสายพานลำเลียงเพื่อลดการใช้อากาศอัด

3.8 กรณีศึกษาเรื่อง การปรับปรุงท่อส่งจ่ายอากาศอัด

1) ข้อมูลการใช้งานและประเด็นปัญหา

ในกระบวนการผลิตมีการใช้ระบบอากาศอัด โดยใช้เครื่องอัดอากาศ 37 kW จำนวน 2 เครื่อง และ เครื่องอัดอากาศขนาด 22 kW จำนวน 1 เครื่อง เพื่อผลิตอากาศอัดส่งให้กับเครื่องจักรในกระบวนการผลิต โดยมีการเปิดใช้งานเครื่องอัดอากาศทั้ง 3 เครื่อง

10 ชั่วโมงต่อวัน 320 วันต่อปี พบว่าเครื่องอัดอากาศมีการเดิน un load ค่อนข้างมาก เนื่องจากระบบท่อลมในโรงงานแยกกัน ทำให้ต้องเปิดเครื่องอัดอากาศทุกเครื่อง หากทำการเชื่อมท่อลมทั้งระบบ ทำให้ระบบส่งจ่ายอากาศอัดเชื่อมกัน จะทำให้สามารถลดการใช้งานเครื่องอัดอากาศได้

2) แนวทางการปรับปรุง/การเพิ่มประสิทธิภาพ

ตรวจวัดความต้องการใช้อากาศอัดของเครื่องอัดอากาศแต่ละชุด จากนั้นตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ โดยประเมินจากการปรับปรุงท่อส่งจ่ายอากาศอัด เมื่อเชื่อมท่อลมถึงกัน จะสามารถบริหารจัดการเปิดปั๊มลมได้ ลดการเดินเครื่องอัดอากาศแบบ un load มากเกินจำเป็น และช่วยทำให้แรงดันในท่อลมของระบบอากาศอัดสม่ำเสมอทั้งระบบ พบว่าสามารถปิดปั๊มลมขนาด 22 กิโลวัตต์ ลงได้ ช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 39,360.00 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี และสามารถลดต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้าในการผลิตลงได้ 156,652.80 บาทต่อปี

3) รายการคำนวณผลประโยชน์ที่ได้รับ

ผลประโยชน์ที่ได้รับจะเป็นการเปรียบเทียบการเก็บข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุง สำหรับรายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข.8

ข้อมูลก่อนปรับปรุง

พลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศเฉลี่ย	=	41.4	กิโลวัตต์
ชั่วโมงการทำงาน	=	10	ชั่วโมงต่อวัน
จำนวนวันทำงานของระบบ	=	320	วันต่อปี
ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้	=	132,480.00	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
ค่าพลังงานไฟฟ้า (3.98 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	=	527,270.40	บาท/ปี

ข้อมูลหลังปรับปรุง

พลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศเฉลี่ย	=	29.1	กิโลวัตต์
ชั่วโมงการทำงาน	=	10	ชั่วโมงต่อวัน
จำนวนวันทำงานของระบบ	=	320	วันต่อปี
ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้	=	93,120.00	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
ค่าพลังงานไฟฟ้า (3.98 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	=	370,617.60	บาท/ปี

ผลประหยัด

ผลประโยชน์ด้านเทคนิค

การปรับปรุงระบบส่งจ่ายอากาศอัด ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้

ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ลดลง = 39,360.00 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี

คิดเป็นผลประหยัดพลังงานไฟฟ้า ได้ร้อยละ = 29.7

ผลประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์

ค่าไฟฟ้าที่ใช้ลดลง = 156,652.80 บาท/ปี

เงินลงทุน = 20,000.00 บาท

ระยะเวลาคืนทุน = 20,000.00 / 156,652.80

= 1 เดือน 15 วัน

ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยลดลง = 19,676.06 กิโลกรัม CO₂eq ต่อปี

(ค่า Emission factor ของไฟฟ้า = 0.4999 กิโลกรัม CO₂eq ต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)



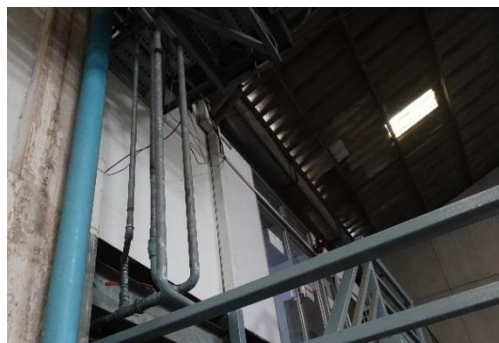
เครื่องอัดอากาศของโรงงาน



ท่อส่งจ่ายอากาศอัดและถังลม



การตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าเครื่องอัดอากาศ



ท่อส่งจ่ายอากาศอัดและจุดเชื่อมต่อ

ภาพที่ 3.8 การดำเนินการมาตรการการปรับปรุงท่อส่งจ่ายอากาศอัด

3.9 กรณีศึกษาเรื่อง การติดตั้งฉนวนหลังคา

1) ข้อมูลการใช้งานและประเด็นปัญหา

ในกระบวนการผลิตมีการใช้เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ ขนาด 188 ton จำนวน 1 ชุด เพื่อผลิตน้ำเย็นส่ง ใช้กับเครื่องจักรในกระบวนการผลิตแผนกต่างๆ มีการเปิดใช้งาน 12 ชั่วโมงต่อวัน 312 วันต่อปี จากการตรวจสอบพบว่า ระบบส่งลมเย็น AHU มีการนำอากาศ FRESH AIR จากห้องใต้หลังคา ซึ่งมีอุณหภูมิสูง ทำให้เป็นการเพิ่มภาระให้กับเครื่องทำน้ำเย็น

2) แนวทางการปรับปรุง/การเพิ่มประสิทธิภาพ

ติดตั้งฉนวนที่ห้องใต้หลังคา เพื่อลดอุณหภูมิห้องใต้หลังคาลง ทำให้อากาศ FRESH AIR มีอุณหภูมิลดลง ทำให้สามารถลดการสูญเสียพลังงานฟ้าในระบบปรับอากาศได้เท่ากับ 58,588.20 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี และสามารถลดต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้าลงได้ 243,726.92 บาทต่อปี

3) รายการคำนวณผลประโยชน์ที่ได้รับ

ผลประโยชน์ที่ได้รับจะเป็นการเปรียบเทียบการเก็บข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุง สำหรับรายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข.9

ข้อมูลก่อนปรับปรุง

ขนาดเครื่องทำน้ำเย็น	=	188	TonR
พิกัดกำลังไฟฟ้า	=	132	KW
ภาระการทำน้ำเย็น	=	67.3	TonR
สมรรถนะการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น	=	1.50	KW/ton
ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้	=	378,440.33	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
ค่าพลังงานไฟฟ้า (4.16 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง)*	=	1,574,311.75	บาท/ปี

ข้อมูลหลังปรับปรุง

ขนาดเครื่องทำน้ำเย็น	=	188	TonR
พิกัดกำลังไฟฟ้า	=	132	KW
ภาระการทำน้ำเย็น	=	56.9	TonR
สมรรถนะการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น	=	1.50	KW/ton
ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้	=	319,852.12	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี

ค่าพลังงานไฟฟ้า (4.16 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง) = 1,330,584.84 บาทต่อปี

ผลประโยชน์

ผลประโยชน์ด้านเทคนิค

ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้

ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ลดลง = 58,588.20 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี

คิดเป็นผลประหยัดพลังงานไฟฟ้า ได้ร้อยละ = 15.5

ผลประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์

ค่าไฟฟ้าที่ใช้ลดลง = 243,726.92 บาทต่อปี

เงินลงทุน = 120,000.00 บาท

ระยะเวลาคืนทุน = 120,000.00 / 243,726.92

= 5 เดือน 27 วัน

ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยลดลง = 29,288.24 กิโลกรัม CO₂eq ต่อปี

(ค่า Emission factor ของไฟฟ้า = 0.4999 กิโลกรัม CO₂eq ต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)

*ข้อมูลจากฝ่ายผลิตของโรงงาน



ห้องใต้หลังคาที่ดึง fresh Air เข้า AHU



AHU ที่ติดตั้งบริเวณห้องใต้หลังคา



การติดตั้งฉนวนหลังคา

ภาพที่ 3.9 การดำเนินการมาตรการติดตั้งฉนวนหลังคา

3.10 กรณีศึกษาเรื่อง การติดตั้ง Pressure regulator เพื่อลดแรงดันอากาศอัด

1) ข้อมูลการใช้งานและประเด็นปัญหา

ในกระบวนการผลิตมีการใช้ระบบอัดอากาศ โดยใช้เครื่องอัดอากาศขนาด 79 กิโลวัตต์ จำนวน 1 เครื่อง เพื่อผลิตอากาศอัดแรงดัน 6.8 บาร์ ส่งให้กับเครื่องจักร ในกระบวนการผลิต พบว่ามีจุดใช้งาน 10 จุด เป็นจุดใช้งานท่อเป่าทำความสะอาด ที่ต้องการแรงดันอากาศอัดเพียง 2.5 บาร์ หากทำการติดตั้ง Pressure regulator ช่วยควบคุมแรงดันที่จุดใช้งานลงได้ตามความต้องการ จะทำให้สามารถลดการใช้งานเครื่องอัดอากาศได้

2) แนวทางการปรับปรุง/การเพิ่มประสิทธิภาพ

ตรวจวัดความต้องการใช้อากาศอัดของเครื่องอัดอากาศ จากนั้น สืบหาข้อมูล เวลาใช้งานอากาศอัดในการเป่าทำความสะอาดในแต่ละจุด แรงดันที่ใช้งาน และติดตั้ง Pressure Regulator ที่จุดใช้งาน 10 จุด ปรับตั้งแรงดันที่จุดใช้งานที่ 2.5 บาร์ พบว่า ช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 1,310.40 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี และสามารถลดต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้าในการผลิตลงได้ 5,425.06 บาทต่อปี

3) รายการคำนวณผลประโยชน์ที่ได้รับ

ผลประโยชน์ที่ได้รับจะเป็นการเปรียบเทียบการเก็บข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุง สำหรับรายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข.10

ข้อมูลก่อนปรับปรุง

แรงดันลมอัดอากาศที่ใช้งาน	=	6.00	บาร์
กำลังไฟฟ้าที่ใช้ก่อนปรับปรุง	=	20.24	กิโลวัตต์
ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ก่อนปรับปรุง	=	2,428.80	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
ค่าพลังงานไฟฟ้า (4.14 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)*	=	10,055.23	บาทต่อปี

ข้อมูลหลังปรับปรุง

แรงดันลมอัดอากาศที่ใช้งาน	=	2.50	บาร์
กำลังไฟฟ้าที่ใช้หลังปรับปรุง	=	9.32	กิโลวัตต์
ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้หลังปรับปรุง	=	1,118.40	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
ค่าพลังงานไฟฟ้า (4.14 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)	=	4,630.18	บาทต่อปี

ผลประโยชน์**ผลประโยชน์ด้านเทคนิค**

การติดตั้ง Pressure regulator เพื่อลดแรงดันอากาศอัด สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 53.95 เปอร์เซ็นต์

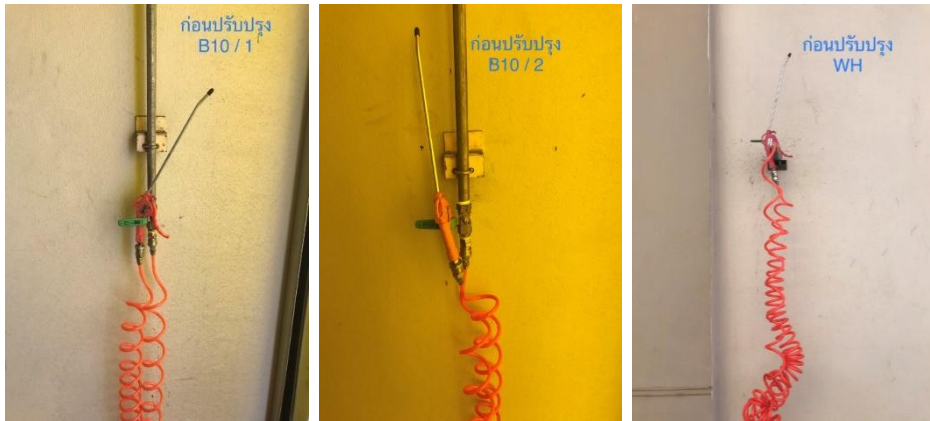
ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	=	10,055.23 - 1,118.40	
	=	1,310.40	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
คิดเป็นผลประโยชน์พลังงานไฟฟ้าได้ร้อยละ	=	53.95	

ผลประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์

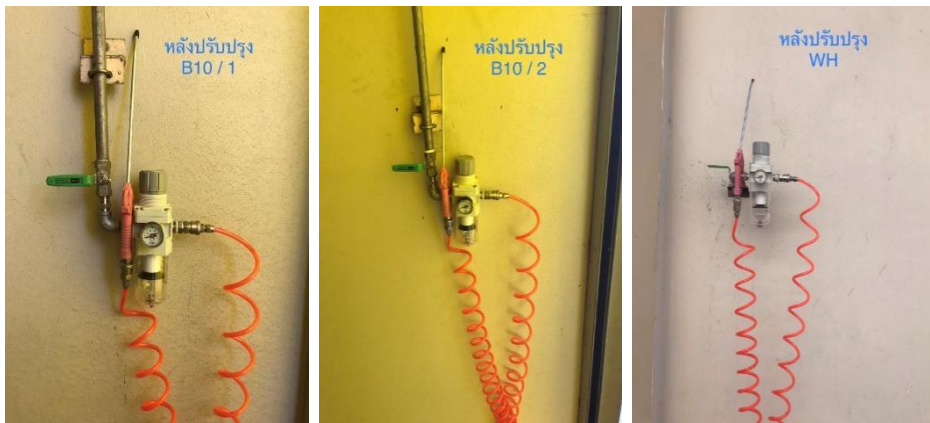
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	4.14	บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	=	1,310.40 × 4.14	
	=	5,425.06	บาทต่อปี
เงินลงทุน	=	8,000.00	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	8,000.00 / 5,425.06	
	=	1 ปี 5 เดือน 20 วัน	

ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยลดลง = 655.07 กิโลกรัม CO₂eq ต่อปี
(ค่า Emission factor ของไฟฟ้า = 0.4999 กิโลกรัม CO₂eq ต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)



ก่อนปรับปรุง



หลังปรับปรุง

ภาพที่ 3.10 การดำเนินการมาตรการติดตั้ง Pressure regulator เพื่อลดแรงดันอากาศอัด

3.11 กรณีศึกษาเรื่อง การเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า

1) ข้อมูลการใช้งานและประเด็นปัญหา

ในกระบวนการผลิตมีการใช้เครื่องทำน้ำเย็น ขนาด 180 ตัน จำนวน 1 เครื่อง เพื่อผลิตน้ำเย็น ส่งใช้กับเครื่องจักรในกระบวนการผลิตแผนกต่าง ๆ มีการเปิดใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวัน 175 วันต่อปี พบว่าเครื่องทำน้ำเย็นมีอายุการใช้งานมากกว่า 20 ปี มีประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น 1.51 กิโลวัตต์ต่อตัน ซึ่งมีประสิทธิภาพต่ำ ดังนั้น จึงพิจารณาดำเนินการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า ซึ่งจะส่งผลให้ลดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ

2) แนวทางการปรับปรุง/การเพิ่มประสิทธิภาพ

เก็บข้อมูลการระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ในส่วนพื้นที่ผลิตต่าง ๆ ของโรงงาน ตรวจวัดประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น เมื่อดำเนินการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นใหม่ ประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น 1.15 กิโลวัตต์ต่อตัน ซึ่งทำให้สามารถลดการใช้พลังงานฟ้าเท่ากับ 148,276.80 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี และสามารถลดต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้าในการผลิต 613,865.95 บาทต่อปี

3) รายการคำนวณผลประโยชน์ที่ได้รับ

ผลประโยชน์ที่ได้รับจะเป็นการเปรียบเทียบการเก็บข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุง สำหรับรายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข.11

ข้อมูลก่อนปรับปรุง

ค่าประสิทธิภาพหรือสมรรถนะ ตรวจวัด	=	1.56	กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น
กำลังไฟฟ้าที่ใช้ก่อนปรับปรุง	=	195.30	กิโลวัตต์
ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ก่อนปรับปรุง	=	468,720.00	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
ค่าพลังงานไฟฟ้า (4.14 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)*	=	1,940,500.80	บาทต่อปี

ข้อมูลหลังปรับปรุง

ค่าประสิทธิภาพหรือสมรรถนะ ตรวจวัด	=	1.10	กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น
กำลังไฟฟ้าที่ใช้หลังปรับปรุง	=	137.31	กิโลวัตต์
ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้หลังปรับปรุง	=	329,551.20	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
ค่าพลังงานไฟฟ้า (4.14 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)	=	1,364,341.97	บาทต่อปี

ผลประหยัด**ผลประโยชน์ด้านเทคนิค**

การเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 29.69 เปอร์เซ็นต์

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง} &= 1,940,500.80 - 329,551.20 \\ &= 139,168.80 \quad \text{กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี} \\ \text{คิดเป็นผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ร้อยละ} &= 29.69 \end{aligned}$$

ผลประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์

$$\begin{aligned} \text{ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย} &= 4.14 \quad \text{บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง} \\ \text{ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง} &= 139,168.80 \times 4.14 \\ &= 576,158.83 \quad \text{บาทต่อปี} \\ \text{เงินลงทุน} &= 4,176,000.00 \quad \text{บาท} \\ \text{ระยะเวลาคืนทุน} &= 4,176,000.00 / 576,158.83 \\ &= 7 \text{ ปี } 2 \text{ เดือน } 29 \text{ วัน} \end{aligned}$$

ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยลดลง = 69,570.48 กิโลกรัม CO₂eq ต่อปี

(ค่า Emission factor ของไฟฟ้า = 0.4999 กิโลกรัม CO₂eq ต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)

*ข้อมูลจากฝ่ายผลิตของโรงงาน



เครื่องทำน้ำเย็นชุดเดิมที่ใช้งาน



การตรวจวัดประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น



เครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง

ภาพที่ 3.11 การดำเนินมาตรการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง

3.12 กรณีศึกษาเรื่อง การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างเป็นหลอด LED

1) ข้อมูลการใช้งานและประเด็นปัญหา

จากการเข้าสำรวจพื้นที่โรงงาน พบว่ามีการใช้งานหลอด HID ขนาด 250 วัตต์ จำนวน 175 หลอด เพื่อให้แสงสว่างในพื้นที่ เปิดใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวัน 300 วันต่อปี หากดำเนินการเปลี่ยนเป็นหลอด LED ที่เป็นเทคโนโลยีใหม่ จะทำให้สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้

2) แนวทางการปรับปรุง/การเพิ่มประสิทธิภาพ

ดำเนินการสำรวจ เก็บข้อมูลการใช้พลังงานและตัวแปรควบคุมในระบบแสงสว่าง เช่นค่าการส่องสว่าง และวงจรสวิตช์เปิด-ปิด ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง ดำเนินการเปลี่ยนหลอด HID ขนาด 250 วัตต์ เป็นหลอด LED ขนาด 100 วัตต์ ทำให้สามารถลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 189,000.00 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี และสามารถลดต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้าในระบบไฟฟ้าแสงสว่างได้ 669,060.00 บาทต่อปี

3) รายการคำนวณผลประโยชน์ที่ได้รับ

ผลประโยชน์ที่ได้รับจะเป็นการเปรียบเทียบการเก็บข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุง สำหรับรายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข.12

ข้อมูลก่อนปรับปรุง

กำลังไฟฟ้าที่ใช้ก่อนปรับปรุง	=	52.50	กิโลวัตต์
ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ก่อนปรับปรุง	=	378,000.00	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
ค่าพลังงานไฟฟ้า (3.54 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)*	=	1,338,120.00	บาทต่อปี

ข้อมูลหลังปรับปรุง

กำลังไฟฟ้าที่ใช้หลังปรับปรุง	=	26.25	กิโลวัตต์
ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้หลังปรับปรุง	=	189,000.00	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
ค่าพลังงานไฟฟ้า (3.54 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)	=	669,060.00	บาทต่อปี

ผลประโยชน์**ผลประโยชน์ด้านเทคนิค**

การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างเป็นหลอด LED สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 50.00 เปอร์เซ็นต์			
ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	=	378,000.00 - 189,000.00	
	=	189,000.00	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
คิดเป็นผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ร้อยละ	=	50.00	

ผลประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์

ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	3.54	บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	=	189,000.00 × 3.54	
	=	669,060.00	บาทต่อปี
เงินลงทุน	=	262,500.00	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	262,500.00 / 669,060.00	
	=	4 เดือน 21 วัน	

ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยลดลง	=	94,481.10	กิโลกรัม CO ₂ eq ต่อปี
---	---	-----------	-----------------------------------

(ค่า Emission factor ของไฟฟ้า = 0.4999 กิโลกรัม CO₂eq ต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)

*ข้อมูลจากฝ่ายผลิตของโรงงาน



หลอดไฟฟ้า HID เดิมที่ใช้งานในโรงงาน



ผังแสดงพื้นที่ตำแหน่งหลอดไฟฟ้าแสงสว่างที่ดำเนินการปรับปรุง



หลอดไฟฟ้า LED ที่ดำเนินการปรับเปลี่ยนในโรงงาน

ภาพที่ 3.12 การดำเนินการมาตรการการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างเป็นหลอด LED

3.13 กรณีศึกษาเรื่อง การติดตั้ง Air Blower แทนการใช้อากาศอัดในการเป่าแห้งขวด

1) ข้อมูลการใช้งานและประเด็นปัญหา

กระบวนการผลิตมีการใช้เครื่องอัดอากาศขนาด 160 กิโลวัตต์ จำนวน 1 เครื่อง เพื่อผลิตอากาศอัดแรงดัน 7 บาร์ ส่งให้กับเครื่องจักรในกระบวนการผลิต จากการสำรวจพบว่า ในกระบวนการบรรจุมีการใช้อากาศอัดในการเป่าแห้งขวด 15 จุดซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้อากาศอัดที่มีแรงดันสูงในการเป่า หากทำการติดตั้ง Air Blower ใช้งานทดแทน จะทำให้สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้

2) แนวทางการปรับปรุง/การเพิ่มประสิทธิภาพ

ตรวจวัดความต้องการใช้อากาศอัดของเครื่องอัดอากาศ จากนั้น สืบหาข้อมูล เวลาใช้งานอากาศอัดในการเป่าทำความสะอาดในแต่ละจุด แรงดันที่ใช้งาน และติดตั้ง Air Blower ใช้งานทดแทน 15 จุด พบว่า ช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 29,282.40 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี และสามารถลดต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้าในการผลิตลงได้ 103,659.69 บาทต่อปี

3) รายการคำนวณผลประโยชน์ที่ได้รับ

ผลประโยชน์ที่ได้รับจะเป็นการเปรียบเทียบการเก็บข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุง สำหรับรายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข.13

ข้อมูลก่อนปรับปรุง

กำลังไฟฟ้าที่ใช้ก่อนปรับปรุง	=	160.00	กิโลวัตต์
ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ก่อนปรับปรุง	=	153,021.96	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
ค่าพลังงานไฟฟ้า (3.54 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)*	=	541,697.74	บาทต่อปี

ข้อมูลหลังปรับปรุง

กำลังไฟฟ้าที่ใช้หลังปรับปรุง	=	25.33	กิโลวัตต์
ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้หลังปรับปรุง	=	127,663.20	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
ค่าพลังงานไฟฟ้า (3.54 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)	=	451,927.73	บาทต่อปี

ผลประโยชน์

ผลประโยชน์ด้านเทคนิค

การติดตั้ง Air Blower แทนการใช้อากาศอัดในการเป่าแห้งขวด สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้

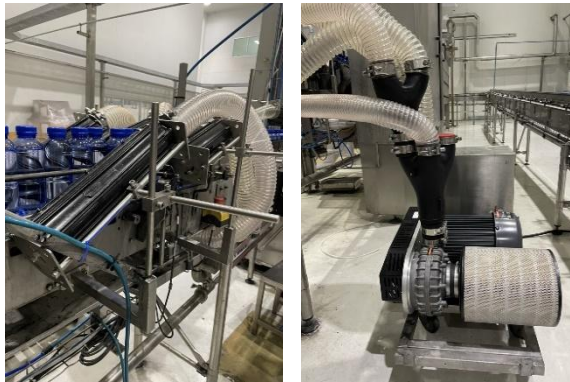
16.57 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง = 153,021.96 - 127,663.20

	=	25,358.76	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
คิดเป็นผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ร้อยละ	=	16.57	
ผลประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์			
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	3.54	บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	=	25,358.76 × 3.54	
	=	89,770.01	บาทต่อปี
เงินลงทุน	=	110,000.00	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	110,000.00 / 89,770.01	
	=	1 ปี 2 เดือน 21 วัน	
ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม			
ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยลดลง	=	12,676.84	กิโลกรัม CO ₂ eq ต่อปี
(ค่า Emission factor ของไฟฟ้า = 0.4999 กิโลกรัม CO ₂ eq ต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)			
*ข้อมูลจากฝ่ายผลิตของโรงงาน			



