



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การประเมินวัฏจักรชีวิตแบบผสมผสานของถุงยางอนามัย

Integrated Life Cycle Assessment of Condom

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วาริท เจาะจิตต์

พฤษภาคม 2557

สัญญาเลขที่ MRG5480163

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การประเมินวัฏจักรชีวิตแบบผสมผสานของถุงยางอนามัย
Integrated Life Cycle Assessment of Condom

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วาริต เจาะจิตต์
มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้สามารถดำเนินการสำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยความกรุณาอนุเคราะห์ข้อมูลจากหลายภาคส่วนในวัฏจักรชีวิตของถั่วอนามัย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเกษตรกรชาวสวนยางพารา และผู้ประกอบการร้านเพาะชำกล้ายางพาราทุกท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลการผลิต การปลูกยางพารา ขอขอบพระคุณ บริษัท เมืองใหม่กัททรี จำกัด (มหาชน) สาขาทุ่งสง และบริษัทผลิตน้ำยางชั้นอีก 3 แห่ง ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการผลิตน้ำยางชั้น ขอขอบพระคุณ บริษัท ชัวร์เท็กซ์ จำกัด ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลรวมถึงความรู้ต่างๆในการผลิตถั่วยางอนามัย รวมถึงการแลกเปลี่ยนข้อคิดเห็นต่างๆที่เป็นประโยชน์แก่งานวิจัย

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ประเสริฐ ภาสสันต์ จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ Prof.Dr.Carolien Kroeze จาก Wageningen University เป็นอย่างสูงที่ได้ให้ความกรุณาเป็นอาจารย์พี่เลี้ยง แนะนำ ให้ข้อเสนอแนะ ที่มีประโยชน์ยิ่งต่อการพัฒนางานวิจัยนี้ และขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย สำนักคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ สำหรับทุนสนับสนุนในการทำวิจัยโครงการนี้

ขอขอบคุณ น.ส.ธนาภานต์ สุพล น.ส.มายูรี อินทรรัตน์ และนักศึกษาหลักสูตรอนามัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ทุกคนที่มีส่วนช่วยเหลือในการทำวิจัยในครั้งนี้

ท้ายที่สุดผู้วิจัยขอขอบคุณ ครอบครัว สำหรับกำลังใจและการสนับสนุนทุกอย่างที่มอบให้กับผู้วิจัยอย่างสม่ำเสมอตลอดมา

วาริท เจาะจิตต์

พฤษภาคม 2557

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ: MRG5480163
ชื่อโครงการ: การประเมินวัฏจักรชีวิตแบบผสมผสานของถุ่ยางอนามัย
ชื่อนักวิจัย: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วาริต เจาะจิตต์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
E-mail Address: warit.ja@wu.ac.th
ระยะเวลาโครงการ: กรกฎาคม 2554 – พฤษภาคม 2557

โครงการวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลการใช้ทรัพยากร พลังงาน การปลดปล่อยของเสีย และประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุ่ยางอนามัย และเสนอแนวทางเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตถุ่ยางอนามัยและผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นเครื่องมือหลักที่ใช้ในการศึกษา ร่วมกับการประเมินแบบหลากหลายเกณฑ์ และการวิเคราะห์กรณีศึกษา ขอบเขตการศึกษาครอบคลุมทั้งวัฏจักรชีวิตของถุ่ยางอนามัย โดยแบ่งออกเป็น 4 ระบบย่อยได้แก่ 1) ระบบการผลิตน้ำยางสด, 2) ระบบการผลิตน้ำยางข้น, 3) ระบบการผลิตถุ่ยางอนามัย และ 4) ระบบการขนส่งและกำจัดถุ่ยางอนามัย โดยมีหน่วยหน้าที่ คือถุ่ยางอนามัย 1 กรอส ผลการศึกษาพบว่าในระยะของการผลิตน้ำยางสด (การปลูกยางพารา) กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้ปุ๋ยเคมีเป็นสาเหตุสำคัญที่มีสัดส่วนสูง (70-90%) ในผลกระทบสิ่งแวดล้อมทุกประเภท ในระยะของการผลิตน้ำยางข้นพบว่ากิจกรรมสำคัญที่เป็นสาเหตุของผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Global warming Acidification และ Photochemical oxidation คือการใช้ไฟฟ้าในการปั่นเหวี่ยง ส่วนการใช้แอมโมเนียเป็นสาเหตุสำคัญของผลกระทบ Human toxicity ในระยะของการผลิตถุ่ยางอนามัย พบว่าการใช้ไฟฟ้าโดยเฉพาะอย่างยิ่งในขั้นตอนการจุ่มแม่พิมพ์เป็นขั้นตอนที่มีสัดส่วนต่อทุกผลกระทบสิ่งแวดล้อมสูงที่สุด (60-90%) เมื่อเทียบกับกิจกรรมอื่นๆ และเมื่อมองในภาพรวมทั้งวัฏจักรชีวิตของถุ่ยางอนามัยพบว่า ระยะของการผลิตถุ่ยางอนามัยมีสัดส่วนในผลกระทบสูงที่สุด (65%) ตามด้วยระยะของการกำจัดถุ่ยางอนามัยด้วยวิธีการฝังกลบ (20%) และระยะของการขนส่งถุ่ยางอนามัย (8%) งานวิจัยนี้ได้นำเสนอผลของกรณีศึกษาในทางเลือกลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในวัฏจักรชีวิตของถุ่ยางอนามัย ซึ่งพบว่าการใช้ก๊าซธรรมชาติร่วมกับไฟฟ้าในการให้ความร้อนในกระบวนการจุ่มแม่พิมพ์ในกระบวนการผลิตถุ่ยางอนามัย และการใช้ระบบ Inverter ในเครื่องปั่นเหวี่ยงในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น สามารถช่วยลดการใช้ไฟฟ้าและลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมลงได้ นอกเหนือจากทางเลือกเชิงเทคนิค การที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ถุ่ยางอนามัยและยางธรรมชาติอื่นๆให้มีความยั่งยืน ต้องอาศัยการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในวัฏจักรชีวิตของถุ่ยางอนามัยในทุกระดับตั้งแต่ระดับรัฐบาลจนถึงเกษตรกรและผู้ประกอบการ

คำหลัก: การประเมินวัฏจักรชีวิต; ถุ่ยางอนามัย; น้ำยางข้น; น้ำยางสด; ยางพารา

Abstract

Project Code: MRG5480163
Project Title: Integrated Life Cycle Assessment of Condom
Investigator: Assistant Prof.Dr.Warit Jawjit; Walailak University
E-mail Address: warit.ja@wu.ac.th
Project Period: July 2011 – May 2014

