การประเมินการปลดปล่อยและแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้า

GREENHOUSE GASES EMISSION AND MITIGATION OPTIONS OF THE TEXTILE DYEING PROCESS

จิระพงษ์ ชนะภู

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2564

การประเมินการปลดปล่อยและแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้า

จิระพงษ์ ชนะภู

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมและการจัดการทรัพยากร
คณะวัฒนธรรมสิ่งแวดล้อมและการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

GREENHOUSE GASES EMISSION AND MITIGATION OPTIONS OF THE TEXTILE DYEING PROCESS

JIRAPHONG CHANAPHOO

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of MASTER OF SCIENCE

(Environmental Technology & Resources Management)

Faculty of Environmental Culture and Ecotourism, Srinakharinwirot University

2021

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การประเมินการปลดปล่อยและแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้า

ของ

จิระพงษ์ ชนะภู

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมและการจัดการทรัพยากร
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงษ์เทพ หาญพัฒนากิจ)

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.สิรินทรเทพ เต้าประยูร)

..... ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณฑิรา ยุติธรรม)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ศุภิกา วานิชชัง)

ชื่อเรื่อง	การประเมินการปลดปล่อยและแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้า
ผู้วิจัย	จิระพงษ์ ชนะภู
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2564
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงษ์เทพ หาญพัฒนากิจ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มณฑิรา ยุติธรรม

ภาคอุตสาหกรรมสิ่งทอของประเทศไทยเป็นภาคอุตสาหกรรมดั้งเดิมที่ทำรายได้ให้กับประเทศไทยมาตั้งแต่อดีต ในปัจจุบันภาคอุตสาหกรรมสิ่งทอถูกกล่าวว่าเป็นผู้ก่อมลพิษรายใหญ่เป็นอันดับสองของโลก และปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดต่อหนึ่งหน่วยผลิตภัณฑ์รองจากภาคอุตสาหกรรมน้ำมัน โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและเสนอแนวทางในการลดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้าในจังหวัดสมุทรปราการ ปี พ.ศ.2561 - 2564 โดยกำหนดขอบเขตจากข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์เส้นด้ายและผ้าผืน (Guideline for PCR “Yarn thread and textile fabric”) จากนั้นคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้าโดยอ้างอิงคู่มือ IPCC 2006: Guideline for National Greenhouse Gas Inventories Standard จากการศึกษาพบว่า การใช้พลังงานเป็นกิจกรรมมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดประมาณ ร้อยละ 60 จากการปลดปล่อยทั้งหมด รองลงมาเป็นการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้สารเคมี และการใช้น้ำ ตามลำดับ โดยมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยผลิตภัณฑ์เฉลี่ย 4 ปี อยู่ที่ 9.04 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมของผลิตภัณฑ์ ในส่วนของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานในกระบวนการหลัก พบว่า กระบวนการย้อมมีสัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่ากระบวนการอื่นประมาณ ร้อยละ 45.15 จากการปลดปล่อยทั้งหมด รองลงมาคือกระบวนการเตรียม และกระบวนการตกแต่งสำเร็จ ตามลำดับ โดยพลังงานหลักที่ก่อให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ ก๊าซธรรมชาติ มีสัดส่วนการปลดปล่อยอยู่ที่ประมาณ ร้อยละ 70 จากการปลดปล่อยทั้งหมด รองลงมาเป็นไฟฟ้า และน้ำมันเตา ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม มาตรการลดก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการย้อมผ้าในจังหวัดสมุทรปราการ ได้เสนอแนะให้มีการปรับปรุงระบบจัดการของกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพ เปลี่ยนการใช้พลังงานไปเป็นพลังงานสะอาด และการใช้สารเคมีที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยลง

คำสำคัญ : การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก, อุตสาหกรรมสิ่งทอ, การลดก๊าซเรือนกระจก

Title	GREENHOUSE GASES EMISSION AND MITIGATION OPTIONS OF THE TEXTILE DYEING PROCESS
Author	JIRAPHONG CHANAPHOO
Degree	MASTER OF SCIENCE
Academic Year	2021
Thesis Advisor	Assistant Professor Phongthep Hanpattanakit , Ph.D.
Co Advisor	Assistant Professor Monthira Yuttitham , Ph.D.

The textile sector of Thailand is a traditional industrial sector that has provided revenue to the country. After the oil industrial sector, the textile industrial sector is currently reported to be the second greatest polluter in the world and emitted the highest greenhouse gas (GHG) emission per product. This study aimed to estimate GHG emission and to propose mitigation options for GHG emissions of the textile dyeing processes in Samut Prakan province from 2018 to 2021. The scope of the study was determined by guidelines for PCR on Yarn thread and Textile Fabric. Then, the GHG emissions were calculated by referring to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories standards. The results revealed that energy utilization was the greatest GHG emission, accounting for 60% of total emissions, followed by GHG emissions that were emitted from chemical utilization, and the water utilization processes. An average of four years of GHG emissions had per unit of product at 9.04 kg CO_{2eq}/kg of product. Regarding GHG emissions from energy utilization in the main production process, it was found that the dyeing process accounted for 45.15% of the total GHG emissions than other processes, followed by the preparation and finishing processes, respectively. The major of the energy utilization that produces GHG emissions was natural gas which accounts for 70% of total emissions, followed by electricity and fuel oil, respectively. However, mitigation options for the textile dyeing processes in Samut Prakan province improved the production process effectively, changing energy to clean energy, and chemical utilization to reduce the GHG emission factor.

Keyword : GHG emissions, textile industry, mitigation options

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การประเมินการปลดปล่อยและแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้า ประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ และการสนับสนุนเป็นอย่างดียิ่ง

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.พงษ์เทพ หาญพัฒนากิจ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์หลัก และผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.มณฑิรา ยุติธรรม อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ร่วม ที่เสียสละเวลาช่วยเหลือ และให้คำปรึกษา รวมไปถึงคำแนะนำในการทำปริญญานิพนธ์ตลอดระยะเวลาการศึกษาของข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ รองศาสตรจารย์ ดร.สิรินทรเทพ เต้าประยูร ประธานสอบปริญญานิพนธ์ อาจารย์ ดร.ศุภิกา วานิชชัง กรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ที่ทำให้ปริญญานิพนธ์เล่มนี้มีความถูกต้องแม่นยำ และสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ คุณสุวิทย์ นิธิธรรมรุจน์ และทีมงานแผนก ESH&ISO&PLQA บริษัท ไทยนำศิริอินเตอร์เท็กซ์ จำกัด ที่อำนวยความสะดวกในการช่วยเหลือในการทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ผู้ศึกษาหวังว่าปริญญานิพนธ์เล่มนี้จักเป็นประโยชน์สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้ที่สนใจศึกษาประเด็นนี้ต่อไป

จิระพงษ์ ชนะภู

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูปภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ 4

1.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย 5

1.6 สมมติฐานของการวิจัย 6

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6

บทที่ 2 การทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

2.1 ภาวะโลกร้อน และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 7

2.2 โครงสร้างอุตสาหกรรมสิ่งทอ 11

2.2.1 อุตสาหกรรมต้นน้ำ (Upstream) 11

2.2.2 อุตสาหกรรมกลางน้ำ (Midstream) 11

2.2.3 อุตสาหกรรมปลายน้ำ (Downstream) 14

2.3 สถิติอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม 17

2.3.1 จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอในประเทศไทย 17
2.3.2 จำนวนคนงานของโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอในประเทศไทย 18
2.3.3 ปริมาณการผลิตสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มในประเทศไทย 19
2.3.4 ปริมาณการผลิตสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มในประเทศไทย 20
2.3.5 ประเทศผู้นำในการส่งออกสิ่งทอของโลก 21
2.3.6 ประเทศผู้นำในการส่งออกเครื่องนุ่งห่มของโลก 22
2.3.7 จำนวนโรงงานแยกตามประเภทโรงงานอุตสาหกรรม 23
2.4 ข้อมูลพื้นฐานจังหวัดสมุทรปราการ 26
2.4.1 ข้อมูลด้านกายภาพ 26
2.4.2 ข้อมูลด้านเศรษฐกิจ 28
2.4.3 ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อม 30
2.4.4 ข้อมูลด้านสังคม 30
2.5 การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมสิ่งทอ 32
2.5.1 การกำหนดขอบเขตของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 32
2.5.2 การคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 34
2.5.3 ค่าเริ่มต้นสัมประสิทธิ์ของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 40
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 45
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 48
3.1 พื้นที่การศึกษา 48
3.2 กระบวนการย้อมผ้า 49
3.2.1 กระบวนการเตรียม (Preparation Process) 50
3.2.2 กระบวนการย้อม (Dyeing Process) 51
3.2.3 กระบวนการตกแต่งสำเร็จ (Finishing Process) 52

3.3 การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 53
3.3.1 การกำหนดขอบเขต 53
3.3.2 การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 55
3.3.3 ระยะเวลาในการดำเนินการ 60
บทที่ 4 ผลการศึกษา 62
ผลลัพธ์ของการศึกษาการประเมินการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้าในจังหวัดสมุทรปราการ 62
ผลลัพธ์ของการศึกษาการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานของกระบวนการย้อมผ้าในจังหวัดสมุทรปราการ 68
ผลลัพธ์ของการศึกษาหาแนวทางในการลดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้าในจังหวัดสมุทรปราการ 72
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 75
สรุปผลการวิจัย 75
อภิปรายผลการวิจัย 77
ข้อเสนอแนะ 79
บรรณานุกรม 80
ประวัติผู้เขียน 85

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 ชนิดของก๊าซเรือนกระจก และแหล่งที่มาของก๊าซเรือนกระจก 8

ตาราง 2 ก๊าซเรือนกระจก อายุในชั้นบรรยากาศ และศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน 9

ตาราง 3 จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอในประเทศไทยปี พ.ศ.2557 - 2562 18

ตาราง 4 จำนวนคนงานของโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอในประเทศไทยปี พ.ศ.2557 - 2562..... 19

ตาราง 5 ปริมาณการผลิตสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มในประเทศไทยปี พ.ศ.2557 - 2562 (หน่วย พันตัน) 20

ตาราง 6 การส่งออกสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มแยกตามชนิดผลิตภัณฑ์ในประเทศไทยปี พ.ศ.2558 - 2562 (หน่วยตัน) 21

ตาราง 7 ประเทศผู้นำในการส่งออกสิ่งทอของโลกปี พ.ศ.2557 - 2561 (ร้อยละ)..... 22

ตาราง 8 ประเทศผู้นำในการส่งออกเครื่องนุ่งห่มของโลกปี พ.ศ.2557 - 2561 (ร้อยละ) 23

ตาราง 9 สถิติสะสมจำนวนโรงงานที่ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการลำดับที่ 22 ปี พ.ศ.2563... 24

ตาราง 10 สถิติสะสมจำนวนโรงงานที่ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการลำดับที่ 22 จังหวัดสมุทรปราการ ปี พ.ศ.2563 25

ตาราง 11 ผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัดสมุทรปราการ ณ ราคาประจำปี 28

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 ปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect)..... 9

ภาพประกอบ 2 ความเข้มข้นในชั้นบรรยากาศของก๊าซเรือนกระจก..... 10

ภาพประกอบ 3 กราฟแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยของโลก..... 10

ภาพประกอบ 4 กระบวนการผลิตในกิจการฟอกย้อม..... 15

ภาพประกอบ 5 การใช้พลังงานในกระบวนการฟอกย้อม..... 16

ภาพประกอบ 6 โครงสร้างอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม..... 17

ภาพประกอบ 7 แผนที่เขตอุตสาหกรรมในจังหวัดสมุทปราการ..... 27

ภาพประกอบ 8 พื้นที่ศึกษางานวิจัย โรงงานย้อมผ้า ตำบลบางปูใหม่ อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ..... 49

ภาพประกอบ 9 แผนผังกระบวนการผลิตโรงงานย้อมผ้า ตำบลบางปูใหม่ อำเภอเมือง สมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ..... 50

ภาพประกอบ 10 กระบวนการเตรียม (Preparation Process)..... 51

ภาพประกอบ 11 กระบวนการย้อมผ้า (Dyeing Process)..... 52

ภาพประกอบ 12 กระบวนการตกแต่งสำเร็จ (Finishing Process)..... 53

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ภาวะโลกร้อน (Global Warming) กลายเป็นคำพูดสำคัญสำหรับหลายประเทศทั่วโลกในปัจจุบัน สิ่งนี้เป็นปรากฏการณ์ที่อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโลก และผืนมหาสมุทรมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นกว่าค่าเฉลี่ยของสภาพภูมิอากาศในอดีตนับจากยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม จากหลักฐานทางวิทยาศาสตร์เชื่อว่าเกิดจากการสะสมของก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases: GHG_S) ในชั้นบรรยากาศมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งประกอบไปด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC_S) เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC_S) ซัลเฟอรเฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) และไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF_3) จากผลกระทบของปัญหาภาวะโลกร้อนในปัจจุบัน ทำให้มีการหารือแนวทางในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวในระดับประเทศทั่วโลก สำหรับปริมาณก๊าซเรือนกระจกของแต่ละชนิดที่อยู่ในชั้นบรรยากาศของโลก พบว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีปริมาณมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 76 อันเกิดมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นส่วนใหญ่ ประกอบด้วย น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน ประมาณ ร้อยละ 65 การใช้ที่ดิน และป่าไม้ประมาณร้อยละ 11 ตามด้วยมีเทน ร้อยละ 16 ไนตรัสออกไซด์ ร้อยละ 6 และกลุ่มไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ และไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ ร้อยละ 2 ตามลำดับ([1]) การสะสมของก๊าซเรือนกระจกเหล่านี้เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องในชั้นบรรยากาศ และส่งผลต่ออุณหภูมิโลกให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างกระทันหัน โดยเหตุการณ์เหล่านี้เรียกว่าปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse effect) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์หนึ่งที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน จนนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระดับภูมิภาค และระดับโลก([2]) ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ด้านสภาพภูมิอากาศร้อยละ 97 เห็นด้วยว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกำลังเกิดขึ้นมีการขับเคลื่อนจากกิจกรรมของมนุษย์เป็นหลัก([3]) และจากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์ พบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ ซึ่งหมายความว่าถ้าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นจะทำให้อุณหภูมิโลกเพิ่มขึ้นด้วย ความสัมพันธ์ดังกล่าว ปัจจุบันถูกได้ถูกพิสูจน์แล้วว่าเป็นความจริง เพราะว่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้นนับตั้งแต่ยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม ผลกระทบที่เกิดขึ้นอย่างชัดเจนจากการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในปัจจุบัน ได้แก่ การเกิดเหตุการณ์สภาพอากาศที่รุนแรงบ่อยครั้งขึ้น ประกอบไปด้วย คลื่นความร้อน ภัยแล้ง และน้ำท่วม เหตุการณ์ฝนตกหนัก และการสูญพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต([4])

ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ประเทศจีนได้ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดเป็นอันดับหนึ่งของโลก อันเนื่องมาจากการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ และการเปิดประเทศ([5]) โดยได้แซงหน้าอย่างประเทศสหรัฐอเมริกาที่เคยเป็นผู้ก่อกำเนิดก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดในโลกเป็นระยะเวลาอันยาวนาน โดยประเทศจีนมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ.2562 เท่ากับ 10,541 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ตามด้วยประเทศสหรัฐอเมริกา กลุ่มสหภาพยุโรป อินเดีย รัสเซีย และญี่ปุ่น มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม เท่ากับ 5,335, 3,415, 2,342, 1,766 และ 1,279 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ตามลำดับ สำหรับประเทศไทยมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมเท่ากับ 271 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ถึงแม้จะเป็นประเทศที่ปลดปล่อยไม่มากแต่อยู่ในระดับใกล้เคียงค่าเฉลี่ยปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อประชากร([6]) ซึ่งปัจจุบันการเติบโตทางเศรษฐกิจ และการเพิ่มขึ้นของประชากรโลกยังคงเป็นปัจจัยสำคัญที่ผลักดันการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยเฉพาะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิลในภาคอุตสาหกรรม และกระบวนการผลิตต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสินค้าในภาคอุตสาหกรรม ภาคอุตสาหกรรมหนึ่งในนั้นคือ ภาคอุตสาหกรรมสิ่งทอซึ่งในปัจจุบันยังคงเป็นอุตสาหกรรมที่มีความต้องการของประชากรทั่วโลก และการปลดปล่อยมลพิษในภาคอุตสาหกรรมสิ่งทอนั้นได้ถูกกล่าวถึงว่าเป็นหนึ่งในผู้ผลิตก๊าซเรือนกระจกรายใหญ่ที่สุดในโลก และได้รับการรายงานว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดต่อหนึ่งหน่วยผลิตภัณฑ์ จากการประเมินภาคอุตสาหกรรมสิ่งทอได้มีการระบุว่ามีการปล่อยปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณ 1.7 พันล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี และเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญของการเกิดภาวะโลกร้อน([7]) โดยการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรมสิ่งทอนั้นคิดเป็นร้อยละ 10 ของการปลดปล่อยมลพิษทั่วโลก และเป็นผู้ก่อมลพิษทางอุตสาหกรรมรายใหญ่เป็นอันดับ 2 รองจากภาคอุตสาหกรรมน้ำมัน([8])

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเทศไทย โดยวิเคราะห์จากการใช้พลังงาน ปัจจุบันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหลังจากภาวะเศรษฐกิจตกต่ำเมื่อปี พ.ศ.2541 จากการประมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ประมาณ 145.5 ล้านตันคาร์บอนไดออกด์เทียบเท่า ซึ่งเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 263.4 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในปี พ.ศ.2561 หรือเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 3.0 ต่อปี ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณการใช้พลังงานของประเทศที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย ร้อยละ 3.7 ต่อปี โดยในปี พ.ศ.2562 ที่ผ่านมา การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงาน ถ้าแยกตามภาคเศรษฐกิจของประเทศไทย พบว่าภาคอุตสาหกรรมที่มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณร้อยละ 28 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมทั้งประเทศ ซึ่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกส่วนใหญ่มาจากภาคอุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานสูง ประกอบไปด้วย ภาคอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะพื้นฐาน

สิ่งทอ อิเล็กทรอนิกส์ และยานยนต์ เป็นต้น ซึ่งเชื้อเพลิงหลักที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประกอบไปด้วย น้ำมันสำเร็จรูป ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน/ลิกไนต์ โดยในปี พ.ศ.2562 น้ำมันสำเร็จรูปมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด รองลงมาคือ ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน/ลิกไนต์คิดเป็น ร้อยละ 39, 33 และ 28 ตามลำดับ การใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมสิ่งทอของประเทศไทยในปัจจุบันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี โดยในปี พ.ศ.2560 พบว่ามีการใช้พลังงานอยู่ที่ 959 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ จำแนกออกเป็นการใช้พลังงานจากไฟฟ้าประมาณร้อยละ 56 ซึ่งมีสัดส่วนมากกว่าครึ่ง ตามด้วยพลังงานจากการใช้ถ่านหิน ร้อยละ 25 น้ำมันสำเร็จรูป ร้อยละ 10 และก๊าซธรรมชาติ ร้อยละ 8 ส่วนอีก ร้อยละ 1 มาจากการใช้พลังงานหมุนเวียน([9])

ดังนั้น การศึกษาการประเมินการปลดปล่อยและแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้าจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการศึกษาแนวทางการการลดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้า ซึ่งกระบวนการย้อมผ้าเป็นกระบวนการกลางน้ำที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด([5]) อย่างไรก็ตาม การศึกษางานวิจัยในเรื่องดังกล่าวยังมีข้อมูลค่อนข้างจำกัด เนื่องจากมีกระบวนการผลิตที่ซับซ้อน และต้องอาศัยข้อมูลที่มีความละเอียดในแต่ละกระบวนการผลิตของกระบวนการย้อมผ้า การศึกษาโรงงานย้อมผ้าแห่งนี้จึงสามารถใช้เป็นตัวแทนของกระบวนการย้อมผ้า เพื่อใช้ในการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระดับล่างสู่บนและสามารถใช้เป็นค่ากลางการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor) ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการย้อมผ้าของประเทศไทยที่มีความถูกต้อง และแม่นยำ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการปลดปล่อยและเสนอแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้าในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งวัตถุประสงค์ไว้ดังนี้

1 เพื่อประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงงานย้อมผ้าในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ

2 เพื่อเสนอแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากโรงงานย้อมผ้าในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

พื้นที่ศึกษาการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้า ผู้ศึกษาได้ดำเนินการวิจัย ณ บริษัท ไทยนำศิริ อินเตอร์เท็กซ์ จำกัด (โรงงานย้อมผ้า) เป็นโรงงานประเภทที่

22 (3) หมายความว่า เป็นโรงงานประเภทการฟอก ย้อมสี หรือแต่งสำเร็จด้ายหรือสิ่งทอ โรงงานตั้งอยู่นอกนิคมอุตสาหกรรม ตำบลบางปูใหม่ อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้า ซึ่งประกอบด้วย ช่วงการได้มาของวัตถุดิบ และช่วงการผลิต โดยการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้า ผู้ศึกษาได้รวบรวมข้อมูลแบบทุติยภูมิ (Secondary data) จากกระบวนการผลิตหลัก (Core process) หรือขั้นการผลิตกระบวนการผลิตผ้าผืนสำเร็จ จากนั้น นำข้อมูลข้างต้นมาประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้าโดยอ้างอิงวิธีการคำนวนจาก IPCC 2006: Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories ซึ่งหน่วยที่ใช้ในการศึกษาแสดงเป็นกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kg CO_{2eq}) ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษางานวิจัยเป็นข้อมูลทุติยภูมิตั้งแต่เดือนมกราคมปี พ.ศ.2561 ถึงเดือนธันวาคมปี พ.ศ.2564 ระยะเวลาในการศึกษางานวิจัยนี้เริ่มตั้งแต่เดือนมกราคมปี พ.ศ.2564 ถึงเดือนมิถุนายนปี พ.ศ.2565

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

สิ่งทอ (textile) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากเส้นใย เส้นด้าย รวมไปถึงผ้า ซึ่งหมายถึง เส้นใย เส้นด้าย หรือผ้า

ผ้าผืน (fabric) เป็นวัสดุที่มีลักษณะเป็นแผ่นแบน เกิดจากกระบวนการผลิตโดยใช้สารละลาย เส้นใย เส้นด้าย หรือวัสดุพื้นฐานข้างต้นนี้รวมกัน

ผ้าดิบ (loom state fabric) หมายถึง ผ้าผืนดิบก่อนที่จะนำเข้าสู่กระบวนการเตรียมผ้า การย้อมสี หรือกระบวนการทางเคมีอื่น ๆ

ผ้าทอ (woven fabrics) เป็นผ้าที่เกิดจากกระบวนการทอโดยใช้เครื่องทอผ้า โดยมีเส้นยืน และเส้นพุ่งที่ทอขัดในแนวตั้งฉากกัน ซึ่งจุดที่เส้นทั้งสองสอดประสานกันจะเป็นจุดที่เส้นด้ายเปลี่ยนตำแหน่งจากด้านหนึ่งของผ้าไปด้านตรงข้าม

ผ้าถัก (knitted fabrics) เป็นผ้าที่เกิดจากการใช้เข็ม (needles) ถักเพื่อให้เกิดเป็นห่วงถักของด้ายที่มีการสอดขัดกัน (interlocking loops) โดยจะมีแถวห่วงถักที่อยู่แนวตั้ง (wales) และแถวห่วงถักที่อยู่ในแนวนอน (courses)

การขจัดสิ่งสกปรก (scouring) เป็นกระบวนการขจัดสิ่งสกปรกสิ่งแปลกแปลมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบของเส้นใย ได้แก่ ไขมัน ขี้ผึ้ง น้ำมัน และสิ่งสกปรกอื่น ๆ ออกจากวัสดุสิ่งทอโดยไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง หรือสูญเสียคุณสมบัติเชิงเส้นใย ซึ่งการขจัดสิ่งสกปรกจะทำให้เส้นใยสามารถดูดซึมสีย้อม หรือสารตกแต่งสิ่งทอได้ดีขึ้น และมีความสม่ำเสมอ มักใช้การทำปฏิกิริยาด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ หรือสารละลายด่าง ซึ่งปกติจะใช้โซเดียมคาร์บอเนต หรือโซเดียม-

ไฮดรอกไซด์ และสารที่มีคุณสมบัติลดแรงตึงผิวได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเส้นใยที่ต้องการทำความสะอาด

การย้อม (dyeing) เป็นกระบวนการการให้สี และผนึกสีย้อมลงในวัสดุ หรือสิ่งทอ เพื่อให้เกิดการกระจายตัวของสีย้อมไปยังวัสดุสิ่งทออย่างสม่ำเสมอ

การตกแต่งสำเร็จ (finishing) เป็นกระบวนการปรับปรุง เปลี่ยนแปลง หรือเพิ่มเติมคุณสมบัติให้แก่ผ้าผืน([10])

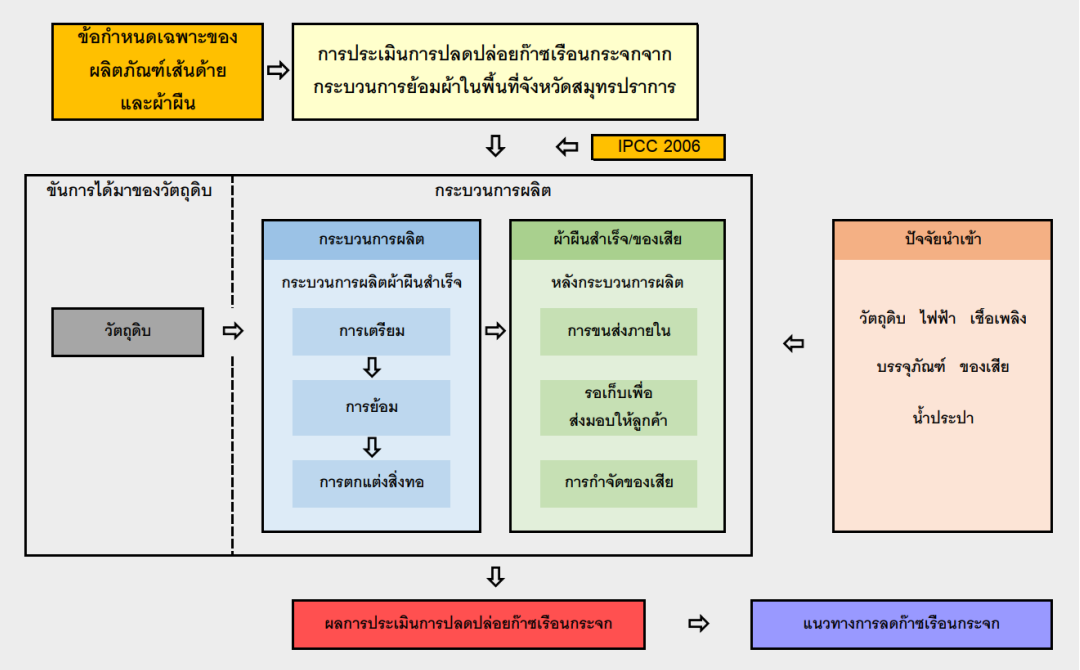
กระบวนการสนับสนุน (supporting) หมายถึง กระบวนการที่สนับสนุนกระบวนการผลิตสิ่งทอ ได้แก่ การผลิตไอน้ำ การซ่อมบำรุง การปรับปรุงคุณภาพน้ำ การบำบัดน้ำเสีย การขนส่งระหว่างกระบวนการผลิต เป็นต้น

การดำเนินการธุรกิจแบบปกติ (business as usual: BAU) หมายถึง การดำเนินธุรกิจโดยปกติ ที่ไม่มีมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตสิ่งทอ

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม (optimal technology application: OTA) หมายถึง มาตรการทางเลือกของการลดก๊าซเรือนกระจก คือการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัย และเหมาะสมไปประยุกต์ใช้กับกระบวนการผลิตสิ่งทอ

1.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย

กรอบแนวคิดในการวิจัย (Conceptual framework) สำหรับการศึกษาการประเมินการปลดปล่อยและแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้า ได้ดำเนินการ ณ บริษัท ไทยนำศิริ อินเตอร์เท็กซ์ จำกัด (โรงงานย้อมผ้า) ตั้งอยู่ที่ตำบลบางปูใหม่ อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งกระบวนการผลิตหลักของโรงงานแห่งนี้ประกอบไปด้วย 3 กระบวนการ ได้แก่ กระบวนการเตรียม (Preparation) กระบวนการย้อม (Dyeing) และกระบวนการตกแต่งสำเร็จ (Finishing) การศึกษานี้รวมถึงกระบวนการสนับสนุน (Supporting) การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้า แบ่งออกเป็นช่วงการได้มาของวัตถุดิบ และช่วงการผลิต ได้อ้างอิงคู่มือจากข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์เส้นด้ายและผ้าผืน (Guideline for PCR “Yarn thread and textile fabrics”) จากนั้นดำเนินการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้าอ้างอิงตามคู่มือตาม IPCC 2006: Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Standard หน่วยของการรายงานผลจะแสดงเป็นกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kg CO_{2eq}) ผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้าจะนำไปหาแนวทาง หรือมาตรการในการลดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้าต่อไป (ภาพประกอบ 1)



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย (Conceptual framework)

1.6 สมมติฐานของการวิจัย

ถ้าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมสิ่งทอมีความสำคัญต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศแล้ว ดังนั้น ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมสิ่งทอของประเทศไทยมีความสำคัญต่อการจัดทำแผนการลดก๊าซเรือนกระจกในอนาคต

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.ด้านวิชาการ เป็นองค์ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้า ความรู้ที่ได้จากการศึกษาจะนำไปเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ และตีพิมพ์ผลงานวิจัยในวารสารวิชาการทั้งระดับชาติและนานาชาติเพื่อแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ และการพัฒนาศักยภาพงานวิจัยด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการหาแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรมสิ่งทอ

