มาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในภาคอุตสาหกรรม

โดย องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

กันยายน พ.ศ. 2562

มาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
ในภาคอุตสาหกรรม

มาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
ในภาคอุตสาหกรรม

จัดทำโดย:

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)
120 ม. 3 ชั้น 9 อาคารรัฐประศาสนภักดี
ศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ หลักสี่ กรุงเทพ 10210

ที่ปรึกษา:

นางประเสริฐสุข เพชูรย์สิทธิชัยชัย
ดร.พงษ์วิภา หล่อสมบูรณ์
ดร.พฤฒิภา โรจน์กิตติคุณ

กองบรรณาธิการ:

ดร.ปวีณา พาณิชยพิเชฐ
ดร.สาธิต เนียมสุวรรณ
นางสาวศิริพร วิริยะตั้งสกุล
นายจักรพงษ์ แย้มยิ้ม
ดร.เหมือนจิต แจ่มศิลป์
นายธรรมนูญ เตชะนา
นางสาวจิตติมา บุญเกิด
นายภัทรภณ คล้ายกุล

คำนำ

“ก๊าซเรือนกระจก” เป็นสาเหตุสำคัญของภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบเป็นวงกว้างแทบจะทุกพื้นที่ทั่วโลก และมีผู้ได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติต่างๆ ที่เกิดจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศเป็นจำนวนมาก เช่น การเกิดคลื่นความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิในหลายประเทศสูงขึ้นเป็นประวัติการณ์ อุทกภัยที่รุนแรง ภาวะแห้งแล้งที่ยาวนาน หรือการเกิดพายุที่บ่อยครั้งและทวีความรุนแรงขึ้น เป็นต้น นานาชาติจึงร่วมมือกันเพื่อหาทางบรรเทาผลกระทบต่างๆ ที่เกิดขึ้น โดยหนึ่งในมาตรการสำคัญที่มีการนำมาใช้ คือ มาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Mitigation) ซึ่งการดำเนินมาตรการดังกล่าวมุ่งเน้นไปที่ภาคส่วนที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงเป็นลำดับแรก และภาคส่วนที่พบว่ามีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง คือ ภาคอุตสาหกรรม ซึ่งมีการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลจำพวก ถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานความร้อน โดยการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลดังกล่าวทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ นอกจากนี้ในภาคอุตสาหกรรมยังมีของเสียหรือน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต ที่ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง คือ ก๊าซมีเทน (CH_4) ที่มีระดับศักยภาพที่ทำให้โลกร้อนขึ้นสูงกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อีกด้วย

หนังสือ **“มาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคอุตสาหกรรม”** จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรม โดยมุ่งเน้นที่สาขาอุตสาหกรรมของประเทศที่มีการใช้พลังงานสูง และมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงเช่นเดียวกัน อาทิ เช่น โรงไฟฟ้าพลังความร้อนที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล อุตสาหกรรมซีเมนต์ อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมการผลิตแก้วและกระจก และอุตสาหกรรมอาหาร เช่น การผลิตน้ำตาล การผลิตปลากระป๋อง และผลิตภัณฑ์นม เป็นต้น เนื้อหาของหนังสือประกอบด้วย แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ มาตรการลดก๊าซเรือนกระจกที่ใช้ในแต่ละอุตสาหกรรม และระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการคำนวณปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจก หรือ คาร์บอนเครดิต ที่เกิดจากการดำเนินมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาเป็นโครงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และสามารถนำคาร์บอนเครดิตที่ได้ไปซื้อ-ขายในตลาดคาร์บอนต่อไป

สารบัญ

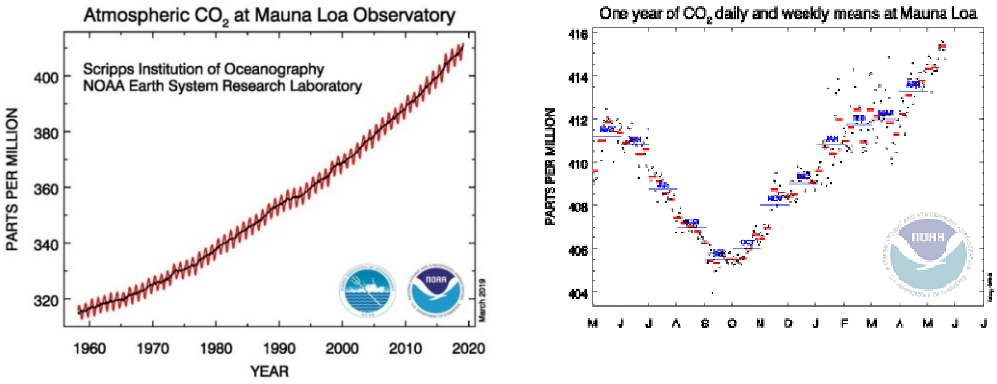
1	บทนำ	1
2	การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	6
3	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสถานประกอบการ	11
4	กลไกการลดก๊าซเรือนกระจก	17
5	มาตรการลดก๊าซเรือนในอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์	24
6	มาตรการลดก๊าซเรือนในโรงไฟฟ้าพลังความร้อนจากเชื้อเพลิงฟอสซิล	30
7	มาตรการลดก๊าซเรือนในอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ	35
8	มาตรการลดก๊าซเรือนในอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาล	50
9	มาตรการลดก๊าซเรือนในอุตสาหกรรมปลากระป๋อง	59
10	มาตรการลดก๊าซเรือนในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์นม	66
11	มาตรการลดก๊าซเรือนในอุตสาหกรรมแก้วและกระจก	73
12	มาตรการลดก๊าซเรือนในอุตสาหกรรมทอผ้า	80
13	มาตรการลดก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมผลิตสี	95

บทที่ 1

บทนำ

นางสาวศิริพร วิริยะตั้งสกุล
สำนักวิเคราะห์และติดตามประเมินผล
องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

นักวิจัยจาก National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) มีการติดตามค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) ในชั้นบรรยากาศจากสถานีวิจัย The Mauna Loa Observatory ในฮาวาย มากกว่า 60 ปี พบว่าความเข้มข้นของ CO_2เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากปี พ.ศ. 2502 ที่ระดับ 280 ppm (ส่วนในล้านส่วน)จนกระทั่งปัจจุบันในปี พ.ศ.2562 พุ่งไปที่ระดับ 415.64 ppm (ณ วันที่ 15 พฤษภาคม 2562) ซึ่งเป็นค่าสูงสุดในประวัติศาสตร์ เพิ่มขึ้นจากปีที่แล้วเฉลี่ย 2.87 ppm และยังมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ดังรูปที่ 1-1



รูปที่ 1-1ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในชั้นบรรยากาศจากสถานีวิจัย The Mauna Loa Observatory ช่วงปี ค.ศ. 1960 – 2018 และ ช่วงเดือนพฤษภาคม ปี ค.ศ. 2018 – เมษายน ปี ค.ศ. 2019

ที่มา: https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/weekly.html

ผลกระทบจากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มสูงขึ้น เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีความรุนแรงมากขึ้น จึงก่อให้เกิดความร่วมมือของนานาประเทศในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ภายใต้กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) เมื่อปี พ.ศ. 2535 ซึ่งปัจจุบันมีประเทศเข้าร่วม จำนวน 196 ประเทศ ซึ่งประเทศไทยได้ให้สัตยาบันเข้าร่วมเป็นภาคีฯ เมื่อวันที่ 28 ธันวาคม 2537และในปีพ.ศ. 2558 ที่ประชุมรัฐภาคีกรอบอนุสัญญา UNFCCC ได้มีมติเห็นชอบ “ความตกลงปารีส” โดยมุ่งเน้นให้ทุกประเทศทั้งประเทศที่พัฒนาแล้วและประเทศกำลังพัฒนามีส่วนร่วมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยกำหนดให้ทุกประเทศส่งเป้าหมายการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ที่เรียกว่า Nationally Determined Contributions (NDCs)

ประเทศไทยได้ให้สัตตาบันต่อความตกลงปารีสเมื่อวันที่ 21 กันยายน 2559 โดยได้ส่งเป้าหมาย NDC ประกอบด้วยเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 20 จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีปกติภายในปี พ.ศ. 2573 ทั้งนี้อาจเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 25 ขึ้นอยู่กับการสนับสนุนทางการพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยี การเงิน และการเสริมสร้างศักยภาพที่เพิ่มขึ้นและเพียงพอ

ตารางที่ 1-1 ตัวอย่างการกำหนดเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกใน INDC ของประเทศต่างๆ

ประเทศ	เป้าหมาย
ไทย	ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง ร้อยละ 20-25 จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีปกติ
เวียดนาม	ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง ร้อยละ 8-25 จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีปกติ
อินโดนีเซีย	ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง ร้อยละ 29-41จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีปกติ
สิงคโปร์	ลดค่าความเข้มข้นของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อ GDP ร้อยละ 36
อินเดีย	ลดค่าความเข้มข้นของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อ GDP ร้อยละ 33 – 35
จีน	ลดค่าความเข้มข้นของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อ GDP ร้อยละ 60-65
ญี่ปุ่น	ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง ร้อยละ 26 จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกปีค.ศ. 2013
สหภาพยุโรป	ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง ร้อยละ 40 จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกปีค.ศ. 1990

ที่มา : https://www4.unfccc.int/sites/submissions/INDC/Submission%20Pages/submissions.aspx

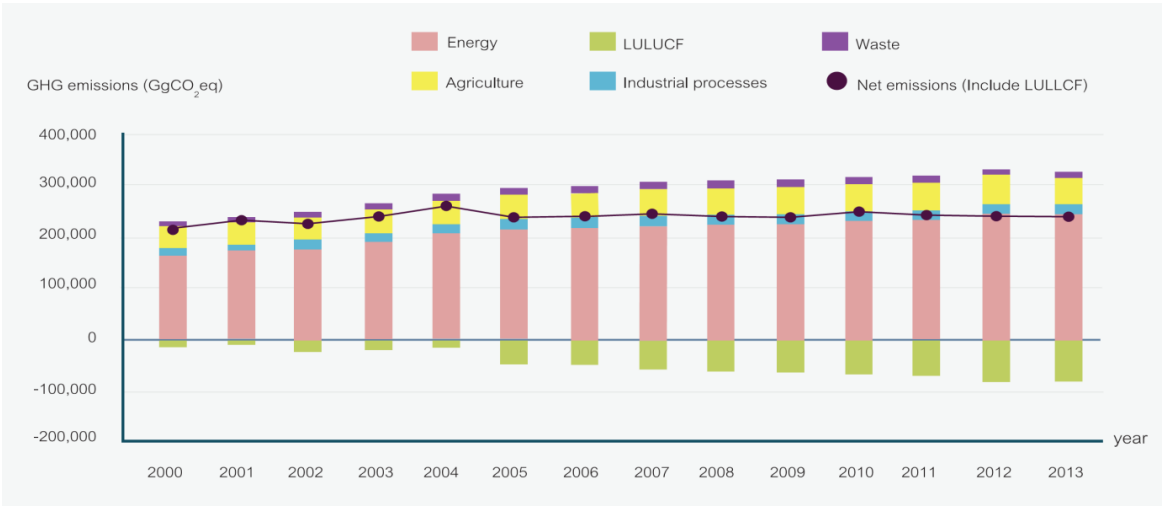
PARIS2015
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE
COP21·CMP11

รับรอง	12 ธันวาคม ค.ศ. 2015 ณ COP 21 (สาธารณรัฐฝรั่งเศส)
มีผลใช้บังคับ	4 พฤศจิกายน ค.ศ. 2016
จำนวนภาคี	193 จาก 197 ภาคี UNFCCC
องค์กรกำกับดูแล	ที่ประชุมรัฐภาคีความตกลงปารีส หรือ CMA

เป้าหมายหลัก 3 ประการ

- **ควบคุมการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกให้ต่ำกว่า 2 องศาเซลเซียส (“well below 2 °C”) เมื่อเทียบกับยุคก่อนอุตสาหกรรม และมุ่งพยายามควบคุมการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกไม่ให้เกิน 1.5 องศาเซลเซียส**
- **เพิ่มขีดความสามารถในการปรับตัวต่อผลกระทบทางลบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และส่งเสริมภูมิต้านทานและความสามารถในการฟื้นตัว**
- **ทำให้เกิดเงินทุนหมุนเวียนที่มีความสอดคล้องกับแนวทางที่นำไปสู่การพัฒนาคาร์บอนต่ำที่มีภูมิต้านทานและความสามารถในการฟื้นตัวจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ**

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้จัดส่งรายงานความก้าวหน้าราย 2 ปีต่อ UNFCCC ประกอบด้วยฉบับที่ 1 ข้อมูลปี พ.ศ.2554 และฉบับที่ 2 ข้อมูลปี พ.ศ.2556 จากรายงานฉบับล่าสุดพบว่าแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยยังเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จาก 226 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในปี พ.ศ. 2543 เป็น 318 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในปี พ.ศ. 2556 โดยสาขาที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ได้แก่ พลังงาน คิดเป็นร้อยละ 74 ดังรูปที่ 1-2



รูปที่ 1-2 แนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2543 -2556 (ปี ค.ศ. 2000 – 2013)

ลำดับความสำคัญของแหล่งปล่อย/กักเก็บก๊าซเรือนเรือนกระจกจำแนกตามสาขาย่อยจากบัญชีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ปี พ.ศ. 2556 ซึ่งหากพิจารณาเฉพาะแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่าการผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อนปล่อยมากที่สุด 88 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ รองลงมาคือ การขนส่งทางถนน และการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมกระบวนการผลิตและการก่อสร้าง ตามลำดับ ดังตารางที่ 1-2

ตารางที่ 1-2 สรุปแหล่งปล่อย/กักเก็บก๊าซเรือนเรือนกระจกจำแนกตามสาขาย่อย จากบัญชีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ปี พ.ศ. 2556

A	B	C	D
IPCC category code	IPCC category	GHG	2013 Ex,t (Gg CO_2eq)
1A1a	Public Electricity and Heat Production	CO_2	88,089.54
5A	Changes in Forest and Other Woody Biomass Stocks	CO_2	-83,385.22
1A3b	Road Transportation	CO_2	58,646.11
1A2	Manufacturing Industries and Construction	CO_2	45,690.41
4C	Rice Cultivation	CH_4	27,862.90
2A	Mineral Products	CO_2	18,591.18
5C	Abandonment of Managed Lands	CO_2	-16,451.66
5B	Forest and Grassland Conversion	CO_2	13,330.14
4D	Agricultural Soils	N_2O	11,687.34
1A4c	Agriculture/Forestry/Fishing	CO_2	11,398.75
1A1b	Petroleum Refining	CO_2	9,954.94
1B2b	Natural Gas	CH_4	9,397.52
4A	Enteric Fermentation	CH_4	6,004.73
6B	Wastewater Handling	CH_4	5,347.83
6A	Solid Waste Disposal on Land	CH_4	5,346.02

ที่มา: http://www.onep.go.th/wp-content/uploads/thailand-bur2.pdf

ประเทศไทยได้จัดทำแผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศปี พ.ศ. 2564 – 2573 (Thailand's Nationally Determined Contribution Roadmap on Mitigation 2021-2030)โดยได้มอบหมายให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องเสนอมาตรการในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และดำเนินงานและติดตามเพื่อให้บรรลุเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกตามที่กำหนดไว้ ซึ่งจากข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอดีตของประเทศ และประเมินศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จึงได้สรุปมุ่งเน้นไปที่มาตรการในสาขาพลังงานและขนส่ง ของเสีย และกระบวนการทางอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ คิดเป็นศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ณ ปี พ.ศ. 2573 รวมทั้งสิ้น 115.6 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ในภาพรวมพบว่าภาคอุตสาหกรรมมีศักยภาพในการช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด เช่น การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน รวมถึงการจัดการน้ำเสียอุตสาหกรรม เป็นต้น สรุปดังตารางที่ 1-3

ตารางที่ 1-3 สรุปศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกรายสาขา ตามแผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ปี พ.ศ. 2564 - 2573

สาขา	ปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจก ($MtCO_2eq$) พ.ศ. 2573
พลังงานและขนส่ง	**113.00**
○ การผลิตไฟฟ้า	24
○ การใช้พลังงานในครัวเรือน	4
○ การใช้พลังงานในอาคารเชิงพาณิชย์ (รวมอาคารรัฐ)	1
○ การใช้พลังงานในอุตสาหกรรม	43
○ การคมนาคมขนส่ง	41
การจัดการของเสีย	**2.0**
○ การจัดการขยะ	1.3
○ การจัดการน้ำเสีย	0.7
ภาคกระบวนการทางอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์	**0.60**
รวม	**115.6**

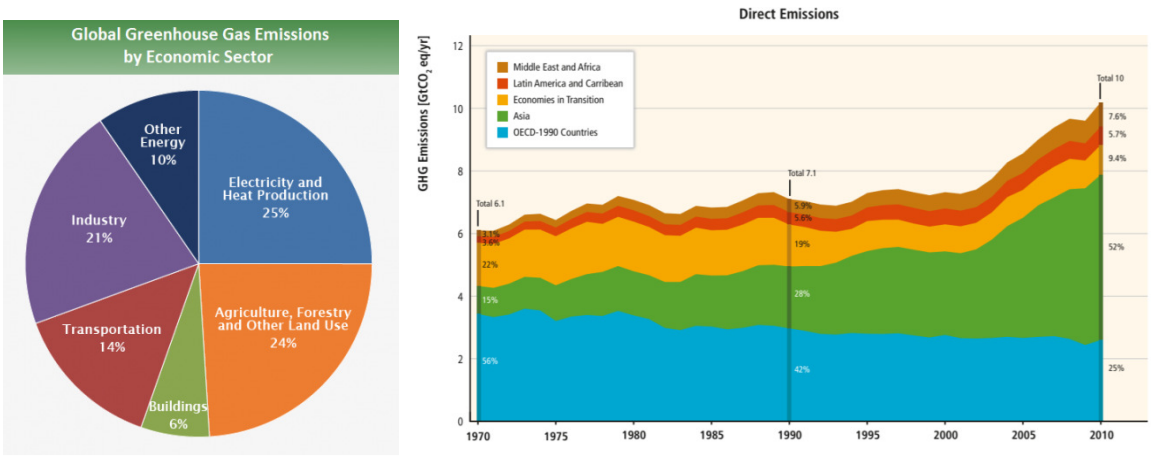
บทที่ 2

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

นางสาวศิริพร วิริยะตั้งสกุล
สำนักวิเคราะห์และติดตามประเมินผล
องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคอุตสาหกรรม

ภาคอุตสาหกรรมเป็นภาคที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงคิดเป็นร้อยละ 21 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด รองลงมาจากภาคการผลิตไฟฟ้าและความร้อนร้อยละ 25 และภาคการเปลี่ยนแปลงและใช้ประโยชน์ที่ดินร้อยละ 24 และภูมิภาคเอเชียมีแนวโน้มปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรมมากขึ้น ดังรูปที่ 2-1



(ก) (ข)

รูปที่ 2-1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำแนกตามภาคเศรษฐกิจ (ก) และแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงในแต่ละภูมิภาค (ข)

ที่มา: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_full.pdf

โดยแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคอุตสาหกรรม ซึ่งพิจารณาตามขอบเขตของโรงงานสามารถจำแนกเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (Direct Emission) ได้แก่ การใช้พลังงาน การเกิดปฏิกิริยาในกระบวนการผลิต การจัดการน้ำเสียอุตสาหกรรม และการรั่วไหล และแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม (Indirect Emission) ได้แก่ การนำเข้าพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนจากภายนอกโรงงาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การใช้พลังงาน
   การเผาไหม้เชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานความร้อน พลังงานไฟฟ้า รวมถึงการเผาไหม้เชื้อเพลิงในกิจกรรมการขนส่งภายในโรงงานอุตสาหกรรม

2. การเกิดปฏิกิริยาในกระบวนการผลิต
   เกิดจากการเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตไปเป็นผลิตภัณฑ์อาจเกิดจากปฏิกิริยาทางกายภาพหรือทางเคมีก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
3. การจัดการน้ำเสียอุตสาหกรรม
   จากกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพเป็นหลัก
4. การรั่วไหลอื่นๆ เช่น การรั่วไหลจากสารทำความเย็น การรั่วไหลของก๊าซซัลเฟอร์เฮกซาฟลูออไรด์ (SF_6) จาก Switchgear การใช้สารดับเพลิงที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก

ตารางที่ 2-1 ตัวอย่างกิจกรรมที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก

กิจกรรม	ชนิดก๊าซเรือนกระจก
การใช้พลังงาน	
การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในหม้อไอน้ำ (Boiler)	CO_2, CH_4, N_2O
การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า ไอน้ำ	CO_2, CH_4, N_2O
การเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะ	CO_2, CH_4, N_2O
การเผาไหม้ชีวมวลหรือก๊าซชีวภาพ	CH_4, N_2O
การเกิดปฏิกิริยาในกระบวนการผลิต	
กระบวนการแคลซิเนชั่น (Calcination) ในการผลิตปูน ของแคลเซียมคาร์บอเนตที่อยู่ในวัตถุดิบ (Raw meal) ที่ป้อนเข้าสู่หม้อเผาปูนซีเมนต์ (Kiln)	CO_2
กระบวนการเติม Carbon ในเตาหลอมเหล็ก	CO_2
กิจกรรม	**ชนิดก๊าซเรือนกระจก**
การจัดการน้ำเสียอุตสาหกรรม	
การบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบบ่อหมักไร้อากาศ	CH_4
การนำตะกอน หรือของเสียมาหมักทำสารปรับปรุงดิน	CH_4, N_2O
การรวบรวมและเผาทำลายก๊าซชีวภาพทิ้ง	CH_4

ตารางที่ 2-2 บัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศจำแนกตามสาขา ปี พ.ศ. 2556 (หน่วย ล้านตัน)

Greenhouse gas source and sink categories	CO_2 emissions	CO_2 removals	CH_4	N_2O
Total national emissions and removals	286,170	-130,654	2,852	55
1. Energy	223,309	NO	586	4
A. Fuel Combustion Activities	223,309		104	4
1. Energy Industries	98,044		6	1
2. Manufacturing Industries and Construction	45,690		13	2
3. Transport	60,684		17	0
4. Other Sectors	18,890		68	1
B. Fugitive Emissions from Fuels	NO		482	
1. Solid Fuels			32	
2. Oil and Natural Gas			450	
2. Industrial Processes	18,609	NO	10	1
A. Mineral Products	18,591			
B. Chemical Industry			10	1
C. Metal Production	18		NA	NA
D. Others Production	NA			
E. Production of Halocarbons and Sulphu Hexafluoride				
F. Consumption of Halocarbons and Sulphur Hexafluoride				
3. Solvent and other product use	NA			NA
4. Agriculture			1,730	47
A. Enteric Fermentation			286	
B. Manure Management			53	8
C. Rice Cultivation			1,327	
D. Agricultural Soils			NA	38
E. Prescribed Burning of Savannas			NO	NO
F. Field Burning of Corp Residues			64	2
5. Land Use, Land - Use Change and Forestry (LULUCF)	44,147	-130,654	18	1
A. Change in Forest and Other Woody Biomass Stocks	30,817	-114,202		
B. Forest and Grassland Conversion	13,330		18	0.12
C. Abandonment of Managed Lands		-16,452		
D. CO_2 Emission and Removal Soils	NE	NE		
6. Waste	104		509	3
A. Solid Waste Disposal on Land			255	
B. Wastewater Handling			255	3
C. Waste Incineration	104		NA	0
7. Other (please specify)	NA	NA	NA	NA
Memo Items				
International Bunkers	NA		NA	NA
International Aviation	NA		NA	NA
International Water-Borne Navigation	NA		NA	NA
CO_2 emission from biomass	NA			

ที่มา: http://www.onep.go.th/wp-content/uploads/thailand-bur2.pdf

วิธีการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

แนวทางการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีหลายแนวทางด้วยกัน ขึ้นอยู่กับการนำไปใช้ประโยชน์ หรือขอบเขตของการพิจารณา เช่น

- IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventoriesเพื่อจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศโดย คู่มือ IPCC 2006 พิจารณาแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพียง 4 แหล่ง คือ (1) ภาคพลังงาน (2) ภาคกระบวนการอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ (3) ภาคเกษตรป่าไม้และการใช้ประโยชน์ที่ดิน และ (4) ภาคการจัดการของเสีย
- Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories (GPC) แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของเมือง
- การจัดทำคาร์บอนฟุตพรินท์ของโครงการ (Carbon Footprint for Project)/ Greenhouse Gas Management for Project หรือ การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระดับโครงการตามมาตรฐาน ISO-14064-2 เป็นต้น
- มาตรฐาน ISO 14064-1 Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals,The Greenhouse Gas Corporate Accounting and Reporting Standard GHG protocol หรือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ที่จัดทำโดย องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) สำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

  โดยพิจารณาเป็น SCOPE ดังนี้ SCOPE I: การปล่อยและกักเก็บก๊าซเรือนกระจกทางตรง SCOPE II: การปล่อยและกักเก็บก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน และ SCOPE III: การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมด้านอื่นๆ

รูปที่ 2-2 ตัวอย่างคู่มือในการประเมินก๊าซเรือนกระจก

วิธีการคำนวณปริมาณการปล่อยหรือกักเก็บก๊าซเรือนกระจกสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การตรวจวัดโดยตรง การสร้างโมเดล การทำสมดุลมวล (Mass Balance) แต่ที่นิยมมักใช้วิธีการคำนวณโดยใช้ข้อมูลกิจกรรม คูณกับค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และแสดงผลอยู่ในรูปของมวล (ตันหรือกิโลกรัม) คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ดังนี้

โดยที่

ข้อมูลกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น ปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติ ปริมาณการใช้หินปูน ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น เป็นต้น

ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งอาจมาจากการตรวจวัดจริง หรือค่าที่ได้จากงานศึกษาวิจัย ที่นำมาใช้เป็นค่าอ้างอิง

ตารางที่ 2-3 ตัวอย่างค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามคู่มือ IPCC 2006 สำหรับการเผาไหม้เชื้อเพลิงแบบอยู่กับที่ภายในโรงงานอุตสาหกรรม

Fuel	Kg of Greenhouse gas per TJ on a Net Calorific Basis		
	CO_2	CH_4	N_2O
Diesel Oil	74,100	3	0.6
Residual Fuel Oil	77,400	3	0.6
LPG	63,100	1	0.1
Sub-Bituminous Coal	96,100	10	1.5
Lignite	101,000	10	1.5
Natural Gas	56,100	1	0.1

ที่มา:Table 2.3 Default emission factor for stationary combustion in manufacturing industries and construction, IPCC 2006

<u>ตัวอย่างการคำนวณ</u>

1) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำมันดีเซล 1,000 ลิตร

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก = ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล (l) x ค่าความร้อนสุทธิ (36.42 MJ/l) x ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (74,100 $kgCO_2/TJ$) x 10^{-9}(แปลงหน่วย)

= 100,000 (l) x 36.42 (MJ/l) x 74,100 ($kgCO_2/TJ$) x 10^{-9}

= 269.87 tCO_2

2) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้า 1,000,000 kWh

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก = ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh) x ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (0.5821 $kgCO_2eq/kWh$) x 10^{-3}(แปลงหน่วย)

= 1,000,000 (kWh) x 0.5821 ($kgCO_2eq/kWh$) x 10^{-3}

= 582.10 tCO_2 eq

บทที่ 3

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคอุตสาหกรรม

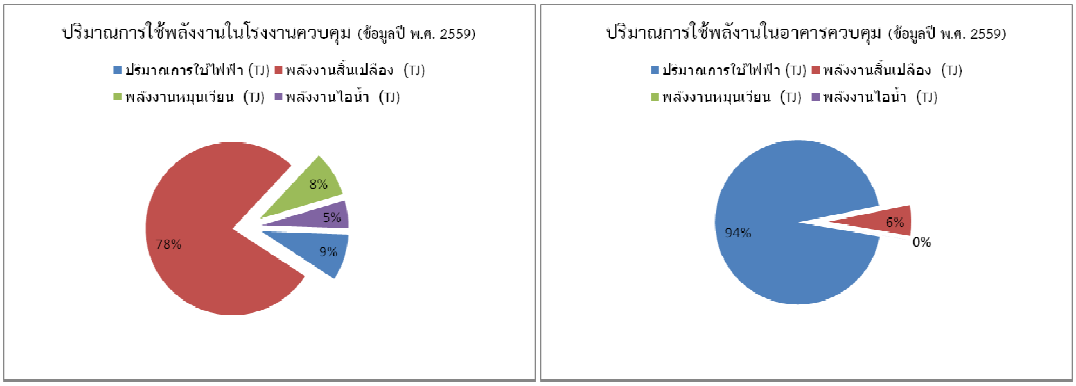
นางสาวศิริพร วิริยะตั้งสกุล
สำนักวิเคราะห์และติดตามประเมินผล
องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

ปริมาณการใช้พลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการอนุรักษ์พลังงานเพื่อให้มีการผลิตและการใช้พลังงานอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ ดังนั้น จึงได้กำหนดให้โรงงานควบคุมและอาคารควบคุมมีการดำเนินการจัดการพลังงานขึ้นภายในองค์กร ตามพ.ร.บ.การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (แก้ไขเพิ่มเติม) พ.ศ. 2550 ระบุให้โรงงานควบคุมและอาคารควบคุมต้องดำเนินการตามวิธีการจัดการพลังงานทั้ง 8 ขั้นตอน และต้องจัดทำรายงานการจัดการพลังงาน

ที่มา: www.dede.go.th

ภาพรวมการใช้พลังงานในโรงงานควบคุม และอาคารควบคุมปี พ.ศ. 2559พบว่ามีปริมาณการใช้พลังงานรวม 3,152,953 เทระจูล (TJ) โดยสัดส่วนปริมาณการใช้พลังงานรวมในโรงงานควบคุมคิดเป็นร้อยละ 98 และอาคารควบคุม ร้อยละ 2 ซึ่งโรงงานควบคุมมีปริมาณการใช้พลังงานประเภทพลังงานสิ้นเปลืองมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 78 รองลงมาปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานหมุนเวียน และพลังงานไอน้ำ ตามลำดับ ส่วนอาคารควบคุมมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 94 รองลงมาพลังงานสิ้นเปลือง ดังรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 สัดส่วนปริมาณการใช้พลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม

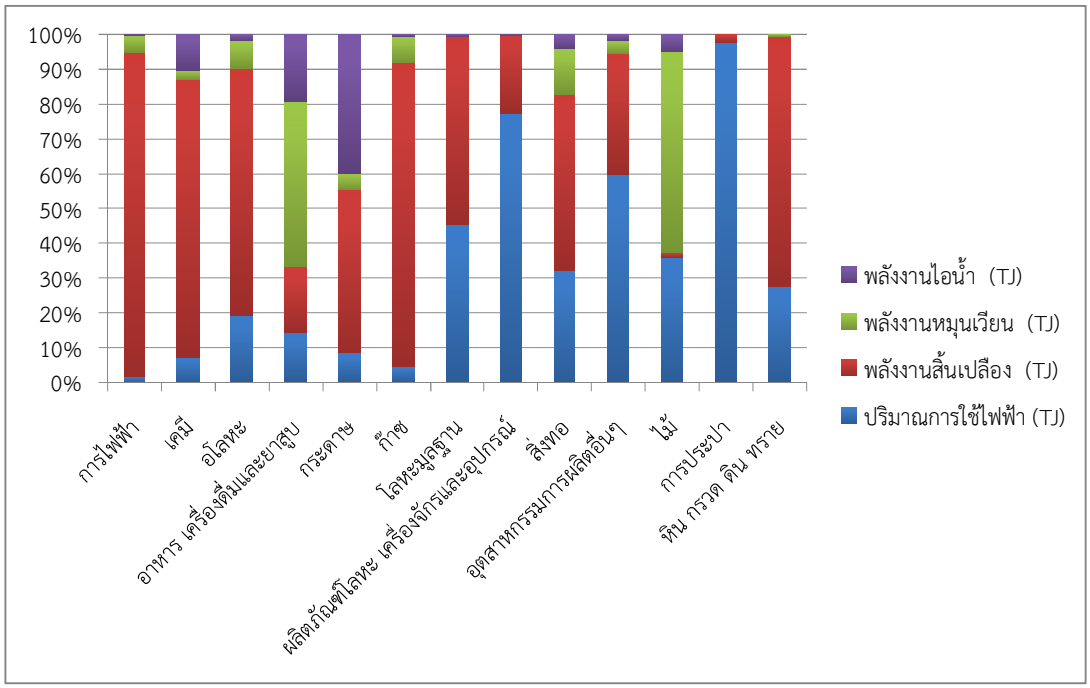
ปริมาณการใช้พลังงานของโรงงานควบคุม

ปริมาณการใช้พลังงานในโรงงานควบคุมพบว่ากลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ามีการใช้พลังงานรวมสูงสุด คือ 1,651,005TJ คิดเป็นร้อยละ 53.28 ของทั้งหมดรองลงมาคือ กลุ่มเคมี ร้อยละ 19.5 กลุ่มอโลหะ ร้อยละ 8.2 กลุ่มอาหาร เครื่องดื่มและยาสูบ ร้อยละ 7.9 และกลุ่มกระดาษ 2.9 ตามลำดับ สรุปรายละเอียดดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 สรุปปริมาณการใช้พลังงานรวมสำหรับโรงงานควบคุม(ข้อมูลปี พ.ศ. 2559)

ประเภทโรงงานควบคุม	จำนวน (แห่ง)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (TJ)	พลังงานสิ้นเปลือง (TJ)	พลังงานหมุนเวียน (TJ)	พลังงานไอน้ำ (TJ)	รวมพลังงานทั้งหมด (TJ)	ร้อยละ
การไฟฟ้า	125	25,792	1,535,154	86,779	3,280	1,651,005	**53.28**
เคมี	326	43,841	480,911	16,605	63,826	605,182	**19.53**
อโลหะ	779	48,977	181,031	20,199	5,293	255,500	**8.25**
อาหาร เครื่องดื่มและยาสูบ	816	35,123	46,447	115,593	48,047	245,210	**7.91**
กระดาษ	129	7,488	41,946	4,049	35,942	89,425	**2.89**
ก๊าซ	19	2,305	46,162	4,024	410	52,901	**1.71**
โลหะมูลฐาน	248	23,861	28,466	-	448	52,774	**1.7**
ผลิตภัณฑ์โลหะ เครื่องจักรและอุปกรณ์	642	36,453	10,613	-	133	47,199	**1.52**
สิ่งทอ	298	14,028	22,177	5,830	1,845	43,880	**1.42**
อุตสาหกรรมการผลิตอื่นๆ	615	23,439	13,685	1,452	792	39,368	**1.27**
ไม้	41	4,200	153	6,769	602	11,724	**0.38**
การประปา	24	2,246	59	-	-	2,306	**0.07**
หิน กรวด ดิน ทราย	52	553	1,434	18	-	2,004	**0.06**
รวม	**4,114**	**268,306**	**2,408,237**	**261,317**	**160,619**	**3,098,478**	**100**

รูปแบบการใช้พลังงาน โรงงานควบคุมจะมีการใช้พลังงานในรูปแบบพลังงานสิ้นเปลืองมากที่สุด รองลงมาคือพลังงานไฟฟ้า ยกเว้นกลุ่มอาหาร เครื่องดื่มและยาสูบที่มีสัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียนมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 44 ของปริมาณการใช้พลังงานหมุนเวียนทั้งหมดในโรงงานควบคุม รองลงมาเป็นพลังงานไอน้ำ พลังงานสิ้นเปลือง และพลังงานไฟฟ้าตามลำดับ เนื่องจากกลุ่มอาหาร เครื่องดื่มและยาสูบสามารถนำผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนได้ เช่น อุตสาหกรรมผลิตน้ำตาลนำชานอ้อยมาเป็นเชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำ (Boiler) อุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลังนำก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศมาเป็นเชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำ (Boiler) เป็นต้น



รูปที่ 3-2 สัดส่วนปริมาณการใช้พลังงานของโรงงานควบคุมแต่ละประเภท

ปริมาณการใช้พลังงานของอาคารควบคุม

จากข้อมูลปีพ.ศ. 2559 พบว่าปริมาณการใช้พลังงานของอาคารควบคุมสูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ ศูนย์การค้า สำนักงาน โรงแรม อาคารอื่นๆ และโรงพยาบาล ตามลำดับ ซึ่งหากเปรียบเทียบสัดส่วนการใช้พลังงานพบว่าส่วนใหญ่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้า คิดเป็นร้อยละ 94 ของปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมด ซึ่งสาเหตุหลักมาจากการใช้พลังงานในระบบทำความเย็นและปรับอากาศ สำหรับพลังงานสิ้นเปลืองมีปริมาณการใช้เพียงเล็กน้อยส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้กับระบบทำความร้อน และเครื่องปั่นไฟฟ้าสำรอง

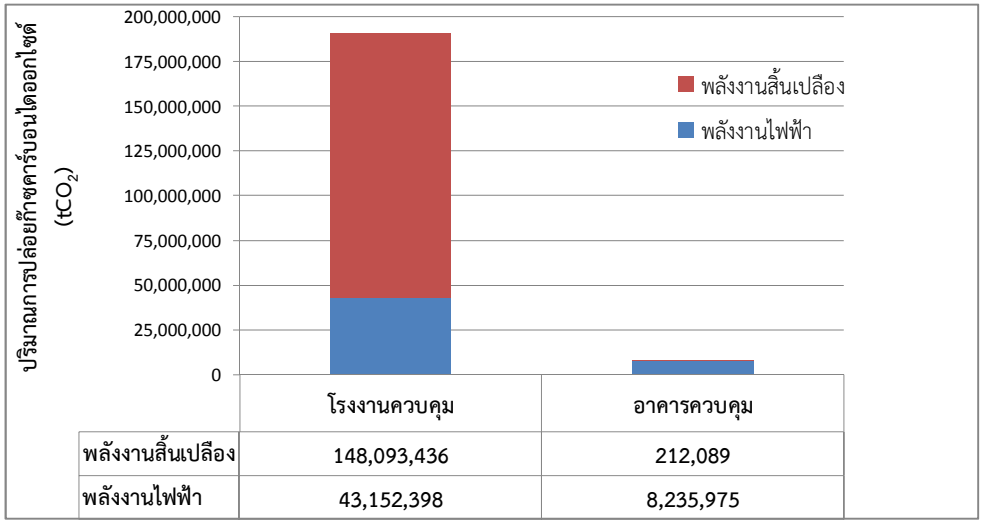
ตารางที่ 3-2สรุปปริมาณการใช้พลังงานรวมสำหรับอาคารควบคุม(ข้อมูลปี พ.ศ. 2559)