The objectives of this study is to analyze consumption of resources and energy, waste generation, emissions of pollutants, and the potential environmental impact from the life cycle of condoms, and to investigate options to reduce the environmental impact. Tools used in this study were life cycle assessment (LCA) in combination with multi-criteria analysis and scenario analysis. The scope of the study is based on a “Cradle to Grave” principle, and categorized for four sub-systems; 1) fresh latex production, 2) concentrated latex production, 3) condom production, and 4) transportation of condom and disposal. The functional unit is 1 gross of condom. The resulted indicated that chemical fertilizers in fresh latex production were the main contributor (70-90%) in all environmental impacts. In concentrated latex production, it was found that electricity use in centrifugation was the important source of pollutants associated with global warming, acidification and photochemical oxidation. Ammonia was the main contributor to human toxicity. In condom production, electricity used for heating in dipping process was the main contributor (60-90%) in all environmental impacts. According to stage of life cycle of condom, condom production has the largest share (70%) on environmental impact compare to other stages. The options for reducing the environmental impact were introduced and analyzed their effectiveness. Combination of natural gas with electricity for heating in dipping process of condom production and installation of inverter at centrifugation machines in concentrated latex production were found to be potential options for reducing the impact. Besides the technical options, the cooperation of different stakeholders in all levels of condom life cycle is also the important factor for enhancing sustainable and environmentally friendly condom and other natural rubber products.

Keywords : Life Cycle Assessment; Condom; Concentrated latex; Fresh latex; Rubber

สารบัญ

หัวข้อ	หน้า
บทที่ 1 - บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	2
1.2 จุดประสงค์	3
1.3 ขอบเขตการทำวิจัย	3
1.4 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	8
บทที่ 2 - วิธีการศึกษา	9
2.1 ระเบียบวิธีวิจัย	10
บทที่ 3 – การประเมินระยะการผลิตน้ำยางสด (การปลูกยางพารา)	19
3.1 การเก็บข้อมูลภาคสนาม และการวิเคราะห์ทรัพยากรเข้าที่ใช้	20
3.2 การวิเคราะห์บัญชีรายการในการผลิตน้ำยางสด	24
3.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมในการผลิตน้ำยางสด	27
บทที่ 4 - การประเมินระยะการผลิตน้ำยางข้น	32
4.1 กระบวนการผลิตน้ำยางข้น	33
4.2 ข้อมูลการวิเคราะห์บัญชีรายการในการผลิตน้ำยางข้น	36
4.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมในการผลิตน้ำยางข้น	40
บทที่ 5 – การประเมินระยะการผลิตยางอนามัย	44
5.1 ข้อมูลทั่วไปของการผลิตยางอนามัย	45
5.2 น้ำยางคอมปาวด์	46
5.3 กระบวนการผลิตยางอนามัย	47
5.4 กระบวนการทดสอบคุณภาพ	50
5.5 การจัดการมลพิษในการผลิตยางอนามัย	50
5.6 ผลการวิเคราะห์บัญชีรายการในการผลิตยางอนามัย	51
5.7 ผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมในการผลิตยางอนามัย	56
5.8 การเปรียบเทียบปริมาณมลสารที่เกิดขึ้นจากการผลิตยางอนามัยจาก ยางธรรมชาติ และ การผลิตจากยางอนามัยจากยางสังเคราะห์	62
บทที่ 6-การประเมินทั้งวัฏจักรชีวิตยางอนามัย	67
6.1 การขนส่งยางอนามัย	68
6.2 การกำจัดยางอนามัย	68

สารบัญ (ต่อ)

หัวข้อ	หน้า
6.3 ผลการวิเคราะห์ปัญหาชี้รายการและผลกระทบสิ่งแวดล้อม	69
6.4 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมรวม	76
บทที่ 7 - แนวทางในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในวัฏจักรชีวิตของ ถุยางอนามัย	79
7.1 Scenario 1 - แนวทางในการลดการใช้พลังงานในการผลิตถุยางอนามัย	81
7.2 Scenario 2 - ทางเลือกในการลดการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการปั่นเหวี่ยง	84
7.3 Scenario 3 - ทางเลือกในการลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี	85
7.4 การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม ในวัฏจักรชีวิตของถุยางอนามัย	87
บทที่ 8 - บทสรุป	90
8.1 สรุปผลการศึกษา	91
8.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินโครงการวิจัย	92
8.3 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป	92
บรรณานุกรม	93
ภาคผนวก	97
บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ	

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 1.1 ตัวอย่างงานวิจัยที่นำหลักการประเมินสิ่งแวดล้อมแบบผสมผสาน โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์สิ่งแวดล้อมหลายประเภทผสมผสานกัน	7
ตารางที่ 3.1 กิจกรรม และปริมาณทรัพยากรที่ใช้ต่อต้นยางชำถุง 1 ถุง	21
ตารางที่ 3.2 กิจกรรมและปริมาณทรัพยากรที่ใช้ต่อการผลิตน้ำยางสด 1 ต้น	22
ตารางที่ 3.3 ชนิดของมลสารและผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ศึกษาในงานวิจัยนี้	25
ตารางที่ 3.4 แหล่งที่มาของ Emission factors ที่ใช้ในการคำนวณ	25
ตารางที่ 3.5 บัญชีรายการการปลดปล่อยมลสารจากการเพาะกล้าต้นยาง (หน่วย mg) ต่อ 1 ถุงชำยาง	26
ตารางที่ 3.6 บัญชีรายการการปลดปล่อยมลสารจากการผลิตน้ำยางสด (หน่วย g) ต่อ 1 ต้นน้ำยางสด	28
ตารางที่ 3.7 ผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากระบบย่อยการเพาะชำกล้ายาง และ ระบบย่อยการปลูกยางพารา ต่อ น้ำยางสด 1 ต้น	29
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลกิจกรรม (Activities) การผลิตและการใช้ทรัพยากรต่อการผลิตน้ำยางชั้น 1 ต้น	37
ตารางที่ 4.2 มลสารและผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ศึกษาในงานวิจัยนี้	39
ตารางที่ 4.3 แหล่งที่มาของ Emission factors ที่ใช้ในการคำนวณ	39
ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์บัญชีรายการการปลดปล่อยมลสารจากการผลิตน้ำยางชั้น 1 ต้น	41
ตารางที่ 4.5 ผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการผลิตน้ำยางชั้น 1 ต้น	42
ตารางที่ 5.1 ข้อมูลกิจกรรมที่ใช้ในการผลิตยางอนามัย 1 กรอส	52
ตารางที่ 5.2 ผลการวิเคราะห์บัญชีรายการการปลดปล่อยมลสารจากระบวนการผลิตยางอนามัย 1 กรอส	54
ตารางที่ 5.3 สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในการผลิตยางอนามัย	56

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 5.4 ผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภท และผลกระทบสิ่งแวดล้อมรวม จากกระบวนการผลิตถุงยางอนามัย 1 กรอส	58
ตารางที่ 5.5 ปริมาณมลสารเปรียบเทียบระหว่างการผลิตถุงยางอนามัยจากยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์	63
ตารางที่ 5.6 ปริมาณมลสารจากการผลิตถุงยางอนามัยที่ใช้ยางสังเคราะห์	64
ตารางที่ 6.1 ผลการวิเคราะห์บัญชีรายการการปลดปล่อยมลสารจากวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัย	70
ตารางที่ 6.2 ผลการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัย 1 กรอส	71
ตารางที่ 6.3 ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ผ่านการปรับปกติแล้ว (Normalized impact) ค่าตัวคูณกำหนดน้ำหนัก (Weighting factors) ความสำคัญของผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการกำหนดค่าน้ำหนักที่แตกต่างกัน และค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมรวม (Overall Environmental Impact)	77
ตารางที่ 7.1 กิจกรรมที่ส่งผลให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมสูงในแต่ละระยะของการผลิตถุงยางอนามัย	80
ตารางที่ 7.2 บัญชีรายการการปลดปล่อยมลสารจากวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัย กรณีที่ใช้ก๊าซธรรมชาติช่วยในการให้ความร้อนในกระบวนการจุ่ม เปรียบเทียบกับการใช้ไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว	82
ตารางที่ 7.3 ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตถุงยางอนามัยกรณีที่ใช้ก๊าซธรรมชาติช่วยในการให้ความร้อนในกระบวนการจุ่ม เปรียบเทียบกับการใช้ไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว	83
ตารางที่ 7.4 ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการผลิตน้ำยางข้นเปรียบเทียบระหว่างการใช้เครื่องปั่นเหวี่ยงระบบเกียร์และคลัทช์ กับระบบที่ติดตั้ง Inverter	85
ตารางที่ 7.5 ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการผลิตน้ำยางสดเปรียบเทียบระหว่างการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว กับการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมีประสิทธิภาพควบคู่กับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์	86
ตารางที่ 7.6 แนวทางการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัย	88

สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงขั้นตอนการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัย และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ในแต่ละขั้นตอน	11
รูปที่ 2.2 ขอบเขตการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตทางสิ่งแวดล้อมของการผลิตถุงยางอนามัย	12
รูปที่ 3.1 สัดส่วนของกิจกรรมที่เกี่ยวข้องในการผลิตน้ำยางสด (การปลูกยางพารา) ที่มีต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทต่างๆ	30
รูปที่ 4.1 กระบวนการผลิตน้ำยางข้น	35
รูปที่ 4.2 สัดส่วนของกิจกรรมที่เกี่ยวข้องในการผลิตน้ำยางข้น ที่มีต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทต่างๆ	43
รูปที่ 5.1 กระบวนการผลิตถุงยางอนามัยจากยางธรรมชาติ	49
รูปที่ 5.2 สัดส่วนของกิจกรรมในกระบวนการผลิตถุงยางอนามัยต่อผลกระทบ Global Warming	59
รูปที่ 5.3 สัดส่วนของกิจกรรมในกระบวนการผลิตถุงยางอนามัยต่อผลกระทบ Acidification	59
รูปที่ 5.4 สัดส่วนของกิจกรรมในกระบวนการผลิตถุงยางอนามัยต่อผลกระทบ Eutrophication	60
รูปที่ 5.5 สัดส่วนของกิจกรรมในกระบวนการผลิตถุงยางอนามัยต่อผลกระทบ Human Toxicity	60
รูปที่ 5.6 สัดส่วนของกิจกรรมในกระบวนการผลิตถุงยางอนามัยต่อผลกระทบ Photochemical oxidation	61
รูปที่ 5.7 สัดส่วนของกิจกรรมในกระบวนการผลิตถุงยางอนามัยต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อมรวม (Overall Environmental Impact) (กรณีที่ให้น้ำหนักความสำคัญทุกผลกระทบเท่ากัน)	61
รูปที่ 5.8 สัดส่วนของกิจกรรมในกระบวนการผลิตถุงยางอนามัยจากยางสังเคราะห์ต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทต่างๆ	66
รูปที่ 6.1 สัดส่วนของระยะต่างๆในวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัยที่มีผลกระทบต่อผลกระทบ Global warming	72

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 6.2 สัดส่วนของระยะต่างๆในวัฏจักรชีวิตของถุขยงอนามัยที่มีผลต่อ ผลกระทบ Acidification	72
รูปที่ 6.3 สัดส่วนของระยะต่างๆในวัฏจักรชีวิตของถุขยงอนามัยที่มีผลต่อ ผลกระทบ Eutrophication	73
รูปที่ 6.4 สัดส่วนของระยะต่างๆในวัฏจักรชีวิตของถุขยงอนามัยที่มีผลต่อ ผลกระทบ Photochemical oxidation	73
รูปที่ 6.5 สัดส่วนของระยะต่างๆในวัฏจักรชีวิตของถุขยงอนามัยที่มีผลต่อ ผลกระทบ Human toxicity	74
รูปที่ 6.6 สัดส่วนของระยะต่างๆในวัฏจักรชีวิตของถุขยงอนามัยต่อ ผลกระทบสิ่งแวดล้อม โดยวิธี Eco-indicator 99	75
รูปที่ 6.7 สัดส่วนของระยะต่างๆในวัฏจักรชีวิตของถุขยงอนามัยต่อ ผลกระทบสิ่งแวดล้อม เมื่อให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบสิ่งแวดล้อม แตกต่างกัน	78
รูปที่ 7.1 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การลดลงของผลกระทบสิ่งแวดล้อมเมื่อใช้ ไฟฟ้าร่วมกับก๊าซธรรมชาติในการให้ความร้อนในการผลิตถุขยงอนามัย	83

บทที่ 1

บทนำ

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

อุตสาหกรรมยางและผลิตภัณฑ์ยางเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญทั้งในแง่ของการจ้างงาน และการส่งออก สำหรับประเทศไทย โดยมีแรงงานในอุตสาหกรรมนี้ถึง 75,000 คน และจากการที่ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกยางธรรมชาติมากที่สุดในโลก ส่งผลให้เกิดความได้เปรียบในด้านวัตถุดิบและสร้างมูลค่าในการส่งออกให้กับประเทศได้ปีละไม่ต่ำกว่า 2 แสนล้านบาท ซึ่งแบ่งเป็น (1) การส่งออกยางพาราขั้นต้น ประเภทยางแผ่น ยางแท่ง น้ำยางข้น และยางขั้นต้นอื่น ๆ มีการขยายตัวร้อยละ 44.60 และ (2) ส่วนผลิตภัณฑ์ยางที่มีการส่งออก มีการขยายตัวร้อยละ 30.06 อย่างไรก็ตามเมื่อผลิตภัณฑ์ยางมีการส่งออกไปสู่ตลาดโลกมากขึ้นเรื่อยๆ ข้อพิจารณาด้านการดำเนินงานทางสิ่งแวดล้อมของการผลิตผลิตภัณฑ์ยางแต่ละประเภทก็มีเพิ่มมากขึ้น ตลาดโลกและผู้บริโภคมีความต้องการในการที่จะรับรู้ข้อมูลการดำเนินงานทางสิ่งแวดล้อม และความยั่งยืนของผลิตภัณฑ์นั้นๆ ซึ่งทำให้ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมยางมีความจำเป็นที่จะต้องปรับตัวในการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และความยั่งยืนของผลิตภัณฑ์มากขึ้น

ยางพาราเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่มีการขยายตัวอย่างรวดเร็วในประเทศไทย และมีความต้องการใช้เพิ่มมากขึ้นทั่วโลกเนื่องจากความตื่นตัวเรื่องโรคระบาดจากเพศสัมพันธ์ ยางพาราที่ผลิตได้ในประเทศไทยเกือบทั้งหมดส่งออกสู่ต่างประเทศ โดยมีสหรัฐอเมริกา ยุโรป และจีน เป็นผู้นำเข้ารายใหญ่ ฐานการผลิตยางพาราในประเทศไทยมีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้นในช่วง 4-5 ปีหลังจากนักลงทุนรายใหญ่ของสหรัฐอเมริกาย้ายการผลิตมาจากประเทศมาเลเซียซึ่งลดพื้นที่การปลูกยางพาราเพื่อไปมุ่งเน้นการปลูกปาล์มน้ำมัน ทำให้ประเทศไทยมีกำลังการผลิตยางพารามีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ และจากการที่ยางพาราเป็นผลิตภัณฑ์ที่ส่งออกไปสู่ตลาดโลกเป็นจำนวนมาก ข้อมูลการดำเนินงานทางสิ่งแวดล้อมในการผลิตยางพาราจึงมีความจำเป็นในการที่จะแสดงถึงความยั่งยืนของผลิตภัณฑ์และความเอาใจใส่ต่อสิ่งแวดล้อมและสังคมของผู้ประกอบการ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลการใช้ทรัพยากร พลังงาน การปลดปล่อยของเสีย และประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมแบบผสมผสานตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตยางพารา โดยใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์หลักคือ การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) ซึ่งเป็นเครื่องมือในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม หรือภาระทางสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่การเกิดขึ้นตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงการสิ้นสุดของผลิตภัณฑ์นั้น ของผลิตภัณฑ์นั้นๆ โดยขอบเขตการพิจารณาของ LCA โดยทั่วไปจะเริ่มตั้งแต่ การ

สกัดวัตถุดิบ, การแปรรูปวัตถุดิบ, การขนส่งวัตถุดิบ, การแปรรูปผลิตภัณฑ์, การขนส่งผลิตภัณฑ์, การใช้ผลิตภัณฑ์ และ การกำจัดผลิตภัณฑ์ ซึ่งการมองทั้งวัฏจักรชีวิตนี้สามารถทำให้ทราบถึงความเกี่ยวข้องของภาระทางสิ่งแวดล้อมในแต่ละขั้นตอนในวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัยว่ามีมากน้อยเท่าไร และระยะใด/กิจกรรมใดในวัฏจักรชีวิตที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูง (Hot spot) ซึ่งทำให้ได้ข้อมูลมาวางแผนในการหาแนวทางต่างๆ เพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตถุงยางอนามัย ซึ่งสามารถพัฒนาไปเป็นการผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อรักษาสิ่งแวดล้อม (Environmentally Friendly Product)

โดยนอกเหนือจากการประเมินโดยใช้ LCA เป็นเครื่องมือหลักแล้ว โครงการวิจัยนี้ยังได้นำเครื่องมือในการวิเคราะห์ระบบสิ่งแวดล้อมประเภทอื่นๆ มาผสมผสานในการประเมินวัฏจักรชีวิตอีกด้วย เนื่องจากในระเบียบวิธีวิจัยของ LCA โดยทั่วไปมักจะไม่ได้นำข้อมูลเชิงคุณภาพ (qualitative issue) ต่างๆ เช่น นโยบายของผู้ประกอบการ ความเห็นของผู้บริโภค และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียอื่นๆ เข้าไปประกอบการประเมิน งานวิจัยนี้จึงได้นำเอาเครื่องมือวิเคราะห์ระบบสิ่งแวดล้อมประเภทอื่นๆ ได้แก่ การประเมินแบบหลากหลายเกณฑ์ (Multi-Criteria Analysis: MCA) ที่สามารถประยุกต์ใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพ เช่น นโยบาย ความเห็น เข้าร่วมในการประเมินวัฏจักรชีวิตได้ และ การวิเคราะห์กรณีศึกษา (Scenario Analysis) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สามารถนำมาใช้เพื่อทดสอบผลของนโยบาย และแนวทางการดำเนินงานทางสิ่งแวดล้อมต่างๆ ที่จะนำมาใช้ ซึ่งทำให้สามารถมองเห็นภาพในอนาคตของการจัดการสิ่งแวดล้อมตามกรณีศึกษา (Scenarios) นั้นๆ ได้

1.2 จุดประสงค์

เพื่อศึกษาข้อมูลการใช้ทรัพยากร พลังงาน การปลดปล่อยของเสีย และประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงยางอนามัย และเสนอแนวทางเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงยางอนามัย

1.3 ขอบเขตการทำวิจัย

ขอบเขตการทำวิจัยโดยละเอียดได้ระบุไว้แล้วในบทที่ 2 เรื่องวิธีการศึกษา โดยในหัวข้อนี้ขอสรุปขอบเขตการวิจัยที่สำคัญดังนี้

- ระบบที่ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้ครอบคลุมหลักการ Cradle to Grave โดยแบ่งออกเป็น 4 ระบบย่อยในวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัย ได้แก่ 1) ระบบการผลิตน้ำยางสด (การปลูกต้นยางพารา), 2) ระบบการผลิตน้ำยางข้น, 3) ระบบการผลิตถุงยางอนามัย, และ 4) ระบบการขนส่งและกำจัดถุงยางอนามัย โดยไม่รวมการผลิตยางสกิม (ในโรงงานผลิตน้ำยางข้น), และขั้นตอนการใช้ถุงยางอนามัย
- ทำการเก็บข้อมูลที่แปลงเพาะ และปลูกยางพารา 10 แปลง, โรงงานผลิตน้ำยางข้น 4 แห่ง, และโรงงานผลิตถุงยางอนามัย 1 แห่ง

- หน่วยการทำงาน (Functional unit) ของผลิตภัณฑ์คือ ถังยางอนามัย 1 กล่องกรอส (gross box) ซึ่งบรรจุ ถังยางอนามัย 144 ชิ้น น้ำหนัก 238 กรัม (หน่วย กรอส เป็นหน่วยที่นิยมใช้ในการผลิตถังยางอนามัย)
- เครื่องมือหลักที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่ การประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ร่วมกับการใช้ การประเมินแบบ หลากหลายเกณฑ์ (Multi-Criteria Analysis: MCA) และการวิเคราะห์กรณีศึกษา (Scenario Analysis)