2.ด้านนโยบาย เพื่อเป็นรากฐานของการพัฒนาศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้าด้านสังคมและชุมชน เพื่อช่วยตอบสนองนโยบายของทางภาครัฐในการจัดการทำบัญชีก๊าซเรือนกระจก และเสนอแนวทางในการลดก๊าซเรือนกระจกเพื่อป้องกันผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกในอนาคต

บทที่ 2
การทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษางานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษา ทบทวนเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้นำเสนอตามหัวข้อ ดังต่อไปนี้

2.1 ภาวะโลกร้อน และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

2.2 โครงสร้างอุตสาหกรรมสิ่งทอ

2.3 สถิติอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม

2.4 ข้อมูลพื้นฐานจังหวัดสมุทรปราการ

2.5 การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ภาวะโลกร้อน และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ภาวะโลกร้อน (Global warming) คือการที่อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโลก และผืนมหาสมุทรเพิ่มสูงขึ้น มีสาเหตุหลักมาจากการสะสมของก๊าซเรือนกระจกที่อยู่ในชั้นบรรยากาศจนเกินความสมดุล เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC_S) ก๊าซเปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC_S) ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะ-ฟลูออไรด์ (SF_6) และก๊าซไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF_3) เป็นต้น ในบรรดาก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ปล่อยสู่บรรยากาศ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณมากที่สุดประมาณร้อยละ 76 โดยแบ่งเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน คิดเป็นร้อยละ 65 และเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน และป่าไม้คิดเป็น ร้อยละ 11 รองลงมาเป็นก๊าซมีเทน ร้อยละ 16 ก๊าซไนตรัสออกไซด์คิดเป็น ร้อยละ 6 และอีก ร้อยละ 2 เป็นกลุ่มก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน ซัลเฟอร์เฮกซะ-ฟลูออไรด์ และไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1) โดยปกติแล้วก๊าซเหล่านี้จะอยู่ในชั้นบรรยากาศของโลกเพื่อทำหน้าที่ห่อหุ้มโลกเอาไว้ คล้ายกับเรือนกระจก (Green house) เป็นเกราะกำบังกรองความร้อนที่ผ่านมายังพื้นผิวโลก ในขณะเดียวกันก็ทำหน้าที่กักเก็บความร้อนบางส่วนเอาไว้เพื่อทำให้อุณหภูมิของโลกมีความสมดุลเหมาะสำหรับการดำรงชีวิต ปัจจุบันก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศมีปริมาณสะสมที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีสาเหตุหลักมาจากการกระทำกิจกรรมของมนุษย์บนโลก จนทำให้รังสีจากดวงอาทิตย์ที่แผดส่องมายังโลกไม่สามารถสะท้อนกลับออกไปได้ เพราะรังสีถูกก๊าซเรือนกระจกที่มีปริมาณการสะสมเป็นจำนวนมากบดบังไว้

จึงเรียกปรากฏการณ์แบบนี้ว่า ปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse effect) ซึ่งหมายความว่า ความร้อนที่มีการสะสมอยู่ในโลกไม่สามารถสะท้อนกลับออกไปนอกโลกได้ เนื่องจากถูกบังโดยก๊าซเรือนกระจก จึงทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโลก รวมไปถึงชั้นบรรยากาศมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น จนเกิดเป็นภาวะโลกร้อน หรือภาวะโลกรวน (ตารางที่ 2) และการที่อุณหภูมิเฉลี่ยบนโลกสูงขึ้นเช่นนี้ สาเหตุที่อาจจะตามมาก็คือ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ผิดปกติจากเดิมที่เคยเป็นอยู่ หรือหมายถึงมีสภาพภูมิอากาศที่มีการแปรปรวนมากขึ้น (ภาพประกอบที่ 2)([2])

ตาราง 1 ชนิดของก๊าซเรือนกระจก และแหล่งที่มาของก๊าซเรือนกระจก

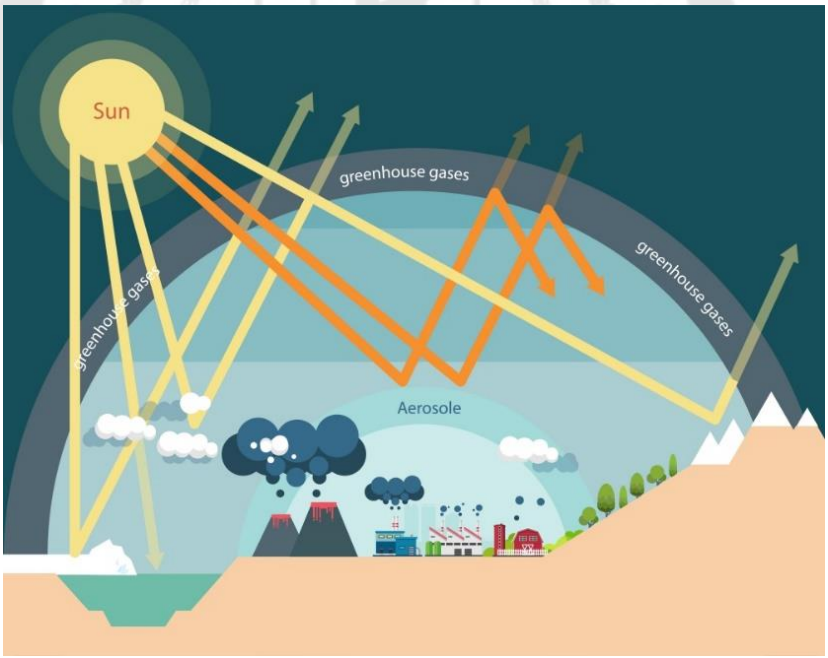
ชนิดของก๊าซเรือนกระจก	แหล่งที่มาของก๊าซเรือนกระจก
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิล ได้แก่ น้ำมัน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ ในกระบวนการผลิตของภาคอุตสาหกรรม การคมนาคมขนส่ง การผลิตไฟฟ้า รวมถึงการเผาป่า
ก๊าซมีเทน (CH_4)	เกิดจากการย่อยสลายของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ บริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำ (Swamp/Wetland) กิจกรรมของมนุษย์ เช่น การเกษตร การฝังกลบขยะ การทำเหมืองแร่ การผลิตถ่านหิน ฯลฯ
ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O)	เกิดจากการทำการเกษตร ปศุสัตว์ การย่อยสลายของซากพืช และซากสัตว์ การใช้ปุ๋ยที่มีองค์ประกอบของไนโตรเจน การเผาไหม้เชื้อเพลิงในภาคพลังงาน ฯลฯ
ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC_S)	สารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศ อุตสาหกรรมโฟม และสารดับเพลิง
ก๊าซเปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC_S)	การหลอมอลูมิเนียม และการผลิตสารกึ่งตัวนำไฟฟ้า
ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6)	ฉนวนไฟฟ้าป้องกันการเกิดประกายไฟจากอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง หรือช่วยระบายความร้อนจากอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง กระบวนการผลิตยางรถยนต์
ก๊าซไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF_3)	อุตสาหกรรมผลิตวงจรไฟฟ้า อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ หรือแผงวงจรขนาดเล็กสำหรับคอมพิวเตอร์ เช่น โซลาร์เซลล์ จอแอลซีดี โทรศัพท์มือถือ ฯลฯ

ที่มา: กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม([2])

ตาราง 2 ก๊าซเรือนกระจก อายุในชั้นบรรยากาศ และศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน

ก๊าซเรือนกระจก	อายุในชั้นบรรยากาศ (ปี)	ศักยภาพในการทำให้เกิภาวะโลกร้อน (เท่าของคาร์บอนไดออกไซด์)
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	5 – 200	1
มีเทน (CH_4)	12	25
ไนตรัสออกไซด์ (N_2O)	114	298
ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC_S)	1.4 – 270	124 – 14,800
เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC_S)	10,000 – 50,000	7,390 – 12,200
ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6)	3,200	22,800
ไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF_3)	740	17,200

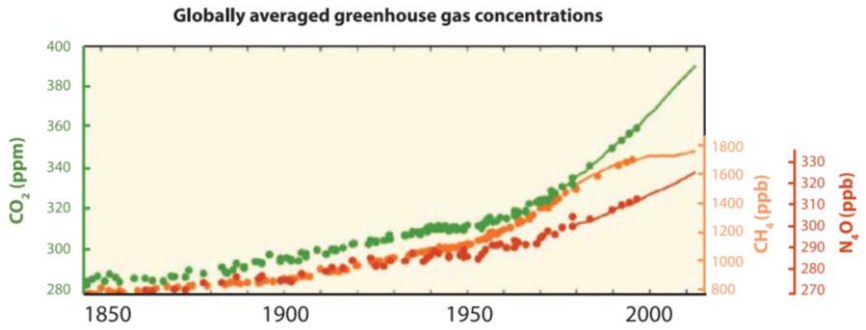
ที่มา: กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม([2])



ภาพประกอบ 1 ปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect)

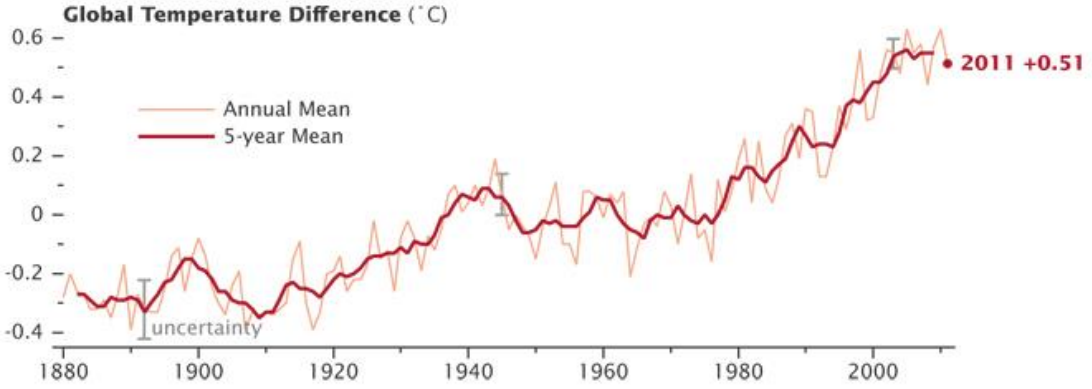
ที่มา: shutterstock.com([11])

การศึกษาของนักวิทยาศาสตร์กล่าวว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกมีนัยความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ หากความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 เพิ่มขึ้นจะทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นด้วยดังภาพประกอบที่ 3 และ 4 ปัจจุบันการศึกษาดังกล่าวถูกพิสูจน์แล้วว่าเป็นความจริง เพราะความเข้มข้นของ CO_2 ที่สะสมในชั้นบรรยากาศเพิ่มสูงขึ้นหลังการปฏิวัติอุตสาหกรรม ผลของการเปลี่ยนแปลงนี้ทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศไปทั่วโลก([2])



ภาพประกอบ 2 ความเข้มข้นในชั้นบรรยากาศของก๊าซเรือนกระจก

ที่มา: IPCC Fifth Assessment Synthesis report Summary for Policy Markers([12])



ภาพประกอบ 3 กราฟแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยของโลก

ที่มา: NASA's Goddard Insttute for Space Studies([13])

2.2 โครงสร้างอุตสาหกรรมสิ่งทอ

ภาคอุตสาหกรรมสิ่งทอของประเทศไทยเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่มีขนาดใหญ่ของประเทศ ซึ่งยังแยกออกเป็นอุตสาหกรรมย่อยอีกมากมาย โครงสร้างอุตสาหกรรมสิ่งทอของประเทศไทย หากแยกตามมิติด้านการตลาด สามารถแบ่งประเภทอุตสาหกรรมออกเป็น 3 กลุ่ม ประกอบไปด้วย อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม และอุตสาหกรรมหัตถกรรมและเครื่องนุ่งห่ม ถ้าจำแนกตามโครงสร้าง กระบวนการผลิต และขั้นตอนการผลิตตามห่วงโซ่อุปทาน อุตสาหกรรมสิ่งทอจำแนกออกเป็น 3 อุตสาหกรรมหลัก ได้แก่ อุตสาหกรรมต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ ([14])

2.2.1 อุตสาหกรรมต้นน้ำ (Upstream)

อุตสาหกรรมกลางน้ำ หรือเรียกอีกอย่างว่าอุตสาหกรรมขั้นต้น เป็นอุตสาหกรรมสิ่งทอกระบวนการแรกของอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม กระบวนการจะเริ่มต้นจากการผลิตเส้นใย สามารถแบ่งออกตามลักษณะของการผลิตเส้นใยออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.2.1.1 อุตสาหกรรมเส้นใยธรรมชาติ (Natural Fiber)

อุตสาหกรรมเส้นใยธรรมชาติ ประกอบไปด้วย เส้นใยฝ้าย ไหม ขนสัตว์ และเส้นใยพืชอื่น ๆ ส่วนใหญ่เป็นวัตถุดิบที่นำเข้าจากต่างประเทศ โดยเฉพาะเส้นใยฝ้าย จะเป็นนำเข้ามาจากประเทศสหรัฐอเมริกา ประเทศอินเดีย และประเทศจีน([14])

2.2.1.2 อุตสาหกรรมเส้นใยสังเคราะห์ (Synthetic Fiber)

อุตสาหกรรมเส้นใยสังเคราะห์ เกิดจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยสารเคมี การผลิตเส้นใยสังเคราะห์แบ่งออกได้ 4 ประเภท ได้แก่ โพลีเอสเตอร์ ไนลอน อะครีลิก และเรยอน โดยเส้นใยโพลีเอสเตอร์เป็นวัตถุดิบที่สำคัญเป็นอย่างมากในอุตสาหกรรมสิ่งทอ และกำลังการผลิตก็มากที่สุด อย่างไรก็ตาม อุตสาหกรรมเส้นใยสังเคราะห์ดังกล่าวทั้งหมดนี้เป็นอุตสาหกรรมที่ต้องใช้เม็ดเงินลงทุนสูง (capital Intensive) เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่ต้องใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยเป็นอย่างมาก และส่วนใหญ่แล้วจะเป็นการนำเข้าจากต่างประเทศเสียส่วนใหญ่ ดังนั้นผู้ประกอบการในกลุ่มอุตสาหกรรมนี้ส่วนใหญ่จะเป็นบริษัทที่มีการร่วมทุนกับต่างประเทศ([14])

2.2.2 อุตสาหกรรมกลางน้ำ (Midstream)

อุตสาหกรรมกลางน้ำ หรืออุตสาหกรรมชั้นกลาง เป็นกลุ่มอุตสาหกรรมสิ่งทอที่ต้องอาศัยวัตถุดิบจากอุตสาหกรรมต้นน้ำ โดยนำวัตถุดิบมาผ่านกระบวนการเพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ด้วยกิจกรรมการทอผ้า การถักผ้า การฟอก การย้อม การพิมพ์ และตกแต่งสำเร็จ ซึ่งอุตสาหกรรมสิ่งทอกลางน้ำ ประกอบด้วยดังนี้

2.2.2.1 อุตสาหกรรมปั่นด้าย (Spinning)

อุตสาหกรรมปั่นด้าย เป็นอุตสาหกรรมที่นำเส้นใยมาปั่นเป็นเส้นด้าย ซึ่งอุตสาหกรรมปั่นด้ายของประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นการผลิตเส้นด้ายใยสังเคราะห์ เนื่องจากใยฝ้ายเป็นวัตถุดิบจากธรรมชาติที่ต้องอาศัยสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมของประเทศ ประเทศไทยจึงมักประสบกับปัญหาด้านคุณภาพและปริมาณการผลิตของฝ้ายไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด โดยปัญหาหลักจะเป็นเรื่องของการขาดวัตถุดิบระหว่างการผลิต ขณะที่เส้นด้ายจากใยสังเคราะห์จะมีกระบวนการผลิตโดยใช้ผลิตภัณฑ์จากปิโตรเคมีเข้ามาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเส้นใย เช่น การใช้คาโปแลคตรัมในการผลิตเส้นใยไนล่อน เป็นต้น ดังนั้น การผลิตเส้นใยสังเคราะห์จึงเป็นอุตสาหกรรมที่เน้นการใช้เทคโนโลยี และเครื่องจักรเป็นหลักมากกว่าแรงงานคน เทคโนโลยีและเครื่องจักรส่วนใหญ่ก็จะเป็นการนำเข้าจากต่างประเทศ รวมไปถึงวัตถุดิบที่เป็นเส้นใยคุณภาพสูงก็มีการนำเข้าจากต่างประเทศเช่นกัน เนื่องจากอุตสาหกรรมเส้นใยสังเคราะห์ของประเทศไทยยังไม่ได้รับการพัฒนาเท่าที่ควรจึงส่งผลให้ประสิทธิภาพในการผลิตอยู่ในเกณฑ์ที่ค่อนข้างต่ำ การนำเข้าเส้นใยคุณภาพสูงจากต่างประเทศ ได้แก่ ญี่ปุ่น ไต้หวัน และสหรัฐอเมริกา เป็นต้น

ระบบการปั่นด้ายที่นิยมใช้ทั่วไปมีด้วยกันอยู่ 2 ระบบ ประกอบไปด้วย

(1) ระบบการปั่นด้ายระบบวงแหวน (Ring-spinning)

ระบบการปั่นด้ายระบบวงแหวนเป็นเครื่องจักรที่มีระบบการทำงานที่ทันสมัยที่สุด แต่ผู้ประกอบการส่วนใหญ่ยังใช้เครื่องจักรรุ่นเก่าที่ล้าสมัยอยู่ ทำให้เส้นด้ายที่ผลิตได้มีคุณภาพต่ำและมีการสูญเสียวัตถุดิบในกระบวนการผลิตสูง

(2) ระบบปลายเปิด (Open-end spinning)

ระบบปลายเปิดเป็นระบบการทำงานที่ปั่นด้ายด้วยความเร็วรอบสูงกว่าระบบวงแหวน แต่เหมาะกับสำหรับอุตสาหกรรมปั่นด้ายขนาดใหญ่ และใช้เงินลงทุนเป็นจำนวนมาก([14])

2.2.2.2 อุตสาหกรรมทอผ้า (Weaving)

อุตสาหกรรมทอผ้า จัดว่าเป็นอุตสาหกรรมขั้นกลาง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอุตสาหกรรมนี้จะประกอบไปด้วย ผ้าทอ และผ้าถัก ซึ่งผ้าทอสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดตามวัตถุดิบของการผลิต คือผ้าทอจากฝ้าย และผ้าทอจากใยสังเคราะห์ ผ้าทอจากใยสังเคราะห์จะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับผ้าทอฝ้าย และมีคุณสมบัติบางอย่างที่ดีกว่า ทั้งในด้านความยืดหยุ่น ความทนทาน น้ำหนัก และที่สำคัญมีราคาต่ำกว่าผ้าทอฝ้าย วัตถุดิบหลักของอุตสาหกรรมทอผ้า ได้แก่ เส้นด้าย ซึ่งแหล่งนำเข้าหลักของประเทศไทยประกอบไปด้วย ไต้หวัน ญี่ปุ่น อินโดนีเซีย และเกาหลี

เนื่องจากอุตสาหกรรมทอผ้าอาศัยการใช้แรงงานที่สูง และการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศ ดังนั้น ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมทอผ้าในปัจจุบันจึงประสบกับปัญหาด้านต้นทุนการผลิตที่สำคัญ 2 ประการ ได้แก่ ปัจจัยด้านต้นทุนค่าจ้างแรงงาน และต้นทุนการนำเข้าเส้นด้ายจากต่างประเทศ([14])

2.2.2.3 อุตสาหกรรมฟอก ย้อม พิมพ์ และตกแต่งสำเร็จ (Wetting)

อุตสาหกรรมฟอก ย้อม พิมพ์ และตกแต่งสำเร็จ เป็นอุตสาหกรรมกลางน้ำที่มีบทบาทสำคัญในการสร้างมูลค่า (Value creation) ของผลิตภัณฑ์ผ้าผืน ซึ่งมีความต้องการจากตลาดสูงทั้งในกลุ่มประเทศอาเซียน และตลาดโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่เป็นชนิดพิเศษ (Functional textile) และสิ่งทอเทคนิค (Technical textile) อย่างไรก็ตาม ผู้ประกอบการในกลุ่มอุตสาหกรรมนี้ยังประสบกับปัญหาจากการสนับสนุนทางด้านการวิจัยและพัมนาผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต และการจัดการต้นทุนของการผลิตที่ต้องนำเข้าสารเคมีและสีย้อมจากต่างประเทศ นอกเหนือไปจากนี้ อุตสาหกรรมนี้ยังต้องปรับตัวต่อการจัดการระบบมาตรฐานด้านสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะเรื่องของการจัดการน้ำเสียของโรงงาน

การฟอก การย้อม การพิมพ์ และการตกแต่งสำเร็จ (Wetting processes) เป็นอุตสาหกรรมสิ่งทอประเภทกลางน้ำ (Midstream) ซึ่งอุตสาหกรรมนี้มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมสิ่งทอเป็นอย่างมากเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ผ้าผืน หรือสิ่งทอมีสีสันที่สวยงาม คงทนต่อสภาวะแวดล้อม และให้ความรู้สึกสบายตัวต่อผู้สวมใส่ กระบวนการของอุตสาหกรรมนี้เป็นกระบวนการทางเคมีที่ต้องอาศัยการปรับเปลี่ยนคุณสมบัติของเส้นใย โดยการใช้สารเคมี และสีย้อมที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ ซึ่งอาศัยน้ำเป็นตัวกลาง อุตสาหกรรมนี้จึงเป็นอุตสาหกรรมที่มีความต้องการในการใช้น้ำเป็นอย่างมาก([14]) ซึ่งกระบวนการผลิตดังกล่าวประกอบด้วยกระบวนการหลักที่สำคัญ 3 ขั้นตอน ดังนี้

(1) การเตรียมผ้าหรือสิ่งทอ (Preparation)

กระบวนการเตรียมผ้าหรือสิ่งทอ เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่จะนำเข้าไปสู่กระบวนการฟอก การย้อม และการตกแต่งสำเร็จ เพราะขั้นตอนนี้เป็นการนำเส้นด้ายหรือผ้าดิบออกมาจากโรงปั่นด้ายหรือโรงทอผ้าผ่านกระบวนการต่าง ๆ เพื่อเตรียมเส้นด้ายหรือผ้าผืนให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมสามารถนำไปย้อมสี หรือตกแต่งสำเร็จสิ่งทอ

(2) การย้อมสี (Dyeing)

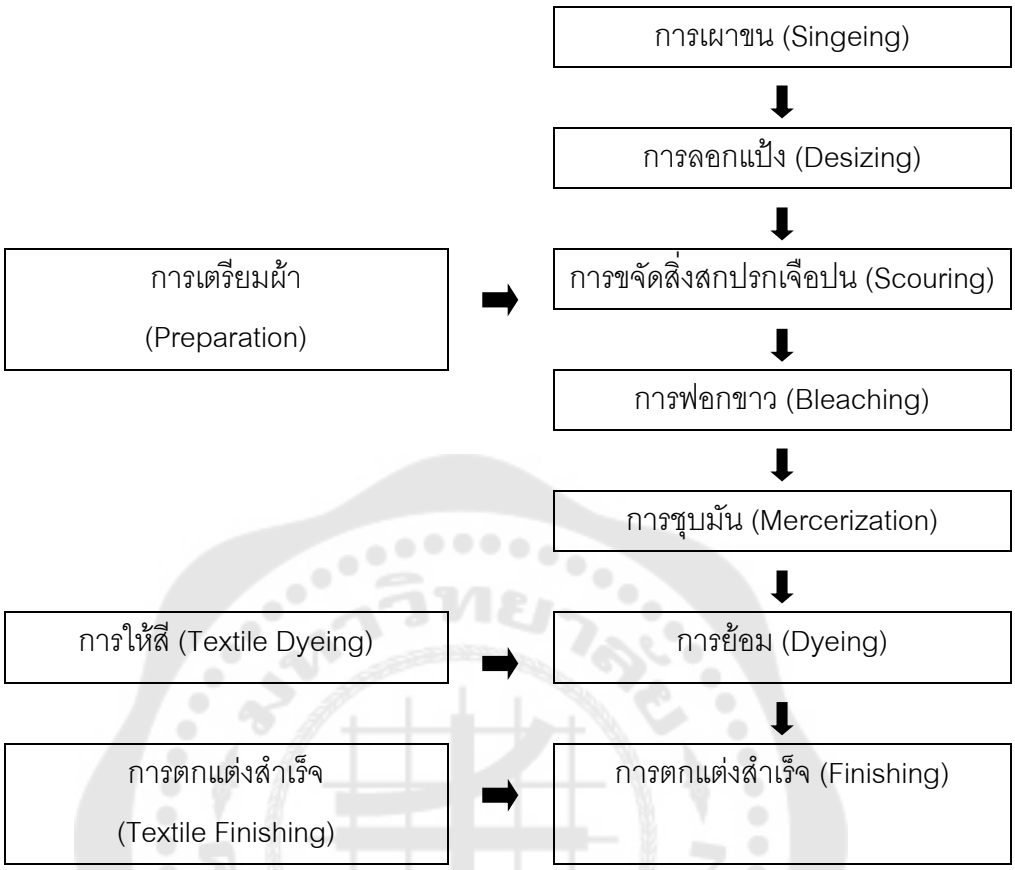
การย้อมสีหรือการให้สีเป็นขั้นตอนที่นำวัตถุดิบสิ่งทอไปให้สีด้วยวิธีการย้อมผ้า (Dyeing) เป็นขบวนการให้สีพื้นในวัตถุดิบสิ่งทอ เช่น ผ้าผืน หรือเส้นด้าย ซึ่งแล้วแต่ลักษณะและคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไปตามหลักการการย้อมสี ซึ่งการใช้วิธีการที่เหมาะสมจะเป็นการให้สารประกอบของเคมีเป็นตัวทำละลาย หรือกระจายตัวอยู่ในสารละลาย (Dispersion) ไปทำให้วัตถุดิบสิ่งทอเกิดสี (Substrates) ในเส้ยใย ผ้าผืน ฝ้าย หรืออื่น ๆ ซึ่งจะทำให้เกิดสีบนวัตถุดิบสิ่งทออย่างถาวร นอกจากพื้นผิวที่เกิดสีแล้วจะสามารถซึมให้เกิดสีตลอด (Uniformly) บนผิวรอบภาคตัดขวางของวัตถุดิบสิ่งทอที่จะย้อม

(3) การตกแต่งสำเร็จ (Finishing)

การตกแต่งสำเร็จมักเป็นขั้นตอนสุดท้ายต่อจากการเตรียม และการให้สีสิ่งทอเพื่อที่จะเปลี่ยนแปลง ปรับปรุง หรือเพิ่มคุณสมบัติบางอย่างให้กับผลิตภัณฑ์ สามารถจำแนกประเภทของการตกแต่งสำเร็จเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การจำแนกตามกรรมวิธีการตกแต่ง และการจำแนกตามวัตถุประสงค์ของการตกแต่ง([15])

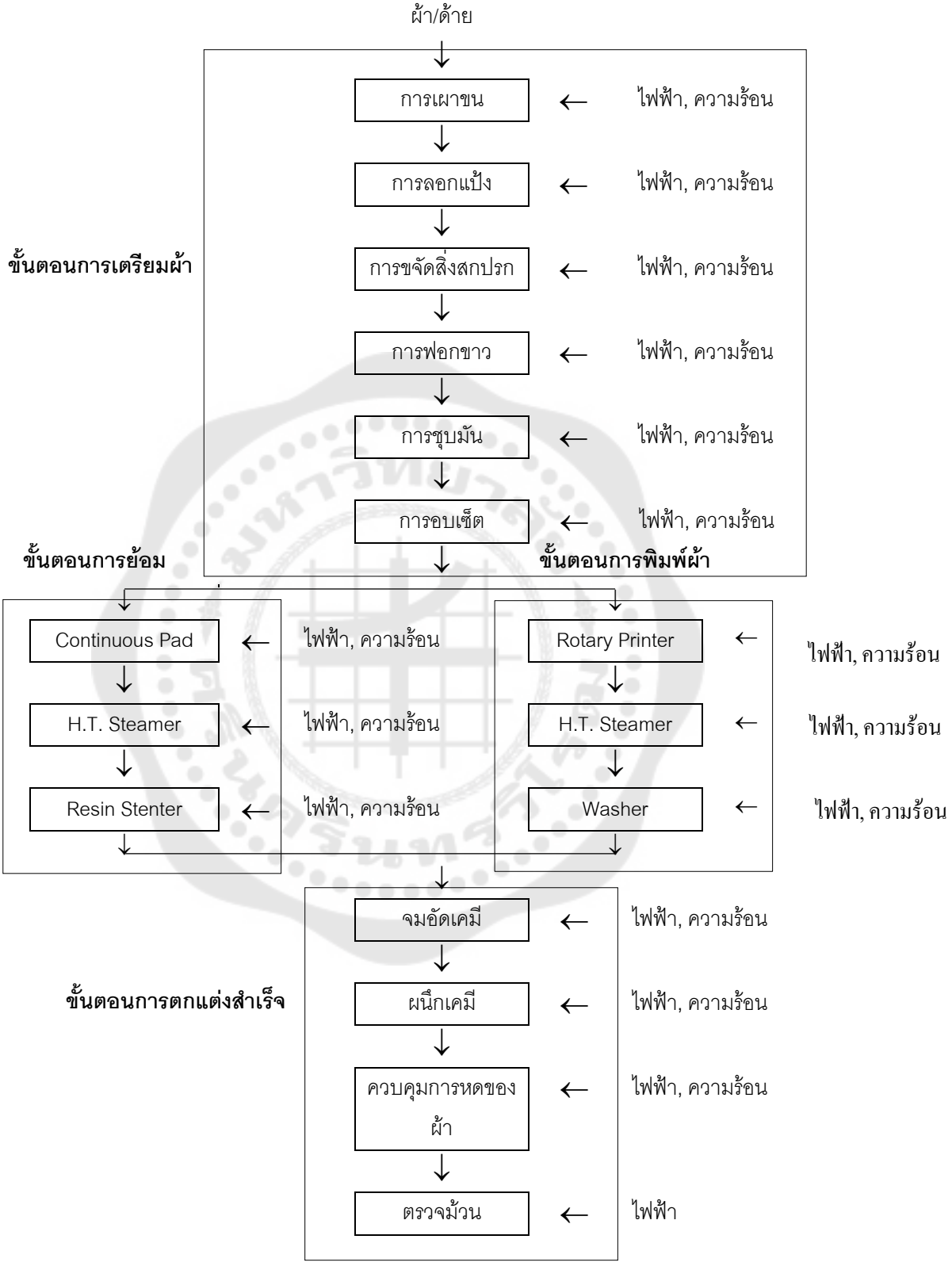
2.2.3 **อุตสาหกรรมปลายน้ำ** (Downstream)