ประเภทอาคารควบคุม	จำนวน (แห่ง)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (TJ)	พลังงานสิ้นเปลือง (TJ)	พลังงานไอน้ำ (TJ)	รวม (TJ)	ร้อยละ
ศูนย์การค้า	621	17,232	74	-	17,306	**31.77**
สำนักงาน	480	8,526	48	-	8,574	**15.74**
โรงแรม	393	6,706	1,743	6	8,455	**15.52**
อาคารอื่นๆ	237	7,523	617	-	8,140	**14.94**
โรงพยาบาล	223	5,144	581	-	5,725	**10.51**
สถานศึกษา	206	4,772	47	-	4,819	**8.85**
ฟาร์มปศุสัตว์	71	1,237	151	-	1,389	**2.55**
การไฟฟ้า	7	45	-	-	45	**0.08**
การประปา	3	22	-	-	22	**0.04**
รวม	2,241	51,208	3,260	6	54,475	100

หมายเหตุ : ฟาร์มปศุสัตว์มีการใช้พลังงานหมุนเวียนเล็กน้อย ประมาณ 1 TJ

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม

การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะพิจารณาเฉพาะปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลและการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคำนวณตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร และ IPCC พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงงานควบคุมและอาคารควบคุมรวมทั้งสิ้น 199,693,898 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ (tCO_2) โดยมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงงานควบคุม คิดเป็นร้อยละ 95.77 และอาคารควบคุม ร้อยละ 4.23 โดยแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลักสำหรับโรงงานควบคุมมาจากการใช้พลังงานสิ้นเปลือง (เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในกระบวนการผลิต) คิดเป็นร้อยละ 77.44 และจากการใช้พลังงานไฟฟ้าคิดเป็นร้อยละ 22.73 ดังรูปที่ 3-3



รูปที่ 3-3 สัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม

โรงงานควบคุมมีปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด 94,263,146 tCO_2คิดเป็นร้อยละ 49.29 รองลงมาได้แก่ เคมีร้อยละ 18.27 อโลหะร้อยละ 12.05 อาหาร เครื่องดื่มและยาสูบร้อยละ 4.85 ตามลำดับ ซึ่งผลรวมของอุตสาหกรรม 4 กลุ่มดังกล่าว มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม 161,517,625tCO_2คิดเป็นร้อยละ 84 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด สำหรับภาคอาคารควบคุม ศูนย์การค้าเป็นกลุ่มที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด คือ 2,776,153 tCO_2คิดเป็นร้อยละ 32.86 รองลงมา ได้แก่ สำนักงาน อาคารอื่นๆ โรงแรม และโรงพยาบาล ตามลำดับ สำหรับกลุ่มอาคารอื่นๆที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาก เช่น รถไฟฟ้า ท่าเรือ สนามบิน เป็นต้น ดังตารางที่ 3 4

ตารางที่ 3-3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงงานควบคุม (ข้อมูลปี พ.ศ. 2559)

ประเภทโรงงานควบคุม	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (tCO_2)			
	พลังงานไฟฟ้า	พลังงานสิ้นเปลือง	รวม	ร้อยละ
การไฟฟ้า	**4,148,150**	**90,114,996**	**94,263,146**	**49.29**
เคมี	**7,051,015**	**27,883,498**	**34,934,513**	**18.27**
อโลหะ	**7,877,082**	**15,176,888**	**23,053,971**	**12.05**
อาหาร เครื่องดื่มและยาสูบ	**5,648,884**	**3,617,111**	**9,265,995**	**4.85**
ผลิตภัณฑ์โลหะ เครื่องจักรและอุปกรณ์	5,862,845	633,057	6,495,903	3.40
โลหะมูลฐาน	3,837,578	1,773,922	5,611,500	2.93
กระดาษ	1,204,352	3,403,892	4,608,244	2.41
อุตสาหกรรมการผลิตอื่นๆ	3,769,829	816,246	4,586,075	2.40
สิ่งทอ	2,256,195	1,880,150	4,136,345	2.16
ก๊าซ	370,757	2,653,263	3,024,020	1.58
ไม้	675,466	11,555	687,021	0.36
การประปา	361,293	4,562	365,855	0.19
หิน กรวด ดิน ทราย	88,951	124,296	213,247	0.11
รวม	**43,152,398**	**148,093,436**	**191,245,834**	**100**

ตารางที่ 3-3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารควบคุม (ข้อมูลปี พ.ศ. 2559)

ประเภทอาคารควบคุม	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (tCO_2)			
	พลังงานไฟฟ้า	พลังงานสิ้นเปลือง	รวม	ร้อยละ
ศูนย์การค้า	2,771,468	4,685	2,776,153	32.86
สำนักงาน	1,371,241	2,909	1,374,150	16.27
อาคารอื่นๆ	1,209,961	38,196	1,248,157	14.77
โรงแรม	1,078,617	113,700	1,192,317	14.11
โรงพยาบาล	827,356	39,386	866,742	10.26
สถานศึกษา	767,517	3,570	771,087	9.13
ฟาร์มปศุสัตว์	199,019	9,644	208,662	2.47
การไฟฟ้า	7,297	-	7,297	0.09
การประปา	3,497	-	3,497	0.04
รวม	**8,235,975**	**212,089**	**8,448,064**	**100**

บทที่ 4

กลไกการลดก๊าซเรือนกระจก

นางสาวศิริพร วิริยะตั้งสกุล
สำนักวิเคราะห์และติดตามประเมินผล
องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

กลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean development Mechanism: CDM)

อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) กำหนดพันธกรณีผูกพันต่อประเทศอุตสาหกรรมให้ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยกำหนดให้ประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่ I ภายใต้พิธีสารเกียวโตต้องปล่อยก๊าซเรือนกระจกไม่เกินปริมาณที่ได้รับการจัดสรร โดยตั้งเป้าหมายในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่างๆ ให้ต่ำกว่าระดับที่ปล่อยในปี ค.ศ. 1990 อย่างน้อยร้อยละ 5 ภายในช่วงพันธกรณีแรก คือ ระหว่างปี ค.ศ. 2008-2012 ซึ่งได้มีการกำหนดกลไกการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกไว้ 3 รูปแบบ คือ กลไกการซื้อขายสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Trading: ET) กลไกการดำเนินการร่วมกัน (Joint Implementation: JI) และกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism: CDM) โดยกลไกทั้ง 3 เป็นกลไกทางการตลาดเพื่อช่วยประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่ I ในการบรรลุเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามพันธกรณี

สำหรับประเทศไทยได้ให้สัตยาบันต่อพิธีสารเกียวโต เมื่อวันที่ 28 สิงหาคม ค.ศ. 2002 และประเทศไทยไม่ได้อยู่ในกลุ่มภาคผนวกที่ I จึงไม่มีพันธกรณีในการลดก๊าซเรือนกระจกในช่วงพันธกรณีแรก แต่ประเทศไทยสามารถมีส่วนร่วมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้จากการดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean development Mechanism: CDM)

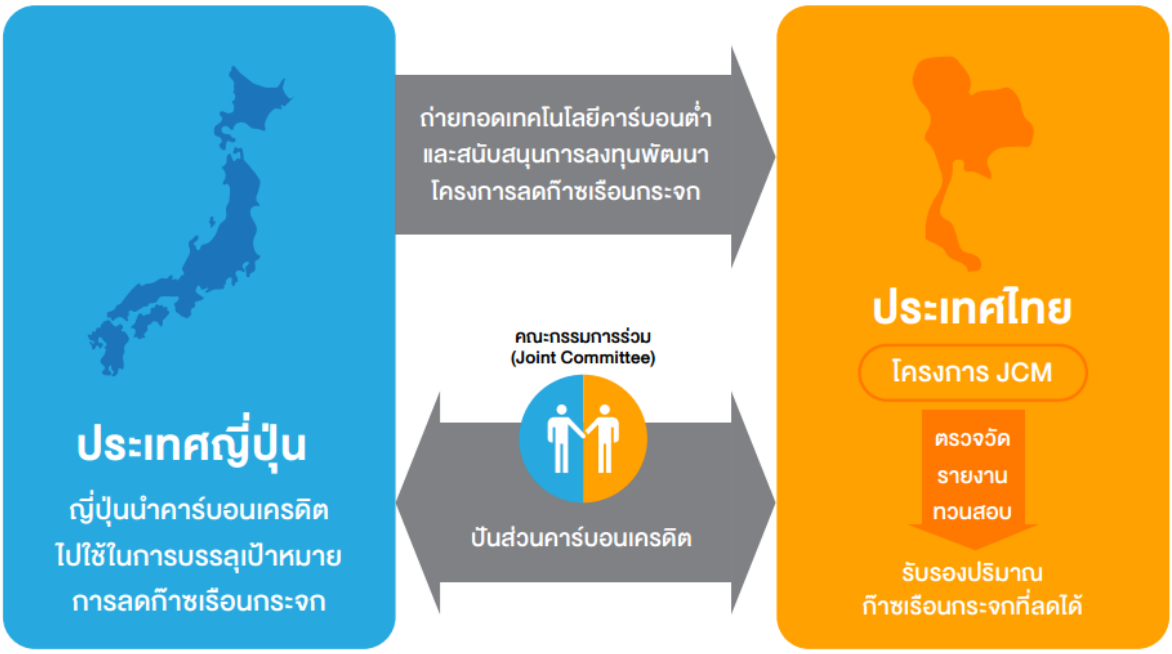
โครงการ CDM นอกจากมีการดำเนินกิจกรรมช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนระจกแล้ว ต้องส่งเสริมและสนับสนุนก่อให้เกิดความยั่งยืนต่อประเทศเจ้าบ้าน ดังนั้น องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) เป็นหน่วยงานที่ทำหน้าที่วิเคราะห์ กลั่นกรองและตรวจสอบโครงการ CDM เพื่อให้คำรับรองว่าเป็นโครงการตามกลไกการพัฒนาที่สะอาด โดยออกเอกสารที่เรียกว่า Letter of Approval (LoA)เพื่อประกอบการขอขึ้นทะเบียนเป็นโครงการ CDM ต่อไป ที่ผ่านมาประเทศไทยได้ให้คำรับรอง LoA ไปแล้วจำนวน 222 โครงการและที่ได้รับการขึ้นทะเบียนจากคณะกรรมการบริหารกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM EB) รวมทั้งสิ้น 154 โครงการ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะลดได้ 7.41 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ($MtCO_2e/y$) และมีโครงการ CDM ที่ได้รับการรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจก (Issued CERs) จำนวน 65 โครงการโดยมีปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ได้รับการรับรองทั้งหมด 13.96 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และผลประโยชน์ร่วม (Co benefit) ที่เกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการ CDM เช่น ช่วยลดมลพิษด้านสิ่งแวดล้อม ลดการใช้พลังงานฟอสซิล เพิ่มการจ้างงาน ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน และส่งเสริมให้เกิดการใช้เทคโนโลยีคาร์บอนต่ำ

ความตกลงทวิภาคีความร่วมมือกลไกเครดิตร่วม (Joint Crediting Mechanism: JCM)

กลไกเครดิตร่วม Joint Crediting Mechanism(JCM) ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยประเทศญี่ปุ่นมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิผลของการดำเนินงานภายใต้อนุสัญญา UNFCCC โดยประเทศญี่ปุ่นจะสนับสนุนให้ประเทศกำลังพัฒนาใช้เทคโนโลยีคาร์บอนต่ำ รวมถึง ผลิตภัณฑ์ ระบบ บริการ และโครงสร้างพื้นฐานที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลง

กลไก JCM มีลักษณะการดำเนินงานแบบทวิภาคีระหว่างประเทศญี่ปุ่นกับประเทศกำลังพัฒนาที่ร่วมลงนามความร่วมมือ โดยมีการจัดตั้งคณะกรรมการร่วม (Joint Committee) ประกอบด้วยผู้แทนจากรัฐบาลทั้งสองประเทศเพื่อเป็นผู้บริหารกลไก และเป็นผู้พิจารณาการแบ่งสัดส่วนคาร์บอนเครดิตที่เกิดขึ้นจากโครงการระหว่างทั้งสองประเทศ โดยประเทศญี่ปุ่นได้แสดงเจตจำนงที่จะใช้คาร์บอนเครดิตที่ได้จากทำโครงการ JCM ในการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศญี่ปุ่นด้วยดังรูปที่ 4-1

ปัจจุบันมีประเทศที่ลงนามความร่วมมือทวิภาคี JCM กับประเทศญี่ปุ่นแล้ว จำนวน 17ประเทศ รวมถึงประเทศไทย ขณะนี้มีโครงการของประเทศไทยที่ได้รับทุนสนับสนุนให้พัฒนาเป็นโครงการ JCM Model Project จากกระทรวงสิ่งแวดล้อม ประเทศญี่ปุ่นตั้งแต่ปีงบประมาณ 2558 ทั้งหมดจำนวน 30 โครงการ และมีโครงการที่ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นโครงการ JCM จำนวน 6 โครงการ รวมปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะลดได้เท่ากับ 34,621 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี



รูปที่ 4-1 หลักการของกลไกเครดิตร่วมJoint Crediting Mechanism(JCM)

โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย(Thailand Voluntary Emission Reduction Program: T-VER)

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก. ได้พัฒนาโครงการ T-VER ขึ้น เพื่อส่งเสริมให้ทุกภาคส่วนมีส่วนร่วมในการดำเนินกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก โดยปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ หรือที่เรียกว่า คาร์บอนเครดิต สามารถนำไปซื้อขายในตลาดคาร์บอนภาคสมัครใจ

หลักการของโครงการ T-VER ต้องเป็นโครงการที่ดำเนินกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจกด้วยความสมัครใจ และในการดำนินการต้องมีความโปร่งใส ตรวจสอบได้ และปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ต้องผ่านการทวนสอบอย่างมีอิสระ โดย อบก. ได้พัฒนาระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจจำนวน 40 ระเบียบวิธีฯ สรุปดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 สรุปจำนวนระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ

รวม	จำนวนระเบียบวิธีฯแยกตามประเภทของโครงการ					
	พลังงานทดแทน	การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน	การจัดการของเสีย	ป่าไม้และพื้นที่สีเขียว	การเกษตร	อื่นๆ
40	8	16	9	3	2	2

ขั้นตอนการพัฒนาโครงการ T-VER ประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

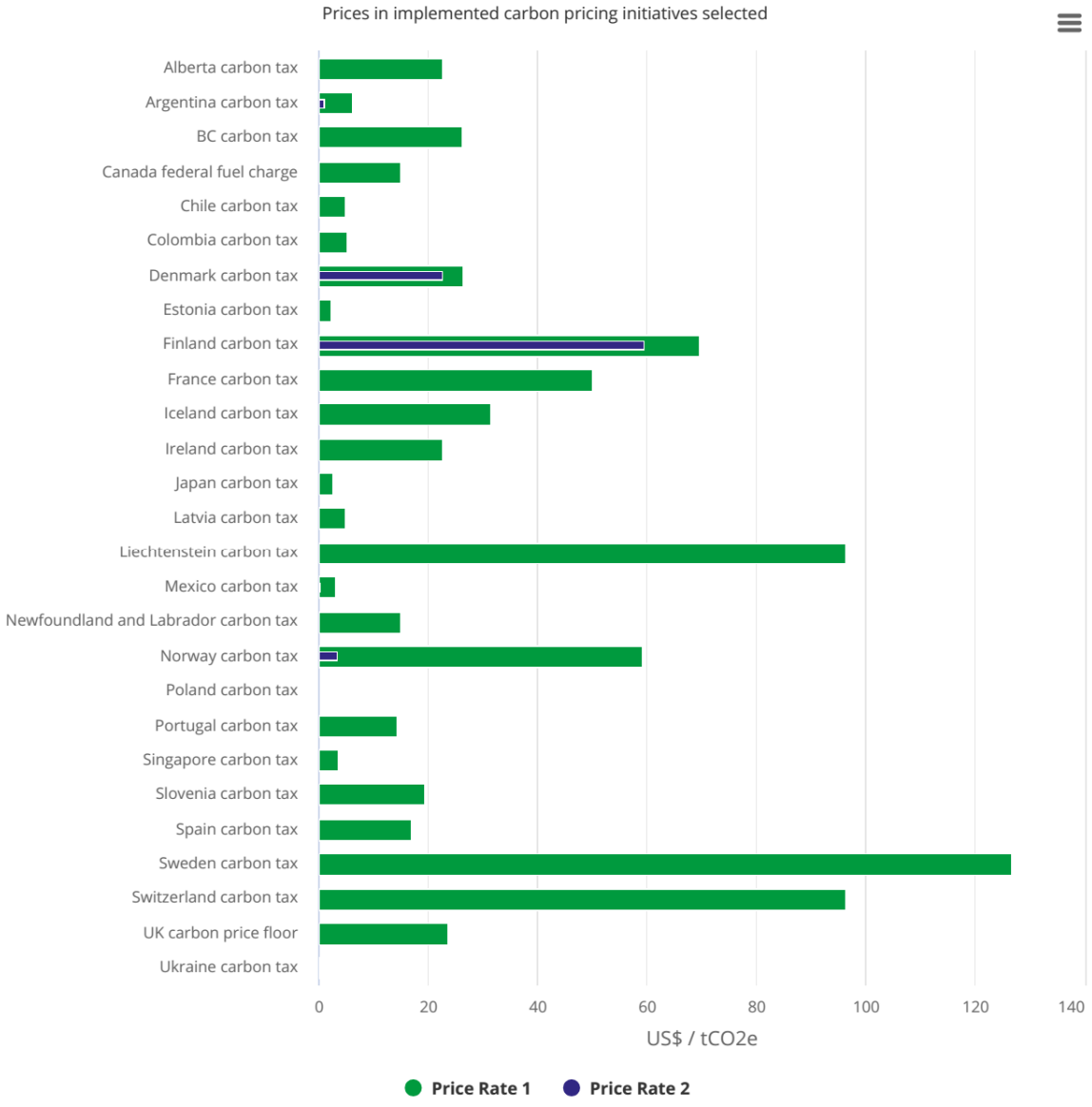
ได้รับการขึ้นทะเบียน 180 โครงการ ปริมาณ GHG ที่คาดว่าจะลดได้รวม 5,086,300 tCO_2e/y	ได้รับการรับรองคาร์บอนเครดิต 75 โครงการ ปริมาณ GHG ที่ลดได้รวม 3,232,636 tCO_2e	ผู้ประเมินภายนอกสำหรับโครงการภาคสมัครใจ (Validation and Verification Body: VVB) จำนวน 17ราย

ภาษีคาร์บอน

ภาษีคาร์บอนโดยรัฐบาลเป็นผู้กำหนดอัตราภาษีต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น การเก็บภาษีตามปริมาณคาร์บอนที่อยู่ในเชื้อเพลิงฟอสซิล การเก็บภาษีจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ตัวอย่าง

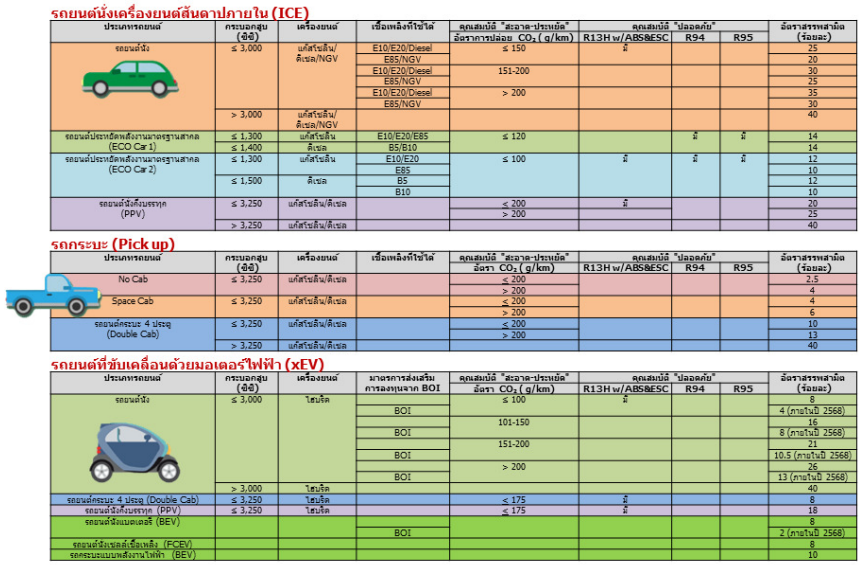
รัฐบาลประเทศสิงคโปร์ จะเริ่มจัดเก็บภาษีคาร์บอนในอัตรา 5 เหรียญสิงคโปร์ (ประมาณ 120 บาท) ต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 1 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ใน ปี ค.ศ. 2019 จากบริษัทที่ดำเนินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่า 25,000 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี



รูปที่ 4-2 ตัวอย่างอัตราภาษีคาร์บอนของแต่ละประเทศ ข้อมูล ณ เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562

ที่มา https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/map_data

ประเทศไทย กรมสรรพสามิตรประกาศอัตราภาษีรถยนต์ตามปริมาณสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ร้อยละ 2.5 – 25 โดยที่อัตราภาษีรถยนต์แบบพลังงานไฟฟ้า (Electric Powered Vehicle) ภายใต้หลักเกณฑ์และเงื่อนไขของสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) ให้ลดลงเหลืออัตราร้อยละ 0



รถยนต์นั่งเครื่องยนต์สันดาปภายใน (ICE)

ประเภทรถยนต์	กระบอกสูบ (ซีซี)	เครื่องยนต์	เชื้อเพลิงที่ใช้ได้	คุณสมบัติ "สะอาด-ประหยัด" อัตราการปล่อย CO_2 (g/km)	คุณสมบัติ "ปลอดภัย" R13H w/ABS&ESC	R94	R95	อัตราสรรพสามิต (ร้อยละ)
รถยนต์นั่ง	≤ 3,000	แก๊สโซลีน/ดีเซล/NGV	E10/E20/Diesel	≤ 150	มี			25
			E85/NGV					20
			E10/E20/Diesel	151-200				30
			E85/NGV					25
			E10/E20/Diesel	> 200				35
			E85/NGV					30
	> 3,000	แก๊สโซลีน/ดีเซล/NGV						40
รถยนต์ประหยัดพลังงานมาตรฐานสากล (ECO Car 1)	≤ 1,300	แก๊สโซลีน	E10/E20/E85	≤ 120		มี	มี	14
	≤ 1,400	ดีเซล	B5/B10					14
รถยนต์ประหยัดพลังงานมาตรฐานสากล (ECO Car 2)	≤ 1,300	แก๊สโซลีน	E10/E20	≤ 100	มี	มี	มี	12
			E85					10
	≤ 1,500	ดีเซล	B5					12
			B10					10
รถยนต์นั่งตั้งบรรทุก (PPV)	≤ 3,250	แก๊สโซลีน/ดีเซล		≤ 200	มี			20
				> 200				25
	> 3,250	แก๊สโซลีน/ดีเซล						40

รถกระบะ (Pick up)

ประเภทรถยนต์	กระบอกสูบ (ซีซี)	เครื่องยนต์	เชื้อเพลิงที่ใช้ได้	คุณสมบัติ "สะอาด-ประหยัด" อัตรา CO_2 (g/km)	คุณสมบัติ "ปลอดภัย" R13H w/ABS&ESC	R94	R95	อัตราสรรพสามิต (ร้อยละ)
No Cab	≤ 3,250	แก๊สโซลีน/ดีเซล		≤ 200				2.5
				> 200				4
Space Cab	≤ 3,250	แก๊สโซลีน/ดีเซล		≤ 200				4
				> 200				6
รถยนต์กระบะ 4 ประตู (Double Cab)	≤ 3,250	แก๊สโซลีน/ดีเซล		≤ 200				10
				> 200				13
	> 3,250	แก๊สโซลีน/ดีเซล						40

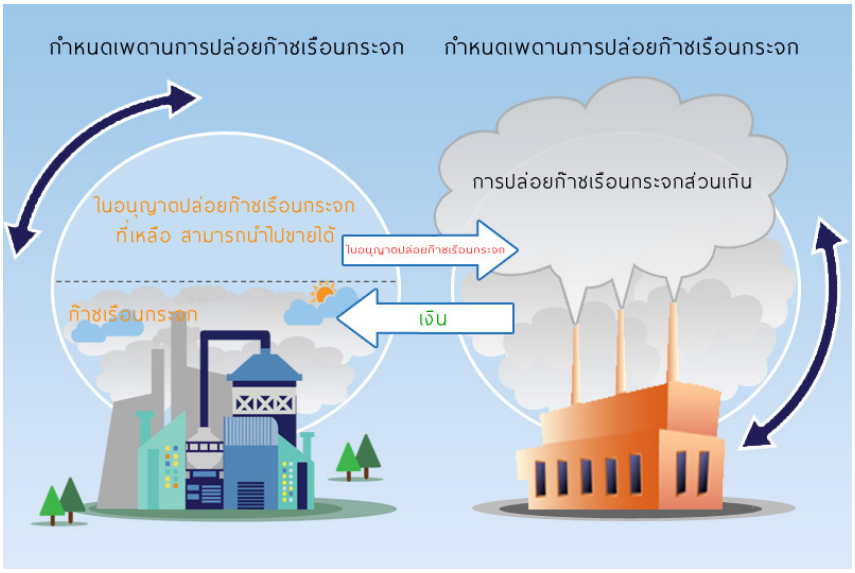
รถยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า (xEV)

ประเภทรถยนต์	กระบอกสูบ (ซีซี)	เครื่องยนต์	มาตรการส่งเสริมการลงทุนจาก BOI	คุณสมบัติ "สะอาด-ประหยัด" อัตรา CO_2 (g/km)	คุณสมบัติ "ปลอดภัย" R13H w/ABS&ESC	R94	R95	อัตราสรรพสามิต (ร้อยละ)
รถยนต์นั่ง	≤ 3,000	ไฮบริด		≤ 100	มี			8
			BOI					4 (ภายในปี 2568)
				101-150				16
			BOI					8 (ภายในปี 2568)
				151-200				21
			BOI					10.5 (ภายในปี 2568)
				> 200				26
			BOI					13 (ภายในปี 2568)
	> 3,000	ไฮบริด						40
รถยนต์กระบะ 4 ประตู (Double Cab)	≤ 3,250	ไฮบริด		≤ 175	มี			8
รถยนต์นั่งตั้งบรรทุก (PPV)	≤ 3,250	ไฮบริด		≤ 175	มี			18
รถยนต์นั่งแบตเตอรี่ (BEV)								8
			BOI					2 (ภายในปี 2568)
รถยนต์นั่งเซลล์เชื้อเพลิง (FCEV)								8
รถกระบะแบบพลังงานไฟฟ้า (BEV)								10

ที่มา : http://www.car.go.th/new/Excisecar

ระบบซื้อขายสิทธิการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

เป็นเครื่องมือที่ใช้แรงจูงใจทางการเงินให้สถานประกอบการที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายใหญ่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง โดยหน่วยงานภาครัฐจะทำการกำหนดเพดานการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Cap Setting) และจัดสรรสิทธิในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Allowance Allocation) ให้กับองค์กรที่อยู่ในระบบ เพื่อจำกัดเพดานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละองค์กร โดยแต่ละแห่งจะไม่สามารถปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้เกินกว่าระดับ Cap ที่กำหนดไว้ และต้องมีการรายงานผลการตรวจวัดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ผ่านการทวนสอบ (Verification) ให้กับภาครัฐในทุกๆ ปีทั้งนี้ องค์กรต้องคืนสิทธิในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Surrender) ที่ได้รับจัดสรรมาจากภาครัฐตามปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร (ตามที่รายงานทุกสิ้นปี) ซึ่งหากองค์กรมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกินกว่าสิทธิในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้รับจัดสรร จะต้องทำการซื้อสิทธิในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากองค์กรอื่นภายใต้ระบบเดียวกัน หรืออาจจะซื้อคาร์บอนเครดิตจากโครงการลดก๊าซเรือนกระจกตามมาตรฐานต่างๆที่ระบบ ETS นั้นๆ ยอมรับเพื่อเป็นการชดเชยปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยเกินกว่าสิทธิที่ได้รับจัดสรรมา ส่วนในทางกลับกันหากองค์กรปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่าสิทธิที่ได้รับก็จะสามารถขาย (Trade) ให้กับองค์กรอื่นได้ และในท้ายที่สุดปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกโดยรวมของระบบก็จะลดลงตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ โดยองค์กรก็ได้รับแรงจูงใจทางการเงินในการลดก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้เทคโนโลยีที่สะอาดขึ้น และยังเป็นแรงขับเคลื่อนให้ประเทศก้าวไปสู่การพัฒนาเศรษฐกิจแบบคาร์บอนต่ำ (Low carbon Economy) ได้อย่างมั่นคงต่อไปในอนาคตดังรูปที่ 4-3



รูปที่ 4-3แสดงแบบจำลองระบบซื้อขายสิทธิการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ระบบการซื้อขายใบอนุญาตปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Trading Scheme) หรือที่เรียกว่า ระบบ Thailand V-ETS เป็นกลไกหนึ่งที่องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก. ได้พัฒนาขึ้น เพื่อส่งเสริมการดำเนินงานด้านการลดก๊าซเรือนกระจกภายใต้ตลาดคาร์บอนภาคสมัครใจของประเทศไทย และได้ออกแบบระบบการตรวจวัด รายงาน และทวนสอบ (Measurement, Reporting, and Verification System) หรือ ระบบ MRV ที่พัฒนาจากมาตรฐานสากล ISO 14064-1, 14064-3 และ 14065

อบก.ได้ดำเนินโครงการศึกษาเพื่อส่งเสริมการพัฒนาระบบตลาดคาร์บอนของไทยอย่างต่อเนื่องโดยได้นำร่องกับกลุ่มอุตสาหรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง ได้แก่ การผลิตไฟฟ้า ปูนซีเมนต์ ปิโตรเคมี กลั่นน้ำมัน ปิโตรเลียม เหล็กและเหล็กกล้า เยื่อและกระดาษ เซรามิก พลาสติก แก้วและกระจก อาหารและอาหารสัตว์ สรุปดังรูปที่ 4-4

Thailand V-ETS

- ช่วงเวลาที่บังคับใช้ (Trading period):
  - ระยะที่ 1: 2015-2017 (2558-2560)
  - ระยะที่ 2: 2018-2020 (2561-2563)
- หน่วยของสิทธิในการปล่อย GHG: ตันคาร์บอนไดออกไซด์ (tCO_2)
- ปีฐาน: 2012-2013 (2555-2556)
- Threshold ของโรงงานที่เข้าร่วม : ไม่จำกัด เพราะเป็นแบบสมัครใจ
- ประเภทของก๊าซเรือนกระจกที่ควบคุม : CO_2
- กลุ่มเป้าหมาย : อุตสาหกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง
- ไม่มีบทลงโทษ

1st Year	2nd Year	3rd Year
ผลิตไฟฟ้า (11)	ซีเมนต์ (4)	กลั่นน้ำมันปิโตรเลียม (2)
ปิโตรเคมี (7)	เหล็กและเหล็กกล้า(4)	แก้วและกระจก(4)
	เยื่อและกระดาษ(4)	พลาสติก (4)
		เซรามิก (4)
		อาหารและอาหารสัตว์ (8)

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บหมายถึงจำนวนโรงงานที่เข้าร่วม

รูปที่ 4-4 การดำเนินงานโครงการ Thailand V-ETS

บทที่ 5

มาตรการลดก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์

ดร.ปวีณา พาณิชยพิเชฐ
สำนักวิเคราะห์และติดตามประเมินผล
องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

บทนำ

อุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์เป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศเนื่องจากปูนซีเมนต์เป็นวัสดุหลักที่ใช้ในการก่อสร้างระบบสาธารณูโภคขั้นพื้นฐานต่าง ๆ วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์ส่วนใหญ่เป็นวัตถุดิบที่มีภายในประเทศ เช่น หินปูน ยิปซั่ม ปี พ.ศ. 2560 ประเทศไทยมีหม้อเผาปูน จำนวน 32 หม้อเผา กำลังการผลิตปูนเม็ดและปูนซีเมนต์ เท่ากับ 50.3 และ 60.1 ล้านตัน ตามลำดับ (สมาคมอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ไทย, 2561) โดยมีปริมาณการผลิตปูนซีเมนต์ 33.58 ล้านตัน ผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ที่ผลิตได้จำหน่ายในประเทศ 28.82 ล้านตัน ส่วนที่เหลือส่งจำหน่ายไปยังต่างประเทศ กระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ในประเทศไทยในปัจจุบันเป็นการผลิตแบบแห้ง (dry process) โดยมีขั้นตอนหลักในการผลิต 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนแรกเป็นการเตรียมวัตถุดิบ ซึ่งวัตถุดิบหลักในการผลิตปูนซีเมนต์ คือ หินปูน ($CaCO_3$) ขั้นตอนที่สองเป็นการบดวัตถุดิบต่าง ๆ ด้วยหม้อบดจนได้ขนาดที่ต้องการ ขั้นตอนที่สามเป็นการเผาปูนเม็ดซึ่งจะมีการเพิ่มประสิทธิภาพในการเผาโดยการให้ความร้อนวัตถุดิบก่อนโดยป้อนวัตถุดิบเข้าสู่หออุ่นวัตถุดิบ (Preheater) จากนั้นนำไปเผาด้วยเตาเผาแบบหมุน (rotary kiln) ที่อุณหภูมิมากกว่า 1,200 องศาเซลเซียส เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของวัตถุดิบต่างๆ จนได้ปูนเม็ด และทำให้ปูนเม็ดเย็นตัวโดยการส่งไปยังหม้อเย็น (Clinker Cooler) เพื่อระบายความร้อนก่อนนำไปเก็บในไซโลเก็บปูนเม็ด ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการบดปูนเม็ดซึ่งจะมีการเติมส่วนผสมอื่น เช่น ยิปซั่ม ในปริมาณเล็กน้อยเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ที่มีคุณสมบัติตามต้องการ

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 5-1 อุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์

(*ก*) หินปูนซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตปูนซีเมนต์(ข) ภาพมุมสูงของโรงงานผลิตปูนซีเมนต์และ (ค) หม้อเผาปูนแบบ rotary kiln

(*ข*) *ที่มา: https://www.siamcitycement.com/en/product/modern และ https://www.siamcitycement.com/th/our_caring/environment_care/impact*

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก

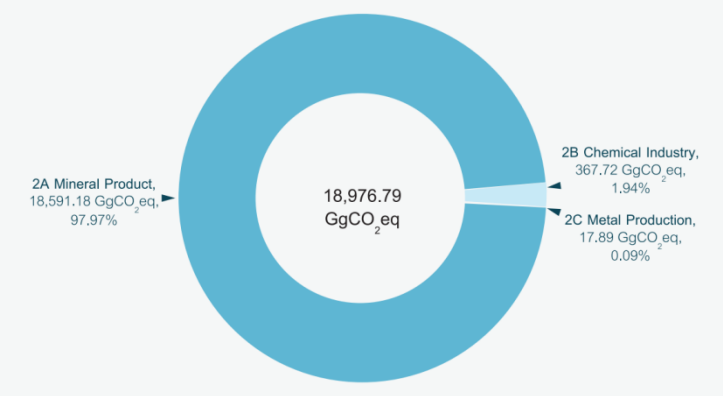
กระบวนการผลิตปูนซีเมนต์มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เรียงลำดับจากมากไปหาน้อยได้ ดังนี้ การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากปฏิกิริยาแคลซิเนชั่น (calcination) ในขั้นตอนการเผาวัตถุดิบ การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อผลิตพลังงานความร้อน การใช้พลังงานไฟฟ้า และการใช้เชื้อเพลิงในการขนส่ง (Summerbell, et. al., 2016) ซึ่งจากการสำรวจข้อมูลของโรงงานปูนซีเมนต์ในประเทศไทย จำนวน 4 บริษัท ที่รวบรวมในช่วงปี พ.ศ. 2549-2551 พบว่า ค่าสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากปฏิกิริยาแคลซิเนชั่นในขั้นตอนการเผาวัตถุดิบ การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อผลิตพลังงานความร้อน และการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ ร้อยละ 48-54 ร้อยละ 37-41 และร้อยละ 7-10 ตามลำดับ โดยมีค่า Carbon intensity เฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์อยู่ที่ 0.878 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันปูนซีเมนต์ค่าของโรงงานขนาดใหญ่กลางและเล็กอยู่ที่ 0.806 1.012 และ 0.948 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันปูนซีเมนต์ตามลำดับ อุตสาหกรรมขนาดใหญ่มีค่า Carbon intensity ต่ำกว่าเนื่องจากมีการจัดการด้านพลังงานทั้งเชื้อเพลิงและไฟฟ้าได้ดีกว่า รวมทั้งมีการสนับสนุนให้ใช้พลังงานทดแทนและชีวมวลร่วมด้วยในขณะที่ ค่าเฉลี่ย Carbon intensity ของโลกในระหว่างปีพ.ศ. 2538-2546 ลดลงจาก 0.87 เป็น 0.82 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันปูนซีเมนต์ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2554) แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตปูนซีเมนต์มีรายละเอียด ดังนี้

1. การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากปฏิกิริยาแคลซิเนชั่นในขั้นตอนการเผาวัตถุดิบ

ปฏิกิริยาแคลซิเนชั่นของหินปูนซึ่งเกิดในขั้นตอนการเผาวัตถุดิบจะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดังสมการ

$$CaCO_3 + Heat \longrightarrow CaO + CO_2 \qquad \text{สมการที่ 5.1}$$

จากข้อมูลบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2556 จะเห็นได้ว่าเฉพาะการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมซึ่งไม่รวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 18.38 $MtCO_2e$ คิดเป็นร้อยละ 96.84 เมื่อเทียบกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม 18.97 $MtCO_2e$ ซึ่งยังประกอบด้วยอุตสาหกรรมเคมี และการผลิตโลหะดังรูปที่ 5-2 และคิดเป็นร้อยละ 5.77 เมื่อเทียบกับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมของประเทศที่ยังไม่หักลบกับปริมาณที่ดูดกลับจากภาคป่าไม้ 318.66 $MtCO_2e$