1.4 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ถึงแม้ว่าการศึกษาด้านการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมยางในประเทศไทยยังมีไม่มากนักในขณะนี้ แต่การศึกษาด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมยางในประเทศอื่น ๆ ได้มีการศึกษามากมายต่อเนื่อง ไม่ว่าจะเป็นการบำบัดมลพิษที่ปลายท่อ (end-of-pipe treatment) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิต เช่นการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานแปรรูปยางด้วยวิธีไร้อากาศ (เช่น งานวิจัยของ Jawjit and Liengchareonsit, 2010; Nguyen, 1999; Rakkoed et al., 1999) ซึ่งเริ่มได้รับความนิยมมากขึ้นเนื่องจากเหมาะกับน้ำเสียจากอุตสาหกรรมแปรรูปยางที่มีความเข้มข้นสูง และยังได้ก๊าซมีเทนสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงหรือนำไปผลิตไฟฟ้าได้ นอกจากนั้นยังมีการศึกษาในเรื่องการนำน้ำเสียจากโรงงานยางกลับมาใช้ใหม่ (เช่น Leong et al., 2003) นอกเหนือจากการบำบัดน้ำเสียแล้ว ยังพบรายงานการศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมมลพิษทางอากาศจากโรงงานอุตสาหกรรมยาง เช่น การควบคุมมลพิษอากาศจากการอบในโรงงานยางแท่ง STR 20 (Klongchana et al., 2007) การควบคุมสถานะการอบในการอบยางแผ่นรมควัน (Promthong and Tekasakul, 2007; Tekasakul and Promthong, 2008)

นอกเหนือจากงานวิจัยที่มุ่งเน้นการบำบัดมลพิษแล้ว ยังมีงานวิจัยด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมในอุตสาหกรรมยางในเชิงการป้องกันมลพิษ (Pollution Prevention) และการพัฒนาเชิงนิเวศ-เศรษฐกิจ (Eco-efficiency) เช่นการศึกษาแนวปฏิบัติที่ดีในการป้องกันมลพิษโดยใช้เทคโนโลยีสะอาด ในอุตสาหกรรมน้ำยางข้น และ ยางแท่ง STR 20 (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545) แนวปฏิบัติด้านการป้องกันมลพิษในอุตสาหกรรมยางแผ่นรมควัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) นอกจากนั้นสำนักงานเทคโนโลยีความปลอดภัย (2549) กระทรวงอุตสาหกรรม ได้เสนอแนวทางการอนุรักษ์พลังงานสำหรับอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง โดยมุ่งเน้นที่การใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ และมาตรการ/วิธีการในการลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงลง ในส่วนของการจัดการสิ่งแวดล้อมในอุตสาหกรรมยางโดยใช้หลักการทางนิเวศเศรษฐกิจนั้น พบในการศึกษาของ กิตติพจน์ และคณะ (2551) ซึ่งทำการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของอุตสาหกรรมยางแผ่นรมควัน และยางแท่ง STR 20 โดยทำการประเมินในส่วนของการใช้ทรัพยากร การใช้พลังงาน และการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยพบว่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจมีแนวโน้มดีขึ้นจากในอดีต และมีทางเลือกในการปรับปรุงการผลิตควบคู่ไปกับการจัดการสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น ส่วนสุเมธ และ ไวกุณฐ์ (2548) ได้ศึกษาการจัดทำตัวชี้วัดการจัดการทรัพยากรและแนวปฏิบัติของสหกรณ์โรงอบ/รมยางแผ่น เพื่อศึกษาวิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรในโรงอบ/รมยางแผ่น เพื่อเพิ่มผลิตภาพ ผลกำไร และลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม

โดยพบว่าสหกรณ์ที่นำแนวปฏิบัติที่ดีไปใช้ในการจัดการน้ำและไม้ฟืน สามารถมีผลกำไรจากการผลิตมากขึ้น และลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้มากขึ้นด้วย

ในส่วนของการศึกษาโดยใช้เครื่องมือการประเมินวัฏจักรชีวิต หรือ LCA เป็นหลักในการประเมินผล การดำเนินงานทางสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมยางและผลิตภัณฑ์นั้นยังมีการศึกษาวิจัยไม่มากนัก โดย การศึกษาที่ใช้ LCA เป็นเครื่องมือหลักในการศึกษาเช่น งานวิจัยของ พงษ์วิภา และคณะ (2550) ซึ่ง ทำการศึกษา LCA ของยางรถยนต์ โดยศึกษาครบวงจรวัฏจักรชีวิต (Cradle to Grave) ตั้งแต่ การเพาะกล้า ยาง สวนยางพาราผลิตน้ำยางสดและยางก้อนถ้วย โรงงานผลิตยางแผ่นดิบ โรงงานผลิตยางแผ่นรมควัน โรงงานผลิตยางแท่ง โรงงานผลิตยางรถบรรทุก และโรงงานผลิตยางปรับสภาพ ซึ่งพบว่าน้ำมันดีเซลเป็นสาเหตุ สำคัญในผลกระทบสิ่งแวดล้อมของยางรถยนต์โดยเป็นผลกระทบมาจากทั้งในขั้นตอนการผลิตน้ำมันดีเซล และ การใช้้ำมันดีเซลในการขนส่ง นอกเหนือจากการประเมินโดยใช้ LCA เป็นเครื่องมือหลักแล้วยังได้มีการพัฒนา ตัวชี้วัดเชิงนิเวศเศรษฐกิจ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือวัดประสิทธิภาพการดำเนินงานควบคู่ไปด้วย นอกจากนี้ยังมี งานวิจัยของ Jawjit et al. (2010) ที่นำหลักการประเมินวัฏจักรชีวิตมาใช้ในการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซ เรือนกระจกจากอุตสาหกรรมยาง โดยมีขอบเขตการศึกษาตั้งแต่การปลูกยางพารา การขนส่ง และการผลิตใน โรงงานอุตสาหกรรม (Cradle to Gate) ของผลิตภัณฑ์ยางขึ้นต้น 3 ชนิด ได้แก่ น้ำยางข้น ยางแท่ง STR 20 และยางแผ่นรมควัน โดยพบว่าในส่วนของการปลูกยางพารานั้น การคัดเลือกพื้นที่ปลูกยางมีความสำคัญอย่าง ยิ่งต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอน (C stock) โดยในส่วนของการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมนั้นพบว่า การใช้ไฟฟ้าและเชื้อเพลิง เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก นอกจากนั้นในงานวิจัยยังได้ มีการนำเสนอการใช้ทางเลือกเทคโนโลยีสะอาดสำหรับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอีกด้วย ในส่วน ของงานวิจัยของ Petsri et al. (2013) ได้ศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการเปลี่ยนแปลง C stock ในส่วนของการปลูกยางพาราในประเทศไทยในช่วงปี 1990 ถึง 2004 โดยพบว่าค่าการเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยของ C stock ในการปลูกยางในประเทศไทยอยู่ที่ 1.7 Mt C ต่อปี ขณะที่การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการ ปลูกยาง (ซึ่งมาจากปุ๋ยและยากำจัดศัตรูพืช) อยู่ที่ 0.32 Mt C-eq ซึ่งถือว่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับ C stock ที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามยังไม่พบการศึกษาใดที่เกี่ยวข้องกับการจัดการสิ่งแวดล้อม หรือ การประเมินวัฏ จักรชีวิตของถั่วยางอนามัย

