รหัสโครงการ SUT10-1003-56-12-12

# รายงานการวิจัย

# การศึกษาเปรียบเทียบวอเตอร์และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของยางพาราแผ่นที่ผลิตในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้

# The Comparison of Water and Carbon Footprint of the Rubber Sheet Manufactured in Northeastern and Southern Part of Thailand

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ SUT10-1003-56-12-12

# รายงานการวิจัย

# การศึกษาเปรียบเทียบวอเตอร์และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของยางพาราแผ่นที่ผลิตในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้

# The Comparison of Water and Carbon Footprint of the Rubber Sheet Manufactured in Northeastern and Southern Part of Thailand

**คณะผู้วิจัย**

**หัวหน้าโครงการ**

**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขนิษฐา มีวาสนา**

สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย

สำนักวิชาสาธารณสุขศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

**ผู้ร่วมวิจัย**

ผู้ช่วยศาสตราจารย์. พิรัชฎา มุสิกะพงศ์

**ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2556**

**ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว**

กรกฎาคม 2560

# กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 ทำให้คณะผู้วิจัยสามารถทำงานวิจัยเรื่องนี้ให้เสร็จสิ้นลงได้

ขอขอบคุณเกษตรกรผู้ปลูกยางพาราและนักวิชาการเกษตร ที่ให้ข้อมูลการปลูกยางพารา การใช้น้ำ ปุ๋ย และการใช้พลังงาน เชื้อเพลิงต่างๆ ในการปลูกยางพารา และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และผู้ปฏิบัติงานประจำโรงผลิตยางพาราแผ่น ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลการใช้วัตถุดิบ พลังงาน เชื้อเพลิง สาธารณูปโภค และการเกิดของเสียจากกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น เพื่อให้ได้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ ครบถ้วน และสมบูรณ์ ทำให้งานวิจัยครั้งนี้บรรลุผลสำเร็จตามเป้าประสงค์ได้ด้วยดี

ทั้งนี้ในส่วนของความรู้เกี่ยวกับการคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการปลูกยางพารา คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ รศ.ดร.จรงค์พันธ์ มุสิกะวงศ์ ภาควิชาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้คำแนะนำ ทำให้ประเมินค่าต่างๆ ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณสาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย สำนักวิชาสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้การสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างดี

คณะผู้วิจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

# บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้ เป็นการประเมินค่าวอเตอร์และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตลอดห่วงโซ่ของการผลิตยางพาราแผ่น เปรียบเทียบระหว่างภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ของประเทศไทย การประเมินเริ่มตั้งแต่การปลูกยางพารา การขนส่งน้ำยางพาราเข้าสู่โรงงาน และกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น โดยพื้นที่ศึกษาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ กาฬสินธุ์ และหนองคาย ส่วนพื้นที่ศึกษาในภาคใต้ ได้แก่ จังหวัดสงขลา ผลการศึกษา ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมดของการผลิตยางพาราแผ่น ในหน่วย 1 ตัน ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17,970 ลบ.ม. แบ่งออกเป็นประเภทกรีนเท่ากับ 8,174 ลบ.ม. บลูเท่ากับ 6,975 ลบ.ม. และเกรย์เท่ากับ 2,821 ลบ.ม. ตามลำดับ โดยค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมดในภาคการเพาะปลูก ในหน่วย 1 ตันน้ำยางพารา (น้ำยางพารามีสัดส่วนของเนื้อยางแห้งที่ร้อยละ 35) พบว่า จังหวัดกาฬสินธุ์มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 6,682 ลบ.ม. รองลงมาคือ นครราชสีมา (6,454 ลบ.ม.) บุรีรัมย์ (5,120 ลบ.ม.) และหนองคาย (4,884 ลบ.ม.) ตามลำดับ ส่วนในภาคใต้ จังหวัดสงขลา พบว่าค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมดของการผลิตยางพาราแผ่น ในหน่วย 1 ตัน มีค่าเท่ากับ 11,417 ลบ.ม. แบ่งออกเป็นประเภทกรีนเท่ากับ 8,631 ลบ.ม. บลูเท่ากับ 858 ลบ.ม. และเกรย์เท่ากับ 1,928 ลบ.ม. และค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในภาคการเพาะปลูก ในหน่วย 1 ตันน้ำยางพารา พบว่ามีค่าเท่ากับ 3,801 ลบ.ม. เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมดต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ พบว่าในภาคใต้มีค่าน้อยกว่าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้ในภาคใต้ยังพบว่ามีการใช้น้ำประเภทบลูน้อยกว่ามาก ซึ่งจะมีความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์มากกว่า เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายจากการสูบน้ำหรือการนำน้ำเข้าสู่กระบวนการผลิตที่น้อยกว่า และผลการศึกษาค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่น ในหน่วย 1 กิโลกรัม ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.471171 $kgCO_2e$ โดยค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในภาคการเพาะปลูกและการขนส่ง ในหน่วย 1 กก.น้ำยางพารา มีค่าเท่ากับ 0.14052 และ 0.001007 $KgCO_2e$ ตามลำดับ ส่วนภาคใต้ ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่น ในหน่วย 1 กิโลกรัม มีค่าเท่ากับ 0.460841 $kgCO_2e$ โดยค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในภาคการเพาะปลูกและการขนส่ง ในหน่วย 1 กก.น้ำยางพารา มีค่าเท่ากับ 0.09906 และ 0.001007 $KgCO_2e$ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบทั้งสองภาคพบว่า ภาคใต้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยผลิตภัณฑ์น้อยกว่าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และยังพบว่าทั้งสองภาคมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดในส่วนการปลูกยางพาราโดยเกิดในส่วนการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนมากที่สุด หากเกษตรกรสามารถเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่เพาะปลูกได้ และมีการใช้ปุ๋ยชนิดอื่นเพื่อทดแทนการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ก็จะช่วยลดภาระการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการใช้น้ำในการผลิตลงได้

**คำสำคัญ :** วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ยางพาราแผ่น

# Abstract

This research emphasized on the assessment of water and carbon footprint of rubber sheet in Northeastern and Southern area of Thailand. The assessment as conducterd from rubber tree cultivation, transportation and production. The study area in Northeastern covered Nakhon-Ratchasima, Buriram, Kalasin, and Nong Khai. For the Southern part, this study was conducted in Songkhla province. The average water footprint per ton of rubber sheet in Northern area equaled to 17,970 $m^3$. This number was divided into 3 parts: 8,174 $m^3$, 6,975 $m^3$ and 2,821$m^3$ for green, blue and grey water footprint, respectively. Water footprint of rubber cultivation, in the unit of cubic meter per ton rubber latex(contained 35% dry rubber), was highest in Kalasin province (6,682 $m^3$/ton of rubber latex), followed by Nakhon-Ratchasima (6,454 $m^3$/ton of rubber latex), Buriram (5,120 $m^3$/ton of rubber latex) and Nong Khai (4,884 $m^3$/ton of rubber latex), respectively (the rubber latex contained 35%of dry rubber content) Water footprint of rubber sheet in Songkhla equaled to 11,417 $m^3$ per ton. The number was divided into 3 parts: 8,631$m^3$, 858 $m^3$ and 1,928 $m^3$ per ton for green, blue and grey water footprint, respectively. The water footprint in the cultivation process equaled to 3,801 $m^3$. The total water footprint of rubber sheet in southern part of Thailand was lower than that manufactured and cultivated in Northeastern. Moreover, the blue water footprint of rubbersheet in Southern area was very low which implied the suitability of the area. The carbon footprint of rubber sheet production was 0.471171 kg$CO_2$e/kg. The cultivation and transportation processes emitted 0.14052 and0.001007 Kg$CO_2$e/kg, respectively. In Southern part of Thailand, the carbon footprint of rubber sheet production was 0.460841 kg$CO_2$e/kg. The cultivation and transportation processes emitted 0.09906 and 0.001007 Kg$CO_2$e/kg, respectively. The lower GHGs emission was found in the rubber sheet production in Southern part of Thailand. The maximum number of GHGs emission was found in the rubber cultivation section. This might because the use of nitrogen fertilizer which has a great impact on GHG emission. The reduction of carbon footprint can be possible if farmers use altermative fertilizers such as organic fertilizer.



**Keywords:** Water footprint, Carbon footprint, rubber sheet

# สารบัญ

**หน้า**


กิตติกรรมประกาศ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญภาพ ..... ช
คำอธิบายสัญลักษณ์ ..... ซ
บทที่ 1 บทนำ ..... 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ ..... 1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย ..... 2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย ..... 2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย ..... 2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 3
2.1 ยางพารา ..... 3
2.2 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ ..... 10
2.3 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ..... 16
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 22
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย ..... 24
3.1 รูปแบบงานวิจัย ..... 24
3.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย ..... 24
3.3 แหล่งข้อมูลการปลูกยางพาราและกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น ..... 29
บทที่ 4 ผลการวิจัย ..... 30
4.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์และประเมินวอเตอร์และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่น ..... 30
4.2 บัญชีรายการของการผลิตยางพาราแผ่น ..... 30
4.3 การประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่น ..... 34
4.4 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่น ..... 41
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ ..... 48
5.1 สรุปผลงานวิจัย ..... 48
5.2 ข้อเสนอแนะ ..... 50
บรรณานุกรม ..... 52

# สารบัญ

**หน้า**

ภาคผนวก ..... 55
ก ข้อมูลเชิงพื้นที่และสภาพอากาศ ..... 56
ข แบบสัมภาษณ์การเก็บข้อมูลการใช้ทรัพยากรและการเกิดของเสียของการปลูกยางพารา ..... 59
ค ตารางเก็บข้อมูลการใช้ทรัพยากรและการเกิดของเสียของกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น ..... 61
ประวัตินักวิจัย ..... 64

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

# สารบัญตาราง

**ตารางที่** **หน้า**


2.1 พื้นที่ปลูกยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ในปี พ.ศ. 2553 ..... 3
2.2 ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากผลิตภัณฑ์สัตว์และพืช ..... 15
2.3 ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์กรีน บลูและเกรย์ของผลิตภัณฑ์จากสัตว์ ค.ศ. 1996-2005 ..... 15
2.4 ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก (GWP) ..... 17
3.1 ที่มาและแหล่งข้อมูลของการประเมินวอเตอร์และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่น ..... 29
4.1 พื้นที่การเก็บเกี่ยวและผลผลิตยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ ..... 31
4.2 บัญชีรายการของการผลิตน้ำยางพารา 1 กิโลกรัม ..... 32
4.3 บัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกของการผลิตยางพาราแผ่น 1 กิโลกรัม ..... 34
4.4 ปริมาณน้ำฝนและค่าการคายระเหยน้ำของพืช ..... 35
4.5 ค่าความต้องการใช้น้ำของพืชและค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ประเภทกรีนและบลูของการปลูกยางพารา ..... 36
4.6 ปริมาณการใช้ปุ๋ย สัดส่วนการชะล้างและค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เกรย์ของการปลูกยางพารา ..... 37
4.7 ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำยางพารา ..... 38
4.8 ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่น ..... 41
4.9 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือ Emission factor ของการปลูกยางพารา ..... 42
4.10 ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำยางพารา ..... 43
4.11 ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการปลูกยางพาราตลอดอายุต้นยาง 25 ปี ..... 44
4.12 ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการขนส่งน้ำยางพารา ..... 44
4.13 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือ Emission factor ของกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น ..... 45
4.14 ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น ..... 46
4.15 ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตลอดห่วงโซ่การผลิตยางพาราแผ่น ..... 47
ก-1 ข้อมูลเชิงพื้นที่ของแต่ละจังหวัด ..... 56
ก-2 ข้อมูลสภาพอากาศของแต่ละจังหวัด ..... 56
ค การเก็บข้อมูลการใช้ทรัพยากรและการเกิดของเสียของกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น ..... 61

# สารบัญภาพ

**ภาพที่** **หน้า**


2.1 การขุดหลุมปลูกยางพารา ..... 5
2.2 สายโซ่การผลิต (Value chains) ของอุตสาหกรรมยาง ..... 8
2.3 กระบวนการผลิตยางพาราแผ่น ..... 10
2.4 ขอบเขตการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์แบบ B2C ..... 18
2.5 ขอบเขตการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์แบบ B2B ..... 19
2.6 ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ..... 19
2.7 แผนผังการผลิตอย่างง่าย ..... 21
4.1 สมดุลมวลสารของการผลิตยางพาราแผ่น ..... 30
4.2 ผังการเก็บข้อมูลการใช้น้ำในการปลูกยางพารา ..... 35
4.3 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่นในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ..... 40
4.4 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่นในภาคใต้ ..... 40
4.5 ผังการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกยางพารา ..... 42


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

# คำอธิบายสัญลักษณ์

| สัญลักษณ์ | ความหมาย |
|---|---|
| กก. | กิโลกรัม |
| ลบ.ม. | ลูกบาศก์เมตร |
| Kg | Kilogram |
| $CO_2e$ | $CO_2$ eqivalent |

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันปัญหาภาวะโลกร้อนและการขาดแคลนน้ำจัดเป็นปัญหาที่สำคัญอันดับต้นๆ ของโลก ที่หลายประเทศกำลังประสบอยู่ สืบเนื่องมาจากประชากรโลกที่เพิ่มมากขึ้นและการแข่งขันทางเศรษฐกิจที่สูงขึ้น ทำให้มีการใช้ทรัพยากรเพื่อเพิ่มผลผลิตและปล่อยของเสียเพิ่มมากขึ้น ทรัพยากรน้ำจัดเป็นวัตถุดิบพื้นฐานที่สำคัญสำหรับกระบวนการผลิต บางผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องใช้น้ำทั้งห่วงโซ่การผลิต นอกจากนี้แล้วกระบวนการผลิตสินค้า การขนส่ง การใช้ และการกำจัดซากผลิตภัณฑ์ยังมีการปลดปล่อยของเสีย เช่น ก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนในปัจจุบัน และประเทศไทยจัดเป็นประเทศที่มีการปลดปล่อยภาวะเรือนกระจกเป็นอันดับที่ 31 ของโลก และเป็นอันดับที่ 4 ของอาเซียน (พรพันธุ์ บุณยรัตพันธุ์, 2553) ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ผลิตที่มีผลิตภัณฑ์ทั้งในภาคการเกษตรและอุตสาหกรรม ดังนั้นจึงมีการใช้ทรัพยากรและปล่อยของเสียในปริมาณที่สูง ยางพาราถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของไทยมานาน โดยมีพื้นที่ปลูกยางพารากระจายอยู่ทั่วไปในเกือบทุกภาคของประเทศไทย การทำสวนยางและอุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ยางนับว่าก่อให้เกิดการจ้างงานมากมายและเป็นตัวผลักดันเศรษฐกิจของไทย การปลูกยางพาราในประเทศไทยนั้นทำการปลูกครั้งแรกในภาคใต้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2444 ซึ่งประสบความสำเร็จและสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกอย่างมาก จนในปี พ.ศ. 2521 มีการเริ่มปลูกยางที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จากการที่กรมวิชาการเกษตรและกรมประชาสงเคราะห์ได้ทดลองปลูกที่จังหวัดหนองคาย บุรีรัมย์ และสุรินทร์ จนเมื่อประสบผลสำเร็จจึงมีการส่งเสริมให้มีการปลูกยางพาราในพื้นที่ดังกล่าวอย่างจริงจัง กระทั่งปี 2545 พื้นที่ปลูกยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้ขยายเป็น 19 จังหวัด รวมเนื้อที่กว่า 4 แสนไร่ (สมบูรณ์ เจริญจิระตระกูล, 2554)

น้ำยางดิบที่ได้จากต้นยางได้ถูกนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่หลากหลาย หนึ่งในนั้นคือการผลิตยางพาราแผ่น ซึ่งมีการผลิตทั้งในภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เมื่อมองให้ครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการทำสวนยางจนกระทั่งถึงกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น โดยมองให้ครอบคลุมในทุกกิจกรรมที่เกี่ยวข้องแล้ว ทางคณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาเปรียบเทียบค่าดัชนีทางสิ่งแวดล้อมที่ประเมินได้จากการทำสวนยางและอุตสาหกรรมยางที่เกิดขึ้นในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้โดยประเมินทั้งการใช้ทรัพยากรน้ำและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ส่งผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนในกลุ่มธุรกิจยางพาราและหาแนวทางหรือมาตรการในการลดการใช้ทรัพยากรน้ำและพลังงานลงได้ ผลจากการวิจัยดังกล่าวก็จะช่วยให้บรรเทาสภาวะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉลี่ยของโลก ลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม และยังเป็นภาพลักษณ์ที่ดีให้แก่ประเทศไทย ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาเปรียบเทียบค่าวอเตอร์และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่นในภาคตะวันออกเฉียงและภาคใต้ของประเทศไทย เพื่อเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับงานบริหารจัดการและแก้ไขปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมจากอุตสาหกรรมยางพาราต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 ประเมินปริมาณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ จากการผลิตยางพาราแผ่นตั้งแต่ส่วนของการเพาะปลูกยางพาราจนถึงกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้

1.2.2 ประเมินปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ จากการผลิตยางพาราแผ่นตั้งแต่ส่วนของการเพาะปลูกยางพาราจนถึงกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้

1.2.3 เปรียบเทียบปริมาณวอเตอร์และคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากผลิตภัณฑ์ยางพาราแผ่นที่มีการผลิตในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้

## 1.3 ขอบเขตงานวิจัย

ศึกษาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และปริมาณการใช้น้ำทั้งในรูปความชื้นในดินอันเกิดจากปริมาณฝนที่ตกลงมาและปริมาณการใช้น้ำจากการจัดสรรของชลประทานในการปลูกยางพารา และศึกษาปริมาณปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (จังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ กาฬสินธุ์ และหนองคาย) และภาคใต้ (จังหวัดสงขลา)

## 1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1.4.1 เป็นความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์เพื่อเป็นประโยชน์ต่องานด้านการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ และการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกลุ่มธุรกิจการผลิตยางพาราแผ่น

1.4.2 หน่วยงานภาครัฐบาลและเอกชนที่เกี่ยวข้องได้ทราบถึงสถานการณ์และผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมการผลิตยางพาราแผ่นตลอดห่วงโซ่ของการผลิต

1.4.3 เกษตรกรผู้ปลูกยางพาราได้รับทราบสถานการณ์และผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากการปลูกยางพารา รวมถึงภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องนำความรู้จากงานวิจัย มาวางแผนด้านการจัดการทรัพยากรน้ำและกำหนดปริมาณปุ๋ยเคมีอย่างเหมาะสมในการเพาะปลูกยางพารา การลดปริมาณการใช้พลังงานเชื้อเพลิงในกระบวนการไถ-พรวนดิน และการขนส่งน้ำยางพาราเข้าสู่โรงงาน และเพื่อให้กลุ่มเกษตรกรสามารถนำแผนดังกล่าวไปปฏิบัติได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

1.4.4 โรงงานอุตสาหกรรมผลิตยางพาราแผ่น สามารถนำข้อมูลที่ได้จากงานวิจัย มาประยุกต์ใช้ เพื่อหาแนวทางในการลดการใช้ทรัพยากรน้ำและเชื้อเพลิงต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ เพื่อลดต้นทุนในการผลิตและเพื่อเป็นภาพลักษณ์ที่ดีแก่องค์กรในด้านการผลิตผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

# บทที่ 2
# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ยางพารา

ยางพาราจัดเป็นพืชยืนต้นที่สำคัญของประเทศไทย โดยในปี 2551 มีการขยายการปลูกยางพาราไปทั่วทุกภาคของประเทศไทย โดยในปี 2551 มีการขยายการปลูกยางพาราไปทั่วทุกภาคของประเทศไทยดังที่แสดงในตารางที่ 2.1 ซึ่งการทำสวนยางพาราทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำมาต่อยอดในภาคอุตสาหกรรมได้อย่างมากมาย ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ผลิตและส่งออกยางธรรมชาติมากที่สุดของโลก (หรือ 1/3 ของการผลิตทั้งหมด) โดยในปี 2548 ผลิตยางพาราได้ 2.93 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 33.8 ของผลผลิตยางพาราของโลก ลดลงจากปี 2547 ร้อยละ 1.57 และคาดว่าปี 2549 จะมีผลผลิตประมาณ 3.026 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจากปี 2548 ประมาณ 48, 802 ตัน หรือร้อยละ 1.64 จากข้อมูลล่าสุดของ สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร พบว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ปลูกยางมากเป็นอันดับที่สองรองจากภาคใต้ ตารางที่ 2.1 แสดงค่าพื้นที่เก็บเกี่ยวและผลผลิตยางพาราในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ในปี พ.ศ. 2553

**ตารางที่ 2.1** พื้นที่เก็บเกี่ยวและผลผลิตยางพาราในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ในปี พ.ศ. 2553

| จังหวัด | พื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่) | ผลผลิตทั้งหมด (ตัน) | ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม/ไร่) |
|---|---|---|---|
| **ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ** | | | |
| เลย | 107,080 | 28,269 | 264 |
| หนองบัวลำภู | 23,173 | 5,353 | 231 |
| อุดรธานี | 71,613 | 19,871 | 277 |
| หนองคาย | 226,698 | 62,115 | 233 |
| สกลนคร | 42,580 | 8,388 | 197 |
| นครพนม | 51,855 | 12,549 | 242 |
| มุกดาหาร | 50,091 | 11,571 | 231 |
| ยโสธร | 25,784 | 5,853 | 227 |
| อำนาจเจริญ | 15,850 | 2,536 | 160 |
| อุบลราชธานี | 58,958 | 10,800 | 183 |
| ศรีสะเกษ | 48,560 | 12,189 | 251 |
| สุรินทร์ | 48,539 | 11,649 | 240 |
| บุรีรัมย์ | 89,492 | 22,910 | 256 |

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

**ตารางที่ 2.1** (ต่อ)

| จังหวัด | พื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่) | ผลผลิตทั้งหมด (ตัน) | ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม/ไร่) |
|---|---|---|---|
| ร้อยเอ็ด | 13,664 | 3,006 | 220 |
| กาฬสินธุ์ | 27,616 | 6,932 | 251 |
| ขอนแก่น | 12,208 | 2,613 | 214 |
| ชัยภูมิ | 10,189 | 2,099 | 206 |
| นครราชสีมา | 6,357 | 1,303 | 205 |
| **ภาคใต้** | | | |
| ชุมพร | 427,271 | 105,963 | 248 |
| ระนอง | 108,567 | 24,645 | 227 |
| สุราษฎร์ธานี | 1,713,556 | 404,399 | 236 |
| พังงา | 558,290 | 140,131 | 251 |
| ภูเก็ต | 78,817 | 19,704 | 250 |
| กระบี่ | 500,973 | 120,734 | 241 |
| ตรัง | 1,131,215 | 305,428 | 270 |
| นครศรีธรรมราช | 1,188,733 | 285,296 | 240 |
| พัทลุง | 454,985 | 111,471 | 245 |
| สงขลา | 1,210,250 | 304,983 | 252 |
| สตูล | 237,500 | 65,313 | 275 |
| ปัตตานี | 243,200 | 59,584 | 245 |
| ยะลา | 926,850 | 242,835 | 262 |
| นราธิวาส | 893,600 | 236,804 | 265 |

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2557)

2.1.1 การปลูกยางพารา

การปลูกยางพาราควรปลูกในพื้นที่ราบ ไม่มีน้ำท่วมขัง หรือมีความลาดเอียงต่ำกว่า 35 องศา ลักษณะดินที่เหมาะสมต่อการปลูกยางพารา ควรเป็นดินร่วนเหนียวถึงดินร่วนทราย มีความอุดมสมบูรณ์ หน้าดินลึกไม่น้อยกว่า 1 เมตร ไม่มีชั้นดินดาน มีการระบายและถ่ายเทอากาศดี มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างระหว่าง 4.5-5.5 อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของยางพาราอยู่ระหว่าง 24-27 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำฝนไม่ต่ำกว่า 1,250 มิลลิเมตร/ปี มีจำนวนวันฝนตกประมาณ 120-145 วัน/ปี และมีความต้องการปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน 184 กรัม/ตัน ฟอสฟอรัส 19 กรัม/ตัน และโพแทสเซียม 145 กรัม/ตัน

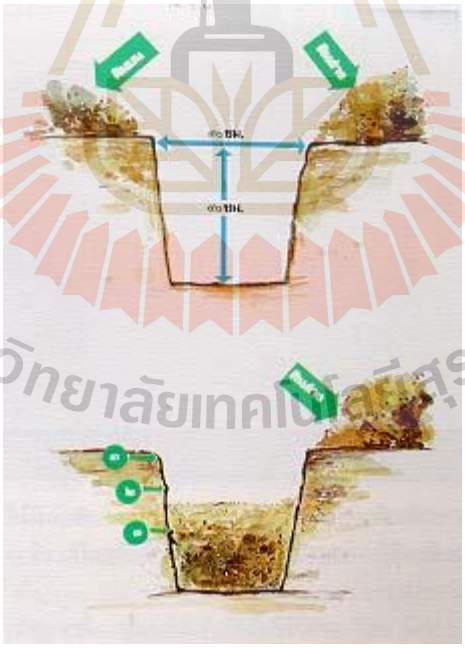
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.1.1.1 การเตรียมพื้นที่ปลูก

การเตรียมพื้นที่ปลูกสวนยาง เป็นการปรับพื้นที่ให้มีสภาพเหมาะสมสำหรับปลูกยาง ทั้งด้านการปฏิบัติงานในสวนยางและการอนุรักษ์ดินและน้ำ จำเป็นต้องวางแผนการใช้พื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อความสะดวกในการดูแลบำรุงรักษาต้นยาง (สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง, 2560)

1) การเตรียมดิน โดยทำการไถ 2 ครั้ง พรวน 1 ครั้ง และเก็บตอไม้ เศษไม้ และเศษวัชพืชออกให้หมด ในกรณีเป็นพื้นที่ลาดเทมาก เช่น เนินเขาชันเกิน 15 องศา จะต้องทำขั้นบันไดหรือชานดินเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำฝนชะล้างเอาหน้าดินไหลไป โดยให้ระดับขนานไปกับพื้นดิน ขั้นบันไดควรกว้างน้อยที่สุด 1.50 เมตร แต่ละขั้นให้ตัดดินลึกและเอียงเข้าไปในทางเนินดิน ตรงขอบด้านนอกทำเป็นคันดินสูงประมาณ 30 เซนติเมตร กว้าง 60-70 เซนติเมตร ระยะระหว่างขั้นบันไดประมาณ 8-10 เมตร ส่วนพื้นที่ราบให้เริ่มจากการวางแถวหลัก หางจากแนวเขตสวนไม่น้อยกว่า 1.5 เมตร ตามแนวทิศตะวันออกไปตะวันตก ไม่ขวางทิศทางลม

2) การเตรียมหลุมปลูก หลุมปลูกยางพาราโดยทั่วไปจะมีขนาดความกว้าง x ยาว x ลึก เท่ากับ 50 x 50 x 50 เซนติเมตร การขุดหลุมปลูกควรแยกดินบนและดินล่างไว้คนละส่วน ตากดินทิ้งไว้ 10-15 วัน จากนั้นย่อยดินบนปากหลุมให้ร่วนแล้วผสมปุ๋ยหินฟอสเฟต อัตรา 170 กรัมต่อหลุม