อุตสาหกรรมปลายน้ำ (อุตสาหกรรมขั้นปลาย) ส่วนมากจะเป็นอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องนุ่งห่มในรูปแบบของเสื้อผ้าสำเร็จรูป ซึ่งอุตสาหกรรมกลุ่มนี้เป็นกลุ่มอุตสาหกรรมที่มีการจ้างแรงงานสูงที่สุดในห่วงโซ่อุปทาน ในอุตสาหกรรมนี้จะประกอบไปด้วยกิจกรรมการตัดเย็บ การเดินเครื่องจักร และการออกแบบ ปัจจุบันผู้ประกอบการเน้นไปที่การใช้แรงงานเป็นส่วนใหญ่ ในช่วงที่ผ่านมาประเทศไทยจะได้เปรียบในเรื่องของค่าจ้างแรงงานต่ำจึงเป็นแหล่งการผลิตตามคำสั่งซื้อ (Original equipment manufacturing) ที่สำคัญ แต่ปัจจุบันเมื่อเปรียบเทียบกับคู่แข่งที่สำคัญ เช่น จีน อินโดนีเซีย อินเดีย และเวียดนาม มีค่าจ้างแรงงานที่ถูกกว่าจึงย้ายฐานผลิตไปยังประเทศดังกล่าว ([14])



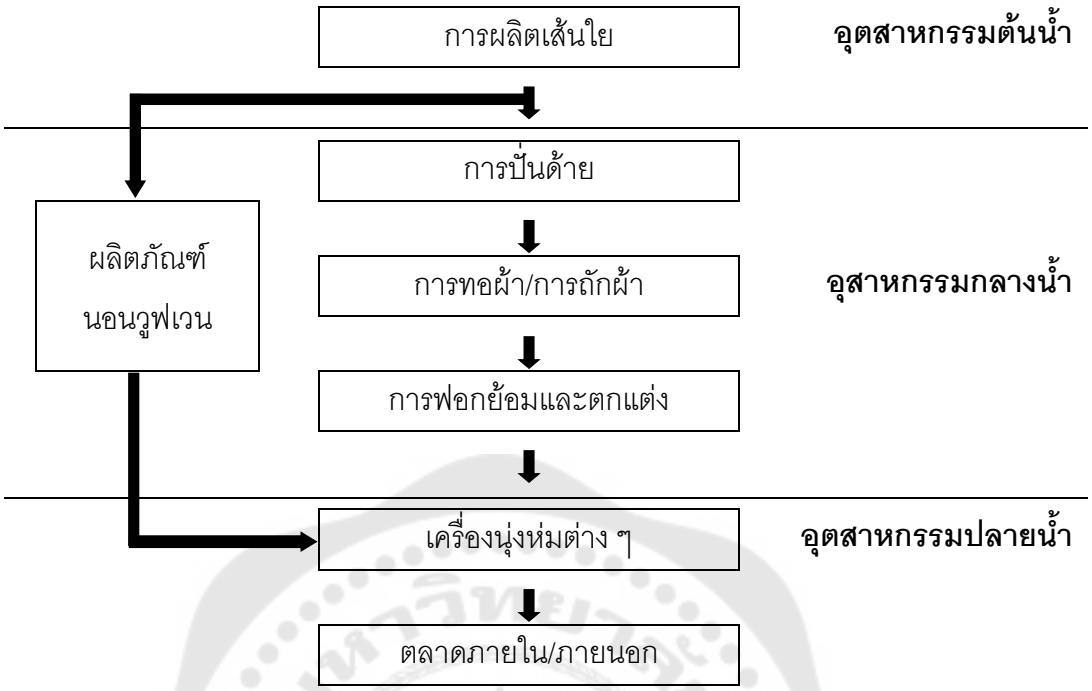
ภาพประกอบ 4 กระบวนการผลิตในกิจการฟอกย้อม

ที่มา: สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข([15])



ภาพประกอบ 5 การใช้พลังงานในกระบวนการฟอกย้อม

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน([16])



ภาพประกอบ 6 โครงสร้างอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม

ที่มา: สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม([14])

2.3 สถิติอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม

2.3.1 จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอในประเทศไทย

จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอในประเทศไทยสามารถแบ่งออกได้เป็น 7 ประเภทหลัก ได้แก่ อุตสาหกรรมประเภทเส้นใยประดิษฐ์ ปั่นด้าย ทอผ้า ถักผ้า ฟอกย้อม พิมพ์และตกแต่งสำเร็จ เครื่องนุ่งห่ม และอื่น ๆ แนวโน้มจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอในช่วงปี พ.ศ.2557 ถึง 2562 พบว่า จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย เมื่อพิจารณาในปี พ.ศ.2562 เปรียบเทียบกับปี พ.ศ.2561 มีจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอลดลงจาก 4,831 แห่ง เป็น 4,829 แห่ง คิดเป็นอัตราการขยายตัวในปี พ.ศ.2561 ถึง 2562 ติดลบอยู่ที่ 0.04 (ตารางที่ 3) เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอ พบว่า โรงงานอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มมีสัดส่วนมากที่สุดคิดเป็น ร้อยละ 44.30 จากจำนวนโรงงานทั้งหมดในปี พ.ศ.2562 ส่วนจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่มีสัดส่วนน้อยที่สุด คือ โรงงานอุตสาหกรรมเส้นใยประดิษฐ์คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 0.3 จากจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอทั้งหมดในปี พ.ศ.2562 เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่ต้องใช้เงินลงทุนสูง (Capital intensive) และใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย ส่วนใหญ่ผลิตภัณฑ์จาก

อุตสาหกรรมนี้ จะเป็นการนำเข้าจากต่างประเทศ ดังนั้นผู้ประกอบการในกลุ่มอุตสาหกรรมเส้นใยสังเคราะห์ส่วนใหญ่จะเป็นบริษัทที่มีการร่วมทุนกับต่างชาติ([14])

ตาราง 3 จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอในประเทศไทยปี พ.ศ.2557 - 2562

ประเภทอุตสาหกรรม/ปี	2557	2558	2559	2560	2561	2562*	อัตราการขยายตัวปี 2561 ถึง 2562
เส้นใยประดิษฐ์	12	12	12	12	12	13	8.30
ปั่นด้าย	166	163	166	161	168	164	-2.40
ทอผ้า	620	607	610	611	612	615	0.50
ถักผ้า	684	669	660	658	661	658	-0.50
ฟอก ย้อม พิมพ์และตกแต่งสำเร็จ	392	383	379	379	373	369	-1.10
เครื่องนุ่งห่ม	2,167	2,145	2,135	2,127	2,143	2,139	-0.20
อื่น ๆ	806	812	826	841	862	871	1.00
รวม	**4,847**	**4,791**	**4,788**	**4,789**	**4,831**	**4,829**	**-0.04**

หมายเหตุ: * ตัวเลขคาดการณ์เบื้องต้น

ที่มา: สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ([17-21])

2.3.2 จำนวนคนงานของโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอในประเทศไทย

จากตารางที่ 4 จำนวนคนงานของโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอในประเทศไทยปี พ.ศ.2557 ถึง 2562 พบว่า จำนวนคนงานของโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอมีแนวโน้มลดลง เมื่อเปรียบเทียบในปี พ.ศ.2557 มีจำนวนคนงานอยู่ที่ 561,581 คน เป็น 542,707 มีอัตราการขยายตัวลดลงในปี พ.ศ.2561 ถึง 2562 ติดลบอยู่ที่ 0.90 สัดส่วนจำนวนคนงานของโรงงานอุตสาหกรรมที่มากที่สุด คือเครื่องนุ่งห่มคิดเป็น ร้อยละ 60.70 ของจำนวนคนงานทั้งหมดในปี พ.ศ.2562 เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่ต้องใช้แรงงานที่มีทักษะในการทำงาน เช่น การตัดเย็บ การเดินจักรและการออกแบบ ส่วนจำนวนคนงานในโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอเส้นใยประดิษฐ์เป็นอุตสาหกรรมที่ใช้จำนวนคนงานน้อยที่สุดคิดเป็น ร้อยละ 1.30 ของจำนวนคนงานทั้งหมด

ตาราง 4 จำนวนคนงานของโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอในประเทศไทยปี พ.ศ.2557 - 2562

ประเภทอุตสาหกรรม/ปี	2557	2558	2559	2560	2561	2562*	อัตราการขยายตัวปี 2561 ถึง 2562
เส้นใยประดิษฐ์	7,200	7,193	7,198	7,211	7,215	7,200	-0.20
ปั่นด้าย	56,990	57,150	57,226	56,331	55,366	54,354	-1.80
ทอผ้า	52,590	51,070	51,859	51,515	51,544	50,952	-1.10
ถักผ้า	61,510	61,650	60,285	59,780	59,613	59,240	-0.60
ฟอก ย้อม พิมพ์ และตกแต่งสำเร็จ	41,434	41,110	41,117	41,922	41,548	41,489	-0.10
เครื่องนุ่งห่ม	341,857	332,010	331,380	329,085	332,380	329,472	-0.90
รวม	**561,581**	**550,183**	**549,065**	**545,844**	**547,666**	**542,707**	**-0.90**

หมายเหตุ: * ตัวเลขคาดการณ์เบื้องต้น

ที่มา: สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ([17-21])

2.3.3 ปริมาณการผลิตสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มในประเทศไทย

การผลิตสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มในประเทศไทยแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่มใหญ่ คือ เส้นใย เส้นด้าย ผ้าผืน และเครื่องนุ่งห่ม โดยในช่วงปี พ.ศ.2557 ถึง 2562 พบว่า ปริมาณการผลิตสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มในปี พ.ศ.2562 ผ้าผืน และเครื่องนุ่งห่มมีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้นจากเดิมเป็นร้อยละ 4.2 และ 2.5 ตามลำดับ ในทางตรงกันข้าม เส้นด้าย และเส้นใยมีอัตราการขยายตัวติดลบอยู่ที่ 10.9 และ 6.6 ตามลำดับ สำหรับผ้าผืนที่มีอัตราการขยายตัวมากที่สุดในปี พ.ศ.2562 ถ้าแยกตามประเภทจะเห็นได้ว่า ผ้าถัก และผ้าประดิษฐ์มีอัตราการขยายตัวมากที่สุดในกลุ่มเป็นร้อยละ 8.1 และ 5.0 ตามลำดับ ส่วนเส้นด้ายเป็นกลุ่มที่มีการขยายตัวติดลบมากที่สุด แยกเป็นเส้นด้ายประดิษฐ์ที่มีอัตราการขยายตัวติดลบร้อยละ 16.8 (ตารางที่ 5)

ตาราง 5 ปริมาณการผลิตสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มในประเทศไทยปี พ.ศ.2557 - 2562 (หน่วย พันตัน)

รายการ	2557	2558	2559	2560	2561	2562*	**อัตราการขยายตัวปี 2561 ถึง 2562**
เส้นใย	895.6	912.7	925.3	958.7	999.9	934.1	-6.6
- เส้นใยฝ้าย	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	-21.2
- เส้นใยประดิษฐ์	895.7	912.4	925.1	958.4	999.6	933.9	-6.6
เส้นด้าย	874.9	854.5	843.1	856.6	798.78	711.9	-10.9
- เส้นด้ายฝ้าย	292.6	333.0	321.5	308.8	305.7	301.9	-1.2
- เส้นด้ายประดิษฐ์	582.3	521.6	521.7	547.8	493.0	410.0	-16.8
ผ้าผืน	720.4	735.5	707.6	718.3	732.4	763.2	4.2
- ผ้าทอ	471.8	485.6	470.2	486.6	477.5	487.7	2.1
- ผ้าฝ้าย	154.8	193.8	199.1	196.6	196.2	192.3	-2.0
- ผ้าประดิษฐ์	317.0	291.9	271.1	290.0	281.3	295.4	5.0
- ผ้าถัก	248.6	249.9	237.4	231.7	254.9	275.5	8.1
เครื่องนุ่งห่ม	555.6	569.4	539.7	528.9	543.9	557.5	2.5
- เสื้อผ้า/ผ้าทอ	318.3	334.4	327.3	318.6	326.4	331.3	1.5
- เสื้อผ้า/ผ้าถัก	237.3	235.0	212.4	210.3	217.5	226.2	4.0

หมายเหตุ: * ตัวเลขคาดการณ์เบื้องต้น

ที่มา: สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ([17-21])

2.3.4 ปริมาณการผลิตสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มในประเทศไทย

ในการส่งออกสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม ถ้าแยกตามชนิดผลิตภัณฑ์แล้ว ในประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ.2558 ถึง 2562 พบว่า การส่งออกในส่วนของเส้นใยมีแนมโน้มเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ.2558 เป็นต้นมา แยกเป็นรายการย่อย ส่วนใหญ่เป็นเส้นใยประดิษฐ์ และเส้นใยจากพืชที่มีปริมาณการส่งออกที่มากที่สุด ตามลำดับ ในส่วนของเส้นด้าย พบว่ามีปริมาณการส่งออกลดลงตั้งแต่ปี พ.ศ.2561 ส่วนผ้าผืนก็มีแนวโน้มในการส่งออกลดลงเช่นกันตั้งแต่ปี พ.ศ.2561 เป็นต้นมา ส่วนใหญ่ประเทศไทยได้ส่งออกผ้าผืนจำพวกผ้าประดิษฐ์ และผ้าฝ้ายเป็นหลัก (ตารางที่ 6)

ตาราง 6 การส่งออกสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มแยกตามชนิดผลิตภัณฑ์ในประเทศไทยปี พ.ศ.2558 - 2562 (หน่วยตัน)

รายการ	2558	2559	2560	2561	2562
เส้นใย	548,836.8	549,142.1	568,700.0	620,053.4	633,080.8
- เส้นใยฝ้าย	141.5	234.7	743.2	895.1	364.3
- เส้นใยประดิษฐ์	479,834.5	494,078.9	513,207.2	561,104.6	563,661.0
- เส้นใยจากสัตว์	422.2	406.1	395.3	375.5	468.2
- เส้นใยจากพืช	68,438.6	54,422.4	54,354.4	57,678.2	68,587.4
เส้นด้าย	304,249.2	329,723.2	334,692.4	296,627.9	267,860.9
- เส้นด้ายฝ้าย	54,207.7	45,092.6	41,388.7	41,221.6	33,463.7
- เส้นด้ายประดิษฐ์	246,860.8	282,042.7	290,921.6	252,929.0	232,782.5
- เส้นด้ายจากไหม	81.0	87.6	109.6	193.2	109.7
- เส้นด้ายจากสัตว์	2,891.5	2,442.1	2,151.9	2,255.2	1,482.2
- เส้นด้ายจากพืช	208.1	58.2	120.6	28.8	22.9
ผ้าผืน	149,162.4	131,786.2	134,867.2	127,696.3	119,893.8
- ผ้าฝ้าย	44,910.1	45,182.9	45,164.6	44,242.8	43,461.1
- ผ้าประดิษฐ์	99,473.0	81,965.0	85,442.9	78,161.5	70,591.3
- ผ้าถัก	4,501.1	4,297.8	3,927.9	4,878.1	5,402.4
- ผ้าไหม	93.1	48.3	39.3	150.0	205.7
- ผ้าขนสัตว์	115.6	179.0	154.8	97.7	96.3
- ผ้าผืนจากพืช	71.2	113.2	137.7	166.3	137.1

ที่มา: สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ([17-21])

2.3.5 ประเทศผู้นำในการส่งออกสิ่งทอของโลก

ประเทศผู้นำในการส่งออกสิ่งทอของโลกในปี พ.ศ.2557 ถึง 2561 พบว่าประเทศจีนเป็นประเทศอันดับที่ 1 ของผู้นำในการส่งออกสิ่งทอมากที่สุด และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยในปี พ.ศ.2561 ได้มีการส่งออกสิ่งทอ ร้อยละ 37.9 จากการส่งออกสิ่งทอของโลก ส่วนอันดับที่ 2 ได้แก่

กลุ่มสหภาพยุโรป การส่งออกสิ่งทอของโลก ร้อยละ 23.7 ตามด้วย ประเทศอินเดีย ร้อยละ 16.4 ประเทศสหรัฐอเมริกา ร้อยละ 7.3 และประเทศตุรกี ร้อยละ 5.8 ตามลับดับ (ตารางที่ 7)

ตาราง 7 ประเทศผู้นำในการส่งออกสิ่งทอของโลกปี พ.ศ.2557 - 2561 (ร้อยละ)

ประเทศ	2557	2558	2559	2560	2561
1.จีน	35.6	37.5	36.8	36.6	37.9
2.สหภาพยุโรป	23.8	22.2	23.0	23.1	23.7
3.อินเดีย	7.4	15.3	15.9	16.0	16.4
4.สหรัฐอเมริกา	16.4	6.9	7.1	7.0	7.3
5.ตุรกี	5.8	6.0	5.7	5.8	5.8
6.เกาหลีใต้	4.6	4.7	4.5	4.6	4.4
7.ไต้หวัน	4.0	3.8	3.8	3.8	3.8
8.ปากีสถาน	2.9	2.8	2.7	2.6	2.6
9.ฮ่องกง	3.1	3.1	2.8	2.5	2.4
10.เวียดนาม	1.9	2.4	2.6	2.9	3.0
รวม 10 ประเทศ	**87.7**	**88.6**	**85.5**	**85.3**	**86.8**
ทั่วโลก	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**100.0**

ที่มา: สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ([17-21])

2.3.6 ประเทศผู้นำในการส่งออกเครื่องนุ่งห่มของโลก

ในบรรดาประเทศผู้นำในการส่งออกเครื่องนุ่งห่มของโลก โดยในปี พ.ศ.2557 ถึง 2561 พบว่า การส่งออกเครื่องนุ่งห่มของโลกอันดับ 1 ได้แก่ ประเทศจีน ซึ่งในปี พ.ศ.2561 มีการส่งออกเครื่องนุ่งห่ม ร้อยละ 32.0 ของการส่งออกเครื่องนุ่งห่มของโลก อันดับ 2 ได้แก่ กลุ่มสหภาพยุโรป ร้อยละ 29.1 ตามด้วยประเทศบังกลาเทศ ร้อยละ 6.7 ประเทศเวียดนาม ร้อยละ 5.7 และประเทศอินเดีย ร้อยละ 3.4 ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

ตาราง 8 ประเทศผู้นำในการส่งออกเครื่องนุ่งห่มของโลกปี พ.ศ.2557 - 2561 (ร้อยละ)

ประเทศ	2557	2558	2559	2560	2561
1.จีน	38.6	38.4	35.8	33.6	32.0
2.สหภาพยุโรป	26.2	24.7	26.5	27.5	29.1
3.บังกลาเทศ	5.1	5.9	6.5	6.2	6.7
4.เวียดนาม	4.0	5.2	5.5	5.9	5.7
5.อินเดีย	3.7	4.0	4.1	3.9	3.4
6.ตุรกี	3.5	3.3	3.4	3.2	3.2
7.ฮ่องกง	4.2	4.1	3.5	3.1	2.8
8.อินโดนีเซีย	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8
9.กัมพูชา	1.2	1.3	1.5	1.5	1.6
10.สหรัฐอเมริกา	1.0	1.1	1.3	1.2	1.2
รวม 10 ประเทศ	**93.4**	**93.7**	**86.3**	**80.8**	**84.7**
ทั่วโลก	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**100.0**

ที่มา: สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ([17-21])

2.3.7 จำนวนโรงงานแยกตามประเภทโรงงานอุตสาหกรรม

ปัจจุบันประเทศไทยได้แยกประเภทโรงงานอุตสาหกรรมตามกฎกระทรวงกำหนดประเภท ชนิด และขนาดของโรงงาน พ.ศ.2563 กำหนดให้ภาคอุตสาหกรรมสิ่งทออยู่ในลำดับที่ 22 เป็นโรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสิ่งทอ ด้าย หรือเส้นใยซึ่งมิใช่ใยหิน (Asbestos) อย่างหนึ่งอย่างใด ดังต่อไปนี้

(1) การหมัก คาร์บอไนซ์ สาง หวี รีด ปั่น อบ ควบ บิดเกลียว กรอ เท็กเจอร์ไรซ์ ฟอก หรือย้อมสีเส้นใย

(2) การทอหรือการเตรียมเส้นด้ายยืนสำหรับการทอ

(3) การฟอก ย้อมสี หรือแต่งสำเร็จด้ายหรือสิ่งทอ

(4) การพิมพ์สิ่งทอ([22])

สถิติสะสมจำนวนโรงงานที่ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการตามพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535 และพระราชบัญญัติโรงงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2562 จำแนกตามประเภทราย

จำพวก ณ สิ้นปี พ.ศ.2563 พบว่าในปี 2563 โรงงานลำดับที่ 22 ทั้ง 4 ประเภทมีจำนวนโรงงาน 998 แห่ง เงินลงทุนประมาณ 98,063 ล้านบาท และจำนวนคนงานรวมประมาณ 109,075 คน ซึ่งโรงงานประเภท (2) การทอหรือการเตรียมเส้นด้ายยืนสำหรับการทอ มีจำนวนโรงงานมากที่สุด 484 แห่งจากโรงงานทั้งหมด ตามด้วยโรงงานประเภท (1) การหมัก คาร์บอไนซ์ สาง หวี รีด ปั่น อบ ควบ บิดเกลียว กรอ เท็กเจอร์ไรซ์ ฟอก หรือย้อมสีเส้นใย (3) การฟอก ย้อมสี หรือแต่งสำเร็จด้ายหรือสิ่งทอ และ(4) การพิมพ์สิ่งทอ ตามลำดับ การลงทุนสำหรับโรงงานลำดับที่ 22 พบว่าโรงงานอุตสาหกรรมประเภท (2) ใช้เงินลงทุนมากที่สุดประมาณ 40,047 ล้านบาท รวมไปถึงจำนวนคนงานรวมประมาณ 47,166 คน รองลงมาเป็นโรงงานประเภท (1) (3) และ(4) ตามลำดับ (ตารางที่ 9)([23])

ตาราง 9 สถิติสะสมจำนวนโรงงานที่ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการลำดับที่ 22 ปี พ.ศ.2563

ลำดับที่	ประเภทหรือชนิดของโรงงาน	ขนาดของโรงงานรวมจำพวกที่ 1 - 3		
		จำนวนโรงงาน (แห่ง)	เงินลงทุน (ล้านบาท)	คนงานรวม (คน)
22	(1) การหมัก คาร์บอไนซ์ สาง หวี รีด ปั่น อบ ควบ บิดเกลียว กรอ เท็กเจอร์ไรซ์ ฟอก หรือย้อมสีเส้นใย	219 (21.94%)	31,081 (31.69%)	34,614 (31.73%)
	(2) การทอหรือการเตรียมเส้นด้ายยืนสำหรับการทอ	484 (48.50%)	40,047 (40.84%)	47,166 (43.24%)
	(3) การฟอก ย้อมสี หรือแต่งสำเร็จด้ายหรือสิ่งทอ	201 (20.14%)	19,873 (20.27%)	20,348 (18.66%)
	(4) การพิมพ์สิ่งทอ	94 (9.42%)	7,062 (7.20%)	6,947 (6.37%)
	รวม	**998 (100.00%)**	**98,063 (100.00%)**	**109,075 (100.00%)**

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม([23])

จำนวนโรงงานลำดับที่ 22 ของจังหวัดสมุทรปราการที่ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการตามพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535 พบว่าในปี พ.ศ.2563 โรงงานทั้ง 4 ประเภทมีจำนวนโรงงาน 266 แห่ง จำนวนเงินลงทุนประมาณ 23,230.83 ล้านบาท คนงานจำนวนประมาณ 31,545 คน และเครื่องจักรมีกำลังแรงม้าประมาณ 1,272,401.04 แรงม้า โดยโรงงานประเภท (2) การทอหรือการเตรียมเส้นด้ายยืนสำหรับการทอพบว่ามีจำนวนโรงงานมากที่สุด 149 แห่ง หรือร้อยละ 56.02 ซึ่งเกินครึ่งหนึ่งของจำนวนโรงงานลำดับที่ 22 ทั้งหมด ตามด้วยโรงงานประเภท (2) (1) และ (4) ตามลำดับ สำหรับเครื่องจักรในการทำงานพบว่าโรงงานประเภท (2) มีกำลังแรงม้ามากที่สุด ตามด้วยโรงงานประเภท (3) ซึ่งเกือบใกล้เคียงกับโรงงานประเภทที่ (2) ร้อยละ 30 ของกำลังแรงม้าทั้งหมด (ตารางที่ 10) ([24])

ตาราง 10 สถิติสะสมจำนวนโรงงานที่ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการลำดับที่ 22 จังหวัดสมุทรปราการ ปี พ.ศ.2563

ลำดับที่	ประเภทหรือชนิดของโรงงาน	ขนาดของโรงงานรวมจำพวกที่ 1 - 3			เครื่องจักร (แรงม้า)
		จำนวนโรงงาน (แห่ง)	เงินลงทุน (ล้านบาท)	คนงานรวม (คน)	
22	(1) การหมัก คาร์บอไนซ์ สาง หวี รีด ปั่น อบ ควบ บิดเกลียว กรอ เท็กเจอร์ไรซ์ ฟอก หรือย้อมสีเส้นใย	44 (16.54%)	5,227.88 (22.50%)	7,954 (25.21%)	274,704.80 (21.59%)
	(2) การทอหรือการเตรียมเส้นด้ายยืนสำหรับการทอ	149 (56.02%)	11,244.84 (48.40%)	17,095 (54.19%)	438,412.39 (34.46%)
	(3) การฟอก ย้อมสี หรือแต่งสำเร็จด้ายหรือสิ่งทอ	50 (18.80%)	6,205.25 (26.71%)	4,485 (14.12%)	391,057.66 (30.73%)
	(4) การพิมพ์สิ่งทอ	23 (8.65%)	552.86 (2.38%)	2,011 (6.38%)	168,226.19 (13.22%)
	รวม	**266 (100.00%)**	**23,230.83 (100.00%)**	**31,545 (100.00%)**	**1,272,401.04 (100.00%)**

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม([24])

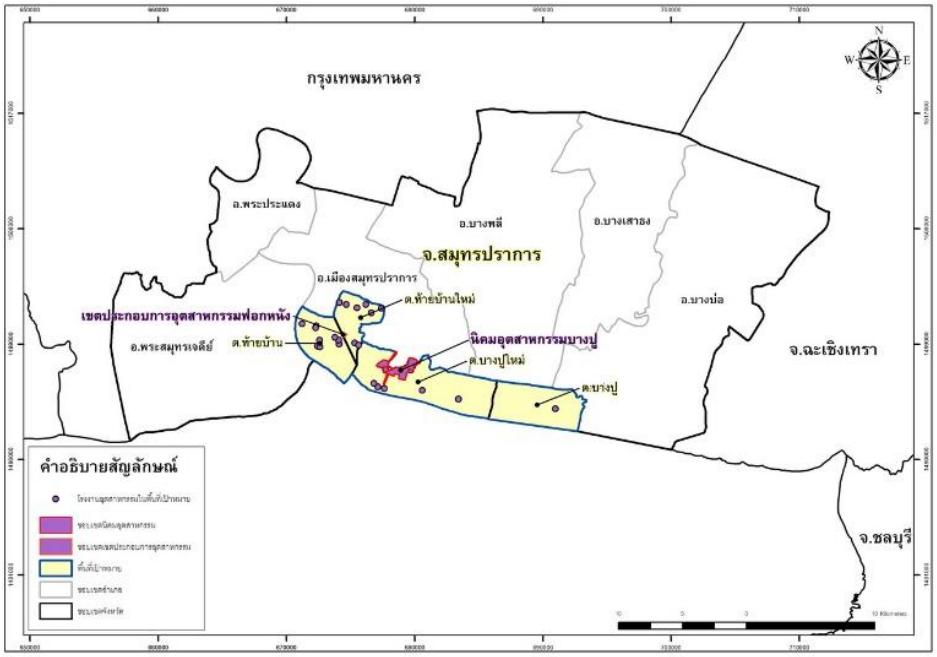
2.4 ข้อมูลพื้นฐานจังหวัดสมุทรปราการ

2.4.1 ข้อมูลด้านกายภาพ

จังหวัดสมุทรปราการ ตั้งอยู่ใกล้ศูนย์กลางของประเทศ และเป็นแหล่งวัตถุดิบที่นำเข้าจากต่างประเทศ รวมถึงเป็นคลังสินค้าที่สำคัญ นอกจากนี้ ยังเป็นศูนย์กลางการขนส่งทั้งทางบก ทางน้ำ และทางอากาศ ทำให้นักลงทุนเข้ามาประกอบกิจการตั้งโรงงานอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมาก ในปี พ.ศ.2557 พบว่าโรงงานที่ได้รับการจดทะเบียนมีทั้งสิ้น 7,391 แห่ง ซึ่งนับได้ว่าเป็นจังหวัดที่มีโรงงานอุตสาหกรรมมากที่สุดแห่งหนึ่งในประเทศไทย โดยมีอุตสาหกรรมการผลิตที่สำคัญ ได้แก่ ยานยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์ เครื่องจักร/อุปกรณ์ผลิตโลหะ ไฟฟ้า/ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ สิ่งทอ ผลิตภัณฑ์อาหาร แปรรูป เคมีภัณฑ์/พลาสติก เป็นต้น จังหวัดสมุทรปราการตั้งอยู่ริมฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยาตอนปลายสุดของแม่น้ำเจ้าพระยาและเหนืออ่าวไทย มีเนื้อที่ประมาณ 1,004 ตารางกิโลเมตรหรือ 627,557 ไร่ ห่างจากกรุงเทพมหานครไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ประมาณ 29 กิโลเมตร