การศึกษาการดำเนินงานทางสิ่งแวดล้อมโดยใช้หลักการการประเมินวัฏจักรชีวิต หรือ LCA มีข้อดี หลายประการดังที่ได้กล่าวไว้ในความสำคัญและที่มาแล้ว แต่อย่างไรก็ตามการประเมินโดยใช้ LCA ทั่วไป มัก ไม่ได้มีการนำข้อมูลเชิงคุณภาพ เช่น ประเด็นทางสังคม ทางเศรษฐศาสตร์ มาร่วมด้วยทำให้ผลการประเมิน LCA ที่ได้เพื่อใช้ในการประกอบการบวนการตัดสินใจ (decision making process) ยังขาดมิติของทางสังคม และเศรษฐศาสตร์ร่วมด้วย จึงได้มีการพัฒนาการประเมินแบบผสมผสาน (Integrated Assessment - IA) ซึ่ง เป็นการรวมเอาเครื่องมือในการวิเคราะห์ระบบสิ่งแวดล้อมหลายๆประเภท (เช่น Life Cycle Assessment, Scenario Analysis, Material Flow Analysis, Cost- Benefit Analysis, Cost-Effectiveness Analysis,

Multi-Criteria Analysis) มาผสมผสานกันในการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม หรือ ผลการดำเนินงาน สิ่งแวดล้อม โดยหลักการของการประเมินแบบผสมผสาน หรือ IA คือ “กระบวนการที่ใช้สหวิทยาการทั้ง วิทยาศาสตร์ สังคมศาสตร์ และเศรษฐศาสตร์ เข้าร่วมกันเพื่อประเมิน วิเคราะห์หาสาเหตุ และ ผลกระทบทั้ง ระบบ พร้อมทั้งเสนอแนะทางเลือกในการแก้ไขปัญหา รวมถึงข้อมูลและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์แก่ผู้ทำ การตัดสินใจ” (Rotmans and Dowlatabadi, 1997) ซึ่งในทางการจัดการสิ่งแวดล้อมในมีการนำหลักการ IA มาพัฒนาเป็นแบบจำลองการประเมินแบบผสมผสาน (Integrated Assessment Model – IAM) ซึ่ง แบบจำลองที่พัฒนาจากหลักการของ IAM ที่เป็นที่รู้จักกันดีได้แก่แบบจำลอง RAINS (Regional Air Pollution INformation and Simulation) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อเป็นเครื่องมือในการ ประเมินกลยุทธ์ต่างๆแบบผสมผสานในการที่จะใช้เพื่อลดการเกิดฝนกรดในทวีปยุโรปและทวีปเอเชีย (Hordijk and Kroeze, 1997) นอกจากนั้นยังมีอีกหลายงานวิจัยที่นำหลักการประเมินแบบผสมผสาน โดยการใช้ เครื่องมือวิเคราะห์สิ่งแวดล้อมประเภทต่างๆมาผสมผสานกันเพื่อใช้ในการประเมินการดำเนินงานทาง สิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมหรือกิจกรรมอื่นๆ ดังสรุปเป็นสังเขปได้ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ตัวอย่างงานวิจัยที่นำหลักการประเมินสิ่งแวดล้อมแบบผสมผสาน โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์สิ่งแวดล้อมหลายประเภทผสมผสานกัน

ชื่อผู้วิจัย/ ชื่อแบบจำลอง	โครงการวิจัย	เครื่องมือที่ใช้
RAINS (Amann et al., 2007)	ประเมินทางเลือก/ยุทธศาสตร์ในการลดผลกระทบจาก ฝนกรดในยุโรป และ เอเชีย	● Scenario Analysis ● Cost-effectiveness Analysis
INITIATOR (De Vries et al., 2003)	ประเมินผลกระทบที่เกิดจาก N และทางเลือกในการลด ผลกระทบในเนเธอร์แลนด์	● Scenario Analysis ● Cost-effectiveness Analysis ● Substance-flow Analysis (SFA)
Hermann et al., 2007	การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมแบบผสมผสานจาก การผลิตกระดาษด้วยกระบวนการโซดา	● Life Cycle Assessment ● Multi-criteria analysis ● Environmental Performance Indicator
Jawjit et al., 2007	การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมแบบผสมผสานจาก ผลิตเยื่อกระดาษกราฟท์ในประเทศไทย	● Life Cycle Assessment ● Multi-criteria analysis ● Scenario Analysis
Neto et al., 2009	การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมแบบผสมผสานจาก อุตสาหกรรมอะลูมิเนียมในประเทศโปรตุเกส	● Life Cycle Assessment ● Multi-criteria analysis ● Scenario Analysis ● SFA
Havlikova and Kroeze, 2010	การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมแบบผสมผสานจาก การทำฟาร์มโคนมในประเทศสาธารณรัฐเชค	● Multi-criteria analysis ● Scenario Analysis ● Cost-effectiveness analysis

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ประโยชน์ต่อผู้เกี่ยวข้องในอุตสาหกรรมถุงยางอนามัย

- ผลที่ได้จากการศึกษาสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลการวางแผน การประกอบการตัดสินใจการดำเนินงานทางสิ่งแวดล้อม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทั้งในการผลิตและการจัดการสิ่งแวดล้อมของผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องกับถุงยางอนามัย
- ได้แนวทางที่จะพัฒนาสินค้าไปสู่สินค้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยใช้เทคโนโลยีสะอาด
- ผู้บริโภคสามารถได้รับรู้ข้อมูลการดำเนินงานทางสิ่งแวดล้อมของการผลิตถุงยางอนามัย

1.5.2 ประโยชน์ทางวิชาการ

- เป็นงานวิจัยชิ้นแรกที่มีการประเมินวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัย ซึ่งข้อมูลในส่วนของการปลูกยางพารา และการผลิตน้ำยางข้นสามารถนำมาใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการประเมินผลิตภัณฑ์ยางชนิดอื่นๆต่อไปได้
- การเผยแพร่ทางวิชาการโดยตีพิมพ์ในวารสารวิชาการนานาชาติใน 2 หัวข้อหลัก คือ