**ภาพที่ 2.1** การขุดหลุมปลูกยางพารา

ที่มา : http://kanchanapisek.or.th

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.1.1.2 การปลูกยางพารา

1) ปลูกด้วยต้นตอตา ต้นตอตา หมายถึง ต้นกล้าที่ได้รับการติดตาด้วยยางพันธุ์ดีแต่ตายังไม่แตกออกมา มีแผ่นตาและตาที่เป็นตุ่มติดอยู่เท่านั้น ขุดถอนแล้วตัดต้นเดิมเหนือแผ่นตาขึ้นไปไม่น้อยกว่า 8 เซนติเมตร เพื่อนำไปปลูกในแปลงที่เตรียมพื้นที่ไว้เรียบร้อยแล้ว

- ปลูกในช่วงต้นฤดูฝน
- เลือกต้นตอตาที่สมบูรณ์ ตานูนโตเห็นเด่นชัด
- ทำการกลบหลุมที่เตรียมไว้ แล้วใช้ไม้ปลายแหลมขนาดเล็กกว่าต้นตอตาเล็กน้อย แทงกลางหลุมให้ลึกเท่ากับความยาวของราก
- นำต้นตอตามาปักตามรอยแทง ให้แผ่นตาอยู่แนวเหนือ-ใต้ และอยู่เหนือพื้นดินประมาณ1 เซนติเมตร
- กลบดินจนเสมอปากหลุมและอัดดันให้แน่นให้ดินบริเวณโคนต้นยางสูงกว่าเล็กน้อยเพื่อมิให้น้ำขังในหลุม
- คลุมโคนต้นด้วยฟางขาวหรือเศษพืชคลุม

2) ปลูกด้วยต้นยางชำถุง ต้นยางชำถุง หมายถึง การนำเอาต้นตอตามาชำในถุง โดยใช้เวลาชำในถุงประมาณ 2-3 เดือน จนได้ต้นยางชำถุงขนาด 1-2 ฉัตร ซึ่งมีสภาพพร้อมที่จะนำไปปลูกในแปลงได้ โดยขนาดของถุงที่ใช้ชำคือ 5 x 15 นิ้ว สีดำ เจาะรูขนาด 3 มิลลิเมตร ประมาณ 3 แถว แถวละ 5-7 รู

- ปลูกในช่วงต้นฤดูฝน
- ใช้ต้นยางชำถุง ขนาด 1-2 ฉัตร ควรเลือกต้นที่สมบูรณ์แข็งแรง ปราศจากโรคและแมลงศัตรู
- ให้รอยต่อระหว่างรากกับตาอยู่ระดับปากหลุม
- ใช้มีดเฉือนก้นถุงออกประมาณ 1 นิ้ว จากนั้นกรีดด้านข้างของถุงให้ขาดจากกัน แต่ยังไม่ดึงถุงออกนำไปวางในหลุม ทยอยกลบดินลงหลุมจนเกือบเต็มหลุม แล้วให้ดึงถุงพลาสติกออก ระวังอย่าให้ดินในถุงพลาสติกแตก กลบดินจนเสมอปากหลุม และอัดดินให้แน่นโดยให้บริเวณโคนต้นยางสูงกว่าเล็กน้อย เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำขังในหลุม
- หากมีต้นยางตายหลังปลูก ควรปลูกซ่อมก่อนหมดฤดูฝนอย่างน้อย 2 เดือน และไม่ควรปลูกซ่อมเมื่อต้นยางอายุ 1 ปีขึ้นไป

3) การปลูกซ่อม หลังจากปลูกแล้วอาจมีต้นยางบางต้นตายไปเนื่องจากอากาศแห้งแล้ง ถูกโรคและแมลงทำลาย หรือต้นที่ปลูกไม่สมบูรณ์ จำเป็นต้องปลูกซ่อม ซึ่งควรทำให้เสร็จภายในช่วงฤดูฝน ต้นพันธุ์ที่เหมาะสำหรับปลูกซ่อม คือ ต้นยางชำถุง เพราะจำทำให้ต้นยางที่ปลูกในแปลงมีขนาดไล่เลี่ยกัน ส่วนต้นยางที่มีอายุเกิน 1 ปี ไปแล้วไม่ควรปลูกซ่อม เพราะจะถูกบังร่มไม่สามารถเจริญเติบโตทันต้นอื่นได้

2.1.1.3 การบำรุงรักษา

1) การใส่ปุ๋ย พื้นที่ปลูกยางพาราส่วนใหญ่เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำเนื่องจากเป็นพื้นที่ที่เคยทำการเกษตรมาก่อน จึงจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยบำรุงให้ต้นยางอย่างถูกต้องและ

เหมาะสม เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของต้นยางในการสร้างความเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตที่สูง การใส่ปุ๋ยยางพาราก่อนเปิดกรีด ในเขตปลูกยางเดิม ใช้ปุ๋ยสูตร 20-8-20 ส่วนเขตปลูกยางใหม่ ใช้ปุ๋ยสูตร 20-10-12 ส่วนการใส่ปุ๋ยยางพาราหลังเปิดกรีดในทุกเขตปลูกยางพาราใช้ปุ๋ยสูตร 30-5-18

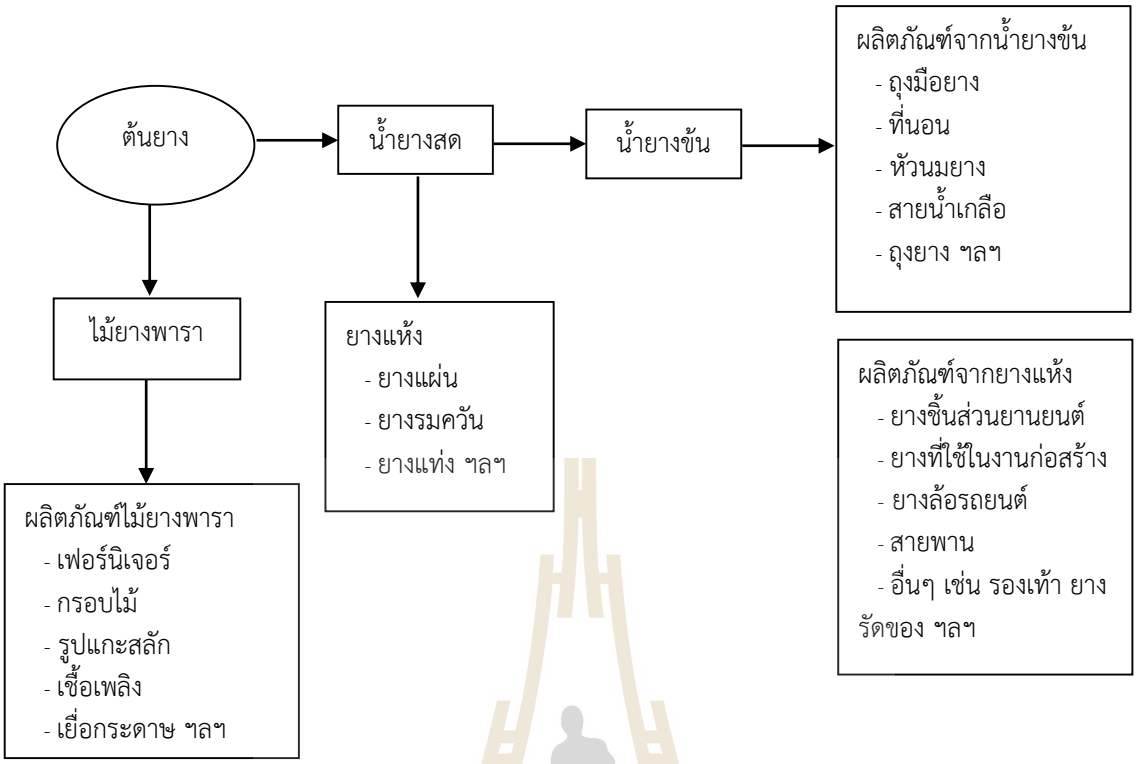
2) การกำจัดวัชพืช วัชพืชในสวนยางแบ่งออกเป็นวัชพืชทั่วไปและหญ้าคา สามารถกำจัดได้หลายวิธี เช่น การใช้แรงคนถาก การไถพรวน การปลูกพืชคลุมดิน และการใช้สารเคมี ซึ่งการใช้สารเคมีในการกำจัดวัชพืช อาจก่อให้เกิดมลพิษต่อสภาพแวดล้อมและเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น แต่เกษตรกรมักนิยมใช้ เนื่องจากประหยัดเวลาและแรงงาน

2.1.1.4 ระยะต้นยางให้ผลผลิต

การกรีดยางที่ดีและถูกต้อง ควรคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข่องหลายประการ ได้แก่ พันธุ์ยาง อายุต้นยาง ฤดูกาล การเปิดกรีด วิธีการกรีด ระบบกรีด วิธีการใส่สารเคมีเร่งน้ำยาง และความชำนาญของคนกรีด การเลือกใช้ปัจจัยที่สอดคล้องเหมาะสม สามารถเพิ่มผลผลิตยางให้สูงขึ้น ถนอมต้นยางให้สามารถกรีดได้ยาวนานขึ้น คุ้มค่ากับการลงทุนปลูกสวนยาง (สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง, 2560) โดยทั่วไปต้นยางเปิดกรีดได้เมื่อประมาณ 7 ปีครึ่ง และต้นยางในสวนนั้นต้องมีขนาดเปิดกรีดได้มากกว่าร้อยละ 70 ของยางทั้งหมด (สำหรับต้นติดตาที่ระดับความสูง 150 เซนติเมตร เส้นรอบวงลำต้นต้องไม่ต่ำกว่า 50 เซนติเมตร) การกรีดยางต้องยึดหลักที่ว่า เมื่อกรีดแล้ว ต้องได้น้ำยางมากเปลือกเสียหายน้อยที่สุด และสามารถกรีดได้นานประมาณ 25-30 ปี

2.1.2 อุตสาหกรรมยางพารา

อุตสาหกรรมยางในประเทศไทยประกอบด้วย 2 ส่วน คือ อุตสาหกรรมต้นน้ำ ซึ่งผลิตวัตถุดิบ ได้แก่ ยางแผ่นรมควัน ยางแท่งมาตรฐานและน้ำยางข้น (อุตสาหกรรมยางดิบ อุตสาหกรรมน้ำยางข้น) และอุตสาหกรรมปลายน้ำ ผลิตผลิตภัณฑ์ยางที่มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้น (อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง) สำหรับอุตสาหกรรมต้นน้ำ นอกเหนือจากความเชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมยางดิบและอุตสาหกรรมน้ำยางข้นแล้ว อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง ยังมีความเชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ซึ่งผลิตยางสังเคราะห์ (SBR และ BR) อุตสาหกรรมเคมีซึ่งผลิตสารเคมียาง (เขม่าดำ ซิลิกา ซิงค์ออกไซด์ กรดสเตียริค) และอุตสาหกรรมเส้นใยและสิ่งทอ ซึ่งผลิตวัสดุเสริมแรงสำหรับผลิตภัณฑ์ยาง ภาพที่ 2.2 แสดงสายโซ่การผลิต (Value chains) ของอุตสาหกรรมยาง โดยประเทศผู้ส่งออกยางพารารายใหญ่ของโลกประกอบด้วย 4 ประเทศ ซึ่งได้แก่ ไทย มาเลเซีย อินโดนีเซีย และเวียดนาม ซึ่งพบว่าทั้ง 4 ทั้งประเทศมีส่วนแบ่งการตลาดกันอย่างค่อนชัดเจน โดยไทยส่วนใหญ่จะส่งออกน้ำยางข้นและยางแผ่นรมควัน ซึ่งส่งออกไปยังอุตสาหกรรมปลายน้ำที่ประเทศญี่ปุ่นและจีน เพื่อนำไปผลิตเป็นยางรถยนต์ ส่วนประเทศมาเลเซีย อินโดนีเซีย และเวียดนาม ส่งออกยางแท่งเป็นหลักไปยังคู่ค้าที่อยู่ในพื้นที่ต่างๆ กัน




**ภาพที่ 2.2** สายโซ่การผลิต (Value chains) ของอุตสาหกรรมยาง

ที่มา: แผนแม่บทอุตสาหกรรมยางพาราและผลิตภัณฑ์ กระทรวงอุตสาหกรรม

2.1.2.1 หลักเกณฑ์ในการก่อสร้างโรงงานผลิตยางพาราแผ่น

จากนโยบายของรัฐบาลที่มุ่งยกระดับคุณภาพยางแผ่นของเกษตรกรให้มีคุณภาพตรงกับความต้องการของตลาดและจำหน่ายได้ในราคาสูง ในปี พ.ศ. 2536 จึงได้มีการก่อสร้างโรงงานผลิตยางพาราแผ่น (สหกรณ์ยาง) เป็นโครงการนำร่องจำนวน 10 โรงงาน มีขนาดกำลังผลิตวันละ 1.5 ตัน/โรงงาน โดยมีหลักเกณฑ์ในการก่อสร้างโรงงานดังนี้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)

1) ตั้งอยู่ในพื้นที่ที่มีเนื้อที่สวนยางที่กรีดได้ไม่น้อยกว่า 3,000 ไร่ และมีปริมาณน้ำยางสดป้อนในโรงงานไม่น้อยกว่า 6,000 กิโลกรัม/วัน

2) มีพื้นที่ในการก่อสร้างโรงงานไม่น้อยกว่า 2 ไร่ หรือขนาด 60×60 เมตร

3) มีสาธารณูปโภคขั้นพื้นฐานรองรับ ได้แก่ เส้นทางคมนาคม ระบบไฟฟ้า และแหล่งน้ำเพียงพอต่อการผลิตยาง

2.1.2.2 กระบวนการผลิตยางพาราแผ่น

การทำยางพาราแผ่น เป็นการนำน้ำยางพาราสดที่เก็บมาได้จากสวนไปทำให้เป็นยางแผ่นดิบ และเพื่อให้ได้ยางแผ่นดิบที่มีคุณภาพดี ตรงตามมาตรฐาน และได้ราคา ชาวสวนควรทำยางแผ่นดิบให้มีคุณภาพดี ซึ่งมีวิธีการปฏิบัติตามขั้นตอนดังนี้ (สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง, 2560)

1) ขั้นเตรียมการผลิตยางพาราแผ่น

- ขั้นตอนการเก็บรวบรวมน้ำยาง เช็ดถ้วยยางให้สะอาดก่อนรองรับน้ำยาง ทำความสะอาดถังเก็บน้ำยางก่อนใช้ทุกครั้ง ไม่ควรใส่ขี้ยางและเศษไม้ลงในถังเก็บน้ำยาง จะทำให้ยางสกปรก จับตัวเป็นก้อนเร็วและกรองน้ำยางได้ยาก

- ขั้นตอนการทำความสะอาดเครื่องมือ ต้องทำความสะอาดเครื่องมือทำยางพาราแผ่นทุกชนิดก่อนและหลังการใช้งานแล้ว เนื่องจากความสะอาดเป็นสิ่งสำคัญที่สุดในการผลิตยางแผ่นคุณภาพดี เครื่องมือทำยางพาราแผ่นควรให้เปียกน้ำทุกครั้งก่อนใช้ เพื่อความสะดวกในการทำความสะอาดหลังใช้งานเสร็จ

2) เครื่องมือที่ใช้ในการทำยางพาราแผ่น

- เครื่องกรองลวด เบอร์ 40 และ 60
- ตะกง
- ถังสำหรับใส่น้ำและน้ำยาง
- โต๊ะนวดยาง
- เครื่องรีดชนิดเรียบและชนิดดอก
- โรงเรือนหรือเพิงอย่างง่ายๆ
- กระป๋องตวงน้ำยางและน้ำ
- ใบพายสำหรับกวนน้ำยาง
- ภาชนะผสมน้ำกรด

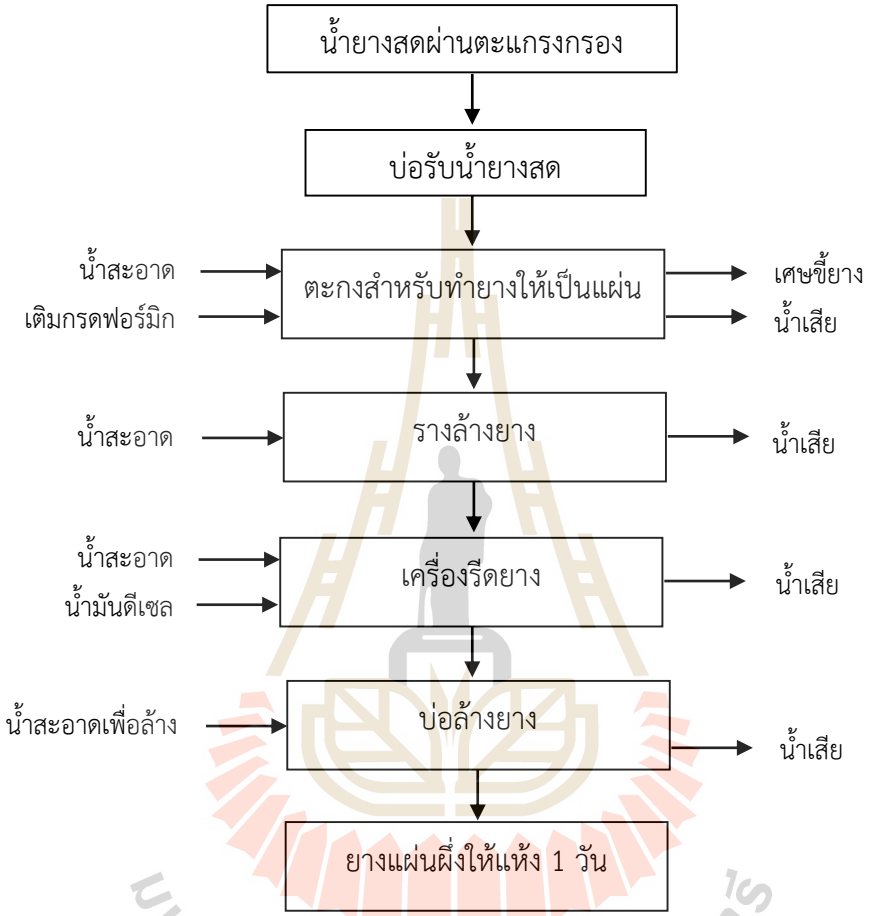
3) ขั้นตอนการผลิตยางพาราแผ่น

- การรับน้ำยางพารา ทำการรวบรวมน้ำยางสดจากสมาชิกสหกรณ์แต่ละคน โดยชั่งน้ำหนักน้ำยางสด พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างน้ำยางสดเพื่อวิเคราะห์หาร้อยละของเนื้อยางแห้งโดยวิธีเมโทรแลค (เพื่อคำนวณเงินค่าน้ำยางให้แก่สมาชิก) และเทน้ำยางสดลงสู่บ่อรับน้ำยางสดผ่านตะแกรงกรองขนาด 40-60 mesh เพื่อกรองแยกสิ่งสกปรกออกจากน้ำยางสด ซึ่งในขั้นตอนนี้มีการกระเด็นและหกล้นของน้ำยางสด ทำให้มีการสูญเสียน้ำยางและสิ้นเปลืองน้ำในการล้างพื้น

- การทำยางให้เป็นแผ่น ในการผลิตยางพาราแผ่นจะต้องมีการเจือจางน้ำยางสด เพื่อให้ได้เนื้อยางแห้งประมาณร้อยละ 15-18 โดยทำการเจือจางน้ำยางสดด้วยน้ำ ซึ่งจะต้องมีการคำนวณปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมเจือจาง ในอัตราส่วนผสมน้ำยางสดกับน้ำ คือ 3:2 ซึ่งอัตราส่วนผสมเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับปริมาณเนื้อยางแห้ง และเติมกรดฟอร์มิกความเข้มข้นร้อยละ 2 ในอัตราส่วน 0.4-0.6 ของเนื้อยางแห้ง (หรือปริมาตรประมาณ 8.2 ลิตรต่อตะกง) เพื่อให้ยางจับตัวกันเป็นก้อน ทำการกวนผสมให้เข้ากันซึ่งในการกวนจะมีฟองเกิดขึ้นและต้องทำการตักฟองออกให้หมด เพราะยางแผ่นที่ได้จะมีรอยจุดฟองอากาศทำให้ยางแผ่นที่ได้มีคุณภาพต่ำ และทำการใส่แผ่นเสียบให้ครบ ทิ้งไว้ 2-3 ชั่วโมงเพื่อให้ยางแข็งตัว เมื่อยางแข็งตัวค่อยๆ ดึงแผ่นเสียบออกจากตะกงและนำแผ่นยางที่ได้ไปล้างในรางล้างยาง

- การรีดยาง นำยางแผ่นที่ผ่านการล้างแล้วมารีดด้วยเครื่องรีดยางซึ่งประกอบด้วยลูกกลิ้งผิวเรียบ 4-5 คู่ และลูกกลิ้งลายดอกอีก 1 คู่สุดท้ายเพื่อรีดให้ยางมีความหนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร ในกระบวนการนี้มีการสเปรย์น้ำเพื่อหล่อลื่นในขณะรีดยาง

- การล้างแผ่นยาง แผ่นยางที่รีดดอกแล้ว ควรล้างด้วยน้ำสะอาดเพื่อล้างน้ำกรดและสิ่งสกปรกที่ติดอยู่ตามผิวของแผ่นยางออกให้หมด
- การผึ่งแผ่นยาง ควรนำมาผึ่งไว้ในร่ม ไม่ควรนำไปผึ่งหรือตากไว้กลางแดดเพราะจะทำให้ยางแผ่นเสื่อมคุณภาพได้ง่าย ควรผึ่งลมเป็นเวลา 1 วัน




**ภาพที่ 2.3** กระบวนการผลิตยางพาราแผ่น

ที่มา: ดัดแปรงมาจากกรมควบคุมมลพิษ (2548)

## 2.2 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์หรือร่องรอยการใช้น้ำ เป็นค่าชี้วัดการใช้น้ำของผู้ผลิตหรือผู้บริโภค ซึ่งหมายถึงปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตสินค้าและบริการทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยคำนวณปริมาณน้ำจากผลรวมของทุกขั้นตอนตลอดห่วงโซ่ของการผลิตสินค้าและบริการมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร/ปี หรือลูกบาศก์เมตร/คน/ปี ทั้งนี้ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ ถือเป็นค่าชี้วัดที่ชัดเจนเพราะนอกจากจะแสดงปริมาณน้ำใช้และปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยออกมาแล้วยังแสดงสถานที่และระยะเวลาที่เกิดการใช้น้ำอีกด้วย (Chapagain *et al*., 2006) วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ที่เป็นผลิตภัณฑ์จากพืชจะคิดคำนวณปริมาณที่พืชใช้ในการเจริญเติบโตตลอดการเพาะปลูกหารด้วยปริมาณผลผลิตของพืชนั้น ส่วน

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ที่เป็นผลิตภัณธ์จากสัตว์ ก็จะคิดคำนวณปริมาณน้ำใช้ทั้งหมดในการผลิตสัตว์ ซึ่งรวมถึงปริมาณน้ำที่ใช้ผลิตอาหารสัตว์ น้ำดื่มสัตว์ น้ำที่ใช้ในการทำความสะอาดคอกสัตว์ น้ำที่ใช้ระบายความร้อน เป็นต้น (รมณี วังเมือง, 2555)

น้ำเสมือน (Virtual water content) เป็นปริมาณน้ำที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ โดยที่ปริมาณน้ำดังกล่าวไม่ได้มีการเคลื่อนที่หรือเดินทางไปกับสินค้านั้นๆ แต่เป็นปริมาณน้ำที่แฝงอยู่ในผลิตภัณฑ์ ซึ่งถือเป็นภาระด้านสิ่งแวดล้อมของผู้ผลิต (Chapagain and Hoekstra, 2004) การนำแนวคิดน้ำเสมือนมาใช้จะทำให้เห็นภาพรวมการใช้น้ำในระดับโลกอย่างแท้จริงและสามารถนำข้อมูลที่ได้มาจัดสรรทรัพยากรน้ำให้เกิดประโยชน์และมีประสิทธิภาพสูงสุด

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ (ชินาธิปกรณ์ พงศ์ภิญโญภาพ และธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ, 2554)

1. วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (Water footprint of a product) หมายถึงปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตสินค้าทั้งทางตรงและทางอ้อม
2. วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของธุรกิจ (Water footprint of a business) หมายถึงปริมาณน้ำที่ใช้ในการดำเนินงานขององค์กรธุรกิจทั้งทางตรงและทางอ้อม
3. วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของประเทศ (Water footprint of national consumption) หมายถึงปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตสินค้าและบริการตามความต้องการของผู้บริโภคภายในประเทศ

นอกจากนี้ประเภทของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ในแต่ละส่วนยังสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ (อังคณา สุวรรณกูฏ, 2554)

1. วอเตอร์ฟุตพริ้นท์บลู (Blue water footprint) รอยย่ำน้ำสีน้ำเงิน ปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติทั้งแหล่งน้ำผิวดิน เช่น น้ำในแม่น้ำ ทะเลสาบ รวมทั้งน้ำในอ่างเก็บกักน้ำต่างๆ และแหล่งน้ำใต้ดินอันได้แก่น้ำบาดาล ที่ใช้ในการผลิตสินค้าและบริการเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค
2. วอเตอร์ฟุตพริ้นท์กรีน (Green water footprint) รอยย่ำน้ำสีเขียว หมายถึงปริมาณน้ำที่อยู่ในรูปของความชื้นในดินที่ถูกใช้ไปในการผลิตสินค้าและบริการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตพืชผลทางการเกษตร การทำไม้ และทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์
3. วอเตอร์ฟุตพริ้นท์เกรย์ (Grey water footprint) รอยย่ำน้ำสีเทา หมายถึงปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตสินค้าและบริการ ซึ่งคำนวณจากปริมาณน้ำที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียให้เป็นน้ำดีตามค่ามาตรฐาน ดังนั้น วอเตอร์ฟุตพริ้นท์จึงมีทั้งปริมาณน้ำที่ใช้โดยตรงและโดยอ้อม ปริมาณน้ำที่ใช้ดังกล่าวต่างก็ประกอบด้วยรอยย่ำของน้ำทั้ง 3 ประเภท ทั้งนี้ รอยย่ำสีน้ำเงินและสีเขียวเป็นปริมาณน้ำที่ใช้ หรือ Water consumption ส่วน รอยย่ำสีเทาเป็นปริมาณน้ำเสีย หรือ Water pollution

2.2.1 การคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

การคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ที่เป็นผลผลิตทางการเกษตร มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (Hoekstra *et al.*, 2011)

2.2.1.1 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์บลู คือตัวชี้วัดการใช้น้ำเพื่อการบริโภคที่เรียกว่า น้ำสีน้ำเงิน (Blue water) เช่น น้ำผิวดินหรือน้ำใต้ดิน ซึ่งในแง่การใช้น้ำเพื่อการบริโภคในกรณีใดกรณีหนึ่งดังต่อไปนี้

- น้ำที่ระเหยออกมา
- น้ำที่รวมอยู่ในผลิตภัณฑ์
- น้ำที่ไม่ไหลกลับสู่แหล่งน้ำเดิม
- น้ำที่ไม่ไหลกลับสู่แหล่งน้ำในช่วงเวลาเดิม

$WF_{proc,blue}$ = Blue water evaporation + Blue water incorporation + Lost return flow [volume/time] ---------- (2.1)

โดย $WF_{proc,blue}$ คือ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์บลูของผลิตภัณฑ์ (ลูกบาศก์เมตร/ตัน)

Blue water evaporation คือ ปริมาณน้ำที่ระเหยออกมา (ลูกบาศก์เมตร/ตัน)