จุดตำแหน่งหัวเป่าลม เพื่อเป่าแห้งขวดผลิตภัณฑ์



มอเตอร์ Air Blower ที่ใช้แทนการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องอัดอากาศ

ภาพที่ 3.13 การดำเนินการมาตรการติดตั้ง Air Blower แทนการใช้อากาศอัดในการเป่าแห้งขวด

3.14 กรณีศึกษาเรื่อง การลดอุณหภูมิขาเข้าเครื่องอัดอากาศ

1) ข้อมูลการใช้งานและประเด็นปัญหา

ในกระบวนการผลิตมีการใช้ระบบอัดอากาศ โดยใช้เครื่องอัดอากาศขนาด 160 กิโลวัตต์ จำนวน 1 เครื่อง เพื่อผลิตอากาศอัดส่งให้กับเครื่องจักรในกระบวนการผลิต จากการสำรวจ พบว่า ภายในห้องเครื่องอัดอากาศมีเครื่องจักรอื่นที่หม้อน้ำ เครื่องทำน้ำเย็น และเครื่องอัดอากาศ ทำให้อุณหภูมิภายในห้องมีสูง ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการอัดอากาศต่ำลง หากทำการติดตั้งพัดลมระบายอากาศเพื่อลดอุณหภูมิภายในห้องอัดอากาศ จะทำให้สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศได้

2) แนวทางการปรับปรุง/การเพิ่มประสิทธิภาพ

เก็บข้อมูลอุณหภูมิภายในห้องเครื่องอัดอากาศ ตรวจสอบวัดความต้องการใช้งาน ปริมาณอากาศอัดของเครื่องอัดอากาศ จากนั้น ตรวจสอบวัดพลังงานไฟฟ้าเครื่องอัดอากาศ และติดตั้งพัดลมระบายอากาศเพื่อลดอุณหภูมิภายในห้อง พบว่า ช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้า ได้เท่ากับ 12,428.38 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี และสามารถลดต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้าในการผลิตลงได้ 43,996.45 บาทต่อปี

3) รายการคำนวณผลประโยชน์ที่ได้รับ

ผลประโยชน์ที่ได้รับจะเป็นการเปรียบเทียบการเก็บข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุง สำหรับรายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข.14

ข้อมูลก่อนปรับปรุง

อุณหภูมิเข้าเครื่องอัดอากาศ ก่อนปรับปรุง	= 40.80	องศาเซลเซียส
พลังงานที่ใช้ในการอัดอากาศ	= 249.67	กิโลจูล/กิโลกรัม
ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ก่อนปรับปรุง	= 907,416.00	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
ค่าพลังงานไฟฟ้า (3.54 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)*	= 3,212,252.64	บาทต่อปี

ข้อมูลหลังปรับปรุง

อุณหภูมิเข้าเครื่องอัดอากาศ หลังปรับปรุง	= 36.50	องศาเซลเซียส
พลังงานที่ใช้ในการอัดอากาศ	= 246.25	กิโลจูล/กิโลกรัม
ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้หลังปรับปรุง	= 894,987.62	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
ค่าพลังงานไฟฟ้า (3.54 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)	= 3,168,256.19	บาทต่อปี

ผลประหยัด**ผลประโยชน์ด้านเทคนิค**

การลดอุณหภูมิเข้าเครื่องอัดอากาศ สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 1.37 เปอร์เซ็นต์		
ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	= 907,416.00 - 894,987.62	
	= 12,428.38	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี

คิดเป็นผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ร้อยละ = 1.37

ผลประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์

ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	= 3.54	บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	= 12,428.38 × 3.54	
	= 43,996.45	บาทต่อปี

เงินลงทุน = 15,000.00 บาท
 ระยะเวลาคืนทุน = 15,000.00 / 43,996.45
 = 4 เดือน 2 วัน

ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยลดลง = 6,212.95 กิโลกรัม CO₂eq ต่อปี
 (ค่า Emission factor ของไฟฟ้า = 0.4999 กิโลกรัม CO₂eq ต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)

*ข้อมูลจากฝ่ายผลิตของโรงงาน



การตรวจวัดอุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศ และบริเวณโดยรอบของห้อง



การติดตั้งพัดลมระบายอากาศที่ผนังห้องเครื่องอัดอากาศ เพื่อลดอุณหภูมิภายในห้อง

ภาพที่ 3.14 การดำเนินการมาตรการลดอุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศ

3.15 กรณีศึกษาเรื่อง การเปลี่ยนรถโฟล์คลิฟท์สมรรถนะสูง

1) ข้อมูลการใช้งานและประเด็นปัญหา

จากการตรวจสอบ พบว่ามีการใช้งานรถโฟล์คลิฟท์ โดยใช้ในการลำเลียงวัตถุดิบในโรงงาน ใช้เชื้อเพลิง LPG รถมีสภาพเก่า สมรรถนะไม่ดี สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมาก หากสามารถเปลี่ยนมาใช้รถโฟล์คลิฟท์รุ่นใหม่ที่มีสมรรถนะดีกว่าจะทำให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

2) แนวทางการปรับปรุง/การเพิ่มประสิทธิภาพ

ดำเนินการเปลี่ยนรถโฟล์คลิฟท์ ซึ่งมีสมรรถนะสูงกว่ารถเก่า เนื่องจากมีการออกแบบเครื่องยนต์และระบบหัวฉีดให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น ประหยัดเชื้อเพลิง เมื่อดำเนินการแล้วสามารถลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงได้ 8,611 กิโลกรัมต่อปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 215,280 บาทต่อปี

3) รายการคำนวณผลประโยชน์ที่ได้รับ

ผลประโยชน์ที่ได้รับจะเป็นการเปรียบเทียบการเก็บข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุง สำหรับรายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข.15

ข้อมูลก่อนปรับปรุง

อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	=	3.5	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
ชั่วโมงการใช้งาน	=	3,744	ชั่วโมง
ปริมาณพลังงานความร้อนที่ใช้ก่อนปรับปรุง	=	13,104	กิโลกรัมต่อปี
ค่าพลังงาน LPG (25 บาทต่อกิโลกรัม)	=	327,600.00	บาทต่อปี

ข้อมูลหลังปรับปรุง

อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	=	1.2	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
ชั่วโมงการใช้งาน	=	3,744	ชั่วโมง
ปริมาณพลังงานความร้อนที่ใช้หลังปรับปรุง	=	4,493	กิโลกรัมต่อปี
ค่าพลังงาน LPG (25 บาทต่อกิโลกรัม)	=	112,320.00	บาทต่อปี

ผลประโยชน์

ผลประโยชน์ด้านเทคนิค

การเปลี่ยนรถโฟล์คลิฟท์ประสิทธิภาพสูง สามารถลดพลังงานได้

ปริมาณ LPG ที่ลดลง	=	8,611	กิโลกรัมต่อปี
พลังงานความร้อนที่ลดลง	=	432,454.46	เมกะจูลต่อปี
คิดเป็นผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ร้อยละ	=	65.7	

ผลประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์

ค่าไฟฟ้าที่ลดลง	=	215,280	บาทต่อปี
เงินลงทุน	=	750,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	750,000 / 215,280	
	=	3 ปี 5 เดือน 24 วัน	

ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยลดลง	=	26,810.11	กิโลกรัม CO ₂ eq ต่อปี
---	---	-----------	-----------------------------------

(ค่า Emission factor ของ LPG = 3.1134 กิโลกรัม CO₂eq ต่อกิโลกรัม)



รถโฟร์คลิฟท์เก่าสมรรถนะต่ำ



name plate รถโฟร์คลิฟท์



การสำรวจสมรรถนะรถ



รถโฟร์คลิฟท์สมรรถนะสูง

ภาพที่ 3.15 การดำเนินการมาตรการเปลี่ยนรถโฟร์คลิฟท์สมรรถนะสูง

3.16 กรณีศึกษาเรื่อง การหุ้มฉนวนกันความร้อนท่อส่งจ่ายไอน้ำ

1) ข้อมูลการใช้งานและประเด็นปัญหา

ในกระบวนการผลิตมีการใช้หม้อน้ำขนาด 1 ตัน ใช้เชื้อเพลิงก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) จำนวน 1 ชุด ความต้องการแรงดันไอน้ำประมาณ 7 บาร์ เปิดใช้งาน 8 ชั่วโมงต่อวัน 300 วันต่อปี พบว่า ท่อส่งจ่ายไอน้ำไม่มีการหุ้มฉนวนกันความร้อนในบางจุด และมีบริเวณที่ฉนวนกันความร้อนมีการชำรุด ส่งผลให้เกิดการสูญเสียพลังงานความร้อนจากผิวท่อ มีอัตราการสูญเสียพลังงานความร้อนเท่ากับ 3,560 วัตต์ความร้อน สามารถดำเนินการแก้ไขโดยการหุ้มฉนวนกันความร้อนท่อส่งจ่ายไอน้ำ

2) แนวทางการปรับปรุง/การเพิ่มประสิทธิภาพ

หุ้มฉนวนท่อส่งจ่ายไอน้ำที่ไม่มีการหุ้มฉนวนกันความร้อนและบริเวณที่ฉนวนกันความร้อนมีการชำรุด เพื่อลดการสูญเสียพลังงานความร้อนจากผิวท่อ ทำให้สามารถประหยัดเชื้อเพลิงก๊าซปิโตรเลียมเหลวได้ 259.92 กิโลกรัมต่อปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายทางพลังงาน 7,857.51 บาทต่อปี



ก่อนปรับปรุงท่อไอน้ำไม่มีการหุ้มฉนวน



หลังปรับปรุงดำเนินการมาตรการหุ้มฉนวนท่อไอน้ำ

ภาพที่ 3.16 การดำเนินการมาตรการหุ้มฉนวนกันความร้อนท่อส่งจ่ายไอน้ำ

3) รายการคำนวณผลประโยชน์ที่ได้รับ

ผลประโยชน์ที่ได้รับจะเป็นการเปรียบเทียบการเก็บข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุง สำหรับรายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข.16

ข้อมูลก่อนปรับปรุง

อัตราการสูญเสียความร้อน	= 3,560.00	วัตต์
เชื้อเพลิงที่สูญเสียก่อนปรับปรุง	= 680	กิโลกรัมต่อปี
ค่าเชื้อเพลิง (30.23 บาทต่อกิโลกรัม)*	= 20,568.20	บาทต่อปี

ข้อมูลหลังปรับปรุง

อัตราการสูญเสียความร้อน	= 2,200.00	วัตต์
เชื้อเพลิงที่สูญเสียหลังปรับปรุง	= 420	กิโลกรัมต่อปี
ค่าเชื้อเพลิง (30.23 บาทต่อกิโลกรัม)	= 12,710.68	บาทต่อปี

ผลประโยชน์

ผลประโยชน์ด้านเทคนิค

การหุ้มฉนวนกันความร้อนท่อส่งจ่ายไอน้ำ สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 38.20 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณเชื้อเพลิงที่ลดลง	= 680.39 - 420.47	
	= 259.92	กิโลกรัมต่อปี
คิดเป็นผลประหยัดเชื้อเพลิงได้ร้อยละ	= 38.20	

ผลประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์

ค่าเชื้อเพลิงเฉลี่ย	= 30.23	บาทต่อกิโลกรัม
ค่าเชื้อเพลิงที่ลดลง	= 259.92 x 30.23	
	= 7,857.51	บาทต่อปี
เงินลงทุน	= 10,000.00	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	= 10,000.00 / 7,857.51	
	= 1 ปี 3 เดือน 8 วัน	

ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยลดลง	= 809.22	กิโลกรัม CO ₂ eq ต่อปี
(ค่า Emission factor ของ LPG = 3.1134 กิโลกรัม CO ₂ eq ต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)		
*ข้อมูลจากฝ่ายผลิตของโรงงาน		

3.17 กรณีศึกษาเรื่อง การเปลี่ยนกับดักไอน้ำและซ่อมแซมรอยรั่วไอน้ำ

1) ข้อมูลการใช้งานและประเด็นปัญหา

กระบวนการผลิตมีการใช้หม้อไอน้ำขนาด 42 ตัน เชื้อเพลิงถ่านหิน จำนวน 1 ชุด ความต้องการแรงดันไอน้ำประมาณ 34 บาร์ ในกระบวนการผลิตไฟฟ้า และไอน้ำ 10 บาร์ ในกระบวนการผลิตเอทานอล เปิดใช้งาน 8,760 ชั่วโมงต่อปี

2) แนวทางการปรับปรุง/การเพิ่มประสิทธิภาพ

จากการสำรวจตรวจสอบระบบท่อส่งจ่ายไอน้ำและอุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำต่างๆ พบว่ามีวาล์วไอน้ำ หน้าแปลน กับดักไอน้ำชำรุดในบางจุด มีการรั่วของไอน้ำ ทำให้สูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ และทำให้เสียค่าเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำไปเป็นจำนวนมาก ทำการซ่อมแซมลดการรั่วไหล ทำให้สามารถประหยัดเชื้อเพลิงถ่านหินได้ 94.73 ตันต่อปี คิดเป็นการลดค่าใช้จ่ายทางพลังงานลงได้ 186,759.94 บาทต่อปี สามารถประหยัดน้ำได้ 1,045 ลูกบาศก์เมตร/ปี คิดเป็นการลดค่าใช้จ่ายด้านน้ำลงได้ 20,900 บาทต่อปี



ก่อนปรับปรุง มีการรั่วไหลของไอน้ำ



หลังปรับปรุง การเปลี่ยนกับดักไอน้ำและซ่อมแซมรอยรั่วไอน้ำ

ภาพที่ 3.17 การดำเนินการมาตรการเปลี่ยนกับดักไอน้ำและซ่อมแซมรอยรั่วไอน้ำ

3) รายการคำนวณผลประโยชน์ที่ได้รับ

ผลประโยชน์ที่ได้รับจะเป็นการเปรียบเทียบการเก็บข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุง สำหรับรายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข.17

ข้อมูลก่อนปรับปรุง

ขนาดรูรั่ว	=	3	mm.
จำนวนรูรั่ว	=	4	จุด
ปริมาณเชื้อเพลิงที่สูญเสีย	=	94.73	ตันต่อปี

ค่าเชื้อเพลิง (1,971.42 บาท/ตัน)*	=	186,759.94	บาทต่อปี
-----------------------------------	---	------------	----------

ข้อมูลหลังปรับปรุง

จำนวนรื้อที่ปรับปรุง ซ่อมแซม	=	4	จุด
------------------------------	---	---	-----

ปริมาณเชื้อเพลิงที่สูญเสีย	=	0	ตันต่อปี
----------------------------	---	---	----------

ค่าเชื้อเพลิง (1,971.42 บาท/ตัน)	=	0	บาทต่อปี
----------------------------------	---	---	----------

ผลประหยัด**ผลประโยชน์ด้านเทคนิค**

ลดการรั่วไหลไอน้ำ โดยการเปลี่ยนกับดักไอน้ำและซ่อมแซมรอยรั่วไอน้ำ ลดเชื้อเพลิงลงได้

ปริมาณเชื้อเพลิงที่สูญเสียลดลง	=	94.73	ตันต่อปี
--------------------------------	---	-------	----------

=	2,498.13	จิกะจูลต่อปี
---	----------	--------------

ปริมาณน้ำเติมหม้อน้ำลดลง	=	1,045	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
--------------------------	---	-------	-------------------

ผลประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์

ค่าเชื้อเพลิงที่ลดลง	=	186,759.94	บาทต่อปี
----------------------	---	------------	----------

ค่าน้ำที่ลดลง	=	20,900	บาทต่อปี
---------------	---	--------	----------

เงินลงทุน	=	10,000	บาท
-----------	---	--------	-----

ระยะเวลาคืนทุน	=	10,000 / 186,759.94	
----------------	---	---------------------	--

=	19 วัน	
---	--------	--

ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยลดลง	=	241,135.19	กิโลกรัม CO ₂ eq ต่อปี
---	---	------------	-----------------------------------

จากการลดการใช้เชื้อเพลิง

(ค่า Emission factor ของ ถ่านหิน = 2.5454 กิโลกรัม CO₂eq ต่อกิโลกรัม)

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยลดลง	=	2,160.65	กิโลกรัม CO ₂ eq ต่อปี
---	---	----------	-----------------------------------

จากการลดการใช้น้ำหม้อน้ำ

(ค่า Emission factor ของ น้ำหม้อน้ำ = 2.0676 กิโลกรัม CO₂eq ต่อลูกบาศก์เมตร)

*ข้อมูลจากฝ่ายผลิตของโรงงาน

3.18 กรณีศึกษาเรื่อง การลดการ blow down**1) ข้อมูลการใช้งานและประเด็นปัญหา**

ในกระบวนการผลิตมีการใช้หม้อน้ำขนาด 42 ตัน เชื้อเพลิงถ่านหิน จำนวน 1 ชุด ความต้องการไอน้ำที่แรงดันไอน้ำ 34 บาร์ ในกระบวนการผลิตไฟฟ้า และไอน้ำ 10 บาร์

ในกระบวนการผลิตเอทานอล เปิดใช้งาน 8,760 ชั่วโมงต่อปี จากการสำรวจพบว่าพนักงานผู้ควบคุมจะทำการระบายน้ำทิ้งหรือโบลว์ดาวน์ทุก 2 ชั่วโมง โดยช่วงเวลาการโบลว์ดาวน์จะทิ้งนานประมาณ 10–15 วินาทีต่อครั้ง จากการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของสารละลาย (TDS) ของน้ำโบลว์ดาวน์ของหม้อน้ำ วัดค่าได้ 2,000 ppm ยังถือว่าสภาพน้ำในหม้อน้ำยังมีค่าอยู่ในระดับมาตรฐาน สำหรับไอน้ำที่ควรจะรักษาให้ไม่เกิน 3,500 ppm ดังนั้น แสดงว่าการโบลว์ดาวน์น้ำในหม้อน้ำทิ้งเกินความจำเป็นมากเกินไป ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานโดยเปล่าประโยชน์

2) แนวทางการปรับปรุง/การเพิ่มประสิทธิภาพ

โรงงานได้ทำการปรับลดความถี่ในการโบลว์ดาวน์ของหม้อน้ำ โดยโบลว์ดาวน์ทุก 6 ชั่วโมงต่อครั้ง และระยะเวลาการโบลว์ดาวน์จะใช้เวลาประมาณ 10-15 วินาทีต่อครั้ง ตลอดจนมีการตรวจระดับวัดค่าความเข้มข้นของสารละลายน้ำในหม้อน้ำไม่เกิน 3,000 ppm ซึ่งจะลดการสูญเสียปริมาณความร้อนไปกับน้ำที่ระบายทิ้งลงได้ เมื่อดำเนินการแล้วเสร็จสามารถลดการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินลงได้ 12.16 ตันต่อปี คิดเป็นการลดค่าใช้จ่ายทางพลังงานลงได้ 23,980.73 บาทต่อปี สามารถประหยัดน้ำได้ 2,100 ลูกบาศก์เมตร/ปี คิดเป็นการลดค่าใช้จ่ายด้านน้ำลงได้ 42,008 บาทต่อปี

3) รายการคำนวณผลประโยชน์ที่ได้รับ

ผลประโยชน์ที่ได้รับจะเป็นการเปรียบเทียบการเก็บข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุง สำหรับรายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข.18

ข้อมูลก่อนปรับปรุง

ปริมาณการโบลว์ดาวน์	=	884.00	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
ปริมาณความร้อนสูญเสียก่อนปรับปรุง	=	935,454.18	เมกะจูลต่อปี
ปริมาณเชื้อเพลิง	=	35.47	ตันต่อปี
ค่าถ่านหิน (1,971.42 บาทต่อตัน)*	=	69,934.51	บาทต่อปี

ข้อมูลหลังปรับปรุง

ปริมาณการโบลว์ดาวน์	=	589.33	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
ปริมาณความร้อนสูญเสียหลังปรับปรุง	=	614,684.40	เมกะจูลต่อปี
ปริมาณเชื้อเพลิง	=	23.31	ตันต่อปี
ค่าถ่านหิน (1,971.42 บาทต่อตัน)*	=	45,953.78	บาทต่อปี

3.19 กรณีศึกษาเรื่อง การปรับปรุงประสิทธิภาพหม้อน้ำ

1) ข้อมูลการใช้งานและประเด็นปัญหา

ในกระบวนการผลิตมีการใช้หม้อน้ำขนาด 20 ตัน เชื้อเพลิงถ่านหิน จำนวน 1 ชุด ขนาดความต้องการไอน้ำที่แรงดันไอน้ำประมาณ 13 บาร์ กระบวนการที่ใช้ไอน้ำในการผลิต จะใช้สำหรับหอกั่น เปิดใช้งาน 7,200 ชั่วโมงต่อปี โดยมีการสูญเสียผ่านทางก๊าซร้อน จากการตรวจสอบเบื้องต้นพบว่าเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกินค่อนข้างมาก และพบว่า ไอเสีย ที่ออกจากปล่องมีอุณหภูมิเกินค่ามาตรฐานแรงดันไอน้ำ ซึ่งบ่งบอกว่าประสิทธิภาพหม้อน้ำ ลดลง เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนลดลง ปริมาณอากาศส่วนเกินที่ใช้ในการเผาไหม้ มีมากเกินไป และอาจมีตะกั่วในระบบ ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานความร้อน จากอากาศ ส่วนที่ไม่ทำปฏิกิริยากับเชื้อเพลิง แต่ยังคงพาความร้อนที่เป็นประโยชน์ออกมาจากหม้อน้ำ

2) แนวทางการปรับปรุง/การเพิ่มประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพของหม้อน้ำจะมีตัวแปรที่สำคัญจากการสูญเสียปริมาณอากาศ ส่วนเกินที่ใช้ในการเผาไหม้มีมากเกินไป สามารถลดด้วยการปรับปริมาณอากาศสันดาป ให้เหมาะสม โดยค่า O_2 ในไอเสียที่วัดได้ ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 7-9 % สำหรับหม้อน้ำที่มีการใช้เชื้อเพลิงแข็ง ปรับค่า $\%O_2$ ลดลงจาก 14.0 % ลงได้ที่ 7.0 % โดยทำการปรับลด ปริมาณลมเข้าจาก Damper พัดลมหน้าเตาและหลังเตา และเมื่อทำความสะอาดหม้อน้ำ ทำให้ตะกั่วลดลง ถ่ายเทความร้อนได้ดีขึ้น อุณหภูมิปล่องลดลงจาก $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ เหลือ $280\text{ }^{\circ}\text{C}$ สามารถประหยัดเชื้อเพลิงถ่านหิน ได้ 946.86 ตันต่อปี คิดเป็นการลดค่าใช้จ่ายทางพลังงาน ลงได้ 3,598,059 บาทต่อปี

3) รายการคำนวณผลประโยชน์ที่ได้รับ

ผลประโยชน์ที่ได้รับจะเป็นการเปรียบเทียบการเก็บข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุง สำหรับรายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข.19

ข้อมูลก่อนปรับปรุง

ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้	=	5,616.00	ตันต่อปี
ค่าเชื้อเพลิง (3,800.00 บาท/ตัน)*	=	21,340,800.00	บาทต่อปี

ข้อมูลหลังปรับปรุง

ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้	=	4,669.14	ตันต่อปี
ค่าเชื้อเพลิง (3,800.00 บาท/ตัน)	=	17,742,741.12	บาทต่อปี

ผลประหยัด

ผลประโยชน์ด้านเทคนิค

การปรับเปอร์เซ็นต์ออกซิเจนในการเผาไหม้ ลดเชื้อเพลิงถ่านหินลงได้

ปริมาณเชื้อเพลิงที่สูญเสียลดลง	=	946.86	ตันต่อปี
คิดเป็นผลประหยัดเชื้อเพลิง ได้ร้อยละ	=	16.86	

ผลประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์

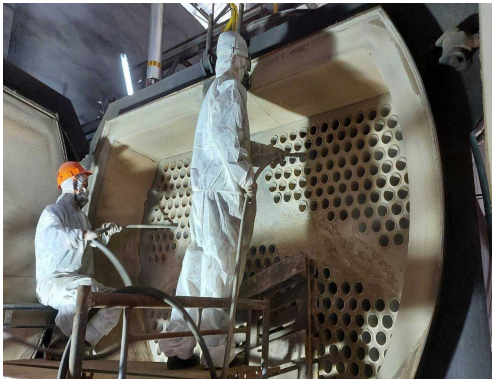
ค่าเชื้อเพลิงที่ลดลง	=	3,598,058.88	บาทต่อปี
เงินลงทุน	=	315,400.00	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	315,400.00 / 3,598,058.88	
	=	1 เดือน 1 วัน	

ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

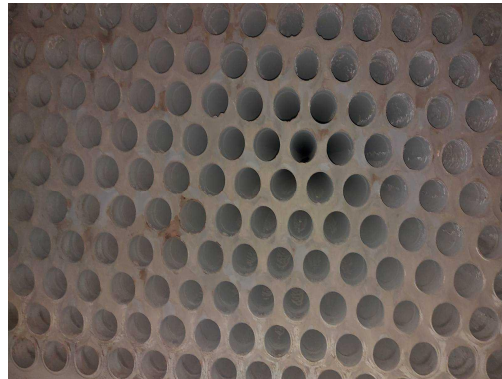
ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยลดลง = 2,410,131.34 กิโลกรัม CO₂eq ต่อปี