1) Life Cycle Assessment of Condom (ส่งรับการพิจารณาตีพิมพ์ใน *International Journal of Life Cycle Assessment*)

2) Evaluating environmental performance of concentrated latex production in Thailand (ได้รับการตีพิมพ์แล้วใน *Journal of Cleaner Production*)

ในบทที่ 2 ถัดไปเป็นบทที่อธิบายถึงระเบียบวิธีการวิจัย ขอบเขตการศึกษา และสมการทางคณิตศาสตร์ต่างๆที่ใช้ในการคำนวณ ในบทที่ 3 4 และ 5 เป็นผลการศึกษาในแต่ละระยะการผลิตของถุงยางอนามัยได้แก่ การผลิตน้ำยางสด (การปลูกยางพารา) การผลิตน้ำยางข้น และการผลิตถุงยางอนามัยตามลำดับ โดยในบทที่ 3 เป็นการประเมินในขอบเขต Cradle to Gate ส่วนบทที่ 4 และ 5 เป็นการประเมินในขอบเขต Gate to Gate บทที่ 6 เป็นการประเมินทั้งวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัย ในขอบเขต Cradle to Grave โดยรวมการขนส่งถุงยางอนามัยและการกำจัดถุงยางอนามัยด้วย ในบทที่ 7 นำเสนอแนวทางในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัย ตามผลที่วิเคราะห์ได้ในบทที่ 3-6 และบทที่ 8 เป็นบทสรุปและข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยเพิ่มเติม

.....

บทที่ 2

วิธีการศึกษา

บทที่ 2

วิธีการศึกษา

2.1 ระเบียบวิธีวิจัย

ขั้นตอนการศึกษาสำหรับการประเมินวัฏจักรชีวิตในโครงการวิจัยนี้ ใช้ขั้นตอนการวิจัยตามระเบียบชุดมาตรฐานสากลใน ISO 140140 ว่าด้วยเรื่อง การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA) ร่วมกับการวิเคราะห์กรณีศึกษา (Scenario Analysis), และ การประเมินแบบหลากหลายเกณฑ์ (Multi-Criteria Analysis: MCA) โดยการใช้เครื่องมือแต่ละชนิดในแต่ละขั้นตอนสรุปได้ดังรูปที่ 2.1 และขั้นตอนในการศึกษาโดยละเอียดมีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1: การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Goal and scope definition)

1.1 การกำหนดเป้าหมาย

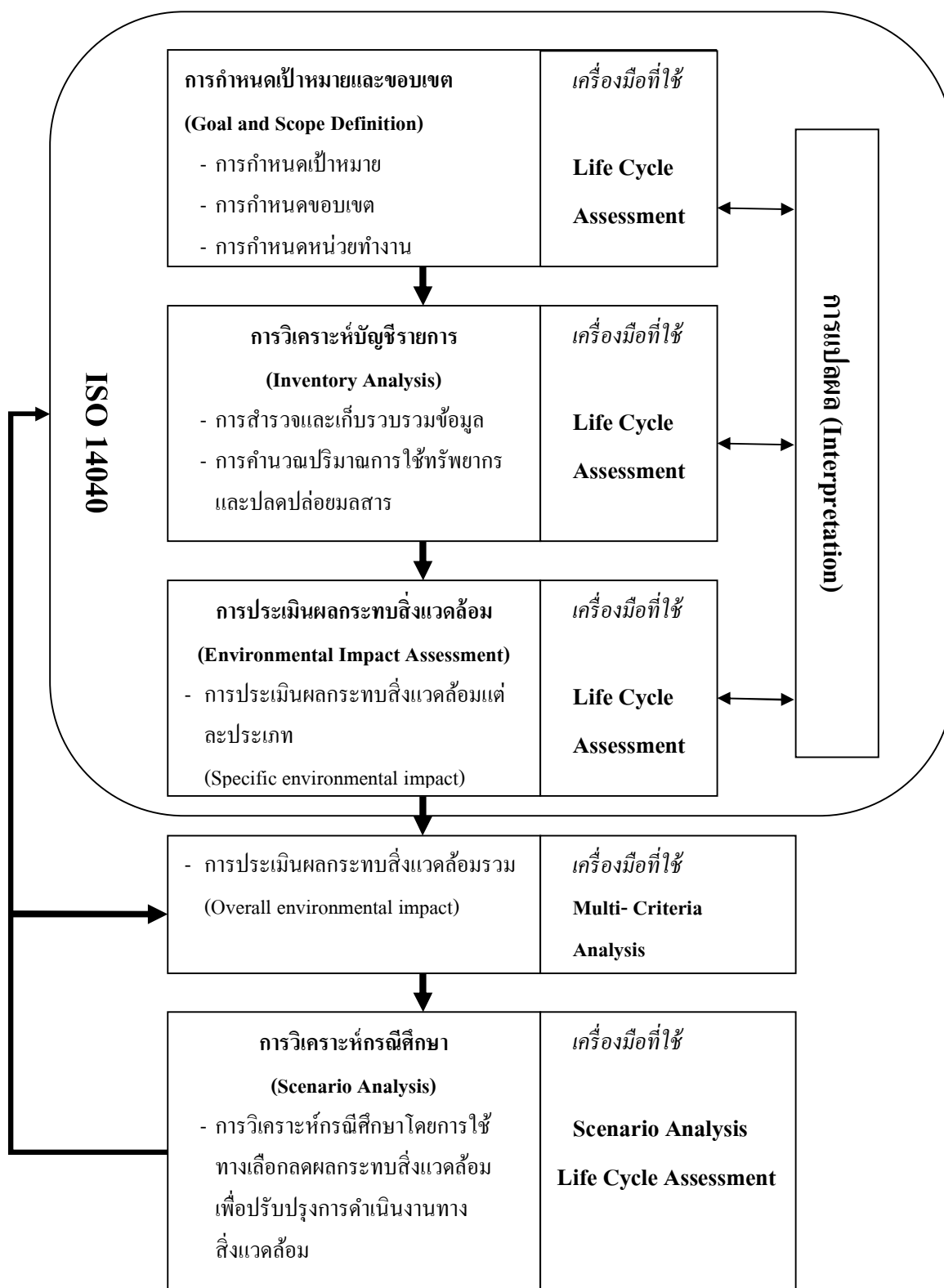
เป้าหมายของการศึกษาวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงยางอนามัยนี้เพื่อ ศึกษาข้อมูลการใช้ทรัพยากร พลังงาน และ ปริมาณการปล่อยของเสีย และผลกระทบสิ่งแวดล้อม ตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตถุงยางอนามัยตั้งแต่การปลูกยางพารา การผลิตน้ำยางข้น และการผลิตถุงยางอนามัย รวมถึงการกำจัดถุงยางอนามัย