Blue water incorporation คือ ปริมาณน้ำที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ (ลูกบาศก์เมตร/ตัน)

Lost return flow คือ ปริมาณน้ำบางส่วนที่ไหลกลับแต่ไม่ไหลกลับแหล่งเดิมในเวลาเดียวกันที่ดึงน้ำออกมาใช้ แต่ปริมาณน้ำดังกล่าวไหลลงสู่แหล่งน้ำอื่นหรือไหลลงสู่แหล่งน้ำเดิมในช่วงเวลาอื่น (ลูกบาศก์เมตร/ตัน) ซึ่งในงานวิจัยนี้ไม่ได้พิจารณาน้ำในส่วนดังกล่าว

2.2.1.2 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์กรีน คือ ตัวชี้วัดการบริโภคน้ำสีเขียว (Green water) ของมนุษย์ซึ่งหมายรวมถึง ปริมาณฝนที่ตกลงมาบนพื้นดินแล้วไม่ไหลไปหรือถูกเก็บกักไว้ใต้ดิน แต่ยังคงอยู่ในดินหรืออยู่บนดินชั่วคราว ดังนั้นวอเตอร์ฟุตพริ้นท์กรีนจึงหมายถึง ปริมาณการบริโภคน้ำฝนในระหว่างกระบวนการของการผลิตผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องทางการเกษตรและป่าไม้

$WF_{proc,green}$ = Green water evaporation + Green water incorporation [volume/time] ---------- (2.2)

โดย $WF_{proc,green}$ คือ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์กรีนของผลิตภัณฑ์ (ลูกบาศก์เมตร/ตัน)

Green water evaporation คือ ปริมาณน้ำฝนทั้งหมดที่เกิดจากการคายระเหยน้ำของทั้งพืชและดิน (ลูกบาศก์เมตร/ตัน)

Green water incorporation คือ ปริมาณน้ำที่ใช้ในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวพืช (ลูกบาศก์เมตร/ตัน)

2.2.1.3 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์เกรย์ คือ ตัวชี้วัดระดับของมลพิษทางน้ำที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต โดยคำนวณจากปริมาณน้ำใช้ในการบำบัดน้ำเสียให้กลายเป็นน้ำดีตามค่ามาตรฐาน

$$WF_{proc,\,grey} = \frac{(\alpha \times AR)/(C_{max} - C_{nat})}{Y} \text{ [volume/time]} \quad \text{---------- (2.3)}$$

โดย $WF_{proc,\ grey}$ คือ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์เกรย์ของผลิตภัณฑ์ (ลูกบาศก์เมตร/ตัน)
AR คือ อัตราการใช้สารเคมีในพื้นที่ (กิโลกรัม/ไร่)
$\alpha$ คือ อัตราการชะล้างสารเคมี (ร้อยละ)
$c_{max}$ คือ ความเข้มข้นของมลพิษมากสุดที่ยอมรับได้ (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)
$C_{nat}$ คือ ค่าความเข้มข้นของมลพิษตามธรรมชาติ (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)
Y คือ ปริมาณผลผลิตต่อพื้นที่ (ตัน/ไร่)

วอเอตร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ที่เป็นผลผลิตทางการเกษตร คือ ผลรวมของค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้ง 3 ประเภทที่เกิดขึ้นในขั้นตอนของการเพาะปลูก ดังสมการที่ 2.4

$$WF_{prod} = WF_{proc,green} + WF_{proc,blue} + WF_{proc,grey} \quad \text{---------- (2.4)}$$

โดย $WF_{prod}$ คือ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์รวมของผลิตภัณฑ์ (ลูกบาศก์เมตร/ตัน)
$WF_{proc,green}$ คือ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์กรีนของผลิตภัณฑ์ (ลูกบาศก์เมตร/ตัน)
$WF_{proc,blue}$ คือ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์บลูของผลิตภัณฑ์ (ลูกบาศก์เมตร/ตัน)
$WF_{proc,\ grey}$ คือ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์เกรย์ของผลิตภัณฑ์ (ลูกบาศก์เมตร/ตัน)

2.2.2 การใช้น้ำของพืช

ปริมาณการใช้น้ำของพืชหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าการคายระเหยน้ำ ซึ่งเป็นปริมาณน้ำทั้งหมดที่สูญเสียไปจากพื้นที่การเพาะปลูกพืชสู่บรรยากาศในรูปของไอน้ำโดยการระเหยและการคายน้ำ ปริมาณการใช้น้ำของพืชจึงขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่ปลูก คุณลักษณะของดิน และสภาพแวดล้อมที่ทำการเพาะปลูกพืช ดังนั้นการหาปริมาณการใช้น้ำของพืชจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการวางแผนจัดหาแหล่งน้ำสำรองไว้ให้พืชได้ใช้ตลอดฤดูการเพาะปลูก (กรรณิการ์ หอมยามเย็น, 2549)

การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชมีแนวคิด คือ เติมน้ำลงสู่พื้นที่ในปริมาณที่ใกล้เคียงกับปริมาณน้ำที่ระเหยไปจากผิวดินโดยใช้ฐานข้อมูลทางวิชาการที่มีนักวิชาการได้จัดทำไว้สามารถคำนวณได้ดังสูตรคำนวณนี้

ปริมาณการใช้น้ำของพืช = ปริมาณการคายระเหย x ค่าสัมประสิทธิ์พืช ($K_c$) ---------- (2.5)

2.2.2.1 ปริมาณการคายระเหยน้ำของพืชที่แท้จริง (Evapotranspiration; ET) เป็นปริมาณการใช้น้ำของพืชชนิดต่างๆ ที่ได้จากการศึกษาทดลองและวิจัยโดยใช้ถังวัดอัตราการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) และโดยการตรวจวัดจากแปลงทดลองโดยตรง การวัดปริมาณการใช้น้ำของพืชมี 2 กรณี คือ

1) การระเหย (Evaporation) คือ ปริมาณน้ำที่ระเหยออกไปจากดิน อัตราการระเหยจะขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นผิวที่มีการระเหย ปัจจัยที่เกี่ยวข้องสำหรับการระเหยในพื้นที่เพาะปลูกทั่วไปได้แก่ วิธีการให้น้ำแก่พืช ดิน พืชที่ปลูก และวิธีการเพาะปลูก สามารถวัดการระเหยได้จากค่าวัดการระเหยตามสถานีตรวจอากาศทั่วไป

2) การคายน้ำ (Transpiration) คือ น้ำที่ต้นพืชดูดขึ้นไปใช้ผ่านทางรากโดยดูดเอาน้ำที่ละลายสารเคมี และธาตุอาหารที่จำเป็นต้องใช้งานไปพร้อมกับน้ำไปยังลำต้นและปลดปล่อยน้ำส่วนเกินที่ไม่ต้องการผ่านทางการคายน้ำที่ใบ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่ รังสี แสงอาทิตย์ อุณหภูมิ แสงแดด และความเร็วลม

2.2.2.2. การคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration; $ET_o$) เป็นปริมาณการคายระเหยน้ำของพืชชนิดต่างๆ อาจแสดงเป็นปริมาณการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง ซึ่งเป็นการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยใช้ข้อมูลทางด้านภูมิศาสตร์ ข้อมูลสภาพภูมิอากาศในช่วงที่ทำการศึกษา ทดลอง มาคำนวณโดยใช้สูตร Penman Monteith เพื่อใช้เปรียบเทียบกับปริมาณการคายระเหยน้ำของพืช ($ET_o$) ที่แท้จริง

สูตร Penman Monteith ดังนี้

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma\frac{900}{T+273}U_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad \text{---------- (2.6)}$$

โดย $ET_o$ คือ ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง ( มม./วัน)

$R_n$ คือ ปริมาณรังสีของดวงอาทิตย์ทั้งหมดที่พืชได้รับ (เมกะจูล/ตารางเมตร-วัน)

G คือ Flux ค่าความร้อนของพื้นดิน (เมกะจูล/ตารางเมตร-วัน)

T คือ อุณหภูมิของอากาศเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)

$\Delta$ คือ ค่าความลาดเทของเส้น Curve แรงดันไอ (กิโลปาสคาล/องศาเซลเซียส)

$\gamma$ คือ ค่าคงที่ของ Psychrometric (กิโลปาสคาล/องศาเซลเซียส)

$U_2$ คือ ค่าความเร็วลมที่ระดับความสูงจากพื้นดิน 2 เมตร (เมตร/วินาที)

$(e_s - e_a)$ คือ ค่าความต่างของแรงดันไอ (กิโลปาสคาล)

900 คือ Factor ปรับแก้

2.2.2.3 ค่าสัมประสิทธิ์พืช ($K_c$) เป็นข้อมูลสำคัญที่จะต้องใช้เพื่อการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชเนื่องจากในแต่ละท้องที่มีภูมิอากาศที่แตกต่างกัน ทำให้ปริมาณการใช้น้ำของพืชแตกต่างกันตามสภาพภูมิอากาศของท้องที่นั้นๆ ซึ่งค่าปริมาณการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง ($ET_o$) ที่คำนวณได้จากสูตรต่างๆ ผันแปรไปตามสภาพอากาศแต่ละแห่ง ส่วนค่าสัมประสิทธิ์พืชนั้นเป็นค่าเฉพาะของพืชชนิดหนึ่งๆ โดยมีสมาการการคำนวณดังต่อไปนี้

$$K_c = \frac{ET}{ET_O} \quad \text{---------- (2.7)}$$

ค่าสัมประสิทธิ์พืช เป็นค่าที่เป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้งานในด้านชลประทานและการเกษตร ในกรณีที่ต้องการปลูกพืชในท้องถิ่นอื่นที่ยังไม่มีการทำการทดลองหาปริมาณการใช้น้ำของพืชชนิดนั้นๆ มาก่อน และเมื่อต้องการทราบปริมาณการใช้น้ำของพืชที่ต้องการปลูกก็สามารถนำค่า $K_c$ มาคำนวณหาค่า ET ร่วมกับค่า $ET_o$ ที่ได้ (ธีระพล ตั้งสมบุญ, 2549)

2.2.3 ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์นอกจากทำให้เห็นภาพปริมาณการใช้น้ำที่ซ่อนเร้นอยู่ในการผลิตสินค้าได้อย่างชัดเจนมากขึ้นแล้วยังสามารถนำมาประเมินผลกระทบที่เกิดจากการผลิตและการค้าต่อการใช้ทรัพยากรน้ำได้อีกด้วย ซึ่งจะทำให้เข้าใจปัญหาการขาดแคลนน้ำและมลภาวะทางน้ำได้ดียิ่งขึ้นรวมทั้งนำไปสู่วิธีแก้ไขปัญหาที่เชื่อมโยงกับกระบวนการผลิตสินค้าทั้งระบบ มีรายงานการคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากผลิตภัณฑ์จากสัตว์และพืชดังตารางที่ 2.2 และ 2.3

**ตารางที่ 2.2** ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากผลิตภัณฑ์สัตว์และพืช

| ผลิตภัณฑ์จากสัตว์ | ปริมาณ (ลิตร/กิโลกรัม) | ผลผลิตจากพืช | ปริมาณ (ลิตร/กิโลกรัม) |
|---|---|---|---|
| หนังวัว | 16,600 | ข้าว | 3,400 |
| เนื้อวัว | 15,500 | ถั่วลิสง (ในเปลือก) | 3,100 |
| เนื้อแกะ | 6,100 | ข้าวสาลี | 1,300 |
| ชีส | 5,000 | ข้าวโพด | 900 |
| เนื้อหมู | 4,800 | แอปเปิ้ล หรือ ลูกแพร์ | 700 |
| นมผง | 4,600 | ส้ม | 4600 |
| เนื้อแพะ | 4,000 | มันฝรั่ง | 250 |
| ไก่ | 3,900 | กะหล่ำปลี | 200 |
| ไข่ | 3,300 | มะเขือเทศ | 180 |
| นม | 1,000 | ผักกาดหอม | 130 |

ที่มา: Chapagain and Hoekstra (2008)

**ตารางที่ 2.3** ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์กรีน บลูและเกรย์ของผลิตภัณฑ์จากสัตว์ ค.ศ. 1996-2005

| ประเภทของสัตว์ | ระบบปศุสัตว์ | | | ระบบรวมผลิตภัณฑ์ | | | ระบบการผลิตระดับอุตสาหกรรม | | | ภาพรวมทั้งหมดทั่วโลก | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | กรีน | บลู | เกรย์ | กรีน | บลู | เกรย์ | กรีน | บลู | เกรย์ | กรีน | บลู | เกรย์ |
| วัว | 185 | 4.5 | 2.1 | 443 | 20 | 12 | 112 | 10 | 9.0 | 740 | 35 | 23 |
| นม | 83 | 3.6 | 3.7 | 269 | 27 | 26 | 48 | 4.1 | 3.8 | 400 | 35 | 34 |
| หมู | 27 | 1.5 | 2.2 | 237 | 19 | 27 | 111 | 14 | 19 | 367 | 34 | 48 |
| ไก่ย่าง | 37 | 3.4 | 3.3 | 100 | 8.3 | 14 | 73 | 6.3 | 10 | 210 | 18 | 28 |
| ม้า | 82 | 3.0 | 1.4 | 69 | 7.1 | 2.4 | 13 | 0.8 | 0.6 | 164 | 11 | 4 |
| ไก่พันธ์ | 4.5 | 0.3 | 0.3 | 52 | 5.4 | 9.4 | 77 | 6.5 | 12 | 133 | 12 | 22 |
| แกะ | 34 | 1.2 | 0.3 | 28 | 2.0 | 0.2 | 5.0 | 1.0 | 0.2 | 66.5 | 4.3 | 0.5 |
| แพะ | 8.2 | 0.3 | 0.3 | 13 | 0.9 | 0.0 | 2.0 | 0.4 | 0.0 | 22.7 | 1.5 | 0.0 |
| รวม | 461 | 17.8 | 13.2 | 1210 | 90 | 90 | 442 | 43 | 55 | 2112 | 151 | 159 |

ที่มา: Mekonnen and Hoekstra (2010)

2.2.4 โปรแกรม CROPWAT

โปรแกรม CROPWAT เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมาณค่าความต้องการน้ำของพืช (Crop water requirement) ใช้สำหรับประมาณค่าการใช้น้ำของพืชและจัดการตารางการให้น้ำในการเพาะปลูก พัฒนาขึ้นโดยองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO, 2013) โดยใช้การคำนวณหาค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิงด้วยสมการ Penman-Monteith (FAO, 1992) และอาศัยข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์พืชที่ได้จากการศึกษาของ Allen *et al.*, (1998) จากนั้นสามารถนำค่าความต้องการน้ำของพืชไปคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการปลูกพืชต่อไป ในการคำนวณหาความต้องการน้ำของพืช ต้องมีข้อมูลนำเข้า ได้แก่ ค่าการคายระเหยน้ำอ้างอิง ($ET_o$) และค่าสัมประสิทธิ์พืช ($K_c$) ซึ่งค่าการคายระเหยน้ำอ้างอิงต้องอาศัยข้อมูล ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนรวมและปริมาณน้ำฝนใช้การ (Effective rainfall) อุณหภูมิ พลังงานแสงอาทิตย์ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ แรงลม ระบบการปลูกพืช (Cropping pattern) สำหรับการคำนวณเพื่อกำหนดตารางการชลประทานต้องเพิ่มเติมข้อมูลนำเข้า ได้แก่ ชนิดดิน (Soil type) ซึ่งประกอบด้วยค่าปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ทั้งหมด ความลึกของรากพืช อัตราการซึมลงในดินของน้ำฝน และกำหนดกฎเกณฑ์ในการคำนวณ (Scheduling criteria) ดังนี้

- กำหนดให้มีการให้น้ำเมื่อปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ (Available soil moisture) ลดลงกี่เปอร์เซ็นต์ หรือกำหนดรอบของการให้น้ำเป็นจำนวนวัน
- กำหนดให้มีการให้น้ำเป็นปริมาณกี่เปอร์เซ็นต์ของปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ได้ทันที (Readily Available Soil Moisture; RAM) โดยค่าปรกติกำหนดไว้ที่ 100 เปอร์เซ็นต์
- กำหนดวันเริ่มให้น้ำเป็นวันใดก็ได้ตลอดฤดูปลูก ซึ่งโดยค่าปกติจะกำหนดไว้ที่วันแรกของวันปลูกของแต่ละชนิดพืช

ผลการคำนวณของโปรแกรม CROPWAT จะแสดงถึงความต้องการน้ำของพืชเป็นช่วงระยะตามที่ต้องการหรือตลอดฤดูการปลูกพืช และสามารถกำหนดรอบการให้น้ำที่ไม่กระทบต่อผลผลิตและกำหนดตารางการให้น้ำเป็นอัตรามิลลิเมตร หรือ ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ในแต่ละรอบการให้น้ำ ซึ่งเกษตรกรจะนำไปกำหนดการทำงานของเครื่องสูบน้ำได้

## 2.3 คาร์บอนฟุตพริ้นท์

2.3.1 ก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจก คือก๊าซที่มีคุณสมบัติในการดูดซับคลื่นรังสีความร้อนได้ดี เป็นก๊าซที่มีความจำเป็นต่อการรักษาอุณหภูมิในบรรยากาศของโลกให้คงที่ มีก๊าซจำนวนมากที่มีคุณสมบัติในการดูดซับคลื่นรังสีความร้อน และถูกจัดอยู่ในกลุ่มก๊าซเรือนกระจก ซึ่งก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญคือ ไอน้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โอโซน มีเทนและไนตรัสออกไซด์ สารซีเอฟซี เป็นต้น แต่ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมโดยพิธีสารเกียวโต มีเพียง 7 ชนิด โดยจะต้องเป็นก๊าซที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Anthropogenic greenhouse gas emission) เท่านั้น ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) ก๊าซมีเทน ($CH_4$) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ ($N_2O$) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC) ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ ($SF_6$) และ ไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ ($NF_3$) (IPCC, 2007) ทั้งนี้ ยังมีก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง คือ สารซีเอฟซี (CFC หรือ Chlorofluorocarbon) ซึ่งใช้เป็นสารทำความเย็นและใช้ในการผลิตโฟม แต่ไม่ถูกกำหนดในพิธีสาร

เกียวโต เนื่องจากเป็นสารที่ถูกจำกัดการใช้ในพิธีสารมอนทรีออล การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกนั้นส่งผลให้ชั้นบรรยากาศมีความสามารถในการกักเก็บรังสีความร้อนได้มากขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของชั้นบรรยากาศที่เพิ่มขึ้นด้วย อีกทั้งก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดยังมีศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก (Global Warming Potential; GWP) หรือภาวะโลกร้อนที่แตกต่างกันอีกด้วย (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2556) โดยองค์กร Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC (2007) ได้กำหนดค่าศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซต่างๆ โดยเปรียบเทียบกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในระยะเวลาที่กำหนด อาทิ 20, 100, 500 ปี ทั้งนี้ โดยทั่วไปจะใช้ค่า GWP ของก๊าซเรือนกระจกที่ระยะเวลา 100 ปี แสดงได้ดังตารางที่ 2.4

**ตารางที่ 2.4** ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก (GWP)

| Greenhouse gases | Chemical formula | $GWP_{100}$ |
|---|---|---|
| Carbon dioxide | $CO_2$ | 1 |
| Methane | $CH_4$ | 25 |
| Nitrous oxide | $N_2O$ | 298 |
| Hydro fluorocarbon | HFCs | 124-14,800 |
| Sulphur hexafluoride | $SF_6$ | 22,800 |
| Per fluorocarbon | PFCs | 7,390-12,200 |
| Nitrogen Trifluoride | $NF_3$ | 17,200 |

ที่มา: IPCC (2007)

2.3.2 ความหมายและประเภทของคาร์บอนฟุตพริ้นท์

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon foorprint) หมายถึง ข้อมูลที่แสดงถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ผลิตขึ้นโดยตลอดวัฏจักรชีวิตของสินค้าหรือบริการ (Life Cycle Assessment; LCA) ตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ การขนส่ง การผลิต การจำหน่าย การใช้งาน ตลอดจนการกำจัดซาก สามารถวัดได้ในหน่วยของกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2$ equivalent) ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ (Product unit)

ภาวะเรือนกระจกและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีสาเหตุจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกอันจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ ทั้งการดำรงชีวิตประจำวัน ภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม และการใช้พลังงานออกมาสู่บรรยากาศ ดังนั้นคาร์บอนฟุตพริ้นท์จึงถูกนำมาใช้เป็นตัวชี้วัดถึงผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ที่มีต่อระบบ สิ่งแวดล้อมในแง่ของปริมาณก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas) ทั้งนี้ สามารถแบ่งการจัดการคาร์บอนฟุตพริ้นท์ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ดังต่อไปนี้ (องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก, 2554)

1. คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (Carbon footprint of product) หมายถึง ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วย ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การประกอบชิ้นส่วน การใช้งานและการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลังใช้งาน โดยคำนวณออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เพื่อใช้เป็นข้อมูลให้ผู้บริโภคได้ทราบว่าตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาปริมาณเท่าใด นอกจากนี้การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในผลิตภัณฑ์ยังเป็นการส่งเสริมให้ผู้บริโภค

ทราบข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งช่วยให้ผู้บริโภคได้พิจารณาประกอบในการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์นั้นๆ

2. คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon footprint for organization หรือ corporate carbon footprint) หมายถึง การประเมินปริมาณการปล่อยและดูดกลับของก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมการดำเนินงานขององค์ (องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก, 2554) อันจะนำไปสู่การกำหนดแนวทางการบริหาร จัดการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในระดับโรงงาน ระดับอุตสาหกรรม และระดับประเทศ โดยวัดออกมาในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

โดยการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จะต้องพิจารณาในสองส่วนคือ (วริศรา แสงไพโรจน์, 2553)

1. การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทางตรง (Primary Footprint) เป็นการคำนวณก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตสินค้าโดยตรง เช่น การใช้พลังงานเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตและการขนส่งทั้งรถบรรทุก ทางเรือและทางอากาศ

2. การคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทางอ้อม (Secondary Footprint) เป็นการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการใช้สินค้าตลอดจนการกำจัดซากหลังการใช้งาน

แนวคิดของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ คาร์บอนฟุตพริ้นท์จัดเป็นเครื่องมือกระตุ้นการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งจากภาคการผลิตและภาคการบริโภคในปัจจุบันมีการพัฒนาแนวทางและมาตรฐานการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ระดับประเทศรวมทั้งการพัฒนามาตรฐาน ISO 14067 เพื่อให้ได้วิธีการคาร์บอนฟุตพริ้นท์มาตรฐานในระดับสากล การพัฒนาแนวทางและมาตรฐานการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ระดับประเทศโดยประเทศอังกฤษนับเป็นประเทศแรกที่มีการพัฒนามาตรฐานเฉพาะสำหรับการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เรียก PAS 2050

การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ จะใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้ในการประเมินศักยภาพการก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ อันเนื่องมาจากการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รวมทั้งก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ โดยตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์และบริการ แสดงผลในเชิงปริมาณ คือเทียบเท่ากับศักยภาพการก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็น กิโลกรัม ($kgCO_2$ equivalent)

2.3.3 รูปแบบการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

2.3.3.1 แบบ Business-to-Consumer (B2C)

Business-to-Consumer (B2C) เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดทั้งวัฏจักรของผลิตภัณฑ์ โดยครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการกระจายสินค้า การใช้งาน และการกำจัดซากผลิตภัณฑ์ การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์แบบ B2C มีขอบเขตดังแสดงในภาพที่ 2.4

**ภาพที่ 2.4** ขอบเขตการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์แบบ B2C

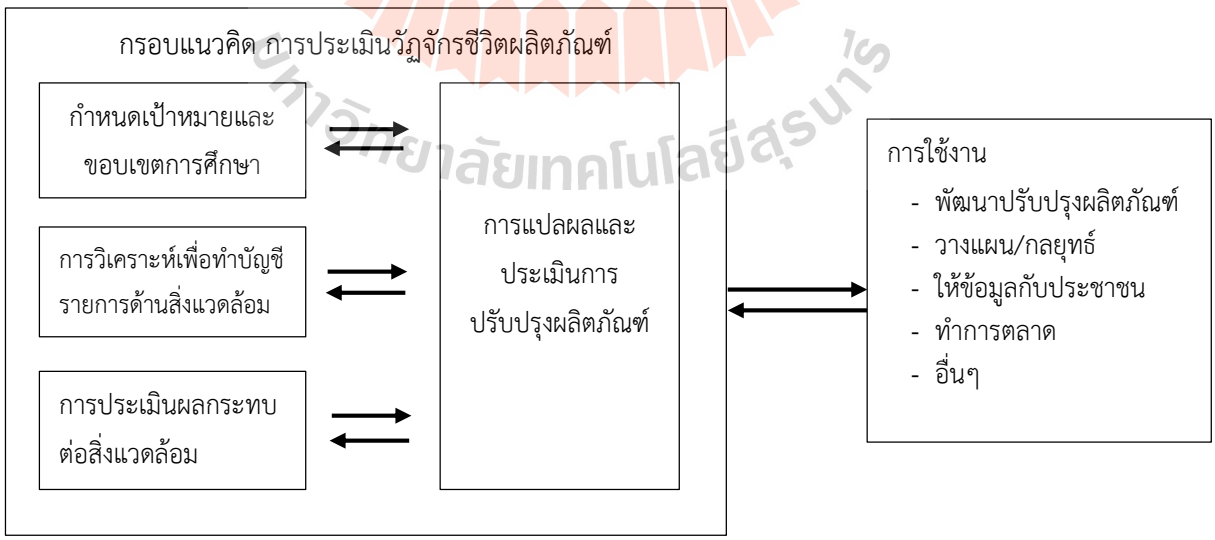
2.3.3.2 แบบ Business-to-Business (B2B)

Business-to-Business (B2B) เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต จนถึงหน้าโรงงานพร้อมส่งออกหรือจนถึงสถานะเป็นสารขาเข้าหรือวัตถุดิบของผู้ผลิตต่อเนื่อง ตามที่กำหนดในข้อกำหนดเฉพาะของแต่ละผลิตภัณฑ์ การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์แบบ B2B มีขอบเขตดังแสดงในภาพที่ 2.5

**ภาพที่ 2.5** ขอบเขตการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์แบบ B2B

2.3.4 ขั้นตอนการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ จะดำเนินการตามวิธีการประเมินผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตหรือเรียกว่าการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment; LCA) และขั้นตอนการศึกษาเป็นไปตามกรอบของอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 โดยการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ คือกระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยเริ่มตั้งแต่การสกัดหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่ง การใช้งานผลิตภัณฑ์ การนำกลับมาใช้ใหม่ และการกำจัดเศษซากของผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเป็นการพิจารณาตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to grave) (สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2546) หรือแบบ B2C โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้รวมถึงของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อที่จะหาวิธีการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ มีทั้งหมด 4 ขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต การวิเคราะห์บัญชีรายการ การประเมินผลกระทบ และการแปลผล ดังแสดงในภาพที่ 2.6




**ภาพที่ 2.6** ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์
ที่มา: สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (2546)

2.3.4.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and scope definition)

1) การกำหนดเป้าหมาย

การกำหนดเป้าหมายเป็นขั้นตอนแรกของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ต้องมีการกำหนดเป้าหมายอย่างชัดเจนครอบคลุมและมีจุดมุ่งหมาย มีเหตุผลของการศึกษาและสามารถนำผลที่จากการศึกษาไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ การกำหนดเป้าหมายถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญ เนื่องจากหากเป้าหมายขาดความชัดเจนจะทำให้เกิดความสับสนและอาจสรุปผลผิดพลาดได้