รูปที่ 5-2 ข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคกระบวนการอุตสาหกรรมในปี ค.ศ. 2013

ที่มา: Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, 2017

2. การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อผลิตพลังงานความร้อน

ขั้นตอนการเผาปูนเม็ดเป็นกระบวนการที่ต้องใช้อุณหภูมิสูงโดยใช้ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งเชื้อเพลิงหลักที่โรงงานผลิตปูนซีเมนต์ในประเทศไทยใช้ คือ ถ่านหิน ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าเชื้อเพลิงประเภทอื่น ๆ นอกจากนี้ยังมีการใช้เชื้อเพลิงอื่น เช่น น้ำมันเตา อีกด้วย (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2554)

3. การใช้พลังงานไฟฟ้า

ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์นั้นสามารถเรียงลำดับสัดส่วนจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ หม้อบดปูนซีเมนต์ (ร้อยละ 31-44) มอเตอร์ของเตาเผาแบบหมุน (ร้อยละ 28-29) หม้อบดวัตถุดิบ (ร้อยละ 26) หม้อบดเชื้อเพลิง (ร้อยละ 3-7) และกิจกรรมอื่น ๆ เช่น การบรรจุถุง (International Energy Agency, 2018)

4. การขนส่ง

ปูนซีเมนต์ 1 ตัน ต้องใช้วัตถุดิบในการผลิตรวมทั้งพลังงานเชื้อเพลิงประมาณ 2 ตัน (กรมทรัพยากรธรณี, 2551) จึงจำเป็นต้องมีการขนส่งวัตถุดิบปริมาณมากเพื่อใช้ในการผลิต ซึ่งกรณีที่ไม่มีระบบสายพานลำเลียงหินปูนจากเหมืองมายังโรงงานปูนซีเมนต์จะทำให้มีการใช้เชื้อเพลิงของรถบรรทุกในปริมาณมาก อย่างไรก็ตาม เพื่อเป็นการประหยัดค่าขนส่ง โรงงานผลิตปูนซีเมนต์มักตั้งอยู่ใกล้กับแหล่งวัตถุดิบโดยเฉพาะแหล่งหินปูน ในรัศมีไม่เกิน 3 กิโลเมตร ปัจจุบัน อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี เป็นพื้นที่ที่มีการทำเหมืองหินปูนและเป็นที่ตั้งของโรงงานปูนซีเมนต์ส่วนใหญ่ในประเทศไทย

มาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

มาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ ประกอบด้วยมาตรการด้านพลังงานและกระบวนการผลิต (International Energy Agency, 2018) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. การปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงาน

สำหรับกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์แบบแห้งที่มีหออุ่นวัตถุดิบที่ประกอบด้วย precalciner และ multistage cyclone preheater และหัวเผาแบบหลายช่อง (multichannel burners) ซึ่งจัดเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูงจะมีระดับของประสิทธิภาพด้านพลังงานที่ดีที่สุด (best available energy performance levels) เท่ากับ 3.0-3.4 จิกะจูล/ตันปูนเม็ด มาตรการในการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานอื่น ๆ เช่น การนำความร้อนทิ้งจากหออุ่นวัตถุดิบและหม้อเย็นมาใช้ในการลดความชื้นของวัตถุดิบหรือผลิตพลังงานไฟฟ้า การเพิ่ม burnability ของวัตถุดิบที่จะเผาในหม้อเผาโดยการเติม mineralisers เพื่อลดความหนืดและลดอุณหภูมิที่วัตถุดิบหลอมเหลวและเริ่มจับตัวเป็นปูนเม็ด อย่างไรก็ตาม mineralisers อาจทำให้การบดปูนเม็ดทำได้ยากขึ้นการใช้อากาศที่มีสัดส่วนของอ๊อกซิเจนสูงกว่าปกติในการเผาไหม้ในหม้อปูน ส่วนมาตรการการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า เช่น การปรับปรุงระบบควบคุมการผลิต การใช้อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ (Variable Speed Drives: VSD) การใช้หม้อบดแรงดันสูง (high-pressure grinding roll) และการบดด้วยลูกกลิ้งแนวตั้ง (vertical roller mill) แทนการใช้หม้อบดแบบใช้ลูกเหล็กกระแทก (ball mill) ซึ่งลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ร้อยละ 50 และร้อยละ 70 ตามลำดับ

2. การเปลี่ยนไปใช้เชื้อเพลิงทดแทน

นอกจากเชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งเป็นเชื้อเพลิงหลักในการผลิตพลังงานความร้อนสำหรับหม้อเผาปูนเม็ดแล้ว โรงงานปูนซีเมนต์ยังมีการใช้ของเสียอุตสาหกรรม ชีวมวล และเชื้อเพลิงขยะ (Refused Derived Fuel: RDF) เป็นเชื้อเพลิงเสริมในสัดส่วนที่ทำให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงยังมีความเหมาะสมกับการเผาปูนเม็ด เนื่องจากเชื้อเพลิงเสริมโดยทั่วไปมักมีค่าความร้อนต่ำกว่า ตัวอย่างเช่น มีการนำขยะจากหลุมฝังกลบและขยะสดของเทศบาลเมืองพัทลุงมาคัดแยกและอัดก้อนก่อนขนส่งไปที่ บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย (ทุ่งสง) จำกัด และจะมีการคัดแยกและตัดให้มีขนาดเล็กลงแล้วผสมกับเชื้อเพลิงชีวมวลก่อนใช้เป็นเชื้อเพลิงเสริมในการเผาปูนเม็ด

3. การลดสัดส่วนของปูนเม็ดต่อปูนซีเมนต์

กระบวนการผลิตปูนเม็ดนอกจากจะใช้พลังงานความร้อนในการเผาวัตถุดิบแล้วยังมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากปฏิกิริยาแคลซิเนชั่น การลดสัดส่วนของปูนเม็ดต่อปูนซีเมนต์ลงจะช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก วัตถุดิบอื่นที่สามารถใช้ทดแทน เช่น calcine raw clays อย่างไรก็ตามการใช้วัตถุดิบอื่นทดแทนอาจทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้เช่นกัน เช่น มีการใช้พลังงานความร้อนเพิ่มขึ้นในการเตรียมวัตถุดิบ

4. การใช้นวัตกรรมในการผลิตปูนซีเมนต์

มีการทดลองใช้นวัตกรรมต่าง ๆ ในการลดก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตปูนซีเมนต์ เช่น การรวบรวม การจัดเก็บ และการใช้ประโยชน์ (Carbon Capture and utilization: CCU) ที่บริษัท Nippon Concrete Industries จำกัด ประเทศญี่ปุ่น ได้ติดตั้งระบบรวบรวมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากปล่องไอเสียและนำไปเติมในถังปฏิกิริยาซึ่งมีน้ำคอนกรีตที่ได้จากการล้างรถโม่ปูนเพื่อผลิตแคลเซียมคาร์บอเนตซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์

ระเบียบวิธีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

มาตรการลดก๊าซเรือนกระจก	วิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก (Methodology)	ที่มาของวิธีการคำนวณฯ
การเพิ่มส่วนผสมอื่นทดแทนปูนเม็ดในการผลิตปูนซีเมนต์ ***การผลิตปูนซีเมนต์โดยใช้สารเติมแต่งทดแทนปูนเม็ด เช่น เถ้าลอย ยิปซั่ม slag pozzolana ช่วยการใช้ปูนเม็ดและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตปูนเม็ด***	ACM0005: Increasing the blend in cement production	CDM
การใช้เชื้อเพลิงทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล ***ใช้เชื้อเพลิงทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ชีวมวล หรือของเสียที่ผลิตจากฟอสซิล เช่น ยางล้อ พลาสติก สิ่งทอ ยาง ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนฟอสซิลน้อยกว่าเชื้อเพลิงเดิมโดยที่ให้ค่าความร้อนเท่ากัน***	AM0003: Partial substitution of fossil fuels in cement or quicklime manufacture	CDM
การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากความร้อนทิ้ง ***นำความร้อนทิ้งจากหออุ่นวัตถุดิบและหม้อเย็นมาใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า/ผลิตพลังงานร่วม/ให้ความร้อนกับ reactor/ใช้ในการผลิตพลังงานเชิงกล แทนการใช้พลังงานซึ่งเดิมผลิตจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล***	ACM0012: Water Energy Recovery	CDM
การนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงงานผลิตปูนซีเมนต์	T-VER-METH-EE-07 การนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงงานผลิตปูนซีเมนต์ (Waste Heat Recovery and Utilisation for Power Generation at Cement Plants)	T-VER

เอกสารอ้างอิง

1. กรมทรัพยากรธรณี. สถานการณ์อุตสาหกรรมซีเมนต์ของประเทศไทยเพื่อประโยชน์ในการบริหารจัดการ. 2551 (หน้า 7).
2. สมาคมอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ไทย. การผลิตปูนซีเมนต์ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2560 (ข้อมูล ณ วันที่ 18 กรกฎาคม 2561) Available at http://thaicma.or.th/cms/scale-of-industry/scale-of-industry/
3. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. การศึกษาและกำหนดค่า Carbon Intensity ของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์เหล็ก และอุตสาหกรรมพลังงาน (โรงไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล) 2554.
4. CDM Methodology: ACM0005: Increasing the blend in cement production. Version 07.1.0.
5. CDM Methodology: ACM0012: Water Energy Recovery. Version 06.0.
6. CDM Methodology: AM0003: Partial substitution of fossil fuels in cement or quicklime manufacture. Version 08.0.
7. International Energy Agency. Technology Roadmap: Low-carbon Transition in the Cement Industry. 2018.
8. Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. Second Biennial Update Report of Thailand. 2017.
9. Summerbell, D. L., Barlow, C. Y. and Cullen, J. M. (2016), Potential reduction of carbon emissions by performance improvement: a cement industry case study. Journal of Cleaner Production Vol. 135, p. 1327-1339.
10. T-VER-METH-EE-07 การนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงงานผลิตปูนซีเมนต์ (Waste Heat Recovery and Utilisation for Power Generation at Cement Plants) Version 2.

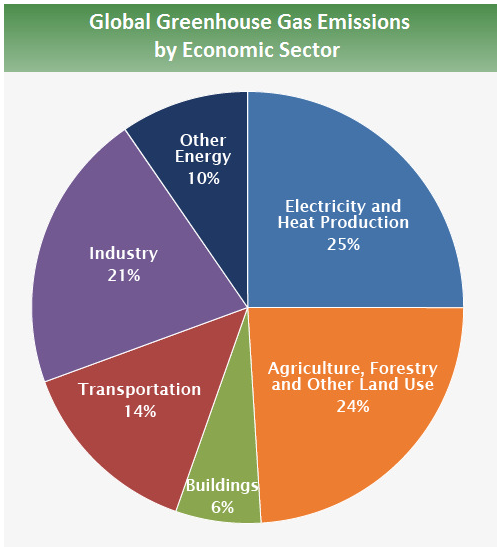
บทที่ 6

มาตรการลดก๊าซเรือนกระจกในโรงไฟฟ้าพลังความร้อนจากเชื้อเพลิงฟอสซิล

ดร.เหมือนจิต แจ่มศิลป์
สำนักวิเคราะห์และติดตามประเมินผล
องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

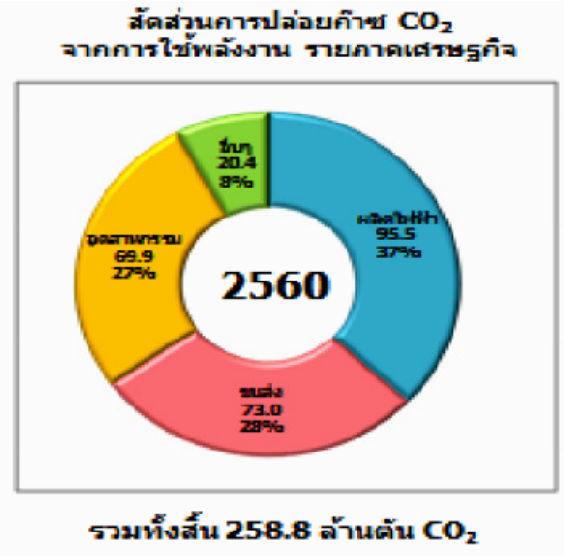
บทนำ

ภาคการผลิตไฟฟ้าเป็นภาคส่วนที่มีความสำคัญต่อการขับเคลื่อนเศรษฐกิจและการดำเนินชีวิตของประชาชน และยังเป็นภาคส่วนที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดทั้งการปล่อยในระดับโลกและระดับประเทศ ดังแสดงในรูปที่ 6-1 ดังนั้น การดำเนินกิจกรรมหรือมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคการผลิตไฟฟ้าจะเป็นส่วนสำคัญ ที่จะช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาพรวมของโลกและของประเทศได้อีกทางหนึ่ง



การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลก

ที่มา: US EPA, 2018



การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2561

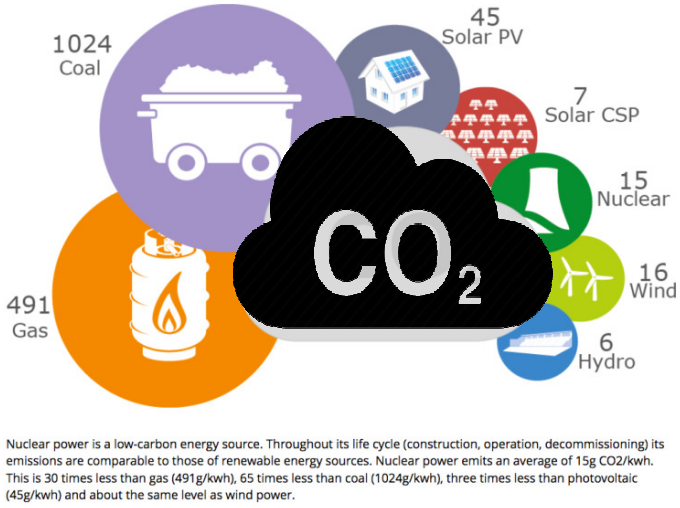
รูปที่ 6-1 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก แบ่งตามภาคส่วนเศรษฐกิจ

โรงไฟฟ้าพลังความร้อน (Thermal Power Plant) คือ โรงไฟฟ้าที่มีการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล จำพวกถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ เป็นเชื้อเพลิงหลักในการผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยมีหลักการพื้นฐาน คือ การผลิตพลังงานความร้อนในรูปแบบไอน้ำที่มีแรงดันและอุณหภูมิสูงจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล และนำไอน้ำไปขับเคลื่อนกังหันไอน้ำเพื่อผลิตพลังงานกลส่งผ่านไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำให้เกิด

กระแสไฟฟ้าที่มีแรงดันและความถี่ตามที่กำหนด การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลดังกล่าวก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดภาวะโลกร้อนนั่นเองจากข้อมูล ณ เดือนธันวาคม 2560 ประเทศไทยมีกำลังการผลิตไฟฟ้ารวมของระบบของการไฟฟ้าทั้ง 3 แห่ง รวม 46,090 เมกะวัตต์ และพบว่ามีสัดส่วนของโรงไฟฟ้าพลังความร้อน เท่ากับ 8,567 เมกะวัตต์ หรือคิดเป็นร้อยละ 18.6 ของกำลังการผลิตทั้งหมด (แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561 – 2580: PDP 2018)

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจกสำคัญที่เกิดขึ้นในภาคการผลิตไฟฟ้าหรือจากโรงไฟฟ้าพลังความร้อนที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือ CO_2ซึ่งจัดเป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีความสำคัญที่สุดและมีปริมาณมากที่สุดเมื่อเทียบกับก๊าซเรือนกระจกชนิดอื่นๆ ทั้งนี้ แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงไฟฟ้าก็คือการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิลนั่นเอง โดยการใช้เชื้อเพลิงประเภทต่างๆ มีการปล่อย CO_2 ในปริมาณที่แตกต่างกัน ดังรูปที่ 6-2 ซึ่งเป็นการวิเคราะห์วัฏจักรชีวิต (Life Cycle) ของการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง และการผลิต พบว่าถ่านหินมีการปล่อย CO_2 ต่อหน่วยของพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 1,027 g/kWh ขณะที่ก๊าซธรรมชาติปล่อยเท่ากับ 491 g/kWh ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนและนิวเคลียร์



รูปที่ 6-2 การปล่อย CO_2 จากการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ

ที่มา: Nuclear for Climate, 2019

มาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนจากเชื้อเพลิงฟอสซิล สามารถดำเนินการได้ 2 แนวทางหลักๆ ได้แก่

1. การดำเนินมาตรการเพิ่มประสิทธิภาพทางพลังงานของโรงไฟฟ้า

(Energy Efficiency Improvement in Existing Power Plants)

มาตรการเพิ่มประสิทธิภาพทางพลังงานของโรงไฟฟ้า คือ มาตรการที่ดำเนินการเพื่อปรับปรุงระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าเดิมของโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยมุ่งเน้นที่การปรับฟื้นฟูสภาพ (Rehabilitation) หรือการใช้มาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานของระบบหรืออุปกรณ์ เพื่อเพิ่มสมรรถนะให้สูงขึ้น (Upgrade Performance) โดยพิจารณาจากดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพพลังงาน หรือ Energy Efficiency Indicator (EEI) ได้แก่ ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (Specific Fuel Consumption: SFC) และค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption: SEC) ของระบบที่ดีขึ้นอาทิเช่น การติดตั้งอุปกรณ์/ระบบควบคุมต่างๆ เป็นต้น ที่มีผลโดยตรงต่อการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวจะทำให้เกิดการลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

2. การปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานของโรงไฟฟ้าโดยการปรับปรุงกังหัน

(Energy Efficiency Improvement of a Power Plant through Retrofitting Turbines)

การปรับปรุงกังหันของโรงไฟฟ้า คือ กิจกรรมการปรับปรุง ดัดแปลง หรือฟื้นฟูสภาพ (Retrofit) กังหันของโรงไฟฟ้าให้มีสมรรถนะสงขึ้น (Upgrade Performance) เช่น การใช้ใบพัดที่มีเทคโนโลยีขั้นสูง (Advanced Technology Blades) เป็นต้น ที่มีผลโดยตรงต่อการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานและการลดก๊าซเรือนกระจก โดยทั่วไปขอบเขตของการดำเนินงานจะครอบคลุมพื้นที่ของระบบผลิตพลังงานไฟฟ้า ดังนี้

(1) กังหันไอน้ำ (Steam Turbine) ครอบคลุมกังหันที่มีการปรับปรุงและเชื่อมต่อโดยตรงกับเจนเนอเรเตอร์ (Electric Generator) หม้อน้ำ (Boiler) และคอนเดนเซอร์ (Condenser)

(2) กังหันก๊าซ (Gas Turbine) ครอบคลุมกังหันที่มีการปรับปรุงและเชื่อมต่อโดยตรงกับเจนเนอเรเตอร์ (Electric Generator) คอมเพรสเซอร์ (Compressor) และเครื่องเผาไหม้ (Combustor)

ระเบียบวิธีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

โรงไฟฟ้าพลังความร้อนจากเชื้อเพลิงฟอสซิลที่มีการดำเนินงานตามมาตรการในหัวข้อที่ 3 สามารถเข้าร่วมเป็นโครงการลดก๊าซเรือนกระจกโดยสามารถศึกษารายละเอียด ลักษณะโครงการ และวิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก ได้จากระเบียบวิธีการ (Methodology) ดังต่อไปนี้

มาตรการลดก๊าซเรือนกระจก	วิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก (Methodology)	ที่มาของวิธีการคำนวณฯ
กิจกรรมการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานไฟฟ้า	AM0061: Methodology for rehabilitation and/or energy efficiency improvement in existing power plants.	CDM
กิจกรรมการปรับปรุงกังหันของโรงไฟฟ้า	AM0062: Energy efficiency improvements of a power plant through retrofitting turbines.	CDM
กิจกรรมการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานไฟฟ้า	T-VER-METH-EE-06: การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของโรงไฟฟ้า (Energy Efficiency Improvement in Existing Power Plants)	T-VER-
กิจกรรมการปรับปรุงกังหันของโรงไฟฟ้า	T-VER-METH-EE-09: การปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานของโรงไฟฟ้าโดยการปรับปรุงกังหัน (Energy Efficiency Improvement of a Power Plant through Retrofitting Turbines)	T-VER

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2561. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.eppo.go.th/index.php/th/informationservices/ct-menu-item-56?orders[publishUp]=publishUp&issearch=1 [14 มิถุนายน 2562]
2. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561 – 2580 (PDP 2018). [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: www.eppo.go.th › images › public_relations › PDP2018 › PDP2018 [27 กันยายน 2562]
3. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://ghgreduction.tgo.or.th/t-ver.html [27 กันยายน 2562].
4. Nuclear for Climate. COP23 Day 3 – Should we use nuclear?.[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://nuclearforclimateygn.org/2017/11/08/cop23-day-3-should-we-use-nuclear/. [Access on 19 June, 2019]
5. United States Environmental Agency: US EPA. Global Greenhouse Gas Emission Data. Online available at:
6. https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data[Access on 19 June, 2019]
7. UNFCCC. CDM Methodology [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://cdm.unfccc.int/methodologies/index.html [27 กันยายน 2562]

บทที่ 7

มาตรการลดก๊าซเรือนกระจกในโรงงานผลิตกระดาษ

นางสาวจิตติมา บุญเกิด
สำนักวิเคราะห์และติดตามประเมินผล
องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

บทนำ

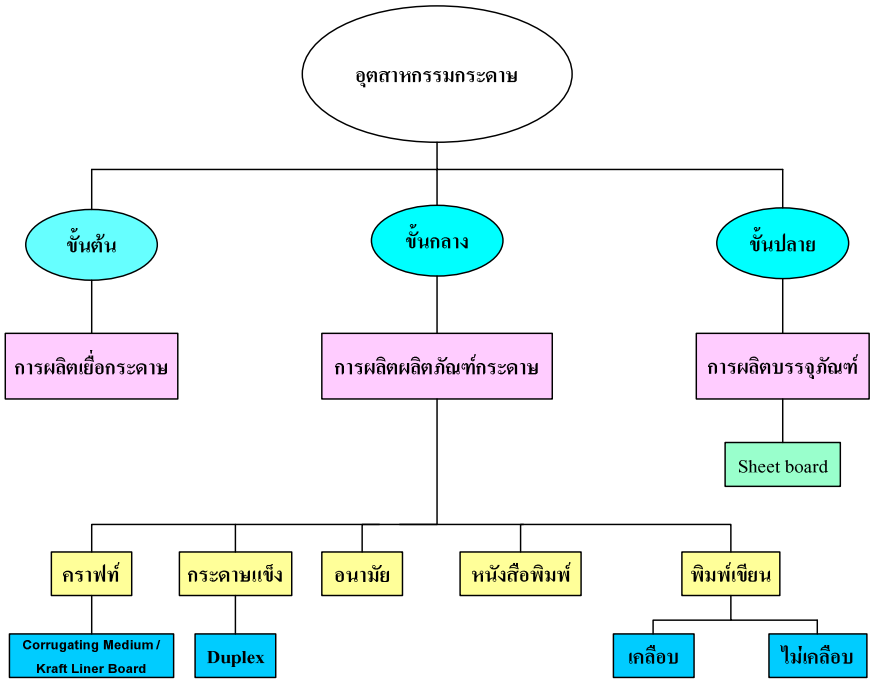
ภาพรวมของอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ

อุตสาหกรรมการผลิตเยื่อและกระดาษจัดเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ อัตราการขยายตัวของอุตสาหกรรมการผลิตเยื่อและกระดาษเป็นตัวชี้วัดที่แสดงให้เห็นถึงความก้าวหน้าทางสังคม และการขยายตัวทางเศรษฐกิจ เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่มีผู้ประกอบการดำเนินธุรกิจเป็นจำนวนมาก มีการผลิตเพื่อจำหน่ายทั้งภายในและส่งออกภายนอกประเทศ ในกระบวนการผลิตเยื่อและกระดาษมีการใช้พลังงานเป็นจำนวนมากเมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมประเภทอื่นๆ ส่งผลต่อภาพรวมการใช้พลังงานของประเทศ อีกทั้งการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตจำนวนมากส่งผลกระทบต่อต้นทุนในการผลิตที่เพิ่มขึ้น และนอกจากจะส่งผลต่อต้นทุนในการผลิตแล้วยังส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงขึ้นอีกด้วย การจัดกลุ่มอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ตามขั้นตอนของกระบวนการผลิต คือ

1) กลุ่มอุตสาหกรรมกระดาษขั้นต้น ได้แก่ อุตสาหกรรมการผลิตเยื่อกระดาษ เพื่อเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตกระดาษต่อไป

2) กลุ่มอุตสาหกรรมขั้นกลาง ได้แก่ การขึ้นรูปและการผลิตกระดาษประเภทต่างๆ เช่น กระดาษคราฟท์ กระดาษพิมพ์เขียน กระดาษ Duplex กระดาษอนามัย กระดาษหนังสือพิมพ์

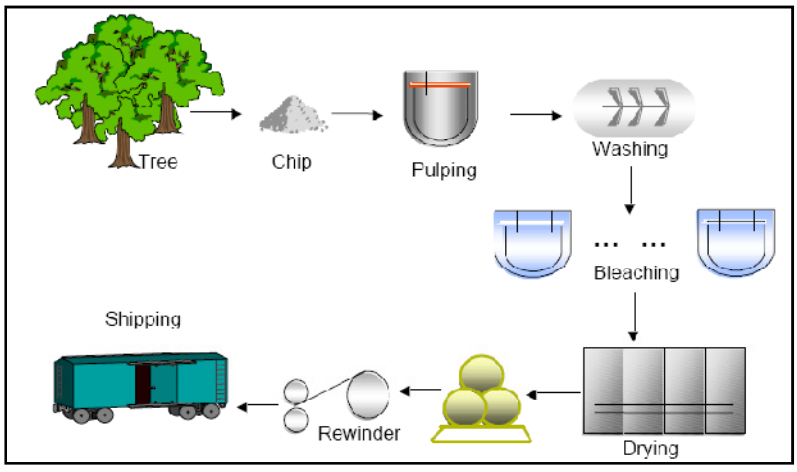
3) กลุ่มอุตสาหกรรมขั้นปลาย ได้แก่ การแปรรูปผลิตภัณฑ์กระดาษ อุตสาหกรรมการผลิตบรรจุภัณฑ์



รูปที่ 7-1 จัดแบ่งกลุ่มอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ

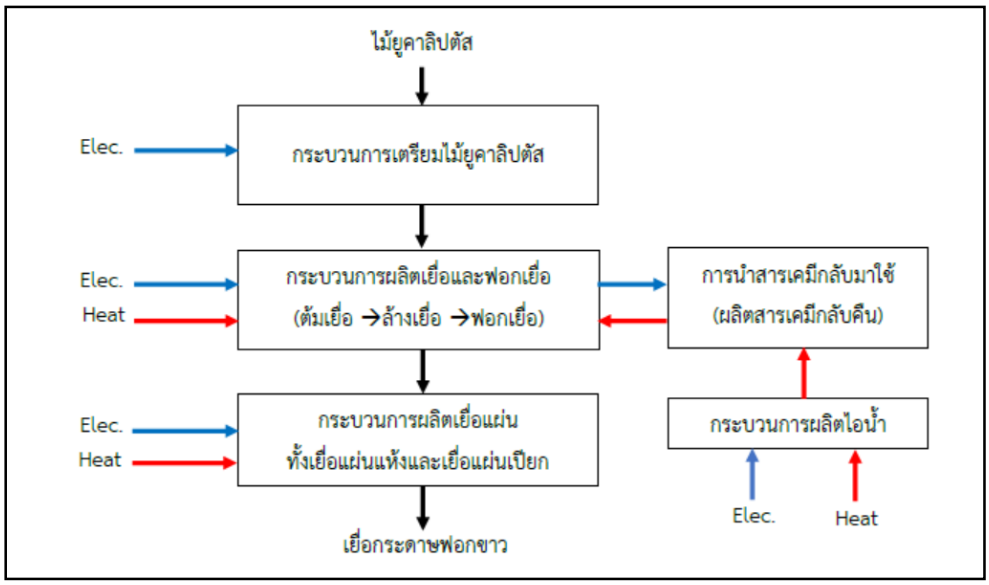
ที่มา: โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมและอาคารต่างๆ (SEC) (อุตสาหกรรมกระดาษ), กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

อุตสาหกรรมกระดาษขั้นต้น หรือเรียกว่าอุตสาหกรรมการผลิตเยื่อกระดาษ โดยส่วนใหญ่จะใช้วัตถุดิบตั้งต้นเป็นชิ้นไม้ สำหรับในประเทศไทยไม้ที่นิยมนำมาผลิตกระดาษคือไม้ยูคาลิปตัส ในกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ มีการใช้พลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อน โดยในการผลิตพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล ได้แก่ น้ำมันก๊าซธรรมชาติ เชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ อีกทั้งยังสามารถใช้พลังงานในรูปของพลังงานทางเลือกอื่นๆ ร่วมด้วย



รูปที่ 7-2 ขั้นตอนการผลิตเยื่อกระดาษ

ที่มา: โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมและอาคารต่างๆ (SEC) (อุตสาหกรรมกระดาษ), กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

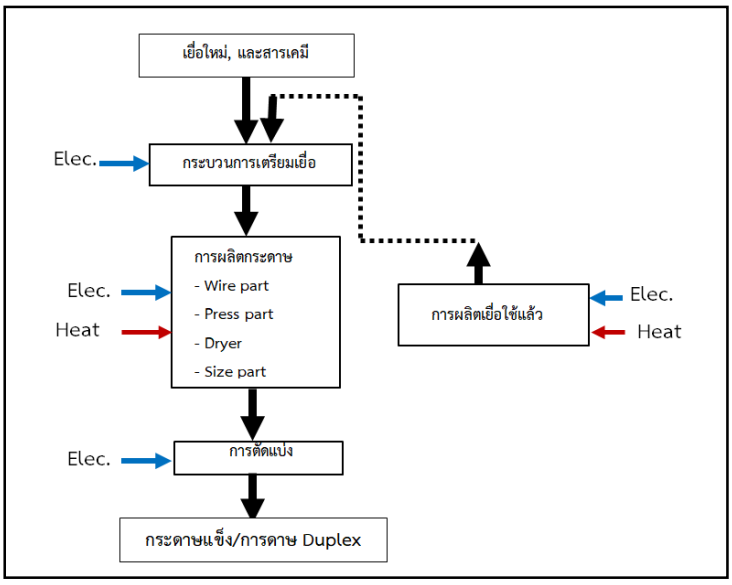


รูปที่ 7-3 การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมการผลิตเยื่อกระดาษ

ที่มา: โครงการศึกษาศักยภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อกำหนดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Threshold) สำหรับอุตสาหกรรม, องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

อุตสาหกรรมกระดาษขั้นกลาง หรือเรียกว่าการผลิตผลิตภัณฑ์กระดาษ เป็นการนำเยื่อกระดาษเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการขึ้นรูปและผลิตกระดาษ เช่น กระดาษคราฟท์ (กระดาษสีน้ำตาล) กระดาษแข็ง กระดาษหนังสือพิมพ์ ซึ่งลักษณะกระบวนการผลิตในแต่ละขั้นตอน มีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์กระดาษที่ต้องการ และเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการผลิต กระบวนการในการผลิตกระดาษประเภทต่างๆ ในอุตสาหกรรมกระดาษขั้นกลางนั้น โดยทั่วไปจะประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วง คือ ขั้นตอนการเตรียมเยื่อ (Stock Preparation) และขั้นตอนการผลิตกระดาษ (Papermaking) ซึ่งในขั้นนี้จะแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เรียกว่า “ช่วงเปียก” (Wet End) ซึ่งจะครอบคลุมตั้งแต่ Machine Chest ซึ่งเป็นส่วนที่ทำการเก็บน้ำเยื่อ จนถึงส่วนที่ทำการกดรีดน้ำ (Pressing) และส่วนของ “ช่วงแห้ง” (Dry End) ซึ่งประกอบด้วยส่วนการทำอบแห้งกระดาษ (Drying) ส่วนการขัดมันกระดาษ (Calendering) และส่วนกรอ แบ่งม้วนกระดาษ และตกแต่งผลิตภัณฑ์ (Reel and Finishing or Converting)

ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กระดาษ มีการใช้พลังงานทั้งในรูปแบบพลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อนสำหรับพลังงานหลักที่สำคัญที่ใช้ผลิตกระดาษคือ พลังงานความร้อน ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของไอน้ำเพื่อใช้สำหรับการอบให้กระดาษแห้ง และพลังงานไฟฟ้าซึ่งส่วนใหญ่ใช้ในการขับเคลื่อนอุปกรณ์ต่างๆ เช่น มอเตอร์ปั๊มสายพานลำเลียง เป็นต้น สัดส่วนของการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตหลักๆ คือ พลังงานความร้อนจากไอน้ำจะถูกนำไปใช้ที่กระบวนการต้มเยื่อประมาณร้อยละ 10 และอีกร้อยละ 90 จะถูกนำไปใช้ในส่วนของการอบแห้งกระดาษ (Dying Section) สำหรับพลังงานไฟฟ้านั้นพบว่าถูกนำไปใช้ในขั้นตอนของการปั่นเยื่อหรือตีเยื่อ (Pulping) ประมาณร้อยละ 30 ขั้นตอนของการบดเยื่อ (Refining) ประมาณร้อยละ 25 ใช้ในเครื่องผลิตกระดาษ (Paper Machine) ประมาณร้อยละ 35 และอื่นๆ อีกร้อยละ 10



รูปที่ 7-4 การใช้พลังงานในการผลิตผลิตภัณฑ์กระดาษ

ที่มา: โครงการศึกษาศักยภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อกำหนดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Threshold) สำหรับอุตสาหกรรม, องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

อุตสาหกรรมกระดาษขั้นปลาย เป็นอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตบรรจุภัณฑ์ การแปรรูปกระดาษเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ตามความต้องการ ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่ต่อเนื่องจากอุตสาหกรรมขั้นกลาง โดยการนำผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมกระดาษขั้นกลาง ได้แก่ กระดาษคราฟท์มาผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ (กล่อง) การใช้พลังงานในการผลิตบรรจุภัณฑ์ มีการใช้ทั้งพลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อน โดยพลังงานไฟฟ้าจะถูกใช้ในการขับเคลื่อนระบบอุปกรณ์ต่างๆ เช่น มอเตอร์ ปั๊ม สายพานลำเลียง เป็นต้น ปริมาณพลังงานที่ใช้ขึ้นอยู่กับประเภทของสินค้าที่ต้องการ และเทคโนโลยีที่ใช้ในกระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตกระดาษ

1. การทำเยื่อ (Pulping) เริ่มจากการนำไม้ผ่านกระบวนการลอกเปลือก (debarking) สับย่อยไม้เป็นชิ้นเล็กๆ (chipping) โดยสามารถสกัดและแยกเส้นใยที่อยู่ในรูปเยื่อ ได้ 3 รูปแบบ (1) เยื่อเชิงกลหรือเยื่อบด (Mechanical Pulp) เป็นเยื่อที่ผลิตโดยนำชิ้นไม้ไปบดด้วยหินบดหรือจานบด (2) เยื่อเคมี (Chemical Pulp) เป็นเยื่อที่ผลิตโดยใช้สารเคมีและความร้อนในการแยกเยื่อและขจัดลิกนิน (3) เยื่อกึ่งเคมี (Semi-chemical Pulp) เป็นเยื่อที่ผลิตโดยนำชิ้นไม้มาต้มในสารเคมีเพื่อให้เยื่อแยกออกจากกันง่ายขึ้น แล้วจึงนำมาบดด้วยจานบด

2. การเตรียมน้ำเยื่อ (Stock Preparation) การตีเยื่อให้กระจายอย่างสม่ำเสมอในน้ำเยื่อไม่จับเป็นก้อน เสร็จแล้วนำไปบดให้เส้นใยแตกเป็นขลุยเพื่อช่วยการเกาะยึดระหว่างกันดีขึ้น

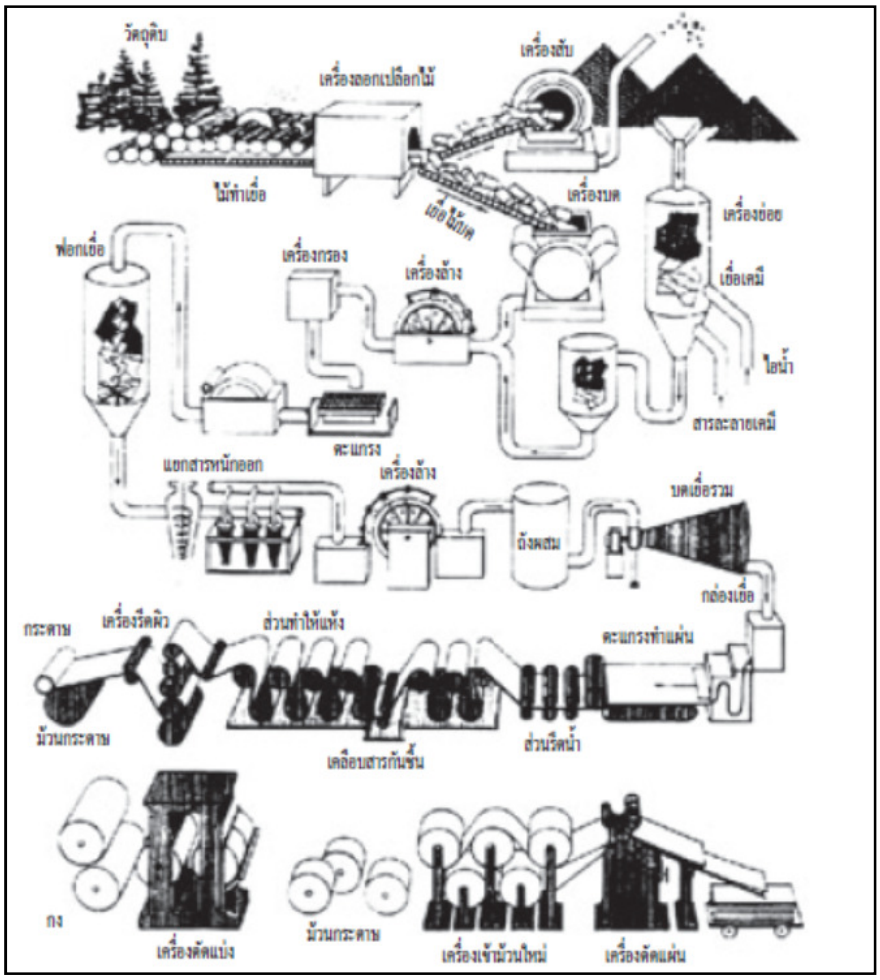
3. การทำแผ่นแผ่นกระดาษ (Papermaking)