(ค่า Emission factor ของถ่านหิน = 2.5454 กิโลกรัม CO₂eq ต่อกิโลกรัม)

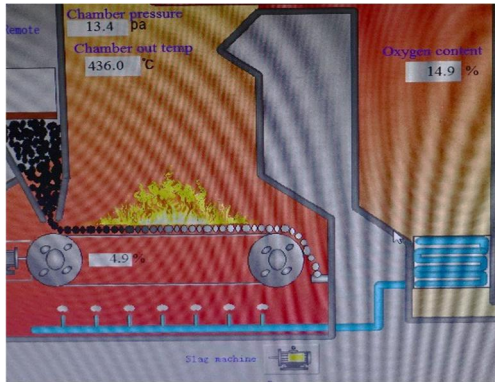
*ข้อมูลจากฝ่ายผลิตของโรงงาน



การทำความสะอาดหม้อน้ำ



ภาพการปรับปรุงประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ



การตรวจวัด % ออกซิเจนก่อนปรับปรุง



การตรวจวัด % ออกซิเจนหลังปรับปรุง

ภาพที่ 3.19 การดำเนินการมาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้

3.20 กรณีศึกษาเรื่อง การลดปริมาณการใช้น้ำในการล้างทำความสะอาด

1) ข้อมูลการใช้งานและประเด็นปัญหา

จากการเข้าสำรวจกระบวนการผลิตพบว่าการล้างถังของผลิตภัณฑ์และวัตถุดิบต่าง ๆ โดยต้องใช้น้ำ DI ในการล้างซึ่งมีต้นทุนการผลิตน้ำสูง ซึ่งลักษณะสายยางฉีดน้ำล้างเป็นสายยางปลายเปิดมีแรงฉีดน้ำน้อยและสิ้นเปลืองน้ำในการล้าง หากทำการเปลี่ยนหัวฉีดน้ำเป็นแบบหัวบีบ จะทำให้สามารถลดการใช้น้ำในการล้างได้

2) แนวทางการปรับปรุง/การเพิ่มประสิทธิภาพ

ดำเนินการเปลี่ยนหัวฉีดน้ำล้างถังเป็นแบบหัวบีบ สามารถช่วยให้แรงฉีดน้ำล้างถังสูงขึ้นทำให้ล้างถังได้ง่าย และประหยัดน้ำ พบว่า ช่วยลดการใช้น้ำในการล้างได้เท่ากับ 4,600.80 ลบ.ม.ต่อปี และสามารถลดต้นทุนค่าน้ำในการล้างลงได้ 115,020.00 บาทต่อปี

3) รายการคำนวณผลประโยชน์ที่ได้รับ

ผลประโยชน์ที่ได้รับจะเป็นการเปรียบเทียบการเก็บข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุง สำหรับรายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข.20

ข้อมูลก่อนปรับปรุง

ปริมาณน้ำในการล้างทำความสะอาดก่อนปรับปรุง	= 9,266.40	ลบ.ม.ต่อปี
ค่าน้ำ (25 บาทต่อลบ.ม.)	= 231,660.00	บาทต่อปี

ข้อมูลหลังปรับปรุง

ปริมาณน้ำในการล้างทำความสะอาดหลังปรับปรุง	= 4,665.60	ลบ.ม.ต่อปี
ค่าน้ำ (25 บาทต่อลบ.ม.)	= 116,640.00	บาทต่อปี

ผลประโยชน์**ผลประโยชน์ด้านเทคนิค**

การลดปริมาณการใช้น้ำในการล้างทำความสะอาด สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 49.65 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณน้ำในการล้างทำความสะอาดที่ลดลง	= 9,266.40 - 4,665.60	
	= 4,600.80	ลบ.ม.ต่อปี
คิดเป็นผลประหยัดน้ำได้ร้อยละ	= 49.65	

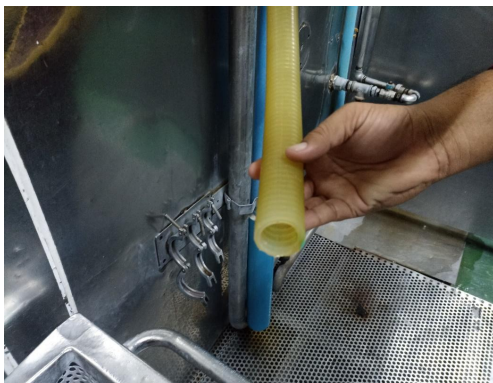
ผลประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์

ค่าน้ำเฉลี่ย	= 25.00	บาทต่อลบ.ม.
ค่าน้ำที่ลดลง	= 4,600.80 × 25.00	
	= 115,020.00	บาทต่อปี
เงินลงทุน	= 7,200.00	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	= 7,200.00 / 115,020.00	
	= 22 วัน	

ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยลดลง	= 4,461.40	กิโลกรัม CO ₂ eq ต่อปี
---	------------	-----------------------------------

(ค่า Emission factor ของน้ำ = 0.9697 กิโลกรัม CO₂eq ต่อลูกบาศก์เมตร)



สายยางฉีดน้ำล้างเป็นสายยางปลายเปิด



แรงฉีดน้ำน้อยและสิ้นเปลืองน้ำ



การตรวจวัดหาปริมาณน้ำที่ใช้ล้างถัง

ภาพที่ 3.20 การดำเนินการลดปริมาณการใช้น้ำในการล้างทำความสะอาด

3.21 กรณีศึกษาเรื่อง การนำน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิต spent less มาเป็นน้ำ make up หอหล่อเย็น turbine

1) ข้อมูลการใช้งานและประเด็นปัญหา

จากการเข้าสำรวจ พบว่ากระบวนการผลิตหอกลับ มีการใช้น้ำระบายความร้อน spent less และปล่อยให้ไหลทิ้งซึ่งเป็นการสิ้นเปลือง เพราะหากพิจารณาตามวัฏจักรความเข้มข้นของน้ำจะสามารถใช้เป็นน้ำระบายความร้อนได้ถึง 6 รอบ โดยจากการประเมินพบว่า น้ำที่ใช้ในการระบายความร้อน มีปริมาณเท่ากับ 200 ลบ.ม./วัน หรือ 108,000.00 ลบ.ม./ปี

2) แนวทางการปรับปรุง/การเพิ่มประสิทธิภาพ

โรงงานได้ดำเนินการเก็บรวบรวมน้ำระบายความร้อนแล้วจะสูบน้ำเพื่อไปทิ้งในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน แต่เนื่องจากคุณสมบัติของน้ำค่อนข้างดี สามารถนำมาเติมเป็นน้ำ make up ในระบบหอผึ่งเย็นได้ จึงทำการติดตั้งปั้มน้ำและระบบส่งน้ำ เพื่อเติมน้ำเข้าในระบบ make up cooling turbine เพื่อทดแทนน้ำประปา เพื่อลดการสูญเสียน้ำ ในขั้นตอนดังกล่าว สามารถลดการใช้น้ำประปาได้เท่ากับ 108,000.00 ลบ.ม./ปี และสามารถลดต้นทุน การผลิตน้ำประปาได้ 284,040.00 บาท/ปี

3) รายการคำนวณผลประโยชน์ที่ได้รับ

ผลประโยชน์ที่ได้รับจะเป็นการเปรียบเทียบการเก็บข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุง

สำหรับรายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข.21

ข้อมูลก่อนปรับปรุง

ปริมาณน้ำประปา make up cooling turbine	=	700,618.95	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
ปริมาณน้ำประปาประปาความร้อน	=	108,000.00	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
ค่าน้ำประปา (10.0 บาท/ลบ.ม)*	=	2,126,667.84	บาทต่อปี

ข้อมูลหลังปรับปรุง

ปริมาณน้ำประปา make up cooling turbine	=	592,618.95	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
ปริมาณน้ำประปาประปาความร้อน	=	108,000.00	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
ค่าน้ำประปา (10.0 บาท/ลบ.ม)	=	1,842,627.84	บาทต่อปี

ผลประโยชน์**ผลประโยชน์ด้านเทคนิค**

การลดปริมาณการใช้น้ำประปา ได้ 15.41 เปอร์เซ็นต์

ลดปริมาณการใช้น้ำประปา	=	108,000.00	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
------------------------	---	------------	-------------------

ผลประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์

ค่าน้ำที่ลดลง	=	284,040.00	บาทต่อปี
เงินลงทุน ปั๊มน้ำและระบบส่งจ่าย	=	20,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	20,000 / 284,040.00	
	=	25 วัน	

ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยลดลง จากการลดการใช้น้ำประปา	=	27,810.00	กิโลกรัม CO ₂ eq ต่อปี
---	---	-----------	-----------------------------------

(ค่า Emission factor ของน้ำประปา = 0.2575 กิโลกรัม CO₂eq ต่อลูกบาศก์เมตร)



น้ำระบายความร้อน spent less



น้ำระบายความร้อน



หอหล่อเย็น turbine

ภาพที่ 3.21 การดำเนินมาตรการการนำน้ำระบายความร้อน spent less มาใช้เป็นน้ำ make up หอหล่อเย็น turbine

3.22 กรณีศึกษาเรื่อง ซ่อมแซมระบบท่อน้ำ

1) ข้อมูลการใช้งานและประเด็นปัญหา

จากการสำรวจระบบท่อน้ำและการใช้น้ำของระบบผลิตน้ำอ่อน พบว่ามีการชำรุดเสียหายของระบบท่อส่งจ่ายถึงกรองน้ำ ทำให้สูญเสียน้ำเนื่องจากการรั่วไหล โดยจากสถิติการใช้น้ำอ่อน เพื่อนำไปผลิตน้ำให้กับแผนกหม้อไอน้ำมีปริมาณการใช้น้ำอ่อนเฉลี่ย 535,507.00 ลบ.ม./ปี คิดเป็นเงิน 9,467,763.76 บาท/ปี (คิดจากต้นทุนผลิตน้ำของโรงงาน 17.68 บาท/ลบ.ม.)

2) แนวทางการปรับปรุง/การเพิ่มประสิทธิภาพ

แผนกผลิตน้ำอ่อนดำเนินการปรับปรุงซ่อมแซมระบบท่อส่งของถังพักน้ำ เปลี่ยนท่อและวาล์ว จากนั้นให้มีการกำหนดการตรวจสอบสภาพของภาชนะบรรจุ โดยใช้ระบบการตรวจสอบคุณภาพ visual check พบว่าสามารถลดการใช้น้ำประปาได้ 12,852 ลบ.ม./ปี และสามารถลดต้นทุนการผลิตน้ำบริสุทธิ์ลงได้ 227,223.36 บาท/ปี

3) รายการคำนวณผลประโยชน์ที่ได้รับ

ผลประโยชน์ที่ได้รับจะเป็นการเปรียบเทียบการเก็บข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุง สำหรับรายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข.22

ข้อมูลก่อนปรับปรุง

ปริมาณน้ำบริสุทธิ์ที่นำไปใช้งาน	=	535,507.00	ลบ.ม./ปี
ค่าน้ำบริสุทธิ์ (17.68 บาท/ลบ.ม)*	=	9,467,763.76	บาท/ปี
ปริมาณน้ำบริสุทธิ์ที่มีการรั่วไหล (จากการจับเวลา)	=	12,852.00	ลบ.ม./ปี
ค่าน้ำประปา (17.68 บาท/ลบ.ม)	=	227,223.36	บาท/ปี

ข้อมูลหลังปรับปรุง

ปริมาณน้ำบริสุทธิ์ที่มีการรั่วไหล	=	-	ลบ.ม./ปี
ค่าน้ำบริสุทธิ์ที่มีการสูญเสีย (17.68 บาท/ลบ.ม)	=	-	บาท/ปี

ผลประโยชน์**ผลประโยชน์ด้านเทคนิค**

คิดเป็นผลประโยชน์น้ำได้ร้อยละ	=	24	
ปริมาณน้ำบริสุทธิ์ที่มีการรั่วไหล	=	12,852.00	ลบ.ม./ปี

ผลประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์

ค่าน้ำที่ลดลง	=	227,223.36	บาท/ปี
เงินลงทุน ค่าท่อและวาล์ว	=	50,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	50,000 / 227,223.36	
	=	2 เดือน 19 วัน	

ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยลดลง	=	26,259.21	กิโลกรัม CO ₂ eq ต่อปี
---	---	-----------	-----------------------------------

(ค่า Emission factor ของน้ำปราศจากไอออน = 2.0432 กิโลกรัม CO₂eq ต่อลูกบาศก์เมตร)



ก่อนปรับปรุงน้ำมีการรั่วไหล



หลังปรับปรุงทำการซ่อมแซมน้ำรั่วไหล

ภาพที่ 3.22 การดำเนินมาตรการซ่อมแซมการรั่วไหลของแผนกผลิตน้ำบริสุทธิ์

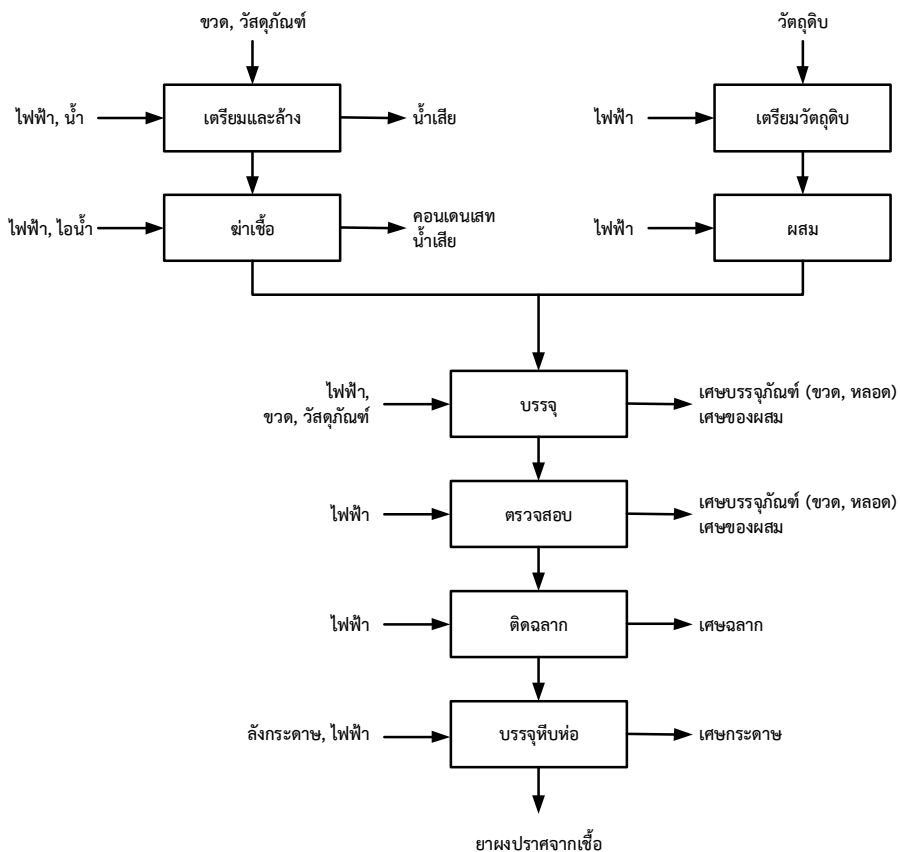
ภาคผนวก ก

กระบวนการผลิตอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ

อุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ มีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ค่อนข้างมาก จึงทำการยกตัวอย่างภาพรวมกระบวนการผลิต ของผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพของโรงงานนำร่องที่เข้าร่วมโครงการดังนี้

ก.1 กระบวนการผลิตยารักษาโรค

กระบวนการผลิตของยารักษาโรค การผลิตยาสำเร็จรูป เป็นการพัฒนาสูตรตำรับยา โดยนำเข้าวัตถุดิบตัวยาคัญจากต่างประเทศมาผสมและผลิตเป็นยาสำเร็จรูปในรูปแบบต่างๆ เช่น ยาเม็ด ยาน้ำ ยาแคปซูล ยาครีม ยาผง และยาฉีด เป็นต้น

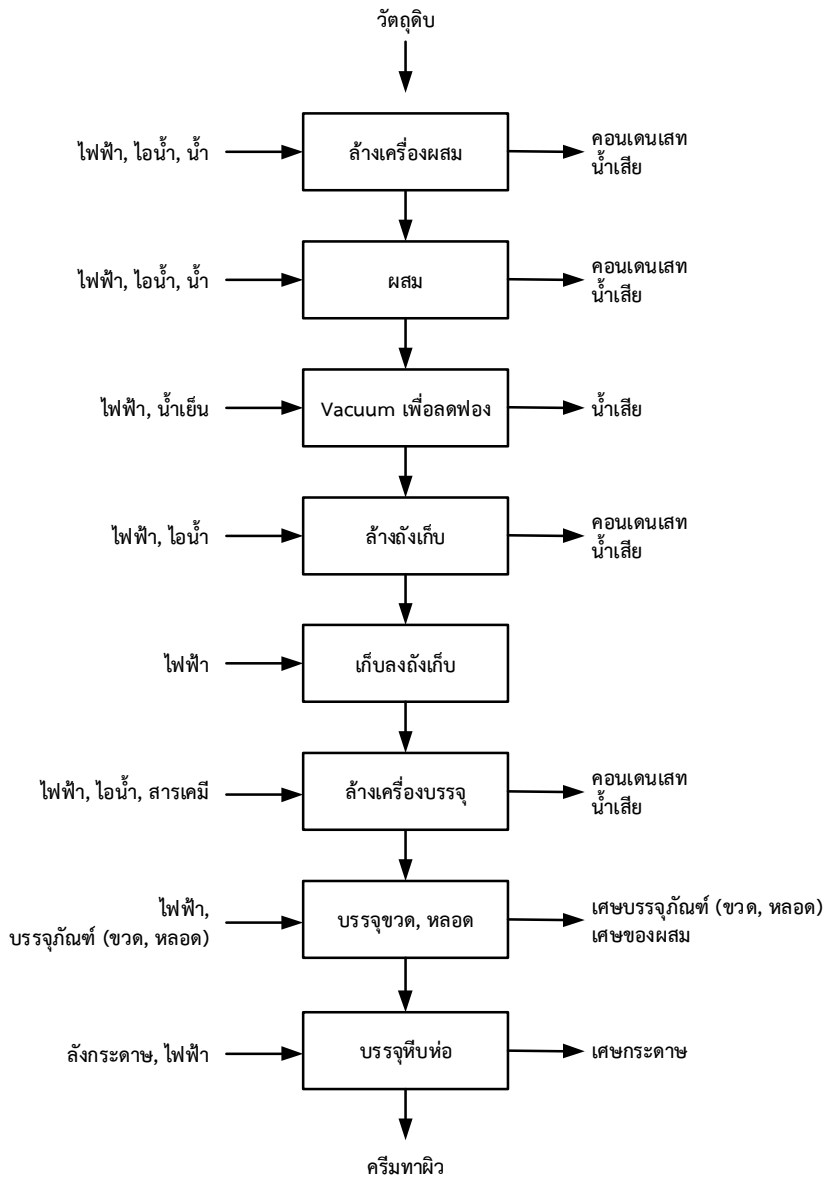


ภาพที่ ก.1 แผนผังแสดงการไหลของมวลและพลังงานของกลุ่มยารักษาโรค

ก.2 กระบวนการผลิตเครื่องสำอาง

อุตสาหกรรมเครื่องสำอางถือเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีความสำคัญ เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่ต้องมีกระบวนการผลิต ที่ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภคมาเป็นอันดับหนึ่ง โดยในประเทศไทยสามารถแบ่งสัดส่วนของผู้ผลิตเครื่องสำอางออกเป็นอุตสาหกรรมขนาดย่อม 75% ขนาดกลาง 20% และขนาดใหญ่ 5% มีมูลค่าการขายภายในประเทศต่อปีประมาณ 40,000 ล้านบาท คิดเป็น 40% และมูลค่าการส่งออกประมาณ 60,000 ล้านบาท คิดเป็น 60% (สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2554) โดยจะเห็นว่าในแต่ละปีผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางสารสกัดธรรมชาติและสมุนไพรไทย มีมูลค่าตลาดสูงถึง 2,000-3,000 ล้านบาท และมีศักยภาพในการส่งออกผลิตภัณฑ์ ปัจจัยเหล่านี้แสดงถึงแนวโน้มการเติบโตของธุรกิจที่ค่อนข้างสดใสและเป็นโอกาสธุรกิจของผู้ประกอบการ SMEs ในการเข้ามาสู่ธุรกิจเครื่องสำอางได้ไม่ยาก อย่างไรก็ตาม ภายใต้โอกาสที่เปิดกว้าง ยังแฝงไว้ด้วยความท้าทายที่ซ่อนอยู่โดยจะพบว่า ปัญหาของผู้ประกอบการอยู่ที่ต้นทุนที่เพิ่มสูงขึ้น

เนื่องจากผลิตภัณฑ์หลักของโรงงานนาร่อง เป็นการผลิตเครื่องสำอางครีมทาผิว จึงขอยกตัวอย่างกระบวนการผลิตครีมทาผิว โดยมีรายละเอียด ดังนี้

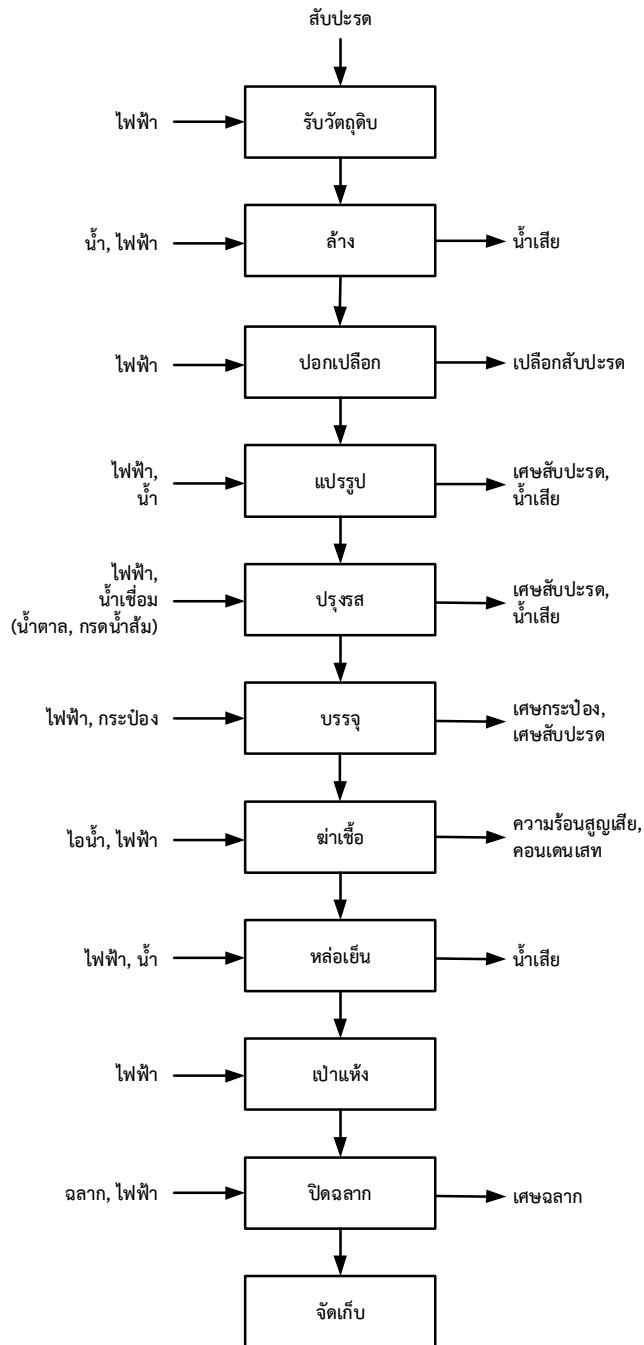


ภาพที่ ก.2 แผนผังแสดงการไหลของมวลและพลังงานของเครื่องสำอางครีมทาผิว

ก.3 กระบวนการผลิตผลไม้กระป๋อง

อุตสาหกรรมแปรรูปผลไม้เป็นอุตสาหกรรมหลักของประเทศไทย ที่มีศักยภาพในการผลิตสูง เนื่องจากสภาพภูมิประเทศที่ตั้งอยู่ในบริเวณที่เป็นป่าเขตร้อน จึงเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้สามารถปลูกผลไม้ที่มีรสชาติโดดเด่น และ เป็นที่ต้องการของตลาดโลก โดยผลผลิตของโรงงานนำร่องเป็นสับปะรดซึ่งเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่มีมูลค่าการส่งออกเป็นอันดับต้นๆ ของประเทศไทย โดยรูปแบบที่ส่งออก คือ การแปรรูปเป็นสับปะรดกระป๋อง มีมูลค่าส่งออกเพิ่มขึ้นสูงอย่างต่อเนื่อง วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตได้แก่ สับปะรดสด ซึ่งพันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทยมี 3 พันธุ์ คือ พันธุ์อินทรีชิด พันธุ์ขาว และ พันธุ์ปัตตาเวีย หรือพันธุ์ศรีราชา โดยประมาณร้อยละ 90 ของเนื้อที่เพาะปลูกสับปะรดในประเทศไทย จะปลูกพันธุ์ปัตตาเวีย เนื่องจากเป็นสับปะรดที่มีคุณภาพเหมาะสมในการบริโภคสดและเป็นวัตถุดิบป้อนโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูป พื้นที่เพาะปลูกที่สำคัญอยู่ในเขต จังหวัด ประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรีและชุมพร นอกจากนี้ยังมีพื้นที่เพาะปลูกในแหล่งอื่นที่สำคัญ ได้แก่ ระยอง ชลบุรี ตราด หนองคาย นครพนม ลำปาง และกาญจนบุรี เป็นต้น