2) การกำหนดขอบเขต

ขอบเขตของระบบ (System boundary) หมายถึง ขอบเขตระหว่างผลิตภัณฑ์และสิ่งแวดล้อมหรือระบบผลิตภัณฑ์อื่น โดยที่ระบบผลิตภัณฑ์คือหน่วยที่รวบรวมวัสดุและพลังงานที่มีการเชื่อมโยงกันเป็นหน่วยงาน (Unit process) ต่างๆ ที่ทำหน้าที่อย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง โดยที่สามารถแบ่งขั้นตอนของทรัพยากร วัตถุดิบหรือพลังงานจากสิ่งแวดล้อมที่เข้าสู่ระบบก่อนถูกเปลี่ยนแปลงในกระบวนการต่างๆ การกำหนดขอบเขตเป็นการกำหนดกรอบสิ่งที่ต้องการประเมินและเก็บรวบรวมสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้ ขอบเขตสามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อพบว่ามีขอบเขตใหม่ที่มีความเหมาะสมกับการศึกษามากกว่า ทั้งนี้ควรกำหนดขอบเขตให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานและจุดประสงค์ให้มากที่สุด นอกจากนี้กิจกรรมบางอย่างไม่ถูกจัดให้อยู่ในขอบเขต ได้แก่ พลังงานของมนุษย์ที่ใช้ในกิจกรรมต่าง เช่นการบดวัตถุดิบด้วยมือ การเดินทางไป-กลับของลูกค้ายังจุดขายปลีก การขนส่งโดยสัตว์

3) หน่วยการทำงานของระบบ (Functional unit)

ใช้เป็นหน่วยพื้นฐานสำหรับสารขาเข้าและสารออกจากระบบ มีความสำคัญในการใช้เปรียบเทียบผลของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ เมื่อต้องการใช้เปรียบเทียบระหว่างระบบที่ต่างกัน ซึ่งถือเป็นพื้นฐานของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์เพราะหน่วยวัดผลงานของระบบจะเป็นตัวเปรียบเทียบหรือตัววัดระหว่างผลิตภัณฑ์

2.3.4.2 การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Inventory analysis)

ในขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมนั้นต้องทำการเก็บข้อมูล แจกแจงสารขาเข้าขาออกตามกระบวนการ โดยแหล่งที่มาของข้อมูลได้แก่

1) ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) ข้อมูลปฐมภูมิหมายถึง ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดกิจกรรมการผลิตในโรงงานหรือองค์กรหรือข้อมูลที่องค์กรมีความสามารถในการเข้าถึงข้อมูล ข้อมูลปฐมภูมิ มักรวบรวมจากการตรวจวัดโดยตรง (Direct measurement) จากระบบการบันทึกข้อมูลการผลิต ได้แก่ ปริมาณวัตถุดิบ พลังงานที่ใช้ ปริมาณผลิตภัณฑ์ และข้อมูลการจัดจำหน่าย ได้แก่ ชนิดยานพาหนะ ชนิดเชื้อเพลิง ปริมาณการขนส่ง ระยะทางที่ขนส่ง

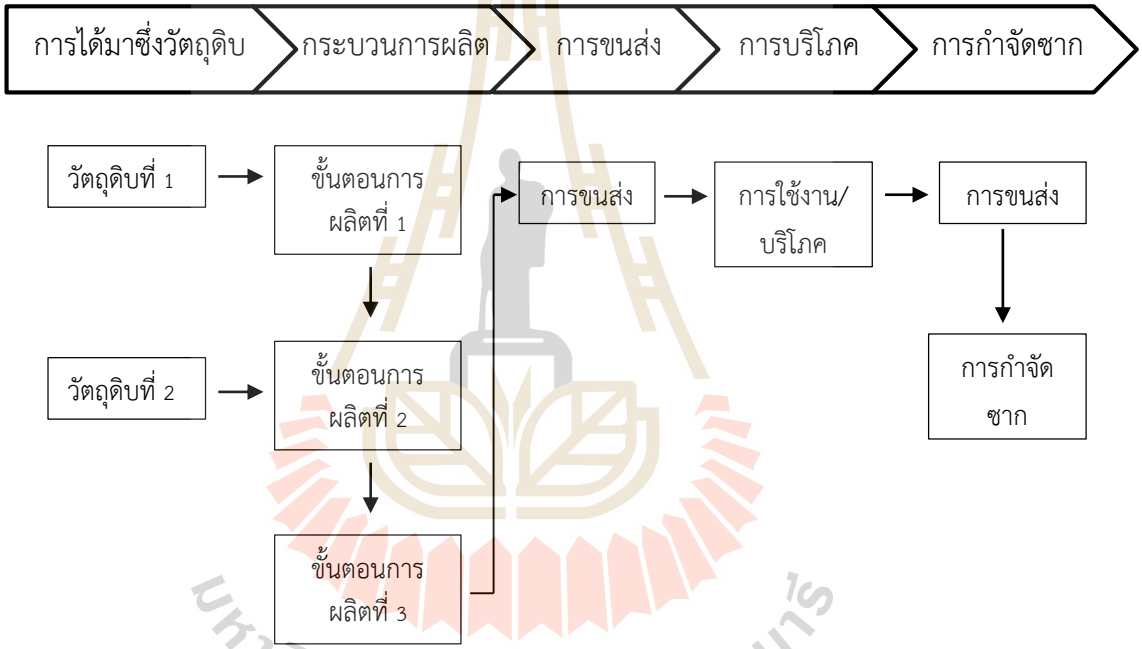
2) ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) ข้อมูลทุติยภูมิหมายถึง ข้อมูลที่ได้จากแหล่งข้อมูลอื่นนอกเหนือจากข้อมูลปฐมภูมิซึ่งเป็นข้อมูลที่โรงงานหรือองค์กรไม่มีความสามารถในการเข้าถึงข้อมูล เช่น การผลิตพลังงานไฟฟ้าจึงสามารถเลือกใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่เหมาะสม โดยเรียงลำดับความน่าเชื่อถือดังนี้

- ฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศไทย

- ข้อมูลจากวิทยานิพนธ์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำในประเทศไทยซึ่งผ่านการกรองแล้ว (Peer-reviewed publications)
- ฐานข้อมูลที่เผยแพร่ทั่วไป ได้แก่ LCA software, ฐานข้อมูลเฉพาะของกลุ่มอุตสาหกรรมฐานข้อมูลเฉพาะของแต่ละประเทศ
- ข้อมูลที่ตีพิมพ์โดยองค์กรระหว่างประเทศ เช่น IPCC สหประชาชาติ

การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอนการกำหนดเป้าหมายและขอบเขต และคำนวณเพื่อหาปริมาณสารขาเข้า (Inputs) และสารขาออก (Outputs) ของระบบผลิตภัณฑ์ (Product system)

โดยที่ข้อมูลบัญชีรายการในขั้นตอนนี้ อาศัยจากฐานข้อมูลของบริษัทผู้ผลิตนั้นๆ ซึ่งมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนดังแสดงในภาพที่ 2.7




**ภาพที่ 2.7** แผนผังการผลิตอย่างง่าย

1) การได้มาซึ่งวัตถุดิบ เก็บข้อมูลเริ่มตั้งแต่การสกัดวัตถุดิบออกจากธรรมชาติ จนได้เป็นวัตถุดิบและพลังงานในกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษาซึ่งจะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลประเภทและปริมาณของวัตถุดิบ สารเคมี และพลังงานทั้งหมดที่ใช้ รวมถึงภาชนะบรรจุสินค้า การขนส่งวัตถุดิบ

2) การผลิต เป็นขั้นตอนตั้งแต่การนำวัตถุดิบมาผลิตหรือประกอบในโรงงานจะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลประเภท ชนิดและปริมาณของวัตถุดิบ สารเคมี พลังงานในกระบวนการผลิต และระบบสนับสนุนการผลิตทั้งหมด รวมทั้งของเสียที่เกิดขึ้นจากการผลิตทั้งหมด

3) การกระจายสินค้า ขั้นตอนนี้จะเริ่มตั้งแต่การขนส่งสินค้าจากหน้าโรงงานไปยังจุดจำหน่าย ซึ่งจะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งการจัดจำหน่าย

ผลิตภัณฑ์ สำหรับกรณีที่ไม่ทราบปริมาณเชื้อเพลิงให้ใช้ข้อมูลประเภทยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง ขนาดบรรทุก สัดส่วนการบรรทุก ระยะทางของการขนส่งเพื่อจัดจำหน่ายสินค้า

4) การใช้งาน เป็นขั้นตอนการบริโภคจะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลพลังงานที่ใช้การในบริโภคทั้งหมด ลักษณะการใช้งานควรใช้งานตามแบบแผนที่เกิดขึ้นจริงในตลาดที่ศึกษา หากไม่สามารถหาข้อมูลได้ ลักษณะการใช้งานต้องกำหนดจากข้อมูลด้านเทคนิคที่ตีพิมพ์แล้ว โดยสามารถกำหนดสมมุติฐานการบริโภคตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตได้

5) การกำจัดซากขั้นตอนการจัดการของเสียเริ่มตั้งแต่การขนส่งของเสีย เก็บข้อมูลประเภทยานพาหนะปริมาณของเสีย ระยะทางการขนส่งไปยังสถานที่กำจัดและวิธีการกำจัดอย่างเหมาะสม

2.3.4.3 การประเมินผลกระทบ (Impact assessment)

การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ จากข้อมูลการใช้วัตถุดิบ สารเคมีและพลังงาน การจัดการของเสียที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์จะถูกนำไปคำนวณเพื่อประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการ

2.3.4.4 การแปลผล (Interpretation)

ในขั้นตอนการแปลผลต่อจากขั้นตอนการประเมินผลกระทบจะทำให้ทราบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นทั้งหมด และทราบถึงแนวทางในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์นั้นๆ โดยสามารถบ่งชี้ลงไปได้ถึงกระบวนการที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดและนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงเพื่อลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมลง

## 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเกี่ยวกับค่าดัชนีทางสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะค่าวอเตอร์และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นนั้น ยังเป็นเรื่องที่ค่อนข้างใหม่ หน่วยงานผู้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยกำลังผลักดันให้เกิดการวิจัยในเรื่องนี้ อย่างไรก็ตามงานวิจัยเกี่ยวกับการส่งเสริมการปลูกและพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์ยางพารานั้นมีมาช้านาน เช่น งานวิจัยของ Prasopnatra และคณะ (2009), Ikeda และคณะ (2008) และ Rattanasom และคณะ (2007) ซึ่งทำการศึกษาเกี่ยวกับทดสอบ และเพิ่มคุณภาพผลิตภัณฑ์ยางโดยใช้วิธีทางเคมีต่างๆ แต่ในทางสิ่งแวดล้อม งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ยางส่วนใหญ่กำลังอยู่ในระหว่างการศึกษาวิจัย ในขณะเดียวกัน การวิจัยเกี่ยวกับค่าดัชนีทางสิ่งแวดล้อมได้มีการศึกษาในผลิตภัณฑ์/ผลผลิตทางการเกษตรหลายชนิด เช่น เอทานอลจากมันสำปะหลัง ข้าว และน้ำตาลทราย ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ชินาธิปกรณ์ พงศ์ภิญโญภาพ และ ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ (2554) ศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังในประเทศไทยพบว่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังในปี 2551 มีค่าเท่ากับ 0.267 กิโลลูกบาศก์เมตรต่อปีหรือคิดเป็นร้อยละ 0.03 ของปริมาณน้ำทั้งประเทศโดยแบ่งเป็นวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เขียว 0.185 กิโลลูกบาศก์เมตร/ปี และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์น้ำเงิน 0.082 กิโลลูกบาศก์เมตร/ปี สำหรับปริมาณการใช้น้ำตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนฯ จะมีอัตราการเพิ่มขึ้นทุกปีโดยจะต้องใช้น้ำถึง 2.605 กิโลลูกบาศก์เมตรหรือเพิ่มขึ้น

ถึงเกือบ 10 เท่าเมื่อสิ้นสุดแผนฯในปี 2565 แต่หากมีการพัฒนาเพื่อเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลังจาก 3.4 เป็น 8.0 ตันต่อไร่จะส่งผลให้ปริมาณการใช้น้ำลดลงร้อยละ57.4 ในแต่ละปีโดยจะต้องใช้น้ำ 1.110 กิโลลูกบาศก์เมตรหรือเพิ่มขึ้นถึงเพียง 4 เท่าเมื่อสิ้นสุดแผนฯ ในปี 2565

รัตนาวรรณ มั่งคั่ง และคณะ (2554) ศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวโดยงานวิจัยนี้ดำเนินการศึกษาผลิตภัณฑ์ข้าว 3 ชนิดคือข้าวสารหอมมะลิ เส้นหมี่ และเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้ง ขอบเขตการศึกษาครอบคลุมกิจกรรมการผลิตจากต้นน้ำไปจนถึงการขนส่งไปยังต่างประเทศด้วยวิธี การตามมาตรฐาน PAS 2050 พบว่าในผลิตภัณฑ์ข้าวสารหอมมะลิ การปลูกข้าวเป็นขั้นตอนที่มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด ส่วนในผลิตภัณฑ์เส้นหมี่และเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งนั้นสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดในขั้นตอนกระบวนการผลิตตามด้วยขั้นตอนการปลูกข้าว

วิทยา กันยา (2551) ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตน้ำตาลทรายแดงที่ส่งออกไปยังสหภาพยุโรปของประเทศไทยในปี 2549 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro version 7.1 และ Eco-indicator 99 โดยศึกษากระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดง 1 ตัน พบว่า มีผลกระทบทางด้านการเกิดภาวะโลกร้อนมีค่าศักยภาพเท่ากับ $1.318 \times 10^{3}$ $kgCO_2eq$ ผลกระทบทางด้านการเกิดฝนกรดมีค่าศักยภาพเท่ากับ 8.53 $kgSO_2eq$ ผลกระทบทางด้านการเพิ่มธาตุอาหารพืชในน้ำมีค่าศักยภาพเท่ากับ 0.358 $kgPO_4eq$ และผลกระทบทางด้านการทำลายชั้นโอโซนมีค่าศักยภาพเท่ากับ $3.76 \times 10^{-5}$ kgCFC-11eq

Chapagain and Hoekstra (2011) ศึกษาค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เขียว น้ำเงินและเทา จากการผลิตข้าวของโลก ผลการศึกษาพบว่า ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตข้าวเท่ากับ 784 กิโลลูกบาศก์เมตร/ปี ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยของการปลูกข้าวเท่ากับ 1,325 ลูกบาศก์เมตร/ตัน ซึ่งสัดส่วนค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เขียว สีน้ำเงินและสีเทา คิดเป็นร้อยละ 48, 44 และ 8 ตามลำดับ ประเทศอินเดีย, อินโดนีเซียม, เวียดนาม, ไทย, พม่า และฟิลิปปินส์ มีอัตราส่วนของค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เขียวต่อน้ำเงินมีค่าแตกต่างกันตามช่วงระยะเวลา ส่วนในประเทศสหรัฐอเมริกาและปากีสถานพบว่าค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์น้ำเงินที่สูงกว่าสีเขียว เนื่องจากมีการใช้น้ำแหล่งน้ำชลประทานถึง 4 ครั้งต่อปี นอกจากนี้ปริมาณการใช้น้ำในการปลูกข้าวจะมีผลกระทบต่ำในประเทศอินเดียและมีผลกระทบสูงกว่าในประเทศสหรัฐอเมริกาและปากีสถาน

Kanya and Phungrassami (2008) ศึกษาการประเมินผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมของการผลิตน้ำตาลในประเทศไทย โดยใช้เครื่องมือการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ทำการศึกษาเปรียบเทียบการปลดปล่อยคาร์บอนระหว่างการผลิตน้ำตาลทรายดิบและน้ำตาลทรายที่ผ่านกระบวนการปรุงแต่งแล้ว โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Eco-indicator 99 ผลการศึกษาพบว่ากระบวนการผลิตน้ำตาลทรายที่ผ่านการปรุงแต่งแล้วมีผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมมากกว่ากระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ และผลกระทบในเชิงเศรษฐศาสตร์พบว่ากระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบมีผลที่ดีกว่ากระบวนการผลิตน้ำตาลทรายที่ผ่านการปรุงแต่งแล้ว

# บทที่ 3
# วิธีดำเนินการวิจัย

## 3.1 รูปแบบงานวิจัย

เป็นการวิจัยประยุกต์ (Applied research) เพื่อประเมินวอเตอร์และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่นตลอดทั้งห่วงโซ่การผลิต ตั้งแต่การได้มาซึ่งน้ำยางพารา (การเพาะปลูก) การขนส่งน้ำยางพารามายังโรงผลิตยางพาราแผ่น และกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น เปรียบเทียบระหว่างภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ของประเทศไทย การวิจัยครั้งนี้ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นการประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่น และส่วนสองคือการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่น

## 3.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.2.1 สำรวจข้อมูลเบื้องต้นและเลือกพื้นที่ศึกษา

ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นในแต่ละภาค ได้แก่ จังหวัดที่ปลูกยางพารา วิธีการปลูกและการกรีดน้ำยางพารา ปริมาณผลผลิตน้ำยางพารา จำนวนและที่ตั้งของโรงงานผลิตยางพาราแผ่น และกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น จากนั้นทำคัดเลือกพื้นที่เพื่อเป็นตัวแทนการศึกษารายจังหวัดของในแต่ละภาค โดยคำนึงถึงบุคลากรหรือนักวิจัยที่จะสามารถเข้าถึงข้อมูลต่างๆ ในพื้นที่ได้อย่างสะดวก และงบประมาณที่มีอยู่เป็นหลัก ซึ่งการคัดเลือกตัวแทนในแต่ละภาคได้ดังนี้ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ กาฬสินธุ์และหนองคาย ส่วนภาคใต้ ได้แก่ จังหวัดสงขลา

3.2.2 สัมภาษณ์และเก็บข้อมูล

คัดเลือกเกษตรกรผู้ปลูกยางพาราในจังหวัดที่เป็นตัวแทนของในแต่ละภาค จังหวัดละ 20 คน โดยสัมภาษณ์เกษตรกรตามแบบสัมภาษณ์ที่ได้สร้างขึ้น ซึ่งมีข้อมูลที่สำคัญ ได้แก่ การใช้วัตถุดิบในการผลิต การใช้ทรัพยากร พลังงาน และเชื้อเพลิงต่างๆ รวมถึงของเสียที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ยังเก็บข้อมูลด้านการขนส่ง ชนิดของยานพาหนะในการขนส่ง เพื่อจัดทำบัญชีรายการ ปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกตลอดห่วงโซ่ของการผลิตยางพาราแผ่น เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์และประเมินค่าวอเตอร์และคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากผลิตยางพาราแผ่น

3.2.3 การประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์

การคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ได้อ้างอิงวิธีการคำนวณตามคู่มือ The Water Footprint Assessment Manual โดย Hoekstra *et al*. (2011) ได้แบ่งการประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ออกเป็น 3 ประเภทคือ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์กรีน บลูและเกรย์ โดยการประเมินในภาคการเพาะปลูกได้ใช้โปรแกรม CROPWAT 8.0 ที่พัฒนาขึ้นโดยองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ หรือ FAO เพื่อคำนวณหาค่าการคายระเหยน้ำของพืช (Crop Evapotranspiration; ET) จากนั้นนำค่าดังกล่าวมาคำนวณหาค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ประเภทกรีนและบลู ในส่วนของการคำนวณค่าการคายระเหยน้ำของพืชได้อาศัยข้อมูลและค่าคงที่ต่างๆ เพื่อนำเข้าโปรแกรม CROPWAT 8.0 ได้แก่ ข้อมูลด้านสภาพภูมิ

ประเทศและอากาศ ได้แก่ ละติจูด ลองติจูด ค่าความสูงจากระดับน้ำทะเลของพื้นที่เพาะปลูก อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ปริมาณแสงแดด ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน (ใช้ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา) และข้อมูลปัจจัยการผลิตพืช ได้แก่ ช่วงอายุการเจริญเติบโตของพืช สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช ความยาวของรากพืช ระดับการขาดน้ำของพืช และค่าปัจจัยการสอบสนองต่อการให้ผลผลิตของพืช (ใช้ข้อมูลจาก FAO, 1984) และข้อมูลดิน (ใช้ข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดิน) ส่วนการคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เกรย์ ได้ใช้ข้อมูลการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในพื้นที่เพาะปลูก ส่วนการใช้น้ำในโรงงานผลิตยางพาราแผ่นคิดจากปริมาณการใช้น้ำจริงและน้ำเสียที่เกิดขึ้นภายในโรงผลิต

3.2.3.1 การคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์กรีนและบลูในภาคการเพาะปลูก

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์กรีนและบลู แสดงในหน่วยลูกบาศก์เมตร/ตันผลิตภัณฑ์ โดยการคำนวณหาปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้จริง จากค่าความต้องการใช้น้ำของพืช (Crop Water Use; CWU) หารด้วยผลผลิต ดังนี้

$$WF_{green,blue} = \frac{CWU_{green,blue}}{Y} \qquad \text{---------- (3.1)}$$

โดย $WF_{green,blue}$ คือ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์กรีนและบลู (ลูกบาศก์เมตร/ตัน)
$CWU_{green,blue}$ คือ ค่าความต้องการใช้น้ำของพืช (ลูกบาศก์เมตร/ไร่)
Y คือ ปริมาณผลผลิตต่อพื้นที่ (ตัน/ไร่)

ค่าความต้องการใช้น้ำของพืช (CWU) จากสมการที่ (3.1) ได้จากการสะสมค่าการคายระเหยน้ำของพืช (Evapotraspiration; ET) ตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโตของพืช (Length of growing period; lgp) และ 1.6 เป็นค่าคงที่ใช้ในการเปลี่ยนหน่วย จากมิลลิเมตรเป็นลูกบาศก์เมตร/ไร่

$$CWU_{green,\ blue} = 1.6 \sum_{d=1}^{lgp} ET_{green,blue} \qquad \text{---------- (3.2)}$$

โดย $CWU_{green,blue}$ คือ ค่าความต้องการน้ำของพืช (ลูกบาศก์เมตร/ไร่)
$ET_{green,blue}$ คือ ค่าการสะสมการคายระเหยน้ำของพืช (มิลลิเมตร/วัน)

ข้อมูลคำคัญสำหรับการคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์กรีนและบลู

1) ค่าการระเหยของน้ำของพืช หรือ ET เป็นปริมาณน้ำทั้งหมดที่ต้องสูญเสียไปจากพื้นที่เพาะปลูกออกสู่ชั้นบรรยากาศ โดยกระบวนการการคายระเหยของพืชและการระเหยจากพื้นดินที่เพาะปลูก มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อวัน ข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อการระเหยน้ำของพืชที่จำเป็นต้องใช้สำหรับเป็นข้อมูลนำเข้าโปรแกรม CROPWAT 8.0 ได้แก่

- ข้อมูลภูมิประเทศ เป็นข้อมูลทำเลที่ตั้งของสถานที่ที่ทำการศึกษาค่าการคายระเหยของน้ำของพืช ได้แก่ จุดพิกัดเส้นรุ้ง (Latitude) จุดพิกัดเส้นแวง (Longitude) และค่าความ

สูงจากระดับน้ำทะเล (Altitude above Mean Sea Level; MSL) ในการศึกษาครั้งนี้ใช้พิกัดของสถานีอุตุนิยมวิทยาเป็นตัวแทนของพื้นที่ปลูกยางพาราในแต่ละจังหวัด (แสดงในภาคผนวก ก)

- ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ข้อมูลที่ใช้ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ความเร็วลม ค่าความยาวนานของแสงแดด และปริมาณน้ำฝนรวม โดยใช้ข้อมูลค่าเฉลี่ยในช่วงระยะเวลา 30 ปี ของแต่ละจังหวัดที่อ้างอิงมาจากกรมอุตุนิยมวิทยา (ในช่วงปี 2527-2556) (แสดงในภาคผนวก ก) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนใช้การ ได้อ้างอิงการคำนวณจากสมการของ USDA Soil Conservation Service (SCS)

- ข้อมูลพืช (Crop data) ข้อมูลของต้นยางพาราได้อาศัยข้อมูลอ้างอิงจากองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO, 1984) โดยมีข้อมูลที่สำคัญดังต่อไปนี้ การเจริญเติบโตของต้นยางพารา (Length stage) ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของยางพารา (Crop coefficient; $K_c$) การหยั่งลึกของรากพืช (Rooting depth) ระดับการขาดน้ำของพืช (Depletion level) ค่าความสูงของพืช (Crop height) ส่วนค่าปัจจัยการสอบสนองต่อการให้ผลผลิตของพืช (Yield response factor; Ky) ได้อ้างอิงจาก Steduto *et al*. (2012) ส่วนข้อมูลวันที่ปลูกและวันที่เก็บเกี่ยวผลผลิตใช้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกรซึ่งจะเริ่มปลูกต้นเดือนพฤษภาคม

- ข้อมูลดิน เป็นข้อมูลชุดดิน (Soil series) ที่ใช้เป็นตัวแทนพื้นที่ปลูกต้นยางพารา โดยข้อมูลในแต่ละชุดดินจะมีข้อมูลคุณสมบัติของดิน ได้แก่ ปริมาณความชื้นที่เปนประโยชน์ทั้งหมดในดิน (Total available soil moisture) อัตราการแทรกซึมน้ำผานผิวดิน (Maximum rain infiltration rate) การหยั่งลึกของรากพืช (Root restricting soil layer) ปริมาณความชื้นดินที่เริ่มขาด (Initial soil moisture depletion) โดยข้อมูลดังกล่าวได้อ้างอิงจากข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดิน

3.2.3.2 การคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เกรย์ในภาคการเพาะปลูก

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์เกรย์ เป็นการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำเพื่อเจือจางมลสารที่มีอยู่ในน้ำเสีย เพื่อให้น้ำเสียนั้นกลับมามีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำที่ใช้อ้างอิง แสดงในหน่วยลูกบาศก์เมตร/ตัน

$$WF_{Grey} = \frac{(\alpha \times AR)/(C_{max} - C_{nat})}{Y} \quad \text{---------- (3.3)}$$

โดย $WF_{grey}$ คือ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์เกรย์ของผลิตภัณฑ์ (ลูกบาศก์เมตร/ตัน)

AR คือ อัตราการใช้สารเคมีในพื้นที่ (กิโลกรัม/ไร่)

$\alpha$ คือ อัตราการชะล้างสารเคมี งานวิจัยครั้งนี้คิดปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่เกิดการชะล้างออกจากพื้นที่เกษตรกรรมที่ร้อยละ 10 ของปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนทั้งหมดที่ใช้ (Chapagain *et al*. 2006)

$C_{max}$ คือ ความเข้มข้นของมลพิษมากสุดที่ยอมรับได้ (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) งานวิจัยครั้งนี้คิดที่ 5 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งอ้างอิงจากค่ามาตรฐานคุณภาพในแหล่งน้ำผิวดินของประเทศไทยจากกรมควบคุมมลพิษ

$C_{nat}$ คือ ค่าความเข้มข้นของมลพิษตามธรรมชาติ งานวิจัยครั้งนี้กำหนดให้มีค่าเท่ากับศูนย์ (Mokonnen and Hoektra, 2011)

Y คือ ปริมาณผลผลิตต่อพื้นที่ (ตัน/ไร่)