1) การฟอกเยื่อและทำความสะอาด (Bleaching - Washing)
2) การกดรีดน้ำ (Press Section)
3) การอบแห้ง (Drying)
4) การรีดผิวกระดาษ (Calendering)

5) การเข้าม้วน (Reeling)

4. ขั้นตอนหลังกระบวนการผลิต
   1) การตัดแบ่ง (Slitting)
   2) การเคลือบ (Coating)

5. ขั้นตอนสำเร็จรูป
   1) การตัดแผ่น
   2) การนับจำนวน
   3) การจัดหีบห่อ



รูปที่ 7-5 ขั้นตอนการผลิตกระดาษ

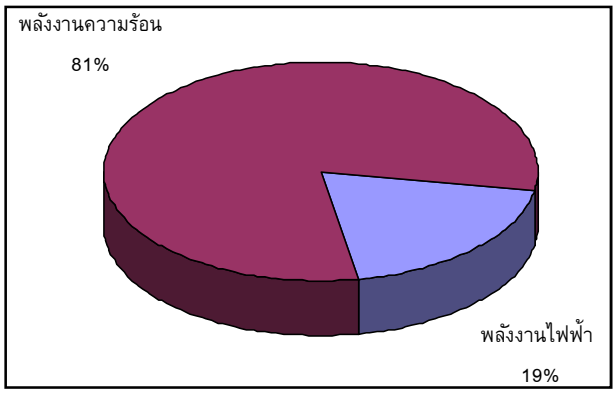
ที่มา: คู่มือชุดความรู้การอนุรักษ์พลังงานสำหรับอุตสาหกรรมกระดาษ,กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การใช้พลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษของประเทศไทย เมื่อคิดเป็นสัดส่วนของการใช้พลังงานแล้วพบว่า อุตสาหกรรมกระดาษของประเทศไทย มีการใช้พลังงานไฟฟ้าคิดเป็นร้อยละ 19 และพลังงานความร้อนคิดเป็นร้อยละ 81 ของพลังงานรวม ดังแสดงในรูปที่ 7-6

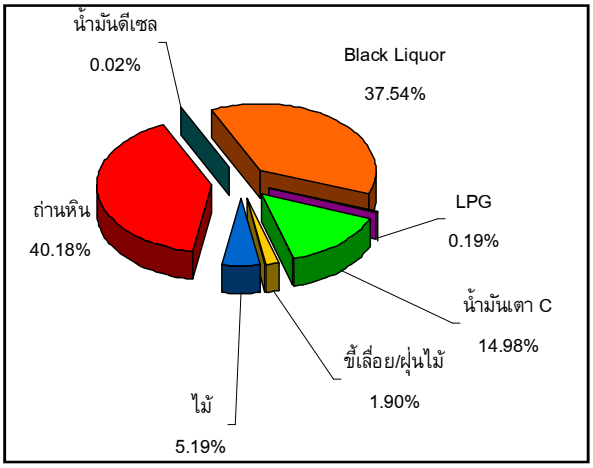
อุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ ถือเป็นสาขาอุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานสูง และชนิดเชื้อเพลิงที่ถูกนำมาใช้ผลิตเป็นพลังงานมีความหลากหลาย สามารถจำแนกเป็น 4 ประเภทหลักๆ ได้แก่ พลังงานไฟฟ้า พลังงานไอน้ำ พลังงานสิ้นเปลือง และพลังงานหมุนเวียน โดยที่พลังงานสิ้นเปลืองและพลังงานหมุนเวียนมีชนิดเชื้อเพลิงย่อยที่มีการใช้พลังงานสูง ได้แก่ ถ่านหิน น้ำมันเตา น้ำมันยางดำ กะลาปาล์ม เป็นต้น พลังงานที่ถูกใช้มากที่สุด คือ พลังงานสิ้นเปลือง ซึ่งเชื้อเพลิงหลักในพลังงานสิ้นเปลืองที่ถูกใช้ผลิตเป็นพลังงานได้แก่ ถ่านหิน น้ำมันเตา ก๊าซธรรมชาติ และก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ส่วนพลังงานหมุนเวียนมีปริมาณการใช้น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงประเภทอื่นๆ พลังงานประเภทไฟฟ้าและไอน้ำเป็นพลังงานสองประเภทหลักที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ โดยส่วนใหญ่พบว่ากลุ่มอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษที่มีขนาดใหญ่จะผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้เองภายในโรงงานก่อน หากเกิดกรณีฉุกเฉิน เช่น ไฟฟ้าดับเป็นเวลานานจนทำให้ปริมาณไฟฟ้าสำรองไม่พอใช้ จึงจะมีการรับซื้อจากภายนอก เช่น การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค หรือโรงงานผลิตไฟฟ้าเอกชน บางโรงงานสามารถผลิตไฟฟ้าได้มากกว่าความต้องการใช้ในโรงงาน จึงได้มีการจำหน่ายไฟฟ้าส่วนที่ผลิตได้เกินให้กับหน่วยงานภายนอกสำหรับข้อมูลการผลิตไอน้ำพบว่าในโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษจะผลิตเพื่อใช้เองเท่านั้นไม่มีการจำหน่ายไปยังหน่วยงานภายนอก

ซึ่งกระบวนการที่มีการใช้พลังงานสูงและเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลัก คือ กระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่หม้อไอน้ำเพื่อผลิตไอน้ำใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าและอบกระดาษ ทั้งนี้โรงงานผลิตกระดาษขนาดใหญ่โดยเฉพาะโรงงานที่มีกระบวนการผลิต “เยื่อกระดาษ” จะมีการผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ในโรงงานเอง เนื่องจากในกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษจะทำให้เกิด “น้ำมันยางดำ” (Black Liquor) ซึ่งเกิดจากขั้นตอนการต้มเยื่อกระดาษ เมื่อเติมน้ำและสารเคมีในปริมาณที่เหมาะสมและควบคุมความดันในหม้อไอน้ำให้พอเหมาะจะได้เยื่อซึ่งแขวนลอยอยู่ในน้ำมันยางดำ เมื่อทำการแยกเยื่อออกเพื่อเข้าสู่กระบวนการทำความสะอาด จะได้น้ำมันยางดำเหลือ ซึ่งน้ำมันยางดำนั้นมีส่วนประกอบของลิกนินและสารเคมีละลายอยู่สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าและไอน้ำได้ ข้อมูลจากโครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมและอาคารต่างๆ (SEC) (อุตสาหกรรมกระดาษ), กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน พบว่าในภาพรวมของทั้งกลุ่มอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษเชื้อเพลิงที่ถูกนำมาใช้ผลิตพลังงานความร้อนมากที่สุด ได้แก่ ถ่านหิน คิดเป็นร้อยละ 40.18 รองลงมาคือ น้ำมันยางดำ(Black Liquor) และน้ำมันเตา คิดเป็นร้อยละ 37.54 และร้อยละ 14.98 ตามลำดับ



รูปที่ 7-6 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อนของอุตสาหกรรมกระดาษ

ที่มา: โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมและอาคารต่างๆ (SEC) (อุตสาหกรรมกระดาษ), กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน



รูปที่ 7-7 สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงประเภทต่างๆของอุตสาหกรรมกระดาษในประเทศไทย

ที่มา: โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมและอาคารต่างๆ (SEC) (อุตสาหกรรมกระดาษ), กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญของอุตสาหกรรมกระดาษ

1) กระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่หม้อน้ำเพื่อผลิตไอน้ำใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้า

กลุ่มอุตสาหกรรมผลิตเยื่อและกระดาษขนาดใหญ่จะมีการผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ในโรงงานเอง เนื่องจากมีความต้องการใช้ปริมาณไฟฟ้าจำนวนมาก ดังนั้นการผลิตไฟฟ้าใช้ภายในโรงงานเองจะช่วยลดต้นทุนในการผลิตได้ โดยเชื้อเพลิงหลักที่ถูกนำมาใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้ามากที่สุดคือ ถ่านหิน และน้ำมันยางดำ เนื่องจากเป็นเชื้อเพลิงที่มีราคาถูกและให้ค่าความร้อนสูง อีกทั้งน้ำมันยางดำเป็นเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ช่วยลดต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้าได้อีกทางหนึ่ง

2) กระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในกระบวนการผลิตกระดาษ

สำหรับพลังงานหลักที่ใช้ในการผลิตกระดาษคือ พลังงานความร้อน ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของไอน้ำเพื่อใช้ในขั้นตอนการอบกระดาษให้แห้ง

3) การเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะ และการขนส่งภายในโรงงาน

4) การใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการต่างๆ เช่น

- ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าในอุปกรณ์ต่างๆ เช่น เครื่องปอกเปลือก (Debarker) เครื่องสับชิ้นไม้ (Chipper) ระบบสายพานลำเลียง (Conveyor) และในอุปกรณ์สำหรับคัดขนาดชิ้นไม้
- ขั้นตอนการทำเยื่อพลังงานที่ใช้สำหรับการผลิตเยื่อเคมีจะขึ้นกับชนิดของหม้อต้มสำหรับการผลิตเยื่อโดยกระบวนการทางกลนั้นจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก
- ขั้นตอนการฟอกเยื่อ (Bleaching) สำหรับพลังงานไฟฟ้านั้นจะถูกใช้ในอุปกรณ์ประเภทระบบปั๊ม ระบบการผสม และใช้ในอุปกรณ์ทางกลอื่นๆ
- การใช้ไฟฟ้าในระบบส่องสว่าง ในอุตสาหกรรมกระดาษทั่วไปมีการแบ่งการใช้แสงสว่าง ตามกระบวนการผลิตออกเป็น 2 ประเภท คือการใช้แสงสว่างแบบจุด และการใช้แสงสว่างเป็นบริเวณกว้างบางพื้นที่มีการใช้แสงสว่างตลอด 24 ชั่วโมงทำให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ตลอดเวลา
- การใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ อาคารและโรงงานทั่วไปของอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษโดยทั่วไปมีลักษณะเป็นระบบปิดเนื่องจากต้องมีการควบคุมอุณภูมิความชื้นและฝุ่นละอองในกระบวนการผลิต จึงต้องมีการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศและในบางพื้นที่ต้องมีการเปิดใช้ระบบปรับอากาศตลอดเวลาทำให้สิ้นเปลืองพลังงานมาก

5) ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต
   - การใช้สาร Calcium carbonate (ผสมถ่านหินเพื่อกำจัดซัลเฟอร์)
   - ปฏิกิริยาในกระบวนการผลิต เช่น ปฏิกิริยาแคลซิเนชั่น (Calcination)กระบวนการเปลี่ยนโซเดียมซัลเฟตเป็นโซเดียมซัลไฟด์ $NaSO_4$, $CaMg(CO_3)_2$
6) การผลิตก๊าซชีวภาพและการเผาทำลายก๊าซมีเทน

มาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การลดการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษนอกจากจะช่วยลดต้นทุนในการผลิตแล้วยังสามารถช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาพรวมได้พลังงานหลักที่ใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษคือพลังงานความร้อน ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของไอน้ำ เพื่อใช้สำหรับการอบกระดาษให้แห้ง และพลังงานไฟฟ้า ซึ่งใช้ในการขับเคลื่อนอุปกรณ์ต่างๆเช่นมอเตอร์ ปั๊ม สายพานลำเลียง เป็นต้น สัดส่วนของการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตหลักๆ คือพลังงานความร้อนจากไอน้ำ จะถูกนำไปใช้ที่กระบวนการต้มเยื่อประมาณร้อยละ 10 และร้อยละ 90 ในส่วนของการอบแห้งกระดาษ (Dying Section)

1. มาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกการผลิตเยื่อกระดาษ

อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษมีการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมประเภทอื่นๆ ซึ่งพลังงานที่นำมาใช้ในกระบวนการการผลิตเยื่อกระดาษมีอยู่ 2 ประเภทคือ พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน

1) ขั้นตอนการเตรียมชิ้นไม้ (Wood Preparation) การใช้พลังงานไฟฟ้าในขั้นตอนการเตรียมชิ้นไม้เพื่อนำมาใช้ขับเคลื่อนมอเตอร์ในเครื่องจักรต่างๆมาตรการการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกใน

ขั้นตอนนี้จึงอยู่ในกิจกรรมการขับเคลื่อนมอเตอร์ให้เหมาะสมกับการดำเนินกิจกรรมเพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การลดการเดินเครื่องจักรตัวเปล่าขณะหยุดสายพานลำเลียงระบบกำจัดฝุ่น เครื่องสับ เครื่องลอก หรือการเดินเครื่องอย่างเต็มพิกัดเพื่อลดต้นทุนพลังงานต่อต้นทุนผลผลิตการลดขนาดมอเตอร์ขนาดใหญ่ไม่ให้มากกว่าภาระเกินกว่าร้อยละ 40 หรือในกรณีที่มีการใช้มอเตอร์ตัวเดิมเกิน 10 ปี ควรทำการเปลี่ยนไปใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

2) ขั้นตอนการต้มและฟอกเยื่อ (Digestion and Bleach) เป็นขั้นตอนที่ใช้พลังงานความร้อนมากที่สุดในการผลิตเยื่อกระดาษ มาตรการการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนนี้จึงอยู่ในรูปแบบการใช้พลังงานความร้อนให้เกิดประโยชน์สูงสุด เช่น การต้มเยื่อแบบต่อเนื่องควรใช้หม้อต้มให้เหมาะสม ปรับลดสารที่ต้องให้ความร้อน และเพิ่มการนำความร้อนกลับมาใช้ ทำการติดตั้ง Heat Exchanger เพื่อนำความร้อนในเยื่อหลังต้มมาใช้ประโยชน์

3) ขั้นตอนการล้างเยื่อ (Washing) เป็นขั้นตอนที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลักเพื่อแยกของเหลวคือ Black Liquor ออกจากเยื่อ ตัวอย่างมาตรการการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนนี้อาจทำได้โดยการเปลี่ยนเครื่องล้างเยื่อจากแบบ Vacuum Pump เป็นแบบ Pressurize ในกระบวนการล้างเยื่อแบบใช้ Vacuum drum washer ซึ่งล้างเยื่อเข้มข้นได้เพียงร้อยละ 1 แต่ถ้าต้องการเพิ่มความเข้มข้นเยื่อต้องใช้พลังงานมากในการล้างหากใช้เทคโนโลยีล้างแบบ pressurized diffuser จะสามารถล้างเยื่อได้มากขึ้น

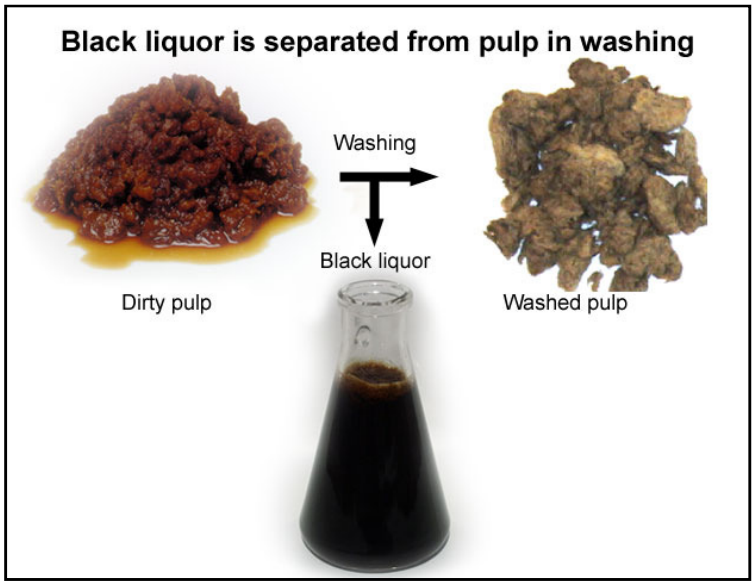
4) ขั้นตอนการผลิตเยื่อแห้ง ในกรณีต้องทำการขนส่งเยื่อจากโรงงานผลิตเยื่อไปยังโรงงานผลิตกระดาษอาจต้องทำให้เยื่อแห้งที่สุด การใช้พลังงานที่สำคัญในขั้นตอนนี้ได้แก่การใช้พลังงานความร้อนในการอบแห้ง และพลังงานไฟฟ้าของปั๊ม สำหรับในลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนนี้จึงต้องนำความร้อนที่เหลือทิ้งกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด อาจทำการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่จะสามารถนำความร้อนในอากาศร้อนที่ปล่อยทิ้งกับมาเข้าห้องอบซึ่งจะประหยัดการใช้ไอน้ำลงได้การปรับลดความเร็วรอบพัดลมหมุนเวียนในตู้อบ ให้เหมาะสมกับความชื้นของเยื่อในแต่ละช่วงที่อบ

5) ขั้นตอนการนำสารเคมีกลับมาใช้ (Chemical Recovery) เป็นการนำน้ำมันยางดำกลับมาใช้ประโยชน์ มาตรการการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนนี้เป็นการนำน้ำมันยางดำที่มีส่วนผสมของลิกนิน ซึ่งเป็นชีวมวลประเภทหนึ่ง มาใช้เป็นเชื้อเพลิง ทดแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันยางดำให้มีความเหมาะสมจะช่วยให้ลดการใช้พลังงานได้อย่างเหมาะสม น้ำมันยางดำที่นำเข้าเผาไหม้ในหม้อไอน้ำความร้อนทิ้งยิ่งมีความเข้มข้นสูงขึ้นเท่าใดประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำก็จะดีขึ้นเท่านั้น การใช้เครื่องระเหย (Evaporator) แบบเพลตจะช่วยลดความหนืดของน้ำมันยางดำได้ การตรวจสอบและเพิ่มประสิทธิภาพหอผึ่งน้ำจะช่วยในการควบแน่นน้ำดำในอีแวปเปอร์เรเตอร์ การควบคุมอุณหภูมิของน้ำจะช่วยลดการควบแน่นน้ำมันยางดำลงทำให้ลดความหนืดของน้ำมันยางดำได้

2. มาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกการกระบวนการผลิตกระดาษ

ขั้นตอนการผลิตกระดาษจะใช้พลังงานหลักที่สำคัญคือพลังงานความร้อน ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของไอน้ำ เพื่อใช้สำหรับการอบกระดาษให้แห้ง และพลังงานไฟฟ้า ในกระบวนการขึ้นรูปและการขับเคลื่อนอุปกรณ์ต่างๆ เช่น มอเตอร์ ปั๊ม สายพานลำเลียงมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

1) การเตรียมเยื่อ (Stock Preparation)
   - เป็นการคัดแยกสิ่งเจือปนออกก่อนนำเยื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตกระดาษอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานหลัก ได้แก่ Refiners ซึ่งเป็นเครื่องมือย่อยตีเส้นใยในเยื่อ ซึ่งจะมีมอเตอร์สำหรับขับ Refiners ในการเดิน Refiners ให้มีประสิทธิภาพสูง จะต้องมีการควบคุมให้ Refiners ทำงานอยู่ในจุดที่เหมาะสม ใช้ขนาดของ Refiners ให้เหมาะสมหรือเปลี่ยนไปใช้ Refiner ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น
   - การปรับปรุงการใช้งานปั๊มการเปลี่ยนการควบคุมจากวาล์วควบคุมเป็นการใช้การปรับความเร็วรอบการปรับลดความเร็วรอบสำหรับการใช้งานโหลดที่คงที่หรือการติดตั้งปั๊มหลายชุดขนานกัน สำหรับการใช้งานในกรณีที่โหลดไม่คงที่การเปลี่ยนปั๊มและระบบควบคุมเป็นแบบ Infinite Turn – down ซึ่งจะสามารถรักษาความดันขาออกของปั๊มให้เต็มพิกัดได้ แม้จะลดอัตราการไหลลงต่ำสุดโดยใช้แบริ่งแบบเยื้องศูนย์ร่วมกับการควบคุมมอเตอร์แบบเวคเตอร์
2) การขึ้นรูปแผ่นกระดาษ (Sheet Forming) การขึ้นรูปแผ่นกระดาษเป็นขั้นตอนจากการฉีดน้ำเยื่อลงบนแผ่นตะแกรงลวดเดินแผ่น ในขณะที่เครื่องเดินปกติ จะมีน้ำเยื่อลงในถังรับน้ำเยื่อจำนวนน้อยมาก การปรับการเดินใบกวนในถังเปล่าหรือถังรับน้ำเยื่อที่มีปริมาณน้อยจะช่วยลดการใช้พลังงานได้ การปรับอาจทำได้โดยลดจำนวนที่เดินหรือติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบและลดความเร็วรอบขณะที่เครื่องฉีดน้ำเยื่อเดินเครื่องปกติ



รูปที่ 7-8น้ำมันยางดำ (Black Liquor)
ที่มา: http://www.knowpulp.com

3) การกดรีดน้ำ (Press Section) ขั้นตอนการรีดน้ำเดิมเป็นการรีดน้ำโดยใช้ Roll Press ข้อจำกัดคือพื้นที่สัมผัสน้อย การพัฒนาชุดรีดน้ำแบบใหม่ที่มีการวางแผ่นที่เรียกว่า Shoe วางอยู่กับที่และมีปลอก (Sleeve) หุ้ม Shoe ไว้ในขณะที่ลูกกลิ้งหมุนจะผลักให้ปลอกหมุนตามไปด้วย โดยตัว Shoe จะอยู่นิ่งกับที่ ทำให้เพิ่มพื้นที่สัมผัสมากขึ้น และสามารถรีดน้ำได้มากขึ้น ทำให้ลดการใช้ไอน้ำในขั้นตอนการอบลงได้

4) ขั้นตอนการอบแห้ง (Drying Section) ขั้นตอนที่ใช้พลังงานมากที่สุดในการผลิตกระดาษ มีการใช้ไอน้ำเป็นจำนวนมาก มาตรการลดก๊าซเรือนกระจก คือ การเดินส่วนอบแห้งให้มีประสิทธิภาพสูง เช่น
   - การควบคุมอากาศเข้าและระบายอากาศออกจากห้องอบให้เหมาะสมกับภาระความชื้น
   - การนำความร้อนทิ้งจากห้องอบมาใช้ประโยชน์ให้ได้สูงสุด
   - การปรับปรุงห้องอบแบบเปิดเป็นแบบปิด (Closed Hood)
   - การนำความร้อนทิ้งจากน้ำเสียมาใช้ประโยชน์

ตารางที่ 7-1 สรุปมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ

มาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก			ไฟฟ้า	ความร้อน
การผลิตเยื่อกระดาษ	ขั้นตอนการเตรียมชิ้นไม้ (Wood Preparation)	การลดการเดินเครื่องจักรตัวเปล่า	✓	
		การเดินเครื่องอย่างเต็มพิกัด	✓	
		การลดขนาดมอเตอร์ให้เหมาะสม	✓	
		การเปลี่ยนไปใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง	✓	
	ขั้นตอนการต้มและฟอกเยื่อ (Digestion and Bleach)	การนำความร้อนจากไอน้ำทิ้งหลังการต้มกลับมาใช้ประโยชน์		✓
		การติดตั้ง Heat Exchanger เพื่อนำความร้อนในเยื่อหลังต้มมาใช้ประโยชน์		✓
	ขั้นตอนการล้างเยื่อ (Washing)	การเปลี่ยนเครื่องล้างเยื่อจากแบบ Vacuum Pump เป็นแบบ Pressurize	✓	
	ขั้นตอนการผลิตเยื่อแห้ง	การนำความร้อนจากอากาศที่ปล่อยทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์		✓
		การปรับลดความเร็วรอบพัดลมหมุนเวียนในตู้อบ ให้เหมาะสมกับความชื้นของเยื่อในแต่ละช่วงที่อบ		✓
	ขั้นตอนการนำสารเคมีกลับมาใช้ (Chemical Recovery)	การใช้เครื่องระเหย (Evaporator) แบบเพลตเพื่อลดความหนืดของน้ำมันยางดำ	✓	
		การตรวจสอบและเพิ่มประสิทธิภาพหอผึ่งน้ำเพื่อลดความหนืดของน้ำมันยางดำ	✓	✓
กระบวนการผลิตกระดาษ	การเตรียมเยื่อ (Stock Preparation)	ปรับการเดินและขนาด Refiners ให้เหมาะสมหรือการเปลี่ยน Refiners ประสิทธิภาพสูงขึ้น	✓	
		การปรับปรุงการใช้งานปั๊ม - การเปลี่ยนการควบคุมจากวาล์วควบคุมเป็นการใช้การปรับความเร็วรอบ - การปรับลดความเร็วรอบ สำหรับการใช้งานโหลดที่คงที่การใช้การปรับความเร็วรอบ - ใช้ระบบควบคุมเป็นแบบ Infinite Turn – down	✓	

มาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก			ไฟฟ้า	ความร้อน
	การขึ้นรูปแผ่นกระดาษ (Sheet Forming)	การลดการเดินใบกวน ในถังรับน้ำเยื่อ	✓	
	การกดรีดน้ำ (Press Section)	การเปลี่ยนชุดรีดน้ำจาก Roll Press เป็น Shoe Press	✓	
	ขั้นตอนการอบแห้ง (Drying Section)	การเดินส่วนอบแห้งให้มีประสิทธิภาพสูงสุด		✓
		การนำความร้อนทิ้งจากไอร้อน จากห้องอบมาใช้ประโยชน์ให้ได้สูงสุด		✓
		การปรับปรุงห้องอบแบบเปิดเป็นแบบปิด (Closed Hood)		✓
		การนำความร้อนทิ้งจากน้ำเสียมาใช้ประโยชน์		✓
มาตรการอื่นๆ	ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจาก Absorption Chiller		✓	
	ลดการสูญเสียไอน้ำออกจาก Steam Trap			✓
	ลดพลังงานไฟฟ้าโดยใช้ VSD ที่ Cooling Fan		✓	
	เปลี่ยนหลอดไฟฟ้าเป็นหลอด LED		✓	
	ลดการรั่วไหลของอากาศอัด			✓
	นำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ภายในโรงงาน - อุ่นน้ำก่อนเข้าหม้อต้ม - ใช้ผลิตไฟฟ้าใช้ในโรงงาน		✓	
	การเปลี่ยนไปใช้เชื้อเพลิงชีวมวลแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตพลังงานความร้อน			✓

ระเบียบวิธีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

มาตรการลดก๊าซเรือนกระจก	วิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก (Methodology)	ที่มาของวิธีการคำนวณฯ
การนำลมร้อนทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์	AMS-III.Q: Waste energy recovery	CDM
การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในโรงงาน	AMS-II.D: Energy efficiency and fuel switching measures for industrial facilities	CDM
เปลี่ยนหลอดไฟฟ้าเป็นหลอด LED	T-VER-METH-EE-01 การปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ (Energy Efficiency Improvement from Lightings)	T-VER
ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจาก Absorption Chiller	T-VER-METH-EE-08 การปรับเปลี่ยนหรือการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง (Replacement or Installation of High Efficiency Chiller)	T-VER
- การเปลี่ยนไปใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง **- การปรับลดความเร็วรอบพัดลมหมุนเวียนในตู้อบ ให้เหมาะสมกับความชื้นของเยื่อในแต่ละช่วงที่อบ** **-ลดพลังงานไฟฟ้าโดยใช้ VSD ที่ Cooling Fan**	T-VER-METH-EE-10 การปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานของมอเตอร์ (Energy Efficiency Improvement in Motor Systems)	T-VER
การนำความร้อนที่ปล่อยทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์	T-VER-METH-EE-12 การนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ (Waste Heat Recovery and Utilization)	T-VER
นำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ภายในโรงงาน **- อุ่นน้ำก่อนเข้าหม้อต้ม** **- ใช้ผลิตไฟฟ้าใช้ในโรงงาน**	T-VER-METH-AE-01 การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (Electricity Generation from Renewable Energy)	T-VER
การเปลี่ยนไปใช้เชื้อเพลิงชีวมวลแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตพลังงานความร้อน	T-VER-METH-AE-04 การติดตั้งระบบผลิตพลังงานความร้อนใหม่ทั้ง	T-VER

มาตรการลดก๊าซเรือนกระจก	วิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก (Methodology)	ที่มาของวิธีการคำนวณฯ
	ระบบโดยใช้พลังงานหมุนเวียน (New Installation of Renewable Energy System to Generate Thermal Energy)	

เอกสารอ้างอิง

1. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมและอาคารต่างๆ (SEC) (อุตสาหกรรมกระดาษ)
2. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. คู่มือชุดความรู้การอนุรักษ์พลังงานสำหรับอุตสาหกรรมกระดาษ
3. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). โครงการศึกษาศักยภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อกำหนดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Threshold) สำหรับอุตสาหกรรม พ.ศ. 2562
4. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://ghgreduction.tgo.or.th/t-ver.html[27 กันยายน 2562].
5. http://www.knowpulp.com/english/demo/english/pulping/recovery_boiler/1_general/mustalipean_erotus_pesussa_img.html
6. http://www2.diw.go.th/I_Standard/Web/pane_files/Industry15.asp

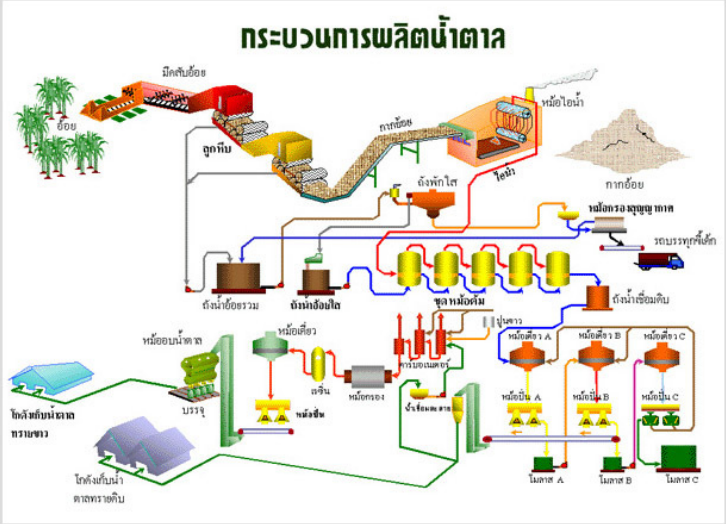
บทที่ 8

มาตรการลดก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาล

นายจักรพงษ์ แย้มยิ้ม
สำนักวิเคราะห์และติดตามประเมินผล
องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานน้ำตาลจำนวน 58 โรงงาน ส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยอุตสาหกรรมน้ำตาลเป็นอุตสาหกรรมสินค้าการเกษตรแปรรูปเบื้องต้น ซึ่งน้ำตาลเป็นสินค้าที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต เป็นปัจจัยความมั่นคงทางด้านอาหาร ซึ่งในปีการผลิต 2561/2562 ของประเทศไทย ณ วันที่ 8 พฤษภาคม 2562 มีปริมาณอ้อยเข้าหีบรวมทั้งหมดประมาณ 130.97 ล้านตัน ผลิตเป็นน้ำตาลทรายดิบได้ประมาณ 11.1 ล้านตัน น้ำตาลทรายขาวประมาณ 3.25 ล้านตัน และกากน้ำตาล 5.87 ล้านตัน (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, รายงานการผลิตน้ำตาลทรายของโรงงานน้ำตาลทั่วประเทศ, 2562) ในการผลิตน้ำตาลทรายจำเป็นต้องอาศัยโรงงานน้ำตาล ซึ่งเป็นโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องมีการลงทุนสูงและมีความต้องการใช้พลังงานเพื่อการผลิตโดยเฉพาะพลังงานความร้อนอย่างมหาศาล ในกระบวนการผลิตน้ำตาล ซึ่งประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอนที่สำคัญ คือ การเตรียมชิ้นอ้อย การหีบสกัดน้ำอ้อย การทำน้ำอ้อยให้บริสุทธิ์ การต้มระเหยน้ำอ้อย การเคี่ยวน้ำตาล-ปั่น-และอบแยกเม็ดน้ำตาล และการบรรจุน้ำตาล ซึ่งกระบวนการผลิตแสดงดังรูปที่ 8-1

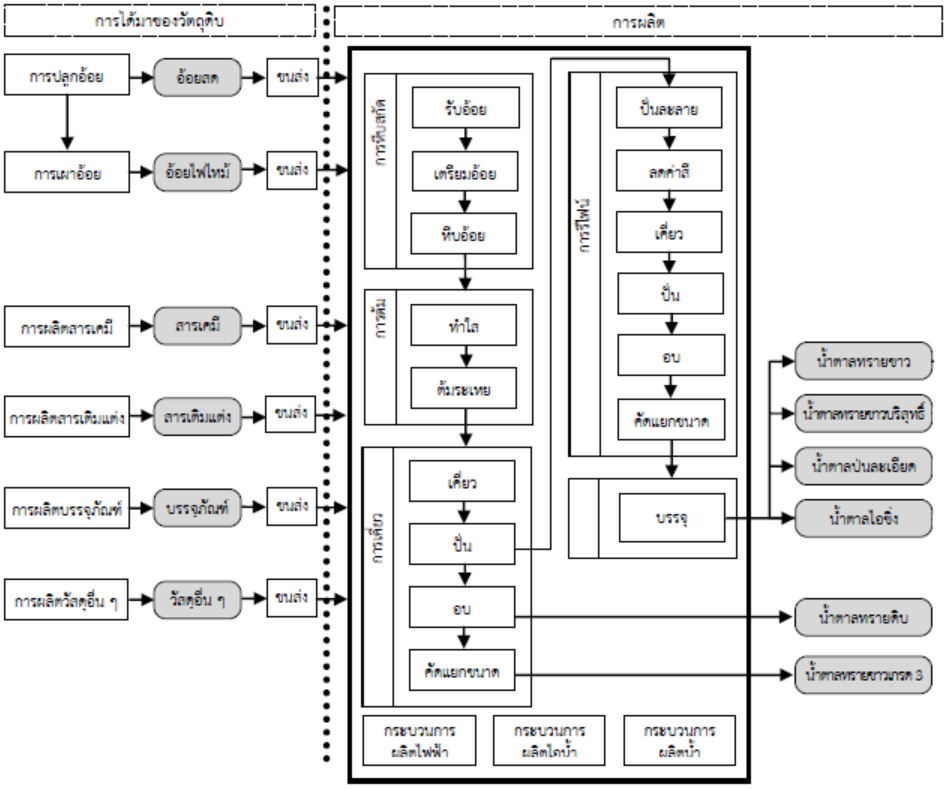


รูปที่ 8-1 กระบวนการผลิตน้ำตาล

ที่มา: http://www.thaisugarmillers.com/tsmc-02-02.html

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก

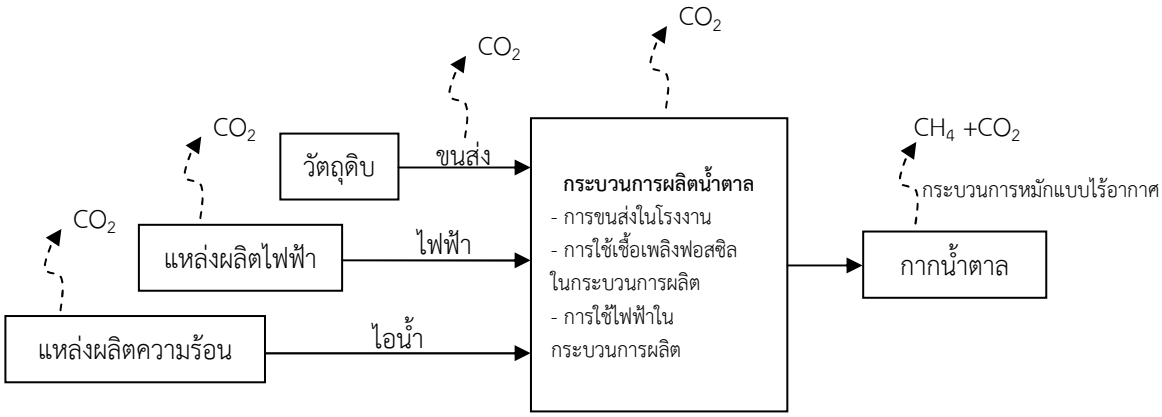
ในกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายสามารถระบุแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีในโรงงานผลิตน้ำตาลได้โดยง่ายจากการพิจารณารายการนำเข้า (Input) และรายการนำออก (Output) ของกระบวนการผลิตน้ำตาล ซึ่งจากกระบวนการผลิตในรูปที่ 8-1 สามารถนำมาจัดทำเป็นแผนผัง Input และ Output ของกระบวนการผลิตได้ดังรูปที่ 8-2



รูปที่ 8-2 แสดงรายการนำเข้า (Input) และรายการนำออก (Out) จากกระบวนการผลิตน้ำตาล

ที่มา: ข้อกำหนดเฉพาะสำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์อ้อยและน้ำตาล, องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลักมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อนในกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย นอกจากนี้ถ้าพิจารณาตลอดทั้งกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย จะพบว่ามีแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญในช่วงการจัดหาวัตถุดิบ คือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานหรือเคลื่อนย้ายวัตถุดิบภายในโรงงาน และแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากของเสีย เช่น กากน้ำตาล (Molasses) ในกรณีที่ปล่อยกากน้ำตาลทิ้งไว้โดยไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์หรือจัดการอย่างถูกวิธี และเกิดการหมักแบบไร้อากาศส่งผลให้เกิดก๊าซมีเทนออกสู่บรรยากาศ สรุปแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตน้ำตาล ดังรูปที่ 8-3



รูปที่ 8-3 แสดงแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตน้ำตาล

มาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จากการพิจารณาแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก จะสามารถกำหนดมาตรการสำหรับลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในโรงงานผลิตน้ำตาลได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1 มาตรการจัดการแหล่งพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาล

กระบวนการผลิตน้ำตาลจะมีความต้องการใช้พลังงานอยู่ 2 ประเภท คือ พลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อน ซึ่งโรงงานน้ำตาลมีข้อได้เปรียบในด้านแหล่งพลังงานคือ จะได้ชานอ้อย (Bagasse) เป็นผลพลอยได้ที่เหลือจากกระบวนการหีบอ้อยที่ได้สกัดเอาน้ำอ้อยออกไปแล้ว ชานอ้อยจะมีปริมาณน้ำตาลติดอยู่น้อยมาก ส่วนใหญ่จะเหลือเป็นเส้นใยอ้อย (Fiber) กับน้ำที่อยู่ในรูปของความชื้นและของแข็งที่ละลายน้ำได้เล็กน้อย ปริมาณชานอ้อยที่เกิดขึ้นจากการหีบอ้อยคิดเป็นร้อยละ 29 โดยประมาณของปริมาณอ้อยที่เข้าหีบ มีความชื้นประมาณร้อยละ 48-53 มีความหนาแน่นค่อนข้างต่ำประมาณ 160 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีคุณสมบัติติดไฟง่าย ชานอ้อยประกอบด้วยธาตุหลักคือ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) และไนโตรเจน (N) มีค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง (Low Heating Value) ที่ 7.53 MJ/kg (ที่มา: สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน) ชานอ้อยที่เกิดขึ้นมีคุณสมบัติที่เหมาะสมสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงาน โดยส่วนใหญ่โรงงานผลิตน้ำตาลในประเทศไทยจะใช้ชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำ (Boiler) ใช้ผลิตไอน้ำสำหรับเป็นแหล่งพลังงานความร้อนในกระบวนการผลิตน้ำตาล ไอน้ำที่ผลิตได้จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาลโดยผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน และนอกจากนี้ไอน้ำที่ผลิตได้สามารถนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าใช้ในโรงงานด้วยการนำไปขับกังหันไอน้ำ (Turbine) เพื่อผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าบางโรงงานสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้เหลือใช้และสามารถจำหน่ายให้กับการไฟฟ้าได้อีกด้วย ซึ่งในกรณีที่ใช้ชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตทั้งพลังงานไฟฟ้าและความร้อนนั้น จะไม่คิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกการการเผาไหม้ชานอ้อย เนื่องจากการเผาชีวมวลจะปล่อยคาร์บอนซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวัฏจักรคาร์บอน (Biogenic CO_2) ที่เกิดการหมุนเวียนคาร์บอนจากชั้นบรรยากาศผ่านกระบวนการดูดกลับของพืชโดยกระบวนการสังเคราะห์แสง และเมื่อเผาไหม้คาร์บอนจะกลับไปอยู่ในชั้นบรรยากาศเหมือนเดิมตามวัฏจักร

คาร์บอน โดยไม่มีการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล ดังนั้นการนำชานอ้อยมาผลิตพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนเป็นมาตรการที่นิยมใช้ในโรงงานผลิตน้ำตาลในประเทศไทยมากที่สุด และช่วยลดค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงฟอสซิล

2. มาตรการจัดการเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาล

มาตรการจัดการเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาล จะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ

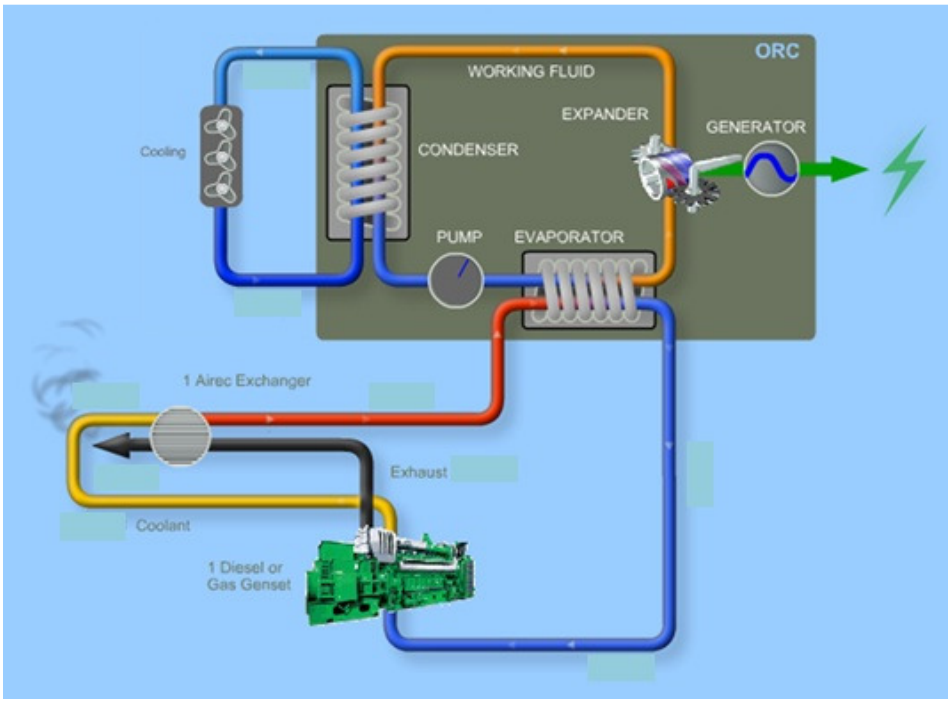
1) มาตรการลดใช้พลังงานไฟฟ้า

ในโรงงานผลิตน้ำตาลจะมีฤดูหีบอ้อย และฤดูละลายน้ำตาล ซึ่งจะมีบางช่วงเวลาในรอบปีที่ต้องมีการนำเข้าพลังงานไฟฟ้าจากสายส่ง เนื่องจากหยุดเดินระบบผลิตไอน้ำและผลิตไฟฟ้าในฤดูละลายน้ำตาล หรือเป็นโรงงานผลิตน้ำตาลที่ใช้ไฟฟ้าจากสายส่งทั้งหมด หรือใช้พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งผลิตไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งในการใช้พลังงานไฟฟ้าจากสายส่งหรือจากแหล่งผลิตไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล จะส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้า ดังนั้นมาตรการที่จะช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีนี้ สามารถทำได้โดย

- สร้างระบบผลิตพลังงานร่วมโดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวล
- สร้างระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์
- บริหารช่วงเวลาการนำเข้าพลังงานไฟฟ้าจากสายส่ง หรือพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งผลิตไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล
- ซ่อมบำรุงเครื่องจักรให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพอยู่เสมอ
- เปลี่ยนเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าใหม่ เช่น มอเตอร์ ปั๊มน้ำ หลอดไฟ เป็นต้น
- ติดตั้งอุปกรณ์เสริมหรือปรับปรุงเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงขึ้น เช่น ติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ ปรับปรุงใบพัดลมหอผึ่งเย็น เป็นต้น
- การใช้เทคโนโลยีการนำความร้อนเหลือทิ้งมาผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบ Organic Rankine Cycle หรือ ORC เนื่องจากเป็นเทคโนโลยี ที่มีการใช้ในประเทศไทยไม่มากนัก เนื่องจากต้นทุนสูง แต่เป็นเทคโนโลยีที่น่าสนใจสำหรับโรงงานน้ำตาลในประเทศไทย โดยจะขอให้รายละเอียดสำหรับเทคโนโลยีนี้ไว้พอสังเขป ดังนี้

หลักการทำงานระบบ Organic Rankine Cycle หรือ ORC เหมือนกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานไอน้ำคือการทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าจากการปั่นกังหัน (Turbine) แต่สารที่นำมาปั่นกังหันเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้านั้นไม่ใช่ไอน้ำแต่จะเป็นไอสารทำความเย็นแบบออร์แกนิคที่มีจุดเดือดต่ำทำให้สารทำความเย็นระเหยโดยใช้ความร้อนของน้ำร้อนหรือไอน้ำที่ได้จากความร้อนเหลือจากกระบวนการการผลิตน้ำตาล เมื่อไอของสารทำความเย็นนี้ระเหยและกลายเป็นไอที่มีความร้อนยิ่งยวดจะไปขับเคลื่อนกังหันเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า เมื่อหน้าที่ของสารทำความเย็นเสร็จสิ้นก็จะไหลเข้าสู่ห้องเครื่องควบแน่น (Condenser) เพื่อที่จะถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำหล่อเย็น

(Cooling) และกลั่นตัวเป็นสารทำความเย็นเหลวอีกครั้ง และถูกปั๊มส่งกลับไปยังห้องเครื่องระเหย (Evaporator) เพื่อรอการระเหยกลายเป็นไอที่มีความร้อนยิ่งยวดเพื่อไปปั่นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อไป



รูปที่ 8-4 แผนผังระบบ Organic Rankine Cycle หรือ ORC

ที่มา: http://dedeenergyfund.com/organic-rankine-cycle/

เทคโนโลยีการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบ ORC สามารถช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้อาจจะใช้ในระบบต่าง ๆ ภายในสถานประกอบการ ศักยภาพการประหยัดพลังงานขึ้นอยู่กับปริมาณความร้อนที่เหลือทิ้งที่นำเอากลับมาใช้ใหม่โดยผ่านชุด ORC จากข้อมูลกรณีศึกษาจากต่างประเทศและในประเทศไทยเทคโนโลยีการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบ ORC สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 5-10% ขึ้นอยู่กับแหล่งพลังงานความร้อนที่เหลือทิ้ง

2) มาตรการลดใช้พลังงานความร้อน

ในกรณีที่โรงงานน้ำตาลใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตพลังงานความร้อน ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล ดังนั้นมาตรการที่จะช่วยให้ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสามารถทำได้ ดังนี้

- การเปลี่ยนไปใช้เชื้อเพลิงชีวมวลแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตพลังงานความร้อน
- สร้างระบบผลิตพลังงานร่วมโดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวล
- การเปลี่ยนหม้อไอน้ำ (Boiler) ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น
- การปรับอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงให้เหมาะสม
- การหุ้มฉนวนหม้อไอน้ำ
- การเปลี่ยนผนังหม้อไอน้ำใหม่

- การบริหารปริมาณการโบลดาวน์
- การเปลี่ยนหรือติดตั้งกับดักไอน้ำ
- ปรับตั้งความดันน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสม
- การนำไอน้ำหรือไอเสียไปอุ่นน้ำป้อน
- การนำความร้อนจากน้ำโบลดาวน์และน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่
- การติดตั้งระบบควบคุมประสิทธิภาพการเผาไหม้อัตโนมัติ
- การซ่อมบำรุงอุปกรณ์เครื่องจักรอยู่เสมอ เช่น หม้อไอน้ำ หัวเผา กับดักไอน้ำ ทำความสะอาดท่อน้ำและท่อไฟ เป็นต้น
- ปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีการผลิตน้ำตาลทราย เช่น ปรับการผลิตน้ำตาลทรายขาวเป็นการผลิตน้ำตาลทรายขาวขั้นตอนเดียว ซึ่งแบบเดิมมี 2 ขั้นตอน ทำให้ลดการใช้ไอน้ำและลดการสูญเสียในกระบวนการผลิต เป็นต้น
- ติดตั้งหัวเผาแบบเซลฟ์-รีคูเพอเรทีฟ (Self Recuperative Burner) เพื่ออุ่นอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น โดยการนำก๊าซไอเสียทิ้งมาแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศเย็นที่จะใช้เผาไหม้ เมื่ออากาศเย็นที่จะใช้ในการเผาไหม้มีอุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ดีขึ้นและประหยัดเชื้อเพลิง

3. มาตรการจัดการของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตน้ำตาล

ในโรงงานผลิตน้ำตาลจะมีผลพลอยได้ (By Product) จากกระบวนการผลิตน้ำตาล คือ กากน้ำตาล หรือ โมลาส (Molasses) มีลักษณะเป็นของเหลวเหนียวข้น สีน้ำตาลเข้ม ซึ่งไม่สามารถจะตกผลึกน้ำตาลได้อีก ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยน้ำตาลซูโครส น้ำตาลอินเวอร์ท (Invert sugar) และ น้ำ

รูปที่ 8-5กากน้ำตาล หรือ โมลาส (Molasses)

ที่มา: https://www.thaipng.com/png-wy8t1e/

กากน้ำตาลหรือโมลาส สามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตในหลากหลายอุตสาหกรรม อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม สำหรับการผลิตแอลกอฮอล์ สุรา การผลิตยีสต์ การผลิตผงชูรส การผลิตอาหารสัตว์ น้ำส้มสายชู ซีอิ๊ว และ ซอสปรุงรส เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถนำไปเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรม

พลังงานสำหรับการผลิตเอทานอลซึ่งนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพ (Bio-fuel) ได้อีกด้วย ซึ่งในประเทศไทยโรงงานผลิตน้ำตาลหลายแห่งจะมีโรงงานผลิตเอทานอลตั้งอยู่ข้างเคียงเพื่อนำกากน้ำตาลไปใช้เป็นวัตถุดิบ

ทั้งนี้ ไม่ว่าจะเป็นน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากโรงงานผลิตน้ำตาล หรือน้ำเสียที่เกิดจากโรงงานผลิตเอทานอลที่ใช้โมลาสเป็นวัตถุดิบในการผลิตนั้น จะมีปริมาณค่าความสกปรกในรูปแบบของค่าปริมาณออกซิเจนที่สารเคมีใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์(Chemical Oxygen Demand) หรือ ค่า COD ในปริมาณที่สูงมาก ซึ่งน้ำเสียดังกล่าวมีศักยภาพสูงในการนำมาผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อนำไปใช้ทดแทนพลังงานในรูปแบบต่างๆ ในโรงงานผลิตน้ำตาลหรือโรงงานผลิตเอทานอลได้ ซึ่งการกักเก็บก๊าซชีวภาพจากน้ำเสีย และนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตความร้อนหรือไฟฟ้านั้น สามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ทั้งก๊าซมีเทนที่ได้จากระบบผลิตก๊าซชีวภาพและลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากพลังงานความร้อนหรือพลังงานไฟฟ้าที่นำไปทดแทนจากแหล่งผลิตพลังงานเดิมที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล

ระเบียบวิธีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

มาตรการลดก๊าซเรือนกระจก	วิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก (Methodology)	ที่มาของวิธีการคำนวณฯ
การนำลมร้อนทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์	AMS-III.Q: Waste energy recovery	CDM
การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในโรงงาน	AMS-II.D: Energy efficiency and fuel switching measures for industrial facilities	CDM
เปลี่ยนหลอดไฟฟ้าเป็นหลอด LED	T-VER-METH-EE-01 การปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ (Energy Efficiency Improvement from Lightings)	T-VER
การเปลี่ยนหม้อไอน้ำ (Boiler) ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น	T-VER-METH-EE-05 การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพลังงานความร้อน (Energy Efficiency Improvement for Thermal Generation)	T-VER
เปลี่ยนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงหรือติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ หรือปรับปรุงใบพัดลมหอผึ่งเย็น	T-VER-METH-EE-10 การปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานของมอเตอร์ (Energy Efficiency Improvement in Motor Systems)	T-VER
- การใช้เทคโนโลยีการนำความร้อนเหลือทิ้งมาผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบ Organic Rankine Cycle หรือ ORC **- การนำความร้อนจากน้ำโบลดาวน์และน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่**	T-VER-METH-EE-12 การนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ (Waste Heat Recovery and Utilization)	T-VER
นำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ภายในโรงงาน	T-VER-METH-AE-01 การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (Electricity Generation from Renewable Energy)	T-VER
การเปลี่ยนไปใช้เชื้อเพลิงชีวมวลแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตพลังงานความร้อน	T-VER-METH-AE-04 การติดตั้งระบบผลิตพลังงานความร้อนใหม่ทั้งระบบโดยใช้พลังงานหมุนเวียน (New Installation of Renewable Energy System to Generate Thermal Energy)	T-VER
สร้างระบบผลิตพลังงานร่วมโดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวล	T-VER-METH-AE-08 การติดตั้งระบบผลิตพลังงานร่วมใหม่โดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวล (New Installation of Biomass Cogeneration System)	T-VER

เอกสารอ้างอิง

1. ชานนทร์ สัมมาวิภาวีกุล. 2549. การศึกษาเพื่อพัฒนาระบบการบริหารงานซ่อมบำรุง : กรณีศึกษาโรงงานน้ำตาลทรายขาวเริ่มอุดม จำกัด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.
2. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.สถานภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาล [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://webkc.dede.go.th/testmax/node/2151 [1กรกฎาคม 2562].
3. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.มาตรการนำความร้อนเหลือทิ้งมาผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบ ORC[ออนไลน์]. แหล่งที่มา:http://dedeenergyfund.com/organic-rankine-cycle/ [21 กันยายน 2562].
4. สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. รายงานการผลิตน้ำตาลทรายของโรงงานน้ำตาลทั่วประเทศ[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.ocsb.go.th/th/cms/detail.php?ID=10418&SystemModuleKey=production [8พฤษภาคม 2562].
5. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). ข้อกำหนดเฉพาะสำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์อ้อยและน้ำตาล[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/products_rules/products_rules.pnc[1กรกฎาคม 2562].

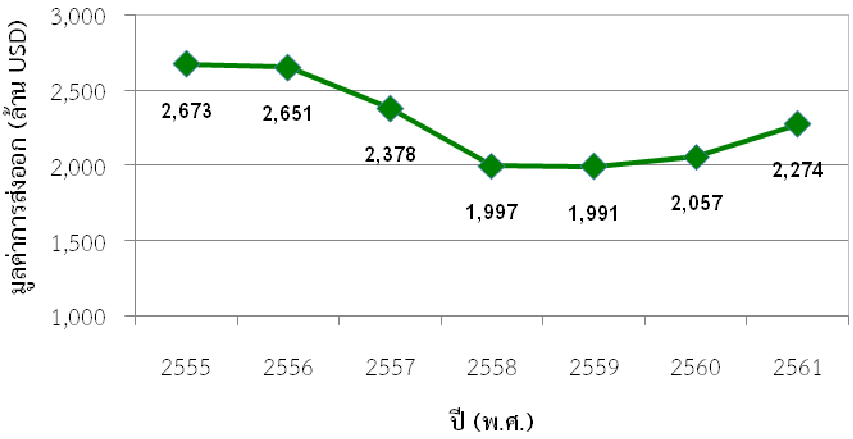
บทที่ 9

มาตรการลดก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมปลากระป๋อง

ดร.สาธิต เนียมสุวรรณ
สำนักวิเคราะห์และติดตามประเมินผล
องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

บทนำ

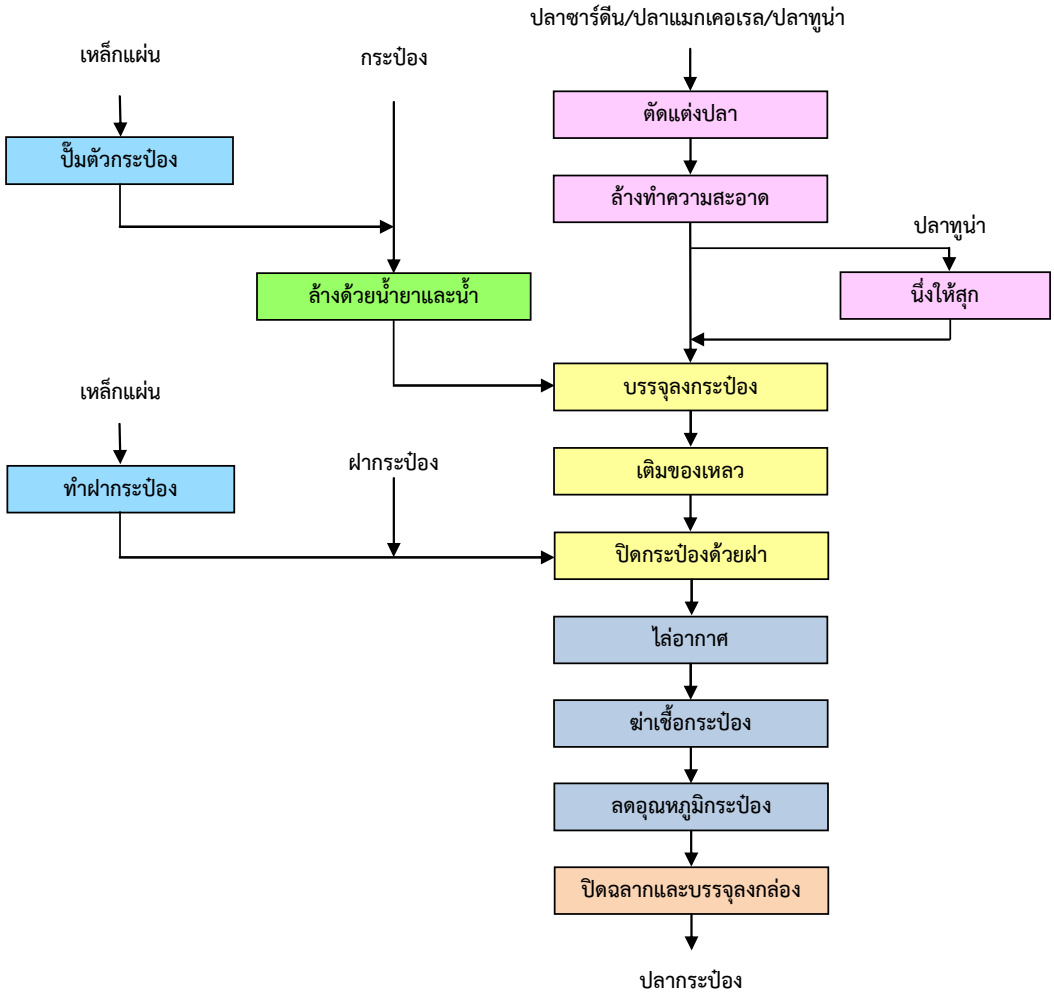
อุตสาหกรรมปลากระป๋องเป็นอุตสาหกรรมที่สร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจได้ราว 8-9 พันล้านบาท แต่พบว่าในปีพ.ศ. 2561 มีอัตราการหดตัวลงร้อยละ 4 เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงสภาวะปกติที่มีอัตราการเติบโตเฉลี่ยร้อยละ 7-8 ต่อปี อันเนื่องมาจากกำลังซื้อของผู้บริโภคที่ลดลงจากปัญหาสภาวะเศรษฐกิจ รวมไปถึงการขาดแคลนปลาที่เป็นวัตถุดิบหลัก ถึงแม้ว่าการเติบโตภายในประเทศจะอยู่ในสภาวะซบเซา แต่อุตสาหกรรมปลากระป๋องโดยเฉพาะปลาทูน่ากระป๋องและแปรรูปยังสามารถเติบโตได้ในตลาดต่างประเทศ จากรายงานของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ พบว่าการส่งออกปลาทูน่ากระป๋องและแปรรูปในปีพ.ศ. 2561 คิดเป็นมูลค่า 2,274 ล้านเหรียญดอลล่าร์สหรัฐ โดยมีอัตราการขยายตัวร้อยละ 9.2 และเป้าหมายการส่งออกปลาทูน่ากระป๋องและแปรรูปในปีพ.ศ. 2562 จะมีมูลค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 เนื่องมาจากประเทศไทยมีความพร้อมด้านทักษะแรงงานและเทคโนโลยีการผลิตครบวงจรที่สอดคล้องตามมาตรฐาน จนสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้ตามความต้องการของแต่ละตลาด



รูปที่ 9-1 มูลค่าการส่งออกปลาทูน่ากระป๋องและแปรรูป
ที่มา: กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ ปี พ.ศ. 2562

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก

อุตสาหกรรมปลากระป๋องสามารถจำแนกผลิตภัณฑ์ตามชนิดของปลา ได้แก่ ปลาซาร์ดีน ปลาทูน่า และปลาแมกเคอเรล รวมทั้งยังจำแนกตามประเภทของของเหลวที่เติม ได้แก่ ซอสมะเขือเทศ น้ำเกลือ น้ำมันพืช และน้ำแร่ โรงงานในอุตสาหกรรมปลากระป๋องส่วนใหญ่มีกระบวนการผลิตหลักแสดงในรูปที่ 9-2 ซึ่งประกอบด้วย การตัดแต่งปลา (ตัดหัวและหาง/ดึงไส้และเครื่องใน) ล้างทำความสะอาดปลา นึ่งให้สุก (ปลาทูน่า) บรรจุลงกระป๋อง เติมของเหลว (ซอสมะเขือเทศ น้ำเกลือ น้ำมันพืช และน้ำแร่) ปิดกระป๋องด้วยฝา ไล่อากาศ ฆ่าเชื้อกระป๋องด้วยไอน้ำ ลดอุณหภูมิกระป๋อง และปิดฉลากและบรรจุลงกล่อง นอกจากนี้โรงงานบางแห่งจะมีการผลิตกระป๋องเองเพื่อแทนที่การซื้อกระป๋องมาใช้การผลิตในแต่ละขั้นตอนจะมีการใช้ความร้อนและความเย็นควบคู่กัน โดยที่ความร้อนในรูปของไอน้ำจะถูกใช้ในการนึ่งปลา (สำหรับปลาทูน่า) ล้างกระป๋อง ไล่อากาศในกระป๋องก่อนปิดฝา และฆ่าเชื้อกระป๋อง และความเย็นในรูปของน้ำเย็นจะถูกใช้ในการลดอุณหภูมิกระป๋องหลังการฆ่าเชื้อรวมไปถึงความเย็นในรูปของอากาศจะถูกใช้สำหรับการเก็บรักษาวัตถุดิบ (ปลา)



รูปที่ 9-2 ขั้นตอนการผลิตในอุตสาหกรรมปลากระป๋อง

ในอุตสาหกรรมปลากระป๋อง แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกิดขึ้นจาก 2 แหล่งหลัก คือ การใช้ไฟฟ้า และการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิส โดยที่แหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้ามีอยู่ 2 ส่วน คือเครื่องจักรอุปกรณ์ต่างๆ ในกระบวนการผลิต ได้แก่ ปั๊ม เครื่องปิดฝากระป๋อง เครื่องเติมของเหลว เครื่องล้างกระป๋อง เครื่องปั๊มตัวกระป๋องและฝากระป๋อง (กรณีที่มีการผลิตกระป๋อง) และหน่วยสนับสนุนการผลิต ได้แก่ เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เครื่องทำความเย็น เครื่องอัดอากาศ และเครื่องเติมอากาศ (Aerator) ในขณะที่แหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิสที่หม้อไอน้ำ และรถโฟล์คลิฟท์สำหรับการเคลื่อนย้ายวัตถุดิบหรือสินค้าภายในโรงงาน

จากผลการศึกษาข้อมูลค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตโดยกรมโรงงานอุตสาหกรรม เมื่อปีพ.ศ. 2552 ค่าปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีอยู่ 2 ด้าน คือด้านไฟฟ้าและด้านเชื้อเพลิง ซึ่งนำเสนอค่าปัจจัยหลักออกเป็น 3 กลุ่มตามลักษณะของโรงงาน ได้แก่ กลุ่มปลาในซอส กลุ่มปลาทูน่า และกลุ่มปลาในซอสและปลาทูน่า ดังแสดงในตารางที่ 9-1

ตารางที่ 9-1 ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมปลากระป๋อง

ค่าปัจจัยหลัก	หน่วยต่อตันปลาสด	กลุ่มโรงงาน		
		ปลาในซอส	ปลาทูน่า	ปลาในซอสและปลาทูน่า
1. เชื้อเพลิง	เมกะจูล	5,042 - 29,939	2,798 - 6,555	3,441 - 8,793
2. ไฟฟ้า	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	219 – 492	149 – 297	26 – 130

มาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

มาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีศักยภาพสำหรับอุตสาหกรรมปลากระป๋องมุ่งเน้นไปที่มาตรการประหยัดพลังงาน (การลดการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิสและการใช้ไฟฟ้า) ในหน่วยสนับสนุนการผลิตเป็นหลัก โดยมีตัวอย่างมาตรการดังนี้

1. Rotating Heat Exchanger

Rotating Heat Exchanger เป็นการประยุกต์เทคโนโลยีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Shell and Tube โดยออกแบบให้ท่อติดแผ่นจานที่สามารถหมุนได้เพื่อลดการอุดตันบนพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งเกิดขึ้นจากการนำความร้อนหรือความเย็นในน้ำทิ้งที่มีการปนเปื้อนกลับมาใช้ประโยชน์ มาตรการนี้มีความเหมาะสมสำหรับโรงงานเป็นอย่างยิ่ง โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในหลายๆ ส่วน เช่น นำความเย็นในน้ำทิ้งจากล้างปลาไปลดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเครื่องจักร หรือนำความร้อนในน้ำทิ้งจากการลดอุณหภูมิปลาไปเพิ่มอุณหภูมิน้ำที่ใช้สำหรับการละลายน้ำแข็งในปลา

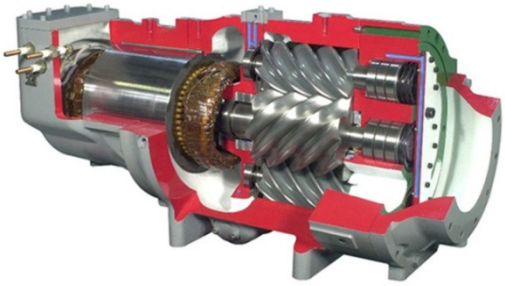
รูปที่ 9-3ตัวอย่าง Rotating heat exchanger

ที่มา: โครงการสาธิตเทคโนโลยีเชิงลึกเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ระยะที่ 3 และระยะที่ 4, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ปี พ.ศ. 2562

เนื่องจากมาตรฐานความปลอดภัยของอาหาร (Food safety) เป็นข้อพิจารณาสำคัญ หากมีการนำความร้อนหรือความเย็นในน้ำทิ้งไปใช้แลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำที่สัมผัสกับปลาโดยตรง Rotating heat exchanger ต้องไม่ให้มีการรั่วไหลในท่อแลกเปลี่ยนความร้อนเกิดขึ้น เทคโนโลยีนี้สามารถนำความร้อนหรือความเย็นในน้ำทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ในอัตราระหว่าง 850-1,700 วัตต์ต่อตารางเมตรต่อผลต่างอุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียสระหว่างน้ำในท่อทั้งสองฝั่ง

2. เครื่องอัดน้ำยาทำความเย็นแบบสกรู

เครื่องอัดน้ำยาทำความเย็นแบบสกรู (Screw compressor) มีการทำงานโดยอาศัยสกรู 2 ตัว คือ สกรูตัวเมีย (Female rotor) และสกรูตัวผู้ (Male rotor) ดังรูปที่ 9-4 โดยที่สกรูตัวเมียจะมีช่องเกลียวทำหน้าที่เป็นตัวเก็บน้ำยาทำความเย็น และสกรูตัวผู้จะใช้สันเกลียวทำหน้าที่รีดน้ำยาทำความเย็นออกตามแกนของสกรูทั้งสองเครื่องอัดน้ำเย็นชนิดนี้มีส่วนเคลื่อนไหวน้อยกว่าเครื่องอัดน้ำเย็นแบบลูกสูบ (Piston compressor) จึงทำให้เกิดความสึกหรอและประสิทธิภาพตกลงต่ำกว่า เทคโนโลยีนี้จึงเหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมปลากระป๋องที่ใช้เครื่องอัดน้ำยาทำความเย็นแบบลูกสูบในระบบทำน้ำเย็นและระบบทำความเย็น



รูปที่ 9-4 โครงสร้ายภายในของเครื่องอัดน้ำยาทำความเย็นแบบสกรู

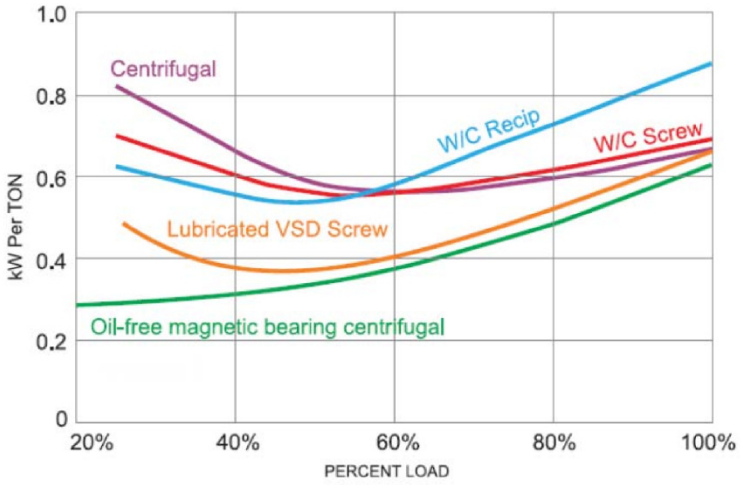
ที่มา: http://carrierproduct.com

เครื่องอัดน้ำยาทำความเย็นแบบสกรูเหมาะสำหรับโรงงานที่ใช้เครื่องอัดน้ำยาทำความเย็นแบบสกรูและมีอายุการใช้งานมากกว่า 5 ขึ้นไป และควรเลือกเดินเครื่องตัวเปล่า (Unload) ให้น้อยที่สุด เครื่องอัดน้ำยาทำความเย็นแบบสกรูสามารถลดการใช้ไฟฟ้าได้มากถึงร้อยละ 30 – 50

3. เครื่องทำน้ำเย็นชนิดปรับความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์

เครื่องทำน้ำเย็นชนิดปรับความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์ (Variable speed drive chillerหรือ VSD Chiller) เป็นเครื่องทำน้ำเย็นที่สามารถปรับความเร็วรอบการทำงานของเครื่องอัดน้ำยาทำความเย็น (Compressor) ตามภาระโหลดการทำความเย็นโดยใช้อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบ (Variable frequency driveหรือ VFD) ดังนั้น VSD Chiller จึงมีสมรรถนะการทำความเย็นสำหรับการทำงานที่สภาวะไม่เต็มพิกัด (Part load) ดีกว่าเครื่องทำน้ำเย็นแบบเดิม ดังรูปที่ 9-5

VSD Chiller เหมาะสำหรับโรงงานที่มีการใช้เครื่องทำน้ำเย็นหลายชุดพร้อมกัน ซึ่งส่งผลให้ภาระการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นแต่ละชุดอยู่ระหว่างร้อยละ 30 – 50 การติดตั้ง VSD Chiller สามารถประหยัดไฟฟ้าได้ถึงร้อยละ 20 – 40 ซึ่งขึ้นอยู่กับภาระการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น

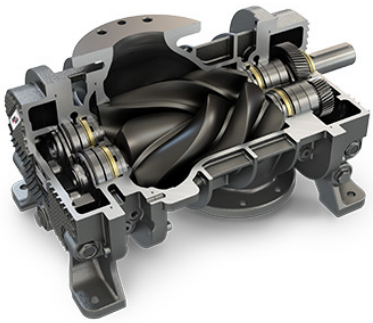


รูปที่ 9-5 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการทำความเย็นกับภาระการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น

ที่มา: Danfoss Turbo Compressor Inc.