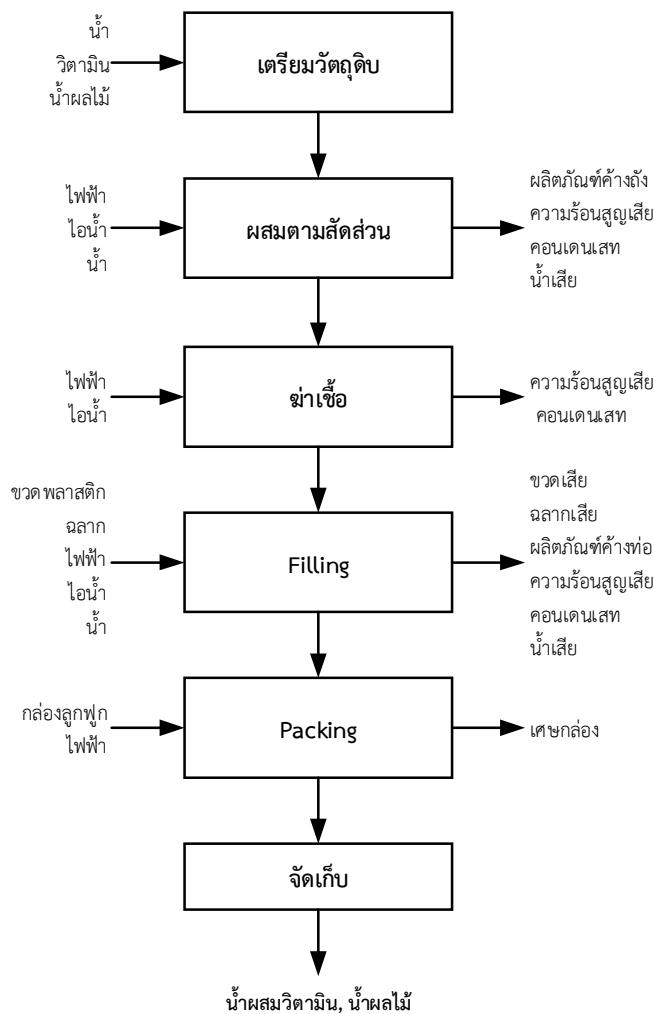
โรงงานจะรับซื้อสับปะรดจากเกษตรกรที่นำมาขายหน้าโรงงานหรือเข้าไปรับซื้อถึงไร่ โดยจะมีการกำหนดราคาซื้อในแต่ละวัน หรืออาจปลูกสับปะรดในพื้นที่ของตนเอง เพื่อบรรเทาปัญหาในช่วงสับปะรดขาดแคลนและเพื่อควบคุมคุณภาพให้ได้ตามความต้องการ โดยโรงงานส่วนใหญ่จะทำการผลิตภัณฑ์ตามคำสั่งซื้อของลูกค้า โดยสามารถนำสับปะรดสดมาแปรรูปเป็นสับปะรดแบบต่างๆ เช่น สับปะรดแว่น สับปะรดชิ้นใหญ่ หรือ น้ำสับปะรดเข้มข้น เป็นต้น การผลิตสับปะรดกระป๋องจะใช้วัตถุดิบที่สำคัญคือ สับปะรดสดและวัตถุดิบประกอบอื่นๆ เช่น น้ำตาลทราย กรดน้ำส้ม กระป๋อง และกล่องกระดาษ เป็นต้น โรงงานผลิตสับปะรดกระป๋องเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้แรงงานมาก โดยเฉพาะในส่วนของ การตากแต่ง สับปะรด และ การควบคุมน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ ในกระบวนการผลิตจะมีการวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีเพื่อกำหนดคุณภาพในระหว่างกระบวนการผลิต โดยค่าที่นิยมใช้วัดค่าคือ ค่าระดับความหวาน ($^{\circ}$ Brix) ซึ่งเป็นมาตรฐานของรสชาติ การถนอมอาหาร และ การผลิตสินค้าให้ได้ตรงตามมาตรฐานกำหนด



ภาพที่ ก.3 แผนผังแสดงการไหลของมวลและพลังงานกลุ่มผลไม้กระป๋อง (สับปะรด)

ก.4 กระบวนการผลิตเครื่องดื่มจากผลไม้

กระบวนการผลิตเครื่องดื่มจากผลไม้ จะเริ่มจากการเตรียมวัตถุดิบ นำวัตถุดิบ เช่นน้ำตาลกลูโคสและหัวเชื้อตามสูตรที่จะผลิต แล้วทำการผสมวัตถุดิบ โดยใช้ Mixer Tank ที่อุณหภูมิประมาณ 80 -120 °C จากนั้น จึงทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิประมาณ 200 °C ผ่าน Plate Heat Exchanger เข้ากระบวนการบรรจุ (Filling) และทำฉลาก (Packing) โดยมีการใช้ไอน้ำพ่นที่อุณหภูมิประมาณ 150 °C ทำการบรรจุและจัดเก็บ เพื่อรอการขนส่ง ต่อไป

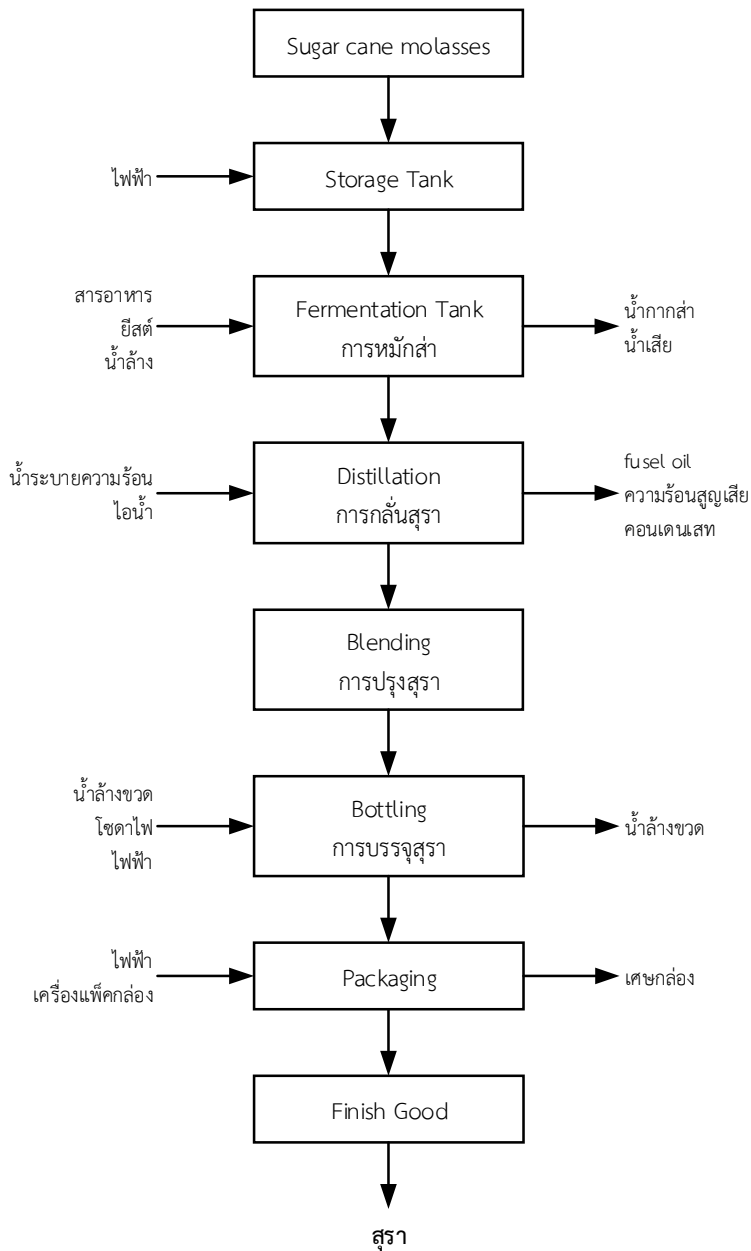


ภาพที่ ก.4 แผนผังแสดงการไหลของมวลและพลังงานกลุ่มเครื่องดื่มจากผลไม้

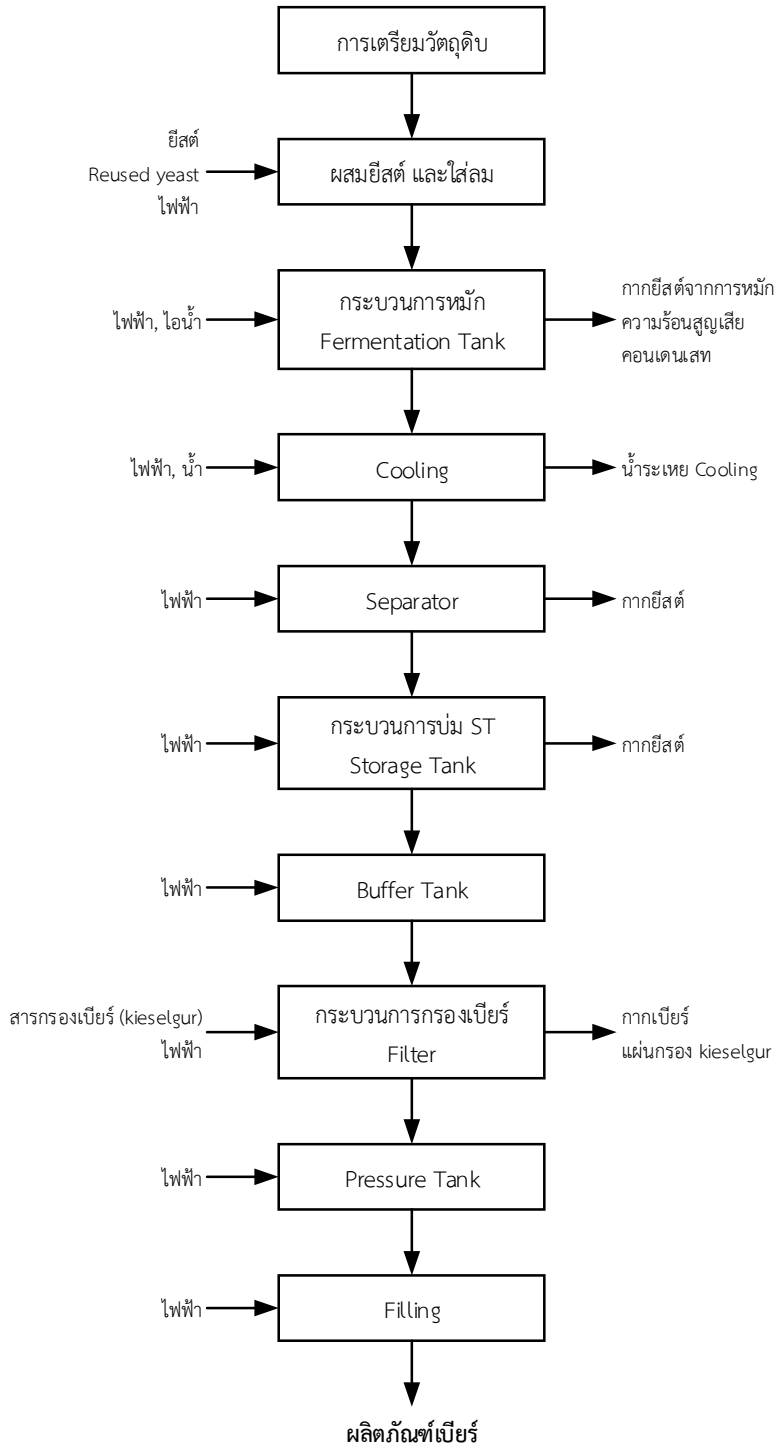
ก.5 กระบวนการผลิตเครื่องตี๋มแอลกอฮอล์

อุตสาหกรรมอาหารเครื่องตี๋มโดยรวมของไทยในปี พ.ศ. 2562-2564 มีแนวโน้มขยายตัวแต่มีอัตราการเติบโตไม่สูงนัก เนื่องจากตลาดเครื่องตี๋มสำคัญภายในประเทศ (ทั้งน้ำอัดอากาศ เครื่องตี๋มบำรุงกำลัง เบียร์ และสุรา สัดส่วนรวมกันประมาณ 90% ของปริมาณจำหน่ายทั้งหมด) เริ่มเข้าสู่ภาวะอิ่มตัวหลังพฤติกรรมของผู้บริโภคมีความใส่ใจในสุขภาพมากขึ้น อีกทั้งปัจจุบันทางภาครัฐมีมาตรการต่าง ๆ เพื่อลดอัตราการบริโภคเครื่องตี๋มกลุ่มที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพหรือมีผลข้างเคียงต่อสุขภาพ เช่น เครื่องตี๋มแอลกอฮอล์ เครื่องตี๋มที่มีส่วนผสมน้ำตาลสูง เป็นต้น ส่วนตลาดส่งออก (สัดส่วน 10%) คาดว่าจะเติบโตได้อย่างจำกัดเป็นผลจากการที่ผู้ผลิตเครื่องตี๋มไทยหันไปขยายการลงทุนผลิตเครื่องตี๋มในประเทศมีเป้าหมายในตลาดส่งออกแทน เพื่อลดต้นทุนและเพิ่มศักยภาพในการทำตลาดในประเทศคู่ค้า ซึ่งจะมีผลให้ผู้ผลิตเครื่องตี๋มของไทยทยอยรับรู้รายได้จากฐานผลิตในต่างประเทศเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ คาดว่าความต้องการบริโภคในประเทศในช่วงปี พ.ศ. 2562-2564 จะกลับมาเติบโตเฉลี่ย 2-4% ต่อปีตามภาวะเศรษฐกิจโดยรวมที่ขยายตัวต่อเนื่องและอานิสงส์จากการเร่งทำตลาดในช่วงที่มีการจัดมหกรรมกีฬาสำคัญช่วยกระตุ้นยอดจำหน่ายผ่านช่องทางร้านอาหาร และสถานบันเทิงโดยเฉพาะคราฟท์เบียร์ที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ

เนื่องจากโรจนานำร่อง จะแยกเป็น 2 ประเภทอุตสาหกรรม คือ สุราและเบียร์ ดังนั้น จึงแสดงกระบวนการผลิตของเครื่องตี๋มแอลกอฮอล์ แยกตามกลุ่มอุตสาหกรรม ดังภาพที่ ก.5 และ ก.6 ดังนี้



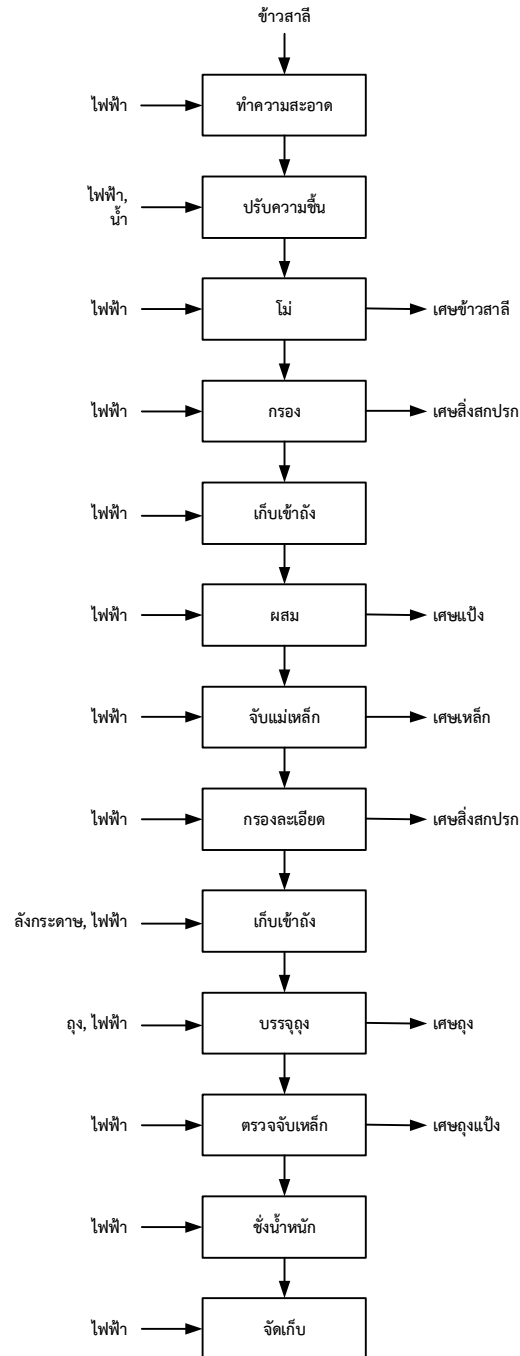
ภาพที่ ก.5 แผนผังแสดงการไหลของมวลและพลังงานของเครื่องต้มแอลกอฮอล์ (สุรา)



ภาพที่ ก.6 แผนผังแสดงการไหลของมวลและพลังงานของเครื่องต้มแอลกอฮอล์ (เบียร์)

ก.6 กระบวนการแปรงสาธิต

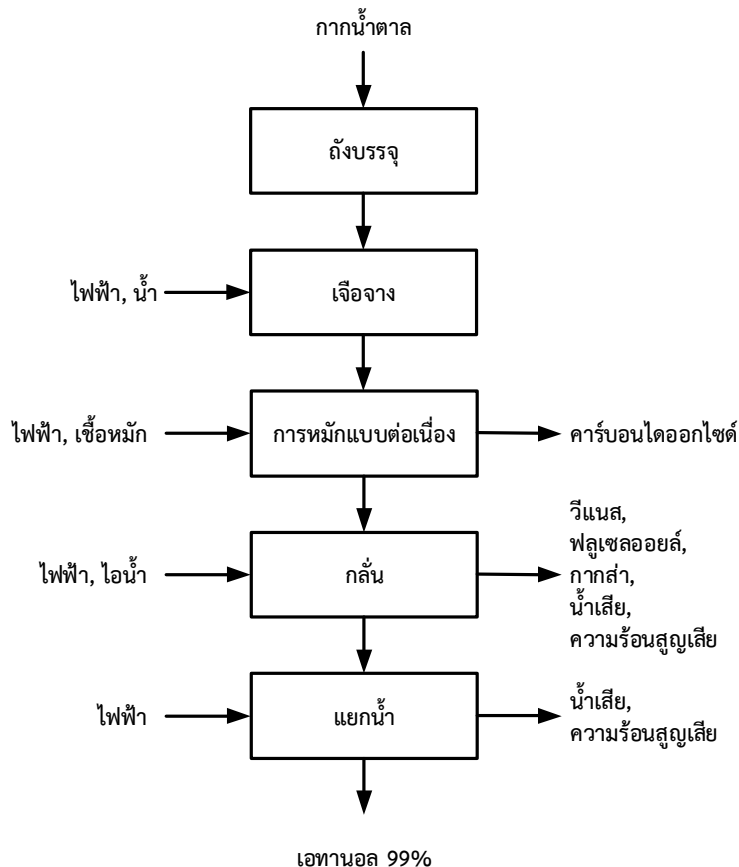
อุตสาหกรรมผลิตแปรงสาธิต เริ่มจาก ทำความสะอาดวัตถุดิบ ปรับความชื้น ไม่ร้อนและกรองแปรงสาธิตตามเกรด แล้วเก็บรักษาเพื่อรอส่งให้ลูกค้า โดยมีลักษณะของการไหลของมวลและพลังงานดังนี้



ภาพที่ ก.7 แผนผังการไหลของมวลและพลังงานของแป้งสารี

ก.7 กระบวนการผลิตเอทานอล

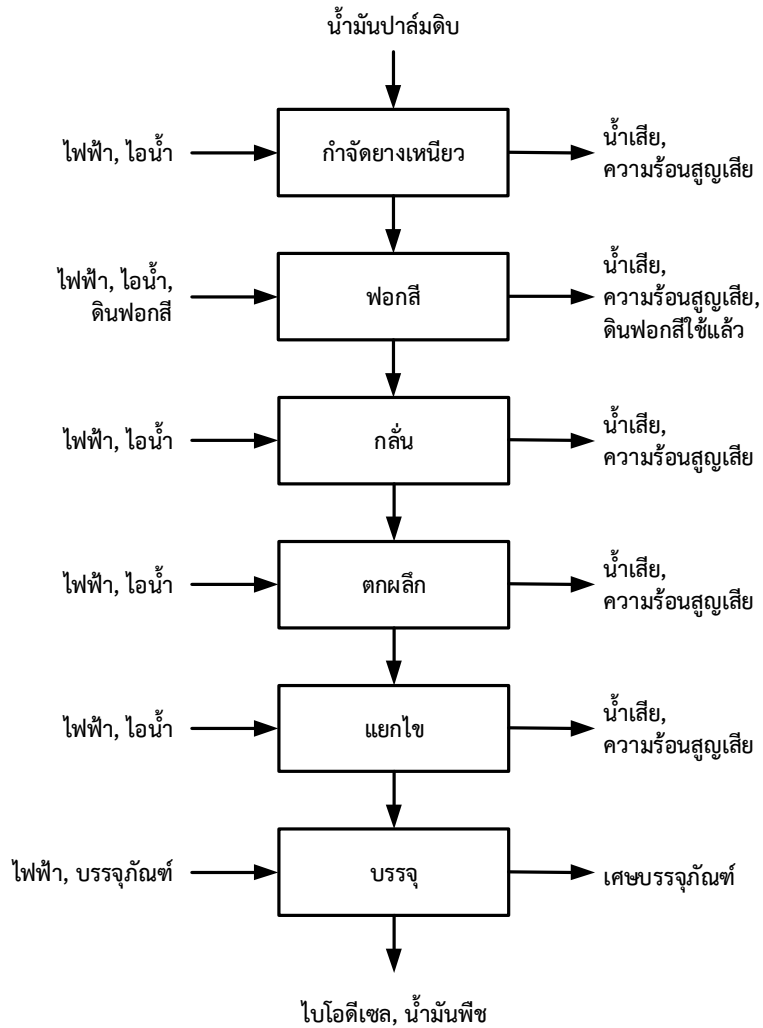
อุตสาหกรรมเอทานอล (Ethanol) หรือเอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl Alcohol) เป็นแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่งซึ่งเกิดจากการหมักกากน้ำตาลหรือพืชจำพวกแป้ง มีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสี มีคุณสมบัติติดไฟง่าย และสามารถละลายได้ทั้งในน้ำและสารละลายอินทรีย์อื่นๆ จึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายตามเกรดของ โดยกระบวนการจะเริ่มจากการรับวัตถุดิบเป็นน้ำสำหรับธัญพืช แล้วมาทำการหมัก บ่ม จากนั้นจึงส่งเข้าสู่หอกลั่น แล้วอาจทำการเก็บ บ่ม หอ เพื่อผลิตแอลกอฮอล์เกรดอุตสาหกรรมและเกรดเครื่องดื่ม จากนั้น จึงทำการแยกน้ำ โดยการกำจัดน้ำออกจากแอลกอฮอล์ 95% เพื่อที่จะให้ได้เอทานอลที่มีความบริสุทธิ์สูงถึง 99.8%



ภาพที่ ก.8 แผนผังการไหลของมวลและพลังงานของเอทานอล

ก.8 กระบวนการผลิตน้ำมันพืชและไบโอดีเซล

อุตสาหกรรมผลิตน้ำมันพืชและไบโอดีเซล เป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญ เนื่องจากไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงทดแทนเชื้อเพลิงประเภทดีเซล ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบจากธรรมชาติ และถือว่าเป็นพลังงานสะอาดที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้ไบโอดีเซลสามารถผลิตได้จากการนำน้ำมันจากพืชหรือไขมันสัตว์ เข้าสู่กระบวนการผลิตทางเคมีที่เรียกว่า ทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน (Transesterification) โดยทำปฏิกิริยากับเมทานอลและมีด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จะได้ผลิตผลเป็นไบโอดีเซลและมีผลิตภัณฑ์พลอยได้เป็นกลีเซอรินดิบ (Crude Glycerin) ซึ่งสามารถนำไปกลั่นเป็นกลีเซอรินบริสุทธิ์ เพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นสำคัญ ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น การผลิตสบู่ ยา และเครื่องสำอาง เป็นต้น กระบวนการผลิตจะเป็นการนำวัตถุดิบ รับน้ำมันดิบเข้ามา ผ่านกระบวนการกำจัดยางเหนียวเพื่อดึงสิ่งสกปรกที่ปนมาออก หลังจากกำจัดยางเหนียว ใช้แป้งฟอกสีเพื่อฟอกสีและแยกน้ำมันออกจากแป้งฟอกสี น้ำมันที่แยกจากกระบวนการฟอกสีจะเข้าไปที่หอกลั่นเพื่อดึงสีและดึงกลี้น น้ำมันที่ผ่านกระบวนการกลั่นจะถูกนำไปให้ตกผนึกเพื่อทำการแยกไข เพื่อผลิตน้ำมันพืช และทำน้ำมันไบโอดีเซล น้ำมันพืชจะถูกนำไปบรรจุเพื่อส่งมอบให้ลูกค้า โดยมีลักษณะของการไหลของมวลและพลังงานดังนี้