ทิศเหนือ	ติดกับ	กรุงเทพมหานคร
ทิศใต้	ติดกับ	ทะเลอ่าวไทย (พื้นที่ชายฝั่งทะเล)
ทิศตะวันออก	ติดกับ	จังหวัดฉะเชิงเทรา
ทิศตะวันตก	ติดกับ	กรุงเทพมหานคร

พื้นที่ของจังหวัดสมุทรปราการส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ราบลุ่ม มีแม่น้ำเจ้าพระยาไหลผ่านแยกเป็นฝั่งตะวันออกและฝั่งตะวันตก มีคลองประมาณ 95 สาย ซึ่งแบ่งออกเป็นประเภทคลองชลประทาน 14 สาย ประเภทคลองธรรมชาติ 81 สาย มีลักษณะภูมิประเทศทั่วไปแบ่งพื้นที่ออกเป็น 3 ส่วน ประกอบไปด้วย (1) บริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาที่แยกออกเป็นทั้งสองฝั่ง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่มทั้งหมด (2) บริเวณตอนใต้ใกล้ชายฝั่งทะเล เป็นพื้นที่ที่มีน้ำทะเลท่วมและพื้นที่ดินจะเป็นดินเค็มจัดในช่วงฤดูแล้ง (3) บริเวณพื้นที่ราบกว้างใหญ่ทางตอนเหนือ และทางตะวันออกจะเป็นพื้นที่ราบลุ่มติดต่อกันตลอด ซึ่งพื้นที่ส่วนนี้จะมีคลองชลประทานหลายแห่ง([25])



ภาพประกอบ 7 แผนที่เขตอุตสาหกรรมในจังหวัดสมุทปราการ

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม([25])

2.4.1.1 ลักษณะภูมิอากาศ

สภาพภูมิอากาศของจังหวัดสมุทรปราการจะมีอากาศเย็น ไม่ร้อนจนเกินไป แต่ในช่วงฤดูร้อนจะมีความชื้นในอากาศสูง เนื่องจากมีอิทธิพลของลมทะเลและมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ในช่วงฤดูฝนจะมีฝนตกมาก ในช่วงฤดูหนาวจะไม่หนาวจัด และมีอุณหภูมิสูงสุดโดยเฉลี่ยประมาณ 30.6 องศาเซลเซียส ต่ำสุดโดยเฉลี่ยประมาณ 26.6 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 28.9 องศาเซลเซียส([25])

2.4.1.2 เขตการปกครองและประชากร

(1) การปกครอง

การปกครองในจังหวัดสมุทรปราการแบ่งเขตการปกครองออกเป็น 6 อำเภอ 50 ตำบล และ 394 หมู่บ้าน โดยมีการบริหารราชการส่วนท้องถิ่น ประกอบไปด้วย องค์การบริหารส่วนจังหวัด 1 แห่ง เทศบาล จำนวน 18 แห่ง (1 เทศบาล 4 เทศบาลเมือง และ 13 เทศบาลตำบล) และองค์การบริหารส่วนตำบล จำนวน 30 แห่ง

(2) ประชากร

จังหวัดสมุทรปราการมีจำนวนประชากรเป็นอันดับ 2 ของภาคกลาง รองจากกรุงเทพมหานคร ด้วยเหตุผลที่เป็นจังหวัดที่ต้องรองรับการขยายตัวของกรุงเทพมหานคร และเป็นที่ตั้งของสนามบิน อีกทั้งยังมีการเจริญเติบโตทางด้านการผลิตของภาคอุตสาหกรรม การค้า การบริการ รวมไปถึงการกระจายตัวของประชากร จึงทำให้จังหวัดสมุทรปราการมีประชากรที่อพยพย้ายถิ่นจากที่อื่นอยู่ในพื้นที่เป็นจำนวนมาก มีทั้งการเคลื่อนย้ายเข้ามาโดยแจ้งที่อยู่อย่างถูกต้อง และเข้ามาโดยไม่ได้ย้ายทะเบียนราษฎร์ ทำให้จำนวนประชากรในจังหวัดที่มีอยู่จริงสูงกว่าจำนวนประชากรในทะเบียนราษฎร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงวัยทำงานจะมีรายชื่ออยู่ในทะเบียนราษฎร์ต่ำกว่ากลุ่มอื่น โดยข้อมูลในปี พ.ศ.2556 มีประชากรตามทะเบียนราษฎร์ทั้งสิ้น 1,223,302 คน แยกเป็นชาย 588,975 คน และหญิง 634,327 คน ถ้ารวมประชากรแฝงที่ไม่ได้ย้ายทะเบียนราษฎร์อย่างถูกต้อง สามารถประเมินจำนวนประชากรที่อยู่อาศัยอยู่จริงได้ประมาณ 2.3 ล้านคน โดยมีจำนวนที่อยู่อาศัยตามทะเบียนราษฎร์จำนวน 548,883 ครัวเรือน([25])

2.4.2 ข้อมูลด้านเศรษฐกิจ

ผลิตภัณฑ์มวลรวมในจังหวัดสมุทรปราการปี พ.ศ.2556 มีการหดตัวลดลงประมาณร้อยละ 2.60 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ.2555 ซึ่งประชากรมีรายได้เฉลี่ยต่อหัวประมาณ 109,556 บาท ผลิตภัณฑ์มวลรวมที่ราคาประจำปี 352,296 ล้านบาท โดยสาขาที่มีมูลค่าการผลิตสูงสุด ได้แก่ อุตสาหกรรม 312,403 ล้านบาท คิดเป็น ร้อยละ 88.67 ของทั้งหมด (ตารางที่ 11)([25])

ตาราง 11 ผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัดสมุทรปราการ ณ ราคาประจำปี

สาขา	ปี พ.ศ. (ล้านบาท)				
	2552	2553	2554	2555	2556
1.ภาคเกษตร	3,059	2,805	2,301	2,659	2,458
- เกษตรกรรม การล่าสัตว์ และการป่าไม้	711	673	794	1,083	851
- การประมง	2,348	2,131	1,507	1,576	1,607
2.ภาคนอกเกษตร	533,738	659,515	599,974	699,575	681,463
- การทำเหมืองแร่ และเหมืองหิน	6	7	7	7	7
- อุตสาหกรรม	245,189	340,644	284,529	339,319	312,403
- การไฟฟ้า แก๊ส และการประปา	11,893	13,647	12,675	14,035	15,284

ตาราง 11 (ต่อ) ผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัดสมุทรปราการ ณ ราคาประจำปี

สาขา	ปี (ล้านบาท)				
	2552	2553	2554	2555	2556
- การก่อสร้าง	8,011	9,069	7,464	8,556	12,816
- การขายส่ง การขายปลีก การซ่อมแซม ยานยนต์ จักรยานยนต์ ของใช้ส่วนบุคคล และของใช้ในครัวเรือน	71,357	84,713	85,825	95,570	94,113
- โรงแรม และภัตตาคาร	5,919	6,703	7,087	8,097	9,537
- การขนส่ง สถานที่เก็บสินค้า และการคมนาคม	126,925	134,537	133,503	150,172	150,333
- ตัวกลางทางการเงิน	13,149	13,110	14,091	15,504	17,561
- บริการด้านอสังหาริมทรัพย์ การให้เช่าและบริการทางธุรกิจ	28,733	34,202	30,909	41,854	43,725
- การบริหารราชการ และการป้องกันประเทศ รวมทั้งการประกันสังคมภาคบังคับ	9,180	8,762	9,566	10,778	9,779
- การศึกษา	4,042	4,158	3,789	3,862	4,177
- การบริการด้านสุขภาพ และสังคม	5,990	6,532	6,748	7,022	7,057
- การให้บริการด้านชุมชน สังคม และบริการส่วนบุคคลอื่นๆ	2,779	3,076	3,278	3,993	4,091
- ลูกจ้างในครัวเรือนส่วนบุคคล	566	356	503	806	583
ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด (GPP)	536,797	662,320	602,275	702,234	683,921
ผลิตภัณฑ์จังหวัดต่อหัว (บาท)	309,375	362,533	322,897	368,913	352,296
ประชากร (1,000)	1,735	1,827	1,865	1,904	1,941

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม([25])

2.4.3 ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อม

2.4.3.1 ทรัพยากรป่าไม้

กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง ได้ทำการสำรวจสถานภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าชายเลนทั้งเขตป่าสงวนแห่งชาติ และนอกเขตป่าสงวนแห่งชาติ โดยจังหวัดสมุทรปราการ พบว่ามีพื้นที่ป่าชายเลนทั้งหมด 93,499.40 ไร่ ซึ่งพันธุ์ไม้ที่โดดเด่นของป่าชายเลนพื้นที่มีจำนวน 2 วงศ์ 2 สกุล และ 4 ชนิด ประกอบไปด้วย แสมทะเล แสมขาว แสมดำ และโกงกางใบเล็ก([25])

2.4.3.2 ทรัพยากรน้ำ

ลักษณะทางกายภาพของจังหวัดสมุทรปราการ ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่มชายทะเล มีระดับดินระหว่าง +0.50 - +1.50 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง นี่เป็นเหตุผลที่ทำให้จังหวัดสมุทรปราการไม่มีอ่างเก็บน้ำไว้ใช้สอยในพื้นที่ โดยแหล่งน้ำสำคัญของจังหวัดแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ แม่น้ำเจ้าพระยา และคลองระบายน้ำต่าง ๆ([25])

2.4.3.3 ทรัพยากรสัตว์ป่า

สัตว์ที่พบในป่าชายเลนจังหวัดสมุทรปราการ ประกอบไปด้วย

(1) กลุ่มของประชาคมสิ่งมีชีวิตพื้นป่าชายเลน (Mangrove Benthic Organism) หรือสัตว์หน้าดินพื้นป่าชายเลน

(2) กลุ่มของนกในป่าชายเลนในจังหวัดสมุทรปราการ สามารถพบได้ 16 ชนิด 15 สกุล 8 วงศ์ และ 4 อันดับ ยกตัวอย่างนกที่พบเจอ ได้แก่ นกตีนเทียน นกหัวโตเล็กขาเหลือง นกกินเปี้ยว เป็นต้น

(3) กลุ่มของแมลงสามารถพบได้ 6 อันดับ 10 วงศ์ และ 13 ชนิด เช่น แมลงค่อมทอง มวนหลังแข็ง ต่อ ผีเสื้อเณรธรรมดา เป็นต้น โดยจะไม่สามารถจำแนกวงศ์ได้ 1 ชนิด ได้แก่ ผีเสื้อกลางวัน([25])

2.4.3.4 ทรัพยากรดิน

ดินป่าชายเลนในจังหวัดสมุทรปราการ สามารถขุดหน้าตัดดินได้ลึกประมาณ 40 ซม. ดินเกือบทั้งหมดเป็นดินเหนียวที่มีเนื้อละเอียด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร ส่วนมากมีกลิ่นของซากพืช ซากสัตว์ ดินส่วนใหญ่มีสีในกลุ่มสีน้ำตาลและกลุ่มสีเทาอมฟ้า([25])

2.4.4 ข้อมูลด้านสังคม

2.4.4.1 การสาธารณสุข

จังหวัดสมุทรปราการมีสถานพยาบาล ประกอบด้วย โรงพยาบาล 4 แห่ง แบ่งเป็นโรงพยาบาลเอกชน 1 แห่ง โรงพยาบาลรัฐ 3 แห่ง ศูนย์บริการสาธารณสุข 1 แห่ง และคลินิกเอกชน 33 แห่ง([25])

2.4.4.2 การศึกษา

จังหวัดสมุทรปราการ มีโรงเรียนที่เปิดทำการสอนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน 279 แห่ง สถาบันการศึกษาระดับอุดมศึกษา 3 แห่ง และจำนวนสถาบันการศึกษาที่สังกัดคณะกรรมการการอาชีวศึกษาในเขตจังหวัด 4 แห่ง([25])

2.4.4.3 ประชากร และสถานภาพแรงงาน

ในปี พ.ศ.2563 จังหวัดสมุทรปราการมีประชากรทั้งสิ้น 1,351,479 คน จำแนกเป็นชาย 644,516 คน และหญิง 706,963 คน และจากสถิติภาวะการงานของประชากรในจังหวัดสมุทรปราการปี พ.ศ.2564 พบว่า ประชากรอายุ 15 ปีขึ้นไปมีจำนวน 1,956,587 คน มีกำลังแรงงานรวมในปัจจุบัน 1,407,084 คน และผู้ไม่อยู่ในกำลังแรงงาน 549,503 คน ในจำนวนผู้อยู่ในกำลังแรงงานพบว่ามีผู้ว่างงาน 23,030 คน (ตารางที่ 12)([26])

ตาราง 12 จำนวนกำลังแรงงานจำแนกตามสถานภาพแรงงานและเพศ ปี พ.ศ.2564

สถานภาพแรงงาน	จำนวน (คน)		รวม
	เพศชาย	เพศหญิง	
1. ประชากรอายุ 15 ปีขึ้นไป	938,835	1,017,752	1,956,586
2. กำลังแรงงานรวม	747,221	659,862	1,407,084
- ผู้มีงานทำ	731,883	636,832	1,368,716
- ผู้ว่างงาน	14,097	23,030	37,127
- กำลังแรงงานที่รอฤดูกาล	1,241	0	1,241
3. ผู้ไม่อยู่ในกำลังแรงงาน	191,614	357,890	549,503
- ทำงานบ้าน	11,701	157,333	169,034
- เรียนหนังสือ	59,030	61,508	120,538
- อื่น ๆ	120,883	139,049	259,931

ที่มา: สำนักงานสถิติแห่งชาติ([26])

2.5 การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมสิ่งทอ

2.5.1 การกำหนดขอบเขตของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

เพื่อให้ช่วยในการระบุแหล่งที่มาของการปล่อยมลพิษทั้งทางตรงและทางอ้อม การปรับปรุงความโปร่งใส และการจัดหาอรรถะประโยชน์สำหรับบริษัทต่าง ๆ ตลอดจนนโยบายของสภาพภูมิอากาศประเภทต่าง ๆ และเป้าหมายทางธุรกิจใน 3 ขอบเขต ในที่นี้ได้กำหนดไว้สำหรับการมีวัตถุประสงค์ในการจัดทำบัญชี และการทำรายงานก๊าซเรือนกระจก โดยขอบเขตที่ 1 และ 2 ได้ถูกกำหนดไว้อย่างรอบคอบในมาตรฐานนี้ เพื่อให้แน่ใจว่าบริษัททั้ง 2 หรือมากกว่าขึ้นไป จะไม่คำนึงถึงการปลดปล่อยมลพิษในขอบเขตเดียวกัน บริษัทต่าง ๆ จะต้องแยกการทำบัญชี และการทำรายงานขอบเขตที่ 1 และขอบเขตที่ 2 เป็นอย่างต่ำ คำนิยามสำหรับขอบเขตการดำเนินงานมีอยู่ด้วยกัน 3 ขอบเขต([27]) ดังต่อไปนี้

2.5.1.1 ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (Direct GHG emissions)

เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรงที่เกิดขึ้นจากแหล่งที่บริษัทเป็นเจ้าของ หรือมีการควบคุม เช่น การปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้ในหม้อไอน้ำ เตาเผา ยานพาหนะ ฯลฯ ที่บริษัทเป็นเจ้าของ หรือมีการควบคุม ตลอดจนการปล่อยมลพิษจากการผลิตสารเคมีในอุปกรณ์กระบวนการที่บริษัทเป็นเจ้าของ หรือมีการควบคุม โดยเป็นผลมาจากกิจกรรมประเภทดังต่อไปนี้ ได้แก่ 1.การเผาไหม้ที่อยู่กับที่ (Stationary combustion) คือ การผลิตไฟฟ้า ความร้อน หรือไอน้ำ การปล่อยก๊าซเหล่านี้เป็นผลมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในแหล่งที่อยู่นิ่ง เช่น หม้อไอน้ำ เตาเผา และกังหัน 2.กระบวนการ (Process emission) เป็นกระบวนการทางกายภาพ หรือกระบวนการทางเคมี การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเหล่านี้ส่วนใหญ่เกิดจากการผลิต หรือแปรรูปสารเคมี และวัสดุ เช่น ปูนซีเมนต์ อลูมิเนียม กรดอะดิปิก การผลิตแอมโมเนีย และการแปรรูปของเสีย 3.การเผาไหม้ที่มีการเคลื่อนที่ (Mobile combustion) เป็นการขนส่งวัสดุ ผลิตภัณฑ์ ของเสีย และพนักงาน การปล่อยเหล่านี้เป็นผลมาจากการเผาไหม้แบบเคลื่อนที่ที่บริษัทเป็นเจ้าของ หรือสามารถควบคุมได้ เช่น รถบรรทุก รถไฟ เรือ เครื่องบิน รถประจำทาง และรถยนต์ 4.การรั่วไหล (Fugitive emissions) การปล่อยเหล่านี้เป็นผลมาจากการปล่อยโดยเจตนา หรือไม่เจตนา เช่น อุปกรณ์รั่วจากข้อต่อ ซีล บรรจุภัณฑ์ และปะเก็น การปล่อยก๊าซมีเทนจากเหมืองถ่านหิน และการระบายการปล่อยก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC) ระหว่างการใช้อุปกรณ์ทำความเย็น เครื่องปรับอากาศ และก๊าซมีเทนรั่วไหลจากการขนส่งก๊าซ

การปล่อย CO_2 โดยตรงจากการเผาไหม้ของชีวมวลจะไม่รวมอยู่ในขอบเขตที่ 1 แต่จะรายงานแยกต่างหาก การปล่อยก๊าซเรือนกระจกไม่ครอบคลุมพิธีสารเกียวโต เช่น CFC_S, NO_X และอื่น ๆ จะไม่รวมอยู่ในขอบเขตที่ 1 แต่อาจมีการรายงานแยกกัน([27])

2.5.1.2 ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม (Indirect GHG emissions)

เป็นการจัดทำบัญชีสำหรับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าที่ซื้อมาโดยบริษัท ไฟฟ้าที่ซื้อหมายถึง ไฟฟ้าที่ซื้อ หรือนำเข้ามาในขอบเขตของบริษัท ขอบเขตที่ 2 การปล่อยมลพิษเกิดขึ้นทางกายภาพที่บริษัทที่มีการผลิตไฟฟ้า บริษัทต่าง ๆ รายงานการปล่อยจากการผลิตไฟฟ้าที่ซื้อมาใช้ในอุปกรณ์ หรือการดำเนินงานที่เป็นของตนเอง หรือมีการควบคุมเป็นขอบเขตที่ 2

การปล่อยขอบเขตที่ 2 เป็นประเภทพิเศษของการปล่อยทางอ้อม สำหรับหลาย ๆ บริษัท การซื้อไฟฟ้าถือเป็นแหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ใหญ่ที่สุดแห่งหนึ่ง และเป็นโอกาสที่สำคัญที่สุดในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเหล่านี้ การทำบัญชีสำหรับการปล่อยขอบเขตที่ 2 ช่วยให้บริษัทต่าง ๆ สามารถประเมินความเสี่ยง และโอกาสที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงต้นทุนค่าไฟฟ้า และการปล่อยก๊าซเรือนกระจก อีกหนึ่งเหตุผลที่สำคัญสำหรับบริษัทต่าง ๆ ในการติดตามการปล่อยเหล่านี้ก็คือข้อมูลอาจจำเป็นสำหรับโปรแกรมก๊าซเรือนกระจกบางโปรแกรม บริษัทต่าง ๆ สามารถลดการใช้ไฟฟ้าได้โดยการลงทุนเทคโนโลยีประหยัดพลังงาน และการอนุรักษ์พลังงาน นอกจากนี้ตลาดพลังงานสีเขียวที่เกิดขึ้นใหม่ยังเปิดโอกาสให้บริษัทบางแห่งเปลี่ยนไปใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีก๊าซเรือนกระจกน้อยลง นอกจากนี้บริษัทต่าง ๆ ยังสามารถติดตั้งโรงงานผลิตร่วมที่มีประสิทธิภาพได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากมันทดแทนการซื้อไฟฟ้าที่มีปริมาณก๊าซเรือนกระจกมากขึ้นจากระบบกริด หรือผู้ผลิตไฟฟ้า การรายงานการปล่อยขอบเขตที่ 2 ช่วยให้สามารถทำบัญชีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการลดที่เกี่ยวข้องกับโอกาสดังกล่าวได้อย่างโปร่งใส([27])

2.5.1.3 ขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ (Other indirect GHG emissions)

การจัดทำบัญชีสำหรับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าที่ซื้อมาโดยบริษัท ไฟฟ้าที่ซื้อหมายถึง ไฟฟ้าที่ซื้อ หรือนำเข้ามาในขอบเขตของบริษัท ขอบเขตที่ 2 การปล่อยมลพิษเกิดขึ้นทางกายภาพที่บริษัทที่มีการผลิตไฟฟ้า บริษัทต่าง ๆ รายงานการปล่อยจากการผลิตไฟฟ้าที่ซื้อมาใช้ในอุปกรณ์ หรือการดำเนินงานที่เป็นของตนเอง หรือมีการควบคุมเป็นขอบเขตที่ 2

เป็นหมวดหมู่การรายงานที่เป็นทางเลือก ช่วยให้สามารถจัดการกับการปล่อยมลพิษทางอ้อมอื่น ๆ ทั้งหมด ซึ่งการปล่อยมลพิษที่เป็นผลมาจากกิจกรรมของบริษัท แต่เกิดจากแหล่งที่ไม่ได้เป็นเจ้าของ หรือมีการควบคุมโดยบริษัท ตัวอย่างบางส่วนของกิจกรรมขอบเขตที่ 3 ได้แก่ การสกัดและการผลิตวัสดุที่ซื้อ การขนส่งเชื้อเพลิงที่ซื้อมา และการใช้ผลิตภัณฑ์ และบริการที่ขาย ขอบเขตที่ 3 เป็นทางเลือกแต่ให้โอกาสในการสร้างสรรค์นวัตกรรมในการจัดการก๊าซเรือนกระจก บริษัทต่าง ๆ อาจต้องการให้ความสำคัญกับการทำบัญชี และการจัดทำรายงานกิจกรรมที่

เกี่ยวข้องกับธุรกิจ และเป้าหมายของตนเอง และมีข้อมูลที่เชื้อถือได้ เนื่องจากบริษัทต่าง ๆ มีดุลยพินิจในการพิจารณาว่าพวกเขาเลือกที่จะรายงานหมวดหมู่ใด ขอบเขตที่ 3 จึงไม่สามารถให้ประโยชน์แก่การเปรียบเทียบระหว่างบริษัทต่าง ๆ ได้ ส่วนนี้จะแสดงรายการหมวดหมู่ขอบเขตที่ 3 และรวมถึงกรณีศึกษาในบางหมวดหมู่ กิจกรรมเหล่านี้บางส่วนจะรวมอยู่ในขอบเขตที่ 1 หากแหล่งที่มาของการปล่อยที่เกี่ยวข้องเป็นของ หรือควบคุมโดยบริษัท (เช่น หากการขนส่งผลิตภัณฑ์ทำในยานพาหนะที่บริษัทเป็นเจ้าของ หรือมีการควบคุม) ในการพิจารณาว่ากิจกรรมอยู่ในขอบเขตที่ 1 หรือขอบเขตที่ 3 หรือไม่ บริษัทควรอ้างอิงถึงแนวทางการรวมบัญชีที่เลือก (ความเสมอภาค หรือควบคุม) ที่ใช้ในการกำหนดขอบเขตขององค์กร ยกตัวอย่างเช่น (1) การสกัดและการผลิตวัสดุ และเชื้อเพลิงที่ซื้อมา (2) กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการขนส่ง (3) กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าที่ไม่รวมอยู่ในขอบเขตที่ 2 (4) สินทรัพย์เช่า แฟรนไชส์ และกิจกรรมจากภายนอก (5) การใช้ผลิตภัณฑ์และบริการที่ขาย (6) การกำจัดของเสีย([27])

2.5.2 การคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การคำนวณตามแนวทางของคู่มือ IPCC 2006: Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Standard เป็นแนวทางที่ใช้ทั่วไปและเป็นวิธีที่ง่ายที่สุด แต่ต้องอาศัยการบันทึกข้อมูลที่มีความละเอียดและต่อเนื่อง คู่มือนี้ใช้การรวบรวมข้อมูลขอบเขตที่เกี่ยวกับกิจกรรมที่เกิดขึ้นจากมนุษย์ เรียกว่า ข้อมูลกิจกรรม (Activity data: AD) กับค่าสัมประสิทธิ์ที่วัดปริมาณการปลดปล่อย หรือการดูดกลับต่อหน่วยของกิจกรรมนั้น เรียกว่า ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor: EF) จะได้ดังสมการพื้นฐาน([28]) ดังต่อไปนี้

$$\text{Emissions} = \text{Activity Data} \times \text{Emission Factor} \quad (1)$$

โดยที่

Emissions	=	การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
Activity data	=	ข้อมูลกิจกรรม
Emission factor	=	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

โดยคู่มือนี้ครอบคลุมชนิดของก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gases: GHG_{es}) ประกอบไปด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide: CO_2) มีเทน (Methane: CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (Nitrous oxide: N_2O) ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (Hydrofluorocarbons: HFC_S) ก๊าซเปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (Perfluorocarbons: PFC_S) ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (Sulfur hexafluoride: SF_6) ไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (Nitrogen trifluoride: NF_3) เป็นต้น

2.5.2.1 การคำนวณก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้แบบอยู่กับที่

การคำนวณก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้ประกอบด้วย การเผาไหม้แบบอยู่กับที่ การคำนวณใช้ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (Fuel consumption) คูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor) ทั้งนี้ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงมีหน่วยเป็นเทระจูล (Terajoules) ตามสมการ([28]) ดังต่อไปนี้

$$\mathbf{Emissions_{GHG,fuel} = Fuel\ Consumption_{fuel} \cdot Emissions\ Factor_{GHG,fuel}} \quad (2)$$

โดยที่

Emissions $_{GHG,fuel}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามประเภทของเชื้อเพลิง(kg GHG)

Fuel consumption $_{fuel}$ = ปริมาณเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ (TJ)

Emission factor $_{GHG,fuel}$ = ค่าเริ่มต้นสัมประสิทธิ์ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่กำหนดตามประเภทของเชื้อเพลิง (kg GHG/TJ)

2.5.2.2 สมการการคำนวณก๊าซเรือนกระจกจาการเผาไหม้แบบเคลื่อนที่

การคำนวณก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้แบบเคลื่อนที่ ในการศึกษานี้พิจารณากิจกรรมการขนส่งระหว่างกระบวนการผลิต ได้แก่ การใช้รถยกจากการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล และก๊าซปิโตรเลียมเหลว ([28]) ดังสมการดังต่อไปนี้

$$\boldsymbol{Emissions = \sum_{a} [Fuel_a \cdot EF_a]} \quad (3)$$

โดยที่

Emissions = การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kg GHG)

$Fuel_a$ = ปริมาณเชื้อเพลิงที่ถูกใช้ (TJ)

EF_a = ค่าสัมประสิทธิ์ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kg/TJ)

a = ประเภทของเชื้อเพลิง

2.5.2.3 การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้สารเคมี

สำหรับการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้สารเคมีสามารถแบ่งออกเป็น 2 กรณี ประกอบด้วย กรณีที่สารเคมีไม่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกภายในกระบวนการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างการใช้งานให้นำปริมาณสารเคมีที่ใช้ไปคูณกับค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดของสารเคมีที่ใช้ ถ้าไม่สามารถหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสารเคมีที่ใช้ได้ให้พิจารณาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากประเภท คุณสมบัติทางการยภาพ และเคมี ของสารเคมีที่มีลักษณะใกล้เคียงมาใช้แทน

กรณีที่สารเคมีสามารถก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกภายในกระบวนการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างการใช้งานให้ทำการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมีดังกล่าว โดยอาศัยหลักมวลสารสัมพันธ์แล้วนำไปรวมกับค่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกของปริมาณสารเคมี จากนั้นคูณกับค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดของสารเคมี([29])

2.5.2.4 การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ย

ในการประเมินก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ยให้นำปริมาณปุ๋ยเคมีที่มีการใช้งานจริงคูณกับค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามประเภท และสูตรของปุ๋ยที่มีการใช้งาน([29])

2.5.2.5 การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดของเสีย

การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดของเสีย สำหรับกรณีที่มีระบบการกำจัดของเสีย ให้คำนวณโดยใช้วิธีการกำจัดจริงหรือข้อมูลปฐมภูมิที่มีในการจัดเก็บ ([29]) ตามสมการดังต่อไปนี้

$$\boldsymbol{E_{EoL} = \sum[(1 - R_{R,i})x\, E_{d,i}] + E_{tW}} \quad (4)$$

โดยที่

E_{EoL} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงการจัดการซากผลิตภัณฑ์

$R_{R,i}$ = อัตราการรีไซเคิลวัสดุประเภท i

$E_{d,i}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดการของเสียขั้นสุดท้ายของวัสดุประเภท i

E_{tW} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งซากผลิตภัณฑ์

2.5.2.6 การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสีย

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสีย ในกรณีที่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลคุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด ให้ดำเนินการคำนวณอ้างอิงตามสมการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ([29]) ตามสมการดังต่อไปนี้

$$\boldsymbol{PE_y = PE_{y,power} + PE_{y,ww,treated} + PE_{y,s,final} + PE_{y,fugitive} + PE_{y,dissolved}} \quad (5)$$

โดยที่

PE_y = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียในระหว่างปี y (tCO_{2e})