4. เครื่องเติมอากาศประสิทธิภาพสูง

เครื่องเติมอากาศประสิทธิภาพสูง (High efficiency air blower) เป็นเทคโนโลยีการผลิตอากาศที่ความดันต่ำ (น้อยกว่า 1 บาร์) แบบ Internal compression โดยใช้คอมเพรสเซอร์แบบสกรูร่วมกับการปรับความเร็วรอบตามภาระการใช้งานด้วย VFD ซึ่งจะช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้ามากกว่าเครื่องเติมอากาศเดิมที่เป็นแบบ Root blower



รูปที่ 9-6 เครื่องเติมอากาศประสิทธิภาพสูง

ที่มา: https://www.gardnerdenver.com

เครื่องเติมอากาศประสิทธิภาพสูงเหมาะสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมปลากระป๋องที่มีการใช้เครื่องเติมอากาศแบบ Root blower สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง (Activated sludge) เพื่อบำบัดน้ำเสียก่อนที่จะระบายน้ำทิ้งสู่ลำน้ำสาธารณะซึ่งสามารถประหยัดการใช้ไฟฟ้าได้ถึงร้อยละ 20 – 30

ระเบียบวิธีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

มาตรการลดก๊าซเรือนกระจก	วิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก (Methodology)	ที่มาของวิธีการคำนวณฯ
Rotating Heat Exchanger	CDM AMS-III.Q.: Waste energy recovery	CDM
ปรับเปลี่ยนใช้เครื่องทำน้ำเย็นชนิดปรับความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์	T-VER-METH-EE-08 การปรับเปลี่ยนหรือการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง (Replacement or Installation of High Efficiency Chiller)	T-VER

เอกสารอ้างอิง

1. ศูนย์ข้อมูล &ข่าวสืบสนเพื่อสิทธิพลเมือง (TCIJ). คนไทยรู้หรือยัง: ตลาด “ปลากระป๋อง” ไทยมีมูลค่ากว่า 8-9 พันล้านบาท[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://www.tcijthai.com/news/2019/1/scoop/8700 [25 มกราคม 2562].
2. กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศFact sheet ทูน่า ม.ค. 62, กุมภาพันธ์2562 [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:https://ditp.go.th/ditp_web61/article_sub_view.php?filename=contents_attach/539578/539578.pdf&title=539578&cate=755&d=0 [4 มีนาคม 2562]
3. กรมโรงงานอุตสาหกรรม หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ) อุตสาหกรรมปลากระป๋อง, กันยายน2552
4. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำเย็นชนิดปรับความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์ (VSD Chiller), พฤศจิกายน2552 [ออนไลน์].แหล่งที่มา:http://www.dede.go.th/ewt_dl_link.php?nid=48033
5. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานโครงการสาธิตเทคโนโลยีเชิงลึกเพื่อการอนุรักษ์พลังงานระยะที่ 3 และระยะที่ 4, [ออนไลน์].แหล่งที่มา:http://dede-at4.bright-ce.com/Vol2/06FAQ/Brochure.pdf
6. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกสำหรับการผลิตอาหารปรุงสำเร็จแช่แข็ง (TSIC: 10751) และกิจกรรมที่เกี่ยวกับคลังสินค้าและการจัดเก็บสินค้าแช่เย็นหรือแช่แข็ง (TSIC: 52101), [ออนไลน์].แหล่งที่มา:http://ghgreduction.tgo.or.th/download-tver/68-2017-11-28-06-43-22/1060-2018-12-14-07-00-36.html [14ธันวาคม 2561]
7. อภิชิต ล้ำเลิศพงศ์พนา. สกรูคอมเพรสเซอร์. สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศฯ. ปีที่ 3 เล่มที่ 5 (พฤศจิกายน 2543): 44-53.
8. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://ghgreduction.tgo.or.th/t-ver.html [27 กันยายน 2562].
9. UNFCCC. CDM Methodology [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://cdm.unfccc.int/methodologies/index.html [27 กันยายน 2562]

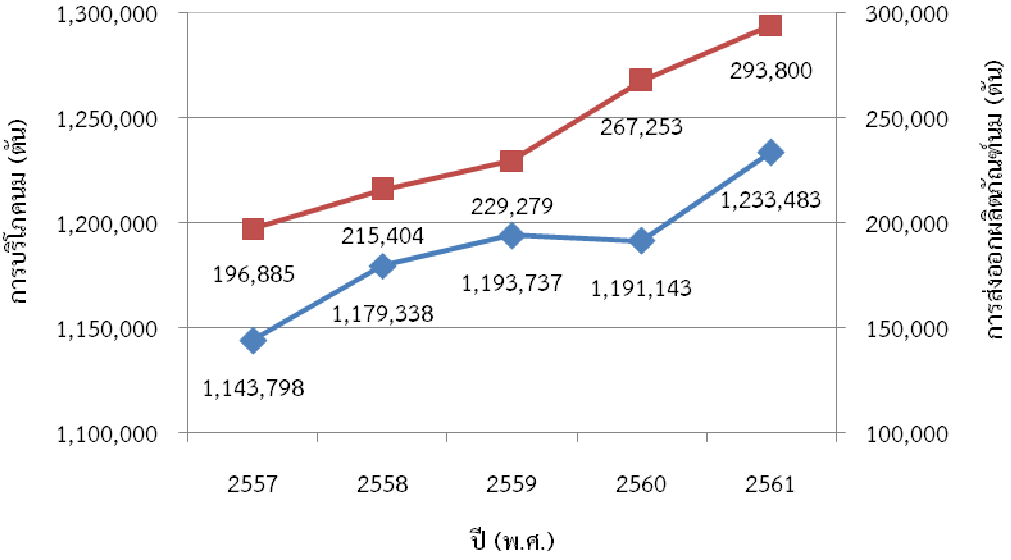
บทที่ 10

มาตรการลดก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมนมและผลิตภัณฑ์นม

ดร.สาธิต เนียมสุวรรณ
สำนักวิเคราะห์และติดตามประเมินผล
องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

บทนำ

อุตสาหกรรมนมและผลิตภัณฑ์นมเป็นอุตสาหกรรมที่มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่องที่ได้รับอานิสงส์จากโครงการอาหารเสริม (นม) โรงเรียนที่เริ่มมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 และกระแสการรักสุขภาพของคนไทยในระยะหลัง จากข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรแสดงให้เห็นว่าในปี พ.ศ. 2561ประเทศไทยมีปริมาณการบริโภคนมภายในประเทศเท่ากับ 1,233,438 ตัน และมีปริมาณการส่งออกผลิตภัณฑ์นมเท่ากับ 293,800 ตัน คิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 10,709 ล้านบาท โดยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2561 ประเทศไทยมีการบริโภคนมภายในประเทศเพิ่มขึ้นร้อยละ1.62 ต่อปี และมีการส่งออกเพิ่มขึ้นร้อยละ 11.8 ต่อปีและคาดการณ์ว่าในปี พ.ศ. 2562 ประเทศไทยยังคงมีอัตราการบริโภคนมภายในประเทศที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 10-1 การบริโภคนมภายในประเทศและการส่งออกผลิตภัณฑ์นม

ที่มา: สำนักงานวิจัยเศรษฐกิจการเกษตรสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ปี พ.ศ. 2562

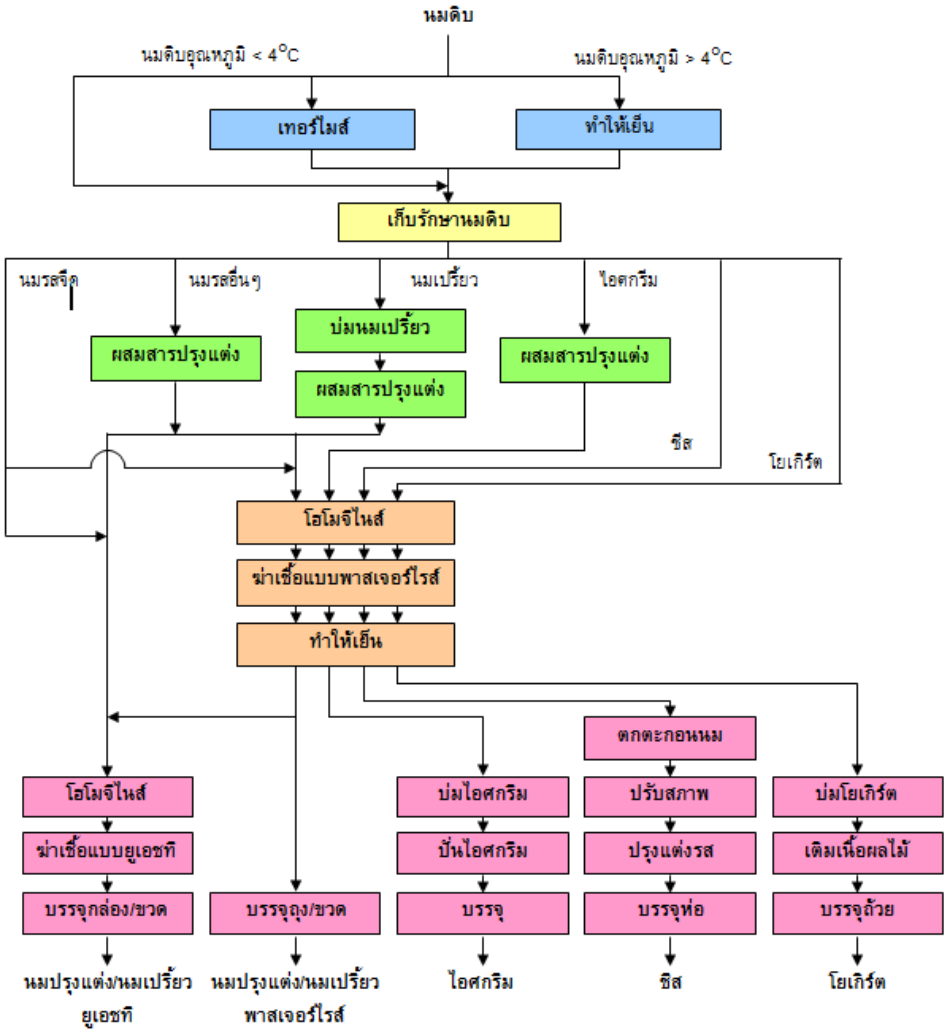
แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก

อุตสาหกรรมนมและผลิตภัณฑ์นมสามารถจำแนกผลิตภัณฑ์ออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ นมปรุงแต่ง/นมเปรี้ยวยูเอชที นมปรุงแต่ง/นมเปรี้ยวพาสเจอร์ไรส์ ไอศกรีม ชีส และโยเกิร์ต โดยในแต่ละประเภทผลิตภัณฑ์จะมีกระบวนการผลิตหลักที่คล้ายคลึงกัน ดังแสดงในรูปที่ 10-2 ซึ่งประกอบด้วยการเก็บรักษานมดิบ การปรุง/ผสม การฆ่าเชื้อ และการบรรจุ นอกจากนี้ อุตสาหกรรมนมและผลิตภัณฑ์นมยังจำเป็นต้องมีกระบวนการทำความสะอาดท่อลำเลียงและอุปกรณ์เมื่อเสร็จสิ้นการผลิตทุกครั้งเพื่อรักษาความสะอาดและความปลอดภัยในอาหารในขั้นตอนการผลิตและการทำความสะอาด อุตสาหกรรมนมและผลิตภัณฑ์จะมีการใช้ความร้อนและความเย็น ความร้อนจะถูกนำไปใช้สำหรับการฆ่าเชื้อนมและการทำความสะอาด ซึ่งจะใช้ในรูปแบบไอน้ำหรือน้ำร้อน ในขณะที่ความเย็นจะถูกนำไปใช้สำหรับการเก็บรักษานมดิบ การลดอุณหภูมิก่อนนำไปบรรจุ และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะใช้ในรูปแบบของน้ำเย็นและอากาศเย็น

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับอุตสาหกรรมนมและผลิตภัณฑ์นมเกิดขึ้นจาก 2 แหล่ง คือ การใช้ไฟฟ้าและการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิสเป็นหลัก โดยที่แหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้ามีอยู่ 2 ส่วน คือ เครื่องจักรอุปกรณ์ต่างๆ ในกระบวนการผลิต ได้แก่ ปั๊ม มอเตอร์กวนผสม เครื่องโฮโมจีไนส์ เครื่องบรรจุ และฮีตเตอร์ไฟฟ้า และหน่วยสนับสนุนการผลิต ได้แก่ เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller/Ripple plate/Iced bank) เครื่องทำความเย็น และเครื่องอัดอากาศ สำหรับแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิส คือ หม้อไอน้ำ

จากผลการศึกษาข้อมูลค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตโดยกรมโรงงานอุตสาหกรรม เมื่อปี พ.ศ. 2550 โดยพิจารณาเฉพาะค่าปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่าค่าปัจจัยหลักด้านการใช้ไฟฟ้าสำหรับกลุ่มโรงงานผลิตนมพาสเจอร์ไรส์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.235 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อลิตรผลิตภัณฑ์ คิดเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.137กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อลิตรผลิตภัณฑ์[1] และสำหรับกลุ่มโรงงานผลิตนมพาสเจอร์ไรส์และยูเอชทีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.180 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อลิตรผลิตภัณฑ์คิดเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.105 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อลิตรผลิตภัณฑ์ และค่าปัจจัยหลักด้านการใช้เชื้อเพลิง (น้ำมันเตา) สำหรับกลุ่มโรงงานผลิตนมพาสเจอร์ไรส์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.031 ลิตรต่อลิตรผลิตภัณฑ์ คิดเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.010 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อลิตรผลิตภัณฑ์[1] และกลุ่มโรงงานผลิตนมพาสเจอร์ไรส์และยูเอชทีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.019 ลิตรต่อลิตรผลิตภัณฑ์คิดเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.006 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อลิตรผลิตภัณฑ์

[1] คำนวณโดยใช้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ0.5812 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเมกะวัตต์-ชั่วโมง และค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับน้ำมันเตาเท่ากับ 3,078 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อล้านลิตร



รูปที่ 10-2 ขั้นตอนการผลิตในอุตสาหกรรมนมและผลิตภัณฑ์นม

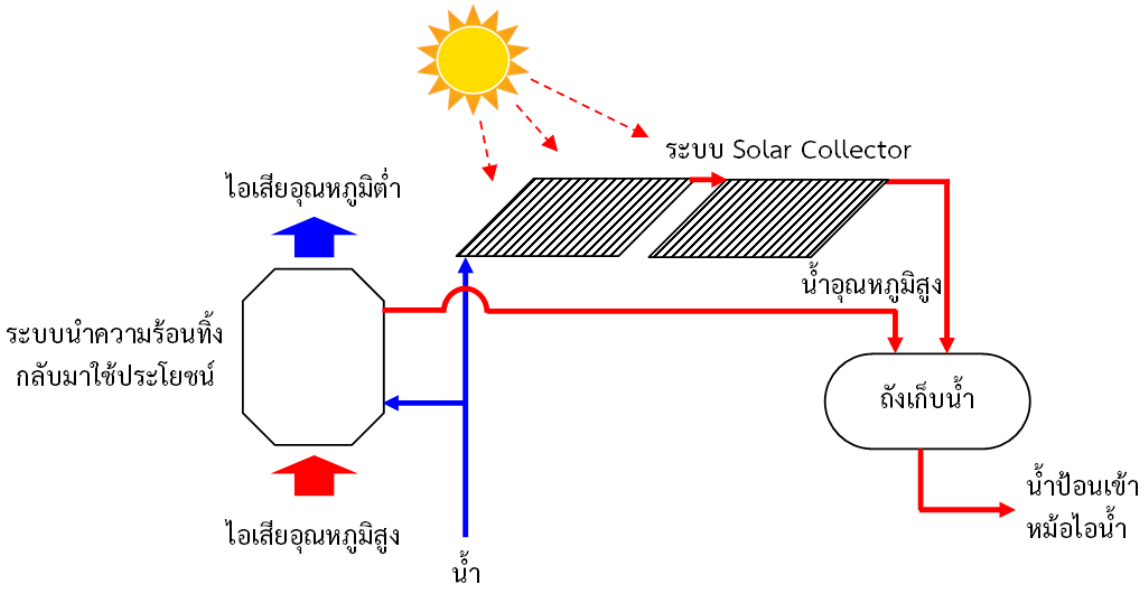
ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ) สำหรับอุตสาหกรรมนมและผลิตภัณฑ์นม ปี พ.ศ. 2550

มาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

มาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีศักยภาพสำหรับอุตสาหกรรมนมและผลิตภัณฑ์นมมุ่งเน้นไปที่มาตรการประหยัดพลังงาน (การลดการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิสและการใช้ไฟฟ้า) ในหน่วยสนับสนุนการผลิตเป็นหลัก โดยมีตัวอย่างมาตรการดังนี้

1. การผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับความร้อนทิ้งในไอเสียจากหม้อไอน้ำ

การผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นการใช้แผ่นรับรังสีจากดวงอาทิตย์ (Solar collector) ให้เปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนและนำความร้อนไปถ่ายเทให้แก่น้ำเพื่อให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น มาตรการนี้มีความเหมาะสมสำหรับโรงงานที่มีการใช้หม้อไอน้ำในการผลิตความร้อน ซึ่งไอเสียอุณหภูมิสูงที่เกิดขึ้นจากการใช้งานหม้อไอน้ำสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้เช่นเดียวกัน

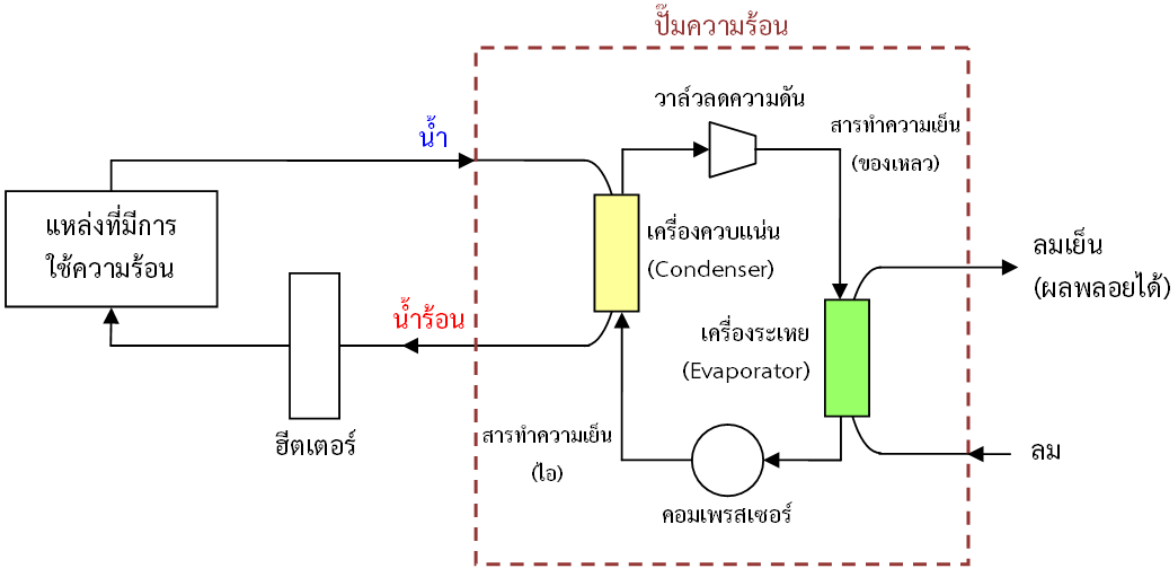


รูปที่ 10-3 การผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับความร้อนทิ้งในไอเสียจากหม้อไอน้ำ

เงื่อนไขในการพิจารณาสำหรับการผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับความร้อนทิ้งในไอเสียจากหม้อไอน้ำ คือ ต้องมีพื้นที่ติดตั้งโล่งแจ้งไม่มีเงาบัง และมีอุณหภูมิไอเสียไม่ต่ำกว่า 200 องศาเซลเซียส โดยมีรูปแบบของระบบแสดงดังรูปที่ 10-3 การลดการใช้พลังงานของระบบดังกล่าวขึ้นอยู่กับขนาดของระบบ Solar Collector (พื้นที่ติดตั้ง) และระบบนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ (พื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนและผลต่างอุณหภูมิระหว่างไอเสียและน้ำ) โดยที่การผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สามารถผลิตน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสได้ประมาณ 70 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน และการผลิตน้ำร้อนด้วยความร้อนทิ้งในไอเสียสามารถนำความร้อนกลับมาใช้ประโยชน์ได้ประมาณ 15-70 วัตต์ต่อตารางเมตรต่อผลต่างอุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียสระหว่างไอเสียและน้ำ

2. ปั๊มความร้อน

ปั๊มความร้อน (Heat pump) เป็นเครื่องจักรที่อาศัยระบบการทำความเย็นแบบอัดไอเชิงกล เช่นเดียวกับเครื่องปรับอากาศ โดยที่ปั๊มความร้อนจะเลือกใช้ประโยชน์จากด้านความร้อนเป็นหลัก และปั๊มความร้อนจะผลิตความเย็นเป็นผลพลอยได้นอกเหนือจากความร้อน มาตรการดังกล่าวจึงมีความเป็นไปได้สำหรับโรงงานที่มีการใช้ฮีตเตอร์ (ขดลวดไฟฟ้า) ในการผลิตน้ำร้อนสำหรับใช้ในการฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรส์และการทำความสะอาดท่อลำเลียงและอุปกรณ์รวมไปถึงมีการใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนในหลายๆ บริเวณ เช่น ห้องปฏิบัติการ ห้องบรรจุ ฯลฯ



รูปที่ 10-4ตัวอย่างการติดตั้งปั๊มความร้อน

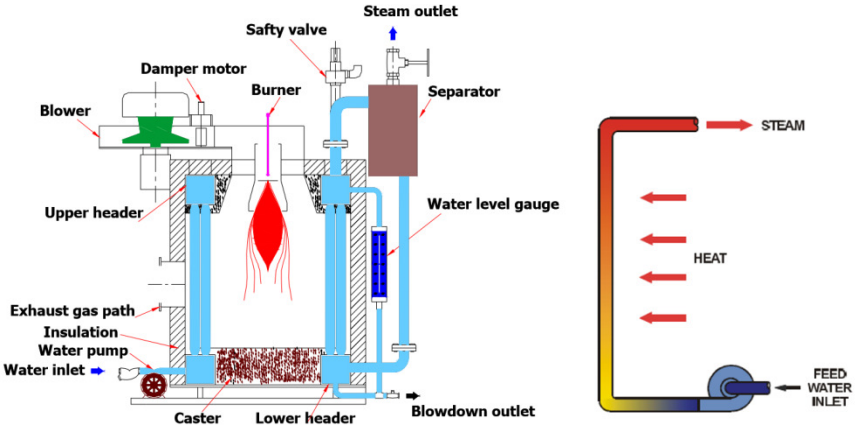
ปั๊มความร้อนมีข้อกำจัด คือสามารถผลิตน้ำร้อนที่อุณหภูมิสูงสุดไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส ดังนั้นปั๊มความร้อนจะถูกนำไปติดตั้งเพื่ออุ่นน้ำให้ร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส ก่อน จากนั้นจึงใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้าเพื่อให้ความร้อนแก่น้ำจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการ ดังรูปที่ 10-4 นอกจากนี้ความเย็นในรูปของอากาศที่เป็นผลพลอยได้จากปั๊มความร้อนยังสามารถนำไปใช้ทดแทนเครื่องปรับอากาศแยกส่วนได้อีกด้วย โดยที่ปั๊มความร้อนสามารถลดการใช้ไฟฟ้าสำหรับฮีตเตอร์ (ขดลวดไฟฟ้า) ได้ถึงร้อยละ 66

3. หม้อไอน้ำแบบไหลผ่านทางเดียว

โรงงานอุตสาหกรรมนมและผลิตภัณฑ์นมที่ส่วนใหญ่นิยมใช้หม้อไอน้ำแบบท่อไฟ (Fire-tube boiler) ซึ่งมีข้อเสีย คือ ใช้เวลานานนับตั้งแต่เริ่มเดินเครื่องจนสามารถผลิตไอน้ำได้ตามที่กำหนดจนทำให้เกิดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

หม้อไอน้ำแบบไหลผ่านทางเดียว (Once Through Boiler) เป็นหม้อไอน้ำที่ออกแบบให้ท่อน้ำขดเป็นคอยล์หรือท่อน้ำตรงหลายๆ ท่อ และให้น้ำถูกป้อนเข้าที่ด้านล่างและไอน้ำออกที่ด้านบน รวมไปถึงออกแบบให้

น้ำที่อยู่ภายในหม้อไอน้ำมีปริมาณน้อยเพื่อทำให้น้ำระเหยกลายเป็นไอน้ำได้เร็วขึ้น โดยที่หม้อไอน้ำแบบไหลผ่านทางเดียวสามารถลดการใช้เชื้อเพลิงได้ถึงร้อยละ 20 – 25 ดังรูปที่ 10-5



(ก) โครงสร้างทั่วไป (ข) ลักษณะการถ่ายเทความร้อน

รูปที่ 10-5 หม้อไอน้ำแบบไหลผ่านทางเดียว

ที่มา: ตัวอย่างเทคโนโลยี: โครงการสาธิตเทคโนโลยีเชิงลึกเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ระยะที่ 3 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

ระเบียบวิธีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

มาตรการลดก๊าซเรือนกระจก	วิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก (Methodology)	ที่มาของวิธีการคำนวณฯ
ผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับความร้อนทิ้งในไอเสียจากหม้อไอน้ำ	CDM AMS-III.Q.: Waste energy recovery	CDM
ผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับความร้อนทิ้งในไอเสียจากหม้อไอน้ำ	CDM AMS-I.J.: Solar water heating systems (SWH)	CDM
การปรับเปลี่ยนใช้ปั๊มความร้อนหรือหม้อไอน้ำแบบไหลผ่านทางเดียว	CDM AMS-I.C.: Thermal energy production with or without electricity	CDM
การปรับเปลี่ยนใช้ปั๊มความร้อนหรือหม้อไอน้ำแบบไหลผ่านทางเดียว	T-VER-METH-EE-05 การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพลังงานความร้อน	T-VER

เอกสารอ้างอิง

1. กรมโรงงานอุตสาหกรรม หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ) ฉบับปรับปรุง สำหรับผู้ปฏิบัต อุตสาหกรรมนมและผลิตภัณฑ์นม, พฤษภาคม2550
2. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. พลังงานแสงอาทิตย์ผลิตน้ำร้อน (ระบบผสมผสานกับความร้อนทิ้ง)[ออนไลน์].แหล่งที่มา: http://www.dede.go.th/ewt_dl_link.php?nid=629
3. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานเทคโนโลยีการใช้ปั๊มความร้อนสำหรับการทำความร้อน โครงการสาธิตเทคโนโลยีเชิงลึกเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน, พฤศจิกายน2552 [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:http://www2.dede.go.th/km_berc/downloads/menu4/เทคโนโลยี/อาคาร/04%20การใช้ปั๊มความร้อนสำหรับการทำความร้อน.pdf
4. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานโครงการสาธิตเทคโนโลยีเชิงลึกเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ระยะที่ 3 และระยะที่ 4, [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:http://dede-at4.bright-ce.com/Vol2/06FAQ/Brochure.pdf
5. ดร. ประพิธาริ์ ธนารักษ์ และคณะ รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดใหญ่ในประเทศไทยพฤศจิกายน2554
6. โครงการพัฒนาโคนมและคุณภาพน้ำนม โดยบริษัท ฟรีสแลนด์คัมพินา (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน). สถานการณ์โคนมโลก&ไทย ปี 2562 จัดทำโดยสำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://dairydevelopmentprogram.weebly.com/blog-36153634361936603617362636403586/-2562 [7 มกราคม 2562].

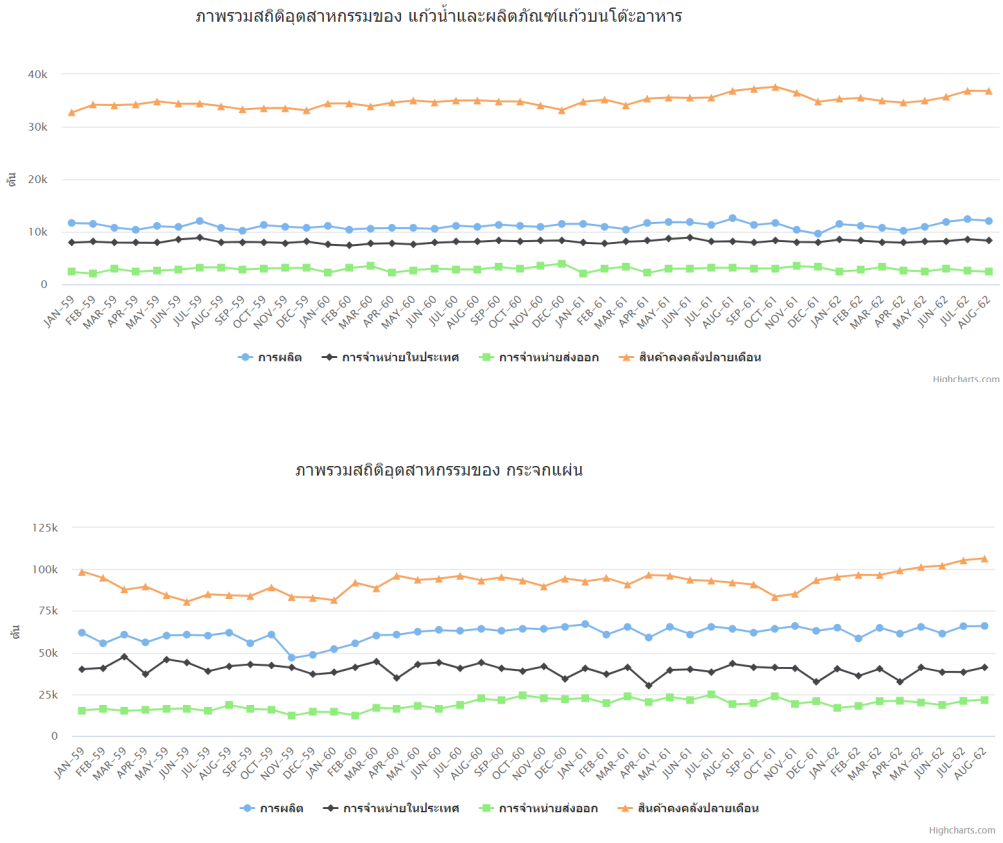
บทที่ 11

มาตรการลดก๊าซเรือนกระจกในโรงงานผลิตแก้วและกระจก

นางสาวศิริพร วิริยะตั้งสกุล
สำนักวิเคราะห์และติดตามประเมินผล
องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

บทนำ

ประเภทผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมแก้วและกระจกในประเทศไทยสามารถจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์ออกเป็น 4 ชนิดหลัก ได้แก่ บรรจุภัณฑ์ที่ทำจากแก้ว กระจกโฟลต เส้นใยแก้วและฉนวนใยแก้ว และแก้วชนิดพิเศษ เช่น แก้วที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ โดยภาพรวมอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์แก้วในไทย มีอัตราเติบโตเฉลี่ยต่อปีร้อยละ 3 ซึ่งการเติบโตยังคงมาจากความต้องการของอุตสาหกรรมเครื่องดื่มและอาหาร รวมถึงเภสัชภัณฑ์ และจากการส่งเสริมให้ผู้บริโภคงดการใช้พลาสติกสำหรับกระจกไทยในปี 2560 เป็นการจำหน่ายในประเทศประมาณร้อยละ 77 (ผลิตเพื่อจำหน่ายในประเทศร้อยละ 59 และนำเข้าร้อยละ 18) และส่งออกร้อยละ 23 โดยประเทศจีนและกลุ่มประเทศในกลุ่มอาเซียน เป็นตลาดส่งออกที่สำคัญ สรุปดังรูปที่ 11-1

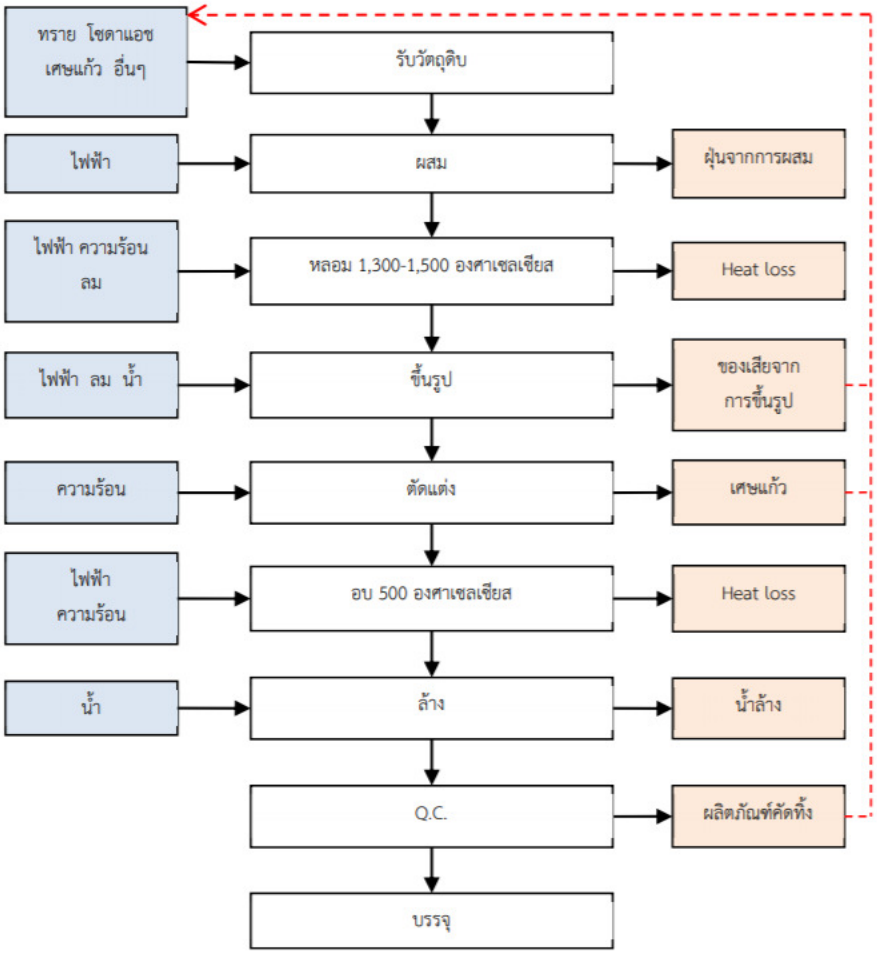


รูปที่ 11-1 ภาพรวมสถิติอุตสาหกรรมแก้วและกระจก

ที่มา: https://indexes.oie.go.th/industrialStatistics1.aspx

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก

กระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากแก้ว วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตแก้ว เช่น ทรายแก้ว โซดาแอช หินโดโลไมท์ โซเดียมซัลเฟต เศษแก้ว จะถูกนำมาผสมกันสัดส่วนตามความต้องการของผลิตภัณฑ์ หลังจากนั้นจะถูกส่งเข้าเตาหลอม ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้พลังงานความร้อนจากก๊าซธรรมชาติ น้ำมันเตา หรือไฟฟ้า การหลอมจะใช้อุณหภูมิในช่วง 1,300-1,500 องศาเซลเซียส โดยเฉลี่ยจนได้คุณภาพของน้ำแก้วตามที่ต้องการ ทำการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ โดยการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ขวดแก้วโดยทั่วไปจะใช้แม่พิมพ์ หลังจากชิ้นงานถูกตัดแต่งเรียบร้อยแล้วจะถูกเข้าสู่กระบวนการอบชิ้นงานเพื่อเพิ่มความเหนียวให้กับเนื้อแก้ว และลดความเครียดของชิ้นงาน ที่อุณหภูมิช่วงแรกประมาณ 500 องศาเซลเซียส และลดลงตามลำดับ โดยแสดงกระบวนการดังรูป 11-2



รูปที่ 11-2 แผนผังกระบวนการผลิตขวดแก้วโดยทั่วไป

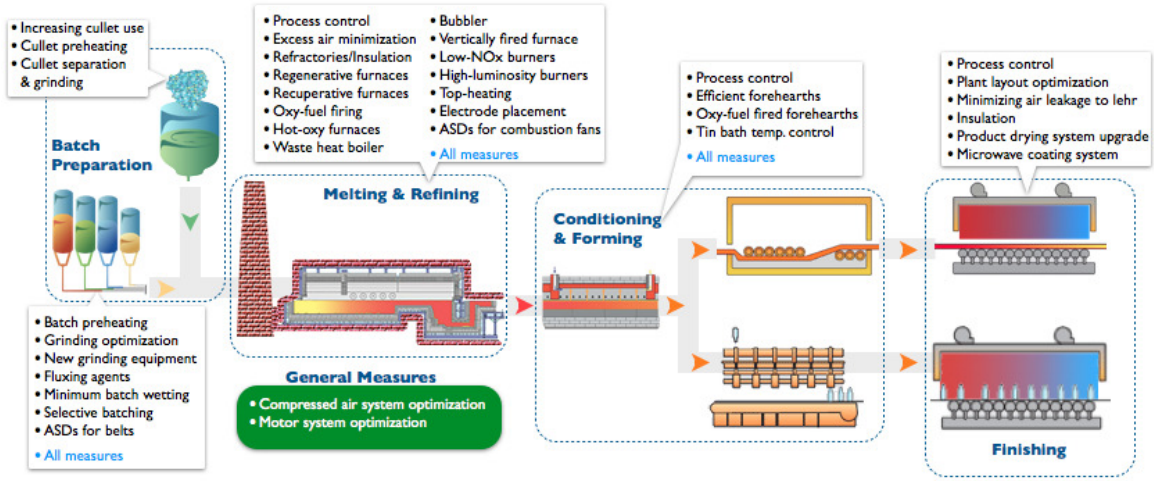
กระบวนการผลิตกระจกโฟลต (Float Glass) จะใช้วัตถุดิบที่ในการผลิตเช่นเดียวกับแก้ว แต่ต่างกันที่วัตถุดิบพิเศษที่ใช้และสัดส่วนในการผสมวัตถุดิบ หลังจากนั้นจะถูกลำเลียงเข้าสู่เตาหลอม ส่วนใหญ่จะใช้พลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติเป็นหลัก โดยอุณหภูมิเตาหลอมเฉลี่ยที่ 1,500-1,600 องศา

เซลเซียส และมีการปรับสภาพไล่ฟองอากาศออก น้ำแก้วจะถูกปล่อยให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่บนโลหะผสมดีบุก หรือที่เรียกว่า Float bath ทำให้น้ำแก้วกระจายตัวลอยอยู่บนโลหะผสมดีบุก และเปลี่ยนรูปร่างเป็นแผ่น ซึ่งอุณหภูมิจะค่อยๆลดลงจาก 980 องศาเซลเซียส เหลือ 590 องศาเซลเซียส กระจกที่ได้จะถูกนำมาอบเพื่อเพิ่มความแข็งแรง

กระบวนการผลิตทั้งแก้วและกระจกมีการใช้พลังงานความร้อนสูงในเตาหลอม ทั้งการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ก๊าซธรรมชาติ น้ำมันเตา หรือใช้พลังงานไฟฟ้า ดังนั้นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลักมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเป็นหลัก รองลงมาคือการปล่อยก๊าซ CO_2จากปฏิกิริยาในกระบวนการผลิตของวัตถุดิบที่มีองค์ประกอบของคาร์บอเนต เช่น หินปูน โดโลไมต์ โซดาแอช

มาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

อุตสาหกรรมแก้วและกระจกมีการใช้พลังงานความร้อนสูงมากในกระบวนการผลิตโดยเฉพาะขั้นตอนการหลอมแก้วต้องมีการใช้งานเตาหลอมตลอด 24 ชั่วโมง ทำให้ต้นทุนพลังงานของอุตสาหกรรมแก้วและกระจกมีค่าเฉลี่ยประมาณร้อยละ 30-40 ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด โดยทั่วไปประสิทธิภาพของเตาหลอมเฉลี่ยประมาณร้อยละ 50 – 60 โดยเกิดการสูญเสียพลังงานจากโครงสร้างร้อยละ 20 – 25 จาก Flue gas ร้อยละ 25 – 35 ดังนั้นการปรับปรุงประสิทธิภาพของเตาหลอมจึงเป็นส่วนมาตรการหลักที่ช่วยลดการใช้พลังงานลง และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สำหรับมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ เช่น การเพิ่มสัดส่วนการใช้เศษแก้ว การเพิ่มขนาดเตาหลอม การนำลมร้อนกลับมาใช้อุ่นวัตถุดิบ การใช้เทคโนโลยีการเผาไหม้ Oxy-fuel เป็นต้น สามารถสรุปมาตรการลดการใช้พลังงานและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังรูปที่ 11-3



รูปที่ 11-3 มาตรการลดการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมแก้วและกระจก

ที่มา: http://ietd.iipnetwork.org/content/glass

ตัวอย่างมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

1) การปรับเปลี่ยนวัตถุดิบ

มาตรการทั่วไปที่อุตสาหกรรมแก้วและกระจกใช้ คือ การเพิ่มสัดส่วนเศษแก้วในวัตถุดิบจะสามารถช่วยลดระยะเวลาในการหลอมวัตถุดิบลง โดยการเติมเศษแก้วทุกๆร้อยละ 10 ช่วยลดการใช้พลังงานในเตาหลอมลงร้อยละ 2.5 – 3

การใช้แร่อลาสโตไนต์ (Wollastonite, $CaSiO_3$) แทนที่หินปูน ($CaCO_3$) ซึ่งจะช่วยให้เกิดปฏิกิริยาง่ายขึ้นทำให้วัตถุดิบหลอมตัวได้เร็วขึ้น จึงช่วยลดการใช้พลังงานในเตาหลอมได้ประมาณร้อยละ 10 และช่วยลดการปล่อยก๊าซ CO_2จากปฏิกิริยา ดังสมการ

$$74SiO_2(s) + 16\ Na_2CO_3(s) + 10\mathbf{CaCO_3}(s) \rightarrow 74SiO_2\text{-}16Na_2O\text{-}10CaO+\mathbf{26CO_2}$$

$$64SiO_2(s) + 16\ Na_2CO_3(s) + 10\mathbf{CaSiO_3}(s) \rightarrow 74SiO_2\text{-}16Na_2O\text{-}10CaO+\mathbf{16CO_2}$$

การแทนที่อะลูมินา (Al_2O_3) ด้วยแร่โพแทสเซียมเฟลร์สปาร์ (แร่หินฟันม้า) ($KAlSi_3O_8$) ทำให้แก้วหลอมตัวง่ายขึ้นและลดการใช้พลังงานในการหลอมได้เช่นเดียวกัน เนื้อแก้วที่ได้จากสูตรที่ปรับปรุงยังคงมีคุณสมบัติเช่นเดิม

2) การปรับปรุงเตาหลอม

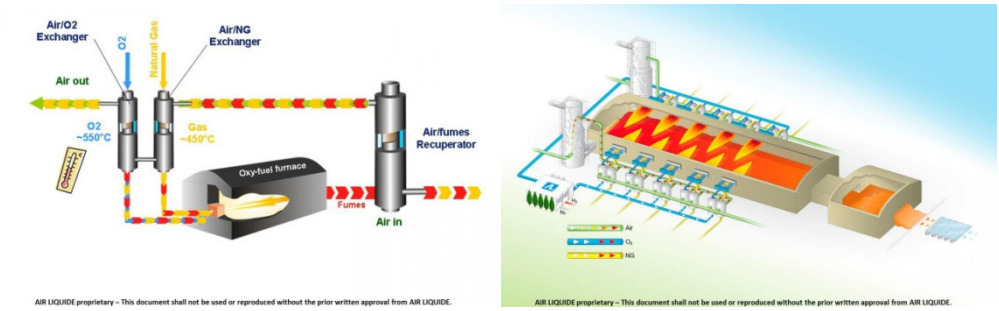
อากาศประกอบด้วยสัดส่วนออกซิเจนร้อยละ 21 และไนโตรเจนร้อยละ 79 ซึ่งไนโตรเจนไม่มีประโยชน์สำหรับกระบวนการเผาไหม้แต่ที่อุณหภูมิสูงจะผลิตไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) ดังนั้นการเพิ่มปริมาณออกซิเจนในกระบวนการเผาไหม้จะช่วยลดการใช้พลังงาน และป้องกันการเกิด NO_x

Oxy-fuel Furnaces จะเป็นการเพิ่มสัดส่วนออกซิเจนในอากาศ (มากกว่าร้อยละ 90) ที่จะเข้าสู่ห้องเผาไหม้ ซึ่งเทคโนโลยีนี้สามารถใช้ได้กับเชื้อเพลิงที่เป็นก๊าซธรรมชาติ หรือน้ำมัน โดยที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิตออกซิเจนประมาณ 0.4 – 1 kWh/Nm^3นอกจากนี้เทคโนโลยีดังกล่าวยังมีข้อดีอื่น ๆ เช่นการเพิ่มผลผลิต ร้อยละ 15 – 20 การลดเสียงรบกวนเวลาในการหลอมเหลวลดลงและการปรับปรุงคุณภาพของแก้วเนื่องจากผลิตภัณฑ์มีขนาดเล็กลง

ตารางที่ 11-1 เปรียบเทียบการใช้ Air-fuel และ Oxy-fuel จากโรงงานผลิตแก้วในสาธารณรัฐเกาหลี

	Air-fuel	Oxy-fuel	Change
Pull Rate	270 MTPD	300 MTPD	11% Increase
Furnace Area	117 m^2	117 m^2	-
Melting Efficiency	4.35 MMBtu/MT Glass	3.6 MMBtu/MT Glass	17% Improvement
Electric Boosting	550 kWh	None	100% Reduction
NO_x Emissions	4.7 kg/MT Glass	0.4 kg/MT Glass	>90% Reduction
Glass Quality	-	-	~1/3 Reduction in Seeds
Cullet	70%	75%	5% Increase

The fuel used in both the initial air-fuel operation and the subsequent oxy-fuel conversion was heavy oil.