3.2.3.3 การคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่น

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่น จะเป็นการคำนวณการใช้น้ำตลอดห่วงโซ่การผลิต ตั้งแต่ภาคการเพาะปลูก จนกระทั่งถึงกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้คำนวณตามหลักการ The stepwise accumulative approach แบบอย่างง่าย เนื่องจากกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นมีกระบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อน โดยมีการคำนวณได้ดังนี้

$$WF_{prod}[p] = WF_{proc}[p] + \frac{WF_{prod}[i]}{f_p[p,i]} \quad \text{---------- (3.4)}$$

โดย $WF_{prod}[p]$ คือ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ p (ลูกบาศก์เมตร/ตัน)

$WF_{proc}[p]$ คือ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ p (ลูกบาศก์เมตร/ตัน)

$WF_{prod}[i]$ คือ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ที่นำเข้าในกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ i

$f_p[p,i]$ คือ ค่าสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ p

3.2.4 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้อ้างอิงการคำนวณตามหนังสือคู่มือ แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ โดยคณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (2554) โดยการคำนวนคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้อาศัยข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือ Emission factor และข้อมูลบัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกของการผลิตยางพาราแผ่น คำนวณดังสมการที่ 3.5

$$CFP = \sum A_i \times EF_i \quad \text{---------- (3.5)}$$

โดย CFP คือ ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์หรือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยผลิตภัณฑ์)

$A_i$ คือ ปริมาณการใช้วัตถุดิบ พลังงาน หรือสารเคมีที่เกิดขึ้นในแต่ละกิจกรรม i (หน่วยต่อหน่วยผลิตภัณฑ์)

EFi คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor) ในแต่ละกิจกรรม i (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วย)

<u>แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่น</u>

งานวิจัยครั้งนี้ ได้กำหนดรูปแบบการคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่นเป็นแบบ Business-to-Business; B2B ซึ่งหมายถึงการประเมินตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบจนกระทั่งผลิตเป็นยางพาราแผ่น ขั้นตอนการประเมินได้ใช้หลักประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตยางพาราแผ่นตามมาตรฐาน ISO 14040 ซึ่งมีขั้นตอนการประเมิน 4 ขั้นตอนคือ (i) การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการวิจัย (ii) การวิเคราะห์และจัดทำบัญชีรายการ (iii) การประเมินผลกระทบ และ (iv) การแปลผลการศึกษา โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.4.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and scope definition)

1) เป้าหมายการศึกษา

เพื่อศึกษาและรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออก ในการผลิตยางพาราแผ่น ซึ่งประกอบไปด้วย ข้อมูลการใช้ทรัพยากร พลังงาน เชื้อเพลิง และผลิตภัณฑ์หลักและของเสียที่เกิดขึ้น เพื่อประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ยางพาราแผ่น

2) ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดขอบเขตการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่นตลอดห่วงโซ่การผลิต ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ของประเทศไทย โดยทำการประเมินทั้งในภาคการเพาะปลูก (การเตรียมดิน การเพาะปลูก การใส่ปุ๋ยและกำจัดวัชพืช) และภารการขนส่ง (ยานพาหนะที่ใช้ขนส่ง ชนิดและปริมาณของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้) ภาคการผลิต (กระบวนการผลิตยางพาราแผ่น) โดยค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่คำนวณได้ ไม่ถูกนำมาปันส่วนร่วมกับผลิตภัณฑ์อื่นๆ ของยางพารา

3.2.4.2 การจัดทำบัญชีรายการ

ประกอบด้วยการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกยางพารา นักวิชาการเกษตรในพื้นที่ สืบค้นข้อมูลวิชาการจากกรมวิชาการเกษตร สัมภาษณ์พนักงานในโรงงานผลิตยางพาราแผ่น เพื่อจัดทำบัญชีรายการชนิดและปริมาณสารขาเข้า ได้แก่ การใช้วัตถุดิบ น้ำ พลังงาน เชื้อเพลิง และสารขาออก ได่แก่ ชนิดและปริมาณของผลผลิตหลัก ผลผลิตพลอยได้และของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น

3.2.4.3 การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิต

จากการทำบัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออก นำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์หาศักยภาพของการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ โดยคัดเลือกกลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษา ส่วนการวิจัยครั้งนี้เป็นเพียงการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่นเพียงอย่างเดียว ไม่ได้มีการนำผลการคำนวณดังกล่าวมาประเมินผลกระทบในเชิงปริมาณในรูปแบบของตัวชี้วัดในกลุ่มผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

3.2.4.4 การแปลผล

การวิเคราะห์ผลการศึกษา สรุปผล อธิบายข้อจำกัดที่ได้จากผลลัพธ์ของการทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตยางพาราแผ่นในรูปแบบของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ รวมถึงเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงให้ผลิตภัณฑ์เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น

## 3.3 แหล่งข้อมูลการปลูกยางพาราและกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น

การวิเคราะห์และประเมินค่าวอเตอร์และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่นได้อาศัยข้อมูลที่สำคัญด้านการเพาะปลูก การขนส่งและกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการสืบค้นข้อมูล ขอความอนุเคราะห์ข้อมูลและการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกยางพารา นักวิชาการเกษตรและพนักงานที่ประจำโรงผลิตยางพาราแผ่น โดยที่มาและแหล่งข้อมูลที่สำคัญดังกล่าวแสดงได้ดังตารางที่ 3.1

**ตารางที่** 3.1 ที่มาและแหล่งข้อมูลของการประเมินวอเตอร์และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่น

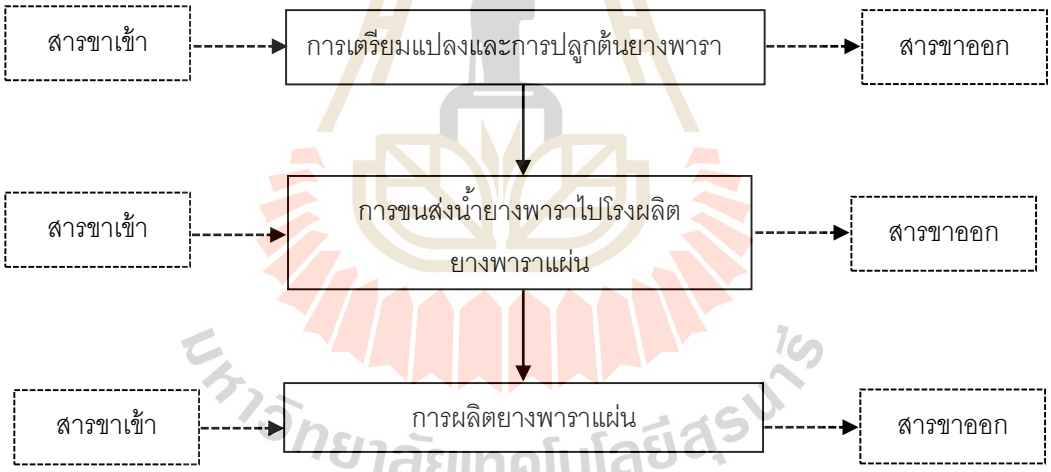
| ข้อมูล | ที่มาและแหล่งข้อมูล |
|---|---|
| 1. ขั้นตอนการปลูกยางพารา | การสัมภาษณ์เกษตรกร, กรมวิชาการเกษตร (2547) |
| 2. พื้นที่ปลูกและผลผลิตยางพารา | สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2557) |
| 3. การใช้ปุ๋ย น้ำและพลังงานเชื้อเพลิง | การสัมภาษณ์เกษตรกรและนักวิชาการเกษตรในพื้นที่ |
| 4. กระบวนการผลิตยางพาราแผ่น | โรงงานผลิตยางพาราแผ่นในพื้นที่ตัวแทน ภาคละ 2 โรงงาน |

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

# บทที่ 4
# ผลการวิจัย

## 4.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์และประเมินวอเตอร์และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่น

การศึกษาเปรียบเทียบค่าวอเตอร์และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่นในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ของประเทศไทย โดยพื้นที่ศึกษาในครั้งนี้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ กาฬสินธุ์ และหนองคาย ส่วนภาคใต้ได้แก่ จังหวัดสงขลา โดยการศึกษานี้ได้ประเมินค่าวอเตอร์และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่น ใน 3 ส่วนคือ การประเมินในส่วนการปลูกยางพารา การขนส่งน้ำยางพาราไปยังโรงผลิตยางพาราแผ่น และส่วนอุตสาหกรรมการผลิตยางพาราแผ่น การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อประเมินค่าวอเตอร์และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ได้เก็บข้อมูลทั้งแบบปฐมภูมิ ได้แก่ สัมภาษณ์เกษตกรผู้ปลูกยางพาราและนักวิชาการเกษตรในพื้นที่เพาะปลูก พนักงานที่ประจำโรงงานผลิตยางพาราแผ่น และข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากการแหล่งข้อมูลต่างๆ จากนั้นนำข้อมูลเหล่านี้มาทำการวิเคราะห์ตามขั้นตอนและขอบเขตงานวิจัย โดยการทำบัญชีรายการ สารขาเข้า สารขาออก และทำสมดุลมวลสารของการผลิตยางพาราแผ่น ดังภาพที่ 4.1




**ภาพที่ 4.1** สมดุลมวลสารของการผลิตยางพาราแผ่น

## 4.2 บัญชีรายการของการผลิตยางพาราแผ่น

4.2.1 การปลูกยางพารา

4.2.1.1 พื้นที่ปลูกและผลผลิตยางพารา

พื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิตน้ำยางพาราและปริมาณเนื้อยางแห้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ของประเทศไทยเฉลี่ยในปี 2554-2556 รายงานโดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2557)

และปริมาณน้ำยางพาราที่ผลิตได้ทั้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ตลอดช่วงอายุต้นยาง 25 ปี แสดงดังตารางที่ 4.1

**ตารางที่ 4.1** พื้นที่การเก็บเกี่ยวและผลผลิตยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้

| จังหวัด | พื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่) | เนื้อยางแห้ง (ตัน/ปี) | เนื้อยางแห้ง (ก.ก./ไร่/ปี) | น้ำยางพารา (ก.ก./ไร่/ปี) | น้ำยางพาราตลอดอายุต้นยาง 25 ปี (ตัน/ไร่) |
|---|---|---|---|---|---|
| **ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ** | | | | | |
| นครราชสีมา | 18,305 | 3,232 | 177 | 506 | 9.614 |
| บุรีรัมย์ | 163,340 | 35,408 | 217 | 620 | 11.78 |
| กาฬสินธุ์ | 73,308 | 14,331 | 194 | 554 | 10.526 |
| หนองคาย | 88,629 | 20,545 | 232 | 663 | 12.60 |
| **ภาคใต้** | | | | | |
| สงขลา | 1,260,114 | 361,962 | 287 | 820 | 15.58 |

ที่มา: ดัดแปลงจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557

จากตารางที่ 4.1 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่า จังหวัดบุรีรัมย์มีพื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิตยางพารามากที่สุดเท่ากับ 163,340 ไร่ รองลงมาคือ จังหวัดหนองคาย (88,629 ไร่) กาฬสินธุ์ (73,308 ไร่) และนครราชสีมา (18,305 ไร่) ตามลำดับ และผลผลิตเนื้อยางแห้งพบว่า จังหวัดหนองคายสามารถผลิตเนื้อยางแห้งได้สูงที่สุดเท่ากับ 232 กิโลกรัม/ไร่ รองลงมาคือ จังหวัดบุรีรัมย์ (217 กิโลกรัม/ไร่) กาฬสินธุ์ (194 กิโลกรัม/ไร่) และนครราชสีมา (177 กิโลกรัม/ไร่) ตามลำดับ ส่วนภาคใต้ จังหวัดสงขลา พื้นที่เก็บเกี่ยวน้ำยางพาราเท่ากับ 1,260,114 ไร่ มีผลผลิตเนื้อยางแห้งเท่ากับ 287 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งมีผลผลิตที่สูงกว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

การประเมินค่าวอเตอร์และคาร์บอนฟุพริ้นท์จำเป็นต้องทราบปริมาณของน้ำยางพาราสดที่ผลิตได้ โดยในการศึกษาครั้งนี้ คิดปริมาณน้ำยางพาราที่มีเนื้อยางแห้งอยู่ที่ร้อยละ 35 และต้นยางพารามีอายุตลอดการเพาะปลูกทั้งสิ้น 25 ปี โดยให้ผลผลิตน้ำยางพาราทั้งสิ้น 19 ปี ดังนั้นปริมาณน้ำยางพาราสดที่ผลิตได้ในแต่ละจังหวัดจึงมีค่าดังแสดงในตารางที่ 4.1

4.2.1.2 บัญชีรายการของการปลูกยางพารา

การจัดทำบัญชีรายการของการปลูกยางพารา เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้สารเคมีจำพวกปุ๋ย ยากำจัดศรัตรูพืช และเชื้อเพลิงต่างๆ เพื่อประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยข้อมูลการใช้สารเคมีได้จากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกยางพาราและนักวิชาการเกษตรในเขตพื้นที่ปลูกยางพารา

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้สารเคมีในการปลูกยางพารา พบว่า ปุ๋ยที่ใช้สำหรับการปลูกยางพาราเป็นสูตร 20 8 20 จำนวน 2 กระสอบ/ไร่/ปี นอกจากนี้ยังมีการใช้ยากำจัดศรัตรูพืชทั้งยากำจัดหญ้าและแมลง และมีการใช้น้ำมันดีเซลในการไถพรวนดินเพื่อเตรียมพื้นที่การปลูก โดยข้อมูลบัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกของการปลูกยางพารา ต่อผลผลิตน้ำยางพาราปริมาณ 1 กิโลกรัม แสดงได้ดังตารางที่ 4.2

**ตารางที่ 4.2** บัญชีรายการของการผลิตน้ำยางพารา 1 กิโลกรัม

| รายการ | หน่วย | ปริมาณ |
|---|---|---|
| **ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ** | | |
| ปุ๋ย | | |
| - ไนโตรเจน | กิโลกรัม | 0.045 |
| - ฟอสฟอรัส | กิโลกรัม | 0.018 |
| - โพแทสเซียม | กิโลกรัม | 0.045 |
| ยากำจัดศัตรูพืช | | |
| - พาราควอท | กรัม | 0.018 |
| - ดาลาพอน | กรัม | 0.144 |
| - ไกลโฟเสท | กรัม | 0.488 |
| เชื้อเพลิง | | |
| - น้ำมันดีเซล | ลิตร | 0.00099 |
| **ภาคใต้** | | |
| ปุ๋ย | | |
| - ไนโตรเจน | กิโลกรัม | 0.032 |
| - ฟอสฟอรัส | กิโลกรัม | 0.013 |
| - โพแทสเซียม | กิโลกรัม | 0.032 |
| ยากำจัดศัตรูพืช | | |
| - พาราควอท | กรัม | 0.013 |
| - ดาลาพอน | กรัม | 0.103 |
| - ไกลโฟเสท | กรัม | 0.289 |
| เชื้อเพลิง | | |
| - น้ำมันดีเซล | ลิตร | 0.00071 |

4.2.2 การขนส่งน้ำยางพาราไปยังโรงผลิตยางพาราแผ่น

การเก็บข้อมูลด้านการขนส่งน้ำยางพารา ได้ทำการเก็บข้อมูลชนิดของยานพาหนะที่ใช้ในการบรรทุกน้ำยางพาราเข้าสู่โรงงานผลิตยางพาราแผ่น รวมถึงข้อมูลระยะทางในการวิ่งขนส่ง ชนิดและปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ เพื่อจัดทำข้อมูลบัญชีรายการในการขนส่งน้ำยางพารา ซึ่งพบว่า ได้มีการใช้ยานพาหนะชนิดรถมอเตอร์ไซค์ดัดแปลงแบบพ่วง เครื่องยนต์เบนซิน วิ่งขนส่งในระยะทางเฉลี่ย 2.5 กิโลเมตร อัตราการเผาผลาญน้ำมันเชื้อเพลิงที่ 40 กิโลเมตร/ลิตร ดังนั้น จึงมีการใช้น้ำมันเบนซินในการขนส่งน้ำยางพาราปริมาณ 1 กิโลกรัมทั้งขาไปและขากลับ เท่ากับ 0.00046 ลิตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.2.3 กระบวนการผลิตยางพาราแผ่น

ข้อมูลการใช้วัตถุดิบ น้ำ พลังงาน และของเสียที่เกิดขึ้น

4.2.3.1 การใช้วัตถุดิบ

1) น้ำยางพารา เป็นวัดถุดิบหลักในการผลิตยางพาราแผ่น โดยน้ำยางพาราที่กรีดได้ในแต่ละวันต้องขนส่งไปยังโรงผลิตยางพาราแผ่นทันที ซึ่งสภาวะแวดล้อมทั่วไป เช่น ความร้อน มลสารในอากาศ แบคทีเรีย จะทำให้น้ำยางพาราบูดได้เร็วขึ้น

2) กรดฟอร์มิกเข้มข้น 94% เป็นสารเคมีที่ใส่เพื่อให้น้ำยางจับตัวเป็นก้อน โดยกรดฟอร์มิกต้องทำให้เจือจางด้วยการผสมกับน้ำเปล่าจนกระทั่งความเข้มข้นของกรดประมาณร้อยละ 2-2.5 ก่อนเทผสมลงในน้ำยางพารา

4.2.3.2 การใช้ทรัพยากรน้ำ

น้ำ ถือเป็นส่วนที่สำคัญสำหรับการผลิตยางพาราแผ่น เนื่องจากมีการใช้น้ำเพื่อเจือจางน้ำยางพาราในสัดส่วน 1 เท่าตัวของน้ำยางพาราสด หรือในกรณีที่เป็นน้ำยางพาราจากต้นยางที่เพิ่งกรีดใหม่ อาจผสมน้ำน้อยลงหรือเท่ากับ 2 ใน 3 ของปริมาณน้ำยางพาราสด การใช้น้ำยังจำเป็นในขั้นตอนการล้างทำความสะอาดอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ เนื่องจาก หากอุปกรณ์ไม่สะอาดจะส่งผลให้น้ำยางบูดได้เร็วขึ้น และหากยางแผ่นมีจุดรอยดำอันเกิดจากสิ่งสกปรกเจือปนจะทำให้ยางมีคุณภาพต่ำ นอกจากนี้ยังใช้น้ำระหว่างการรีดยางแผ่นเพื่อให้เกิดการหล่อลื่นในขณะรีดยางอีกด้วย น้ำใช้ส่วนใหญ่เป็นการสูบน้ำจากแหล่งน้ำบาดาลที่มีความสะอาดค่อนข้างสูงมาพักไว้ในถังเก็บน้ำ

4.2.3.3 การใช้พลังงาน

1) พลังงานไฟฟ้า ใช้ในหลอดไฟเพื่อเพิ่มแสงสว่างในบริเวณพื้นที่ผลิตยางพาราแผ่น และยังใช้กับเครื่องสูบน้ำบาดาล

2) น้ำมันดีเซล ใช้ในมอเตอร์เครื่องรีดยางแผ่น และใช้ในเครื่องสูบน้ำสลับกับการใช้พลังงานงานไฟฟ้า

4.2.3.4 ของเสียที่เกิดขึ้น

1) น้ำเสีย เกิดจากขั้นตอนการล้างทำความสะอาดอุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆ น้ำที่เหลืออยู่ในตะกงจากการทำยางแผ่นและน้ำจากการหล่อลื่นในขณะรีดยางแผ่น รวมถึงการล้างทำความสะอาดพื้นโรงผลิต

2) ยางฟอง ขณะที่ทำการกวนน้ำยางพาราจะเกิดฟองอากาศเกิดขึ้น จำเป็นต้องกวาดฟองน้ำยางออกให้หมดเพื่อป้องกันแผ่นยางเป็นรอยจุดฟองอากาศ ฟองที่กวาดออกนี้สามารถนำไปขายเป็นขี้ยางคุณภาพดีได้

3) เศษยาง คือเศษของน้ำยางพาราที่หลงเหลืออยู่ตามถ้วยรองน้ำยาง เมื่อแห้งแล้วจะแข็งตัวเรียกว่าขี้ยาง ซึ่งจะถูกเก็บรวบรวมกับยางฟองเพื่อนำไปขาย

4.2.4 สมดุลมวลสารและบัญชีรายการของกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น

การวิเคราะห์สมดุลมวลสารและจัดทำบัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออก เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลสารขาเข้าเกี่ยวกับการใช้วัตถุดิบ สารเคมี ทรัพยากร และพลังงานในรูปต่างๆ รวมถึงสาร

ขาออกในรูปแบบผลิตภัณฑ์หลัก และของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต โดยข้อมูลบัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกของการผลิตยางพาราแผ่น 1 กิโลกรัม แสดงได้ดังตารางที่ 4.3

**ตารางที่** 4.3 บัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกของการผลิตยางพาราแผ่น 1 กิโลกรัม

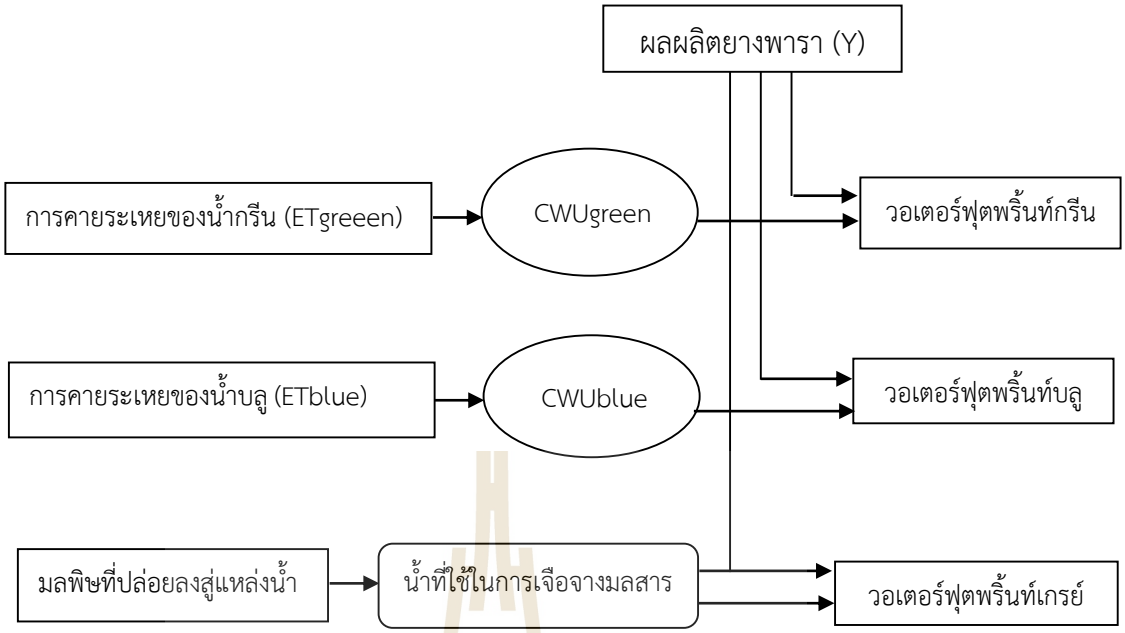
| สารขาเข้า | หน่วย | ปริมาณ | สารขาออก | หน่วย | ปริมาณ |
|---|---|---|---|---|---|
| **ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ** | | | | | |
| <u>วัตถุดิบและสารเคมี</u> | | | <u>ผลิตภัณฑ์หลัก</u> | | |
| - น้ำยางพารา | กิโลกรัม | 3.1 | - ยางพาราแผ่น | กิโลกรัม | 1.00 |
| - กรดฟอร์มิก 94% | กิโลกรัม | 0.006 | <u>ของเสีย</u> | | |
| - น้ำ | ลิตร | 2.66 | - น้ำเสีย | ลิตร | 0.67 |
| <u>พลังงาน</u> | | | - ยางฟอง | กิโลกรัม | 0.03 |
| - ไฟฟ้า | กิโลวัตต์-ชม. | 0.027 | - เศษยาง | กิโลกรัม | 0.01 |
| <u>เชื้อเพลิง</u> | | | | | |
| - น้ำมันดีเซล | ลิตร | 0.0028 | | | |
| **ภาคใต้** | | | | | |
| <u>วัตถุดิบและสารเคมี</u> | | | <u>ผลิตภัณฑ์หลัก</u> | | |
| - น้ำยางพารา | กิโลกรัม | 3.0 | - ยางพาราแผ่น | กิโลกรัม | 1.00 |
| - กรดฟอร์มิก 94% | กิโลกรัม | 0.006 | <u>ของเสีย</u> | | |
| - น้ำ | ลิตร | 2.40 | - น้ำเสีย | ลิตร | 0.60 |
| <u>พลังงาน</u> | | | - ยางฟอง | กิโลกรัม | 0.01 |
| - ไฟฟ้า | กิโลวัตต์-ชม. | 0.034 | - เศษยาง | กิโลกรัม | 0.02 |
| <u>เชื้อเพลิง</u> | | | | | |
| - น้ำมันดีเซล | ลิตร | 0.0028 | | | |

## 4.3 การประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่น

### 4.3.1 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำยางพารา

การประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการปลูกยางพารา เป็นการหาปริมาณการใช้น้ำทั้งหมดตลอดอายุต้นยางพารา 25 ปี โดยต้นยางให้ผลผลิตน้ำยางพารา 19 ปี (เริ่มกรีดยางพาราตั้งแต่อายุต้นยางที่ 7 ถึง 25 ปี) ทั้งในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ การประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ได้แบ่งการประเมินออกเป็น 3 ประเภทด้วยกันคือ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์กรีน บลูและเกรย์ โดยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์กรีนและบลู ใช้โปรแกรม CROPWAT 8.0 ในการประมาณค่าการคายระเหยน้ำของพืช (ET) จากนั้นนำค่า ET ไปคำนวณหาค่าความต้องการน้ำของพืชในเชิงพื้นที่ (CWU) และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ชนิดกรีนและบลูต่อไป ส่วนค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เกรย์คำนวณได้จากข้อมูลการใช้ปุ๋ยในการปลูกยางพารา ขอบเขตการประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์กรีน บลูและเกรย์ แสดงได้ดังภาพที่ 4.2

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี




**ภาพที่** 4.2 ผังการเก็บข้อมูลการใช้น้ำในการปลูกยางพารา

จากข้อมูลนำเข้าโปรแกรม CROPWAT 8.0 ข้างต้น สามารถคำนวณค่าปริมาณน้ำฝนใช้การและค่าการคายระเหยน้ำของพืชได้ดังตารางที่ 4.4

**ตารางที่ 4.4** ปริมาณน้ำฝนและค่าการคายระเหยน้ำของพืช

| จังหวัด | ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร/ปี) | | ค่าการคายระเหยน้ำของพืชตลอดอายุต้นยาง 25 ปี (มิลลิเมตร) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | น้ำฝนที่ตก | น้ำฝนใช้การ | กรีน | บลู | รวม |
| **ภาคตะวันออกเฉียงเนือ** | | | | | |
| นครราชสีมา | 1,257.2 | 798 | 19,888 | 12,630 | 32,518 |
| บุรีรัมย์ | 1,409.4 | 681 | 16,799 | 14,645 | 31,444 |
| กาฬสินธุ์ | 1,309.3 | 746 | 18,508 | 19,217 | 37,725 |
| หนองคาย | 1,876.4 | 674 | 16,700 | 15,508 | 32,208 |
| **ภาคใต้** | | | | | |
| สงขลา | 2,747.1 | 1,122 | 28,008 | 2,772 | 30,780 |