$PE_{y,power}$ = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการใช้พลังงานไฟฟ้า หรือเชื้อเพลิงในการบำบัดน้ำเสียในระหว่างปี y

$PE_{y,ww,treated}$ = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ประเภทคาร์บอนภายในกระบวนการบำบัดน้ำเสียในระหว่างปี y

$PE_{y,s,final}$ = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายแบบไม่เติมอากาศของกากตะกอนที่ถูกผลิตในขั้นสุดท้ายในปี y (ตัวแปรนี้สามารถตัดออกได้หากกากตะกอนที่เกิดขึ้นมีการกำจัดด้วยวิธีการเผา ฝังกลบ หรือนำไปใช้เป็นปุ๋ย)

$PE_{y,fugitive}$ = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการรั่วซึมของระบบ capture และ flare

$PE_{y,dissolved}$ = ปริมาณก๊าซมีเทนที่ละลายอยู่ในน้ำเสีย

สำหรับกรณีที่ไม่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลคุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดให้ดำเนินการคำนวณโดยอ้างอิงสมการการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียตาม IPCC 2006: Waste Water Treatment and Discharge ในการคำนวณให้หาค่าปริมาณสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ทั้งหมดในน้ำเสีย (Total Organically Degradable Material in Wastewater: TOW) โดยใช้ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจริงคูณด้วยค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี (Chemical Oxygen Demand: COD) จากนั้น ให้นำค่าปริมาณสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ทั้งหมดมาลบด้วยปริมาณกากตะกอนที่เกิดขึ้นจากการบำบัดแล้วนำไปคูณด้วยค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยแยกประเภทของการบำบัดน้ำเสีย ในกรณที่มีการดักเก็บก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากระบบบำบัด ให้นำปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ดักเก็บได้ในหน่วยของคาร์บอนไดออกไซด์

เทียบเท่ามาลบออกจากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่คำนวณได้จากระบบบำบัดน้ำเสีย ตามสมการดังต่อไปนี้

$$\boldsymbol{CH_4\ Emissions} = \sum_{\boldsymbol{i}} [(\boldsymbol{TOW_i} - \boldsymbol{S_i})\boldsymbol{EF_i} - \boldsymbol{R_i}] \quad (6)$$

โดยที่

CH_4 Emissions = การปล่อยก๊าซมีเทน (kg CH_4/ปี)

TOW_i = ปริมาณสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ทั้งหมดในน้ำเสียของอุตสาหกรรม i (kg COD/ปี)

i = ประเภทอุตสาหกรรม

S_i = ปริมาณกากตะกอนที่เกิดขึ้นจากการบำบัด (kg COD/ปี)

EF_i = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรม i (kg CH_4/kg COD)

R_i = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ดักเก็บได้ (kg CH_4/ปี)

ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกแยกตามประเภทของการบำบัดน้ำเสีย มีแนวทางการคำนวณปริมาณมีเทน (CH_4) จากค่าการปล่อยของการจัดการน้ำเสียโดยอ้างอิงแนวทางจากข้อกำหนดในการคำนวณและรายงานคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร โดยประเภทของการบำบัดน้ำเสียแบ่งออกเป็น 2 กรณี ประกอบด้วย กรณีน้ำเสียไม่ได้รับการบำบัด และกรณีน้ำเสียได้รับการบำบัดตามตารางที่ 13 ดังต่อไปนี้([29])

ตาราง 13 สมการการคำนวณก๊าซเรือนกระจกโดยแยกประเภทของการบำบัดน้ำเสีย

ประเภทของการบำบัดน้ำเสีย	GHG Emission (kg CH_4)	หมายเหตุ
กรณีน้ำเสียไม่ได้รับการบำบัด		
ปล่อยน้ำเสียลงสู่ทะเล แม่น้ำ และบึงโดยตรง	0.025 x [(Wi x COD/1000)-S]	ไม่รวมปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากสารอินทรีย์ภายในแหล่งน้ำ
กรณีน้ำเสียได้รับการบำบัด		
แบบเติมอากาศ	0.075 x [(Wi x COD/1000)-S]	ประเภทที่ไม่มีการควบคุมดูแลและมีการทำงานเกินความจุ
การกำจัดสลัดจ์แบบไม่เติมอากาศ	0.200 x [(Wi x COD/1000)-S]	ไม่รวมปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ดักเก็บได้จากระบบบำบัด
Reactor แบบไม่เติมอากาศ	0.200 x [(Wi x COD/1000)-S]	ไม่รวมปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ดักเก็บได้จากระบบบำบัด
บ่อบำบัดตื้นแบบไม่เติมอากาศ	0.050 x [(Wi x COD/1000)-S]	ความลึกไม่เกิน 2 เมตร
บ่อบำบัดลึกแบบไม่เติมอากาศ	0.200 x [(Wi x COD/1000)-S]	ความลึกมากกว่า 2 เมตร

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)([29])

โดยที่

GHG Emission	=	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการบำบัดน้ำเสีย (kg CH_4)
W_i	=	ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม.)
COD	=	ความต้องการออกซิเจนทางเคมีของน้ำเสียขาเข้า (mg/L)
S	=	สารอินทรีย์ที่ถูกกำจัดในรูปของสลัดจ์ (กิโลกรัม COD)

2.5.3 ค่าเริ่มต้นสัมประสิทธิ์ของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

2.5.3.1 ค่าสัมประสิทธิ์ของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกอ้างอิงจากคู่มือ 2006 IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories

ค่าสัมประสิทธิ์ของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากคู่มือ IPCC 2006: Guideline for National Greenhouse Gas Inventories เป็นค่าสัมประสิทธิ์หนึ่งที่ใช้กันแพร่หลายในโลก เนื่องจากเป็นมาตรฐานที่ใช้เป็นสากลสำหรับหลาย ๆ ประเทศที่เริ่มจะดำเนินการศึกษา เป็นระดับ Tier I (ตารางที่ 14)([28])

ตาราง 14 ค่าสัมประสิทธิ์ของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก IPCC 2006: Guideline for National Greenhouse Gas Inventories

Table 2.2

Default Emission Factors for Stationary Combustion in the Energy Industries

(kg of Greenhouse Gas per TJ on a Net Calorific Basic)

Fuel		CO_2	CH_4	N_2O
Crude Oil		73 300	r 3	0.6
Orimulsion		r 77 000	r 3	0.6
Natural Gas Liquids		r 64 200	r 3	0.6
Gasoline	Motor Gasoline	r 69 300	r 3	0.6
	Aviation Gasoline	r 70 000	r 3	0.6
	Jet Gasoline	r 70 000	r 3	0.6
Jet Kerosene		r 71 500	r 3	0.6
Other Kerosene		71 900	r 3	0.6
Gas/Diesel Oil		74 100	r 3	0.6
Residual Fuel Oil		77 400	r 3	0.6
Liquefied Petroleum Gases		63 100	r 1	0.1
Ethane		61 600	r 1	0.1
Naphtha		73 300	r 3	0.6
Bitumen		80 700	r 3	0.6
Lubricants		73 300	r 3	0.6
Petroleum Coke		r 97 500	r 3	0.6
Refinery Feedstocks		73 300	r 3	0.6

ตาราง 14 (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์ของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก IPCC 2006: Guideline for National Greenhouse Gas Inventories

Table 2.2

Default Emission Factors for Stationary Combustion in the Energy Industries

(kg of Greenhouse Gas per TJ on a Net Calorific Basic)

Fuel		CO_2	CH_4	N_2O
Other Oil	Refinery Gas	n 57 600	r 1	0.1
	Paraffin Waxes	73 300	r 3	0.6
	White Spirit and SBP	73 300	r 3	0.6
	Other Petroleum Products	73 300	r 3	0.6
Anthracite		98 300	1	r 1.5
Coking Coal		94 600	1	r 1.5
Sub-bituminous Coal		96 100	1	r 1.5
Lignite		101 000	1	r 1.5
Oil Shale and Tar Sands		107 000	1	r 1.5
Brown Coal Briquettes		97 500	n 1	r 1.5
Patent Fuel		97 500	1	n 1.5
Coke	Coke Oven Coke and Lignite Coke	r 107 000	1	r 1.5
	Gas Coke	r 107 000	r 1	0.1
Coal Tar		n 80 700	n 1	r 1.5
Derived Gases	Gas Works Gas	n 44 400	n 1	0.1
	Coke Oven Gas	n 44 400	r 1	0.1
	Blast Furnace Gas	n 260 000	r 1	0.1
	Oxygen Steel Furnace Gas	n 182 000	r 1	0.1
Natural Gas		56 100	1	0.1
Industrial Wastes		n 143 000	30	4
Waste Oils		n 73 300	30	4
Peat		106 000	n 1	n 1.5

ตาราง 14 (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์ของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก IPCC 2006: Guideline for National Greenhouse Gas Inventories

Table 2.2

Default Emission Factors for Stationary Combustion in the Energy Industries

(kg of Greenhouse Gas per TJ on a Net Calorific Basic)

	Fuel	CO_2	CH_4	N_2O
Solid Biofuels	Wool/Wool Waste	n 112 000	30	4
	Sulphite lyes (Black Liquor)[a]	n 95 300	n 3	n 2
	Other Primary Solid Biomass	n 100 000	30	4
	Charcoal	n 112 000	200	4
Liquid Biofuels	Biogasoline	n 70 800	r 3	0.6
	Biodiesels	n 70 800	r 3	0.6
	Other Liquid Biofuels	n 79 600	r 3	0.6
Gas Biomass	Landfill Gas	n 54 600	r 1	0.1
	Sludge Gas	n 54 600	r 1	0.1
	Other Biogas	n 54 600	r 1	0.1
Other non-fossil fuels	Municipal Wastes (biomass fraction)	n 100 000	30	4

(a) Includes the biomass-derived CO_2 emitted from the black liquor combustion unit and the biomass derived CO_2 emitted from the kraft mill lime kiln.

n indicates a new emission factor which was not present in the 1996 Guidelines

r indicates an emission factor that has been revised since the 1996 Guidelines

ที่มา: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories([28])

2.5.3.2 ค่าสัมประสิทธิ์ของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย

ค่าสัมประสิทธ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย เป็นค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือค่าปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรในประเทศไทย (ตารางที่ 15)([30])

ตาราง 15 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

ชื่อ (Name)	หน่วย (Units)	ค่าสัมประสิทธิ์ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factors)				แหล่งอ้างอิง (References)
		($kgCO_2$/unit)	($kgCH_4$/unit)	(kgN_2O/unit)	[$kgCO_{2eq}$/unit]	
การเผาไหม้แบบอยู่กับที่ (Stationary Combustion)						
Natural Gas	scf	5.72E-02	1.02E-06	1.02E-07	0.0573	IPCC, DEDE, AR5
Natural Gas	MJ	5.61E-02	1.00E-06	1.00E-07	0.0562	IPCC, DEDE, AR5
Lignite	kg	1.06E+00	1.05E-05	1.57E-05	1.0619	IPCC, DEDE, AR5
Fuel Oil (A)	litre	3.21E+00	1.24E-04	2.49E-05	3.2198	IPCC, PTT, AR5
Fuel Oil (C)	litre	3.24E+00	1.25E-04	2.51E-05	3.2455	IPCC, PTT, AR5
Gas/Diesel Oil	litre	2.70E+00	1.09E-04	2.19E-05	2.7076	IPCC, DEDE, AR5
Anthracite	kg	3.09E+00	3.14E-05	4.71E-05	3.1000	IPCC, DEDE, AR5
Sub-bituminous Coal	kg	2.53E+00	2.64E-05	3.96E-05	2.5454	IPCC, DEDE, AR5
Jet Kerosene	litre	2.47E+00	1.04E-04	2.07E-05	2.4773	IPCC, DEDE, AR5
Liquefied Petroleum Gas	litre	1.68E+00	2.66E-05	2.66E-06	1.6812	IPCC, DEDE, AR5
Liquefied Petroleum Gas	kg	3.11E+00	4.93E-05	4.93E-06	3.1133	IPCC, DEDE, AR5 LPG 1 litre = 0.54 kg
Motor Gasoline	litre	2.18E+00	9.44E-05	1.89E-05	2.1892	IPCC, DEDE, AR5
การเผาไหม้แบบเคลื่อนที่ (Mobile Combustion: On Road)						
Motor Gasoline – Uncontrolled	litre	2.18E+00	1.04E-03	1.01E-04	2.2373	IPCC, DEDE, AR5
Motor Gasoline – Oxidation Catalyst	litre	2.18E+00	7.87E-04	2.52E-04	2.2703	IPCC, DEDE, AR5

ตาราง 15 (ต่อ) ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

ชื่อ (Name)	หน่วย (Units)	ค่าสัมประสิทธิ์ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factors)				แหล่งอ้างอิง (References)
		($kgCO_2$/unit)	($kgCH_4$/unit)	(kgN_2O/unit)	[$kgCO_{2eq}$/unit]	
การเผาไหม้แบบอยู่กับที่ (Stationary Combustion)						
Motor Gasoline – Low Mileage Light Duty Vehicle Vintage 1995 or Later	litre	2.18E+00	1.20E-04	1.79E-04	2.2325	IPCC, DEDE, AR5
Gas/Diesel Oil	litre	2.70E+00	1.42E-04	1.42E-04	2.7403	IPCC, DEDE, AR5
Compressed Natural Gas	kg	2.13E+00	3.49E-03	1.14E-04	2.2540	IPCC, PTT, AR5
Liquefied Petroleum Gas	litre	1.68E+00	1.65E-03	5.32E-06	1.7273	IPCC, DEDE, AR5
Liquefied Petroleum Gas	kg	3.11E+00	3.06E-03	9.86E-06	3.1988	IPCC, DEDE, AR5 LPG 1 litre = 0.54 kg
การเผาไหม้แบบเคลื่อนที่ (Mobile Combustion: Off Road)						
Diesel						
Agriculture	litre	2.70E+00	1.51E-04	1.04E-03	2.9790	IPCC, AR5
Forestry	litre	2.70E+00	1.51E-04	1.04E-03	2.9790	IPCC, AR5
Industry	litre	2.70E+00	1.51E-04	1.04E-03	2.9790	IPCC, AR5
Household	litre	2.70E+00	1.51E-04	1.04E-03	2.9790	IPCC, AR5
Motor Gasoline – 4 Stroke						
Agricultural	litre	2.18E+00	2.52E-03	6.30E-05	2.2688	IPCC, DEDE, AR5
Forestry	litre	2.18E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.1816	IPCC, DEDE, AR5
Industry	litre	2.18E+00	1.57E-03	6.30E-05	2.2423	IPCC, DEDE, AR5
Household	litre	2.18E+00	3.78E-03	6.30E-05	2.3040	IPCC, DEDE, AR5
Motor Gasoline – 2 Stroke						
Agricultural	litre	2.18E+00	4.41E-03	1.26E-05	2.3083	IPCC, DEDE, AR5
Forestry	litre	2.18E+00	5.35E-03	1.26E-05	2.3347	IPCC, DEDE, AR5
Industry	litre	2.18E+00	4.09E-03	1.26E-05	2.2995	IPCC, DEDE, AR5
Household	litre	2.18E+00	5.67E-03	1.26E-05	2.3436	IPCC, DEDE, AR5

ตาราง 15 (ต่อ) ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

ชื่อ (Name)	หน่วย (Units)	ค่าสัมประสิทธิ์ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factors)				แหล่งอ้างอิง (References)
		($kgCO_2$/unit)	($kgCH_4$/unit)	(kgN_2O/unit)	[$kgCO_{2eq}$/unit]	
Electricity, Grid Mix (ไฟฟ้า)						
ไฟฟ้าแบบ Grid Mix ปี 2016 – 2018: LCIA Method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kWh	0.4954	6.10E-05	1.04E-05	0.4999	Thai National LCI Database, TIISMTEC-NSTDA, AR5 (With TGO Electricity 2016 – 2018)
Refrigeration (สารทำความเย็น)						
R-22 (HCFC – 22)	kg	-	-	-	1,760	The World Meteorological Organization 2006, AR5
R-32	kg	-	-	-	677	IPCC, 2013, AR5
R-134	kg	-	-	-	1,120	IPCC, 2013, AR5
R-134a	kg	-	-	-	1,300	IPCC, 2013, AR5

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)([30])

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Beijia Huang และคณะ (2016) ศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานของภาคอุตสาหกรรมสิ่งทอในประเทศจีน พบว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาคอุตสาหกรรมสิ่งทอของจีนในช่วงระหว่างปี 2000 ถึง 2011 มีการใช้ถ่านหินเป็นแหล่งสำคัญของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคอุตสาหกรรมสิ่งทอของจีนคิดเป็นประมาณ ร้อยละ 80 แหล่งที่มาของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มากเป็นอันดับ 2 ได้แก่ การใช้ไฟฟ้า น้ำมันเตา และน้ำมันดีเซล ตามลำดับ ในประเทศจีน กระบวนการที่ใช้พลังงานหลักมีอยู่ 3 กระบวนการ ได้แก่ การปั่นด้าย การทอผ้า และการทำให้เปียก ซึ่งพบว่ากระบวนการทำให้เปียกมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดอยู่ที่ 35.12 Mt CO_{2eq} ตามด้วย การปั่นด้าย และการทอผ้า ตามลำดับ การทอผ้า และการทำให้เปียก ส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูงในอุตสาหกรรมปลายน้ำ ได้แก่ อุตสาหกรรมเสื้อผ้า อุตสาหกรรมผ้า

ฝ้าย และการส่งออกสิ่งทอ ตามลำดับ สำหรับการประเมินการประหยัดพลังงานที่เป็นไปได้และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอของจีน มี 2 สถานการณ์ที่ได้มีการออกแบบ เนื่องจากความพร้อมของข้อมูลในปี ค.ศ.2012 ได้ถูกออกแบบให้เป็นปีฐาน และปี ค.ศ.2030 ได้ถูกออกแบบให้เป็นปีสุดท้าย พบว่า สถานการณ์ธุรกิจตามปกติ (BAU) ในอุตสาหกรรมสิ่งทอของจีนสามารถคาดการณ์ได้ว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะเพิ่มขึ้นเป็น 82,402.07 ล้านตันในปี ค.ศ. 2030 แต่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สถานการณ์ในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม (OTA) จะอยู่ที่ 54,160.87 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งน้อยกว่าก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นร้อยละ 34.3 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สถานการณ์ธุรกิจตามปกติ (BAU)([5])

Fayez A. และคณะ (2017) ศึกษาการใช้พลังงานและการประมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมเสื้อผ้าและสิ่งทอในบังกลาเทศ กรณีศึกษาเมืองธากา พบว่า ในอุตสาหกรรมสิ่งทอของบังกลาเทศ ก๊าซธรรมชาติ ไฟฟ้า ดีเซล และแอลพีจี เป็นแหล่งพลังงานทั่วไปในอุตสาหกรรม การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิลเหล่านี้เพิ่มขึ้นจากปี ค.ศ.2013 – 2015 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดอยู่ที่ 47.68, 49.84, และ 58.18 $KtCO_{2eq}$ ตามลำดับ ในการศึกษายังพบว่าก๊าซธรรมชาติเป็นแหล่งพลังงานหลักสำหรับอุตสาหกรรมที่มีการใช้ แต่ว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีค่าน้อยกกว่าการใช้ไฟฟ้า([31])

พงศ์ปิติ เดชะศิริ (2555) ได้ทำวิทยานิพนธ์การศึกษาดัชนีคาร์บอนจากการใช้พลังงานสำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอในประเทศไทย เมื่อวิเคราะห์ค่าดัชนีคาร์บอนบนพื้นฐานปริมาณการผลิตของโรงงานควบคุม พบว่าค่าดัชนีคาร์บอนของอุตสาหกรรมกลุ่มทอผ้าสูงที่สุดเท่ากับ 4.71 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันผลิตภัณฑ์ ตามด้วยกลุ่มตกแต่งสำเร็จสิ่งทอ ปั่นด้าย เครื่องนุ่งห่ม และเส้นใยสังเคราะห์ เท่ากับ 3.61 2.89 2.84 และ 1.39 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันผลิตภัณฑ์ตามลำดับ และได้จำลองภาพเหตุการณ์ในอนาคตระหว่างปี พ.ศ.2553 ถึง 2573 พบว่ากรณีพื้นฐานมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 5.10 เพิ่มเป็น 11.72 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งมีอัตราการเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 33 ต่อปี และคิดเป็นค่าดัชนีคาร์บอน 21.42 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อล้านบาท ส่วนภาพเหตุการณ์ทางเลือกกรณีปรับปรุงเครื่องจักรและเทคโนโลยี และกรณีสับเปลี่ยนเชื้อเพลิงจากน้ำมันเตาเป็นก๊าซธรรมชาติ พบว่าสามารถลดก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นร้อยละ 6.34 และ 0.97 ตามลำดับ โดยมอเตอร์ไฟฟ้า คอมเพรสเซอร์ และหม้อต้ม เป็นอุปกรณ์ที่มีศักยภาพคิดเป็นร้อยละ 62.60, 30.60 และ 6.80 ของศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจก ตามลำดับ([32])

ภูมิพัฒน์ กุลทรัพย์อรุชา (2548) ได้ทำวิทยานิพนธ์เรื่องการศึกษาประสิทธิภาพพลังงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอส่วนกลางน้ำ: การประยุกต์ดัชนีดิวิเซีย พบว่า ประสิทธิภาพของพลังงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอส่วนกลางน้ำโดยรวมยังถือว่าขาดประสิทธิภาพ และมีทิศทางที่เพิ่มสูงขึ้นในทุกแหล่งพลังงาน ไม่ว่าจะคำนวณด้วยมูลค่าผลผลิต หรือมูลค่าขนส่ง โดยความเข้มพลังงานโดยรวมมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของค่าความเข้มพลังงาน เกิดจากหลาย ๆ ส่วนรวมกัน อุตสาหกรรมที่ถือว่าเป็นแหล่งปัญหาการเพิ่มสูงขึ้นของความเข้มพลังงานโดยรวมในอุตสาหกรรมสิ่งทอส่วนกลางน้ำ คืออุตสาหกรรมผ้าทอ อุตสาหกรรมฟอกย้อมผ้าทอ และอุตสาหกรรมย้อมพิมพ์ โดยสาเหตุหลักของการเพิ่มขึ้นของค่าความเข้มพลังงานนั้น เกิดจากมูลค่าผลผลิตโดยรวมที่ลดต่ำลง ในขณะที่การใช้พลังงานกลับไม่ลดลง หรือลดลงน้อยกว่าอัตราการลดลงมูลค่าผลผลิต([33])

Hong และคณะ (2010) ศึกษาศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอของประเทศไต้หวัน ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลการอนุรักษ์พลังงานปี ค.ศ.2008 จำนวน 303 บริษัทอุตสาหกรรมสิ่งทอในไต้หวันจากระบบ (on-line Energy Declaration System; EDS) พบว่าผลการประหยัดพลังงานทั้งหมดโดยรวมที่ดำเนินการได้จำนวนเท่ากับ 46,074 ตันเทียบเท่าน้ำมัน (TOE) การประหยัดพลังงานที่ดำเนินการในปี ค.ศ. 2008 เป็นไฟฟ้าเท่ากับ 94,614 MWh น้ำมันเตา 23,686 kl และถ่านหิน 4,887 ตัน สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานได้ 143,669 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยศักยภาพสูงสุดในลดก๊าซเรือนกระจกจาการใช้พลังงานอยู่ที่ หม้อต้มไอน้ำ (Boiler) คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 38 การควบคุมกระบวนการผลิต (Process Control) ร้อยละ 28 และระบบปรับอากาศ (Air Conditioning System) ร้อยละ 12 ของศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ตามลำดับ([34])

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการประเมินการปลดปล่อยและแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้าในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

3.1 พื้นที่การศึกษา

3.2 กระบวนการย้อมผ้า

3.3 การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

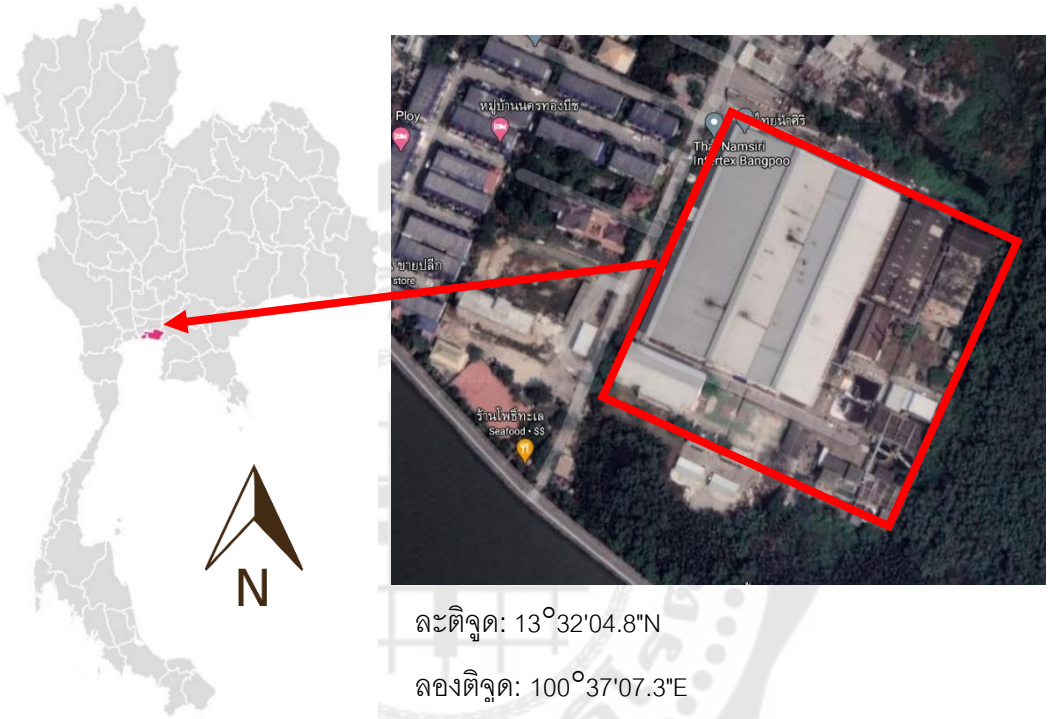
3.1 พื้นที่การศึกษา

จังหวัดสมุทรปราการเป็นจังหวัดหนึ่งที่ตั้งอยู่ใกล้ศูนย์กลางของประเทศไทย และเป็นจังหวัดที่มีการขนส่งวัตถุดิบมาจากต่างประเทศ รวมถึงเป็นคลังสินค้าที่สำคัญ นอกจากนี้ยังเป็นศูนย์กลางการขนส่งที่สำคัญทั้งทางบก ทางน้ำ และทางอากาศ ทำให้นักลงทุนเข้ามาประกอบกิจการตั้งโรงงานอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมาก อุตสาหกรรมที่สำคัญในพื้นที่ ได้แก่ ยานยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์ เครื่องจักรและอุปกรณ์ผลิตโลหะ ไฟฟ้าและชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ สิ่งทอ ผลิตภัณฑ์อาหาร แปรรูป เคมีภัณฑ์และพลาสติก เป็นต้น

อุตสาหกรรมสิ่งทอเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากในประเทศไทย เนื่องจากความต้องการของผู้บริโภคที่มากขึ้นทั้งในประเทศและต่างประเทศ และเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีการปลดปล่อยมลพิษมากที่สุด ซึ่งจังหวัดสมุทรปราการเป็นฐานการผลิตหนึ่งที่มีอุตสาหกรรมสิ่งทอมากที่สุดในประเทศ([25])

สำหรับงานวิจัยนี้ พื้นที่ศึกษาเป็นบริษัท ไทยนำศิริ อินเตอร์เท็กซ์ จำกัด (โรงงานย้อมผ้า) ตั้งอยู่ที่ตำบลบางปูใหม่ อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ พื้นที่การศึกษามีประมาณ 21.25 ไร่ หรือ 34,000 ตารางเมตร([35]) ดังภาพประกอบ 7 โรงงานย้อมผ้าแห่งนี้เป็นผู้นำด้านอุตสาหกรรมสิ่งทอ ดำเนินการผลิตผ้าพอลิเอสเทอร์สำหรับแฟชั่นที่มีคุณภาพ ปัจจุบันมีทุนจดทะเบียนโรงงานทั้งสิ้น 1,000 ล้านบาท ถือหุ้นโดยชาวญี่ปุ่น และชาวไทย ในด้านการบริหารจัดการจะมีผู้บริหารจากประเทศญี่ปุ่นเข้ามาหมุนเวียนบริหาร([36]) จำนวนพนักงานของโรงงานฯ มีประมาณ 190 คน แบ่งเป็นพนักงานหญิง จำนวน 60 คน และพนักงานชาย จำนวน 130 คน ระบบการจัดการภายในโรงงานที่ได้รับรองตามมาตรฐานสากล ได้แก่ มาตรฐานการรีไซเคิล (Global Recycle Standard: GRS) มาตรฐานเครื่องหมายสีน้ำเงิน (bluesign Standard) ระบบบริหารงานคุณภาพ (ISO 9001) ระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม (ISO 14001) ระบบการจัดการ

อาชีวอนามัยและความปลอดภัย (ISO 45001) มาตรฐานภายในประเทศ ได้แก่ อุตสาหกรรมสีเขียวระดับที่ 3 (Green Industry Level 3) คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization) มาตรฐานความรับผิดชอบของผู้ประกอบการอุตสาหกรรมต่อสังคม (CSR-DIW) เป็นต้น([37])