รูปที่ 11-4รายละเอียดของระบบนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่สำหรับการอุ่นก๊าซธรรมชาติและออกซิเจน

ที่มา: https://www.agc-glass.eu/en/sustainability/production-process-and-technologies/hot-oxycombustion-furnace-design

การปรับปรุงหัวเตาเผาแบบวางตำแหน่งบริเวณท้ายเตาหลอม (End-fires furnaces) ให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่สูงขึ้นและต้นทุนการลงทุนที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับหัวเตาเผาแบบวางด้านข้าง (Cross-fired furnaces) ช่วยลดการใช้พลังงานลงร้อยละ 25 – 36 ปริมาณการใช้พลังงานเฉลี่ย 4 GJ/ตันแก้ว แต่วิธีการดังกล่าวมีข้อจำกัดสำหรับเตาหลอมที่มีกำลังการผลิตอยู่ที่ประมาณ 150 ตันต่อวัน

การปรับเปลี่ยนใช้เตาหลอมไฟฟ้า จะมีอัตราการใช้พลังงานอยู่ที่ 2.81-2.88 GJ/tons of soda-lime or sodium-borate glass มีประสิทธิภาพด้านพลังงานความร้อนดีกว่า 2-4 เท่า เมื่อเทียบกับเตาเผาแบบเชื้อเพลิง เตาไฟฟ้าจะใช้เงินลงทุนต่ำกว่า แต่อายุการใช้งานจะสั้นกว่า คือประมาณ 2-7 ปี เมื่อเทียบกับเตาทั่วไปที่มีอายุการใช้งาน 10-20 ปี

การปรับเปลี่ยนใช้เตาพลาสมา กรณีเตาหลอมแบบพลาสมาสำหรับผลิตใยแก้ว จะมีประสิทธิภาพสูงถึงร้อยละ 50 – 70 โดยมีปริมาณพลังงานที่ใช้ 4.33 GJ/ตัน เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของเตาทั่วไปที่ใช้พลังงาน 8.88 GJ/ตัน สำหรับเงินลงทุนประมาณ 500,000-700,000 เหรียญ

3) การปรับปรุงกระบวนการปรับสภาพและขึ้นรูป

เทคโนโลยี	ศักยภาพในการลดการใช้พลังงาน	ศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจก	ราคา
Oxyfuel Fired Forehearths in Fiberglass Production	สามารถลดการใช้พลังงานร้อยละ 56 และร้อยละ 64 (จากข้อมูลจำนวน 2 โรงงาน) ประหยัดก๊าซธรรมชาติไปได้ 81 TJ/y	4,500 t CO_2/yr	ระยะเวลาคืนทุน 2.2 ปี
Forehearths Process Control - Infrared Analysis System	สามารถลดการใช้พลังงานร้อยละ 2 – 3 ของพลังงานที่ใช้ รวมถึงลดความเสียหายของผลิตภัณฑ์ โรงงานแห่งหนึ่งในประเทศเนเธอร์แลนด์สามารถลดการใช้เชื้อเพลิงลงได้ร้อยละ 5	ขึ้นอยู่กับชนิดเชื้อเพลิง หรือพลังงานที่ใช้	เกิดผลประหยัดมากกว่า 3 ล้านเหรียญต่อปี โดยประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน 2 แสนเหรียญต่อปี
More Efficient Forehearts	โรงงานในประเทศนอร์เวย์ได้ดำเนินการปรับปรุงระบบ Forehearts สามารถลดการใช้พลังงานประมาณร้อยละ 65 หรือลดการ	ขึ้นอยู่กับชนิดเชื้อเพลิง หรือพลังงานที่ใช้	เงินลงทุนประมาณ 120,000 เหรียญ ช่วยประหยัดค่าใช้จ่าย ปีละ

เทคโนโลยี	ศักยภาพในการลดการใช้พลังงาน	ศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจก	ราคา
	ใช้พลังงานไฟฟ้า 350 MWh/y		95,000 เหรียญ
Forehearths Process Control - Advanced Adaptive Process Control	ช่วยเพิ่มผลผลิตแก้วร้อยละ 3.75 – 20 สำหรับผลิตภัณฑ์ทั่วไป และร้อยละ 40 สำหรับผลิตภัณฑ์พิเศษ	ขึ้นอยู่กับชนิดเชื้อเพลิง หรือพลังงานที่ใช้	ระยะเวลาคืนทุน 2-9 เดือน

4) มาตรการอื่นๆ เช่น การปรับเปลี่ยนใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง การติดตั้งพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อทดแทนการซื้อพลังงานไฟฟ้า การหุ้มฉนวนกันความร้อนของระบบท่อต่างๆ การปรับเปลี่ยนใช้หลอดไฟประสิทธิภาพสูง เป็นต้น

ระเบียบวิธีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

มาตรการลดก๊าซเรือนกระจก	วิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก (Methodology)	ที่มาของวิธีการคำนวณฯ
การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในโรงงาน	AMS-II.D: Energy efficiency and fuel switching measures for industrial facilities	CDM
การปรับเปลี่ยนใช้เชื้อเพลิงในเตาหลอม	AMS-III.AN: Fossil fuel switch in existing manufacturing industries	CDM
การเปลี่ยนเตาเผาที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น	T-VER-METH-EE-05 การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพลังงานความร้อน (Energy Efficiency Improvement for Thermal Generation)	T-VER
สร้างระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์	T-VER-METH-AE-01 การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (Electricity Generation from Renewable Energy)	T-VER
เปลี่ยนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงหรือติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์	T-VER-METH-EE-10 การปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานของมอเตอร์ (Energy Efficiency Improvement in Motor Systems)	T-VER
เปลี่ยนหลอดไฟภายในโรงงานเป็นหลอด LED	T-VER-METH-EE-01 การปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ (Energy Efficiency Improvement from Lightings)	T-VER

เอกสารอ้างอิง

1. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. คู่มือการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมแก้วและกระจกพ.ศ. 2559
2. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด(การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ) อุตสาหกรรมแก้วพ.ศ. 2558
3. สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. สถิติอุตสาหกรรม, [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://indexes.oie.go.th/industrialStatistics1.aspx [26 กันยายน 2562].
4. กลุ่มอุตสาหกรรมแก้วและกระจก สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. การพัฒนาสูตรแก้วเพื่อประหยัดพลังงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2555, [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://ftiweb.off.fti.or.th/industrialgroup/glass/data.asp [26 กันยายน 2562].
5. Institute for Industrial Productivity. Industrial efficiency technology database. GLASS, [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://ietd.iipnetwork.org/content/glass [26 กันยายน 2562].
6. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://ghgreduction.tgo.or.th/t-ver.html [26 กันยายน 2562].

บทที่ 12

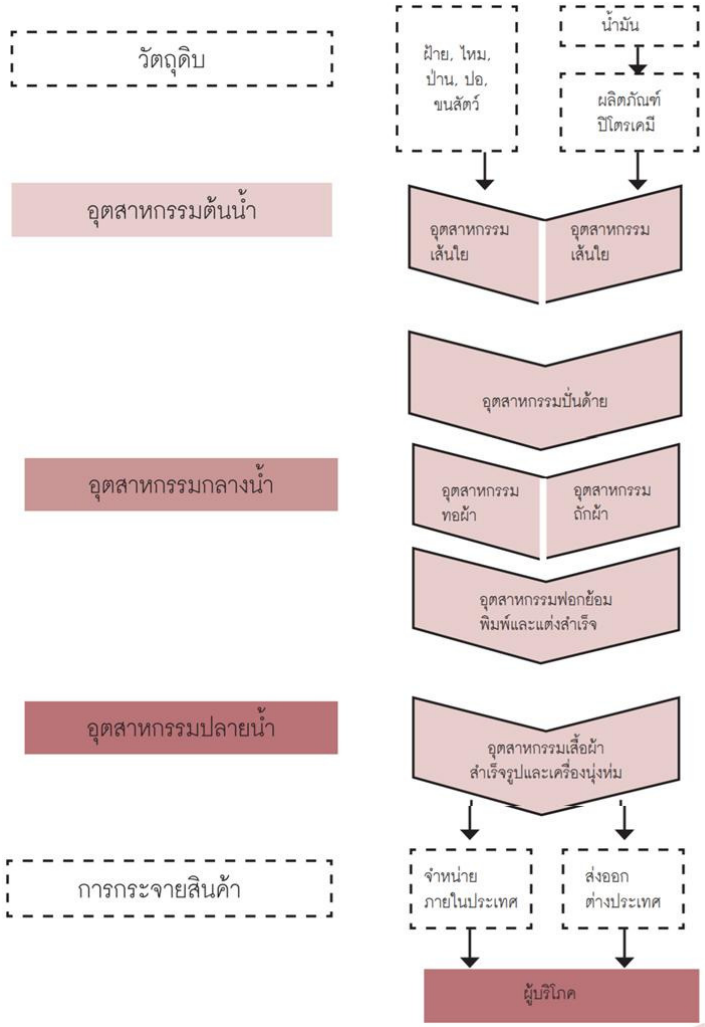
มาตรการลดก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมทอผ้า

นายภัทรภณ คล้ายกุล
สำนักวิเคราะห์และติดตามประเมินผล
องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

บทนำ

ภาพรวมของอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม

อุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม เป็นอุตสาหกรรมที่มีการเชื่อมโยงตั้งแต่อุตสาหกรรมต้นน้ำถึงปลายน้ำ คือ มีการผลิตเส้นใย ปั่นด้าย ทอผ้าและถักผ้า ฟอกย้อม พิมพ์ แต่งสำเร็จ และตัดเย็บเสื้อผ้าสำเร็จรูป ดังรูปที่ 12-1



รูปที่ 12-1 แผนภาพโครงสร้างกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม

ที่มา: http://www.oie.go.th/sites/default/files/attachments/IndustBasicKnowledge/Master_3.pdf

อุตสาหกรรมสิ่งทอมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาอารยธรรมมนุษย์มาหลายพันปี ซึ่งถ่านหิน เหล็กและฝ้ายเป็นวัสดุหลักที่ใช้ในการปฏิวัติอุตสาหกรรม การเติบโตแบบทวีคูณของผลผลิตจากฝ้ายเริ่มแรกในสหราชอาณาจักรและต่อมาแพร่กระจายไปยังประเทศยุโรป (Schönbergerand Schäfer, 2003) และเป็นอุตสาหกรรมที่มีใช้แรงงานมากในปี ค.ศ. 2006 สหภาพยุโรป (EU) มีจำนวนคนงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอและเสื้อผ้าอยู่ที่ประมาณ 2.45 ล้านคน (European Commission, 2009a) ปี ค.ศ. 2008 สหรัฐอเมริกามีประมาณ 500,000 คน (USDL, 2010) และปี ค.ศ. 2005 ประเทศจีนมีประมาณ 8 ล้านคน (Qiu, 2005)

ประเทศจีนเป็นผู้ส่งออกสิ่งทออันดับต้นๆ ของโลกโดยร้อยละ 40 ของการส่งออกสิ่งทอและเครื่องแต่งกายโลก (European Commission, 2009b) สำหรับประเทศจีนอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มเป็นอุตสาหกรรมการผลิตที่ใหญ่ที่สุดมีประมาณ 24,000 องค์กร ในปี ค.ศ. 2002 มูลค่าของผลผลิตรวมอยู่ที่ 1,064 ล้านหยวน (129.8 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ) ซึ่งตารางที่ 12-1 แสดงสัดส่วนของต้นทุนสำหรับการผลิตเส้นด้ายจากฝ้ายในแต่ละประเทศจำนวน 20 โรงงาน พบว่าทั้งต้นทุนด้านแรงงาน และต้นทุนด้านพลังงานของประเทศจีน จะมีค่าอยู่ในระดับต่ำ โดยในปี ค.ศ. 2008 มูลค่าการส่งออกโดยรวมของอุตสาหกรรมสิ่งทอของประเทศจีนอยู่ที่ 65.406 ล้านดอลลาร์สหรัฐเมื่อเทียบกับปี ค.ศ. 2007 เพิ่มขึ้นร้อยละ 16.6 จากความต้องการภาคท้องถิ่นเพิ่มมากขึ้นสำหรับสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม โดยประเทศจีนยังเป็นผู้นำเข้าเครื่องจักรสิ่งทอที่ใหญ่ที่สุด และสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนีเป็นผู้ส่งออกเครื่องจักรสิ่งทอที่ใหญ่ที่สุด (Textile Exchange, 2009) สำหรับประเทศไทยได้มีการส่งออกสิ่งทอเป็นลำดับที่ 14 ของโลก มีมูลค่าประมาณ 2พันล้านดอลลาร์สหรัฐ

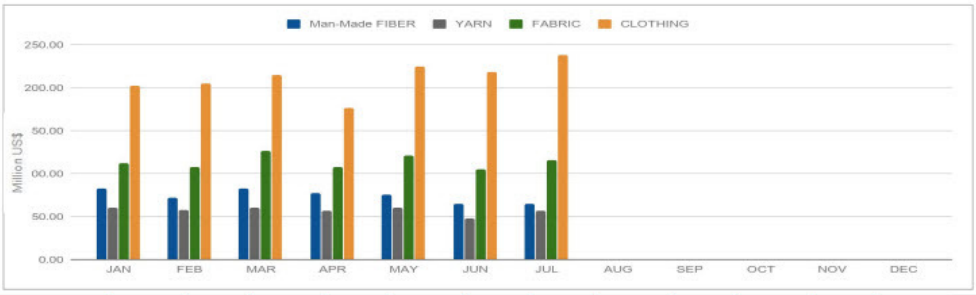
ตารางที่ 12-1 สัดส่วนต้นทุนสำหรับการผลิตเส้นด้ายจากฝ้ายจำนวน 20 โรงงานในแต่ละประเทศ

Cost factors	Brazil	China	India	Italy	Korea	Turkey	USA
Raw material	50%	61%	51%	40%	53%	49%	44%
Waste	7%	11%	7%	6%	8%	8%	6%
Labor	2%	2%	2%	24%	8%	4%	19%
Energy	5%	8%	12%	10%	6%	9%	6%
Auxiliary material	4%	4%	5%	3%	4%	4%	4%
Capital	32%	14%	23%	17%	21%	26%	21%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

ที่มา: Koç and Kaplan, 2007

ภาพรวมการค้าระหว่างประเทศของอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มไทย สะสม 7 เดือน (มกราคม - กรกฎาคม 2562) พบว่าการส่งออกกลุ่มสิ่งทอ มีมูลค่า 2,554.7 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ลดลงร้อยละ 6.7 ขณะที่ภาพรวมการนำเข้า (สะสม) กลุ่มสิ่งทอ มีมูลค่า 2,172.9 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ขยายตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.8 รูปที่ 12-2

Textile and Clothing Exports : Fiber-Yarn-Fabric-Clothing



	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JULY_%Δ	
													MoM	YoY
M-M Fiber	82.6	72.2	82.9	77.5	75.0	65.1	64.8						-0.5	-23.2
Yarn	60.5	57.2	60.0	56.6	60.6	48.0	56.7						17.9	-16.2
Fabric	111.8	107.9	126.0	107.6	120.7	104.7	116.0						10.7	0.3
Clothing	202.1	205.3	214.5	176.6	224.3	218.7	238.1						8.9	9.8

Source: Information and Communication Technology Center with Cooperation of The Customs Department
Compiled by Thailand Textile Institute

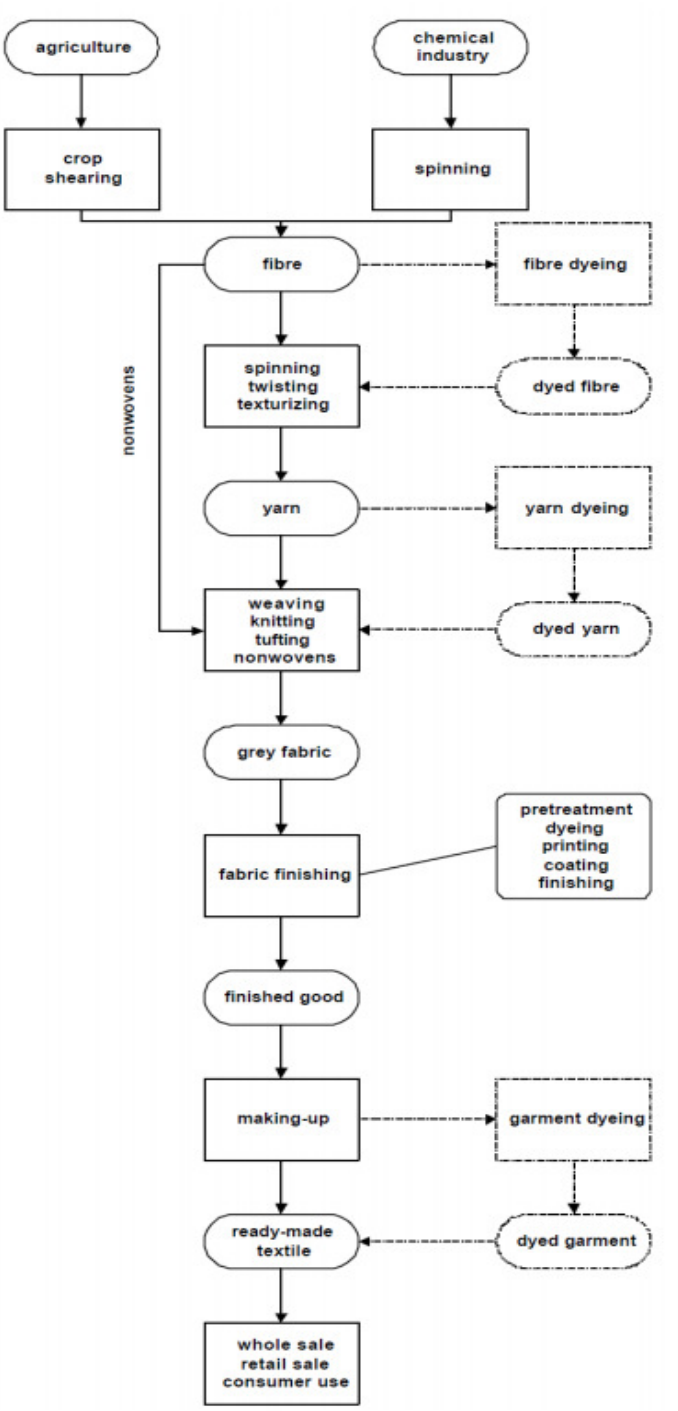
รูปที่ 12-2 แสดงมูลค่าการส่งออกสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มแยกตาม 4 ผลิตภัณฑ์หลัก

ที่มา: https://www.thaitextile.org/th/insign/detail.1278.1.0.html

กระบวนการสิ่งทอ

อุตสาหกรรมสิ่งทอแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ ได้แก่ เสื้อผ้า สิ่งทอสำหรับตกแต่งบ้านและสิ่งทอในอุตสาหกรรม การจำแนกลักษณะของการผลิตสิ่งทอนั้นมีความซับซ้อนเนื่องจากความหลากหลายของกระบวนการ เช่น เครื่องจักรและส่วนประกอบที่ใช้เส้นใยชนิดต่างๆหรือเส้นด้ายวิธีการผลิตผ้าและกระบวนการตกแต่ง (การเตรียมการพิมพ์การย้อมการตกแต่งด้วยสารเคมีและการเคลือบ) ทั้งหมดมีความสัมพันธ์กันในการผลิตผ้าสำเร็จรูป เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบเกิดขึ้นคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายจะมีการเปลี่ยนแปลงไป มีคุณสมบัติหลายๆอย่างที่สามารถใช้สำหรับกำหนดเนื้อผ้าได้ ซึ่งตัวอย่างของคุณสมบัติผ้า ได้แก่ น้ำหนักลักษณะพื้นผิวความแข็งแรงความมันวาวความยืดหยุ่นและสีย้อม

รูปที่ 12-3 เป็นแผนภาพที่แสดงถึงกระบวนการสิ่งทอต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการแปลงวัตถุดิบเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป แต่มีเพียงบางโรงงานที่มีกระบวนการทั้งหมดในโรงงานเดียว นอกจากนี้ยังมีโรงงานที่มีการผลิตแบบเฉพาะและผลิตภัณฑ์พิเศษในอุตสาหกรรมสิ่งทอ (เช่น ถุงลมนิรภัย เข็มขัดนิรภัย) ที่จะมีกระบวนการที่แตกต่างกันออกไป



รูปที่ 12-3 กระบวนการผลิตสิ่งทอ

ที่มา: Schönberger and Schäfer, 2003

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก

โดยทั่วไปอุตสาหกรรมสิ่งทอเป็นอุตสาหกรรมที่มีขนาดตั้งแต่ระดับครัวเรือน จนถึงระดับธุรกิจขนาดใหญ่ และมีการใช้พลังงานไม่มากนักแต่อุตสาหกรรมสิ่งทอจะประกอบด้วยโรงงานจำนวนมากจึงทำให้ทั้งหมดรวมกันมีการใช้พลังงานที่สูง สัดส่วนของพลังงานการผลิตทั้งหมดที่ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอในแต่ละประเทศขึ้นอยู่กับโครงสร้างของภาคการผลิตในประเทศนั้นๆ ตัวอย่างเช่น อุตสาหกรรมสิ่งทอมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 4 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในการผลิตทั้งหมดในประเทศจีน (LBNL, 2007) ในขณะที่สหรัฐอเมริกามีน้อยกว่าร้อยละ 2 (US DOE, 2010)

จากข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมการผลิตสิ่งทอของสหรัฐอเมริกาปี ค.ศ. 2002 พบว่ามีการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจากเชื้อเพลิงฟอสซิลร้อยละ 61 และพลังงานไฟฟ้าร้อยละ 39 โดยที่อุตสาหกรรมสิ่งทอถูกจัดอันดับว่ามีการใช้ไอน้ำจำนวนมากเป็นอันดับ 5 ใน 16 กลุ่มอุตสาหกรรมสำคัญในสหรัฐอเมริกา สำหรับประเทศไทยอุตสาหกรรมสิ่งทอมีสัดส่วนการใช้พลังงานเพียงร้อยละ 1.42 ของการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมทั้งประเทศ โดยมีสัดส่วนการใช้พลังงานในรูปแบบพลังงานความร้อนร้อยละ 69 และพลังงานไฟฟ้าร้อยละ 32 (ข้อมูลจากรายงานการจัดการพลังงานของโรงงานควบคุม ปี พ.ศ. 2559)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมสิ่งทอมาจากการใช้ปริมาณไฟฟ้า และเชื้อเพลิงฟอสซิล โดยสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิงฟอสซิลของในแต่ละประเทศจะแตกต่างกันไปตามโครงสร้างของอุตสาหกรรมสิ่งทอในประเทศนั้นๆ ตัวอย่างเช่น การปั่นเส้นด้ายด้วยไฟฟ้าก็จะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก แต่ถ้ามีการใช้กระบวนการแบบเปียก (wet-processing) แหล่งพลังงานจะเป็นเชื้อเพลิงฟอสซิลแทน หรือการผลิตเส้นใยจากธรรมชาติ หรือเส้นใยสังเคราะห์ก็จะมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แตกต่างกันไป ดังรูปที่ 12-4

Fiber	Kg CO_2/Ton of fiber
Polyester	9.52
Cotton-conventional	5.89
Cotton-organic	3.75

(ก.)

The embodied energy used in production of various fibers

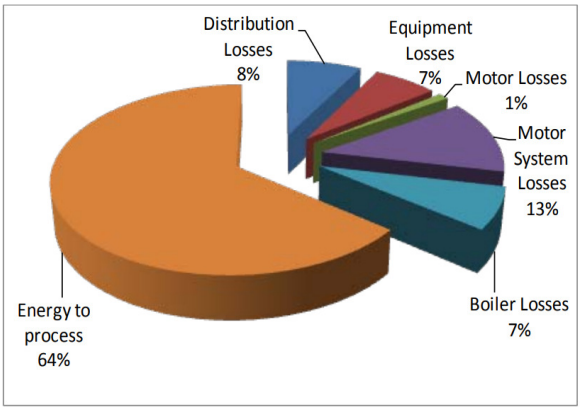
Fiber	Energy in MJ/Kg of fiber
Cotton	55
Wool	63
Viscose	100
Polypropylene	115
Polyester	125
Acrylic	175
Nylon	250

(ข.)

รูปที่ 12-4 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีววิตของการผลิตเส้นใย (ก.) และปริมาณการใช้พลังงานในการผลิตเส้นใย

ที่มา: http://www.indiantextilejournal.com/articles/FAdetails.asp?id=4652

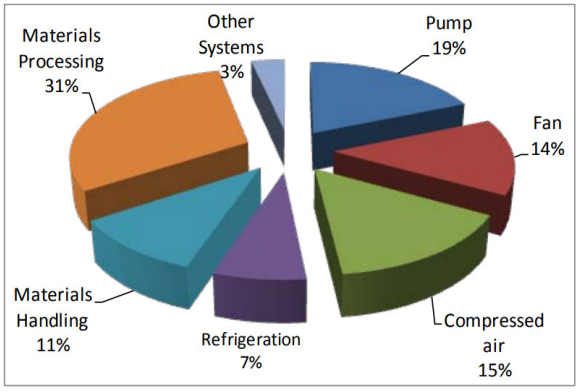
อุตสาหกรรมสิ่งทอจะมีการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตร้อยละ 64 และจะมีการสูญเสียพลังงานจากระบบต่างๆประมาณร้อยละ 36 เช่น สูญเสียในระบบมอเตอร์ร้อยละ 13 ระบบหม้อไอน้ำร้อยละ 7 เป็นต้น (US DOE, 2004) ดังรูปที่ 12-5



รูปที่ 12-5 รูปแบบการสูญเสียพลังงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอของสหรัฐอเมริกา

ที่มา: US DOE, 2004

กรณีศึกษาของการใช้พลังงานของระบบมอเตอร์ในอุตสาหกรรมสิ่งทอของสหรัฐอเมริกาพบว่ามีสัดส่วนปริมาณการใช้พลังงานในระบบมอเตอร์ของกระบวนการแปรรูปวัสดุสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 31 รองลงมาคือปั๊มน้ำ ปั๊มอัดอากาศ และระบบพัดลม คิดเป็นร้อยละ 19 ร้อยละ 15 และร้อยละ 14 ตามลำดับ ดังรูปที่ 12-6 สำหรับปริมาณการใช้พลังงานในอุปกรณ์จะขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตด้วย ตัวอย่างเช่น ถ้าอุตสาหกรรมการทอผ้าใช้เครื่องทอผ้าแบบเจ็ท (Air-jet weaving machines) ซึ่งจำเป็นต้องใช้ปริมาณอัดอากาศที่สูงทำให้สัดส่วนของการสูญเสียพลังงานในระบบอัดอากาศจะสูงขึ้นกว่าที่ระบุในรูปที่ 12-6



รูปที่ 12-6 การวิเคราะห์การใช้พลังงานของระบบมอเตอร์ในอุตสาหกรรมสิ่งทอของสหรัฐอเมริกา

ที่มา: US DOE, 2004

มาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

มาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอ คือลดการสูญเสียพลังงานในกระบวนการผลิต

1. การติดตั้งเครื่องตรวจจับการหยุดการเคลื่อนที่แบบโฟโตอิเล็กทริค (Photoelectric system) แทนแบบนิวเมติก (Pneumatic systems)

เครื่องสิมเปลกส์ (Simplex) ในระบบนี้ถ้าสามารถเปลี่ยนจากตรวจจับการหยุดการเคลื่อนที่แบบนิวแมติกไปเป็นแบบโฟโตอิเล็กทริคได้จะทำให้เกิดการประหยัดพลังงาน เนื่องจากมีการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลง ซึ่งได้มีการดำเนินการในโรงงานสิ่งทอหลายแห่งทั่วโลก สำหรับข้อมูลการประหยัดพลังงานโดยเฉลี่ยจากการใช้งานมาตรการนี้ในโรงงานปั่นด้ายของอินเดียสองแห่ง ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 3.2 MWh/ปี/เครื่องโดยมีค่าใช้จ่ายการลงทุนเฉลี่ยประมาณ 180 ดอลลาร์สหรัฐต่อเครื่อง (EMT, 2008a)

2. เครื่องสางความเร็วสูง(Carding machine)

เครื่องนี้จะใช้ในกระบวนการของฝ้ายดิบมีลักษณะเป็นเครื่องแยกเส้นใยขนาดเล็กที่เกิดจากการแยกใน “ขั้นตอนการเปิดและหยิบ (opening-and-picking)” ของกระบวนการหลักและสามารถกำจัดสิ่งสกปรกได้พร้อมกัน ซึ่งเป็นการปรับปรุงการจัดเรียงในทิศทางตามยาวของเส้นใยที่มีคุณภาพดีและผลิตเส้นใยมัด (slivers)

เครื่องสางความเร็วสูงจะมีขนาดใหญ่และมีการใช้ไฟฟ้าในปริมาณมาก แต่สามารถทำผลผลิตได้สูงกว่าเครื่องสางธรรมดาถึง 3 เท่าและกำลังไฟฟ้ารวมของเครื่องสางความเร็วสูงมากกว่าเครื่องสางธรรมดาเพียง 2 เท่าตัวอย่างเช่น ใช้เครื่องสางธรรมดาขนาด27kW/เครื่อง จำนวน 12 เครื่องสามารถทดแทนด้วยเครื่องสางความเร็วสูงขนาด 41 kW/เครื่องเพียง 4 เครื่องสามารถประหยัดพลังงานได้160kW มีตัวอย่างมากมายเกี่ยวกับการติดตั้งเครื่องสางความเร็วสูงในโรงงานในประเทศญี่ปุ่นและเทคโนโลยีนี้สามารถนำไปใช้ในประเทศกำลังพัฒนาได้ ต้นทุนของเครื่องสางความเร็วสูงใหม่ประมาณ 100,000 เหรียญสหรัฐ ระยะเวลาคืนทุนสำหรับการลงทุนคือประมาณ 1.3 ปี (NEDO, 2008)

3. การเปลี่ยนแกนหมุนที่เบากว่าทดแทนแกนหมุนธรรมดาในกรอบแหวน (Ring frames)

กรอบแหวนมีการใช้พลังงานที่มากที่สุดในกระบวนการปั่น ซึ่งน้ำหนักของแกนหมุนจะสัมพันธ์โดยตรงกับการใช้พลังงานของเครื่องจักร ดังนั้นแกนหมุนน้ำหนักเบาเมื่อเทียบกับแกนหมุนทั่วไปจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าและทำให้ใช้พลังงานน้อยลงโรงงานปั่นด้ายในอินเดียทดแทนแกนหมุนเดิมด้วยแกนที่มีน้ำหนักเบากว่าในกรอบแหวนทำให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ถึง 23 MWh/ปี/กรอบแหวน ค่าใช้จ่ายในการลงทุนของมาตรการนี้อยู่ที่ประมาณ 13,500 เหรียญสหรัฐต่อกรอบแหวน (EMT, 2008b)

4. การติดตั้งมอเตอร์ประหยัดพลังงานในกรอบแหวน

กรอบแหวนเป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานมากที่สุดในกระบวนการปั่นดังนั้นมอเตอร์ไฟฟ้าที่ติดตั้งในกรอบแหวนนั้นต้องมีประสิทธิภาพสูงที่สุด และการปรับปรุงประสิทธิภาพเพียงเล็กน้อยอาจส่งผลให้ประหยัดไฟฟ้าได้อย่างมากซึ่งสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลาอันสั้นกระบวนการปั่นในโรงงานของประเทศอินเดียได้ทำการเปลี่ยนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงจำนวน 4 เฟรมวงแหวนประสิทธิภาพของมอเตอร์ใหม่อยู่ที่ร้อยละ 94.6 (ประสิทธิภาพของมอเตอร์เดิมร้อยละ 92.5) ส่งผลให้ประหยัดพลังงานได้อย่างมีนัยสำคัญซึ่งสามารถประหยัดพลังงานเฉลี่ยต่อปีคือ 6.3 MWh/มอเตอร์และการลงทุนอยู่ที่ประมาณ 1,950 เหรียญสหรัฐต่อมอเตอร์ (EMT, 2008b)

5. โหมดการเคลื่อนที่ของสายพานลำเลียงแบบกระสวยที่ไม่ต่อเนื่องในออโต้คอนเนอร์ (Autoconer)

การเคลื่อนที่ในออโต้คอนเนอร์จะเป็นในรูปแบบสายพานลำเลียงแบบกระสวยจากแบบต่อเนื่องทำให้มีส่วนที่ว่างเกิดขึ้น ถ้าสามารถเปลี่ยนเป็นโหมดการเคลื่อนที่แบบไม่ต่อเนื่องได้จะทำให้ประหยัดพลังงานได้อย่างมาก และส่งผลให้ประหยัดค่าบำรุงรักษาและลดของเสียลงด้วยในโรงงานปั่นด้ายในอินเดียมีการปรับเปลี่ยนระบบสายพานลำเลียงแบบต่อเนื่องเป็นโหมดไม่ต่อเนื่องโดยสายพานจะทำงานเป็นเวลา 6 นาทีเท่านั้นและหยุด 54 นาทีใน 1 ชั่วโมง ส่งผลให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้า 49.4 MWh/ปี ค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่เกี่ยวข้องกับมาตรการนี้คือประมาณ 1,100 เหรียญสหรัฐ (EMT, 2008F)

6. การปรับการตั้งค่าบอลลูนในเครื่อง TFO

สำหรับ TFOs จะใช้ไฟฟ้าน้อยลงถ้ามีการตั้งค่าบอลลูนที่ต่ำลงหรือในระดับที่เหมาะสมซึ่งขนาดบอลลูนสามารถปรับให้เหมาะสมโดยเปรียบเทียบกับผลการศึกษาและจำนวนเส้นด้ายที่มีความแตกต่างกันไปโรงงานสิ่งทอของอินเดียสามารถประหยัดพลังงานได้มากถึง 250 MWh/ปี จากการปรับตั้งค่าบอลลูนของเครื่อง TFO โดยไม่ต้องลงทุน (EMT, 2007a)

7. การติดตั้งระบบควบคุมความถี่ (VFD) สำหรับมอเตอร์ปั๊มของเครื่องซักผ้าในโรงงานที่มีความชื้น

ในโรงงานที่มีความชื้นสามารถติดตั้งอินเวอร์เตอร์เข้ากับมอเตอร์ปั๊มของเครื่องซักผ้าที่มีการควบคุมความเร็วได้อัตโนมัติตามระดับความชื้นโดยปกติแล้วปั๊มจะทำงานที่ความเร็วร้อยละ 100 และความชื้นจะถูกควบคุมโดยการบายพาสทำให้เกิดการใช้พลังงานที่สูญเปล่า ดังนั้น VFDs จึงมีส่วนช่วยให้สามารถปรับความเร็วมอเตอร์ของปั๊มได้ตามความต้องการซึ่งอาจส่งผลให้ประหยัดไฟฟ้าได้สูงถึง 20 MWh/ปี มีค่าใช้จ่ายการลงทุนประมาณ 1,100 เหรียญสหรัฐ (EMT, 2007a) ค่าความชื้นสัมพัทธ์มาตรฐาน (RH) ในขั้นตอนกระบวนการต่าง ๆ ของกระบวนการปั่นด้ายและทอผ้าแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งตัวเลขเหล่านี้เป็นค่าเฉลี่ยจากโรงงานสิ่งทอของประเทศญี่ปุ่น