2) ค่าความต้องการน้ำของพืชและวอเตอร์ฟุตพริ้นท์กรีนและบลู

การคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ประเภทกรีนและบลู และค่าความต้องการน้ำของพืชในเชิงพื้นที่เพาะปลูกยางพาราตลอดช่วงอายุต้นยาง 25 ปี คำนวณจากสมการที่ 3.1 และ 3.2 ผลการศึกษาแสดงได้ในตารางที่ 4.5

**ตารางที่ 4.5** ค่าความต้องการใช้น้ำของพืชและค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ประเภทกรีนและบลูของการปลูกยางพารา

| จังหวัด | ความต้องการน้ำของพืชตลอดอายุต้นยาง 25 ปี (ลบ.ม./ไร่) | | | วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (ลบ.ม./ตันน้ำยางพารา) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | กรีน | บลู | รวม | กรีน | บลู | รวม |
| **ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ** | | | | | | |
| นครราชสีมา | 31,821 | 20,208 | 52,029 | 3,311 | 2,103 | 5,414 |
| บุรีรัมย์ | 26,878 | 23,432 | 50,310 | 2,282 | 1,989 | 4,271 |
| กาฬสินธุ์ | 29,613 | 30,747 | 60,360 | 2,812 | 2,920 | 5,732 |
| หนองคาย | 26,719 | 24,813 | 51,532 | 2,121 | 1,969 | 4,090 |
| **ภาคใต้** | | | | | | |
| สงขลา | 44,812 | 4,435 | 49,247 | 2,874 | 285 | 3,159 |

ค่าความต้องการน้ำของพืชในเชิงพื้นที่ของการปลูกยางพาราตลอดช่วงอายุต้นยาง 25 ปี (CWU) ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบว่า จังหวัดกาฬสินธุ์มีค่าผลรวมกรีนและบลูมากที่สุดเท่ากับ 60,360ลบ.ม./ไร่ รองลงมาคือ นครราชสีมา (52,029 ลบ.ม./ไร่) หนองคาย (51,532 ลบ.ม./ไร่) และบุรีรัมย์ (50,310 ลบ.ม./ไร่) ตามลำดับ ส่วนภาคใต้ จังหวัดสงขลา พบว่ามีค่าเท่ากับ 49,247 ลบ.ม./ไร่ และค่า วอเตอร์ฟุตพริ้นของการผลิตน้ำยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่าจังหวัดกาฬสินธุ์มีผลรวมกรีนและบลูมากที่สุดเท่ากับ 5,732 ลบ.ม./ตัน รองลงมาคือ นครราชสีมา (5,414 ลบ.ม./ตัน) บุรีรัมย์ (4,271 ลบ.ม./ตัน) และหนองคาย (4,090 ลบ.ม./ตัน) ตามลำดับ ส่วนภาคใต้ จังหวัดสงขลา พบว่ามีค่าผลรวมกรีนและบลูเท่ากับ 3,159 ลบ.ม./ตัน

จากผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการปลูกยางพาราในภาคใต้มีค่าความต้องการน้ำของพืช (ผลรวมกรีนและบลู) น้อยกว่าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้ยังพบว่าทั้งสองภาค มีสัดส่วนของการใช้น้ำประเภทกรีนมากกว่าบลู โดยเฉพาะในภาคใต้มีความต้องการน้ำประเภทกรีนมากกว่าบลูถึง 10 เท่า ทั้งนี้ เนื่องจากภาคใต้มีค่าปริมาณฝนใช้การที่มากกว่า ดังนั้นพืชจึงสามารถนำน้ำฝนมาใช้ได้อย่างเต็มที่ โดยปริมาณน้ำฝนใช้การมีค่ามากเกือบจะเท่ากับค่าความต้องการน้ำทั้งหมดของพืช ดังนั้นจึงทำภาคใต้มีค่าความต้องการน้ำประเภทบลูน้อยมาก

ส่วนผลการศึกษาของจังหวัดกาฬสินธุ์ พบว่ามีการใช้น้ำบลูมากกว่าน้ำกรีน ซึ่งการปลูกยางพาราในจังหวัดกาฬสินธุ์ต้องใช้น้ำจากแหล่งน้ำผิวดินหรือน้ำใต้ดินในปริมาณที่มากกว่าจังหวัดอื่นๆ ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อการบริหารจัดการน้ำจากระบบน้ำชลประทานต่อภาคส่วนอื่น เช่น

ชุมชนที่พักอาศัย แหล่งการค้า การท่องเที่ยว และอุตสาหกรรม หรือในกรณีที่พื้นที่เพาะปลูกยางพาราได้อาศัยเฉพาะน้ำฝนเพียงอย่างเดียว ซึ่งปริมาณน้ำฝนที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืชก็อาจจะส่งผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตของน้ำยางพาราได้

4.3.1.2 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์เกรย์

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์เกรย์ คือปริมาณน้ำที่จำเป็นต้องใช้เพื่อทำการเจือจางมลสารในน้ำเสีย ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดิน คำนวณได้จากสมการที่ 3.3 ในการศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เกรย์ของการปลูกยางพาราครั้งนี้ ได้กำหนดให้การใช้สารเคมีจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน เนื่องจากปุ๋ยไนโตรเจนมีการใช้ในปริมาณมากและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด โดยปริมาณปุ๋ยที่ถูกชะล้างออกจากพื้นที่การเกษตรลงสู่แหล่งน้ำคิดเป็นร้อยละ 10 ของปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนทั้งหมด โดยค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เกรย์ของการปลูกยางพาราแสดงได้ดังตารางที่ 4.6

**ตารางที่ 4.6** ปริมาณการใช้ปุ๋ย สัดส่วนการชะล้างและค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เกรย์ของการปลูกยางพารา

| จังหวัด | การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนตลอดอายุต้นยาง 25 ปี (ตัน) | สัดส่วนการชะล้างตลอดอายุต้นยาง 25 ปี (ตัน) | วอเตอร์ฟุตพริ้นท์เกรย์ (ลบ.ม/ตันน้ำยางพารา) |
|---|---|---|---|
| **ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ** | | | |
| นครราชสีมา | 9,152 | 915 | 1,040 |
| บุรีรัมย์ | 81,670 | 8,167 | 849 |
| กาฬสินธุ์ | 36,654 | 3,665 | 950 |
| หนองคาย | 44,315 | 4,431 | 794 |
| **ภาคใต้** | | | |
| สงขลา | 630,057 | 63,006 | 642 |

จากตารางที่ 4.6 ปริมาณการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในพื้นที่การปลูกยางพาราตลอดช่วงอายุต้นยาง 25 ปี ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบว่า จังหวัดบุรีรัมย์มีใช้ปุ๋ยไนโตรเจนมากที่สุดคือ 81,670 ตัน รองลงมาคือ หนองคาย (44,315 ตัน) กาฬสินธุ์ (36,654 ตัน) และ นครราชสีมา (9,152 ตัน) ตามลำดับ ส่วนในภาคใต้ พบว่าจังหวัดสงขลา มีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเท่ากับ 630,057 ตัน ซึ่งมากกว่าทุกจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากจังหวัดสงขลามีพื้นที่ปลูกยางพารามากกว่า ส่วนค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เกรย์ของการปลูกยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่าจังหวัดนครราชสีมามีค่ามากที่สุดเท่ากับ 1,040 ลบ.ม./ตัน รองลงมาคือ กาฬสินธุ์ (950 ลบ.ม./ตัน) บุรีรัมย์ (849 ลบ.ม./ตัน) และหนองคาย (794 ลบ.ม./ตัน) ตามลำดับ และในภาคใต้จังหวัดสงขลา พบว่าค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เกรย์เท่ากับ 642 ลบ.ม./ตัน

4.3.1.3 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมดของการผลิตน้ำยางพารา

ข้อมูลจากตารางที่ 4.5 และ 4.6 ผลการประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำยางพาราทั้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ ได้นำมาคำนวณปริมาณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมดตลอดช่วงการเพาะปลูกยางพารา แสดงได้ดังตารางที่ 4.7

**ตารางที่ 4.7** ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำยางพารา

| จังหวัด | วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (ลบ.ม./ตันน้ำยางพารา) | | | | ปริมาณการใช้น้ำทั้งหมดตลอดอายุต้นยาง 25 ปี (พันล้าน ลบ.ม.) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | กรีน | บลู | เกรย์ | ทั้งหมด | กรีน | บลู | เกรย์ | ทั้งหมด |
| **ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ** | | | | | | | | |
| นครราชสีมา | 3,311 | 2,103 | 1,040 | 6,454 | 0.583 | 0.370 | 0.183 | 1.136 |
| บุรีรัมย์ | 2,282 | 1,989 | 849 | 5,120 | 4.391 | 3.827 | 1.634 | 9.852 |
| กาฬสินธุ์ | 2,812 | 2,920 | 950 | 6,682 | 2.170 | 2.253 | 0.733 | 5.156 |
| หนองคาย | 2,121 | 1,969 | 794 | 4,884 | 2.368 | 2.198 | 0.886 | 5.452 |
| **ภาคใต้** | | | | | | | | |
| สงขลา | 2,874 | 285 | 642 | 3,801 | 56.424 | 5.595 | 12.604 | 74.623 |

การประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ต่อตันน้ำยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่า จังหวัดกาฬสินธุ์มีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับ 6,682 ลบ.ม./ตัน รองลงมาคือ นครราชสีมา (6,454 ลบ.ม./ตัน) บุรีรัมย์ (5,120 ลบ.ม./ตัน) และหนองคาย (4,884 ลบ.ม./ตัน) ตามลำดับ ส่วนภาคใต้ จังหวัดสงขลา มีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมดเท่ากับ 3,801 ลบ.ม./ตัน โดยทั้งสองภาค มีสัดส่วนของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์กรีนมากที่สุด ยกเว้นจังหวัดกาฬสินธุ์มีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์บลูมากที่สุด

ส่วนปริมาณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมดในพื้นที่ปลูกยางพาราตลอดช่วงอายุต้นยาง 25 ปี ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่าจังหวัดบุรีรัมย์มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 9.852 พันล้าน ลบ.ม. เนื่องจากมีพื้นที่ปลูกยางพารามากที่สุด รองลงมาคือ หนองคาย (5.452 พันล้าน ลบ.ม.) กาฬสินธุ์ (5.156 พันล้าน ลบ.ม.) และนครราชสีมา (1.136 พันล้าน ลบ.ม.) ตามลำดับ ส่วนภาคใต้ จังหวัดสงขลา พบว่ามีการใช้น้ำทั้งหมดในพื้นที่ปลูกเท่ากับ 74.623 พันล้าน ลบ.ม.

เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมดต่อตันผลผลิตน้ำยางพาราในภาพรวมระดับภาค พบว่าภาคใต้มีค่าน้อยกว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จะมีค่าน้อยกว่าเมื่อมีผลผลิตต่อไร่ที่มากกว่า โดยข้อมูลจากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าผลผลิตน้ำยางพาราในภาคใต้ มีค่ามากกว่าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และเมื่อพิจารณาสัดส่วนการใช้น้ำในแต่ละประเภท พบว่าในภาคใต้ใช้น้ำกรีนหรือน้ำฝนมากกว่าน้ำบลูหรือน้ำจากระบบชลประทาน ซึ่งผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการปลูกยางพาราในภาคใต้มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากกว่า เนื่องจากน้ำฝนเป็นทรัพยากรน้ำที่ไม่มีค่าใช้จ่ายเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำจากการชลประทานที่ต้องมีการสิ้นเปลืองค่าการก่อสร้าง ไม่ว่าจะเป็นการสร้างคลองส่งน้ำหรือท่อส่งน้ำ ค่าพลังงานที่ใช้ในการสูบน้ำเข้าสู่พื้นที่เพาะปลูก ดังนั้นการเพาะปลูกพืชที่สามารถใช้น้ำฝนอย่างเพียงพอต่อความความต้องการน้ำของพืชหรือใช้ในปริมาณมากกว่าการใช้น้ำจากชลประทานจะเกิดความคุ้มค่าและประหยัดกว่า และไม่ส่งผลกระทบต่อการบริหารจัดการน้ำในแหล่งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน

นอกจากนี้แล้ว การศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการปลูกยางพารา ยังพบว่ามีการศึกษาของ Mekonnen and Hoekstra (2010) โดยทำการศึกษาค่าเฉลี่ยทั้งโลกของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการ

ผลิตน้ำยางพารา พบว่ามีค่าเท่ากับ 13,748 ลบ.ม./ตัน ซึ่งมีค่ามากกว่าการศึกษาในครั้งนี้ค่อนข้างมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณผลผลิตน้ำยางพาราที่แตกต่างกันในแต่ละประเทศ โดยผลผลิตน้ำยางพาราต่อไร่ของประเทศไทยเฉลี่ยในปี 2550-2555 นั้นมีค่าสูงเป็นอันดับ 4 ของโลก (FAOSTAT, 2017) จึงทำให้ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำยางพาราครั้งนี้มีค่าที่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของโลก

4.3.2 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการขนส่งน้ำยางพาราไปยังโรงผลิตยางพาราแผ่น

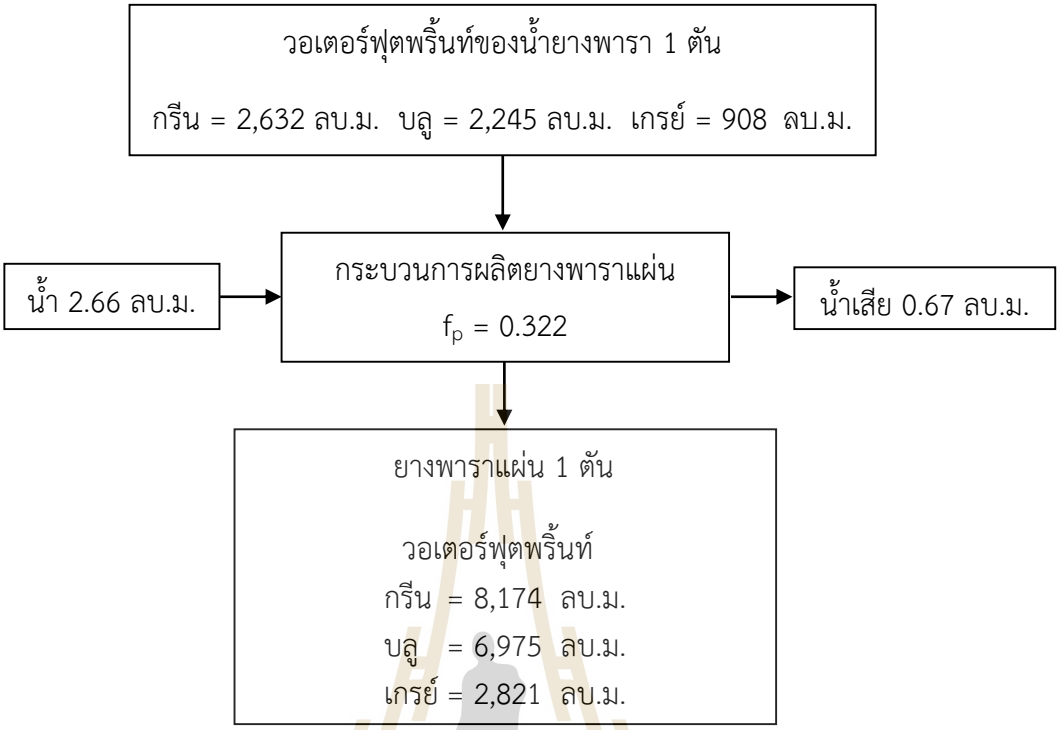
การใช้น้ำในการขนส่งน้ำยางพารา จะคิดจากการใช้น้ำในขั้นตอนกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงคือน้ำมันเบนซินที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงของพาหนะในการขนส่ง รวมถึงการใช้น้ำขั้นตอนการกรีดน้ำยางพารา โดยพบว่าได้มีการใช้น้ำในปริมาณที่น้อยมาก ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้ ในส่วนการขนส่งน้ำยางพาราไปยังโรงผลิตยางพาราแผ่นไม่มีการใช้น้ำและไม่มีการเกิดน้ำเสียในขั้นตอนนี้

4.3.3 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่น

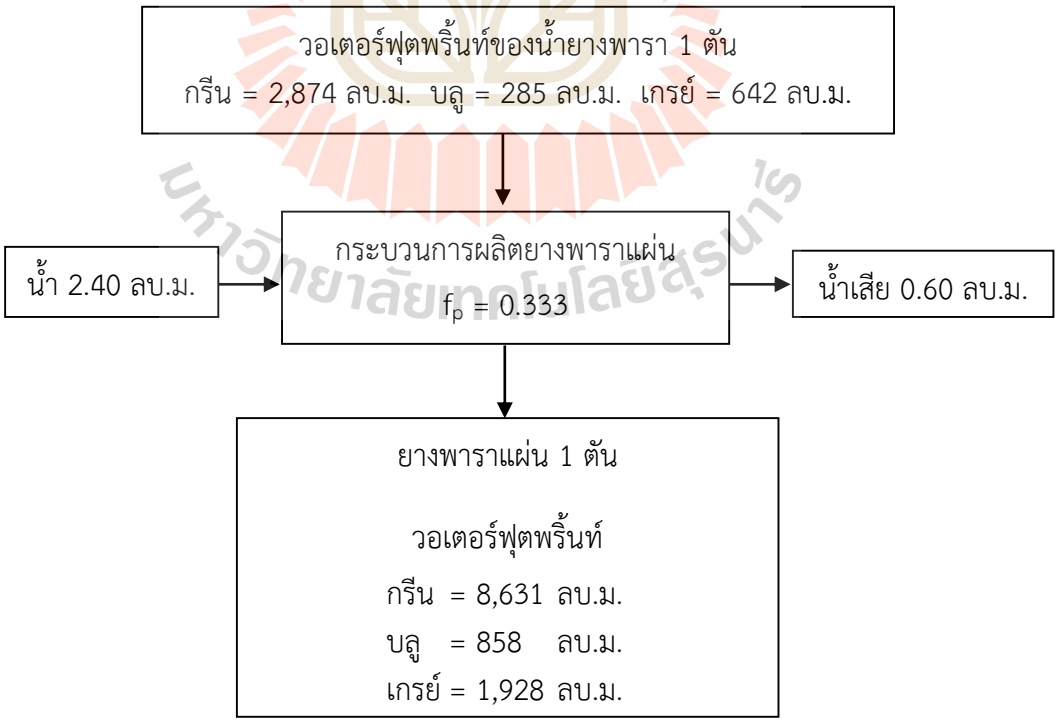
การใช้น้ำในขั้นตอนการผลิตยางพาราแผ่นเกิดขึ้นใน 2 ส่วนคือ ขั้นตอนกระบวนการผลิตโดยตรง และในส่วนการล้างทำความสะอาดอุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆ รวมถึงการล้างทำความสะอาดพื้นโรงผลิต การใช้น้ำในขั้นตอนนี้ทั้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ เกิดจากการใช้น้ำจากแหล่งน้ำบาดาลที่มีคุณภาพสูง ไม่มีการใช้น้ำฝน และในกระบวนการผลิตได้มีน้ำเสียเกิดขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 4.3 บัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกของกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น

การใช้น้ำในกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นปริมาณ 1 กิโลกรัม พบว่าการใช้น้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเท่ากับ 2.66 ลิตร และมีน้ำเสียเกิดขึ้นหลังกระบวนการผลิตเท่ากับ 0.67 ลิตร ส่วนในภาคใต้มีการใช้น้ำในกระบวนการผลิตเท่ากับ 2.40 ลิตร และมีน้ำเสียเกิดขึ้นเท่ากับ 0.60 ลิตร ดังนั้นในขั้นตอนนี้จะมีการใช้น้ำประเภทบลูและเกิดน้ำเกรย์ขึ้นเท่านั้น

การประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่น คำนวณตามสมการที่ 3.4 ในบทที่ 3 เป็นการคำนวณปริมาณการใช้น้ำที่เกิดขึ้นจากการผลิตน้ำยางพาราในหน่วย ลบ.ม./ตันน้ำยางพารา รวมเข้ากับการใช้น้ำในกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นในหน่วย ลบ.ม./ตันยางพาราแผ่น โดยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นมีค่า Product Fraction; $f_p$ เท่ากับ 0.322 ส่วนภาคใต้มีค่า $f_p$ เท่ากับ 0.333 ส่วนค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะใช้ค่าเฉลี่ยของทั้งสี่จังหวัดเป็นค่าตัวแทนของภาค ซึ่งค่าเฉลี่ยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์กรีนเท่ากับ 2,632 ลบ.ม./ตันน้ำยางพารา บลูเท่ากับ 2,245 ลบ.ม./ตันน้ำยางพารา และเกรย์เท่ากับ 908 ลบ.ม./ตันน้ำยางพารา ส่วนภาคใต้จะใช้ค่าของจังหวัดสงขลาเป็นตัวแทน โดยผลการประเมินค่าวอเตอน์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่นของทั้งสองภาคแสดงได้ดังตารางที่ 4.8




**ภาพที่ 4.3** วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่นในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ




**ภาพที่ 4.4** วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่นในภาคใต้

**ตารางที่** 4.8 ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่น

| ภาค | วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (ลบ.ม./ตันยางพาราแผ่น) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | กรีน | บลู | เกรย์ | ทั้งหมด |
| ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ | 8,174 | 6,975 | 2,821 | 17,970 |
| ภาคใต้ | 8,631 | 858 | 1,928 | 11,417 |

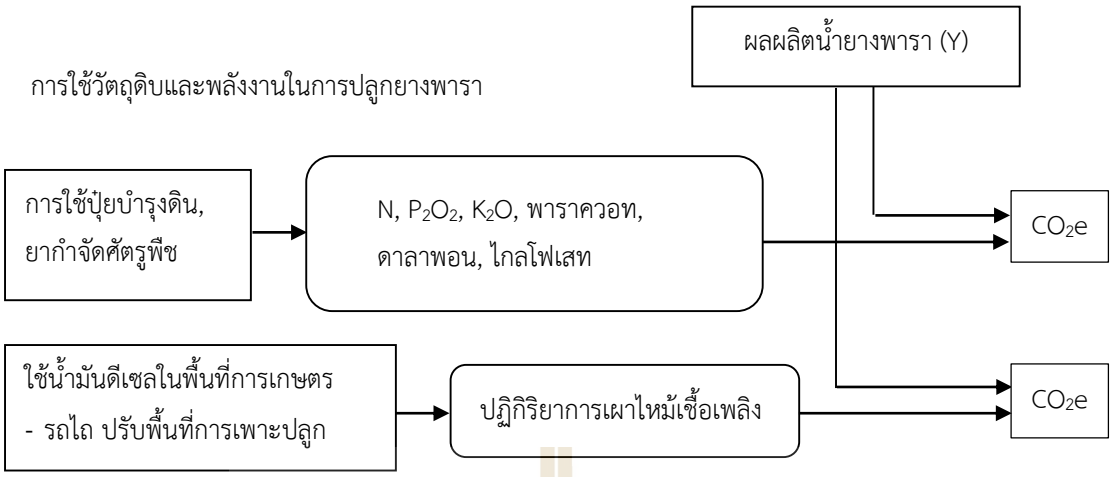
การประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่น ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ของประเทศไทย ผลการศึกษา พบว่า ในภาคตะวันอกเฉียงเหนือมีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมดเท่ากับ 17,970 ลบ.ม./ตัน แบ่งออกเป็นประเภทกรีนเท่ากับ 8,174 ลบ.ม./ตัน บลูเท่ากับ 6,975 ลบ.ม./ตัน และเกรย์เท่ากับ 2,821 ลบ.ม./ตัน ส่วนในภาคใต้พบว่าค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมดเท่ากับ 11,417 ลบ.ม./ตัน แบ่งออกเป็นประเภทกรีนเท่ากับ 8,631 ลบ.ม./ตัน บลูเท่ากับ 858 ลบ.ม./ตัน และเกรย์เท่ากับ 1,928 ลบ.ม./ตัน

เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาทั้งสองภาคพบว่า ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมดของการผลิตยางพาราแผ่นในภาคใต้มีค่าน้อยกว่าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้ในภาคใต้ยังพบว่ามีการใช้น้ำประเภทกรีนมากที่สุด รองลงมาคือเกรย์และบลู ตามลำดับ ส่วนภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการใช้น้ำประเภททกรีนมากที่สุด รองลงมาคือบลูและเกรย์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะน้ำประเภทบลู พบว่าภาคใต้มีการใช้น้ำประเภทบลูน้อยกว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือมาก ซึ่งจากผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการผลิตยางพาราแผ่นในภาคใต้จะมีความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์มากกว่า เนื่องจากมีการใช้น้ำประเภทบลูหรือน้ำจากระบบชลประทานที่น้อยกว่า ซึ่งจะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายจากการสูบน้ำหรือการนำน้ำเข้าสู่พื้นที่การผลิต

## 4.4 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่น

### 4.4.1 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของปลูกยางพารา

การประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการปลูกยางพาราทั้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ได้ดำเนินการตามคู่มือ แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ โดยคณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (2554) ซึ่งจากการเก็บข้อมูลในภาคการเพาะปลูกยางพารา พบว่าได้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปก๊าซเรือนกระจกในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซค์เทียบเท่าดังแสดงในภาพที่ 4.5




**ภาพที่ 4.5** ผังการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกยางพารา

4.4.1.1 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการปลูกยางพารา

จากข้อมูลบัญชีรายการสารขาเข้าและขาออกของการปลูกยางพารา พบว่ามีการใช้วัตถุดิบที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ การใช้ปุ๋ย ยากำจัดศัตรูพืช และเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซล โดยวัตถุดิบดังกล่าวมีค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือค่า Emission factor แสดงได้ดังตารางที่ 4.9

**ตารางที่ 4.9** ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือ Emission factor ของการปลูกยางพารา

| วัตถุดิบและพลังงาน | หน่วย | Emission factor ($kgCO_2e$/หน่วย) | แหล่งที่มาของค่า Emission factor |
|---|---|---|---|
| ปุ๋ย | | | |
| - ไนโตรเจน | กิโลกรัม | 2.6000 | Japan CF |
| - ฟอสฟอรัส | กิโลกรัม | 0.2520 | Japan CF |
| - โพแทสเซียม | กิโลกรัม | 0.1600 | Japan CF |
| ยากำจัดศัตรูพืช | | | |
| - พาราควอท | กิโลกรัม | 3.2300 | Paraquat, Ecoinvent 2.0 |
| - ดาลาพอน | กิโลกรัม | 8.5100 | Ametine, Ecoinvent 2.0 |
| - ไกลโฟเสท | กิโลกรัม | 16.0000 | Glyphosate, Ecoinvent 2.0 |
| พลังงานเชื้อเพลิง | | | |
| - น้ำมันดีเซล | ลิตร | 2.7080 | IPPC 2007 |

4.4.1.2 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการปลูกยางพารา

การคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในการปลูกยางพารา ได้ใช้ข้อมูลบัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกของการปลูกยางพารา จากตารางที่ 4.2 และค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากตารางที่ 4.9 ผลการประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อตันผลผลิตน้ำยางพาราแสดงได้ดังตารางที่ 4.10 ส่วนคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดของการปลูกยางพาราทั้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้แสดงได้ดังตารางที่ 4.11