ละติจูด: 13°32'04.8"N

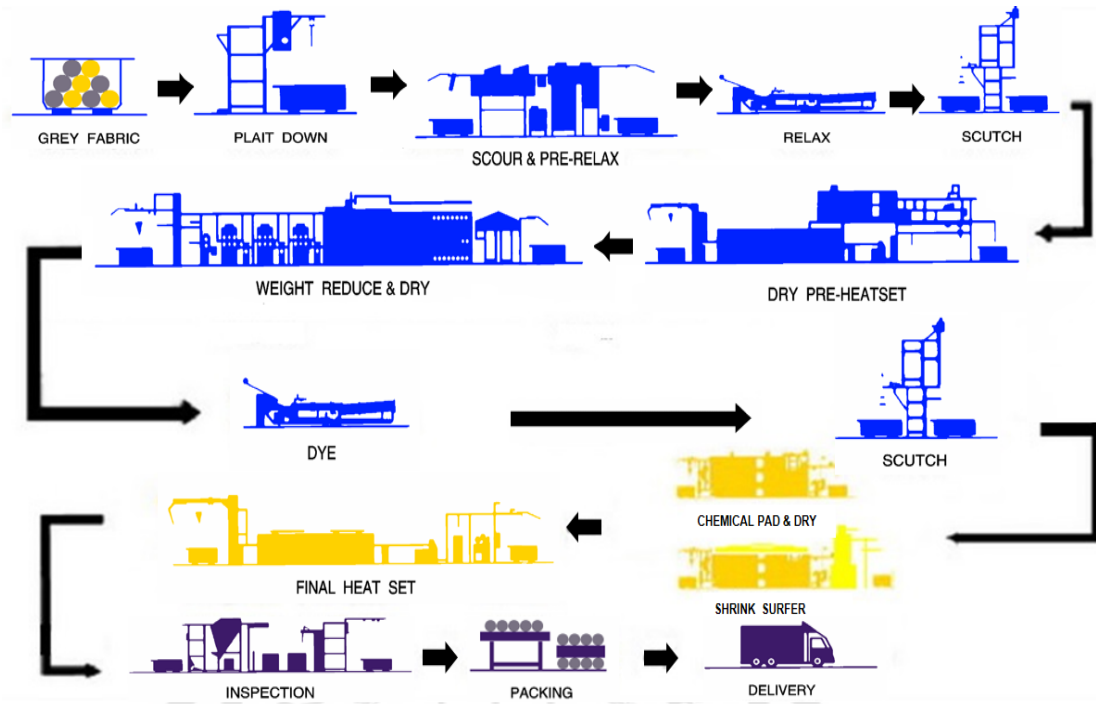
ลองติจูด: 100°37'07.3"E

ภาพประกอบ 8 พื้นที่ศึกษางานวิจัย โรงงานย้อมผ้า
ตำบลบางปูใหม่ อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ

ที่มา: Google Maps([38])

3.2 กระบวนการย้อมผ้า

กระบวนการหลักของโรงงานย้อมผ้าที่ทำการวิจัย ประกอบไปด้วย กระบวนการเตรียม (Preparation) กระบวนการย้อม (Dyeing) และกระบวนการตกแต่งสำเร็จ (Finishing) รวมไปถึงกระบวนการสนับสนุน (Supporting) ได้แก่ การผลิตไอน้ำ การปรับปรุงคุณภาพน้ำ การบำบัดน้ำเสีย และการขนส่งระหว่างกระบวนการผลิต ดังนี้



ภาพประกอบ 9 แผนผังกระบวนการผลิตโรงงานย้อมผ้า
ตำบลบางปูใหม่ อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ

ที่มา: บริษัท ไทยนำศิริ อินเตอร์เท็กซ์ จำกัด (โรงงานย้อมผ้า)([36])

3.2.1 กระบวนการเตรียม (Preparation Process)

กระบวนการเตรียมเป็นการเตรียมผ้าก่อนการย้อมผ้า โดยจะเริ่มต้นขั้นตอนด้วยการโรยผ้าที่เครื่อง Plaiting Down (PTD) เพื่อให้ผ้าดิบที่ม้วนอยู่คลี่ออกมา และโรยลงรถเข็นที่เตรียมไว้ จากนั้นจะนำผ้าดิบไปฟอกผ้าที่เครื่อง Sofcer (SFC) หรือ Boil Off (BOF) ขั้นตอนนี้จะช่วยชำระล้างสิ่งสกปรก และเคมีบางส่วน หลักจากนั้นนำผ้าเข้าเครื่อง Circular Relaxing (RCR) เป็นเครื่องล้างเคมีแบบระบบหมุนเวียน เพื่อทำการฟอกผ้าดิบในอุณหภูมิที่สูง ลดความตึงให้กับผ้า และให้ผ้ามีความสะอาดสม่ำเสมอกัน ถัดมานำผ้าเข้าเครื่อง Scutcher (SCT) เพื่อทำการคลี่ผ้า และโรยผ้าให้เป็นระเบียบ เนื่องจากการล้างเคมีในเครื่อง RCR จะทำให้ผ้ามัดเป็นม้วนติดกัน ต่อจากนั้นจะนำผ้ามาอบแห้งด้วยเครื่อง Short Loop Dryer (SLD) เพื่อให้ผ้าแห้งและพร้อมเข้าสู่ขั้นตอนถัดไป ในขั้นตอนนี้จะดำเนินการพร้อมกับตรวจวัดหน้าผ้า และเช็ครอยตำหนิต่าง ๆ ด้วย ต่อมาจะดำเนินการต่อด้วยขั้นตอนการเช็ดผ้าให้เรียบ และอบผ้าด้วยอุณหภูมิสูงในเครื่อง Pre-setting (PST) เพื่อให้ขนาดของหน้าผ้าอยู่ตัวตามขนาดที่ต้องการ

ในกรณีที่ต้องการปัดขนผ้าให้เข้าเครื่อง Buffing (NFF) เพื่อทำให้ผ้านุ่มขึ้น สุดท้ายนำผ้าเข้าเครื่อง Weight Reduction (WTR) เพื่อลดน้ำหนักผ้า และฟอกผ้าให้มีความนุ่มตามความต้องการ (ภาพประกอบ 11)([39])

ภาพประกอบ 10 กระบวนการเตรียม (Preparation Process)

3.2.2 **กระบวนการย้อม** (Dyeing Process)

หลังจากกระบวนการเตรียมเสร็จทุกขั้นตอน จะนำผ้าเข้าสู่กระบวนการย้อม โดยพนักงานในกระบวนการนี้จะรับใบสูตรสีย้อมผ้าจากห้องปฏิบัติการย้อม ทำการตรวจสอบขั้นตอนการทำงานเทียบกับใบสูตรสีย้อม และดำเนินการด้วยเครื่อง Circular Relaxing (DCR) เป็นเครื่องแบบระบบหมุนเวียน หลังจากนั้นนำผ้าที่ย้อมเสร็จแล้วจากเครื่อง DCR เข้าเครื่อง

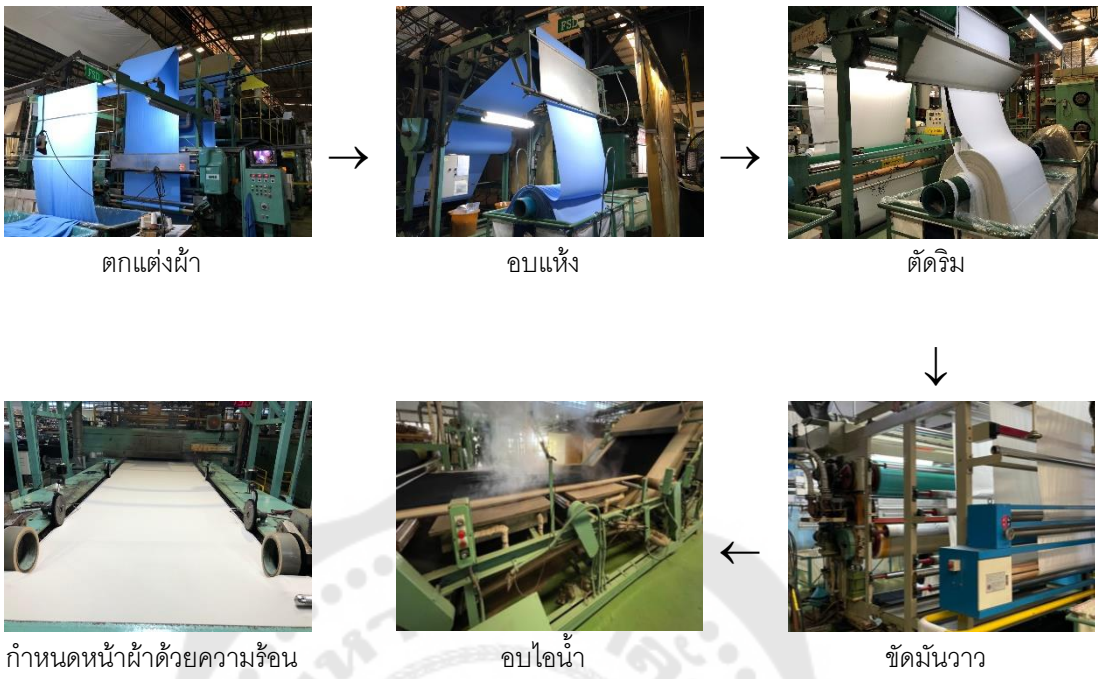
Scutcher (SCT) เพื่อทำการคลี่ผ้าที่ย้อมแล้ว และโรยผ้าให้เป็นระเบียบใส่ในรถเข็น เพราะเนื่องจากขั้นตอนการย้อมผ้าในเครื่อง DCR จะทำให้ผ้ามัดเป็นม้วนติดกัน (ภาพประกอบ 12)([39])

ผ้าจากการเตรียม → ย้อมผ้า → คลี่ผ้าย้อม

ภาพประกอบ 11 กระบวนการย้อมผ้า (Dyeing Process)

3.2.3 กระบวนการตกแต่งสำเร็จ (Finishing Process)

เสร็จจากกระบวนการย้อมจะนำผ้าเข้าสู่กระบวนการตกแต่งสำเร็จ โดยขั้นตอนแรกจะตรวจสอบมาตรฐาน และเทคนิคการตกแต่งก่อนว่าเป็นการลงเปียก (Wet on Wet) หรือลงแห้ง (Dry on Wet) จากนั้นจะดำเนินขั้นตอนการตกแต่งผ้าด้วยสารเคมีตกแต่งสิ่งทอในเครื่อง Finish Short Loop Dryer (FSD หรือเครื่อง Shrink Surfer (SSF) ในกรณีที่เป็นผ้าถัก หรือผ้าชนิดอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ผ้าโทนสีดำจะนำเข้าเครื่อง Finish Short Loop Dryer (FSD) ในกรณีที่เป็นผ้าโทนสีดำหรือผ้าชนิดอื่น ๆ ที่ไม่ไช่ผ้าถักจะเข้าเครื่อง Shrink Surfer (SSF) หลังจากการดำเนินการตกแต่งสิ่งทอด้วยสารเคมีตกแต่งเสร็จเรียบร้อยแล้ว กรณีที่ต้องการตัดริมผ้าให้ดำเนินการด้วยเครื่อง Heat Cut (HCT) ในกรณีที่ต้องการทำให้ผ้ามันวาวให้นำเข้าเครื่อง Calender (CL) เป็นเครื่องที่ใช้ลูกกลิ้งที่มีความร้อนอัดผ้าผืนให้มีความมันวาว ในกรณีที่ต้องการให้ผ้าหดตัว และเพิ่มความหนาแน่นให้นำเข้าเครื่องอบไอน้ำ (Sponging: SPG) สุดท้ายในกระบวนการนี้จะส่งต่อไปยังเครื่อง Final Heat Setting (FST) เพื่ออบ และควบคุมขนาดผืนผ้าให้ได้ตามมาตรฐาน (ภาพประกอบ 13)([39])



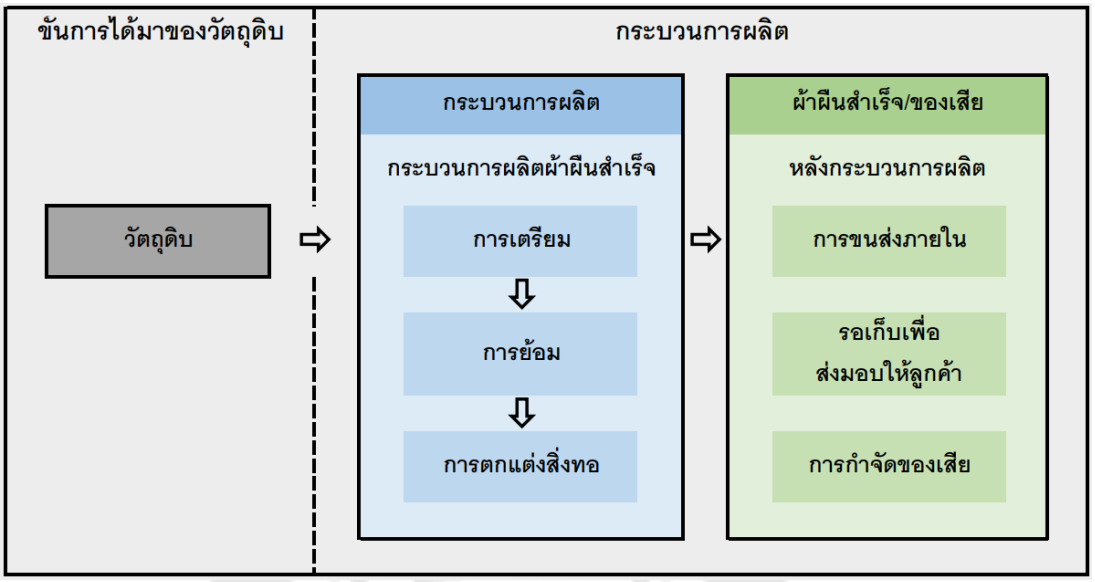
ภาพประกอบ 12 กระบวนการตกแต่งสำเร็จ (Finishing Process)

3.3 การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

3.3.1 การกำหนดขอบเขต

3.3.1.1 ขอบเขตการประเมิน

ขอบเขตของการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้า ในการศึกษานี้ได้กำหนดขอบเขตการศึกษากระบวนการผลิตหลัก (Core process) หรือขั้นการผลิตกระบวนการผลิตผ้าผืนสำเร็จ โดยวัฏจักรผลิตภัณฑ์จะพิจารณาเฉพาะขั้นการผลิต หมายความว่า พิจารณากระบวนการย้อมผ้า ประกอบไปด้วย การพิจารณาวัตถุดิบ พลังงานและทรัพยากรที่เกี่ยวข้องและนำมาใช้ในการผลิต การบรรจุ รวมถึงการจัดการมลพิษและของเสียที่เกิดขึ้น โดยพิจารณาตามแผนผัง (Material flow) ดังภาพประกอบ 14([10])



ภาพประกอบ 14 วัฏจักรชีวิตกระบวนการย้อมผ้า (Material flow)

3.3.1.2 ขอบเขตการรวบรวมข้อมูล

การรวบรวมข้อมูลของการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้า ผู้ศึกษาได้ทำการรวบรวมข้อมูลตามขอบเขตของกระบวนการผลิตผ้าผืนสำเร็จตามข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์เส้นด้ายและผ้าผืน (Guideline for PCR “Yarn Thread and Textile Fabrics”([10]) ดังต่อไปนี้

(1) ปริมาณการใช้ผ้าผืนดิบ

(2) ปริมาณการใช้ไฟฟ้า และเชื้อเพลิงสำหรับการเตรียม การย้อม การตกแต่งสิ่งทอ และรอเก็บเพื่อส่งมอบให้ลูกค้า

(3) ปริมาณการใช้ไฟฟ้า และเชื้อเพลิงในการขนส่งที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตสิ่งทอ

(4) ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของระบบบำบัดน้ำเสีย ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ

(5) ปริมาณการใช้น้ำที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต

(6) ปริมาณการใช้สีย้อมและสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการเตรียม การย้อม การตกแต่งสิ่งทอ และรอเก็บเพื่อส่งมอบให้ลูกค้า

(7) ปริมาณการใช้สารเคมีที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ และบำบัดน้ำเสีย

(8) ปริมาณน้ำมันหล่อลื่นและน้ำมันไฮดรอลิกที่ใช้ในเครื่องจักร

(9) ปริมาณการใช้บรรจุภัณฑ์

(10) ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกโดยตรงจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง

(11) ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัตถุดิบ บรรจุภัณฑ์ ไฟฟ้า เชื้อเพลิง น้ำประปา ผลิตภัณฑ์ ของเสียที่เกิดขึ้น

3.3.1.3 ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษานี้ ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลทุติยภูมิจากข้อมูลสถิติ รายงาน การบันทึก โปรแกรมอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ตั้งแต่เดือนมกราคมปี พ.ศ. 2561 ถึงเดือนธันวาคมปี พ.ศ.2564 เป็นระยะเวลา 4 ปี

3.3.2 การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้า ในการศึกษานี้ ได้อ้างอิงคู่มือจาก IPCC 2006: Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories เป็นแนวทางในการประเมินก๊าซเรือนกระจก องค์ประกอบที่ใช้ในการคำนวณในสมการการประเมินก๊าซเรือนกระจกคือ ข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) คูณกับค่าสัมประสิทธ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor)([28]) ดังสมการต่อไปนี้

ปริมาณก๊าซเรือนกระจก = ข้อมูลกิจกรรม *X* ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (1)

3.3.2.1 การคำนวณก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้แบบอยู่กับที่

การคำนวณก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้ประกอบด้วย การเผาไหม้แบบอยู่กับที่ การคำนวณใช้ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (Fuel Consumption) คูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ทั้งนี้ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงมีหน่วยเป็นเทระจูล (Terajoules)([28]) ตามสมการดังต่อไปนี้

$$\mathbf{Emissions_{GHG,fuel} = Fuel\ Consumption_{fuel} \cdot Emissions\ Factor_{GHG,fuel}} \quad (2)$$

โดยที่

$Emissions_{GHG,fuel}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามประเภทของเชื้อเพลิง (kg GHG)

$Fuel\ Consumption_{fuel}$ = ปริมาณเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ (TJ)

$Emission\ Factor_{GHG,fuel}$ = ค่าเริ่มต้นสัมประสิทธิ์ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่กำหนดตามประเภทของเชื้อเพลิง (kg gas/TJ)

3.3.2.2 สมการการคำนวณก๊าซเรือนกระจกจาการเผาไหม้แบบเคลื่อนที่

การคำนวณก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม่แบบเคลื่อนที่ ในการศึกษานี้พิจารณากิจกรรมการขนส่งระหว่างกระบวนการผลิต ได้แก่ การใช้รถยกจากการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล และก๊าซปิโตรเลียมเหลว([28]) ดังสมการดังต่อไปนี้

$$\boldsymbol{Emissions} = \sum_{\boldsymbol{a}} [\boldsymbol{Fuel_a \cdot EF_a}] \quad (3)$$

โดยที่

Emissions = การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kg GHG)

$Fuel_a$ = ปริมาณเชื้อเพลิงที่ถูกใช้ (TJ)

EF_a = ค่าสัมประสิทธิ์ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kg/TJ)

a = ประเภทของเชื้อเพลิง

3.3.2.3 การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้สารเคมี

สำหรับการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้สารเคมีสามารถแบ่งออกเป็น 2 กรณี ประกอบด้วย กรณีที่สารเคมีไม่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกภายในกระบวนการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างการใช้งานให้นำปริมาณสารเคมีที่ใช้ไปคูณกับค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดของสารเคมีที่ใช้ ถ้าไม่สามารถหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสารเคมีที่ใช้ได้ ให้พิจารณาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากประเภท คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของสารเคมีที่มีลักษณะใกล้เคียงมาใช้แทน

กรณีที่สารเคมีสามารถก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกภายในกระบวนการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างการใช้งานให้ทำการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมีดังกล่าว โดยอาศัยหลักมวลสารสัมพันธ์แล้วนำไปรวมกับค่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกของปริมาณสารเคมี จากนั้นคูณกับค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดของสารเคมี([29])

การปล่อยก๊าซเรือนกระจก = ปริมาณการใช้สารเคมี X ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (4)

3.3.2.4 การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ย

ในการประเมินก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ยให้นำปริมาณปุ๋ยเคมีที่มีการใช้งานจริง คูณกับค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามประเภท และสูตรของปุ๋ยที่มีการใช้งาน([29])

การปล่อยก๊าซเรือนกระจก = ปริมาณการใช้ปุ๋ย X ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (5)

3.3.2.5 การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดของเสีย

การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดของเสีย สำหรับกรณีที่มีระบบการกำจัดของเสีย ให้คำนวณโดยใช้วิธีการกำจัดจริงหรือข้อมูลปฐมภูมิที่มีในการจัดเก็บ ([29]) ตามสมการดังต่อไปนี้

$$\boldsymbol{E_{EoL} = \sum[(1 - R_{R,i})x\, E_{d,i}] + E_{tW}} \quad (6)$$

โดยที่

E_{EoL} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงการจัดการซากผลิตภัณฑ์

$R_{R,i}$ = อัตราการรีไซเคิลวัสดุประเภท i

$E_{d,i}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดการของเสียขั้นสุดท้ายของวัสดุประเภท i

E_{tW} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งซากผลิตภัณฑ์

3.3.2.6 สมการการคำนวณก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสีย

การคำนวณก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสีย ในกรณีนี้เป็นการใช้สมการการคำนวณอ้างอิงจาก IPCC 2006: Waste Water Treatment and Discharge และสมการได้ทำการประยุกต์ใช้ในบริบทของประเทศไทยโดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก ในการศึกษานี้ได้ใช้สมการประเภทของการบำบัดน้ำเสียในกรณีที่น้ำเสียได้รับการบำบัดแบบไม่เติมอากาศ([29]) ดังสมการดังต่อไปนี้

$$\boldsymbol{GHG\ Emission = 0.200\ x\ [(W_i\ x\ COD/1000) - S]} \quad (7)$$

โดยที่

GHG Emission = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการบำบัดน้ำเสีย (kg CH_4)

W_i = ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม.)

COD = ความต้องการออกซิเจนทางเคมีของน้ำเสียขาเข้า (mg/L)

S = สารอินทรีย์ที่ถูกกำจัดในรูปของสลัดจ์ (กิโลกรัม COD)

3.3.2.7 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

สำหรับการใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการศึกษานี้ ผู้วิจัยได้อ้างอิงค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังต่อไปนี้

ตาราง 16 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ชื่อ	หน่วย	ค่าสัมประสิทธิ์ (kg CO_{2eq}/unit)	แหล่งอ้างอิง
1.ผ้าทอพอลิเอสเทอร์	kg	9.40	ข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์เส้นด้ายและผ้าผืน
2.Acetic Acid	kg	0.93	อ้างอิงจาก Acetic acid ของ JEMEI Pro ด้วยการคำนวณไฟฟ้าของประเทศไทย
3.Ammonium Sulphate	kg	2.83	อ้างอิงจาก Ammonium sulfate (Ammonium Sulfate) ใน CFP EF Data v.2.01 ของประเทศญี่ปุ่น
4.Hydrochloric Acid	kg	5.26	อ้างอิงจาก HCl 100% ของ JEMEI Pro ด้วยการคำนวณไฟฟ้าของประเทศไทย
5.Hydrogen Peroxide	kg	5.30	อ้างอิงจาก Hydrogen peroxide ใน CFP EF Data v.2.01 ของประเทศญี่ปุ่น
6.Sodium Carbonate	kg	1.19	อ้างอิงจาก Sodium carbonate from ammonium chloride production, at plant/kg/GLO, ECOINVENT 2.0
7.Sodium Chloride	kg	0.20	อ้างอิงจาก Sodium chloride, powder, at plant/RER S, ECOINVENT 2.0
8.Sodium Hydrosulphite	kg	3.60	อ้างอิงจาก Sodium dithionite, anhydrous, at plant/kg/RER, ECOINVENT 2.0
9.Sodium Hydroxide	kg	1.04	อ้างอิงจาก Sodium hydroxide ของ JEMEI Pro ด้วยการคำนวณไฟฟ้าของประเทศไทย

ตาราง 16 (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ชื่อ	หน่วย	ค่าสัมประสิทธิ์ (kg CO_{2eq}/unit)	แหล่งอ้างอิง
10.Sodium Sulphate	kg	0.47	อ้างอิงจาก Sodium sulphate, powder, production mix, at plant/RER U, ECOINVENT 2.0
11.Sulfuric Acid	kg	0.14	อ้างอิงจาก Sulphuric acid, liquid, at plant/RER U, ECOINVENT 2.0
12.Levelling Agent	kg	2.40	อ้างอิงจาก Ethoxylated alcohols (AE7), petrochemical, at plant/kg/RER, ECOINVENT 2.0
13.Dyestuff	kg	31.10	ข้อมูลทดแทนจากค่าของ Acid dye
14.Scouring Agent	kg	2.40	ข้อมูลทดแทนจากค่าของ Ethoxylated alcohols (AE7), ECOINVENT 2.0
15.Soaping Agent	kg	2.39	ข้อมูลทดแทนจากค่าของ fatty alcohol sulfate, petrochemical, ECOINVENT 2.0
16.Softener	kg	2.65	ข้อมูลทดแทนจากค่าของ Silicone emulsion, ECOINVENT 2.0
17.Wetting Agent	kg	2.39	ข้อมูลทดแทนจากค่าของ fatty alcohol sulfate, petrochemical, ECOINVENT 2.0
18.ถุงพลาสติก PE	kg	1.52	อ้างอิงจาก HDPE bag จาก JEMEI Pro ด้วยไฟฟ้าของประเทศไทย
19.แกนกระดาษ	kg	0.72	อ้างอิงจาก Cardboard จาก JEMEI Pro ด้วยไฟฟ้าของประเทศไทย
20.ลังกระดาษ	kg	0.72	อ้างอิงจาก Cardboard จาก JEMEI Pro ด้วยไฟฟ้าของประเทศไทย
21.น้ำมันหล่อลื่นเครื่องจักร	kg	0.62	อ้างอิงจาก Lubricating oil (due to mineral oil, animal and plant purchased) ใน CFP EF Data v.2.01 ของประเทศญี่ปุ่น

ตาราง 16 (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ชื่อ	หน่วย	ค่าสัมประสิทธิ์ (kg CO_{2eq}/unit)	แหล่งอ้างอิง
22.จาระบี	kg	1.05	อ้างอิงจาก Grease ใน CFP EF Data v.2.01 ของประเทศญี่ปุ่น
23.ทินเนอร์	kg	2.12	อ้างอิงจาก Thinner ใน CFP EF Data v.2.01 ของประเทศญี่ปุ่น
24.ก๊าซธรรมชาติ	MJ	0.0562	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
25.น้ำมันเตาเกรด C	L	3.2455	IPCC Vol.2 table 2.2, PTT
26.น้ำมันเบนซิน	L	2.2373	IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, DEDE
27.น้ำมันดีเซล	L	2.7403	IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, DEDE
28.ก๊าซปิโตรเลียมเหลว	kg	2.9790	IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, DEDE LPG 1 litre = 0.54 kg
29.ไฟฟ้าแบบ grid mix ปี 2016-2018; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kWh	0.4999	Thai National LCI Database, TIISMTEC-NSTDA, AR5 (with TGO electricity 2016-2018)

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), ข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์เส้นด้ายและผ้าผืน, ข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์เครื่องนุ่งห่มที่ทำจากสิ่งทอ([10, 30, 40])

3.3.3 ระยะเวลาในการดำเนินการ

ในการศึกษางานวิจัยเล่มนี้ ผู้วิจัยมีกิจกรรมการดำเนินการ และระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย ตามตารางที่ 17 ดังต่อไปนี้

ตาราง 17 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

กิจกรรม	ระยะเวลาในการดำเนินงาน					
	ปี 2564				ปี 2565	
	ม.ค.-มี.ค.	เม.ย.-มิ.ย.	ก.ค.-ก.ย.	ต.ค.-ธ.ค.	ม.ค.-มี.ค.	เม.ย.-มิ.ย.
1.ศึกษาและวางแผนการดำเนินงาน						
2.เก็บข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ						
3.วิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูล						
4.เขียนเล่มรายงานวิจัย						
5.ตีพิมพ์ผลงานวิจัยใน วารสารวิชาการ						
6.นำเสนอผลงานวิจัย						

บทที่ 4
ผลการศึกษา

การวิจัยนี้ศึกษาการประเมินการปลดปล่อยและแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้า ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยโดยการศึกษาตามคู่มือ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Intergovernment Panel on Climate Change และข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์เส้นด้ายและผ้าผืน (Guideline for PCR “Yarn thread and textile fabrics”) ในขั้นตอนการผลิตของกระบวนการผลิตผ้าผืนสำเร็จ จนกระทั่งคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้า และเสนอแนวทางในการลดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้าให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ มีรายละเอียดตามหัวข้อดังนี้

1.ผลลัพธ์ของการศึกษาการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้าในจังหวัดสมุทรปราการ

2.ผลลัพธ์ของการศึกษาการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานของกระบวนย้อมผ้าในจังหวัดสมุทรปราการ

3.ผลลัพธ์ของการศึกษาหาแนวทางในการลดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้าในจังหวัดสมุทรปราการ

ผลลัพธ์ของการศึกษาการประเมินการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้าในจังหวัดสมุทรปราการ

การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้า ผู้วิจัยได้ใช้แนวทางในการคำนวณอ้างอิงจากคู่มือ 2006 IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories: Intergovernment Panel on Climate Change และกำหนดขอบเขตในการศึกษาโดยอ้างถึงแนวทางข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์เส้นด้ายและผ้าผืน (Guideline for PCR “Yarn thread and textile fabrics”) โดยงานวิจัยนี้ ประเมินแบบเจาะจงไปในขั้นตอนการผลิตของกระบวนการย้อมผ้า ซึ่งผลการคำนวณการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้าแสดงดังตารางที่ 18