ภาพที่ ก.9 แผนผังการไหลของมวลและพลังงานของน้ำมันพืชและไบโอดีเซล

ภาคผนวก ข

รายละเอียดการคำนวณการประยุกต์วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต
และการป้องกันมลพิษไปปฏิบัติใช้จริง

ข.1 การเปลี่ยนเครื่องเติมน้ำเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์

ตาราง ข.1 รายละเอียดวิธีการคำนวณการเปลี่ยนเครื่องเติมน้ำเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
ก่อนปรับปรุง				
1	ปริมาณการผลิตต่อวัน (P_1)	102,297.00	กิโลกรัมต่อวัน	การผลิตโรงงาน
2	มูลค่าผลิตภัณฑ์ (P_c)	18.2	บาทต่อกิโลกรัม	จัดซื้อโรงงาน
3	จำนวนวันทำงาน (D)	312	วันต่อปี	ข้อมูลจากโรงงาน
หลังปรับปรุง				
4	ปริมาณการผลิตที่เพิ่มขึ้น (P_2)	306.89	กิโลกรัมต่อวัน	การผลิตโรงงาน
5	คิดเป็นปริมาณการผลิตที่เพิ่มขึ้นหลังปรับปรุง ($P_{save} = P_2 \times D$)	95,749.99	กิโลกรัมต่อปี	ผลการคำนวณ
ผลประโยชน์				
6	มูลค่าที่ประหยัดได้ ($M_{save} = P_{save} \times P_c$)	1,742,649.85	บาทต่อปี	ผลการคำนวณ
7	เงินลงทุน (Inv)	1,200,000.00	บาท	จัดซื้อโรงงาน
8	ระยะเวลาคืนทุน ($PB = Inv/M_{save}$)	0.69	ปี	ผลการคำนวณ
9	ค่า Emission factor ของปัจจัยหลักข้าวสาลี (EF)	0.5900	kgCO ₂ eq/กิโลกรัม	อบก.
10	ปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า $CO_2 Eq. = EF \times P_{save}$		kgCO ₂ eq	ผลการคำนวณ

*ไม่พิจารณาการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่ลดลงเนื่องจากการเพิ่มประสิทธิภาพด้านคุณภาพในการผลิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งไม่ส่งผลให้ปริมาณผลิตภัณฑ์เพิ่มหรือลดลง

ข.2 การลดปริมาณของเสียหล่นจากสายพานลำเลียง

ตาราง ข.2 รายละเอียดวิธีการคำนวณ การลดปริมาณของเสียหล่นจากสายพานลำเลียง

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
ก่อนปรับปรุง				
1	ปริมาณของเสียต่อวัน (P_{loss1})	16.33	กิโลกรัมต่อวัน	ของเสียโรงงาน
2	มูลค่าผลิตภัณฑ์ (P_c)	42.93	บาทต่อกิโลกรัม	จัดซื้อโรงงาน
3	จำนวนวันทำงาน (D)	320	วันต่อปี	ข้อมูลจากโรงงาน
หลังปรับปรุง				
4	ปริมาณของเสียต่อวัน (P_{loss2})	0.83	กิโลกรัมต่อวัน	ของเสียโรงงาน
ผลประโยชน์				
5	ปริมาณของเสียที่ประหยัดได้ ($P_{save} = P_{loss1} - P_{loss2}$)	15.5	กิโลกรัมต่อวัน	ของเสียโรงงาน
6	คิดเป็นปริมาณของเสียลดลง ($P_{save} \times D$)	4,960.00	กิโลกรัมต่อปี	ผลการคำนวณ
7	มูลค่าที่ประหยัดได้ ($M_{save} = P_{save} \times P_c$)	212,932.80	บาทต่อปี	ผลการคำนวณ
8	เงินลงทุน (Inv)	100,000.00	บาท	จัดซื้อโรงงาน
9	ระยะเวลาคืนทุน ($PB = Inv/M_{save}$)	0.47	ปี	ผลการคำนวณ

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยลดลง = 1,625.39 กิโลกรัม CO₂eq ต่อปี

$$CO_2 Eq. = EF \times P_{save}$$

(ค่า Emission factor (EF) ของวัตถุบับปะรด = 0.3277 กิโลกรัม CO₂eq ต่อกิโลกรัม)

ข.3 การตั้งผลิตภัณฑ์ค้ำท่อมาบรรจุใหม่

ตาราง ข.3 รายละเอียดวิธีการคำนวณ การตั้งผลิตภัณฑ์ค้ำท่อมาบรรจุใหม่

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
ก่อนปรับปรุง				
1	คิดเป็นปริมาตรที่ผลิตภัณฑ์ค้ำท่อ (M_{LOSS})	49	ลิตร/วัน	การสำรวจ
2	จำนวนวันทำงานที่ผลิต (d)	300	วัน/ปี	ข้อมูลจากโรงงาน
3	คิดเป็นผลิตภัณฑ์ค้ำท่อรวม ($M_{L-Total}$) $M_{L-Total} = M_{LOSS} \times d$	14,700.00	ลิตร/ปี	การคำนวณ
4	ปริมาณน้ำในการ CIP ไลน์ผลิต ก่อนปรับปรุง (V_{W-PRE})	1,200.00	ลิตร/วัน	
5	ปริมาณน้ำใช้ในการ CIP ไลน์ผลิต (M_{W-CIP}) $M_{W-PRE} = V_{W-PRE} \times d / 1,000$	360.00	ลบ.ม./ปี	การคำนวณ
หลังปรับปรุง				
ดำเนินการติดตั้ง Ball Pump ในการไล่ผลิตภัณฑ์ค้ำท่อเข้าเครื่องบรรจุ ก่อน CIP ไลน์ผลิต				
6	สัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่สามารถดึงกลับได้ (%Ur)	90.00	%	ค่าพิกัด
7	ปริมาณผลิตภัณฑ์ค้ำท่อที่สามารถดึงกลับได้ ($M_{L-Reuse}$) $M_{L-Reuse} = \%Ur$	13,230.00	ลิตร/ปี	ผลการตรวจวัด
8	ปริมาณน้ำในการ CIP ไลน์ผลิต หลังปรับปรุง (V_{W-POST})	850.00	ลิตร/วัน	
9	ปริมาณน้ำใช้ในการ CIP ไลน์ผลิต (M_{W-POST}) $M_{W-POST} = V_{W-POST} \times d / 1,000$	255.00	ลบ.ม./ปี	การคำนวณ
ผลประโยชน์				
10	ปริมาณผลิตภัณฑ์ค้ำท่อที่สามารถดึงกลับได้ ($M_{L-Reuse}$)	13,230.00	ลิตร/ปี	การคำนวณ
11	ต้นทุนผลิตภัณฑ์ที่ค้ำท่อ ($C_{E-MLOSS}$)	100.00	บาท/ลิตร	ข้อมูลจากโรงงาน
12	มูลค่าผลิตภัณฑ์ค้ำท่อที่ดึงกลับมาบรรจุได้ (M_{SAVE}) $M_{SAVE} = M_{L-Reuse} \times C_{E-MLOSS}$	1,323,000.00	บาท/ปี	การคำนวณ
13	ปริมาณน้ำประหยัดได้ (M_{W-SAVE}) $M_{W-SAVE} = M_{W-PRE} - M_{W-POST}$	105.00	ลบ.ม./ปี	การคำนวณ
14	ต้นทุนค่าน้ำในการ CIP ไลน์ผลิต (C_{E-W})	25.00	ลบ.ม./ปี	ข้อมูลจากโรงงาน
15	คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ $M_{SAVE} = E_{SAVE} \times C_{E-W}$	2,625.00	บาท/ปี	ผลการคำนวณ
16	รวมมูลค่าที่สามารถประหยัดได้	1,325,625.00	บาท/ปี	ผลการคำนวณ
17	ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยลดลง $CO_2eq_{รวม} = EF_M \times M_{SAVE} + EF_W \times M_{W-SAVE}$ (ค่า EF_M ของ SORBITOL LIQ = 1.2381 kgCO ₂ eq/kg) (ค่า EF_W ของน้ำ = 0.9697 kgCO ₂ eq/ลบ.ม.)	16,380.06	kgCO ₂ eq/ปี	ผลการคำนวณ

ข.4 การเปลี่ยนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

ตาราง ข.4 รายละเอียดวิธีการคำนวณ การเปลี่ยนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
สถานะก่อนปรับปรุง				
มอเตอร์ขนาด 30 kW				
1	ขนาดพิกัดมอเตอร์ (P_1)	30	kW	ค่าพิกัด
2	ค่าตรวจวัดมอเตอร์ (W_1)	25.2	kW	ผลการตรวจวัด
3	ประสิทธิภาพ (Eff_1)	89.9	%	ค่าประเมิน
4	จำนวนระบบ (n_1)	2	ชุด	ข้อมูลโรงงาน
5	จำนวนชั่วโมงเปิดใช้งาน (UT_1)	8,760	h/y	ข้อมูลโรงงาน
6	เปอร์เซ็นต์การใช้งาน (UF_1)	100	%	ผลการตรวจวัด
7	ระดับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ก่อนปรับปรุง ($E_{PRE1} = W_1 \times n_1 \times UT_1 \times UF_1$)	441,504.00	kWh/y	การคำนวณ
มอเตอร์ขนาด 7.5 kW				
1	ขนาดพิกัดมอเตอร์ (P_2)	7.5	kW	ค่าพิกัด
2	ค่าตรวจวัดมอเตอร์ (W_2)	6.28	kW	ผลการตรวจวัด
3	ประสิทธิภาพ (Eff_2)	86	%	ค่าประเมิน
3	จำนวนระบบ (n_2)	2	ชุด	ข้อมูลโรงงาน
4	จำนวนชั่วโมงเปิดใช้งาน (UT_2)	8,760	h/y	ข้อมูลโรงงาน
5	เปอร์เซ็นต์การใช้งาน (UF_2)	100	%	ผลการตรวจวัด
6	ระดับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ก่อนปรับปรุง ($E_{PRE2} = W_2 \times n_2 \times UT_2 \times UF_2$)	110,025.60	kWh/y	การคำนวณ
7	ระดับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้รวม ก่อนปรับปรุง ($E_{PRE} = E_{PRE1} + E_{PRE2}$)	551,529.60	kWh/y	การคำนวณ
สถานะหลังปรับปรุง				
มอเตอร์ขนาด 30 kW				
1	ขนาดพิกัดมอเตอร์ (P_{1POST})	30	kW	ค่าพิกัด
2	ประสิทธิภาพ (Eff_{1POST})	92.3	%	ค่าพิกัด
3	พลังไฟฟ้าที่ใช้ของมอเตอร์ หลังปรับปรุง ($W_{1POST} = W_1 \times Eff_1 / Eff_{1POST}$)	24.54	kW	การคำนวณ
4	ระดับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ หลังปรับปรุง ($E_{POST1} = W_{1POST} \times n_1 \times UT_1 \times UF_1$)	429,940.80	kWh/y	การคำนวณ
มอเตอร์ขนาด 7.5 kW				
1	ขนาดพิกัดมอเตอร์ (P_{2POST})	7.5	kW	ค่าพิกัด

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
2	ประสิทธิภาพ (Eff _{2POST})	92.3	%	ค่าที่กีด
3	พลังไฟฟ้าที่ใช้ของมอเตอร์ หลังปรับปรุง (W _{2POST} = W ₂ × Eff ₂ / Eff _{2POST})	5.85	kW	การคำนวณ
4	ระดับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ หลังปรับปรุง (E _{POST2} = W _{2POST} × n ₂ × UT ₂ × UF ₂)	102,492.00	kWh/y	การคำนวณ
5	ระดับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้รวม หลังปรับปรุง (E _{POST} = E _{POST1} + E _{POST2})	532,432.80	kWh/y	การคำนวณ
สรุปผลประหยัดและการลงทุน				
1	ระดับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ก่อนปรับปรุง (E _{PRE})	551,529.60	kWh/y	การคำนวณ
2	ระดับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ หลังปรับปรุง (E _{POST})	532,432.80	kWh/y	การคำนวณ
3	ระดับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ประหยัดได้ (E _{SAVE} = E _{PRE} - E _{POST})	19,096.80	kWh/y	การคำนวณ
4	อัตราค่าพลังงานไฟฟ้า (C _E)	3.76	บาท/kWh	จากบิลค่าไฟ
5	คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ (M _{Save} = E _{SAVE} × C _E)	71,803.97	บาท/ปี	ผลการคำนวณ
6	เงินลงทุน (Inv)	391,500.00	บาท	ผลการคำนวณ
7	ระยะเวลาคืนทุน (PB = Inv/M _{Save})	5.45	ปี	ผลการคำนวณ
8	ค่า Emission factor ของไฟฟ้า (EF)	0.4999	kgCO ₂ eq/kWh	อบก.
9	ลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ CO ₂ Eq. = EF × E _{SAVE}	9,546.49	kgCO ₂ eq/ปี	ผลการคำนวณ

ข.5 การลดเวลาการใช้ และลดพื้นที่ปรับอากาศ

ตาราง ข.5 รายละเอียดวิธีการคำนวณ การลดเวลาการใช้ และลดพื้นที่ปรับอากาศ

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
การลดเวลาการใช้ และลดพื้นที่ปรับอากาศ ก่อนปรับปรุง				
1	พิกัดท่าความเย็น (TR _{PRE})	48,000.00	บีทียู	ค่าพิกัด
2	ค่าประสิทธิภาพหรือสมรรถนะ (Eff _{PRE})	1.35	กิโลวัตต์/ตัน	ผลการตรวจวัด
3	จำนวนเครื่องปรับอากาศที่ปรับปรุง (N ₁)	3	เครื่อง	ข้อมูลสำรวจ
4	พิกัดกำลังไฟฟ้า (P _{PRE})	16.2	กิโลวัตต์	ผลการตรวจวัด
5	ชั่วโมงในการทำงานเฉลี่ย (h)	24	ชั่วโมง/วัน	ข้อมูลจากโรงงาน
6	จำนวนวันทำงาน (d)	300	วัน/ปี	ข้อมูลจากโรงงาน
7	เปอร์เซ็นต์เปิดใช้งาน (UF ₁)	100	%	ข้อมูลโรงงาน
8	เปอร์เซ็นต์การทำงาน (LF ₁)	75	%	ผลการตรวจวัด

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
9	ระดับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ก่อนปรับปรุง ($E_{PRE} = P_{PRE} \times h \times d \times UF_1 \times LF_1$)	87,480.00	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	การคำนวณ
การลดเวลาการใช้ และลดพื้นที่ปรับอากาศ หลังปรับปรุง				
1	พิกัดกำลังไฟฟ้า (P_{POST1})	16.2	กิโลวัตต์	ผลการตรวจวัด
2	ชั่วโมงในการใช้งานเฉลี่ย (h)	6	ชั่วโมง/วัน	ข้อมูลจากโรงงาน
3	จำนวนวันทำงาน (d)	300	วัน/ปี	ข้อมูลจากโรงงาน
4	เปอร์เซ็นต์เปิดใช้งาน (UF_1)	100	%	ข้อมูลโรงงาน
5	เปอร์เซ็นต์การทำงาน (LF_1)	75	%	ผลการตรวจวัด
6	ระดับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จากการลดเวลา ($E_{POST1} = P_{POST1} \times h \times d \times UF_1 \times LF_1$)	21,870.00	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	การคำนวณ
ดำเนินการกันพื้นที่ปรับอากาศสำหรับพนักงานในพื้นที่ผลิต เพื่อลดการเดินเครื่องปรับอากาศชุดใหญ่				
7	พิกัดทำความเย็น (TR_{POST})	9,000	บีทียู	ค่าพิกัด
8	ค่าประสิทธิภาพหรือสมรรถนะ (Eff_{Rate1})	1.05	กิโลวัตต์/ตัน	ผลการตรวจวัด
9	จำนวนเครื่องปรับอากาศที่ปรับปรุง (N_2)	1	เครื่อง	ข้อมูลแนะนำ
10	พิกัดกำลังไฟฟ้า (P_{POST2})	0.79	กิโลวัตต์	ผลการตรวจวัด
11	ชั่วโมงในการใช้งานเฉลี่ย (h)	24	ชั่วโมง/วัน	ข้อมูลจากโรงงาน
12	จำนวนวันทำงาน (d)	300	วัน/ปี	ข้อมูลจากโรงงาน
13	เปอร์เซ็นต์เปิดใช้งาน (UF_2)	100	%	ข้อมูลโรงงาน
14	เปอร์เซ็นต์การทำงาน (LF_2)	55	%	ผลการตรวจวัด
15	ระดับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จากการกันพื้นที่ ($E_{POST2} = P_{POST2} \times h \times d \times UF_2 \times LF_2$)	3,128.40	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	การคำนวณ
16	ระดับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ หลังปรับปรุง ($E_{POST} = E_{POST1} + E_{POST2}$)	24,998.40	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	การคำนวณ
การคำนวณผลประหยัดการลดเวลาการใช้ และลดพื้นที่ปรับอากาศ				
1	ระดับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ประหยัดได้ ($E_{SAVE} = E_{PRE} - E_{POST}$)	62,481.60	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	การคำนวณ
2	อัตราค่าพลังงานไฟฟ้า (C_E)	3.87	บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง	ผลการคำนวณ
3	คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ ($M_{SAVE} = E_{SAVE} \times C_E$)	241,803.79	บาท/ปี	ผลการคำนวณ
4	เงินลงทุน (Inv)	35,800.00	บาท	ผลการประเมิน
5	ระยะเวลาคืนทุน ($PB = Inv/M_{SAVE}$)	0.15	ปี	ผลการคำนวณ
6	ค่า Emission factor ของไฟฟ้า (EF)	0.4999	kgCO ₂ eq/kWh	อบก.
7	ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง CO ₂ eq = EF × E _{SAVE}	31,234.55	kgCO ₂ eq/ปี	ผลการคำนวณ

ข.6 การติดอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบปั้มน้ำ RO

การติดอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบปั้มน้ำ RO สามารถประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง ซึ่งมีรายละเอียดการคำนวณดังต่อไปนี้

ตาราง ข.6 รายละเอียดวิธีการคำนวณ การติดอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบปั้มน้ำ RO

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
ก่อนปรับปรุง				
1	ปั้มน้ำทำงานใช้กำลังไฟฟ้า (W_{pump1})	29.40	kW	ผลการตรวจวัด
2	จำนวนชุดของอุปกรณ์หรือระบบ (QTY)	1	ชุด	ข้อมูลโรงงาน
3	ชั่วโมงการทำงานของระบบต่อปี (Hr)	7,920	ชม./ปี	ข้อมูลโรงงาน
4	ร้อยละการทำงานของระบบ (%LF)	60.0		ข้อมูลโรงงาน
5	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ($En_1 = W_{pump1} \times QTY \times \%LF \times Hr$)	139,708.80	kWh/ปี	การคำนวณ
6	โดยใช้การปรับหรือ valve หรือ damper เพื่อควบคุมอัตราการไหลที่ (m_{pump2})	30	m ³ /h	ผลการตรวจวัด
7	ทดสอบเปิด Valve หรือ Damper เต็มที่ 100% ได้			
8	อัตราการไหลเต็ม (m_{pump1})	34	m ³ /h	ผลการตรวจวัด
9	ใช้กำลังไฟฟ้า (W_{pump1})	29.40	kW	ผลการตรวจวัด
หลังปรับปรุง				
1	ปรับลดอัตราการไหลโดยใช้อุปกรณ์ปรับลดความเร็วรอบจาก อัตราการไหลเต็ม มาที่อัตราการไหลใช้งาน			
2	จากกฎของบีม แทนค่าในสมการปรับลดความเร็วรอบ	0.69		การคำนวณ
3	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ลดลงเหลือ $W_{pump2} = W_{pump1} \times \left(\frac{rpm_2}{rpm_1}\right)^3$	20.20	kW	การคำนวณ
ผลประหยัด				
1	กำลังไฟฟ้าที่ลดได้ $\Delta W = W_{pump1} - W_{pump2}$	9.20	kW	การคำนวณ
2	พลังงานไฟฟ้าที่ลดได้ $\Delta E = \Delta W \times QTY \times \%LF \times Hr$	43,735.42	kWh/ปี	การคำนวณ
3	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เดิม (En_1)	139,708.80	kWh/ปี	การคำนวณ
4	ปริมาณพลังงานที่ประหยัดได้ (ΔE)	43,735.42	kWh/ปี	การคำนวณ
5	คิดเป็นร้อยละ (% $\Delta E = \Delta E / En_1$)	31.30	%	การคำนวณ
6	ราคาพลังงานต่อหน่วย (UC)	3.68	บาท/kWh	บิลค่าไฟฟ้า
7	มูลค่าพลังงานที่ประหยัดได้ ($SC = \Delta E \times UC$)	160,946.36	บาท/ปี	การคำนวณ
8	การลงทุน (I)	318,200.00	บาท	การคำนวณ

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
9	ระยะเวลาคืนทุน (PB = I / SC)	1.98	ปี	การคำนวณ
10	ค่า Emission factor ของไฟฟ้า (EF)	0.4999	kgCO ₂ eq/kWh	อบก.
10	ลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ $CO_2 Eq. = EF \times \Delta E$	21,863.34	kg CO ₂ eq	การคำนวณ

ข.7 การปรับปรุงสายพานลำเลียงเพื่อลดการใช้อากาศอัดเป่าชิ้นงาน

การปรับปรุงสายพานลำเลียงเพื่อลดการใช้อากาศอัดเป่าชิ้นงาน สามารถประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง ซึ่งมีรายละเอียดการคำนวณดังต่อไปนี้

ตาราง ข.7 รายละเอียดวิธีการคำนวณ การปรับปรุงสายพานลำเลียงเพื่อลดการใช้อากาศอัดเป่าชิ้นงาน

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
1	ขนาดรูจ่ายอากาศอัดเทียบเท่า (d)	6	มิลลิเมตร	ข้อมูลตรวจวัด
2	ความดันอากาศอัดที่จุดจ่าย (P)	5	bars	ข้อมูลตรวจวัด
3	ปริมาณอากาศจ่าย ณ จุดจ่าย	0.0257	Kg/s	ผลการคำนวณ
4	กำลังงานในการจ่ายอากาศอัด	7.27	กิโลวัตต์	ผลการคำนวณ
5	จำนวนจุดใช้งาน	1	ชุด	จากการสำรวจ
6	คิดเป็นพลังงานสูญเสียรวม (W ₁)	7.27	กิโลวัตต์	ผลการคำนวณ
7	ชั่วโมงในการทำงานเฉลี่ย (h)	8	ชั่วโมงต่อวัน	ข้อมูลจากโรงงาน
8	จำนวนวันทำงานของระบบ (d)	320	วันต่อปี	ข้อมูลจากโรงงาน
9	ร้อยละการทำงานของระบบ (uf)	90		ข้อมูลจากโรงงาน
10	ระดับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ก่อนปรับปรุง $(E_{PRE} = W_1 \times h \times d \times uf)$	16,750.08	กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี	ผลการคำนวณ
หลังการปรับปรุง ยกเลิกการใช้งานหัวเป่าลม ทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้จากการสูญเสีย				
11	ปริมาณไฟฟ้าที่ประหยัดได้ ($E_{PRE} = E_{save}$)	16,750.08	กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี	ผลการคำนวณ
12	อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (C)	3.98	บาทต่อกิโลวัตต์ ชั่วโมง	บิลค่าไฟฟ้า
13	ปริมาณไฟฟ้าที่ประหยัดได้ คิดเป็นเงิน $(C_{SAVE} = E_{save} \times C)$	66,665.32	บาทต่อปี	การคำนวณ
14	เงินลงทุน (Inv)	ไม่มีเงินลงทุน		จัดซื้อโรงงาน
15	ระยะเวลาคืนทุน (PB = Inv/M _{save})	คืนทุนทันที		
16	ค่า Emission factor ของปัจจัยหลัก	0.4999	kgCO ₂ eq/kWh	อบก.