**ตารางที่ 4.10** ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำยางพารา

| รายการ | หน่วย | ปริมาณ | คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ($KgCO_2e$/กก.น้ำยางพารา) | สัดส่วน (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|
| **ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ** | | | | |
| ปุ๋ย | | | | |
| - ไนโตรเจน | กิโลกรัม | 0.045 | 0.11700 | 83.27 |
| - ฟอสฟอรัส | กิโลกรัม | 0.018 | 0.00454 | 3.23 |
| - โพแทสเซียม | กิโลกรัม | 0.045 | 0.00720 | 5.12 |
| ยากำจัดศัตรูพืช | | | | |
| - พาราควอท | กรัม | 0.018 | 0.00006 | 0.04 |
| - ดาลาพอน | กรัม | 0.144 | 0.00123 | 0.87 |
| - ไกลโฟเสท | กรัม | 0.488 | 0.00781 | 5.56 |
| พลังงานเชื้อเพลิง | | | | |
| - น้ำมันดีเซล | ลิตร | 0.00099 | 0.00268 | 1.91 |
| **รวม** | | | **0.14052** | **100.00** |
| **ภาคใต้** | | | | |
| ปุ๋ย | | | | |
| - ไนโตรเจน | กิโลกรัม | 0.032 | 0.08320 | 83.99 |
| - ฟอสฟอรัส | กิโลกรัม | 0.013 | 0.00328 | 3.31 |
| - โพแทสเซียม | กิโลกรัม | 0.032 | 0.00512 | 5.17 |
| ยากำจัดศัตรูพืช | | | | |
| - พาราควอท | กรัม | 0.013 | 0.00004 | 0.04 |
| - ดาลาพอน | กรัม | 0.103 | 0.00088 | 0.88 |
| - ไกลโฟเสท | กรัม | 0.289 | 0.00462 | 4.67 |
| พลังงานเชื้อเพลิง | | | | |
| - น้ำมันดีเซล | ลิตร | 0.00071 | 0.00192 | 1.94 |
| **รวม** | | | **0.09906** | **100.00** |

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

**ตารางที่ 4.11** ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการปลูกยางพาราตลอดอายุต้นยาง 25 ปี

| จังหวัด | ผลผลิตน้ำยางพาราตลอดอายุต้นยาง 25 ปี (ตัน) | ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตลอดอายุต้นยาง 25 ปี ($tonCO_2e$) |
|---|---|---|
| **ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ** | | |
| นครราชสีมา | 175,984 | 24,727 |
| บุรีรัมย์ | 1,924,145 | 270,359 |
| กาฬสินธุ์ | 771,640 | 108,422 |
| หนองคาย | 1,116,460 | 156,872 |
| **ภาคใต้** | | |
| สงขลา | 19,632,576 | 2,758,544 |

การประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในส่วนของการปลูกยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่า ผลผลิตน้ำยางพาราปริมาณ 1 กิโลกรัม มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากับ 0.14052 $KgCO_2e$ ส่วนในภาคใต้พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.09906 $KgCO_2e$ โดยทั้งสองภาคมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกิดขึ้นในส่วนการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนมากที่สุด รองลงมาเป็นการใช้ยากำจัดศัตรูพืชชนิดไกลโฟเสทและการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมซึ่งมีที่ค่าใกล้เคียงกันมาก และผลการประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในภาพรวมรายจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของการปลูกยางพาราตลอดอายุต้นยาง 25 ปี พบว่า จังหวัดบุรีรัมย์มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด เท่ากับ 270,359 $tonCO_2e$ รองลงมาคือ หนองคาย (156,872 $tonCO_2e$) กาฬสินธุ์ (108,422 $tonCO_2e$) และนครราชสีมา (24,727 $tonCO_2e$) ตามลำดับ ส่วนในภาคใต้ จังหวัดสงขลามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 2,758,544 $tonCO_2e$

4.4.2 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการขนส่งน้ำยางพาราไปยังโรงผลิตยางพาราแผ่น

การขนส่งน้ำยางพาราจากสวนยางเข้าสู่โรงงานผลิตยางพาราแผ่นในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้พบว่า มีการขนส่งด้วยรถมอเตอร์ไซค์ดัดแปลงแบบพ่วง เครื่องยนต์เบนซิน วิ่งในระยะทางเฉลี่ย 2.5 กิโลเมตร มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเบนซินในการขนส่งน้ำยางพาราปริมาณ 1 กิโลกรัมทั้งขาไปและขากลับ เท่ากับ 0.00046 ลิตร การคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการขนส่งน้ำยางพาราแสดงได้ดังตารางที่ 4.12

**ตารางที่ 4.12** ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการขนส่งน้ำยางพารา

| ยานพาหนะ | ปริมาณน้ำมันเบนซิน (ลิตร) | Emission factor ($kgCO_2e$/ลิตร) | คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ($KgCO_2e$/กก.น้ำยางพารา) |
|---|---|---|---|
| รถมอเตอร์ไซค์แบบพ่วง | 0.00046 | 2.1896 (อ้างอิงจาก IPCC 2007) | 0.001007 |

การประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการขนส่งน้ำยางพาราเข้าสู่โรงงานผลิตยางพาราแผ่น พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.001007 $KgCO_2e$/กก.น้ำยางพารา

4.4.3 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่น

การคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่นตลอดห่วงโซ่การผลิตตั้งแต่การได้มาของน้ำยางพาราจากสวน ขนส่งด้วยรถมอเตอร์ไซค์แบบพ่วงจนกระทั่งถึงขั้นตอนการผลิตเป็นยางพาราแผ่น สามารถประเมินผลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ดังต่อไปนี้

4.4.3.1 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น

จากบัญชีรายการของกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลสารขาเข้าและออกตามตารางที่ 4.3 โดยข้อมูลดังกล่าวมีค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือค่า Emission factor แสดงได้ดังตารางที่ 4.13

**ตารางที่ 4.13** ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือ Emission factor ของกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น

| วัตถุดิบและพลังงาน | หน่วย | Emission factor ($kgCO_2e$/หน่วย) | แหล่งที่มาของค่า Emission factor |
|---|---|---|---|
| วัตถุดิบ | | | |
| - น้ำยางพารา (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) | กิโลกรัม | 0.14052 | ผลการศึกษานี้ |
| - น้ำยางพารา (ภาคใต้) | กิโลกรัม | 0.09906 | ผลการศึกษานี้ |
| - กรดฟอร์มิกเข้มข้น 94% | ลิตร | 1.4849 | หมวดเคมีสิ่งทอ (แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์) |
| พลังงาน | | | |
| - ไฟฟ้า | กิโลวัตต์-ชม. | 0.5610 | หมวดพลังงาน (แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์) |
| - น้ำมันดีเซล | ลิตร | 2.7080 | IPPC 2007 |
| ของเสีย | | | |
| - การบำบัดน้ำเสีย | ลิตร | 0.0012 | JEMAI |

4.4.3.2 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการยางพารา

การคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในการกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น ได้ใช้ข้อมูลบัญชีรายการปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกตามตารางที่ 4.3 และค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น ในตารางที่ 4.13 เพื่อทำการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น ผลการประเมินแสดงได้ดังตารางที่ 4.14

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

**ตารางที่ 4.14** ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น

| รายการ | หน่วย | ปริมาณ | คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ($kgCO_2e$/กก.ยางแผ่น) | สัดส่วน (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|
| **ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ** | | | | |
| วัตถุดิบ | | | | |
| - น้ำยางพารา | กิโลกรัม | 3.1 | 0.43561 | 93.07 |
| - กรดฟอร์มิกเข้มข้น 94% | กิโลกรัม | 0.006 | 0.00891 | 1.90 |
| พลังงาน | | | | |
| - ไฟฟ้า | กิโลวัตต์-ชม. | 0.027 | 0.01515 | 3.24 |
| - น้ำมันดีเซล | ลิตร | 0.0028 | 0.00758 | 1.62 |
| ของเสีย | | | | |
| - การบำบัดน้ำเสีย | ลิตร | 0.67 | 0.00080 | 0.17 |
| **รวม** | | | **0.46805** | **100.00** |
| **ภาคใต้** | | | | |
| วัตถุดิบ | | | | |
| - น้ำยางพารา | กิโลกรัม | 3.0 | 0.42153 | 92.07 |
| - กรดฟอร์มิกเข้มข้น 94% | กิโลกรัม | 0.006 | 0.00891 | 1.95 |
| พลังงาน | | | | |
| - ไฟฟ้า | กิโลวัตต์-ชม. | 0.034 | 0.01907 | 4.17 |
| - น้ำมันดีเซล | ลิตร | 0.0028 | 0.00758 | 1.66 |
| ของเสีย | | | | |
| - การบำบัดน้ำเสีย | ลิตร | 0.60 | 0.00072 | 0.16 |
| **รวม** | | | **0.45782** | **100.00** |

การประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.46805 $kgCO_2e$/กก.ยางพาราแผ่น ส่วนภาคใต้ พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.45782 $kgCO_2e$/กก.ยางพาราแผ่น โดยทั้งสองภาคได้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการได้มาซึ่งน้ำยางพารา (ภาคการเพาะปลูก) มากที่สุด รองลงมาเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าและการใช้กรดฟอร์มิก ตามลำดับ ซึ่งผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตยางพาราแผ่นในภาคใต้มีการปล่อยก๊าศเรือนกระจกน้อยกว่าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.4.3.3 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่น

การประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่นตลอดห่วงโซ่ของการผลิตจะเป็นการรวมค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นกับการขนส่งน้ำยางพารามายังโรงผลิตเข้าด้วยกัน ผลการประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่น แสดงได้ดังตารางที่ 4.15

**ตารางที่ 4.15** ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตลอดห่วงโซ่การผลิตยางพาราแผ่น

| ภาค | การขนส่งน้ำยางพารา | กระบวนการผลิตยางพาราแผ่น | ทั้งหมด |
|---|---|---|---|
| | | $kgCO_2e$/กก.ยางพาราแผ่น | |
| ตะวันออกเฉียงเหนือ | 0.003121 | 0.46805 | 0.471171 |
| ใต้ | 0.003021 | 0.45782 | 0.460841 |

จากข้อมูลบัญชีรายการปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกตารางที่ 4.3 ในภาคตะวันอออกเฉียงเหนือ พบว่ามีการใช้น้ำยางพาราปริมาณ 3.1 กิโลกรัมเพื่อผลิตยางพาราแผ่นปริมาณ 1 กิโลกรัม ทำให้ในภาคการขนส่งมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากับ 0.003121 $kgCO_2e$/กก.ยางพาราแผ่น ดังนั้นเมื่อรวมเข้ากับกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นแล้ว พบว่าค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตลอดทั้งห่วงโซ่การผลิตยางพาราแผ่นมีค่าเท่ากับ 0.471171 $kgCO_2e$/กก.ยางพาราแผ่น ส่วนในภาคใต้ มีการขนส่งน้ำยางพาราปริมาณ 3.0 กิโลกรัม เพื่อผลิตยางพาราแผ่นปริมาณ 1 กิโลกรัม จึงทำให้มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในภาคขนส่งเท่ากับ 0.003021 $kgCO_2e$/กก.ยางพาราแผ่น ดังนั้นค่าคาบอนฟุตพริ้นท์ตลอดทั้งห่วงโซ่การผลิตยางพาราแผ่นเท่ากับ 0.460841 $kgCO_2e$/กก.ยางพาราแผ่น

เปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของทั้งสองภาค พบว่าภาคใต้มีการปล่อยก๊าศเรือนกระจกน้อยกว่าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และทั้งสองภาคได้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนของการเพาะปลูกมากที่สุด โดยเกิดจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนมากที่สุดถึงร้อยละ 80 รองลงมาเป็นการใช้ยากำจัดศัตรูพืชชนิดไกลโฟเสทและปุ๋ยโพแทสเซียม

การศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกี่ยวข้องกับยางพาราพบการศึกษาของ Jawjit *et al*., (2010) โดยทำการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมยางพาราในประเทศไทย พบว่าการผลิตน้ำยางข้น ยางพาราแท่งชนิด STR 20 และยางพาราแผ่นรมควัน มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากับ 0.54 0.70 และ 0.64 $kgCO_2e$/กก.ผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลการศึกษาของ Jawjit *et al*., (2010) มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์สูงกว่าผลการศึกษาครั้งนี้ แต่ยังมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันหรือมีค่าที่ใกล้เคียงกัน หากพิจารณาถึงขั้นตอนการศึกษาและการเก็บข้อมูลพบว่า Jawjit *et al*., (2010) ได้ทำการเก็บข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนการผลิตวัตถุดิบ เช่น การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง การผลิตปุ๋ย การผลิตกระแสไฟฟ้า รวมถึงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนของการใช้ประโยชน์ที่ดิน จึงทำให้ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์มีค่าสูงกว่าการศึกษาในครั้งนี้

# บทที่ 5
# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การประเมินวอเตอร์และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ของประเทศไทย โดยได้แบ่งการประเมินออกเป็น 3 ส่วนคือ การประเมินในภาคการปลูกยางพารา การขนส่ง และภาคการผลิตยางพาราแผ่น ผลการศึกษาสามารถสรุปและมีข้อเสนอแนะได้ดังต่อไปนี้

## 5.1 สรุปผลงานวิจัย

5.1.1 การประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำยางพารา

5.1.1.1 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในภาคการปลูกยางพารา

1) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ในภาคการปลูกยางพารา พบว่าค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมดของจังหวัดกาฬสินธุ์มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 6,682 ลบ.ม./ตันน้ำยางพารา รองลงมาคือ นครราชสีมา (6,454 ลบ.ม./ตันน้ำยางพารา) บุรีรัมย์ (5,120 ลบ.ม./ตันน้ำยางพารา) และหนองคาย (4,884 ลบ.ม./ตันน้ำยางพารา) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาประเภทของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์แล้วพบว่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์กรีนมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์บลูและเกรย์ ตามลำดับ

2) ภาคใต้

ในภาคการปลูกยางพาราพบว่าค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมดเท่ากับ 3,801 ลบ.ม./ตันน้ำยางพารา โดยมีสัดส่วนของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์กรีนมากที่สุด รองลงมาคือวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เกรย์และบลู ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมดต่อตันน้ำยางพาราของทั้งสองภาค ผลการศึกษา พบว่าภาคใต้มีค่าน้อยกว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จะมีค่าน้อยกว่าเมื่อมีผลผลิตต่อไร่ที่มากกว่า และเมื่อพิจารณาสัดส่วนการใช้น้ำในแต่ละประเภท พบว่าในภาคใต้ใช้น้ำกรีนหรือน้ำฝนมากกว่าน้ำบลูหรือน้ำจากระบบชลประทานถึง 10 เท่า ซึ่งผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการปลูกยางพาราในภาคใต้มีความคุ้มค่าของการใช้น้ำมากกว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากน้ำฝนเป็นทรัพยากรน้ำที่ไม่มีค่าใช้จ่ายเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำจากการชลประทานที่ต้องมีการสิ้นเปลืองค่าการก่อสร้าง ไม่ว่าจะเป็นการสร้างคลองส่งน้ำหรือท่อส่งน้ำ ค่าพลังงานที่ใช้ในการสูบน้ำเข้าสู่พื้นที่เพาะปลูก ดังนั้นการเพาะปลูกพืชที่สามารถใช้น้ำฝนอย่างเพียงพอต่อความความต้องการน้ำของพืชหรือใช้ในปริมาณมากกว่าการใช้น้ำจากชลประทานจะเกิดความคุ้มค่าและประหยัดกว่า และไม่ส่งผลกระทบต่อการบริหารจัดการน้ำในแหล่งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน

5.1.1.2 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการขนส่งน้ำยางพาราไปยังโรงผลิตยางพาราแผ่น

การใช้น้ำในการขนส่งน้ำยางพาราทั้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ พบว่าได้มีการใช้น้ำในปริมาณที่น้อยมาก ดังนั้นในส่วนการขนส่งน้ำยางพาราไปยังโรงผลิตยางพาราแผ่นจึงถือว่าไม่มีการใช้น้ำและไม่มีการเกิดน้ำเสียในขั้นตอนนี้

5.1.1.3 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่น

1) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

การประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่น เป็นการประเมินผลรวมตั้งแต่การปลูกยางพาราให้ได้ผลผลิตเป็นน้ำยางพารา การขนส่งน้ำยางพารา จนถึงขั้นตอนกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น พบว่ามีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมดเท่ากับ 17,970 ลบ.ม./ตันยางพาราแผ่น แบ่งออกเป็นประเภท กรีนเท่ากับ 8,174 ลบ.ม./ตันยางพาราแผ่น บลูเท่ากับ 6,975 ลบ.ม./ตันยางพาราแผ่น และเกรย์เท่ากับ 2,821 ลบ.ม./ตันยางพาราแผ่น

2) ภาคใต้

ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมดเท่ากับ 11,417 ลบ.ม./ตันยางพาราแผ่น แบ่งออกเป็นประเภทกรีนเท่ากับ 8,631 ลบ.ม./ตันยางพาราแผ่น บลูเท่ากับ 858 ลบ.ม./ตันยางพาราแผ่น และเกรย์เท่ากับ 1,928 ลบ.ม./ตันยางพาราแผ่น

เปรียบเทียบค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่นของทั้งสองภาค พบว่าค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมดในภาคใต้มีค่าน้อยกว่าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้ในภาคใต้ยังพบว่ามีการใช้น้ำประเภทกรีนมากที่สุด รองลงมาคือเกรย์และบลู ตามลำดับ ส่วนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการใช้น้ำประเภทกรีนมากที่สุด รองลงมาคือบลูและเกรย์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะน้ำประเภทบลู พบว่าภาคใต้มีการใช้น้ำบลูน้อยกว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือมาก ซึ่งจากผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการผลิตยางพาราแผ่นในภาคใต้จะมีความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์มากกว่า เนื่องจากมีการใช้น้ำประเภทบลูที่น้อยกว่าจะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายจากการสูบน้ำหรือการนำน้ำเข้าสู่พื้นที่การผลิต

5.1.2 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่น

5.1.2.1 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ในภาคการปลูกยางพารา

1) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการปลูกยางพารา ผลการศึกษาพบว่าผลผลิตน้ำยางพาราปริมาณ 1 กิโลกรัม มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากับ 0.14052 $KgCO_2e$ โดยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกิดขึ้นในส่วนการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนมากที่สุด รองลงมาเป็นการใช้ยากำจัดศัตรูพืชชนิดไกลโฟเสทและการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียม

2) ภาคใต้

ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการปลูกยางพาราของจังหวัดสงขลา พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.09906 $KgCO_2e$/กก.น้ำยางพารา $KgCO_2e$ โดยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกิดขึ้นในส่วนการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนมากที่สุด รองลงมาเป็นการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมและการใช้ยากำจัดศัตรูพืชชนิดไกลโฟเสท

เปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำยางพาราปริมาณ 1 กิโลกรัม พบว่าภาคใต้มีค่าน้อยกว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทั้งนี้เนื่องจากภาคใต้มีปริมาณผลผลิตน้ำยางพาราต่อไร่ที่มากกว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

5.1.2.2 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการขนส่งน้ำยางพาราไปยังโรงผลิตยางพาราแผ่น

การขนส่งน้ำยางพาราทั้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้พบว่า มีการขนส่งด้วยรถมอเตอร์ไซค์ดัดแปลงแบบพ่วง เครื่องยนต์เบนซิน วิ่งในระยะทางเฉลี่ย 2.5 กิโลเมตร ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการขนส่งเท่ากับ 0.001007 $KgCO_2e$/กก.น้ำยางพารา

5.1.2.3 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลยางพาราแผ่น

1) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

การประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่น ซึ่งเป็นการประเมินตลอดห่วงโซ่ของการผลิต ตั้งแต่การได้มาของน้ำยางพาราจากสวน ขนส่งด้วยรถมอเตอร์ไซค์แบบพ่วงจนกระทั่งถึงขั้นตอนการผลิตเป็นยางพาราแผ่น พบว่าค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากับ 0.471171 $kgCO_2e$/กก.ยางพาราแผ่น โดยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการได้มาซึ่งน้ำยางพารา (ภาคการเพาะปลูก) มากที่สุด รองลงมาเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้า และการใช้กรดฟอร์มิก ตามลำดับ

2) ภาคใต้

การประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราแผ่น ซึ่งเป็นการประเมินตลอดห่วงโซ่ของการผลิต พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.460841 $kgCO_2e$/กก.ยางพาราแผ่น โดยพบว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการได้มาซึ่งน้ำยางพารา (ภาคการเพาะปลูก) มากที่สุด รองลงมาเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้า และการใช้กรดฟอร์มิก ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของทั้งสองภาค พบว่าภาคใต้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และทั้งสองภาคได้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนของการเพาะปลูกมากที่สุด โดยเกิดจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนมากกว่าร้อยละ 80 รองลงมาเป็นการใช้ยากำจัดศัตรูพืชชนิดไกลโฟเสทและปุ๋ยโพแทสเซียม

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในภาคเพาะปลูกยางพารา ควรให้ความรู้ด้านวิชาการและการส่งเสริมเทคนิกต่างๆ ให้กับเกษตรกรเพื่อเพิ่มผลผลิตน้ำยางพาราต่อไร่ให้สูงขึ้น ซึ่งจะเป็นการลดค่าวอเตอร์และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ลงได้

5.2.2 ควรเพิ่มพื้นที่การศึกษาในภาคใต้ให้มากขึ้น เพื่อจะเป็นตัวแทนที่ดีและทำให้ได้ข้อมูลที่ละเอียดยิ่งขึ้น

5.2.3 นักวิชาการควรศึกษาแนวทางการลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในส่วนการเพาะปลูกลง และมีการใช้ปุ๋ยอื่นๆ ที่สามารถทดแทนการปุ๋ยไนโตรเจนได้โดยไม่ลดผลผลิตน้ำยางพารา เพื่อเป็นการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เกรย์ อันมีผลกระทบโดยตรงการจากใช้ปุ๋ยไนโตรเจน

5.2.4 รัฐบาลควรส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการประเมินประเมินวอเตอร์และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตลอดทั้งห่วงโซ่การผลิตอย่างต่อเนื่อง เพื่อสร้างมาตรฐานของผลิตภัณฑ์และเพื่อเพิ่มขีดความสามารถของการแข่งขันในตลาดโลกในเรื่องการผลิตผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้

5.2.5 การศึกษาในครั้งต่อไป ควรทำการศึกษาเปรียบเทียบในส่วนของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์จากที่ดินจากการปลูกพืชชนิดอื่นๆ กับต้นยางพารา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

# บรรณานุกรม


กรมควบคุมมลพิษ. (2548). แนวทางปฏิบัติที่ดีด้านการป้องกันมลพิษ อุตสาหกรรมยางแผ่นรมควัน. [ออนไลน์] สืบค้นจาก http://infofile.pcd.go.th/water/rubber.pdf?CFID=7985732&CFTOKEN=10420029. อ้างอิงเมื่อวันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2555.

กรมอุตุนิยมวิทยา. (2556). ข้อมูลสภาศอากาศในรอบ 30 ปี ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ของประเทศไทย. อ้างอิงเมื่อวันที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2557.

กรรณิการ์ หอมยามเย็น. (2549). การกำหนดปริมาณและรอบการให้น้ำชลประทานสำหรับปลูกหน่อไม้ฝรั่งโดยใช้ โปรแกรม CROPWAT ในเขตพัฒนาที่ดิน ตำบลหนองงูเหลือม อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม. โครงการวิจัย, ส่วนวิจัยและวินิจฉัยคุณภาพดิน, กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์. (2554). แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์. อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, กรุมเทพฯ.

ชินาธิปกรณ์ พงศ์ภิญโญภาพ และ ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ. (2554). วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังในประเทศไทย. วารสารวิศวกรรมสาร มก. ฉบับที่ 75 ปีที่ 24 หน้า 41-52.

ธีระพล ตั๊งสมบุญ. (2549). การใช้น้ำของพืช. เอกสารประกอบการบรรยายหลักสูตรการปรับปรุงระบบการจัดการน้ำด้านเกษตรชลประทาน. สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ.

พรพันธุ์ บุณยรัตพันธุ์. (2553). การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย. [ออนไลน์] สืบค้นจาก http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water05.html อ้างอิงเมื่อวันที่ 9 กันยายน พ.ศ. 2554.

รมณี วังเมือง. (2555). การศึกษาปริมาณการใช้น้ำโดยวิธีร่องรอยการใช้น้ำและประเมินวัฏจักรชีวิตกรณีศึกษาแป้งข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รัตนาวรรณ มั่งคั่ง, แชบเบียร์ กีวาลา, งามทิพย์ ภู่วโดม และ สิรินทรเทพ เต้าประยูร. (2554). คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าว. วารสารวิศวกรรมสาร มก. ฉบับที่ 75 ปีที่ 24 หน้า 53-60.

วริศรา แสงไพโรจน์ (2553). ลดโลกร้อนกับคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตอนที่ 1. [ออนไลน์] สืบค้นจาก http://businessconnectionknowledge.blogspot.com/2010/12/shopping-carbon-foot print-1.html. อ้างอิงเมื่อวันที่ 9 กันยายน พ.ศ. 2554.

วิทยา กันยา. (2551). การประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. (2546). คู่มือการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์. สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, กรุงเทพฯ.

สมบูรณ์ เจริญจิระตระกูล. (2554). การขยายพื้นที่เพาะปลูกยางพารา: ประเด็นห่วงใย และข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย. รายงานการวิจัย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ.

สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง. (2560). การปลูกยางพารา. [ออนไลน์] สืบค้นจาก http://www.raot.co.th/article_attach/build.pdf. อ้างอิงเมื่อวันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ. 2560.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2557). สถิติการเกษตรของประเทศไทยปี 2556. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (มหาชน). (2554). การส่งเสริมการใช้คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์. [ออนไลน์] สืบค้นจาก http://www.tgo.or.th/index.php?option=com_content&task=view&id=118&Itemid=2. สืบค้นวันที่ 18 ตุลาคม 2555.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (มหาชน). (2556). ปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจก. [ออนไลน์] สืบค้นจาก http://www.tgo.or.th/index.php?option=com_content&view=article&id=4 6:what-is-ghg&catid=35:greenhouse-effect&Itemid=55. สืบค้นวันที่ 18 ตุลาคม 2555.

อังคณา สุวรรณกูฏ. (2554). วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ไทยแลนด์. [ออนไลน์] สืบค้นจาก http://carbonfootprintthailand.blogspot.com/2011/07/water-footprint2.html อ้างอิงเมื่อวันที่ 8 กันยายน พ.ศ. 2554.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper No. 56. FAO, Rome, Italy.

Chapagain, A.K. and Hoekstra, A.Y. (2004). Water footprints of nations. Volume 1: Main Report. Value of Research Report Series No. 16. UNESCO-IHE: Delft, Netherlands.

Chapagain, A.K. and Hoekstra, A.Y. (2008). Globalization of Water: sharing the planet's freshwater resources. Wiley-Blackwell, Oxford, UK.

Chapagain, A.K. and Hoekstra, A.Y. (2011). The blue, green and grey water footprint of rice from production and consumption perspectives. Ecological Economics, 70: 749-758.

Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y., Savenije, H.H.G. and Gautam, R. (2006). The water footprint of cotton consumption: an assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. Ecological Economics, 60: 186-203.

FAO; Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1984). Crop water requirement - guideline for predicting crop water requirement. FAO irrigation and drainage paper 24. Rome, Italy.

FAO. (1992). Chapter 2- FAO Penman- Monteith equation. Crop evapotranspiration- guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome, Italy.

FAO. (2013). Cropwat 8.0 program downloading. [Online] Available: http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html. Accessed 17 November 2013.