ตาราง 18 ผลลัพธ์การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้า

ทรัพยากร (Input)	กระบวนการ (Process)	การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Output; ton CO_{2eq})			
		2561	2562	2563	2564
1.วัตถุดิบ					
ผ้าดิบ	ผ้าดิบจากกระบวนการทอผ้า	25,817.56	34,106.59	22,907.03	13,950.55
2.กระบวนการย้อมผ้า					
2.1 การใช้พลังงาน					
รวม	**กระบวนการเตรียม**	**713.11**	**756.81**	**512.89**	**495.64**
ไฟฟ้า	การใช้ไฟฟ้าของเครื่องจักร	673.42	708.20	512.89	452.33
น้ำมันดีเซล	การใช้น้ำมันดีเซลในการขนส่งภายใน	25.41	28.40	24.34	23.01
น้ำมันเบนซิน	การใช้น้ำมันเบนซินในการขนส่งภายใน	7.64	13.83	16.91	16.46
ก๊าซปิโตรเลียมเหลว	การใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวในการขนส่งภายใน	6.64	6.38	2.88	3.84
รวม	**กระบวนการย้อม**	**573.27**	**743.46**	**648.03**	**590.55**
ไฟฟ้า	การใช้ไฟฟ้าของเครื่องจักร	573.27	743.46	648.03	590.55
	กระบวนการตกแต่งสำเร็จ	**1,917.42**	**1,669.98**	**1,459.93**	**1,398.25**
ก๊าซธรรมชาติ	การเผาไหม้ของเครื่องจักร	1,411.11	1,131.31	1,018.99	988.86
ไฟฟ้า	การใช้ไฟฟ้าของเครื่องจักร	506.31	538.67	440.94	409.39
รวม	**กระบวนการสนับสนุน**	**9,594.23**	**10,049.65**	**7,896.09**	**7,697.45**
ก๊าซธรรมชาติ	การเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ	7,223.22	8,118.06	6,050.44	5,858.09
น้ำมันเตา	การเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ	1,126.19	746.46	739.97	739.97
ไฟฟ้า	การใช้ไฟฟ้าของคลังสินค้า	-	0.05	0.74	0.23
	การใช้ไฟฟ้าของหม้อไอน้ำ	401.43	402.54	365.26	333.24
	การใช้ไฟฟ้าของระบบปรับปรุงน้ำ	74.11	89.62	64.37	63.70
	การใช้ไฟฟ้าของระบบบำบัดน้ำ	769.28	692.92	675.31	702.22
รวมการใช้พลังงาน		**12,798.03**	**13,219.90**	**10,516.94**	**10,181.89**
2.2 การใช้น้ำ					
น้ำประปา	การใช้น้ำในกระบวนการเตรียม	172.48	185.37	150.50	149.91
	การใช้น้ำในกระบวนการย้อม	425.37	458.95	376.38	372.47
	การใช้น้ำในกระบวนการตกแต่งสำเร็จ	38.75	39.62	32.38	24.34
รวมการใช้น้ำ		**636.60**	**683.94**	**559.26**	**546.72**
2.3 การใช้สารเคมี					
รวม	**กระบวนการเตรียม**	**459.84**	**680.80**	**457.84**	**404.79**
โซเดียมไฮดรอกไซด์	การใช้สารเคมีในกระบวนการเตรียม	308.58	467.55	325.52	314.42
โซเดียมซัลเฟต		9.03	16.55	8.23	7.73
โซเดียมคาร์บอเนต		23.25	34.55	28.61	17.65
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์		2.92	2.97	6.00	4.41

ตาราง 18 (ต่อ) ผลลัพธ์การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้า

ทรัพยากร (Input)	กระบวนการ (Process)	การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Output; ton CO_{2eq})			
		2561	2562	2563	2564
สารช่วยขจัดสิ่งสกปรก		116.06	159.18	89.48	60.58
รวม	**กระบวนการย้อม**	**3,510.06**	**5,967.78**	**3,973.30**	**3,891.66**
โซเดียมไฮดรอกไซด์	การใช้สารเคมีในกระบวนการย้อมผ้า	107.80	121.68	111.34	101.42
โซเดียมซัลเฟต		5.44	6.35	5.73	3.74
โซเดียมคาร์บอเนต		5.93	7.45	9.00	7.35
โซเดียมไฮโดรซัลไฟต์		311.69	378.18	285.12	246.24
กรดแอซีติก		54.30	103.53	72.54	57.47
กรดไฮโดรคลอริก		18.33	17.88	29.46	16.57
สารช่วยขจัดสิ่งสกปรก		-	-	27.50	24.24
สารที่ช่วยในการย้อมสีให้ได้สีที่สม่ำเสมอ		51.77	133.00	98.32	77.25
สารฟอกสบู่		13.97	35.93	61.54	11.16
สารตกแต่งผ้านุ่ม		9.22	37.29	47.84	29.97
สีย้อมผ้า	การใช้สีย้อมในกระบวนการย้อมผ้า	2,931.61	5,126.49	3,224.91	3,316.25
รวม	**กระบวนการตกแต่งสำเร็จ**	**48.68**	**41.23**	**45.30**	**35.24**
สารตกแต่งผ้านุ่ม	การใช้สารเคมีในกระบวนการตกแต่งสำเร็จ	38.71	41.06	31.59	22.00
สารช่วยเปียก		9.97	0.17	13.71	13.24
รวม	**กระบวนการสนับสนุน**	**721.95**	**891.09**	**769.49**	**852.47**
โซเดียมคลอไรด์	การใช้สารเคมีในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ	241.30	271.08	238.65	242.10
กรดซัลฟิวริก	การใช้สารเคมีในระบบบำบัดน้ำ	10.03	9.08	9.35	10.24
อลูมิเนียมซัลเฟต		410.61	551.04	472.86	544.52
ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0)		59.70	59.52	48.13	55.11
น้ำมันหล่อลื่นเครื่องจักร	การใช้สารเคมีในการซ่อมบำรุงเครื่องจักร	0.11	0.05	0.05	0.13
จาระบี		0.00	0.00	0.01	0.01
ทินเนอร์		0.20	0.32	0.44	0.36
รวมการใช้สารเคมี		**4,740.53**	**7,580.90**	**5,245.93**	**5,184.16**
2.4 อื่น ๆ					
กล่องกระดาษ	การใช้บรรจุภัณฑ์ในกระบวนการบรรจุสินค้า	18.23	36.15	37.79	28.46
แกนกระดาษ		12.95	168.82	126.98	129.91
พลาสติก		-	1.68	0.62	1.46

ตาราง 18 (ต่อ) ผลลัพธ์การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้า

ทรัพยากร (Input)	กระบวนการ (Process)	การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Output; ton CO_{2eq})			
		2561	2562	2563	2564
น้ำเสีย	การปล่อยมีเทนบ่อบำบัดน้ำเสียแบบไม่เติมอากาศ	411.54	418.91	232.85	244.44
	การปล่อยมีเทนในระบบบ่อเกรอะ	12.92	15.54	15.30	13.53
กากตะกอน	ฝังกลบตามหลักสุขาภิบาล/เผาทำลายร่วมในเตาเผาปูนซีเมนต์	46.70	27.96	57.09	84.54
ภาชนะปนเปื้อนน้ำมัน	ฝังกลบอย่างปลอดภัยเมื่อทำการปรับเสถียรหรือทำให้เป็นก้อนแข็งแล้ว	0.26	0.14	0.42	-
หลอดไฟ	ฝังกลบอย่างปลอดภัยเมื่อทำการปรับเสถียรหรือทำให้เป็นก้อนแข็งแล้ว	0.02	0.07	0.02	-
สารเคมีเสื่อมสภาพ	เผาทำลายในเตาเผาเฉพาะสำหรับของเสียอันตราย	-	0.57	-	-
	รวมอื่น ๆ	502.62	669.84	471.07	502.34
	รวมทั้งหมด	18,677.78	22,154.58	16,793.20	16,415.11

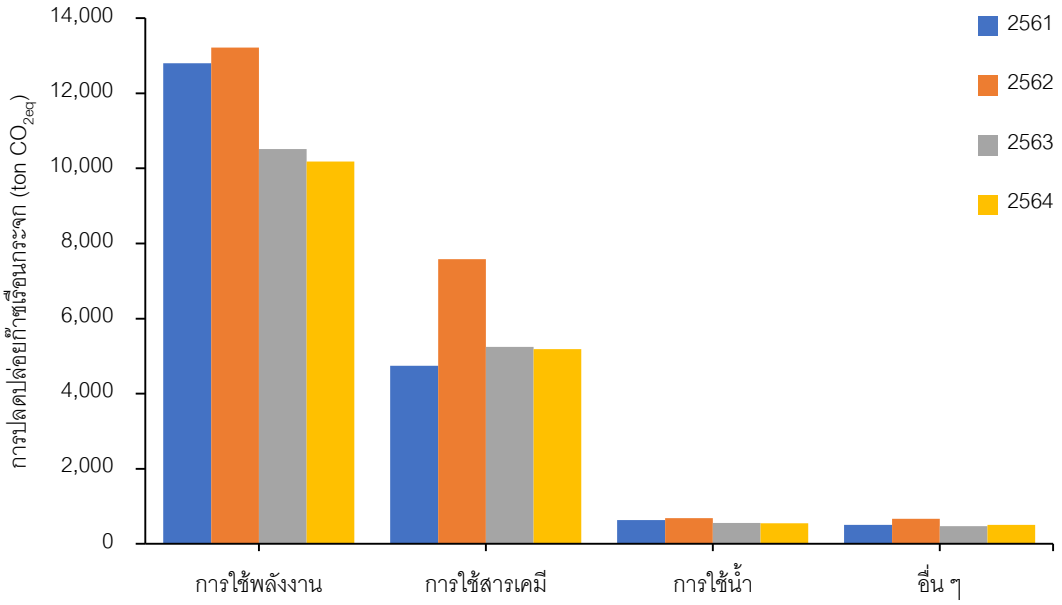
ผลลัพธ์การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้าในตารางที่ 18 โดยการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แบ่งออกเป็น 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงการได้มาของวัตถุดิบ (ผ้าดิบจากกระบวนการทอผ้า) และกระบวนการย้อมผ้า (กระบวนการผลิต) ซึ่งผ้าดิบเป็นวัตถุดิบหลักที่โรงงานได้ทำการนำเข้ามาผลิตในกระบวนการย้อมผ้า พบว่าปีที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากผ้าดิบมากที่สุดคือปี พ.ศ.2562 ประมาณ 34,106.59 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี และมีการปลดปล่อย GHG น้อยลงตั้งแต่ปี พ.ศ.2563-2564 เป็นต้นมา ประมาณ 22,907.03, 13,950.55 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ตามลำดับ ในส่วนของกระบวนการย้อมผ้า (กระบวนการผลิต) พบว่าปีที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้ามากที่สุดคือปี พ.ศ.2562 ซึ่งปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณ 22,154.58 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี และมีปริมาณการปลดปล่อย GHG ที่ลดลงในปี พ.ศ.2563-2564 อยู่ที่ประมาณ 16,739.20 และ 16,415.11 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ตามลำดับ ในแต่ละกระบวนการย้อมผ้า (กระบวนการผลิต) พบว่าการใช้พลังงานมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ซึ่งมากกว่า ร้อยละ 60 ของการปลดปล่อยทั้งหมด โดยในปี พ.ศ.2561 มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่ที่ประมาณ 12,798.03 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี

และมากสุดคือปี พ.ศ.2562 ที่ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานประมาณ 13,219.90 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี จากนั้นมีการปลดปล่อย GHG ลดลงในปี พ.ศ.2563-2564 อยู่ที่ประมาณ 10,516.94 และ 10,181.89 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี โดยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561-2564 มีการปลดปล่อย GHG จากการใช้พลังงานประมาณร้อยละ 68.52, 59.67, 62.63, 62.03 ตามลำดับ หากพิจารณาในกระบวนการหลัก รวมไปถึงกระบวนการสนับสนุน พบว่ากระบวนการสนับสนุนมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด โดยมาจากกิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำเป็นหลัก ได้แก่ ก๊าซธรรมชาติ และน้ำมันเตา รองลงมาคือการใช้ไฟฟ้าในระบบบำบัดน้ำ ในส่วนของกระบวนการผลิตหลักของกระบวนการย้อมผ้า พบว่ากระบวนการตกแต่งสำเร็จมีการปลดปล่อย GHG มากที่สุด จากกิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงของเครื่องจักร ได้แก่ ก๊าซธรรมชาติ รองลงมาเป็นกระบวนการย้อม และกระบวนการเตรียม ตามลำดับ

การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้สารเคมีทั้งจากกระบวนการย้อม และกระบวนการสนับสนุน พบว่าในปี พ.ศ.2561 มีการปลดปล่อย GHG ประมาณ 4,740.53 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ซึ่งต่อมาในปี พ.ศ.2562 พบว่ามีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดประมาณ 7,580.90 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี และมีการปลดปล่อย GHG ลดลงในปี พ.ศ.2563 ประมาณ 5,245.93 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี และในปี พ.ศ. 2564 ปลดปล่อยประมาณ 5,184.16 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี หากพิจารณาในแต่ละกระบวนการผลิตหลัก รวมไปถึงกระบวนการสนับสนุน พบว่ากระบวนการย้อมเป็นกระบวนการหลักที่มีการปลดปล่อย GHG จากการใช้สารเคมีมากที่สุดประมาณ ร้อยละ 75 จากการปลดปล่อยทั้งหมด รองลงมาเป็นกระบวนการสนับสนุน กระบวนการเตรียม และกระบวนการตกแต่งสำเร็จตามลำดับ โดยกระบวนการย้อมสัดส่วนที่มีการปลดปล่อยมากที่สุดมาจากการใช้สีย้อมในกระบวนการย้อม รองลงมาเป็นการใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ และโซเดียมไฮดรอกไซด์ในกระบวนการย้อม น้อยสุดมาจากการใช้โซเดียมคาร์บอเนตในกระบวนการย้อม

การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำในกระบวนการย้อมผ้า พบว่าการปลดปล่อย GHG มีแนวโน้มลดลงจากปี พ.ศ.2562 ซึ่งตั้งแต่ปี พ.ศ.2561-2564 มีการปลดปล่อย GHG เท่ากับ 636.60, 683.94, 559.26, และ 546.72 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ตามลำดับ โดยกระบวนการย้อมมีการปลดปล่อย GHG จากการใช้น้ำมากที่สุดประมาณมากกว่าร้อยละ 65 จากการปลดปล่อยทั้งหมด รองลงมาเป็นกระบวนการเตรียม และกระบวนการตกแต่งสิ่งทอ ตามลำดับ

ส่วนการปลดปล่อย GHG จากหมวดอื่น ๆ พบว่าส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมการปล่อยมีเทนบ่อบำบัดน้ำเสียแบบไม่เติมอากาศ รองลงมาเป็นการใช้แกนกระดาษในกระบวนการบรรจุสินค้า ตามด้วยการฝังกลบตามหลักสุขาภิบาล และเผาทำลายร่วมในเตาเผาปูนซีเมนต์ของกากตะกอน ตามลำดับ

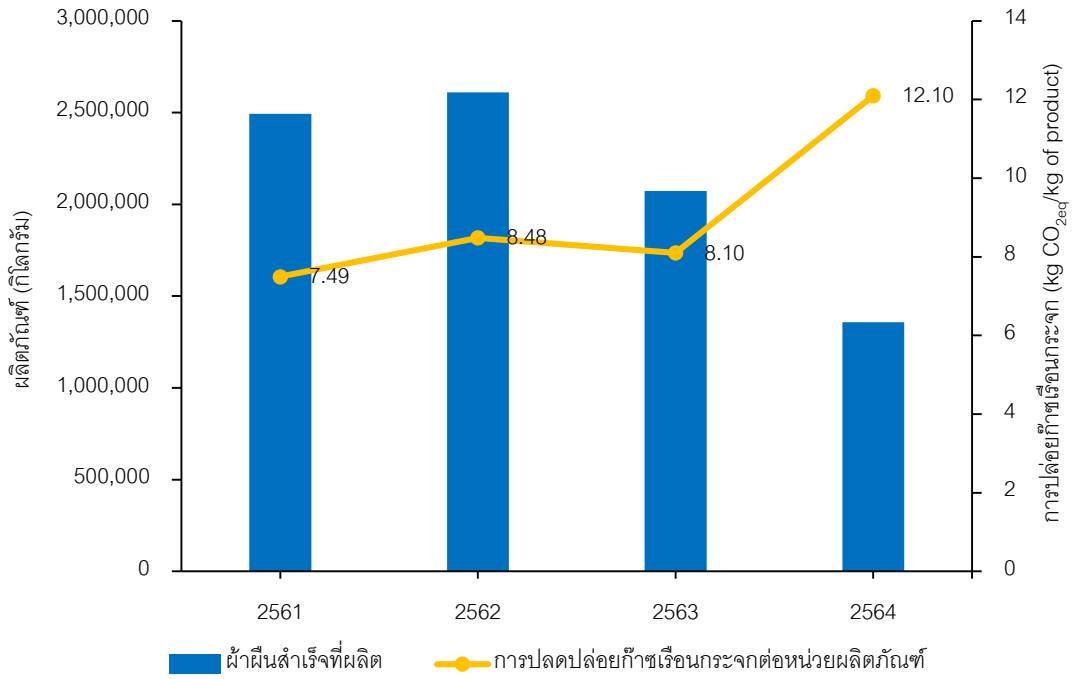


ภาพประกอบ 15 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้าปี พ.ศ.2561-2564

ภาพประกอบที่ 15 แสดงการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้าตั้งแต่ปี พ.ศ.2561-2564 พบว่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแยกตามประเภทของการปลดปล่อยแสดงการใช้พลังงานเป็นประเภทของการปลดปล่อยที่มากที่สุดมากกว่า ร้อยละ 60 ของการปลดปล่อยทั้งหมด รองลงมาเป็นการใช้สารเคมีประมาณ ร้อยละ 30 ตามด้วยการใช้น้ำ และอื่น ๆ ตามลำดับ โดยแต่ละปี พบว่าปี พ.ศ.2562 มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด จากนั้นลดลงในปี พ.ศ.2563-2564 ตามลำดับ

สำหรับการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ของกระบวนการย้อมผ้า พบว่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ.2561-2564 โดยมีการปลดปล่อยประมาณ 7.49, 8.48, 8.19, 12.10 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ ซึ่งค่าเฉลี่ย 4 ปี เท่ากับ 9.04 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้มีแนวโน้มลดลงจากปี พ.ศ.2562-2564

แต่การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งมากสุดเป็นปี พ.ศ.2564 ปลดปล่อย 12.10 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมผลิตภัณฑ์



ภาพประกอบ 16 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ของกระบวนการย้อมผ้าปี พ.ศ.2561 - 2564

ผลลัพธ์ของการศึกษาการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานของกระบวนการย้อมผ้าในจังหวัดสมุทรปราการ

ผ้าผืนสำเร็จที่ผลิตและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานในกระบวนการย้อมผ้าของจังหวัดสมุทรปราการปี พ.ศ.2557-2564 แสดงผ้าผืนสำเร็จที่ผลิตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ.2557-2562 และมีแนวโน้มลดลงในปี พ.ศ.2563-2564 ในส่วนของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานในกระบวนการย้อมผ้า พบว่าตั้งแต่ปี พ.ศ.2557-2564 กระบวนการย้อมผ้ามีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานประมาณ 90,674.63 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยแบ่งเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 90,501.44 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทนประมาณ 3.88 ตันมีเทน และก๊าซไนตรัสออกไซด์ประมาณ 0.58 ตันไนตรัสออกไซด์ ซึ่งประเภทเชื้อเพลิงของการใช้พลังงานในกระบวนการย้อมผ้าที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคือการใช้ก๊าซธรรมชาติ ได้มีการปลดปล่อยก๊าซ

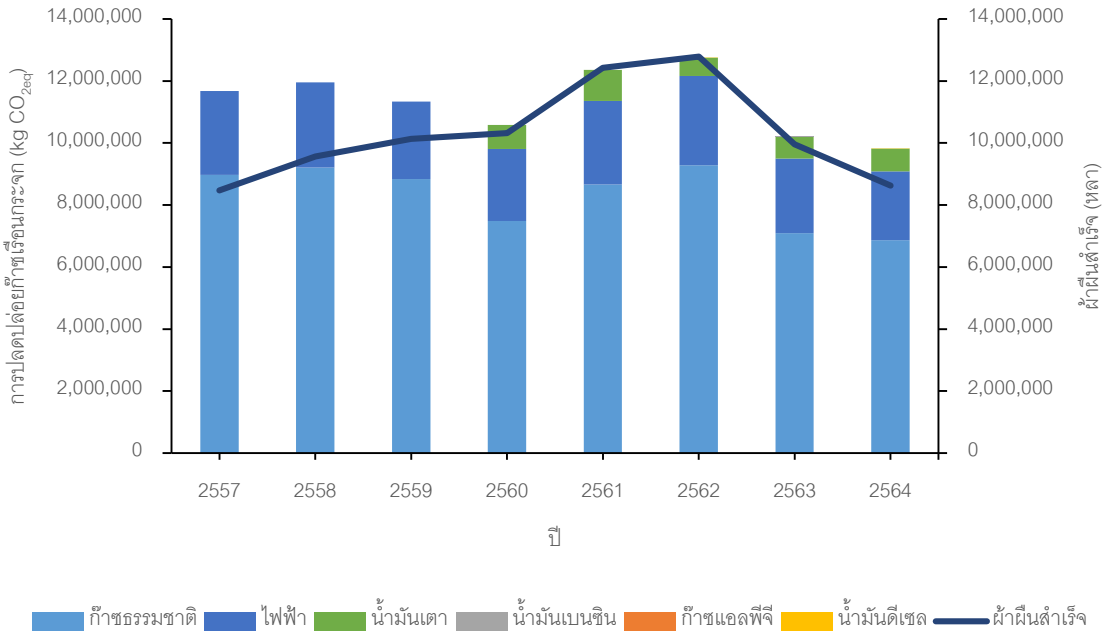
เรือนกระจกประมาณ ร้อยละ 70 ของการปลดปล่อยทั้งหมด รองลงมาเป็นการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าประมาณ ร้อยละ 20 และจากน้ำมันเตาประมาณ ร้อยละ 4 ส่วนเชื้อเพลิงที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่า ร้อยละ 1 ประกอบด้วย น้ำมันเบนซิน ก๊าซปิโตรเลียมเหลว และน้ำมันดีเซล ตามลำดับ และตั้งแต่ปี พ.ศ.2560 พบว่า กระบวนการย้อมผ้าได้มีการปรับเปลี่ยนการใช้พลังงานโดยใช้น้ำมันเตาส่งผลให้มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นมากกว่าเดิม (ภาพประกอบ 20)

กระบวนการย้อมผ้าในจังหวัดสมุทรปราการมีกระบวนการหลักอยู่ 3 กระบวนการ ได้แก่ กระบวนการเตรียม กระบวนการย้อม และกระบวนการตกแต่งสำเร็จ ซึ่งการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้าในจังหวัดสมุทรปราการ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2557-2564 พบว่า กระบวนการย้อมเป็นกระบวนการหลักที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด และได้มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณ 40,974.08 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หรือประมาณ ร้อยละ 45.15 จากการปลดปล่อยทั้งหมด ตามด้วยกระบวนการเตรียม มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณ 34,174.94 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หรือประมาณ ร้อยละ 37.66 และกระบวนการตกแต่งสำเร็จมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยที่สุดในกระบวนการหลัก ซึ่งปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ประมาณ 15,606.51 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หรือประมาณ ร้อยละ 17.20 ตามลำดับ ในแต่ละกระบวนการการผลิตหลัก การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีแนวโน้ม เพิ่มสูงขึ้น ตั้งแต่ปี พ.ศ.2557-2560 และมีแนวโน้มลดลงในปี พ.ศ.2563 - 2564 ตามลำดับ (ภาพประกอบ 21)

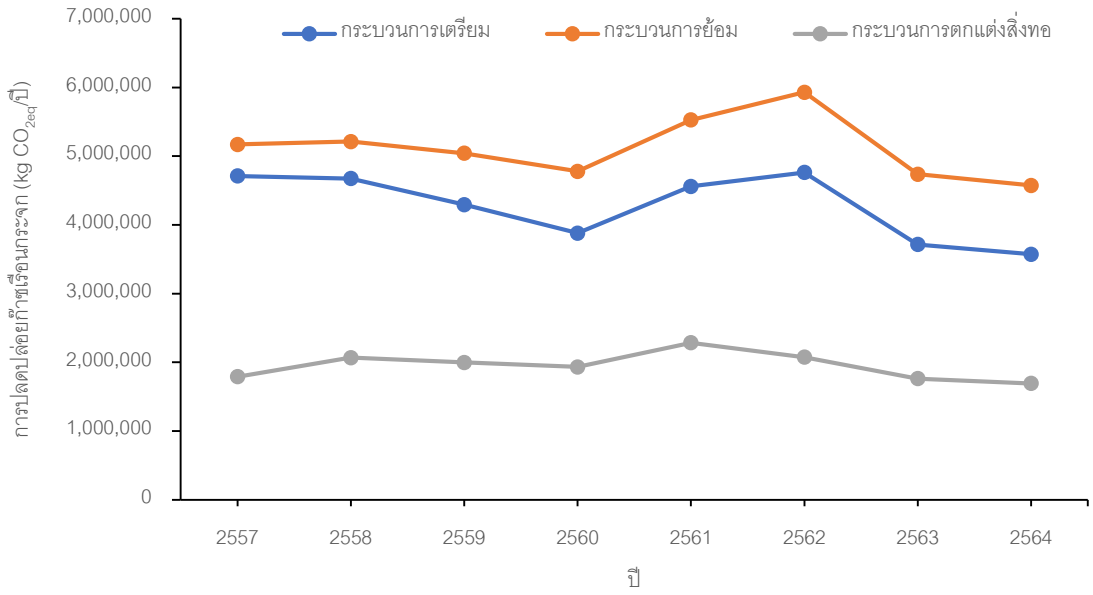
กระบวนการย้อมผ้า (กระบวนการผลิต) การศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วย กระบวนการเตรียม กระบวนการย้อม และกระบวนการตกแต่งสำเร็จ สามารถสรุปรายละเอียดการใช้พลังงาน (input) กระบวนการ (process) และการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (output) ของกระบวนการข้างต้นตาม ภาพประกอบที่ 22 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการคำนวณได้แยกก๊าซเรือนกระจกออกเป็น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน และก๊าซไนตรัสออกไซด์ ดังนี้

กระบวนการเตรียม ได้มีการใช้พลังงาน ซึ่งประกอบไปด้วย ก๊าซธรรมชาติ น้ำมันเตา ก๊าซปิโตรเลียมเหลว น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล และไฟฟ้า ได้ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานประมาณ 3,564.05 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์ หรือประมาณ ร้อยละ 36.32 ตามด้วยก๊าซมีเทน 0.16 ตันมีเทน หรือประมาณ ร้อยละ 37.38 และก๊าซไนตรัสออกไซด์ 0.02 ตันก๊าซไนตรัสออกไซด์ หรือประมาณ ร้อยละ 36.55 ในกระบวนการย้อมได้มีการใช้พลังงานจากก๊าซธรรมชาติ น้ำมันเตา และไฟฟ้า ซึ่งจากการใช้พลังงาน ในกระบวนการย้อมได้มีการปลดปล่อยก๊าซ

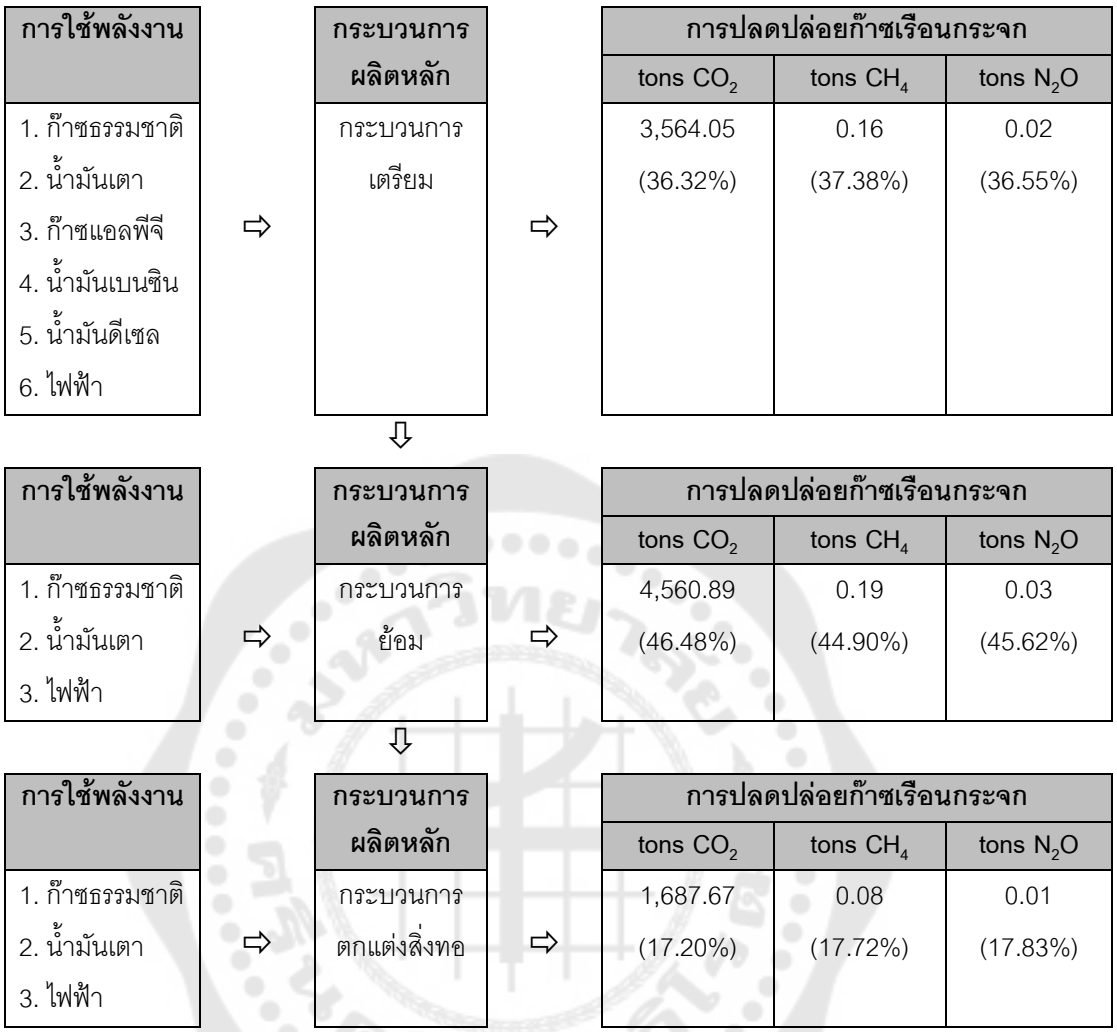
เรือนกระจกมากกว่ากระบวนการอื่น ๆ ซึ่งได้ปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 4,560.89 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ หรือประมาณ ร้อยละ 46.48 ก๊าซมีเทนปลดปล่อย 0.19 ตันมีเทน หรือประมาณ 44.90 และก๊าซไนตรัสออกไซด์ปล่อย 0.03 ตันไนตรัสออกไซด์ หรือประมาณร้อยละ 45.62 ส่วนกระบวนการตกแต่งสำเร็จ ได้มีใช้การพลังงานจากการใช้เชื้อเพลิง ประกอบไปด้วย การใช้ก๊าซธรรมชาติ น้ำมันเตา และไฟฟ้า ซึ่งจากการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกพบว่า กระบวนการตกแต่งสิ่งทอได้มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 1,687.67 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ หรือประมาณ ร้อยละ 17.20 ตามด้วยก๊าซมีเทน 0.08 ตันมีเทน และก๊าซไนตรัสออกไซด์ ซึ่งน้อยกว่า 0.01 ตันไนตรัสออกไซด์ หรือประมาณ ร้อยละ 17.83 และเป็นกระบวนการหลักที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยที่สุด