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
17	ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลง $CO_2eq = EF \times E_{SAVE}$	8,373.36	kgCO ₂ eq	ผลการคำนวณ

ข.8 การปรับปรุงท่อส่งจ่ายอากาศอัด

ตาราง ข.8 รายละเอียดวิธีการคำนวณ การปรับปรุงท่อส่งจ่ายอากาศอัด

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
ก่อนปรับปรุง				
1	ผลตรวจวัดพลังงานที่เครื่องอัดอากาศชุดที่ 1 (W_1)	22.70	กิโลวัตต์	ข้อมูลตรวจวัด
2	ผลตรวจวัดพลังงานที่เครื่องอัดอากาศชุดที่ 2 (W_2)	18.70	กิโลวัตต์	ข้อมูลตรวจวัด
3	รวมพลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศ ($W_t = W_1 + W_2$)	41.40	กิโลวัตต์	ผลการคำนวณ
4	ชั่วโมงการทำงาน (h)	10	ชั่วโมงต่อวัน	ข้อมูลโรงงาน
5	จำนวนวันทำงานของระบบ (d)	320	วันต่อปี	ข้อมูลโรงงาน
6	ร้อยละการทำงานของระบบ (uf)	100.00		ข้อมูลโรงงาน
7	ระดับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ก่อนปรับปรุง ($E_{PRE} = W_t \times h \times d \times uf$)	132,480.00	กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี	ผลการคำนวณ
หลังปรับปรุง				
1	ผลตรวจวัดพลังงานที่เครื่องอัดลม เหล็ก (W_1)	29.10	กิโลวัตต์	ข้อมูลตรวจวัด
2	ชั่วโมงการทำงาน (h)	10	ชั่วโมงต่อวัน	ข้อมูลโรงงาน
3	จำนวนวันทำงานของระบบ (d)	320	วันต่อปี	ข้อมูลโรงงาน
4	ร้อยละการทำงานของระบบ (uf)	100.00		ข้อมูลโรงงาน
5	ระดับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ หลังปรับปรุง ($E_{POST} = W_2 \times h \times d \times uf$)	93,120.00	กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี	ผลการคำนวณ
สรุปผลประหยัด				
1	ปริมาณไฟฟ้าที่ประหยัดได้ คิดเป็น ($E_{SAVE} = E_{PRE} - E_{POST}$)	39,360.00	กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี	ผลการคำนวณ
2	อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (C)	3.98	บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง	บิลค่าไฟฟ้า
3	ปริมาณไฟฟ้าที่ประหยัดได้ คิดเป็นเงิน ($C_{SAVE} = E_{save} \times C$)	156,652.80	บาทต่อปี	ผลการคำนวณ
4	เงินลงทุน (Inv)	20,000.00	บาท	จัดซื้อโรงงาน
5	ระยะเวลาคืนทุน ($PB = Inv/M_{save}$)	0.13	ปี	ผลการคำนวณ
6	ค่า Emission factor (EF) ของปัจจัยหลัก	0.4999	kgCO ₂ eq/kWh	อบก.
7	ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยลดลง $CO_2eq = EF \times E_{SAVE}$	19,676.06	kgCO ₂ eq	ผลการคำนวณ

ข.9 การติดตั้งฉนวนหลังคา

ตาราง ข.9 รายละเอียดวิธีการคำนวณ การติดตั้งฉนวนหลังคา

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
ก่อนปรับปรุง				
1	สถานะการทำงาน			
2	ประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็น (kW/ton)	1.50	kW/ton	ข้อมูลโรงงาน
3	ชั่วโมงการทำงาน (Hr)	3,744	ชม./ปี	ข้อมูลโรงงาน
4	สภาวะอากาศก่อนเข้าเครื่องส่งลมเย็น			
5	อุณหภูมิ (T_1)	100.0	$^{\circ}F$	ค่าตรวจวัด
6	ความชื้นสัมพัทธ์ (RH_1)	50	%RH	ค่าตรวจวัด
7	ตั้งนั้นจากไฮโครเมตรริกซ์ชาร์ท ค่าเอนทาลปี (h_1)	39.31	Btu/lb	ไฮโครเมตรริกซ์ชาร์ท
8	สภาวะอากาศออกจากเครื่องส่งลมเย็น			
9	อุณหภูมิ (T_2)	53.6	$^{\circ}F$	ค่าตรวจวัด
10	ความชื้นสัมพัทธ์ (RH_2)	90	%RH	ค่าตรวจวัด
11	ตั้งนั้นจากไฮโครเมตรริกซ์ชาร์ท ค่าเอนทาลปี (h_2)	13.70	Btu/lb	ไฮโครเมตรริกซ์ชาร์ท
12	ปริมาณการไหลของอากาศผ่านเครื่องส่งลมเย็น (cfm)	7,010	CFM	ค่าตรวจวัด
13	ภาระทำความเย็นรวม ($Q_1 = 4.5 \times cfm \times (h_1 - h_2)$)	807,748.02	Btuh	การคำนวณ
14	คิดเป็นพลังไฟฟ้าที่เครื่องทำน้ำเย็นก่อนปรับปรุง ($W_{comp1} = Q_1 \times kW/ton$)	101.10	kW	การคำนวณ
15	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องทำน้ำเย็น ($En_1 = W_{comp1} \times Hr$)	378,509.69	kWh/ปี	การคำนวณ
หลังปรับปรุง				
1	สภาวะอากาศก่อนเข้าเครื่องส่งลมเย็น			
2	อุณหภูมิ (T_1')	92.0	$^{\circ}F$	ค่าตรวจวัด
3	ความชื้นสัมพัทธ์ (RH_1')	50	%RH	ค่าตรวจวัด
4	ตั้งนั้นจากไฮโครเมตรริกซ์ชาร์ท ค่าเอนทาลปี (h_1')	32.16	Btu/lb	ไฮโครเมตรริกซ์ชาร์ท
5	สภาวะอากาศออกจากเครื่องส่งลมเย็น			
6	อุณหภูมิ (T_2')	45.6	$^{\circ}F$	ค่าตรวจวัด
7	ความชื้นสัมพัทธ์ (RH_2')	50	%RH	ค่าตรวจวัด
8	ตั้งนั้นจากไฮโครเมตรริกซ์ชาร์ท ค่าเอนทาลปี (h_2')	10.52	Btu/lb	ไฮโครเมตรริกซ์ชาร์ท

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
9	ปริมาณการไหลของอากาศผ่านเครื่องส่งลมเย็น (cfm')	7,010	CFM	ค่าตรวจวัด
10	ภาระทำความเย็นรวม ($Q_1 = 4.5 \times \text{cfm}' \times (h_1' - h_2')$)	682,571.49	Btuh	การคำนวณ
11	คิดเป็นพลังไฟฟ้าที่เครื่องทำน้ำเย็นก่อนปรับปรุง ($W_{\text{comp2}} = Q_2 \times \text{kW/ton}$)	85.43	kW	การคำนวณ
12	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องทำน้ำเย็น ($En_2 = W_{\text{comp2}} \times \text{Hr}$)	319,852.12	kWh/ปี	การคำนวณ
สรุปผลประหยัด				
1	ร้อยละผลประหยัดที่เกิดขึ้น ($\%En_{\text{save}} = (En_1 - En_2) / En_1$)	15.50	%	การคำนวณ
2	พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ ($En_{\text{save}} = \%En_{\text{save}} \times En_1$)	58,657.56	kWh/ปี	การคำนวณ
3	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เดิม (En_1)	378,509.69	kWh/ปี	การคำนวณ
4	ปริมาณพลังงานที่ประหยัดได้ (En_{save})	58,657.56	kWh/ปี	การคำนวณ
5	คิดเป็นร้อยละ ($\%En_{\text{save}}$)	15.5%	%	การคำนวณ
6	ราคาพลังงานต่อหน่วย (UC)	4.16	บาท/kWh	บิลค่าไฟฟ้า
7	มูลค่าพลังงานที่ประหยัดได้ ($SC = En_{\text{save}} \times UC$)	244,015.46	บาท/ปี	
8	การลงทุน (I)	120,000.00	บาท	การคำนวณ
9	ระยะเวลาคืนทุน ($PB = I/SC$)	0.49	ปี	
10	ค่า Emission factor (EF) ของปัจจัยหลัก	0.4999	kgCO ₂ eq/kWh	อบก.
11	ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลง $CO_{2\text{eq}} = EF \times En_{\text{SAVE}}$	29,322.92	kgCO ₂ eq	ผลการคำนวณ

ข.10 การติดตั้ง Pressure regulator เพื่อลดแรงดันอากาศอัด

ตาราง ข.10 รายละเอียดวิธีการคำนวณการติดตั้ง Pressure regulator เพื่อลดแรงดันอากาศอัด

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
การติดตั้ง Pressure regulator เพื่อลดแรงดันอากาศอัด ก่อนปรับปรุง				
1	อัตราการผลิตลมอัดของเครื่องอัดอากาศ (I_{RATE})	198.00	ลิตร/วินาที	ข้อมูลจากโรงงาน
2	พิกัดกำลังไฟฟ้าเครื่องอัดอากาศ (kW_{Rated})	79.00	กิโลวัตต์	ข้อมูลจากโรงงาน
3	สมรรถนะเครื่องอัดอากาศ ($SPC = kW_{Rated} / I$)	0.40	กิโลวัตต์/ลิตร/วินาที	คำนวณ
4	ปริมาณลมที่ใช้ของท่อเป่า (6.8 bar ท่อลม 2 mm.) (I_{PRE})	5.06	ลิตร/วินาที	อัตราการไหลลมอัด
5	จำนวนจุดที่ใช้งานท่อเป่าทำความสะอาด (N)	10.00	จุด	ข้อมูลตรวจวัด
6	ชั่วโมงในการใช้งานเฉลี่ย (h)	0.50	ชั่วโมง/วัน	ข้อมูลจากโรงงาน
7	จำนวนวันทำงาน (d)	300.00	วัน/ปี	ข้อมูลจากโรงงาน
8	ร้อยละการเปิดใช้งาน (uf)	80.00	%	ข้อมูลตรวจวัด
9	ระดับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ก่อนปรับปรุง $E_{PRE} = SPC \times I_{PRE} \times N \times h \times d \times \%uf$	2,428.80	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	คำนวณ
การติดตั้ง Pressure regulator เพื่อลดแรงดันอากาศอัด หลังปรับปรุง				
1	อัตราการผลิตลมอัดของเครื่องอัดอากาศ (I_{RATE})	198.00	ลิตร/วินาที	ข้อมูลจากโรงงาน
2	ร้อยละการทำงานของระบบ (uf)	100.00	%	ข้อมูลจากโรงงาน
3	พิกัดกำลังไฟฟ้าเครื่องอัดอากาศ (kW_{Rated})	79.00	กิโลวัตต์	ข้อมูลจากโรงงาน
4	สมรรถนะเครื่องอัดอากาศ ($SPC = kW_{Rated} / I$)	0.40	กิโลวัตต์/ลิตร/วินาที	คำนวณ
5	ปริมาณลมที่ใช้ของท่อเป่า (2.5 bar ท่อลม 2 mm.) (I_{PRE})	2.33	ลิตร/วินาที	อัตราการไหลลมอัด
6	จำนวนจุดที่ใช้งานท่อเป่าทำความสะอาด (N)	10.00	จุด	ข้อมูลตรวจวัด
7	ชั่วโมงในการใช้งานเฉลี่ย (h)	0.50	ชั่วโมง/วัน	ข้อมูลจากโรงงาน
8	จำนวนวันทำงาน (d)	300.00	วัน/ปี	ข้อมูลจากโรงงาน
9	ร้อยละการเปิดใช้งาน (uf)	80.00	%	ข้อมูลตรวจวัด
10	ระดับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ หลังปรับปรุง $E_{POST} = SPC \times I_{POST} \times N \times h \times d \times \%uf$	1,118.40	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	คำนวณ
การคำนวณผลประหยัดการติดตั้ง Pressure regulator เพื่อลดแรงดันอากาศอัด				
1	ปริมาณไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (E_{SAVE}) $E_{SAVE} = E_{PRE} - E_{POST}$	1,310.40	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	การคำนวณ
2	อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (C)	4.14	บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง	บิลค่าไฟฟ้า
3	ปริมาณไฟฟ้าที่ประหยัดได้ คิดเป็นเงิน (C_{SAVE}) $C_{SAVE} = E_{SAVE} \times C$	5,425.06	บาท/ปี	การคำนวณ
4	ค่า Emission factor (EF) ของปัจจัยหลัก	0.4999	kgCO ₂ eq/kWh	อบก.
5	ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยลดลง $CO_2eq = EF \times E_{SAVE}$	655.07	kgCO ₂ eq/ปี	การคำนวณ

ข.11 การเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า

ตาราง ข.11 รายละเอียดวิธีการคำนวณการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
การเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง ก่อนปรับปรุง				
1	อัตราการไหลน้ำเย็น (M)	428	GPM	ข้อมูลตรวจวัด
2	อุณหภูมิน้ำเข้าเครื่องทำน้ำเย็น (T _{IN})	53	oF	ข้อมูลตรวจวัด
3	อุณหภูมิน้ำออกเครื่องทำน้ำเย็น (T _{OUT})	46	oF	ข้อมูลตรวจวัด
4	ปริมาณการทำความเย็นเฉลี่ย (TR _{PRE}) $TR_{PRE} = M \times (T_{IN} - T_{OUT}) / 24$	124.83	ตัน	ข้อมูลตรวจวัด
5	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (P _{PRE})	195.30	กิโลวัตต์	ข้อมูลตรวจวัด
6	ค่าประสิทธิภาพหรือสมรรถนะ (P _{PRE} /TR _{PRE})	1.56	กิโลวัตต์/ตัน	ข้อมูลตรวจวัด
7	จำนวนเครื่องทำน้ำเย็น (N)	1	เครื่อง	ข้อมูลจากโรงงาน
8	ชั่วโมงในการใช้งานเฉลี่ย (h)	8	ชั่วโมง/วัน	ข้อมูลจากโรงงาน
9	จำนวนวันทำงาน (d)	300	วัน/ปี	ข้อมูลจากโรงงาน
10	แฟคเตอร์การใช้งาน ก่อนการปรับปรุง (LF _{PRE})	100	%	ข้อมูลจากโรงงาน
11	พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง (E _{PRE}) $E_{PRE} = P_{PRE} \times N \times h \times d \times \%LF_{PRE}$	468,720.00	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	คำนวณ
การเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง หลังปรับปรุง				
1	พิกัดทำความเย็น (TR _{POST})	124.83	ตัน	ข้อมูลตรวจวัด
2	ค่าประสิทธิภาพหรือสมรรถนะ (kW/TR _{POST})	1.10	กิโลวัตต์/ตัน	ข้อมูลตรวจวัด
3	พิกัดกำลังไฟฟ้า (P _{POST})	137.31	กิโลวัตต์	ข้อมูลตรวจวัด
4	จำนวนเครื่องทำน้ำเย็น (N)	1	เครื่อง	ข้อมูลจากโรงงาน
5	ชั่วโมงในการใช้งานเฉลี่ย (h)	8	ชั่วโมง/วัน	ข้อมูลจากโรงงาน
6	จำนวนวันทำงาน (d)	300	วัน/ปี	ข้อมูลจากโรงงาน
7	แฟคเตอร์การใช้งาน ก่อนการปรับปรุง (LF _{POST})	100	%	ข้อมูลจากโรงงาน
8	พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง (E _{POST}) $E_{POST} = P_{POST} \times N \times h \times d \times \%LF_{POST}$	329,551.20	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	คำนวณ
การคำนวณผลประหยัดการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง				
1	กำลังไฟฟ้าวรรณลดลง (P _{SAVE}) $P_{SAVE} = P_{PRE} - P_{POST}$	57.99	กิโลวัตต์	การคำนวณ
2	พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง (E _{SAVE}) $E_{SAVE} = E_{PRE} - E_{POST}$	139,168.80	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	การคำนวณ
3	อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (C)	4.14	บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง	บิลค่าไฟฟ้า

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
4	ปริมาณไฟฟ้าที่ประหยัดได้ คิดเป็นเงิน (C_{SAVE}) $C_{SAVE} = E_{SAVE} \times C$	576,158.83	บาท/ปี	การคำนวณ
5	ค่า Emission factor (EF) ของปัจจัยหลัก	0.4999	kgCO ₂ eq/kWh	อบก.
6	ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยลดลง $CO_2eq = EF \times E_{SAVE}$	69,570.48	kgCO ₂ eq/ปี	การคำนวณ

ข.12 การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างเป็นหลอด LED

ตาราง ข.12 รายละเอียดวิธีการคำนวณ การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างเป็นหลอด LED

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่าง ก่อนปรับปรุง				
1	ชนิดหลอด	HID		จากการสำรวจ
2	ขนาดพิกัดหลอดรวมบัลลาสต์	300.00	วัตต์	ข้อมูลจากโรงงาน
3	จำนวน (N)	175	หลอด	ข้อมูลจากโรงงาน
4	กำลังไฟฟ้ารวมก่อนปรับปรุง (P_{PRE}) $P_{PRE} = W \times N / 1,000$	52.50	กิโลวัตต์	คำนวณ
5	ชั่วโมงในการใช้งานเฉลี่ย (h)	24	ชั่วโมง/วัน	ข้อมูลจากโรงงาน
6	จำนวนวันทำงาน (d)	300	วัน/ปี	ข้อมูลจากโรงงาน
7	แฟคเตอร์การใช้งาน ก่อนการปรับปรุง (LF_{PRE})	100	%	ข้อมูลจากโรงงาน
8	พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง (E_{PRE}) $E_{PRE} = P_{PRE} \times h \times d \times \%LF_{PRE}$	378,000.00	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	คำนวณ
การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่าง หลังปรับปรุง				
1	ขนาดพิกัดหลอด LED (W)	150.00	วัตต์	ข้อมูลจากโรงงาน
2	จำนวน (N)	175	หลอด	ข้อมูลจากโรงงาน
3	กำลังไฟฟ้ารวมหลังปรับปรุง (P_{POST}) $P_{POST} = W \times N / 1,000$	26.25	กิโลวัตต์	คำนวณ
4	ชั่วโมงในการใช้งานเฉลี่ย (h)	24	ชั่วโมง/วัน	ข้อมูลจากโรงงาน
5	จำนวนวันทำงาน (d)	300	วัน/ปี	ข้อมูลจากโรงงาน
6	แฟคเตอร์การใช้งาน หลังการปรับปรุง (LF_{POST})	100	%	ข้อมูลจากโรงงาน
8	พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง (E_{POST}) $E_{POST} = P_{POST} \times h \times d \times \%LF_{POST}$	189,000.00	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	คำนวณ

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
คำนวณผลประหยัดมาตรการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่าง หลังปรับปรุง				
1	กำลังไฟฟ้ารวมลดลง (P_{ST}) $P_{SAVE} = P_{PRE} - P_{POST}$	26.25	กิโลวัตต์	การคำนวณ
2	พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง (E_S) $E_{SAVE} = E_{PRE} - E_{POST}$	189,000.00	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	การคำนวณ
3	อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (C)	3.54	บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง	บิลค่าไฟฟ้า
4	ปริมาณไฟฟ้าที่ประหยัดได้ คิดเป็นเงิน ($C_{SAVE} = E_{SAVE} \times C$)	669,060.00	บาท/ปี	การคำนวณ
5	ค่า Emission factor (EF) ของปัจจัยหลัก	0.4999	kgCO ₂ eq/kWh	อบก.
6	ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อย $CO_2eq = EF \times E_{SAVE}$	94,481.10	kgCO ₂ eq/ปี	การคำนวณ

ข.13 การติดตั้ง Air Blower แทนการใช้อากาศอัดในการเป่าแห้งขวด

ตาราง ข.13 รายละเอียดวิธีการคำนวณ การติดตั้ง Air Blower แทนการใช้อากาศอัดในการเป่าแห้งขวด

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
การติดตั้ง Pressure regulator เพื่อลดแรงดันลมเป่า ก่อนปรับปรุง				
1	อัตราการผลิตลมอัดของเครื่องอัดอากาศ (I_{PRE})	415.00	ลิตร/วินาที	ข้อมูลตรวจวัด
2	พิกัดกำลังไฟฟ้าเครื่องอัดอากาศช่วงโหลด (kW_{PRE})	160.00	กิโลวัตต์	ข้อมูลตรวจวัด
3	สมรรถนะเครื่องอัดอากาศ ($SPC = kW_{PRE} / I$)	0.39	กิโลวัตต์/ลิตร/วินาที	คำนวณ
4	ปริมาณลมที่ใช้ของท่อเป่า (7 bar ท่อลม 2 mm.) (I_{PRE})	5.19	ลิตร/วินาที	อัตราการไหลลมอัด
5	จำนวนจุดที่ใช้งานท่อเป่าทำความสะอาด (N)	15.00	จุด	ข้อมูลสำรวจ
6	ชั่วโมงในการใช้งานเฉลี่ย (h)	24.00	ชั่วโมง/วัน	ข้อมูลจากโรงงาน
7	จำนวนวันทำงาน (d)	300.00	วัน/ปี	ข้อมูลจากโรงงาน
8	ร้อยละการเปิดใช้งาน (uf)	70.00	%	ข้อมูลตรวจวัด
9	ระดับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ก่อนปรับปรุง $E_{PRE} = h \times I_{PRE} \times N \times h \times d \times \%uf$	153,021.96	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	คำนวณ
การติดตั้ง Pressure regulator เพื่อลดแรงดันลมเป่า หลังปรับปรุง				
ดำเนินการติดตั้งปั๊มลม Air Blower ขนาด 10 hp รุ่น CM15 ยี่ห้อ Paxton AT700				
1	พิกัดกำลังไฟฟ้าปั๊มลม Air Blower 4 ชุด (kW_{POST})	25.33	กิโลวัตต์	ข้อมูลจากสเปก
3	ชั่วโมงในการใช้งานเฉลี่ย (h)	24.00	ชั่วโมง/วัน	ข้อมูลจากโรงงาน
4	จำนวนวันทำงาน (d)	300.00	วัน/ปี	ข้อมูลจากโรงงาน

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
5	ร้อยละการเปิดใช้งาน (uf)	70.00	%	ข้อมูลตรวจวัด
6	ระดับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ หลังปรับปรุง $E_{\text{Post}} = \text{kW}_{\text{POST}} \times \% \text{uw} \times h \times d \times \% \text{uf}$	127,663.20	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	คำนวณ
การติดตั้ง Pressure regulator เพื่อลดแรงดันลมเป่า ผลประหยัด				
1	ปริมาณไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (E_{SAVE}) $E_{\text{SAVE}} = E_{\text{PRE}} - E_{\text{POST}}$	25,358.76	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	การคำนวณ
2	อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (C)	3.54	บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง	บิลค่าไฟฟ้า
3	ปริมาณไฟฟ้าที่ประหยัดได้ คิดเป็นเงิน (C_{SAVE}) $C_{\text{SAVE}} = E_{\text{SAVE}} \times C$	89,770.01	บาท/ปี	การคำนวณ
4	ค่า Emission factor (EF) ของปัจจัยหลัก	0.4999	kgCO ₂ eq/kWh	อบก.
5	ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยลดลง $\text{CO}_2\text{eq} = \text{EF} \times E_{\text{SAVE}}$	12,676.84	kgCO ₂ eq/ปี	การคำนวณ

ข.14 การลดอุณหภูมิขาเข้าเครื่องอัดอากาศ

ตาราง ข.14 รายละเอียดวิธีการคำนวณการลดอุณหภูมิขาเข้าเครื่องอัดอากาศ

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
การลดอุณหภูมิอากาศที่ดูดเข้าเครื่องอัดอากาศ ก่อนปรับปรุง				
1	พิกัดกำลังไฟฟ้าเครื่องอัดอากาศ (kW_{Rated})	160.00	กิโลวัตต์	ข้อมูลจากโรงงาน
2	ค่าคงที่ของอากาศ (R)	0.29	กิโลจูล/กิโลกรัม	
3	ค่าคงที่ (n)	1.30	-	
4	อุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องอัด ก่อนปรับปรุง (T_{PRE})	313.95	เคลวิน	การตรวจวัด
5	ความดันอากาศเข้าเครื่องอัด (P_i)	100.00	กิโลปาสกาล	การตรวจวัด
6	ความดันอากาศออกเครื่องอัด (P_o)	851.33	กิโลปาสกาล	การตรวจวัด
7	พลังงานที่ใช้ในการอัดอากาศ (W_{PRE}) $W_{PRE} = (n/(n-1)) \times R \times T_{PRE} \times ((P_o/P_i)^{n-1/n} - 1)$	249.67	กิโลจูล/กิโลกรัม	คำนวณ
8	พลังไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องอัดอากาศเฉลี่ย P_{PRE}	126.03	กิโลวัตต์	การตรวจวัด
9	ชั่วโมงในการใช้งานเฉลี่ย (h)	24.00	ชั่วโมง/วัน	ข้อมูลจากโรงงาน
10	จำนวนวันทำงาน (d)	300.00	วัน/ปี	ข้อมูลจากโรงงาน
11	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องอัดอากาศ (E_{PRE}) $E_{PRE} = P_{PRE} \times h \times d$	907,416.00	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	คำนวณ
การลดอุณหภูมิอากาศที่ดูดเข้าเครื่องอัดอากาศ หลังปรับปรุง				
1	พิกัดกำลังไฟฟ้าเครื่องอัดอากาศ (kW_{Rated})	160.00	กิโลวัตต์	ข้อมูลจากโรงงาน
2	ค่าคงที่ของอากาศ (R)	0.29	กิโลจูล/กิโลกรัม	
3	ค่าคงที่ (n)	1.30	-	
4	อุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องอัด หลังปรับปรุง (T_{POST})	309.65	เคลวิน	การตรวจวัด
5	ความดันอากาศเข้าเครื่องอัด (P_i)	100.00	กิโลปาสกาล	การตรวจวัด
6	ความดันอากาศออกเครื่องอัด (P_o)	851.33	กิโลปาสกาล	การตรวจวัด
7	พลังงานที่ใช้ในการอัดอากาศหลังจากลดความดัน (W_{POST}) $W_{POST} = (n/(n-1)) \times R \times T_{POST} \times ((P_o/P_i)^{n-1/n} - 1)$	246.25	กิโลจูล/กิโลกรัม	คำนวณ
การลดอุณหภูมิอากาศที่ดูดเข้าเครื่องอัดอากาศ ผลประหยัด				
1	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์พลังงานในการอัดลดลง $W_s = ((W_i - W_{IN})/W_i) \times 100$	1.37	%	คำนวณ
2	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องอัดอากาศลดลง $E_s = E_i \times h \times \%_{Load} \times (W_s/100)$	12,428.38	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	คำนวณ
3	อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (C)	3.54	บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง	บิลค่าไฟฟ้า