ตารางที่ 12-2 ความชื้นสัมพัทธ์มาตรฐาน (RH) ในกระบวนการต่าง ๆ (ค่าเฉลี่ยในญี่ปุ่น)

Process step	Cotton (%)	Worsted (%)	Synthetic Fibers (%)
Blending and Scutching	45 - 60	-	-
Carding	45 – 55	65 – 70	55 – 65
Combing	55 – 65	60 – 70	55 – 65
Drawing	50 - 60	50 – 60	55 – 65
Pre-spinning (Roving)	50 - 60	50 – 60	55 – 65
Spinning	50 – 65 [a]	50 – 55	60 – 65
Winding	60 - 70	50 – 60	60 - 70
Twisting	60 - 70	50 – 60	
Wrapping	60 - 70	50 – 60	
Weaving	70 - 85	50 – 60	

*อุณหภูมิ: 24 – 29 องศาเซลเซียส

ที่มา: ECCJ, 2007a

8. การปรับเปลี่ยนใบพัดลมจากอลูมิเนียมอัลลอยเป็นใบพัด FRP: Fiberglass Reinforced Plastic ที่มีประสิทธิภาพสูงในพัดลมของหอหล่อเย็น (Cooling Tower) ของโรงงานปั่น

แกนพัดลมใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอรวมถึงหอหล่อเย็นสำหรับเครื่องปรับอากาศระบบระบายอากาศและระบบความชื้นการออกแบบตามหลักพลศาสตร์ที่ดีที่สุดของใบพัดพัดลม FRP ทำให้ประสิทธิภาพที่สูงขึ้นสำหรับการใช้งาน โดยเฉพาะด้านการลดน้ำหนักโดยรวมของพัดลมและยังช่วยยืดอายุของมอเตอร์พัดลมได้ใบพัดแบบFRP มีน้ำหนักเบาทำให้มีอัตราการใช้งานมอเตอร์และระบบลูกปืนที่ต่ำกว่า ใบพัดแบบ FRP ใช้ไฟฟ้าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับพัดลมที่ใช้ใบพัดแบบอลูมิเนียมอัลลอยด์ กรณีศึกษาโรงงานปั่นด้ายทำการเปลี่ยนใบพัดลมแบบ FRP จำนวน 17 เครื่อง ในระบบหอหล่อเย็นมาตรการนี้ส่งผลให้ประหยัดเฉลี่ย 55.5 MWh/ปี/เครื่องค่าใช้จ่ายในการลงทุนโดยเฉลี่ยของการเปลี่ยนใบพัดสำหรับพัดลมแต่ละเครื่องอยู่ที่ประมาณ 650 ดอลลาร์สหรัฐ (EMT, 2004a)

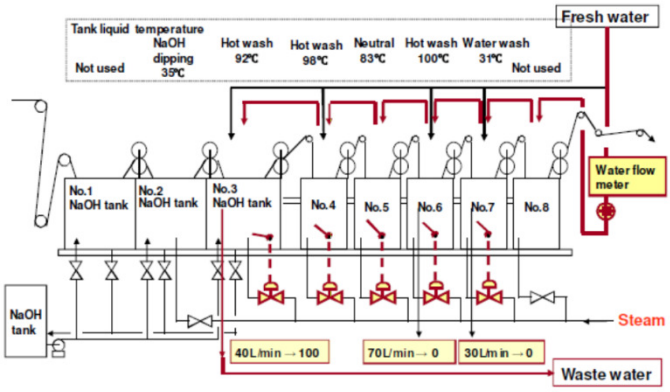
9. การปรับปรุงปัจจัยด้านพลังงานไฟฟ้าของโรงงาน (ลดการใช้กำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ)

มอเตอร์ไฟฟ้าจำนวนมากในโรงงานปั่นด้ายทำให้ปฏิกิริยาพลังงานและเกิดกำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ (Reactive power) ดังนั้นการลดกำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟได้โดยการปรับปรุงตัวประกอบกำลังของโรงงานจึงเป็นมาตรการสำคัญในการลดการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายตัวอย่างเช่นโรงงานปั่นด้ายของอินเดียติดตั้งตัวเก็บประจุที่มีราคาต่ำและเพิ่มตัวเก็บประจุใหม่ในระบบ ทำให้การสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในระบบลดลงสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 24.1 MWh/ปีค่าใช้จ่ายการลงทุนจะอยู่ที่ประมาณ 3,300 ดอลลาร์สหรัฐ (EMT, 2008c)

10. การใช้กระบวนการล้างแบบไหลสวนทางกัน (counter-flow) สำหรับการซักผ้า

ในระบบนี้ผ้าจะผ่านช่องซักผ้าจากข้างหน้าไปยังด้านหลัง ส่วนน้ำสะอาดผ่านจากด้านหลังไปข้างหน้าซึ่งหมายความว่าผ้าที่สะอาดที่สุดสัมผัสกับน้ำที่สะอาดที่สุด ด้วยการใช้หลักการกระแสแบบไหลสวนทางกันนี้เป็นไปได้ที่จะประหยัดทั้งน้ำและพลังงานกระบวนการนี้ได้รับการพัฒนาเพื่อลดการใช้น้ำสำหรับการซัก ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์การซักผ้าและกลไกการคายน้ำอุปกรณ์กรองเซ็นเซอร์และปั๊มสำหรับการซักผ้าน้ำจะไหลสวนทางกับผ้าและจะมีเซ็นเซอร์ตรวจจับสิ่งเจือปนในน้ำเพื่อปรับอัตราการไหลได้อัตโนมัติ (ECCJ, 2007a)

โดยกระบวนการนี้ต้องการน้ำ 20 ลิตรและไอน้ำ 1.6 กิโลกรัมต่อเนื้อผ้า 1 กิโลกรัมซึ่งมีการใช้พลังงานน้อยลงสำหรับมาตรการนี้ทำให้เกิดการประหยัดน้ำถึงร้อยละ 55 และการประหยัดไอน้ำได้ร้อยละ 41 (Textiledigest, 2009)



รูปที่ 12-7 แสดงแผนผังของกระบวนการล้างแบบไหลสวนทางกัน (counter-flow)

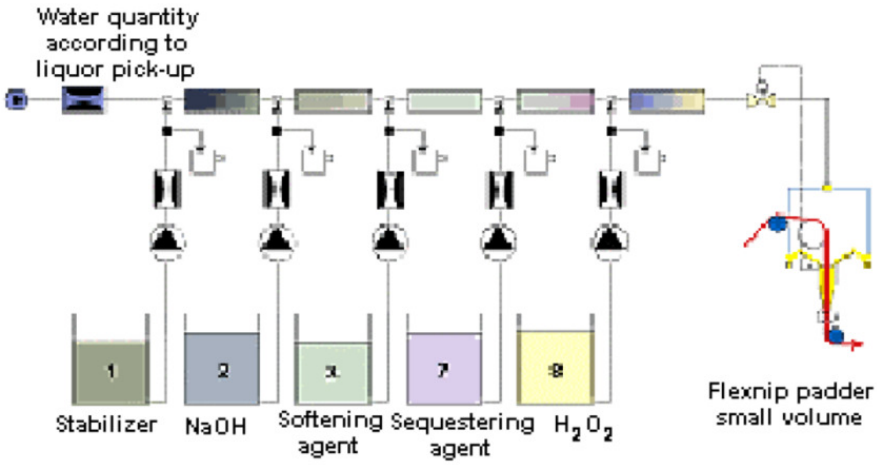
ที่มา: Textiledigest, 2009

11. ประสานการทำงานของพัดลมดูดอากาศเข้ากับการเคลื่อนไหวของถาดรองน้ำในเครื่องชุบเส้นด้าย

ในโรงงานหลายแห่งพัดลมดูดควันไอเสียที่ติดตั้งอยู่บนหน้ากากดูดควันของเครื่องชุบเส้นด้ายในระหว่างเวลาทำงานของเครื่องแต่การทำงานของพัดลมดูดควันไอเสียสามารถเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าให้สามารถสอดคล้องกับการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของถาดรองน้ำได้เนื่องจากพัดลมจะต้องกำจัดควันที่เกิดขึ้นในช่วงที่เกิดกระบวนการเท่านั้น การใช้มาตรการนี้จะส่งผลให้ประหยัดไฟฟ้าในพัดลมกรณีการศึกษาหนึ่งได้แสดงว่ามีประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 12.3 MWh/ปี/เครื่องค่าใช้จ่ายในการลงทุนสำหรับมาตรการนี้มีมูลค่าการลงทุนน้อยมาก (EMT, 2006a)

12. การเตรียมและระบบจ่ายสารเคมีแบบอัตโนมัติในโรงงานย้อมสี

ระบบจ่ายสารเคมีแบบอัตโนมัติในปัจจุบันมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย อุตสาหกรรมสิ่งทอส่วนใหญ่ที่อยู่ในประเทศที่พัฒนาจะมีระบบจ่ายสารเคมีที่ควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ซึ่งทำการตรวจวัดสารเคมีได้อัตโนมัติตามความหลากหลายที่เกิดขึ้นเช่นอัตราคงที่หรืออัตราผันแปร เมื่อคำนวณปริมาณของสารเคมีที่ต้องเตรียมทำให้วิธีการนี้จะช่วยลดน้ำเสียได้ประหยัดสารเคมีน้ำพลังงานและเวลาได้มากขึ้น แต่ก็ยังมีน้ำเสียที่เกิดจากการใช้งานกับการผสมของสารเคมีรูปที่ 12-8 แสดงตัวอย่างของระบบอัตโนมัติในการจ่ายสารเคมีสำหรับการเตรียมน้ำยาปรับสภาพและการตกแต่ง (โดยไม่ต้องมีการเตรียมสารเคมีล่วงหน้า)



รูปที่ 12-8 ตัวอย่างระบบอัตโนมัติสำหรับการจ่ายสารเคมี

ที่มา: European Commission, 2003

ระบบอัตโนมัติช่วยให้สามารถปรับปรุงความแม่นยำเพิ่มมากขึ้นซึ่งหมายถึงการลดกระบวนการที่ต้องแก้ไขให้เหลือน้อยที่สุดเช่นการทำซ้ำการลอกและการปรับเฉดสีส่งผลให้ประหยัดพลังงานน้ำสารเคมีและประหยัดเวลาได้อีกและระบบอัตโนมัติที่มีการเตรียมสารเคมีและการจ่ายสารเคมีต่างๆได้อย่างพอเหมาะ ช่วยลดมลพิษทางน้ำและสารเคมี อีกเรื่องที่สำคัญที่ต้องพิจารณาคือสภาพแวดล้อมการทำงานที่ปลอดภัยและมีสุขภาพดีข้อมูลจากโรงย้อมสิ่งทอ (ขนาด 5,500 ตัน/ปี) หลังจากการติดตั้งระบบการเตรียมและระบบจ่ายสารเคมีแบบอัตโนมัติ:

- การย้อมสีผลิตภัณฑ์ใหม่: ลดลงร้อยละ 17
- ค่าใช้จ่ายสำหรับเคมีภัณฑ์: ลดลงร้อยละ 11.2
- ต้นทุนแรงงาน (ในโรงย้อม): ลดลงร้อยละ 10
- ประสิทธิภาพของเครื่องย้อม: เพิ่มขึ้นร้อยละ 5

ค่าใช้จ่ายและระยะเวลาคืนทุนของการเตรียมและจ่ายสารเคมีอัตโนมัติในโรงย้อม (ตารางที่ 12-3) การประหยัดต้นทุนสามารถเกิดขึ้นได้จากการลดการใช้สารเคมีพลังงานและน้ำ และลดค่าใช้จ่ายพนักงาน และมีการศึกษาพิสูจน์ว่าสามารถประหยัดต้นทุนมากถึงร้อยละ 30

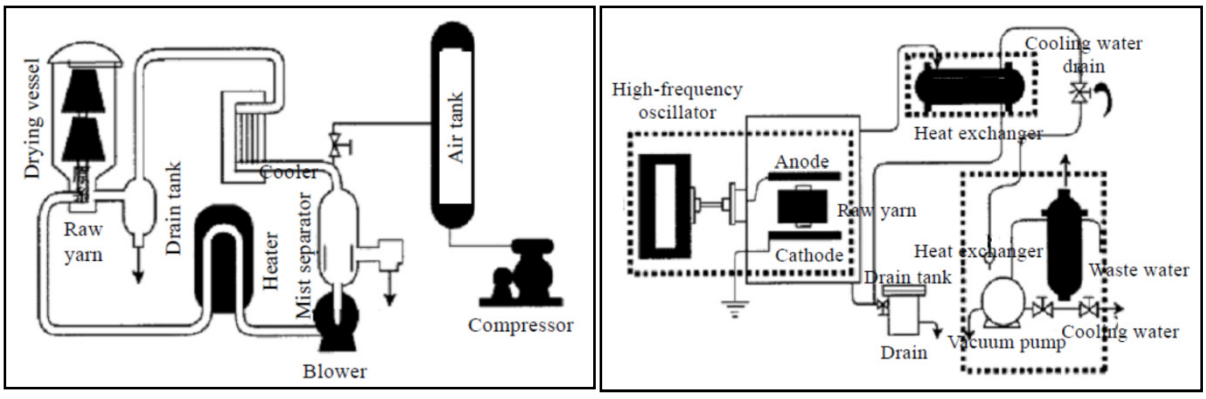
ตารางที่ 12-3 ต้นทุนและระยะเวลาคืนทุนของการเตรียมและจ่ายสารเคมีอัตโนมัติในโรงย้อมสี

	ต้นทุนค่าใช้จ่าย	ระยะเวลาคืนทุน
ระบบจ่ายสารเคมีอัตโนมัติในเครื่องย้อมสีแบบแบตช์ (Batch Dyeing Machines) (Jet, Beam, Package, Hank, Jig and Winches)	$150,000 - $890,000	1.3 - 6.2
ระบบการย้อมและการกระจายสีย้อมแบบอัตโนมัติในเครื่องย้อมสีแบบแบตช์	$100,000–$400,000	4 - 5.7
ระบบการละลายผงและระบบการจำหน่ายแบบอัตโนมัติในเครื่องย้อมสีแบบแบตช์	$76,000–$600,000	3.8 - 7.5

ที่มา: CIPEC, 2007

13. เครื่องอบแห้งความถี่สูงและลดแรงดันสำหรับการอบแห้งแบบกระสวย (Bobbin drying) หลังจากกระบวนการย้อมสี

อุปกรณ์นี้เป็นเครื่องเป่าความถี่สูงและลดแรงดันที่ใช้ในการอบแห้งแบบกระสวยหลังกระบวนการย้อมสีกระสวยสามารถประหยัดพลังงานได้ร้อยละ 20 เมื่อเทียบกับเครื่องอบแห้งแบบไอน้ำร้อน การเปลี่ยนแปลงวิธีการนี้มีการควบคุมอุณหภูมิในกระบวนการอบแห้งตั้งแต่การควบคุมอุณหภูมิคงที่ไปจนถึงการควบคุมอุณหภูมิที่ตั้งโปรแกรมไว้ โดยการควบคุมอุณหภูมิของถังอบแห้งให้เหมาะสมที่สุดตามชนิดและปริมาณของวัสดุทำให้สามารถลดการใช้ไฟฟ้าลงได้อย่างมาก อุปกรณ์นี้ทำให้ขั้นตอนของการตั้งค่าความดันที่เริ่มต้นลดลง กำจัดการอบแห้งที่ไม่เป็นรูปแบบและทำให้ระยะเวลาในกระบวนการทำให้แห้งสั้นลง ส่งผลให้ประหยัดไฟฟ้าได้ 200 kWh/ตันผลิตภัณฑ์ ค่าใช้จ่ายในการลงทุนอุปกรณ์ดังกล่าวประมาณ 500,000 ดอลลาร์สหรัฐ (ECCJ, 2007a) ดังรูปที่ 12-9 แสดงระบบอบแห้งด้วยลมร้อนก่อน และหลังการปรับปรุง



(ก.) (ข.)

รูปที่ 12-9 ระบบอบแห้งด้วยลมร้อนก่อนการปรับปรุง (ก.) และหลังการปรับปรุง (ข.)

ที่มา: ECCJ, 2007a

ระเบียบวิธีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

มาตรการลดก๊าซเรือนกระจก	วิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก (Methodology)	แหล่งที่มาของวิธีการคำนวณฯ
มาตรการเพิ่มประสิทธิภาพในอุปกรณ์มอเตอร์	AMS-II.S.: Energy efficiency in motor system	CDM
การลด Reactive power ในระบบสายส่งไฟฟ้า	AMS-II.T.: Emission reduction through reactive power compensation in power distribution network	CDM
การประหยัดลมที่ใช้ในการพุ่งด้าย	Installation of energy saving air jet loom at textile factory	JCM
เปลี่ยนหลอดไฟภายในโรงงานเป็นหลอด LED	T-VER-METH-EE-01 การปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ (Energy Efficiency Improvement from Lightings)	T-VER
เปลี่ยนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงหรือติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ หรือปรับปรุงใบพัดลมหอผึ่งเย็น	T-VER-METH-EE-10 การปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานของมอเตอร์ (Energy Efficiency Improvement in Motor Systems)	T-VER

เอกสารอ้างอิง

1. สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ บริการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์.สถานการณ์อุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มไทย เดือนกรกฎาคม 2562[ออนไลน์]. แหล่งที่มา:https://www.thaitextile.org/th/insign/detail.1278.1.0.html [27 กันยายน 2562].
2. สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. เอกสารเผยแพร่อุตสาหกรรมน่ารู้ ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม และอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:http://www.oie.go.th/sites/default/files/attachments/IndustBasicKnowledge/Master_3.pdf [27 กันยายน 2562].
3. Canadian Industry Program for Energy Conservation (CIPEC), 2007. Benchmarking and best practices in Canadian wet-processing. Available at: http://publications.gc.ca/collections/collection_2013/rncan-nrcan/M4-43-2006-eng.pdf
4. Energy Conservation Center, Japan (ECCJ), 2007a. Energy Saving Measures & Audit of Dyeing & Finishing Processes in Textile Factories. Available at: https://www.osti.gov/servlets/purl/991751
5. Energy Manager Training (EMT), 2004a. Best practices/case studies - Indian Industries, Energyefficiency measures in Jaya Shree Textiles Rishra. Available at: https://escholarship.org/content/qt6jw8s2gz/qt6jw8s2gz.pdf
6. Energy Manager Training (EMT), 2006a. Best practices/case studies - Indian Industries, Energyefficiency measures in Mahavir Spinning Mills Hoshiarpur. Available at: https://escholarship.org/content/qt6jw8s2gz/qt6jw8s2gz.pdf
7. Energy Manager Training (EMT), 2007a. Best practices/case studies - Indian Industries, Energyefficiency measures in RSWM Limited Banswara. Available at: http://interscience.in/IJPSOEM_Vol2Iss1-2/45-49.pdf
8. Energy Manager Training (EMT), 2008a. Best practices/case studies - Indian Industries, Energyefficiency measures in Rishab Spinning Mills, Jodhan. Available at: https://www.osti.gov/servlets/purl/1210890
9. Energy Manager Training (EMT), 2008b. Best practices/case studies - Indian Industries, Energy-efficiency measures in Gimatex industries. Available at: https://orbit.dtu.dk/files/127152472/Best_Practises_for_Industrial_EE_web_1_.pdf
10. Energy Manager Training (EMT), 2008c. Best practices/case studies - Indian Industries, Energyefficiency measures in Kanco Enterprises Ltd Dholka. Available at: https://www.osti.gov/servlets/purl/1210890
11. Energy Manager Training (EMT), 2008f. Best practices/case studies - Indian Industries, Energyefficiency measures in Rishab Spinning Mills Jodhan. Available at: https://www.osti.gov/servlets/purl/991751

12. Koç, E.; Kaplan, E., 2007. An Investigation on Energy Consumption in Yarn Production with Special Reference to Ring Spinning. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe, 2007, Vol. 15, No. 4 (63).
13. LBNL (Lawrence Berkeley National Laboratory), 2007. China Energy Databook Version 7.0. Available at: https://www.researchgate.net/profile/Nathaniel_Aden/publication/241960751_China_Energy_Databook_-_User_Guide_and_Documentation_Version_70/links/551aa8cf0cf2bb754076a818/China-Energy-Databook-User-Guide-and-Documentation-Version-70.pdf
14. New Energy and Industrial Technology Development Organization, Japan (NEDO), 2008. Global Warming Countermeasures: Japanese Technologies for Energy Savings/GHG Emissions Reduction (2008 Revised Edition). Available at: http://ietd.iipnetwork.org/sites/ietp/files/Japanese%20Technologies%20for%20Energy%20Saving.pdf
15. Qiu, L.D., 2005. China's Textile and Clothing Industry. Available at: https://pdfs.semanticscholar.org/93d0/6d441a208cc6b6cb894b5b171b8a70e4471c.pdf
16. Schönberger, H.; Schäfer, T., 2003. Best Available Techniques in Textile Industry. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/2274.pdf
17. Textile digest, 2009. Benninger introduces process-integrated resource management for textile finishing. Available at: https://pdfs.semanticscholar.org/773a/3aeefe733796ba30c4003c24d36bf2b4c20c.pdf
18. Textile Exchange, 2009. Latest Trends of Global Textile Machinery Industry. Available at: http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/633143/EPRS_BRI(2019)633143_EN.pdf
19. Textile Exchange, 2009. Latest Trends of Global Textile Machinery Industry. Available at: https://textileexchange.org/wp-content/uploads/2018/11/2018-Organic-Cotton-Market-Report.pdf
20. United States Department of Energy (U.S. DOE), 2004. Energy Use, Loss and Opportunities Analysis: U.S. Manufacturing & Mining. Available at: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2013/11/f4/energy_use_loss_opportunities_analysis.pdf
21. United States Department of Energy (U.S. DOE), 2010, Manufacturing Energy Consumption Survey (MECS)-2006. Available at: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2013/11/f4/energy_use_and_loss_and_emissions_references.pdf
22. U.S Department of Labor, (USDL), 2010. Career Guide to Industries, 2010-11 Edition - Textile, Textile Product, and Apparel Manufacturing. Available at: https://www.dol.gov/opa/media/reports/textile_apparel_report.pdf

บทที่ 13

มาตรการลดก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมผลิตสี

นายธรรมนูญ เตชะนา
สำนักวิเคราะห์และติดตามประเมินผล
องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

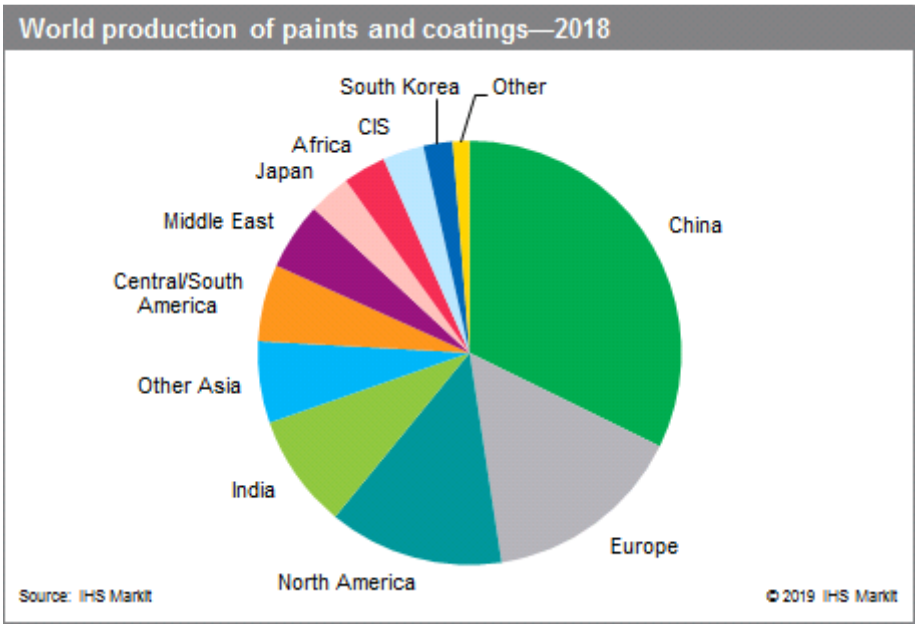
บทนำ

อุตสาหกรรมสีจัดว่าเป็นผลิตภัณฑ์เคมีภัณฑ์ขั้นปลาย ซึ่งอุตสาหกรรมสีสามารถแบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้ 2 ประเภทหลัก คือ

1) สีทาอาคาร (Decorative Paint) ได้แก่ สีที่ใช้ในภาคอสังหาริมทรัพย์ และภาคครัวเรือน

2) สีอุตสาหกรรม (Industrial Paint) ได้แก่ สีป้องกันสนิมสำหรับชิ้นส่วนรถยนต์, สีพ่นซ่อมรถยนต์, สีทาไม้, สีป้องกันสนิมคุณภาพสูง สีทาเรือ สีสำหรับงานสิ่งพิมพ์ เป็นต้น

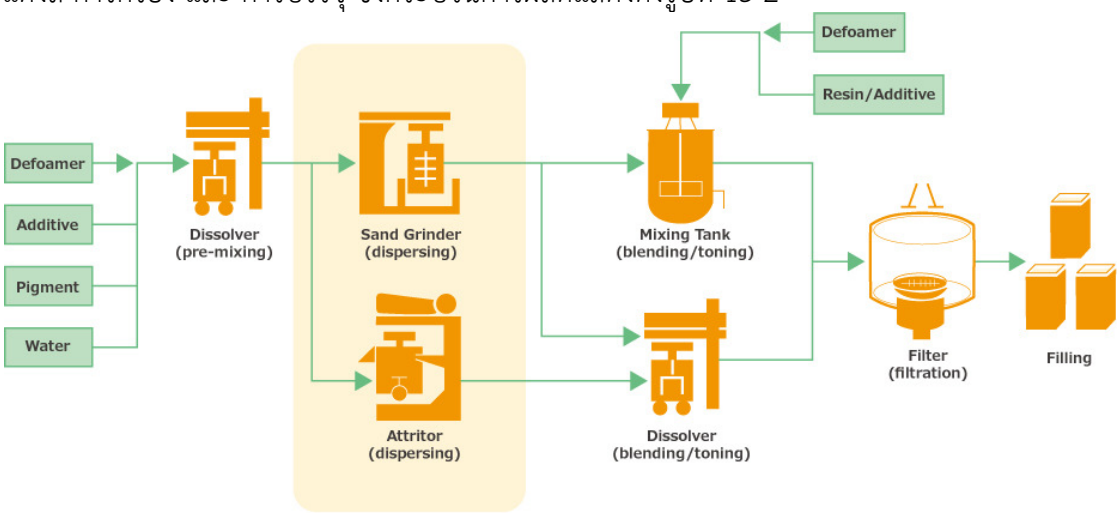
อุตสาหกรรมการผลิตสีเป็นอุตสาหกรรมที่มีการเติบโตอย่างต่อเนื่องตามการเติบโตของเศรษฐกิจ ความต้องการโดยรวมจากปี 2561-2566 พบว่าอัตราการเติบโตทั่วโลกเพิ่มขึ้นร้อยละ 4 โดยในประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา และยุโรปตะวันตก มีการเติบโตร้อยละ 2 และในประเทศที่กำลังพัฒนามีการเติบโตที่มากกว่า เช่น จีนร้อยละ 6 อินเดียร้อยละ 6 ซาอุดิอาระเบียร้อยละ 4.5 โดยพบว่าในเอเชียมีสัดส่วนความต้องการอยู่ที่ร้อยละ 50 – 55



รูปที่ 13-1 สัดส่วนการผลิตสี

ที่มา: https://ihsmarkit.com/products/paint-an 55d-coatings-industry-chemical-economics-handbook.html

กระบวนการผลิตสี ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ คือ การเตรียมวัตถุดิบ การปั่นผสม การบดละเอียด การแต่งสี การกรอง และ การบรรจุ ซึ่งกระบวนการผลิตแสดงดังรูปที่ 13-2

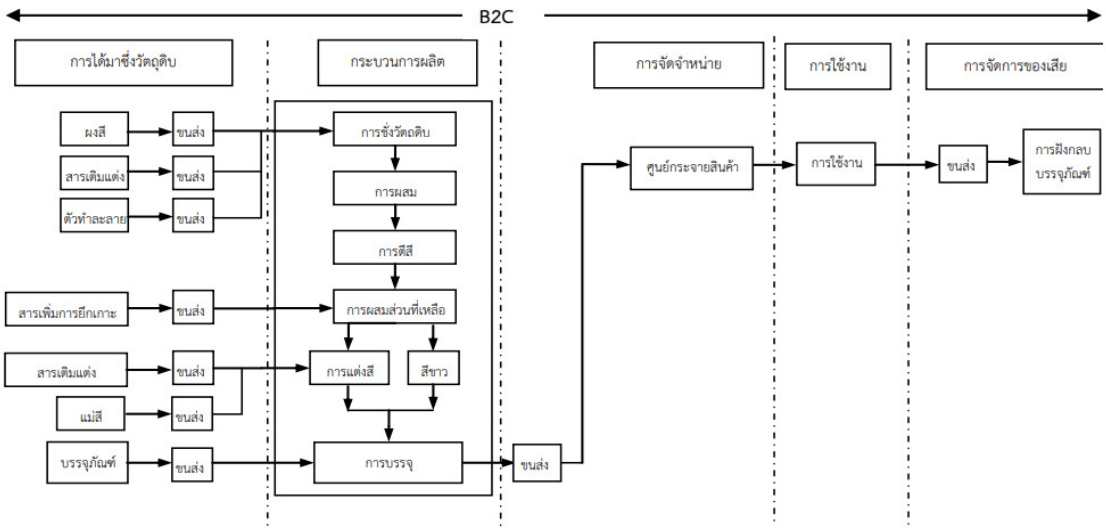


รูปที่ 13-2 กระบวนการผลิตสี

ที่มา: https://www.sannopco.co.jp/eng/products/industry/industry2.php

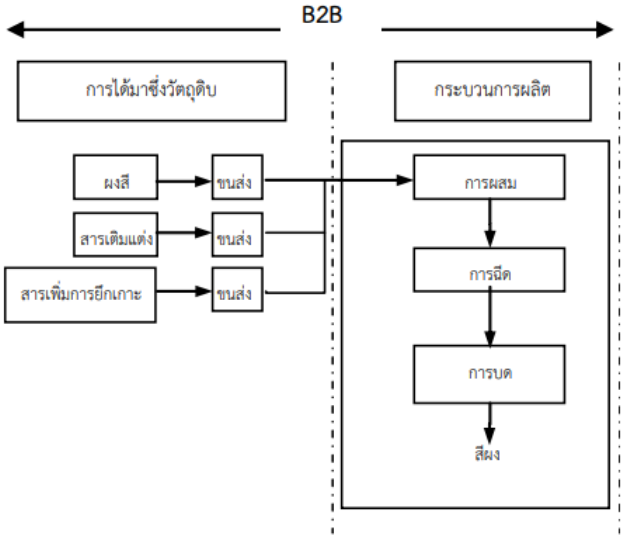
แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การพิจารณาแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตสี พิจารณาจากกระบวนการเข้าและออกของรายการในกระบวนการผลิตดังรูปที่ 13-3 และ รูปที่ 13-4



รูปที่ 13-3 แผนผังวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์กลุ่มสีและผลิตภัณฑ์เคลือบเงาที่มีตัวทำละลายเป็นน้ำหรือเป็นสารประกอบอินทรีย์

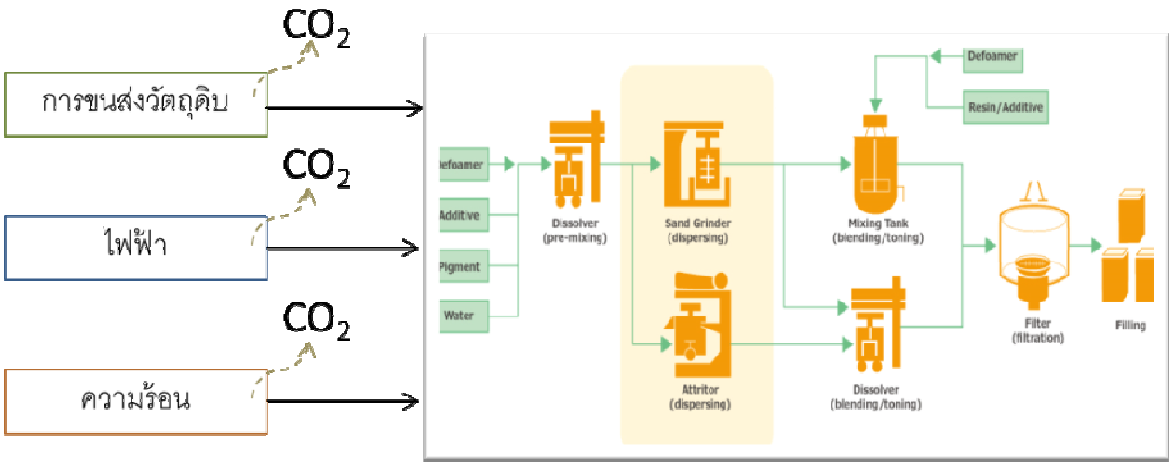
ที่มา: ข้อกำหนดเฉพาะสำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์สี,
องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)



รูปที่ 13-4 แผนผังวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์กลุ่มผงสี

ที่มา: ข้อกำหนดเฉพาะสำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์สี, องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

โดยสามารถระบุแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลัก มาจากการใช้พลังงานคือ พลังงานไฟฟ้า แต่หากพิจารณาทั้งกระบวนการผลิตจะพบว่ามีแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ ได้แก่ การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากการขนส่งและเคลื่อนย้าย การใช้พลังงานความร้อน(ไอน้ำ)ในกระบวนการสนับสนุนการผลิต ดังรูปที่ 13-5



รูปที่ 13-5 แสดงแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตสี

มาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

1) มาตรการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า

กระบวนการผลิตสีจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องจักรการผลิต และเครื่องจักรสนับสนุน การใช้ไฟฟ้ามาจากสายส่ง ซึ่งแหล่งผลิตไฟฟ้ามาจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก มาตรการที่จะช่วยให้ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังนี้

1. สร้างระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าทดแทน ได้แก่ การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์
2. ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า ได้แก่ การเปลี่ยนเครื่องจักรและอุปกรณ์ไฟฟ้าใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง ติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ การหุ้มฉนวนน้ำหล่อเย็น การควบคุมอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น การควบคุมการรั่วของระบบอากาศอัด การซ่อมบำรุงเครื่องจักรให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ

2) มาตรการลดการใช้พลังงานความร้อน

โรงงานสีใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำในการสนับสนุนกระบวนการผลิต ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล อันจะส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก มาตรการที่จะช่วยให้ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก มีดังนี้

1. การเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำได้แก่ การเปลี่ยนหม้อไอน้ำใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นการปรับอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงให้เหมาะสมปรับตั้งแรงดันไอน้ำให้เหมาะสม การอุ่นน้ำและอากาศก่อนเข้าหม้อไอน้ำ
2. การลดการสูญเสียพลังงานจากหม้อไอน้ำ ได้แก่การหุ้มฉนวนหม้อไอน้ำการเปลี่ยนผนังหม้อไอน้ำใหม่การเปลี่ยนหรือติดตั้งกับดักไอน้ำ การจัดการการโบลดาวน์ การซ่อมบำรุงอุปกรณ์เครื่องจักร

3) มาตรการอื่นๆ

การปรับเปลี่ยนหรือปรับปรุงกระบวนการก็เป็นอีกมาตรการหนึ่งที่สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ เช่น การปรับเปลี่ยนวิธีการขนส่งวัตถุดิบจากรถเป็นระบบรางลำเลียงหรือระบบท่อ การเปลี่ยนรถขนส่งจากน้ำมันเป็นไฟฟ้า เป็นต้น

ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจก

มาตรการลดก๊าซเรือนกระจก	วิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก (Methodology)	ที่มาของวิธีการคำนวณฯ
การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในโรงงาน	AMS-II.D: Energy efficiency and fuel switching measures for industrial facilities	CDM
ผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์	T-VER-METH-AE-01 การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน(Electricity Generation from Renewable Energy)	T-VER
เปลี่ยนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงหรือติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ หรือปรับปรุงใบพัดลมหอผึ่งเย็น	T-VER-METH-EE-10 การปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานของมอเตอร์ (Energy Efficiency Improvement in Motor Systems)	T-VER
เปลี่ยนหลอดไฟภายในโรงงานเป็นหลอด LED	T-VER-METH-EE-01 การปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ (Energy Efficiency Improvement from Lightings)	T-VER
เปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง	T-VER-METH-EE-08 การปรับเปลี่ยนหรือการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง (Replacement or Installation of High Efficiency Chiller)	T-VER
การนำความร้อนจากน้ำโบลดาวน์และน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่	T-VER-METH-EE-12 การนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์(Waste Heat Recovery and Utilization)	T-VER
การเปลี่ยนหม้อไอน้ำ (Boiler) ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น	T-VER-METH-EE-05 การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพลังงานความร้อน(Energy Efficiency Improvement for Thermal Generation)	T-VER

เอกสารอ้างอิง

1. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). ข้อกำหนดเฉพาะสำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์กลุ่มผลิตภัณฑ์สี[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/products_rules/products_rules.pnc[1กรกฎาคม 2562].
2. Chemical Economics Handbook. Paint and Coatings Industry Overview[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://ihsmarkit.com/products/paint-an 55d-coatings-industry-chemical-economics-handbook.html [30 เมษายน 2562]
3. SAN NOPCO. Paint and Coating.[ออนไลน์].แหล่งที่มา: https://www.sannopco.co.jp/eng/products/industry/industry2.php [1กรกฎาคม 2562].

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)
120 หมู่ที่ 3 ชั้น 9 อาคารรัฐประศาสนภักดี
ศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ ถนนแจ้งวัฒนะ
แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร 10210
โทรศัพท 0-2141-9790 โทรสาร 0-2143-8400
www.tgo.or.th