ภาพประกอบ 17 จำนวนผ้าผืนสำเร็จและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานในกระบวนการย้อมผ้า จังหวัดสมุทรปราการ ปี พ.ศ.2557 - 2564



ภาพประกอบ 18 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการย้อมผ้า จังหวัดสมุทรปราการ ปี พ.ศ.2557 – 2564



ภาพประกอบ 22 แผนผังการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้า ในจังหวัดสมุทรปราการ ปี พ.ศ.2564

ผลลัพธ์ของการศึกษาหาแนวทางในการลดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้าในจังหวัดสมุทรปราการ

การศึกษาหาแนวทางในการลดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตสิ่งทอ ผู้วิจัยได้อ้างอิงจากนโยบายการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงงานย้อมผ้า ในจังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งมีทั้งแนวทางที่กำลังเริ่มดำเนินการอยู่ และอยู่ในช่วงการศึกษาความเป็นไปได้ โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

การติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป (Solar Rooftop) ขนาดโครงการ 1,549.2 kWp จากการศึกษาพบว่า ความเป็นไปได้ของอัตราการผลิตไฟฟ้าต่อปีจะอยู่ที่ 2,335,900 kWh ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบในปี พ.ศ.2564 โรงงานจะสามารถลดการปลดปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ ร้อยละ

45.77 ส่วนระยะการคืนทุน มีเงื่อนไขจ่ายที่ค่าใช้จ่ายร้อยละ 30 สามารถคืนทุนได้ภายใน 1 ปี 7 เดือน จ่ายที่ค่าใช้จ่าย ร้อยละ 100 สามารถคืนทุนได้ภายใน 3 ปี 7 เดือน และยืมที่ค่าใช้จ่าย ร้อยละ 100 สามารถคืนทุนได้ภายใน 4 ปี 4 เดือน

การติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป (Solar Rooftop) ขนาดโครงการ 1,378.2 kWp จากการศึกษาความเป็นไปได้ พบว่า ถ้าคิดที่ความเป็นไปได้ ร้อยละ 100 โรงงานจะมีอัตราการผลิตไฟฟ้าต่อปีประมาณ 1,488,456 kWh เมื่อเปรียบเทียบในปี 2564 สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าได้ประมาณร้อยละ 29.16 โดยเงื่อนไขต้องไม่มีอุปสรรคในเรื่องของสภาพอากาศ แต่เมื่อพิจารณาตามความเป็นไปได้ของโรงงาน การศึกษานี้จึงพิจารณาที่ร้อยละ 96 โดยโรงงานสามารถผลิตไฟฟ้าต่อปีได้ประมาณ 1,428,917.76 kWh ซึ่งเงื่อนไขได้พิจารณาเรื่องสภาพอากาศ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบในปี พ.ศ.2564 สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าได้ประมาณ ร้อยละ 28 โดยการศึกษานี้ได้มีการระบุสามารถคืนทุนได้ประมาณ 5 ปี 8 เดือน

การติดตั้งหม้อไอน้ำแบบไหลผ่านทางเดียว (Once Through Boiler) ซึ่งหม้อไอน้ำประเภทนี้เป็นรุ่นที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และมีประสิทธิภาพการทำงานสูงกว่ารุ่นเดิม จากการศึกษาความเป็นไปได้ของการลดก๊าซเรือกระจกจากการใช้พลังงาน พบว่าการเปลี่ยนไปติดตั้งหม้อไอน้ำแบบไหลผ่านทางเดียวแทนรุ่นเดิมสามารถลดก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานได้ประมาณร้อยละ 71.24 และมีระยะเวลาการคืนทุนของการติดตั้งหม้อไอน้ำประมาณ 3 ปี เมื่อเปรียบเทียบกับปี 2561 ซึ่งยังไม่ได้มีการติดตั้งหม้อไอน้ำแบบไหนผ่าน พบว่ามีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานก๊าซธรรมชาติประมาณ 7,223.22 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ซึ่งถ้าใช้มาตรการในการติดตั้งเปลี่ยนหม้อไอน้ำเป็นแบบไหลผ่านทางเดียวจะลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ประมาณ 1,715.27 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี

การเสนอแนะมาตรการการลดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้าจากผู้ศึกษาประกอบไปด้วย

1 การปรับปรุงกระบวนการผลิตหลักของโรงงานให้มีประสิทธิภาพ จะเห็นได้ว่าในปี พ.ศ. 2564 มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น แต่มีจำนวนการผลิตที่ลดลง

2 การเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานจากเดิมไปเป็นพลังงานสะอาด ส่วนใหญ่โรงงานใช้พลังงานจากก๊าซธรรมชาติ ซึ่งเป็นพลังงานสะอาดอยู่แล้ว มีข้อเสนอแนะให้ใช้ก๊าซธรรมชาติแทนที่ส่วนที่ใช้พลังงานของน้ำมันเตา ในเรื่องการใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งโรงงานมีแผนการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปในอนาคต มาตรการนี้จึงเป็นแนวทางที่ดีในการดำเนินการต่อไป

3 การเปลี่ยนแปลงหรือหาผลิตภัณฑ์มาทดแทน โดยเฉพาะการใช้สารเคมีและสีย้อมในกระบวนการผลิตหลัก ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีการใช้สารเคมีเป็นปริมาณมาก การเปลี่ยนหรือหาผลิตภัณฑ์ทดแทนที่มีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่น้อยลงกว่าเดิมจึงเป็นมาตรการสำหรับวัตถุดิบในกระบวนการผลิต

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สำหรับงานวิจัยเรื่องการประเมินการปลดปล่อยและแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้า ผู้วิจัยได้ทำการประเมินการปลดปล่อย และหาแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้าในขั้นการได้มาของวัตถุดิบ และกระบวนการผลิตของกระบวนการย้อมผ้า หลังจากที่ได้ผลการดำเนินงานแล้ว สามารถสรุปผลการดำเนินงาน โดยได้แบ่งออกตามหัวข้อ ดังต่อไปนี้

1.สรุปผลงานวิจัย

2.อภิปรายผลการวิจัย

3.ข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้า ในงานวิจัยนี้พบว่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้าของจังหวัดสมุทรปราการ ปัจจุบันมีแนวโน้มลดลงจากปี พ.ศ.2561-2564 โดยปีที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้ามากที่สุดคือปี พ.ศ.2562 ซึ่งมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมประมาณ 22,154.58 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ปี พ.ศ.2564 เป็นปีมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้าน้อยที่สุดประมาณ 16,415.11 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี หากพิจารณาตามกิจกรรมของกระบวนการย้อมผ้า พบว่าการใช้พลังงานเป็นกิจกรรมที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือกระจกมากที่สุดมากกว่าประมาณ ร้อยละ 60 จากการปลดปล่อยทั้งหมด ซึ่งในปี พ.ศ.2562 มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานมากที่สุดประมาณ 13,219.90 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี รองลงมาเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้สารเคมีและการใช้น้ำ ตามลำดับ การใช้พลังงานทั้งหมดของกระบวนการย้อมผ้า หากพิจารณาจะพบว่ากระบวนการสนับสนุนมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด โดยมาจากกิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำ ได้แก่ ก๊าซธรรมชาติ และน้ำมันเตา ในส่วนของกระบวนการผลิตหลัก พบว่ากระบวนการตกแต่งสำเร็จมีการปลดปล่อย GHG มากที่สุด รองลงมาเป็นกระบวนการย้อม และกระบวนการเตรียม ตามลำดับ ในส่วนของการใช้สารเคมี พบว่าการปลดปล่อย GHG จากการใช้สารเคมีส่วนมากมาจากกระบวนการย้อมเป็นหลักประมาณ ร้อยละ 75 ของการปลดปล่อยจากการใช้สารเคมีทั้งหมด ซึ่งเป็นการใช้สีย้อม โซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ โซเดียม-

ไฮดรอกไซด์ ตามลำดับ รองลงมาเป็นกระบวนการสนับสนุน กระบวนการเตรียม การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจากจากการใช้สารเคมีน้อยที่สุดมาจากกระบวนการตกแต่งสำเร็จ การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำของกระบวนการย้อมผ้ามีแนวโน้มลดลงจากปี พ.ศ.2561-2564 ซึ่งจากการศึกษา พบว่ากระบวนการย้อมเป็นกระบวนการที่มีการปลดปล่อย GHG จากการใช้น้ำมากที่สุด มากกว่า ร้อยละ 65 จากการปลดปล่อย GHG จากการใช้น้ำทั้งหมด รองลงมาเป็นกระบวนการเตรียม และกระบวนการตกแต่งสิ่งทอ ตามลำดับ

การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ของกระบวนการย้อมผ้า พบว่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ.2561-2564 ซึ่งค่าเฉลี่ย 4 ปีอยู่ที่ 9.04 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้มีแนวโน้มลดลงแต่การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มสูงขึ้น มากสุดเป็นปี พ.ศ.2564 ปลดปล่อย 12.10 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมผลิตภัณฑ์

ผ้าผืนสำเร็จที่ผลิตตั้งแต่ปี พ.ศ.2557-2562 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่หลังจากปี พ.ศ.2563 มีแนวโน้มลดลง ในส่วนของการการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตสิ่งทอของโรงงานย้อมผ้า พบว่าตั้งแต่ปี พ.ศ.2557-2564 โรงงานย้อมผ้ามีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานประมาณ 90,674.63 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด ซึ่งสัดส่วนการใช้พลังงานที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดมาจากการใช้ก๊าซธรรมชาติประมาณ ร้อยละ 70 จากการปลดปล่อยทั้งหมด รองลงมาเป็นการใช้ไฟฟ้า และน้ำมันเตา ซึ่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลักมาจาก 3 กระบวนการ ได้แก่ กระบวนการเตรียม กระบวนการย้อม และกระบวนการตกแต่งสิ่งทอ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2557-2564 พบว่า กระบวนการย้อมมีสัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ร้อยละ 45.15 จากการปลดปล่อยทั้งหมด รองลงมาเป็นกระบวนการเตรียม และกระบวนการตกแต่งสำเร็จ

มาตรการในการลดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้า ได้ศึกษาความเป็นไปได้ของการลดก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานทางอ้อมประเภทไฟฟ้า ซึ่งการศึกษามาจากนโยบายของโรงงานโดยตรง เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปพบว่าทั้ง 2 ขนาดโครงการสามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้โดยประมาณ ร้อยละ 30-45 เมื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการย้อมผ้า ไม่นับรวมกระบวนการสนับสนุน ส่วนการใช้พลังงานทางตรงประเภทก๊าซธรรมชาติ พบว่าการติดตั้งหม้อไอน้ำแบบไหลผ่านทางเดียว (Once Through Boiler)

สามารถลดก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานได้ประมาณร้อยละ 71.24 และมีระยะเวลาการคืนทุนของการติดตั้งหม้อไอน้ำประมาณ 3 ปี

ในส่วนของการเสนอแนะมาตรการการลดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้า ทางผู้ศึกษามีแนวทางในการเสนอแนะ ดังต่อไปนี้

1 ปรับปรุงระบบกระบวนการผลิตของกระบวนการย้อมผ้าให้มีประสิทธิภาพ เนื่องจากในปี พ.ศ.2564 พบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยผลิตภัณฑ์มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

2 เปลี่ยนการใช้พลังงานไปเป็นพลังงานสะอาด เนื่องจากส่วนใหญ่โรงงานใช้พลังงานจากก๊าซธรรมชาติอยู่แล้ว มีข้อเสนอแนะให้ใช้ก๊าซธรรมชาติแทนที่ส่วนที่ใช้พลังงานของน้ำมันเตา และในส่วนของการใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งโรงงานมีแผนการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปอยู่แล้ว จึงเป็นแนวทางที่ดีในการดำเนินการต่อไป

3 เปลี่ยนหรือหาผลิตภัณฑ์ทดแทนสำหรับการใช้สารเคมีและสีย้อมในกระบวนการผลิตที่มีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่น้อยลงกว่าเดิม

อภิปรายผลการวิจัย

ในปัจจุบัน ภาคอุตสาหกรรมสิ่งทอนับว่ายังคงมีความต้องการสูงทั้งในประเทศและต่างประเทศ แต่การปลดปล่อยมลพิษในภาคอุตสาหกรรมสิ่งทอยังถูกกล่าวว่าเป็นหนึ่งในผู้ผลิตก๊าซเรือนกระจกรายใหญ่ที่สุดในโลก และได้รับการรายงานว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดต่อหนึ่งหน่วยผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญของการเกิดภาวะโลกร้อน สำหรับการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตสิ่งทอของโรงงานย้อมผ้าในจังหวัดสมุทรปราการส่วนใหญ่มาจากการใช้พลังงานที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ร้อยละ 60 จากการปลดปล่อยทั้งหมด รองลงมาเป็นการใช้สารเคมี และการใช้น้ำ ตามลำดับ

การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้าในจังหวัดสมุทรปราการ พบว่ามีแนวโน้มลดลงในปี พ.ศ.2563-2564 เป็นต้นมา แต่การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มสูงขึ้นจาก 7.49 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมผลิตภัณฑ์ในปี พ.ศ.2561 เป็น 12.10 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมผลิตภัณฑ์ในปี พ.ศ.2564 ซึ่งค่าเฉลี่ยของ 4 ปีจะอยู่ที่ประมาณ 9.04 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมผลิตภัณฑ์ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์เครื่องนุ่งห่มที่ทำจากสิ่งทอซึ่งเป็นผ้าผืนสำเร็จที่ผ่านการย้อม พบว่าตั้งแต่ปี พ.ศ.2561-2564 มีค่าการปลดปล่อยน้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้([40])

การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมสิ่งทอของประเทศไทย พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ.2560-2562 และมีแนวโน้มการปลดปล่อยลดลงในปี พ.ศ.2563([41]) เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคไวรัสโคโรนา 2019([42]) ข้อมูลจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน พบว่าภาคอุตสาหกรรมสิ่งทอของประเทศไทยส่วนใหญ่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้ามากที่สุดประมาณ ร้อยละ 70([41]) แตกต่างจากอุตสาหกรรมสิ่งทอของประเทศจีนที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ถ่านหินเป็นหลักคิดเป็นประมาณ ร้อยละ 80 รองลงมาเป็นการใช้ไฟฟ้า น้ำมันเตา และน้ำมันดีเซล ตามลำดับ ซึ่งการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคิดเป็น ร้อยละ 58 จากกระบวนการทั้งหมด([5]) ผลการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานของกระบวนการย้อมผ้าในจังหวัดสมุทรปราการ ประกอบไปด้วยกระบวนการหลักอยู่ 3 กระบวนการ จากการคำนวณ พบว่ากระบวนการย้อมมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคิดเป็น ร้อยละ 45.15 จากกระบวนการทั้งหมด ซึ่งมาจากพลังงานหลัก ได้แก่ ก๊าซธรรมชาติที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็น ร้อยละ 70 ของการปลดปล่อยจากพลังงานทั้งหมด ตามด้วยการใช้ไฟฟ้าประมาณ ร้อยละ 20 ต่างจากอุตสาหกรรมสิ่งทอของเมืองธากา ประเทศบังกลาเทศ ที่มีการใช้พลังงานจากก๊าซธรรมชาติเป็นหลัก แต่กลับปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าที่มากกว่าพลังงานเชื้อเพลิงอื่น([31])

แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตสิ่งทอของโรงย้อมผ้าในจังหวัดสมุทรปราการ ผู้วิจัยได้อ้างอิงจากนโยบายของโรงงาน และอ้างอิงจากการศึกษาความเป็นไปได้ของการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป (Solar rooftop) ขนาดแรกขนาดโครงการ 1,549.2 kWp โรงงานย้อมผ้าจะสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ ร้อยละ 45.77 และสามารถคืนทุนได้สูงสุดไม่เกิน 4 ปี 4 เดือน ขนาดที่สองเป็นการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป (Solar rooftop) ขนาดโครงการ 1,378.2 kWp การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าได้ประมาณ ร้อยละ 28 โดยการศึกษานี้สามารถคืนทุนได้ไม่เกิน 5 ปี 8 เดือน

สำหรับการติดตั้งหม้อไอน้ำแบบไหลผ่านทางเดียว (Once Through Boiler) หากเปลี่ยนไปติดตั้งหม้อไอน้ำแบบไหลผ่านทางเดียวสามารถลดก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานได้ประมาณ ร้อยละ 71.24 และมีระยะเวลาการคืนทุนของการติดตั้งหม้อไอน้ำประมาณ 3 ปี การปรับปรุงเครื่องจักรและเทคโนโลยี และการสับเปลี่ยนจากการใช้น้ำมันเตาเป็นก๊าซธรรมชาติสามารถลดก๊าซเรือนกระจกคิดเป็น ร้อยละ 6.34 และ 0.97 ตามลำดับ โดยศักยภาพการ

ลดก๊าซเรือนกระจกของหม้อไอน้ำคิดเป็น ร้อยละ 6.80 ของแนวทางในการลดก๊ณาซเรือนกระจก ([32]) และศักยภาพสูงสุดในการลดก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานของหม้อไอน้ำคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 38([34])

ในส่วนของการเสนอแนะมาตรการการลดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้า ทางผู้ศึกษามีแนวทางในการเสนอแนะเรื่องของการปรับปรุงระบบกระบวนการผลิตของกระบวนการย้อมผ้าให้มีประสิทธิภาพ เนื่องจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยผลิตภัณฑ์มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ถัดมาเป็นเปลี่ยนการใช้พลังงานไปเป็นพลังงานสะอาด เนื่องจากส่วนใหญ่โรงงานใช้พลังงานจากก๊าซธรรมชาติ จึงเสนอแนะให้ใช้ก๊าซธรรมชาติแทนที่ส่วนที่ของน้ำมันเตา และการใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งโรงงานมีแผนการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปจึงเป็นแนวทางที่ดีในการดำเนินการต่อไป สุดท้ายเปลี่ยนหรือหาผลิตภัณฑ์ทดแทนสำหรับการใช้สารเคมีและสีย้อมในกระบวนการผลิตที่มีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่น้อยลงกว่าเดิม

การคาดการณ์จากมาตรการการประหยัดพลังงาน หากโรงงานดำเนินธุรกิจตามปกติ (BAU) จะสามารถคาดการณ์ได้ว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะเพิ่มขึ้นเรื่อยไปจนถึงปี พ.ศ.2573 แต่หากมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม (OTA) ในกระบวนการผลิตสิ่งทอจะสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยลงคิดเป็นร้อยละ 34.3 จากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สถานการณ์ธุรกิจตามปกติ (BAU)([5])

ข้อเสนอแนะ

สำหรับการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้าในงานวิจัยนี้ ยังขาดข้อมูลเชิงลึกอีกบางส่วน เนื่องจากยังขาดการบันทึกที่เป็นลายลักษณ์อักษรและความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในงานวิจัย โดยผู้มีจัยมีข้อเสนอแนะให้โรงงานเพิ่มการจัดการข้อมูลในส่วนที่ยังขาดหาย เช่น ชิ้นส่วนของเครื่องจักรที่มีการเปลี่ยนใหม่ สารเคมีในกระบวนการผลิตหลักที่ยังระบุกลุ่มการทำงานไม่ได้ โดยการประยุกต์ใช้งานของระบบมาตรฐานที่มีอยู่แล้ว

บรรณานุกรม

1. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change: Working Group III Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report. Cambridge: Cambridge University Press; 2015. from https://www.cambridge.org/core/books/climate-change-2014-mitigation-of-climate-change/81F2F8D8D234727D153EC10D428A2E6D

2. กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. คู่มือกิจกรรมสิ่งแวดล้อมศึกษา: การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. ปทุมธานี: บริษัท ป่าฝน เนกซ์สเตป จำกัด; 2563.

3. Public Health Institute, Health CfCCa. Climate Change 101: Climate Science Basics. 2016: from https://climatehealthconnect.org/wp-content/uploads/2016/09/Climate101.pdf

4. Jain N, Bhatia A, Pathak DS, Gupta N, Sharma D, Kaushik R. GREENHOUSE GAS EMISSIONS AND GLOBAL WARMING 18.1 INTRODUCTION. 2015. p. 379-411.

5. Huang B, Zhao J, Geng Y, Tian Y, Jiang P. Energy-related GHG emissions of the textile industry in China. Resources, Conservation and Recycling. 2017 2017/04/01/; 119: 69-77.

6. Ian T. Emissions worldwide - Statistics & Facts. 2021 [June 13, 2021]; Retrieved June 13, 2021, from https://www.statista.com/topics/5770/global-greenhouse-gas-emissions/#topicHeader__wrapper

7. Loetscher S, Starmanns M, Petrie L, Sommerau C, Kreis B. Changing Fashion: The Clothing and Textile Industry at the Brink of Radical Transformation. WWF Switzerland2017.

8. James C. Making Climate Change Fashionable: The Garment Industry Takes On Global Warming. 2015 [June 13, 2021]; Retrieved June 13, 2021, from https://www.forbes.com/sites/jamesconca/2015/12/03/making-climate-change-fashionable-the-garment-industry-takes-on-global-warming/?sh=3611526379e4

9. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. รายงานการอนุรักษ์พลังงานของประเทศไทย ปี 2562. กรุงเทพฯ: ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร; 2562.

10. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). ข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์เส้นด้ายและผ้าฝืน. 2558. Retrieved Access Date, from http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/index.php?lang=TH&mod=Y0hKdlplVmpkSE5mY25Wc1pYTT0

11. Shutterstock. Greenhouse Effect Illustration. n.d. [June 13, 2021]; Retrieved June 13, 2021, from https://www.shutterstock.com/

12. Allen, Barros V, Broome J, Cramer W, Christ R, Church J, et al. Climate Change 2014: Synthesis Report. 2014.

13. NASA Goddard Institute for Space Studies. Global Temperature Difference. 2012; from https://www.giss.nasa.gov/

14. สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม. แผนปฏิบัติการส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมรายสาขา: อุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม. กรุงเทพฯ: คณะพานิชยศาสตร์และการบัญชี และวิทยาลัยนวัตกรรม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2560.

15. สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม. แนวทางการประกอบกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ประเภทสถานประกอบกิจการการย้อม การกัดสีผ้าหรือสิ่งทออื่น ๆ. นนทบุรี: สำนักงานกิจการโรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึกในพระบรมราชูปถัมภ์; 2554.

16. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. คู่มือพัฒนาบุคลากรด้านการอนุรักษ์พลังงานจากกรณีตัวอย่างที่ประสบผลสำเร็จ อุตสาหกรรมสิ่งทอ. กรุงเทพ: บริษัท เอนเนอร์ยี่ ควอลิตี้ เซอร์วิส จำกัด; 2557.

17. สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ. สถิติสิ่งทอไทย 2562/2563. กรุงเทพฯ2563.

18. สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ. สถิติสิ่งทอไทย 2561/2562. กรุงเทพฯ2562.

19. สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ. สถิติสิ่งทอไทย 2560/2561. กรุงเทพฯ2561.

20. สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ. สถิติสิ่งทอไทย 2559/2560. กรุงเทพฯ2560.

21. สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ. สถิติสิ่งทอไทย 2558/2559. กรุงเทพฯ2559.

22. กระทรวงอุตสาหกรรม. กฎกระทรวงกำหนดประเภท ชนิด และขนาดของโรงงาน พ.ศ.2563. 2563.

23. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. สถิติสะสมจำนวนโรงงานที่ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการตามพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535 และพระราชบัญญัติโรงงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2562 จำแนกตาม

ประเภท รายจำพวก ณ สิ้นปี พ.ศ.2563. 2563 [updated 4 กรกฎาคม 2564]; from http://www.diw.go.th

24. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. สถิติสะสมจำนวนโรงงานที่ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการตามพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535 และพระราชบัญญัติโรงงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2562 จำแนกตามจังหวัด รายประเภท ณ สิ้นปี พ.ศ.2563. 2563 [4 มิถุนายน 2564]; Retrieved 4 มิถุนายน 2564, from https://www.diw.go.th

25. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. พื้นที่เป้าหมาย 15 จังหวัด 18 พื้นที่: จังหวัดสมุทรปราการ. n.d. [4 กรกฎาคม 2564]; Retrieved 4 กรกฎาคม 2564, from https://ecocenter.diw.go.th/

26. สำนักงานสถิติแห่งชาติ. ตารางสถิติ โครงการสำรวจภาวะการทำงานของประชากร ระดับจังหวัด ไตรมาสที่ 1 : มกราคม - มีนาคม 2564. กรุงเทพฯ: สำนักงานสถิติแห่งชาติ; 2564.

27. Ranganathan J, Bhatia P. The Greenhouse Gas Protocol: a Corporate Accounting and Reporting Standard, Revised Edition. 2004.

28. Van Amstel A. IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. 2006.

29. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). ข้อกำหนดในการคำนวณและรายงานคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร. กรุงเทพฯ2564.

30. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). ค่าปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) รวบรวมมาจากข้อมูลทุติยภูมิ สำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร. กรุงเทพฯ2563 [13 มิถุนายน 2564]; Retrieved 13 มิถุนายน 2564, from https://thaicarbonlabel.tgo.or.th

31. Fayez A, Hasnat M. Energy consumption and estimation of greenhouse gas emission from garment and textile industries in Bangladesh: A case study on Dhaka City. 2017 04/12; 5: 65-075.

32. พงศ์ปิติ. การศึกษาดัชนีคาร์บอนจากการใช้พลังงานสำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2555.

33. ภูมิพัฒน์. การศึกษาประสิทธิภาพพลังงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอส่วนกลางน้ำ: การประยุกต์ดัชนีดิวิเซีย. กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2555.

34. Hong G-B, Su T-L, Lee J-D, Hsu T-C, Chen H-W. Energy conservation potential in Taiwanese textile industry. Energy Policy. 2010 2010/11/01/; 38(11): 7048-53.

35. บริษัทไทยนำศิริ อินเตอร์เท็กซ์ จำกัด. รายงานผลการดำเนินงานโรงงานอุตสาหกรรมเชิงนิเวศที่มีคุณค่าต่อสังคมไทย: บริษัทไทยนำศิริ อินเตอร์เท็กซ์ จำกัด. สมุทรปราการ2563.

36. บริษัทไทยนำศิริ อินเตอร์เท็กซ์ จำกัด. คู่มือคุณภาพ (QM-CQM-101-Q). ฉะเชิงเทรา2551.

37. บริษัทไทยนำศิริ อินเตอร์เท็กซ์ จำกัด. โครงการส่งเสริมโรงงานอุตสาหกรรมให้มีความรับผิดชอบต่อสังคมและชุมชนอย่างยั่งยืน: บริษัทไทยนำศิริ อินเตอร์เท็กซ์ จำกัด. สมุทรปราการ 2562.

38. Google Maps. พื้นที่การศึกษาในการวิจัย บริษัทไทยนำศิริ อินเตอร์เท็กซ์ จำกัด. n.d. [15 มิถุนายน 2564]; Retrieved 15 มิถุนายน 2564, from https://www.google.com/maps/

39. บริษัทไทยนำศิริ อินเตอร์เท็กซ์ จำกัด. ขั้นตอนการทำงานการควบคุมกระบวนการย้อม/พิมพ์ และตกแต่ง (PM-BDF-101-Q). สมุทรปราการ2554.

40. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). ข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์เครื่องนุ่งห่มที่ทำจากสิ่งทอ. 2558. Retrieved Access Date, from http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/index.php?lang=TH&mod=Y0hKdlplVmpkSE5mY25Wc1pYTT0

41. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. รายงานการอนุรักษ์พลังงานของประเทศไทย. กรุงเทพฯ2563.

42. สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ. สถิติสิ่งทอไทย 2563/2564. กรุงเทพฯ2564.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	จิระพงษ์ ชนะภู
วัน เดือน ปี เกิด	2 สิงหาคม 2537
สถานที่เกิด	กำแพงเพชร
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2560 สาธารณสุขศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์ จาก มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง พ.ศ. 2561 ประกาศนียบัตรบัณฑิต สาขาวิชาบัณฑิตอาสาสมัคร จาก มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ผลงานตีพิมพ์	Chanaphoo J., Yuttitham M., Vanitchung S., Hanpattanakit P., 2021, Greenhouse Gas Emission from Energy Consumption in Dyeing Factory at Samut Prakan Province, Thailand, Chemical Engineering Transactions, 89, 73-78.