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
4	ปริมาณไฟฟ้าที่ประหยัดได้ คิดเป็นเงิน (C_{SAVE}) $C_{SAVE} = E_{SAVE} \times C$	43,996.45	บาท/ปี	การคำนวณ
5	ค่า Emission factor (EF) ของปัจจัยหลัก	0.4999	kgCO ₂ eq/kWh	อบก.
6	ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยลดลง $CO_2eq = EF \times E_{SAVE}$	6,212.95	kgCO ₂ eq/ปี	การคำนวณ

ข.15 การเปลี่ยนรถไฟอร์คลิฟท์สมรรถนะสูง

การเปลี่ยนรถไฟอร์คลิฟท์สมรรถนะสูง สามารถประเมินผลประหยัดจากเชื้อเพลิงที่ลดลง ซึ่งมีรายละเอียดการคำนวณดังต่อไปนี้

ตาราง ข.15 รายละเอียดวิธีการคำนวณการเปลี่ยนรถไฟอร์คลิฟท์สมรรถนะสูง

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
ก่อนปรับปรุง				
1	ชั่วโมงการทำงาน (Pr_1)	3,744.0	ชั่วโมงต่อปี	ข้อมูลโรงงาน
2	รถไฟอร์คลิฟท์ที่ใช้ LPG (WE_1)	3.5	kg/ชั่วโมง	ข้อมูลโรงงาน
3	ชั่วโมงการผลิตต่อวัน (Hr_{D1})	12	ชม./วัน	ข้อมูลโรงงาน
4	จำนวนวันทำงาน (D_1)	312	วัน/ปี	ข้อมูลโรงงาน
5	ร้อยละการทำงานของระบบ (% LF_{E1})	100.00	%	ข้อมูลโรงงาน
6	ปริมาณพลังงานเชื้อเพลิงที่ใช้ ($En_{D1} = WE_1 \times Hr_{D1} \times \%LF_{E1}$)	42	kg/วัน	การคำนวณ
7	($En_1 = En_{D1} \times D_1$)	13,104	kg/ปี	การคำนวณ
8	ดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะ ($SEC_1 = En_1 / Pr_1$)	3.50	kg/ชั่วโมง	การคำนวณ
หลังปรับปรุง				
1	ชั่วโมงการทำงาน (Pr_2)	3,744.0	ชั่วโมงต่อปี	ข้อมูลโรงงาน
2	รถไฟอร์คลิฟท์ที่ใช้ LPG (WE_2)	1.2	kg/ชั่วโมง	ข้อมูลโรงงาน
3	ชั่วโมงการผลิตต่อวัน (Hr_{D2})	12	ชม./วัน	ข้อมูลโรงงาน
4	จำนวนวันทำงาน (D_2)	312	วัน/ปี	ข้อมูลโรงงาน
5	ร้อยละการทำงานของระบบ (% LF_{E2})	100.0%	%	ข้อมูลโรงงาน
6	ปริมาณพลังงานเชื้อเพลิงที่ใช้ ($En_{D2} = WE_2 \times Hr_{D2} \times \%LF_{E2}$)	14.4	kg/วัน	การคำนวณ
7	($En_2 = En_{D2} \times D_2$)	4,493	kg/ปี	การคำนวณ
8	ดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะ ($SEC_2 = En_2 / Pr_2$)	1.20	kg/ชั่วโมง	การคำนวณ

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
สรุปผลประหยัด				
1	ประเมินที่ชั่วโมงการใช้งาน (Pr)	3,744.00	ชั่วโมงต่อปี	ข้อมูลโรงงาน
2	พลังงานที่ใช้ ที่สมรรถนะการใช้งานเดิม ($E_1 = SEC_1 \times Pr$)	13,104	kg	การคำนวณ
3	พลังงานที่ใช้ ที่สมรรถนะการใช้งานใหม่ ($E_2 = SEC_2 \times Pr$)	4,493	kg	การคำนวณ
4	พลังงานที่ประหยัดได้ ($E_{save} = (SEC_1 - SEC_2) \times Pr$)	8,611	kg/ปี	การคำนวณ
5	คิดเป็นร้อยละ (% $E_{save} = E_{save} / E_{n1}$)	65.70	%	การคำนวณ
6	ราคาพลังงานต่อหน่วย (UC)	25.00	บาท/kg	จากบิลค่าเชื้อเพลิง
7	มูลค่าพลังงานที่ประหยัดได้ ($SC = E_{save} \times UC$)	215,280	บาท/ปี	การคำนวณ
8	การลงทุน (I)	750,000	บาท	ข้อมูลโรงงาน
9	ระยะเวลาคืนทุน ($PB = I / SC$)	3.48	ปี	การคำนวณ
10	ค่า Emission factor (EF) ของ LPG	3.1134	kgCO ₂ eq/kg	อบก.
11	ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยลดลง $CO_2eq = EF \times E_{SAVE}$	26,810.11	kgCO ₂ eq/y	การคำนวณ

ข.16 การหุ้มนวนกันความร้อนท่อส่งจ่ายไอน้ำ

การหุ้มนวนกันความร้อนท่อส่งจ่ายไอน้ำ สามารถประเมินพลังงานจากการสูญเสียความร้อนที่ลดลง ซึ่งมีรายละเอียดการคำนวณดังต่อไปนี้

ตาราง ข.16 รายละเอียดวิธีการคำนวณการหุ้มนวนกันความร้อนท่อส่งจ่ายไอน้ำ

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
การหุ้มนวนกันความร้อนท่อส่งจ่ายไอน้ำ ก่อนปรับปรุง				
1	ชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้	LPG	-	ข้อมูลจากโรงงาน
2	ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง LPG (LHV)	50.23	เมกะจูล/กิโลกรัม	ข้อมูลจากโรงงาน
3	ประสิทธิภาพหม้อน้ำ (Eff)	90	%	ข้อมูลจากโรงงาน
4	อัตราการสูญเสียความร้อนก่อนปรับปรุง (W_{PRE})	3,560.00	วัตต์ความร้อน	ข้อมูลตรวจวัด
5	ชั่วโมงในการใช้งานเฉลี่ย (h)	8	ชั่วโมง/วัน	ข้อมูลจากโรงงาน
6	จำนวนวันทำงาน (d)	300	วัน/ปี	ข้อมูลจากโรงงาน
7	ปริมาณความร้อนสูญเสียก่อนปรับปรุง (H_{PRE}) $H_{PRE} = W_{PRE} \times (3,600 \text{ s/h}) \times h \times d \times (1 \text{ MJ}/1,000,000 \text{ J})$	30,758	เมกะจูล/ปี	คำนวณ
8	คิดเป็นปริมาณเชื้อเพลิง (V_{PRE}) $V_{PRE} = H_{PRE} / (LHV \times Eff)$	680	กิโลกรัม/ปี	คำนวณ

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
การหุ้มฉนวนกันความร้อนท่อส่งจ่ายไอน้ำ หลังปรับปรุง				
1	ชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้	LPG	-	ข้อมูลจากโรงงาน
2	ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง LPG (LHV)	50.23	เมกะจูล/กิโลกรัม	ข้อมูลจากโรงงาน
3	ประสิทธิภาพหม้อน้ำ (Eff)	90	%	ข้อมูลจากโรงงาน
4	อัตราการสูญเสียความร้อนก่อนปรับปรุง (W_{POST})	2,200.00	วัตต์ความร้อน	ข้อมูลตรวจวัด
5	ชั่วโมงในการใช้งานเฉลี่ย (h)	8	ชั่วโมง/วัน	ข้อมูลจากโรงงาน
6	จำนวนวันทำงาน (d)	300	วัน/ปี	ข้อมูลจากโรงงาน
7	ปริมาณความร้อนสูญเสียก่อนปรับปรุง (H_{POST}) $H_{POST} = W_{POST} \times (3,600 \text{ s/h}) \times h \times d \times (1 \text{ MJ}/1,000,000 \text{ J})$	19,008	เมกะจูล/ปี	คำนวณ
8	คิดเป็นปริมาณเชื้อเพลิง (V_{POST}) $V_{POST} = H_{POST} / (LHV \times \text{Eff})$	420	กิโลกรัม/ปี	คำนวณ
การคำนวณผลประหยัดการหุ้มฉนวนกันความร้อนท่อส่งจ่ายไอน้ำ				
1	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ ($V_{SAVE} = V_{PRE} - V_{POST}$)	260	กิโลกรัม/ปี	การคำนวณ
2	อัตราค่าเชื้อเพลิงเฉลี่ย (C)	30.23	บาท/กิโลกรัม	บิลเชื้อเพลิง
3	ปริมาณไฟฟ้าที่ประหยัดได้ คิดเป็นเงิน ($C_{SAVE} = E_{SAVE} \times C$)	7,857.51	บาท/ปี	การคำนวณ
4	ค่า Emission factor (EF) ของ LPG	3.1134	kgCO ₂ eq/kg	อบก.
5	ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยลดลง $CO_2eq = EF \times E_{SAVE}$	809.22	kgCO ₂ eq/ปี	การคำนวณ

ข.17 การลดการรั่วไหลไอน้ำ

การลดการรั่วไหลไอน้ำ สามารถประเมินพลังงานความร้อนที่รั่วไหลลดลง ซึ่งมีรายละเอียดการคำนวณดังต่อไปนี้

ตาราง ข.17 รายละเอียดวิธีการคำนวณการลดการรั่วไหลไอน้ำ

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
ก่อนปรับปรุง				
1	เชื้อเพลิงที่ใช้	ถ่านหิน		ข้อมูลจากโรงงาน
2	ค่าความจุความร้อนเชื้อเพลิง (HV)	26,370.00	MJ/ตัน	ข้อมูลจากโรงงาน
3	ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ (Eff _B)	81.85	%	ข้อมูลจากโรงงาน
4	จำนวนชุดของอุปกรณ์หรือระบบ (Qty)	1	ชุด	ข้อมูลตรวจวัด
5	ชั่วโมงการทำงานของระบบต่อปี (Hr)	7,920.00	hr/ปี	ข้อมูลจากโรงงาน
6	ร้อยละการทำงานของระบบ (%LF)	90.00	%	ข้อมูลจากโรงงาน
7	ความดันตั้งในการผลิตไอน้ำ (P _S)	34.00	Bar_gage	ข้อมูลตรวจวัด
8	อุณหภูมิน้ำป้อนเข้า Boiler (T _w)	208.00	C	ข้อมูลตรวจวัด
9	enthalpy น้ำป้อน (h _w = 4.18T _w)	869.44	kJ/kg	การคำนวณ
10	enthalpy ไอน้ำ (h _{gpre} = 36.1Ln(P _{Spre}) + 2698.8)	2,826.10	kJ/kg	การคำนวณ
11	พลังงานใช้ในการต้มผลิตไอน้ำ (q _B = h _{gpre} - h _w)	1,956.66	kJ/kg	การคำนวณ
12	ประมาณอัตราการรั่วไหล เป็นไปตามสมการ $\dot{m}_{leak} = C_d \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{1}{k+1}} \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) \left(\frac{P}{RT} \right) \sqrt{1000kR \left(\frac{2}{k+1} \right) T}$			
13	ขนาดรูรั่ว (D)	3	mm	ข้อมูลตรวจวัด
14	ความดันไอน้ำ ณ จุดรั่วไหล (P)	10	Bar_gage	ข้อมูลตรวจวัด
15	คิดเป็น	1,101.00	kPa (abs)	การคำนวณ
16	อุณหภูมิไอน้ำอิ่มตัว (T)	183.26	C	ข้อมูลตรวจวัด
17	คิดเป็น	456.41	K	การคำนวณ
18	R = Gas constant ของไอน้ำ	0.46	kJ/kg-K	ค่าคงที่
19	k = Specific heat ratio ของไอน้ำ	1.33		ค่าคงที่
20	Cd*	0.60		ค่าคงที่
*Discharge coefficient ของรอยรั่ว (orifice ~ 0.6, well-round hole ~ 0.97)				
21	อัตราการรั่วไอน้ำ (ṁ _{leak})	0.0102	kg/s/จุด	การคำนวณ
22	จำนวนจุดรั่ว (pt ₁)	4.0	จุด	ข้อมูลสำรวจ
23	อัตราการรั่วไหลไอน้ำรวม (ṁ _{leak,totpre} = ṁ _{leak} × pt _{pre} × 3,600)	146.61	kg/hr	การคำนวณ

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
24	พลังงานไอน้ำสูญเสีย ($\dot{Q}_{L1} = \dot{m}_{leak,totpre} (h_g - h_w)$)	286,857.15	kJ/hr	การคำนวณ
หลังปรับปรุง				
1	จำนวนจุดรั่ว ลดลงเหลือ (pt ₂)	0	จุด	ข้อมูลจากโรงงาน
2	อัตราการรั่วไหลไอน้ำรวม $\dot{m}_{leak,totpost} = \dot{m}_{leak} \times pt_{post} \times 3,600$	0	kg/hr	การคำนวณ
3	พลังงานไอน้ำสูญเสีย ($\dot{Q}_{Lpost} = \dot{m}_{leak,totpost} (h_g - h_w)$)	0	kJ/hr	การคำนวณ
ผลประหยัด				
1	พลังงานในการต้มน้ำลดลง $\Delta\dot{Q}_L = \dot{Q}_{Lpre} - \dot{Q}_{Lpost}$	286.86	MJ/hr	การคำนวณ
2	อัตราพลังงานเชื้อเพลิงที่ลดได้ $\Delta\dot{Q}_F = \Delta\dot{Q}_L / Eff_B$	350.47	MJ/hr	การคำนวณ
3	พลังงานที่ประหยัดได้ $\Delta E = \Delta\dot{Q}_F \times QTY \times Hr \times \%LF$	2,498,128.02	MJ/ปี	การคำนวณ
4	ปริมาณพลังงานที่ประหยัดได้ (ΔE)	2,498,128.02	MJ/ปี	การคำนวณ
5	คิดเป็นปริมาณเชื้อเพลิงที่ลดได้ ($\Delta\dot{m}_f = \Delta E / HV$)	94.73	ตัน/ปี	การคำนวณ
6	ราคาพลังงานต่อหน่วย (UC)	1,971.42	บาท/ตัน	ข้อมูลจากโรงงาน
7	มูลค่าพลังงานที่ประหยัดได้ ($SC = E_{save} \times UC$)	186,759.94	บาท/ปี	การคำนวณ
8	การลงทุน (I)	10,000.00	บาท	ข้อมูลจากโรงงาน
9	ระยะเวลาคืนทุน ($PB = I / SC$)	0.05	ปี	การคำนวณ
10	ค่า Emission factor (EF) ของถ่านหิน	2.55	kgCO ₂ eq/kg	อบก.
11	ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยลดลง $CO_2 Eq. = EF \times 1,000 \times \Delta\dot{m}_f$	241,135.19	kgCO ₂ eq/ปี	การคำนวณ

ข.18 การลดการ blow down

สามารถประเมินพลังงานความร้อนที่ลดลง จากการลดการ blow down ซึ่งมีรายละเอียดการคำนวณดังต่อไปนี้

ตาราง ข.18 รายละเอียดวิธีการคำนวณการลดการ blow down

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
ข้อมูลเบื้องต้นมาตรการการลดปริมาณการ Blow down หม้อน้ำ				
1	เชื้อเพลิงที่ใช้	ถ่านหิน		ข้อมูลจากโรงงาน
2	ค่าความจุความร้อนเชื้อเพลิง (HV)	26,370.00	MJ/ตัน	ข้อมูลจากโรงงาน
3	อัตราการใช้เชื้อเพลิง (\dot{m}_f)	3.09	ตัน/hr	ข้อมูลจากโรงงาน

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
4	ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ (Eff_B)	81.85	%	ข้อมูลจากโรงงาน
5	จำนวนชุดของอุปกรณ์หรือระบบ (Qty)	1	ชุด	ข้อมูลจากโรงงาน
6	ชั่วโมงการทำงานของระบบต่อปี (Hr)	7,920.00	Hr/year	ข้อมูลจากโรงงาน
7	ร้อยละการทำงานของระบบ (%LF)	90.00		ข้อมูลจากโรงงาน
8	ปริมาณพลังงานความร้อนรวมที่ใช้ ($En_1 = \dot{m}_f \times HV \times Qty \times Hr \times \%LF$)	580,812.96	GJ/ปี	การคำนวณ
9	ความดันผลิตไอน้ำ (P_s)	34.07	bar (gage)	การตรวจวัด
10	อัตราน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำ (\dot{m}_w)	27,200.00	kg/hr	การตรวจวัด
11	อุณหภูมิน้ำป้อน (T_w)	208.00	°C	การตรวจวัด
12	อุณหภูมิน้ำ Blowdown ($T_w = T_{sat} = 113P_s^{0.21}$)	237.07	°C	การตรวจวัด
13	คำนวณอัตราการ Blowdown ก่อนปรับปรุง			
14	ค่า TDS น้ำป้อน วัดได้ (TDS_{Wpre})	65.00	ppm	การตรวจวัด
15	ค่า TDS น้ำ Blowdown วัดได้ (TDS_{BDpre})	2,000.00	ppm	การตรวจวัด
16	สัดส่วน Blowdown ($R_{BDpre} = TDS_{Wpre} / (TDS_{Wpre} - TDS_{BDpre})$)	3.36	%	การคำนวณ
17	อัตราการ Blowdown ที่เป็นอยู่ ($\dot{m}_{BDpre} = \dot{m}_{wpre} \left(\frac{R_{BDpre}}{1 + R_{BDpre}} \right)$)	884.00	kg/hr	การคำนวณ
18	พลังงานสูญเสีย จากการ Blowdown ($\Delta \dot{Q}_{BDpre} = \dot{m}_{BDpre} \times C_p \times (T_{BD} - T_w)$)	107,417.12	kJ/hr	การคำนวณ
การลดปริมาณการ Blow down หม้อน้ำ หลังปรับปรุง				
	คำนวณอัตราการ Blowdown หลังปรับปรุง			
1	ค่า TDS น้ำป้อน วัดได้ (TDS_{Wpost})	65.00	ppm	การตรวจวัด
2	ค่า TDS น้ำ Blowdown วัดได้ (TDS_{BDpost})	3,000.00	ppm	การตรวจวัด
3	สัดส่วน Blowdown ($R_{BDpost} = TDS_{Wpost} / (TDS_{Wpost} - TDS_{BDpost})$)	2.21	%	การคำนวณ
4	อัตราการ Blowdown ที่เป็นอยู่ ($\dot{m}_{BDpost} = \dot{m}_{wpost} \left(\frac{R_{BDpost}}{1 + R_{BDpost}} \right)$)	589.33	kg/hr	การคำนวณ
5	พลังงานสูญเสีย จากการ Blowdown ($\Delta \dot{Q}_{BDpost} = \dot{m}_{BDpost} \times C_p \times (T_{BD} - T_w)$)	70,583.50	kJ/hr	การคำนวณ
การคำนวณผลประหยัดการลดปริมาณการ Blow down หม้อน้ำ				
1	อัตราการ Blowdown ลดลง ($\Delta \dot{m}_{BD} = \dot{m}_{BDpre} - \dot{m}_{BDpost}$)	294.67	kg/hr	การคำนวณ
2	พลังงานสูญเสียลดลง ($\Delta \dot{Q}_{BD} = \dot{Q}_{BDpre} - \dot{Q}_{BDpost}$)	36.83	MJ/hr	การคำนวณ

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
3	อัตราพลังงานเชื้อเพลิงที่ลดได้ ($\Delta\dot{Q}_F = \Delta\dot{Q}_{BD}/Eff_B$)	45.00	MJ/hr	การคำนวณ
4	พลังงานที่ประหยัดได้ ($\Delta E = \Delta\dot{Q}_F \times QTY \times Hr \times \%LF$)	320,769.77	MJ/ปี	การคำนวณ
5	พลังงานสูญเสียจาก Blowdown เดิม ($En_{B1} = \dot{Q}_{BD1}/Eff_B \times QTY \times Hr \times \%LF$)	935,454.18	MJ/ปี	การคำนวณ
6	ปริมาณพลังงานที่ประหยัดได้ (ΔE)	320,769.77	MJ/ปี	การคำนวณ
7	คิดเป็นร้อยละผลประหยัด ($\% \Delta E = \Delta E / En_1$)	34.29		การคำนวณ
8	คิดเป็นปริมาณเชื้อเพลิงที่ลดได้ ($\Delta\dot{m}_f = \Delta E / HV$)	12.16	ตัน/ปี	การคำนวณ
9	ราคาพลังงานต่อหน่วย (UC_{EN})	1,971.42	บาท/ตัน	ข้อมูลจากโรงงาน
10	มูลค่าพลังงานที่ประหยัดได้ ($SC_{EN} = \Delta\dot{m}_f \times UC_{EN}$)	23,980.73	บาท/ปี	การคำนวณ
11	ปริมาณน้ำลดลง ($\Delta\dot{m}_{BD,tot} = \Delta\dot{m}_{BD} \times Hr \times \%LF$)	2,100.38	m ³ /ปี	การคำนวณ
12	ค่าน้ำและสารเคมีต่อหน่วย (UC_W)	20.00	บาท/ตัน	ข้อมูลจากโรงงาน
13	มูลค่าน้ำที่ประหยัดได้ ($SC_W = \Delta\dot{m}_{BD,tot} \times UC_W$)	42,007.68	บาท/ปี	การคำนวณ
14	รวมผลประหยัดทั้งสิ้น ($SC = SC_{EN} + SC_W$)	65,988.41	บาท/ปี	การคำนวณ
15	การลงทุน (I)	-	บาท	ข้อมูลจากโรงงาน
16	ระยะเวลาคืนทุน ($PB = I / SC$)	-	ปี	การคำนวณ
17	ค่า Emission factor (EF_{sub}) ของปัจจัยหลัก ถ่านหิน	2.55	kgCO ₂ eq/kg	อบก.
18	ปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า $CO_2 Eq. = EF_{sub} \times 1,000 \times \Delta\dot{m}_f$	30,962.74	kgCO ₂ eq/ปี	การคำนวณ
19	ค่า Emission factor (EF_w) ของปัจจัยหลักน้ำป้อนหม้อน้ำ	2.07	kgCO ₂ eq/m ³	อบก.
20	ปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า $CO_2 Eq. = EF_w \times \Delta\dot{m}_{BD,tot}$	4,342.75	kgCO ₂ eq/ปี	การคำนวณ
21	รวมปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า	35,305.49	kgCO ₂ eq/ปี	การคำนวณ

ข.19 การปรับปรุงประสิทธิภาพหม้อน้ำ

ตาราง ข.19 รายละเอียดวิธีการคำนวณการปรับปรุงประสิทธิภาพหม้อน้ำ มีรายละเอียดการคำนวณดังต่อไปนี้