FAOSTAT. (2017) Crops data. [Online] Available: http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize. Accessed 11 November 2017.

Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M. and Mekonnen, M.M. (2011). The water footprint assessment manual: setting the global standard. Earthscan: London, UK.

Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC. (2007). Climate change 2007: direct global warming potentials. [Online] Available: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html. Accessed 22 October, 2012.

Jawjit, W., Kroeze, C. and Rattanapan, S. (2010). Greenhouse gas emissions from rubber industry in Thailand. Journal of Cleaner Production, 18: 403–411.

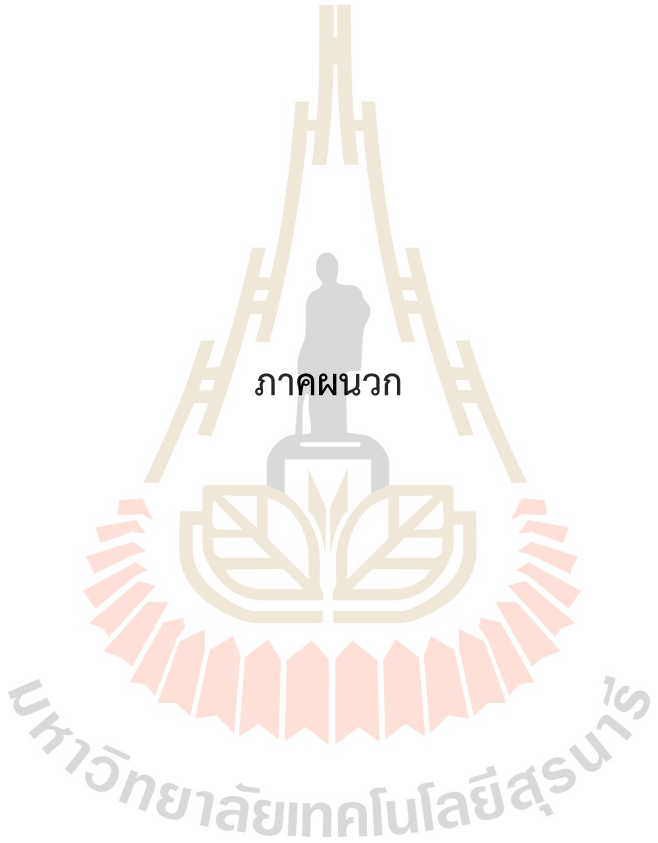
Kanya, V. and Phungrassami, H. (2008). Economic-environmental evaluation for sugar production in Thailand using LCA approach. Agricultural Journal, 3(6).

Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y. (2010). A global and high-resolution assessment of the green, blue and grey water footprint of wheat. Hydrology and Earth System Sciences, 14(7): 1259-1276.

Mekonnen, M.M. and Hoektra, A.Y. (2011). The green, blue and grey water footprint of crop and derived crop products. Hydrology and Earth system Sciences, 15: 1577-1600.

Steduto, P., Hsiao, T.C., Fereres, E. and Raes, D. (2012). Crop yield response to water. FAO, Rome, Italy.

# ภาคผนวก



# ภาคผนวก ก
# ข้อมูลเชิงพื้นที่และสภาพอากาศ

ข้อมูลเชิงพื้นที่และสภาพอากาศของแต่ละจังหวัดได้กำหนดพื้นที่และสภาพอากาศโดยรอบของสถานีอุตุนิยมวิทยาประจำในแต่ละจังหวัดเป็นตัวแทน

**ตาราง ก-1** ข้อมูลเชิงพื้นที่ของแต่ละจังหวัด

| จังหวัด | จุดพิกัดเส้นรุ้ง (องศาเหนือ) | จุดพิกัดเส้นแวง (องศาตะวันออก) | ความสูงจากระดับน้ำทะเล (เมตร) | ชุดดิน (Soil series) |
|---|---|---|---|---|
| **ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ** | | | | |
| นครราชสีมา | 14.57.46 | 102.4.36 | 180 | 35 |
| บุรีรัมย์ | 15.48.0 | 102.2.0 | 192 | 40 |
| กาฬสินธุ์ | 15.13.0 | 103.14.0 | 150 | 36 |
| หนองคาย | 14.53.0 | 103.30.0 | 100 | 40 |
| **ภาคใต้** | | | | |
| สงขลา | 6.25 | 104.40 | 4 | 45 |

**ตาราง ก-2** ข้อมูลสภาพอากาศของแต่ละจังหวัด

| จังหวัด | เดือน | อุณหภูมิสูงสุด (°C) | อุณหภูมิต่ำสุด (°C) | ความชื้นสัมพัทธ์ (%) | ความเร็วลม (ก.ม./วัน) | แสงแดด (ชั่วโมง) | ปริมาณน้ำฝน (มม.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ | | | | | | | |
| นครราชสีมา | มกราคม | 30.6 | 21.5 | 71 | 107 | 4.8 | 49.8 |
| | กุมภาพันธ์ | 33.8 | 22.2 | 63 | 89 | 7.7 | 0.0 |
| | มีนาคม | 34.6 | 24.2 | 66 | 102 | 6.5 | 81.2 |
| | เมษายน | 35.6 | 25.0 | 70 | 111 | 7.1 | 131.5 |
| | พฤษภาคม | 34.9 | 25.6 | 75 | 116 | 6.3 | 124.6 |
| | มิถุนายน | 34.0 | 25.6 | 74 | 165 | 4.1 | 97.2 |
| | กรกฎาคม | 34.1 | 25.3 | 75 | 173 | 4.0 | 67.3 |
| | สิงหาคม | 33.7 | 25.1 | 77 | 165 | 3.7 | 142.6 |
| | กันยายน | 31.8 | 24.4 | 81 | 107 | 3.7 | 149.0 |
| | ตุลาคม | 32.4 | 24.0 | 76 | 111 | 6.7 | 149.2 |
| | พฤศจิกายน | 32.7 | 23.8 | 73 | 93 | 5.3 | 61.6 |
| | ธันวาคม | 32.1 | 21.8 | 68 | 89 | 7.3 | 0.0 |

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

**ตาราง ก-2** (ต่อ)

| จังหวัด | เดือน | อุณหภูมิสูงสุด (°C) | อุณหภูมิต่ำสุด (°C) | ความชื้นสัมพัทธ์ (%) | ความเร็วลม (ก.ม./วัน) | แสงแดด (ชั่วโมง) | ปริมาณน้ำฝน (มม.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| บุรีรัมย์ | มกราคม | 30.5 | 18.6 | 75 | 62 | 5.8 | 34.9 |
| | กุมภาพันธ์ | 33.9 | 20.1 | 67 | 62 | 7.7 | 0.0 |
| | มีนาคม | 35.3 | 23.0 | 66 | 79 | 6.8 | 32.5 |
| | เมษายน | 35.6 | 24.2 | 72 | 77 | 6.5 | 126.5 |
| | พฤษภาคม | 34.4 | 24.7 | 78 | 67 | 6.9 | 161.1 |
| | มิถุนายน | 33.4 | 24.7 | 77 | 98 | 4.8 | 87.8 |
| | กรกฎาคม | 33.6 | 24.2 | 77 | 98 | 5.8 | 133.8 |
| | สิงหาคม | 32.9 | 23.9 | 80 | 98 | 2.5 | 311.1 |
| | กันยายน | 31.7 | 23.4 | 85 | 46 | 5.0 | 168.9 |
| | ตุลาคม | 32.6 | 22.2 | 80 | 46 | 7.2 | 65.7 |
| | พฤศจิกายน | 32.9 | 21.9 | 79 | 31 | 6.0 | 71.6 |
| | ธันวาคม | 32.7 | 19.6 | 72 | 48 | 6.8 | 0.0 |
| กาฬสินธุ์ | มกราคม | 17.3 | 29.2 | 64 | 232 | 7.2 | 20.6 |
| | กุมภาพันธ์ | 20.0 | 32.2 | 63 | 199 | 7.6 | 9.7 |
| | มีนาคม | 22.1 | 33.7 | 61 | 212 | 7.1 | 25.8 |
| | เมษายน | 24.4 | 35.7 | 64 | 189 | 7.1 | 71.7 |
| | พฤษภาคม | 25.1 | 34.5 | 71 | 199 | 5.6 | 161.3 |
| | มิถุนายน | 25.4 | 33.4 | 74 | 173 | 4.6 | 185.5 |
| | กรกฎาคม | 25.0 | 32.5 | 77 | 161 | 4.2 | 203.1 |
| | สิงหาคม | 24.8 | 31.8 | 81 | 154 | 4.0 | 272.2 |
| | กันยายน | 24.7 | 31.5 | 83 | 120 | 4.2 | 262.9 |
| | ตุลาคม | 23.2 | 31.2 | 75 | 168 | 6.3 | 75.4 |
| | พฤศจิกายน | 20.5 | 30.7 | 68 | 209 | 7.1 | 14.5 |
| | ธันวาคม | 17.1 | 29.2 | 65 | 219 | 7.2 | 6.6 |
| หนองคาย | มกราคม | 17.4 | 29.3 | 68 | 115 | 7.5 | 19.5 |
| | กุมภาพันธ์ | 19.9 | 32.2 | 65 | 112 | 8.4 | 14.8 |
| | มีนาคม | 21.8 | 33.8 | 63 | 118 | 7.5 | 72.7 |
| | เมษายน | 24.5 | 36.1 | 65 | 122 | 7.7 | 268.0 |
| | พฤษภาคม | 24.8 | 34.4 | 76 | 107 | 6.3 | 255.0 |
| | มิถุนายน | 25.0 | 33.2 | 80 | 95 | 5.2 | 365.9 |
| | กรกฎาคม | 24.9 | 32.4 | 83 | 90 | 4.0 | 364.9 |
| | สิงหาคม | 24.6 | 32.2 | 83 | 91 | 4.2 | 364.9 |
| | กันยายน | 24.6 | 32.5 | 81 | 93 | 4.8 | 300.9 |
| | ตุลาคม | 23.6 | 32.4 | 75 | 90 | 5.8 | 96.0 |
| | พฤศจิกายน | 21.0 | 31.6 | 68 | 112 | 7.4 | 37.3 |
| | ธันวาคม | 17.5 | 29.4 | 68 | 114 | 7.6 | 11.3 |

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

**ตาราง ก-2** (ต่อ)

| จังหวัด | เดือน | อุณหภูมิสูงสุด (°C) | อุณหภูมิต่ำสุด (°C) | ความชื้นสัมพัทธ์ (%) | ความเร็วลม (ก.ม./วัน) | แสงแดด (ชั่วโมง) | ปริมาณน้ำฝน (มม.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ภาคใต้** | | | | | | | |
| สงขลา | มกราคม | 24.7 | 29.8 | 77 | 141 | 7.0 | 194.0 |
| | กุมภาพันธ์ | 25.1 | 30.7 | 75 | 199 | 7.1 | 44.6 |
| | มีนาคม | 25.3 | 31.3 | 77 | 183 | 6.6 | 130.5 |
| | เมษายน | 25.7 | 32.5 | 77 | 79 | 6.8 | 151.5 |
| | พฤษภาคม | 25.8 | 33.8 | 75 | 72 | 6.3 | 87.4 |
| | มิถุนายน | 25.5 | 33.8 | 73 | 53 | 5.3 | 130.0 |
| | กรกฎาคม | 25.1 | 33.4 | 74 | 63 | 4.2 | 106.0 |
| | สิงหาคม | 25.0 | 33.3 | 74 | 79 | 4.1 | 163.0 |
| | กันยายน | 25.0 | 33.0 | 75 | 146 | 3.9 | 131.0 |
| | ตุลาคม | 24.7 | 31.8 | 78 | 134 | 5.2 | 332.0 |
| | พฤศจิกายน | 24.7 | 30.3 | 83 | 124 | 6.2 | 771.0 |
| | ธันวาคม | 24.6 | 29.6 | 80 | 151 | 7.3 | 506.0 |

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

# ภาคผนวก ข

## แบบสัมภาษณ์การเก็บข้อมูลการใช้ทรัพยากรและการเกิดของเสียของการปลูกยางพารา

ชื่อเจ้าของไร่ .....
ที่ตั้ง

.....

.....

**ส่วนที่ 1** ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับการปลูกยางพารา

A1. พื้นที่ทั้งหมดในการเพาะปลูก.....พันธุ์.....

A2. เดือนที่ลงกล้า .....เดือนที่เก็บเกี่ยว .....

A3. จำนวนบุคลากร/ลูกจ้างทั้งหมด .....

A4. ปริมาณการผลิต/ปี .....

A5. ประเภทผลิตภัณฑ์แปรรูป (ถ้ามี).....

.....

A6. สถานที่ส่งไปจำหน่าย .....

.....

**ส่วนที่ 2** ข้อมูลบัญชีรายการสารขาเข้า (Input inventory)

B1. การใช้วัตถุดิบ

1) การใช้น้ำ ❍ น้ำฝน ❍ บ่อขุด ❍ น้ำชลประทาน

1.1) ช่วงเดือนที่ใช้น้ำ

.....

1.2) ปริมาณการใช้น้ำ

.....

หมายเหตุ

.....

.....

2) การใช้ปุ๋ย ❍ ไม่ใช้ ❍ ใช้

2.1) สูตรปุ๋ยที่ใช้

.....

2.2) ปริมาณปุ๋ยที่ใช้

.....

หมายเหตุ

.....

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

B2. การใช้พลังงาน

1) การใช้น้ำมัน ❍ ไม่ใช้ ❍ ดีเซล ❍ เบนซิน ❍ อื่นๆ ระบุ .....

1.1) ปริมาณการใช้ในไร่

.....

.....

1.2) ปริมาณการใช้ในการขนส่ง

.....

.....

2) การใช้ไฟฟ้า ❍ ไม่ใช้ ❍ ใช้

2.1) ปริมาณการใช้

.....

.....

B3. การขนส่ง

| ชนิดของยานพาหนะ | ระยะทาง (กิโลเมตร) | น้ำหนัก/หน่วย | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

# ภาคผนวก ค
# ตารางเก็บข้อมูลการใช้ทรัพยากรและการเกิดของเสียของกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น

**ตาราง ค** การเก็บข้อมูลการใช้ทรัพยากรและการเกิดของเสียของกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น

| **1. ข้อมูลทั่วไป (General Data)** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| วันที่กรอกข้อมูล | | | | | | | |
| ระยะเวลาการผลิต (Time period) | | | | | | | |
| วิธีการผลิตคร่าว ๆ | | | | | | | |
| แผนผังการผลิต (Process Flow Diagram) | | | | | | | |
| รูปผลิตภัณฑ์ | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | รายการ | ปริมาณ | | | แหล่งที่มา | แหล่งที่ไป / วิธีการจัดการ | รายละเอียดและข้อมูลเพิ่มเติมอื่น ๆ (ถ้ามี) เช่น Specifications, Technology ฯลฯ |
| | | ค่าจริง | ค่าจากการคำนวณ | หน่วย | (บริษัท... / โรงงาน... / นำเข้าจากประเทศ ...) | (ทิ้งเป็นขยะ / ฝังกลบ / ขายต่อ ฯลฯ) | |
| **2. ผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์พลอยได้ (Products and Co-Products)** | | | | | | | |
| *ผลิตภัณฑ์ (Products)* | | | | | | | |
| 1 | ยางแผ่น | | | ตัน/ปี | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| *ผลิตภัณฑ์พลอยได้ (Co-Products)* | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| **3. บัญชีรายการสารขาเข้า (Input Inventory)** | | | | | | | |
| *วัตถุดิบ (raw material)* | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| *พลังงานและสาธารณูปโภค* | | | | | | | |
| | Mill | | | | | | |
| 1 | ไฟฟ้า (ผลิตเองในโรงงาน) | | | | | | |
| 2 | ไฟฟ้า (รับจากแหล่งผลิตภายนอกโรงงาน) | | | | | | |
| 3 | ไอน้ำ (ผลิตเองในโรงงาน) | | | | | | |
| 4 | ไอน้ำ (รับจากแหล่งผลิตภายนอกโรงงาน) | | | | | | |
| 5 | น้ำ (ประปา/บาดาล/น้ำผิวดิน) | | | | | | |
| 6 | อื่น ๆ โปรดระบุ ..... | | | | | | |
| | Field | | | | | | |
| 1 | น้ำ (น้ำฝน/น้ำชลประทาน) | | | | | | |
| *เชื้อเพลิง* | | | | | | | |
| | เชื้อเพลิง (mill) | | | | | | |

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | น้ำมันดีเซลสำหรับขนส่งวัตถุดิบ | | | ลิตร/ปี | | | |
| 2 | น้ำมันเตา | | | ลิตร/ปี | | | |
| 3 | แกลบ | | | ตัน/ปี | | | |
| | เชื้อเพลิง (Field) | | | | | | |
| 1 | น้ำมันดีเซลสำหรับเก็บเกี่ยวและขนส่งวัตถุดิบ | | | ลิตร/ปี | | | |
| *อื่น ๆ (ถ้ามี) โปรดระบุ* | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | |
| **4. บัญชีรายการสารขาออก (Output Inventory)** | | | | | | | |
| *มลสารทางน้ำ (Emission to water)* | | | | | | | |
| 1 | อัตราการไหลของน้ำเสีย | | | ลบ.ม./วัน | | | |
| 2 | องค์ประกอบของน้ำเสีย (mill) | | | | | | |
| | - TDS | | | มก./ลิตร | | | |
| | - TSS | | | | | | |
| | - BOD | | | มก./ลิตร | | | |
| | - COD | | | มก./ลิตร | | | |
| | - Total hardness as $CaCO_3$ | | | มก./ลิตร | | | |
| | - Calcium hardness | | | มก./ลิตร | | | |
| | - M-Alkalinity | | | มก./ลิตร | | | |
| | -Temperature | | | Degree C | | | |
| | - pH | | | | | | |
| | - Conductivity | | | micro S | | | |
| | - Oil&grease | | | มก./ลิตร | | | |
| | - Total Nitrogen | | | มก./ลิตร | | | |
| | - Total Phosphorus | | | มก./ลิตร | | | |
| | - cyanide | | | มก./ลิตร | | | |
| | - Heavy Metals | | | มก./ลิตร | | | |
| | - อื่น ๆ (ถ้ามี) โปรดระบุ ..... | | | | | | |
| 3 | องค์ประกอบของน้ำเสีย (Field) | | | | | | |
| | - total-N in runoff | | | | | | |
| | - pesticide | | | | | | |
| *มลสารทางอากาศ (Emission to air)* | | | | | | | |
| 1 | อัตราการไหลของก๊าซเสีย | | | g/s | | | |
| 2 | องค์ประกอบของก๊าซเสีย (mill) | | | | | | |
| | - CO | | | | | | |
| | - $CO_2$ | | | | | | |
| | - $SO_2$ | | | | | | |
| | - PM10 | | | | | | |
| 3 | องค์ประกอบของก๊าซเสีย (Field) | | | | | | |
| | - $CO_2$ | | | | | | |

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | - $CH_4$ | | | | | | |
| | - NOx | | | | | | |
| | - $N_2O$ | | | | | | |
| *มลสารในดิน (Emission to soil)* | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | |
| *กากของเสีย (Solid waste)* | | | | | | | |
| 1 | Tapioca Root Pulp | | | ตัน/ปี | | | |
| 2 | Tapioca Pulp | | | ตัน/ปี | | | |
| 3 | ตะกอนจากระบบบำบัด | | | | | | |
| 4 | Ash | | | | | | |
| 5 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |
| *อื่น ๆ (ถ้ามี) โปรดระบุ* | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | |

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

# ประวัตินักวิจัย

## I. ประวัติผู้วิจัย

**1. ชื่อ-นามสกุล** (ภาษาไทย): อ.ดร.ขนิษฐา มีวาสนา
(ภาษาอังกฤษ): Dr. Khanidtha Meevasana

**2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน** 3749800029158

**3. ตำแหน่งปัจจุบัน** อาจารย์ประจำ

**4. หน่วยงาน**

สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย สำนักวิชาแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา30000
โทรศัพท์ 044-223-962 โทรสาร 044-223-920
Email: mkhanidtha@gmail.com, mkhanidtha@sut.ac.th

**5. ประวัติการศึกษา**

พ.ศ. 2551 วิทยาศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม (นานาชาติ) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2544 วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาชีวเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (เกียรตินิยม)

**6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ**

- การจัดการสารเคมีอันตราย, การนำเข้าส่งออกสินค้าประเภทสารเคมีผ่านกรมศุลกากร
- Carbon footprint และ Water footprint
- การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

**7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ**

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย – ไม่มี
7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย

- วอเตอร์และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างของประเทศไทย (กำลังดำเนินงานวิจัย)

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

- Removal of basic dye (Astrazon blue FGRL) using macroalga, *Caulerpalentillifera*. หัวหน้าโครงการวิจัย, สกว. (ทุนปริญญาเอกกาญจนาภิเษก)
- High performance biosorbent (*Caulerpalentillifera*) for basic dye removal, หัวหน้าโครงการวิจัย, สกว. (ทุนปริญญาเอกกาญจนาภิเษก)
- Quantitative measuring technique from binary dye mixtures, หัวหน้าโครงการวิจัย, สกว.(ทุนปริญญาเอกกาญจนาภิเษก)
- When to buy new electrical/electronic products? ผู้ร่วมวิจัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- Influence of particle size and salinity on the adsorption of basic dyes by agricultural wastes: dried seagrape (*Caulerpalentillifera*). ผู้ร่วมวิจัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- การประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมจากการจัดการซากผลิตภัณฑ์. ผู้ร่วมวิจัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ

- วอเตอร์และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างของประเทศไทย, หัวหน้าโครงการ. ความก้าวหน้าประมาณ 20%, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

**8. ผลงานวิชาการ**

1) Meevasana, K., Pavasant, P.Quantitative measuring technique from binary dye mixtures. **ScienceAsia**, 34, 2008, p.390–394.
2) Kiatkitipong, W., Wongsuchoto, P., Meevasana, K., Pavasant, P. When to buy new electrical/electronic products? **Journal of Cleaner Production**, 16(3), 2008, p.1339-1345.
3) Punjonghan, P., Meevasana, K., Pavasant, P. Influence of particle size and salinity on the adsorption of basic dyes by agricultural wastes: dried seagrape (*Caulerpalentillifera*). **Journal of Environmental Sciences**, 20(6), 2008, p.760-768.
4 Marungrueng K, Pavasant P. High performance biosorbent (*Caulerpalentillifera*) for basic dye removal. **Bioresource Technology**, 98(8), 2007, p.1567-1572.
5) Marungrueng K., Pavasant P. Removal of basic dye (Astrazon blue FGRL) using macroalga, *Caulerpalentillifera*. **Journal of Environmental Management**, 78(3), 2006, p.268-274.
6) วรพล เกียรติกิตติพงษ์, พรทิพย์ วงศ์สุโชโต, ขนิษฐา มารุ่งเรือง, ประเสริฐ ภวสันต์. การประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมจากการจัดการซากผลิตภัณฑ์. **วารสารสิ่งแวดล้อม ปีที่ 10 ฉบับที่ 3** (ก.ค.-ก.ย. 2549) หน้า 34-45.

**II. ประวัติผู้ร่วมวิจัย**

1. **ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย)**: นางสาว พิรัชฎา มุสิกะพงศ์
   **(ภาษาอังกฤษ)**: Miss Pirutchada Musigapong
2. **เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน** 3 9099 00372 10 3
3. **ตำแหน่งปัจจุบัน** อาจารย์ประจำสาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย

**4. หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้พร้อมโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail**

สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย สำนักวิชาแพทยศาสตร์
111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ 0-4422-3939 โทรสาร 0-4422-3920 E-mail: pirutchada@sut.ac.th

**5. ประวัติการศึกษา**

ปริญญาตรี สาขาวิชา อาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยมหิดล ปีที่สำเร็จ 2546
ปริญญาโท สาขาวิชา สุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยมหิดล ปีที่สำเร็จ 2551

**6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ ระบุสาขาวิชาการ**

Industrial Hygiene, Ventilation and Indoor air quality, Ergonomics

**7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ : ระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอโครงการวิจัย เป็นต้น**

7.1 หัวหน้าโครงการวิจัย : -

7.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

- เรื่องที่ 1 Health Risk Assessment Caused by Asbestos in indoor environment in Thailand (ผู้ช่วยวิจัย)
  แหล่งทุน สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ประจำปีงบประมาณ 2548
- เรื่องที่ 2 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (ผู้ร่วมวิจัย)
  แหล่งทุน เงินอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ 2552
- เรื่องที่ 3 การสร้างเสริมสุขภาพที่ดีด้วยอาหารและการออกกำลังกาย (ผู้ร่วมวิจัย)
  แหล่งทุน เงินอุดหนุนการวิจัย แผนงานพัฒนาสถาบันการศึกษาสาธารณสุข ให้เป็นองค์กรการสร้างเสริมสุขภาพ (สอส.) ระยะที่ 2 ประจำปีงบประมาณ 2553
- เรื่องที่ 4 การกำหนดมาตรการควบคุมและขั้นตอนการรื้อถอน ซ่อมแซมอาคารที่มีแร่ใยหิน (ผู้ร่วมวิจัย)
  แหล่งทุน เงินอุดหนุนการวิจัย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) ประจำปีงบประมาณ 2554

**งานตีพิมพ์เผยแพร่**

**การนำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการ**

- Kiattisak Batsungnoen, Pirutchada Musigapong, Pongsit Boonruksa The Study of Carbon Monoxide and Total Dust Quantity Caused by Engine Combustion in Parking Areas , the 5th IASME / WSEAS International Conference on ENERGY & ENVIRONMENT (EE '10), University of Cambridge, UK, February 2010.
- Phanprasit W., Chaikittiporn C., Sujirarat D., Musigapong P. 2010. Asbestos exposure among mitering workers. Preceedings of *the 8th International Conference on "Health, Work And Social Responsibility. The occupational hygienist and the integration of environment, health and safety"*. Rome, Italy.
- Phanprasit W., Chaikittiporn C., Pruktharathikul W., Nankongnap., Musigapong P. HIA 2010, 3rd Asia and Pacific Regional Health Impact Assessment Conference/ Health, wellbeing, and HIA: working better, working smarter: PITFALLS, PROBLEMS AND WAYS FORWARD HIA in MAPTAPUT, THAILAND
- Musigapong, P., Batsungnoen, K., and Boonraksa, P. (2011). ISES-ISEE 2010 Technology, Environmental Sustainability and Health: Visual Fatigue during Inspection with and without convex lens
- Musigapong, P., and Phanprasit, W. (2011). Workstation design based on ergonomics in animal feed packing process. In *World Academy of Science, Engineering and Technology: ICAEE 2011: International Conference on Agricultural and Environmental Engineering*. 24-26 June 2011, Paris, France.

**บทความวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการและรายงานการประชุมสัมมนา**

- Kiattisak Batsungnoen, **Pirutchada Musigapong**, Pongsit Boonruksa The Study of Carbon Monoxide and Total Dust Quantity Caused by Engine Combustion in Parking Areas , Proceedings of the 5th IASME/WSEAS International Conference on ENERGY & ENVIRONMENT (EE '10), University of Cambridge, UK, February 2010.
- **Musigapong, P.**, Batsungnoen, K., and Boonraksa, P. (2011). Visual Fatigue During Inspection With and Without Lens. *Epidemiology* 22(1): S273-S273.
- **Musigapong, P.**, and Phanprasit, W. (2011). Workstation design based on ergonomics in animal feed packing process. In *World Academy of Science, Engineering and Technology: ICAEE 2011: International Conference on Agricultural and Environmental Engineering*. 24-26 June 2011, Paris**,** France.