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
ก่อนปรับปรุง				
1	เชื้อเพลิงที่ใช้	ถ่านหิน		ข้อมูลจากโรงงาน
2	ค่าความจุความร้อนเชื้อเพลิง (HV)	23,970	MJ/ตัน	ข้อมูลจากโรงงาน
3	อัตราการใช้เชื้อเพลิง (\dot{m}_f)	1.04	ตัน/hr/ชุด	ข้อมูลจากโรงงาน
4	จำนวนชุดของอุปกรณ์หรือระบบ (Qty)	1	ชุด	ข้อมูลจากโรงงาน
5	ชั่วโมงการทำงานของระบบต่อปี (Hr)	7,200	hr/year	ข้อมูลจากโรงงาน
6	ร้อยละการทำงานของระบบ (%LF)	75.00		ข้อมูลจากโรงงาน
7	ความดันผลิตไอน้ำ (P_s)	13.30	bar(gage)	การตรวจวัด
8	อุณหภูมิ น้ำในหม้อน้ำและไอน้ำ ($T_s = 113P_s^{0.21}$)	194.58	C	การตรวจวัด
9	%O ₂ ที่ปล่องไอเสียวัดได้ (%O _{2pre})	14.0	%	การตรวจวัด
10	อุณหภูมิที่ปล่องไอเสีย (T_{stkpre})	300	C	การตรวจวัด
11	อ่านค่า %Stack Loss ได้ (%STL _{pre})	29.6	%	การตรวจวัด
12	ปริมาณพลังงานความร้อนรวมที่ใช้ ($En_1 = \dot{m}_f \times HV \times Qty \times Hr \times \%LF$)	134,615.52	GJ/ปี	การคำนวณ
หลังปรับปรุง				
1	%O ₂ ที่ปล่องไอเสียวัดได้ (%O _{2post})	7.0	%	การตรวจวัด
2	อุณหภูมิที่ปล่องไอเสีย ($T_{stkpost}$)	260.00	C	การตรวจวัด
3	อ่านค่า %Stack Loss ได้ (%STL _{post})	12.8	%	การตรวจวัด
ผลประหยัด				
1	เชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ $\Delta \dot{m}_f = \dot{m}_f \times (\%STL_{pre} - \%STL_{post})$	0.18	ตัน/hr	การคำนวณ
2	อัตราพลังงานเชื้อเพลิงที่ลดได้ $\Delta \dot{Q}_F = \Delta \dot{m}_f \times HV / 1000$	4,203.00	MJ/hr	การคำนวณ
4	พลังงานที่ประหยัดได้ ($\Delta E = \Delta \dot{Q}_F \times QTY \times Hr \times \%LF$)	22,696,176.67	MJ/ปี	การคำนวณ
5	ปริมาณพลังงานที่ใช้อยู่เดิม (En_{pre})	134,615.52	GJ/ปี	การคำนวณ
6	ปริมาณพลังงานที่ประหยัดได้ (ΔE)	22,696,176.67	MJ/ปี	การคำนวณ
7	คิดเป็นร้อยละผลประหยัด (% $\Delta E = \Delta E / En_{pre}$)	16.86		การคำนวณ
8	คิดเป็นปริมาณเชื้อเพลิงที่ลดได้ ($\Delta \dot{m}_f = \Delta E / HV$)	946.86	ตัน/ปี	การคำนวณ
9	ราคาพลังงานต่อหน่วย (UC)	3,800.00	บาท/หน่วย	ข้อมูลจากโรงงาน
10	มูลค่าพลังงานที่ประหยัดได้ ($SC_{En} = \Delta \dot{m}_f \times UC$)	3,598,058.88	บาท/ปี	การคำนวณ

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
15	การลงทุน (I)	200,000.00	บาท	ข้อมูลจากโรงงาน
16	ระยะเวลาคืนทุน (PB = I / SC)	0.06	ปี	การคำนวณ
17	ค่า Emission factor ของปัจจัยหลัก ถ่านหิน	2.55	kgCO ₂ eq/kg	อบก.
18	ปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า $CO_2 Eq. = EF \times 1,000 \times \Delta m_f$	2,410,131.34	kgCO ₂ eq/ปี	การคำนวณ

ข.20 การลดปริมาณการใช้น้ำในการล้างทำความสะอาด

ตาราง ข.20 รายละเอียดวิธีการคำนวณการลดปริมาณการใช้น้ำในการล้างทำความสะอาด

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
การลดปริมาณการใช้น้ำในการล้างทำความสะอาด ก่อนปรับปรุง				
1	ขนาดท่อสายยางในการล้างทำความสะอาด (D)	1.50	นิ้ว	ผลการตรวจวัด
2	อัตราการไหลของน้ำที่เปิดใช้งานจริง (F)	5,148.00	ลิตร/ชั่วโมง	ผลการตรวจวัด
3	จำนวนจุดพื้นที่ล้างทำความสะอาด (N)	6	จุด	การสำรวจ
4	ระยะเวลาในการล้างทำความสะอาด (h)	1	ชม./วัน	ข้อมูลจากโรงงาน
5	จำนวนวันทำงานที่ทำการล้างทำความสะอาด (d)	300	วัน/ปี	ข้อมูลจากโรงงาน
6	ปริมาณการใช้น้ำในการล้างทำความสะอาด (M _{PRE}) $M_{PRE} = F \times N \times h \times d / 1,000$	9,266.40	ลบ.ม./ปี	การคำนวณ
การลดปริมาณการใช้น้ำในการล้างทำความสะอาด หลังปรับปรุง				
1	ขนาดท่อสายยางในการล้างทำความสะอาด (D)	1.50	นิ้ว	ผลการตรวจวัด
2	อัตราการไหลของน้ำที่เปิดใช้งานจริง (F)	2,592.00	ลิตร/ชั่วโมง	ผลการตรวจวัด
3	จำนวนจุดพื้นที่ล้างทำความสะอาด (N)	6	จุด	การสำรวจ
4	ระยะเวลาในการล้างทำความสะอาด (h)	1	ชม./วัน	ข้อมูลจากโรงงาน
5	จำนวนวันทำงานที่ทำการล้างทำความสะอาด (d)	300	วัน/ปี	ข้อมูลจากโรงงาน
6	ปริมาณการใช้น้ำในการล้างทำความสะอาด (M _{POST}) $M_{POST} = F \times N \times h \times d / 1,000$	4,665.60	ลบ.ม./ปี	การคำนวณ
การคำนวณผลประโยชน์การลดปริมาณการใช้น้ำในการล้างทำความสะอาด				
1	ปริมาณน้ำประหยัดได้ (M _{SAVE} = M _{PRE} - M _{POST})	4,600.80	ลบ.ม./ปี	การคำนวณ
2	อัตราค่าค่าน้ำในการล้างทำความสะอาด (C _E)	25.00	บาท/ลบ.ม.	ผลการคำนวณ
3	คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ (M _{SAVE} = E _{SAVE} × C _E)	115,020.00	บาท/ปี	ผลการคำนวณ
4	ค่า Emission factor (EF) ของน้ำ	0.9697	kgCO ₂ eq/ลบ.ม.	อบก.
5	ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยลดลง $CO_2 eq = EF \times M_{SAVE}$	4,524.23	kgCO ₂ eq/ปี	ผลการคำนวณ

ข.21 การนำน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิต spent less มาเป็นน้ำ make up หอหล่อเย็น turbine

ตาราง ข.21 รายละเอียดวิธีการคำนวณการนำน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิต spent less มาเป็นน้ำ make up หอหล่อเย็น turbine

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
ก่อนปรับปรุง				
1	ปริมาณน้ำใช้ในกระบวนการผลิต (Q_1)	700,618.95	m ³ /ปี	การตรวจวัด
2	ปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบบำบัด (Q_2)	108,000.00	m ³ /ปี	การตรวจวัด
3	ปริมาณที่เข้าระบบ RO ปริมาณน้ำจากกระบวนการผลิตที่คุณภาพดี (Q_3)	327.27	m ³ /วัน	การตรวจวัด
คุณภาพของน้ำเสียกระบวนการบรรจุที่จะนำเข้าระบบ RO				
4	Turbidity	<20	NTU	ข้อมูลโรงงาน
5	Temperature	<35	°C	ข้อมูลโรงงาน
6	pH	6.5-8	-	ข้อมูลโรงงาน
7	Conductivity	<350	Micro S/cm	ข้อมูลโรงงาน
8	TDS	<100	ppm as NaCl	ข้อมูลโรงงาน
9	Total Hardness	<100	ppm as CaCO ₃	ข้อมูลโรงงาน
หลังปรับปรุง				
1	ปริมาณน้ำใช้ในกระบวนการผลิต (Q_1)	700,618.95	m ³ /ปี	การตรวจวัด
2	ปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบบำบัด (Q_2)	592,618.95	m ³ /ปี	การตรวจวัด
3	ปริมาณน้ำจากกระบวนการผลิตที่คุณภาพดีเข้าหอระบายความร้อน (Q_3)	327.27	m ³ /วัน	การตรวจวัด
คุณภาพของน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วที่ออกจากระบบ RO				
4	pH	6.5-8	sec/pcs	การตรวจวัด
5	Conductivity	<500	Micro S/cm	การตรวจวัด
6	จำนวนวันทำงาน (D)	330.00	ลิตร/ปี	ข้อมูลโรงงาน
7	คิดเป็นปริมาณที่ผ่านการบำบัดแล้วนำกลับไปใช้ใหม่ ($QS = D \times Q_3$)	108,000.00	m ³ /ปี	ข้อมูลโรงงาน
8	ราคาค่าน้ำอ่อนต่อหน่วย (UCW)	10.00	บาท/m ³	ข้อมูลโรงงาน
9	คิดเป็นมูลค่าน้ำที่ประหยัดได้ ($CS = QS \times UCW$)	1,080,000.00	บาท/ปี	ข้อมูลโรงงาน

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
สรุปผลประหยัด				
1	ปริมาณน้ำที่ประหยัดได้ (QS)	108,000.00	m ³ /ปี	การคำนวณ
2	คิดเป็นร้อยละ (%S = QS / Q ₁ × 100)	0.15		การคำนวณ
3	ค่าเคมีปรับสภาพน้ำ			
4	Anti-scale 3 ppm (Q _A)	0.49	กิโลกรัม/วัน	ข้อมูลโรงงาน
5	ราคาค่าเคมี Anti-scale 3 ppm (C _A)	270	บาท/กิโลกรัม	ข้อมูลโรงงาน
6	NaOH 500 ppm (Q _B)	0.75	กิโลกรัม/วัน	ข้อมูลโรงงาน
7	ราคาค่าเคมี NaOH 500 ppm (C _B)	20	บาท/กิโลกรัม	ข้อมูลโรงงาน
8	รวมต้นทุนเคมีปรับสภาพน้ำ (C _B = (Q _A ×C _A) + (Q _B ×C _B))	48,609	บาท/ปี	การคำนวณ
9	ค่าพลังงานไฟฟ้า			
10	RO feed pump (P _A)	3.33	KW	การตรวจวัด
11	จำนวน RO feed pump (n _A)	2	ชุด	ข้อมูลโรงงาน
12	Anti-scale feed pump (P _B)	0.016	KW	การตรวจวัด
13	จำนวน Anti-scale feed pump (n _B)	1	ชุด	ข้อมูลโรงงาน
14	รวมกำลังไฟฟ้า (P _T = (P _A ×n _A) + (P _B ×n _B))	3.349	KW	การตรวจวัด
15	ชั่วโมงการทำงานของระบบต่อปี (H)	7,920.00	ชม./ปี	ข้อมูลโรงงาน
16	ร้อยละการทำงานของระบบ (UF)	80.00		ข้อมูลโรงงาน
17	คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (E=P _T ×H×UF)	21,221.38	kWh/ปี	การคำนวณ
18	ราคาพลังงานต่อหน่วย (UC)	3.34	บาท/kWh	ข้อมูลโรงงาน
19	มูลค่าต้นทุนพลังงานที่ใช้ (CE=E×UC)	70,879.40	บาท/ปี	การคำนวณ
20	คิดเป็นต้นทุนค่าดำเนินการทั้งสิ้น (CT=CB+CE)	119,488.40	บาท/ปี	การคำนวณ
21	มูลค่าน้ำที่ประหยัดได้ (CS)	1,080,000.00	บาท/ปี	การคำนวณ
22	คิดเป็นมูลค่าน้ำที่ประหยัดได้สุทธิ (CST=CS-CT)	960,511.60	บาท/ปี	การคำนวณ
23	การลงทุน (Inv)	200,000.00	บาท	การคำนวณ
24	ระยะเวลาคืนทุน(PB = Inv/CE)	2.82	ปี	การคำนวณ
ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม				
1	ค่า Emission factor ของน้ำประปา (EF)	0.2843	kgCO ₂ eq/m ³	อบก.
2	ลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (kgCO ₂ eq = QS× EF)	30,704.40	kgCO ₂ eq/yr	การคำนวณ

ข.22 การซ่อมแซมระบบท่อน้ำ

ตาราง ข.22 รายละเอียดวิธีการคำนวณการซ่อมแซมระบบท่อน้ำ

ลำดับ	ตัวแปร / สัญลักษณ์ / สูตร	ค่า	หน่วย	ที่มาข้อมูล
ก่อนปรับปรุง				
1	ปริมาณน้ำบริสุทธ์ที่นำไปใช้งาน (Q_1)	535,507.00	m ³ /ปี	การตรวจวัด
2	อัตราค่าน้ำบริสุทธ์ (CFw)	17.68	บาท/m ³	ข้อมูลโรงงาน
3	ค่าน้ำบริสุทธ์ ($CW_1 = Q_1 \times CFw$)	9,467,763.76	บาท/ปี	การคำนวณ
4	ปริมาณน้ำบริสุทธ์ที่มีการรั่วไหล (จากการจับเวลา) (Q_2)	12,852.00	m ³ /ปี	การตรวจวัด
5	ค่าน้ำบริสุทธ์ที่รั่วไหล ($CW_2 = Q_2 \times CFw$)	227,223.36	บาท/ปี	การคำนวณ
หลังปรับปรุง				
1	ปริมาณน้ำบริสุทธ์ที่มีการรั่วไหล (จากการจับเวลา) (Q_3)	ไม่มีการรั่วไหล-	m ³ /ปี	การตรวจวัด
2	อัตราค่าน้ำบริสุทธ์ (CFw)	17.68	บาท/m ³	ข้อมูลโรงงาน
3	ค่าน้ำประปา ($CW_3 = Q_3 \times CFw$)	--	บาท/ปี	การคำนวณ
สรุปผลประหยัด				
1	ปริมาณน้ำที่ประหยัดได้ ($QS = Q_2 - Q_3$)	12,852.00	m ³ /ปี	การคำนวณ
2	คิดเป็นร้อยละ (%S = $QS / Q_1 \times 100$)	2.40		การคำนวณ
3	มูลค่าน้ำที่ประหยัดได้ ($CS = CW_2 - CW_3$)	227,223.36	บาท/ปี	การคำนวณ
4	การลงทุน (Inv)	2,000	บาท	การคำนวณ
5	ระยะเวลาคืนทุน (PB = Inv/CS)	3	วัน	การคำนวณ
ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม				
1	ค่า Emission factor ขอน้ำปราศจากไอออน (EF)	2.0432	kgCO ₂ eq/m ³	อบก.
2	ลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (kgCO ₂ eq = $QS \times EF$)	26,259.21	kgCO ₂ eq/yr	การคำนวณ

ภาคผนวก ค

แหล่งข้อมูลเพิ่มเติมด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

ตารางที่ ค.1 แหล่งข้อมูลเพิ่มเติมด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดในประเทศไทย

หน่วยงาน	การบริการ	ที่อยู่	เบอร์โทรศัพท์
1. กองส่งเสริมเทคโนโลยี สิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงาน อุตสาหกรรม http://oaep.diw.go.th/env	- ข้อมูลทั่วไปด้าน CT - นโยบายและแผน CT - จัดทำหลักปฏิบัติเพื่อ การ ป้องกันมลพิษสำหรับ อุตสาหกรรมรายสาขา	75/6 ถนนพระรามที่ 6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400	โทรศัพท์ : 0 2430 6315 ต่อ 2404 โทรสาร : ต่อ 2499
2. กรมควบคุมมลพิษ http://www.pcd.go.th	- ข้อมูลทั่วไปด้าน CT - ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับ กฎหมายสิ่งแวดล้อมและ มาตรฐานต่างๆ - จัดทำคู่มือแนวปฏิบัติที่ดี ด้านการป้องกันและลดมลพิษ	92 ซอยพหลโยธิน 7 ถนนพหลโยธิน แขวงสามเสน ใน เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400	โทรศัพท์: 0 2298 2271, 0 2298 2000 โทรสาร : 022982002
3. สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล กรุงเทพ https://rdi.rmutk.ac.th	- ข้อมูลทั่วไปด้าน CT - การฝึกอบรม สัมมนา - การตรวจประเมิน CT - ตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อม	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล กรุงเทพ เลขที่ 2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวง ทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120	โทรศัพท์ : 0 2287 9600 ต่อ 3111 โทรสาร : 0 2287 9684
4. สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย http://www.tei.or.th	- ข้อมูลทั่วไปด้าน CT - การฝึกอบรม สัมมนา - กรณีศึกษาเกี่ยวกับ CT - การตรวจประเมิน CT	16/151 เมืองทองธานี ถนนบอนด์สตรีท ตำบลบาง พูด อำเภอบางกรวย จังหวัด นนทบุรี 11120	โทรศัพท์ : 0 2503 3333 โทรสาร : 0 2504 4826-8

ตารางที่ ค.1 แหล่งข้อมูลเพิ่มเติมด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดในประเทศไทย (ต่อ)

หน่วยงาน	การบริการ	ที่อยู่	เบอร์โทรศัพท์
5. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ http://www.mtec.or.th	- ข้อมูลทั่วไปด้าน CT - กิจกรรมร่งงาน CT - เครือข่ายกลุ่มวิจัยและการศึกษาด้าน CT - การสนับสนุนทุนการวิจัยด้าน CT	114 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120	โทรศัพท์ : 0 2564 6500 โทรสาร : 0 2564 6501-5
6. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน http://www.dede.go.th	- ข้อมูลด้านการอนุรักษ์พลังงาน พลังงานทดแทน - กรณีศึกษาด้านการอนุรักษ์พลังงาน - สนับสนุนงบประมาณในการอนุรักษ์พลังงาน - การฝึกอบรม	17 ถนนพระรามที่ 1 เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330	โทรศัพท์ : 0 2223 0021-9 โทรสาร: 0 2226 1416
7. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน http://www.eppo.go.th	- ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงาน - กรณีศึกษา ให้ทุน และส่งเสริมการอนุรักษ์ พลังงาน	121/1-2 ถนนเพชรบุรี แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400	โทรศัพท์ : 0 2612 1555 โทรสาร : 0 2612 1358

ตารางที่ ค.2 แหล่งข้อมูลเพิ่มเติมด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดในต่างประเทศ

หน่วยงาน	การบริการ	ที่อยู่	เบอร์โทรศัพท์
1. โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ http://www.unep.org	- แหล่งข้อมูลกรณีศึกษา CT ขององค์การสิ่งแวดล้อมโลก (United Nations Environment Programme)	UN Environment Programme United Nations Avenue, Gigiri Nairobi, Kenya	โทรศัพท์ : +254 (0)20 762 1234
2. องค์การอุตสาหกรรมแห่งสหประชาชาติ http://www.unido.org	- แหล่งข้อมูลกรณีศึกษา CT ของหน่วยงาน United Nations Industrial Development Organization	Vienna International Centre, Wagramer Str. 5, 1220 Vienna, Austria.	โทรศัพท์: +43 (1) 26026-0 โทรสาร : +43 (1) 2692669

ตารางที่ ค.3 แหล่งข้อมูลเพิ่มเติมด้านกองทุน/โครงการที่ให้การสนับสนุนด้านเงินทุน

หน่วยงาน	กองทุน/โครงการ	ที่อยู่/เบอร์โทรศัพท์
สำนักงานกองทุนสิ่งแวดล้อม สำนักนโยบายและแผน ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม http://envfund.onep.go.th	กองทุนสิ่งแวดล้อม	60/1 ซ.พิบูลวัฒนา 7 ถ.พระรามที่ 6 เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400 โทรศัพท์ : 0 2265 6588 โทรสาร : 0 2265 6599
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ http://www.nstda.or.th	1. การสนับสนุนการพัฒนา เทคโนโลยี ของอุตสาหกรรมไทย 2. มาตรการทางภาษีเพื่อการวิจัย และพัฒนาเทคโนโลยีในภาคเอกชน 3. เงินกู้ดอกเบี้ยต่ำแก่ภาคเอกชน	111 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถ.พหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120 โทรศัพท์ : 0 2564 7000 ต่อ 1334- 1336
กองทุนพัฒนาวัตกรรม สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ http://www.nia.or.th	1. โครงการนวัตกรรมดี ไม่มีดอกเบี้ย 2. โครงการแปลงเทคโนโลยีเป็นทุน 3. โครงการทุนเครือข่ายวิสาหกิจ นวัตกรรม	73/1 ถนนพระรามที่ 6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400 โทรศัพท์ : 02 644 6000 โทรสาร : 02 644 8444
กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและ อนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน http://www.dede.go.th	1. โครงการส่งเสริมวัสดุและอุปกรณ์ เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน 2. โครงการขอรับสิทธิประโยชน์ยกเว้น ภาษีเงินได้จากกรมสรรพากร	17 ถนนพระราม 1 แขวงรองเมือง เขต ปทุมวัน กรุงเทพฯ โทรศัพท์ : 0 2226 3850-1 โทรสาร : 0 2226 3851
ธนาคารพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลาง และขนาดย่อมแห่งประเทศไทย http://www.smebank.co.th	สินเชื่อนวัตกรรม	อาคาร SME Bank 310 ถนนพหลโยธิน แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400 โทรศัพท์ : 0 2265 3000 โทรสาร : 0 2265 4000
ธนาคารกรุงไทย จำกัด (มหาชน) http://www.ktb.co.th	1. สินเชื่อกรุงไทยประหยัดพลังงาน 2. สินเชื่อวายุภักษ์อนุรักษ์พลังงาน 3. โครงการเงินกู้เพื่อสิ่งแวดล้อม	2 ถนนสุขุมวิท ชั้น 5 อาคารเพลินิจิตเซ็น เตอร์ กรุงเทพฯ โทรศัพท์ : 0 2208 8364-8 โทรสาร : 0 2256 8188
ธนาคารออมสิน http://www.gsb.or.th	โครงการสินเชื่อเพื่อธุรกิจ SME	470 ถนนพหลโยธิน แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400 โทรศัพท์ : 0-2299-8000

ตารางที่ ค.3 แหล่งข้อมูลเพิ่มเติมด้านกองทุน/โครงการที่ให้การสนับสนุนด้านเงินทุน (ต่อ)

หน่วยงาน	กองทุน/โครงการ	ที่อยู่/เบอร์โทรศัพท์
ธนาคารกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) http://www.bangkokbank.com	1. สินเชื่อบัวหลวงกรีน 2. สินเชื่อบัวหลวงประหยัด พลังงาน-SMEs	333 ถนนสีลม กรุงเทพฯ 10500 โทรศัพท์ 0-2645-5555 ศูนย์บริการ 1333
ธนาคารกสิกรไทย http://www.kasikornbank.com	สินเชื่อเงินกู้เพื่อการอนุรักษ์ พลังงานกสิกรไทย	1 ซอยราษฎร์บูรณะ 27/1 ถนนราษฎร์บูรณะ เขตราษฎร์บูรณะ กรุงเทพฯ 10140 โทรศัพท์ ๕ 0 2888 8888

ภาคผนวก ง

บรรณานุกรม

1. สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, คู่มือการตรวจประเมินเทคโนโลยีสะอาด, 2541.
2. สถาบันสิ่งแวดล้อมไทยและสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, กรณีศึกษาเทคโนโลยีสะอาด โครงการ ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีสะอาดในอุตสาหกรรมไทย, 2541.
3. กรมโรงงานอุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม, หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ) อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์และชิ้นส่วน เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หรือพลาสติก, 2562.
4. กรมโรงงานอุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม, หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ) อุตสาหกรรมอาหารพร้อมรับประทาน, 2560.
5. กรมโรงงานอุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม, หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ) อุตสาหกรรมปลากระป๋อง, 2552.
6. กรมโรงงานอุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม, หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ) อุตสาหกรรมก๋วยเตี๋ยวและเส้นหมี่, 2553.
7. กรมโรงงานอุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม, หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ) อุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศ, 2555.
8. สำนักงานเลขาธิการโครงการฉลากเขียว, สถาบันสิ่งแวดล้อมไทยและสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม, โครงการฉลากเขียว ข้อกำหนดสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องปรับอากาศ (Air Conditioner), 2553.
9. คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์, องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์มหาชน) และศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, แนวทางการ

ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของ ผลิตภัณฑ์บริษัท อมรินทร์พรีนติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน), 2554.

10.องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). คู่มือการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรรายสาขาอุตสาหกรรม . กรุงเทพมหานคร: บริษัทอมรินทร์พรีนติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน); 2558.

11.สำนักงานคณะกรรมการนโยบายเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (สกพอ.). (2560). อุตสาหกรรมเกษตรและเทคโนโลยีชีวภาพ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <https://www.eeco.or.th/industry/> ข้อมูล ณ วันที่ 25 มกราคม 2565.

12. Incropera, F.P., Dewitt, D.P., Bergman, T.L., and Lavine, A.S., Introduction to Heat Transfer, John Wiley & Sons, 2007.

13. Rohsenow, W.M., Harnett, J.P., and Ganic, E.N., Handbook of Heat Transfer Application, John Wiley & Sons, 1985.

14. Dossat, R.J., Principles of Refrigeration, Prentice-Hall Inc., 1991. 11. Perry, R.H., and Green, D.W., Perry's Chemical Engineers Handbook, McGraw-Hill, 1999.

15. Yonus A. Cengel & Michael A. Boles. Thermodynamics . Seventh Edition in SI Units. McGraw-Hill Companies, 2011.

16. Japanese Industrial Standard. Land boilers - Heat balancing standard. JIS B8222:1993.



กรมโรงงานอุตสาหกรรม
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL WORKS

กลุ่มเทคโนโลยีการป้องกันมลพิษ
กองส่งเสริมเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน
กรมโรงงานอุตสาหกรรม

โทรศัพท์ 02 430 6315 ต่อ 2404, 2406
โทรสาร 02 430 6315 ต่อ 2499
<https://www.diw.go.th>

กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
เป็นเจ้าของกรรมสิทธิ์และมีสิทธิ์ในเอกสารฉบับนี้