1.2 การกำหนดขอบเขต

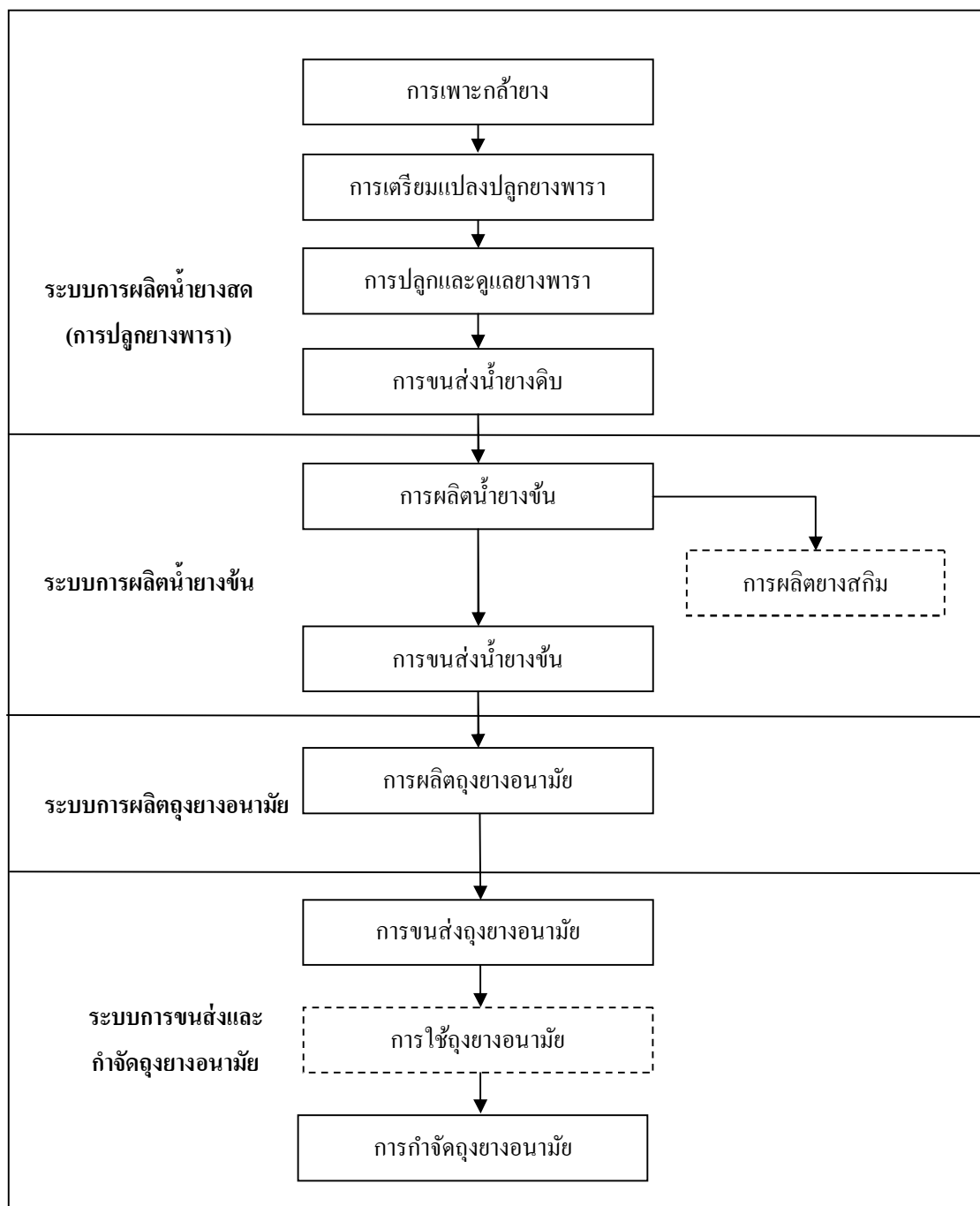
ขอบเขตการศึกษาวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงยางอนามัยเป็นแบบ Cradle to Grave โดยแบ่งออกเป็น 4 ระบบย่อยหลัก 1) ระบบการผลิตน้ำยางสด (การปลูกต้นยางพารา), 2) ระบบการผลิตน้ำยางข้น, 3) ระบบการผลิตถุงยางอนามัย, และ 4) ระบบการขนส่งและกำจัดถุงยางอนามัย ดังแสดงในรูปที่ 2.2 โดยจะมีบางกิจกรรมในวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงยางอนามัยที่จะไม่นำมารวมในการศึกษา (แสดงด้วยกรอบเส้นประในรูปที่ 2.2) ได้แก่ การผลิตยางสกิม (ในโรงงานผลิตน้ำยางข้น) เนื่องจากไม่ได้เป็นวัตถุดิบที่เกี่ยวข้องกับการผลิตถุงยางอนามัย และขั้นตอนการใช้ถุงยางอนามัยเนื่องจากไม่มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมใดๆเกิดขึ้น

1.3 การกำหนดหน่วยการทำงาน

หน่วยการทำงาน (Functional unit) ของผลิตภัณฑ์คือ ถุงยางอนามัย 1 กรอส (gross) โดยหน่วยกรอสนั้นเป็นหน่วยที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมถุงยางอนามัย และถุงมือแพทย์ โดย 1 กล่องกรอส มีถุงยางอนามัย 144 ชิ้น น้ำหนัก 238 กรัม นอกจากนั้นในอีก 2 ระบบย่อยได้กำหนดให้มีหน่วยทำงานเพื่อสะดวกในการคำนวณเช่นเดียวกัน โดยในระบบการปลูกยางพารา และผลิตน้ำยางสด หน่วยการทำงานคือ น้ำยางสด 1 ตัน ส่วนระบบการผลิตน้ำยางข้น หน่วยการทำงานคือ น้ำยางข้น 1 ตัน โดยผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นรวมถึง พลังงานและทรัพยากรที่ใช้ใน 2 ระบบนี้จะนำมาป็นส่วนรวมในผลกระทบสิ่งแวดล้อมของถุงยางอนามัยด้วยในขั้นตอนสุดท้าย



รูปที่ 2.1 แสดงขั้นตอนการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัย และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ในแต่ละขั้นตอน



รูปที่ 2.2 ขอบเขตการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตทางสิ่งแวดล้อมของการผลิตยางอนามัย
(หมายเหตุ: กิจกรรมที่ล้อมกรอบด้วยเส้นประจะไม่นำมารวมในการศึกษา)

ขั้นตอนที่ 2: การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Inventory Analysis)

2.1) การทบทวนข้อมูล

งานวิจัย รายงานการศึกษา ที่เกี่ยวกับการจัดการสิ่งแวดล้อม การใช้ทรัพยากรและพลังงาน การปลดปล่อยของเสีย การป้องกันและการบำบัดมลพิษที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมยาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เกี่ยวข้องกับการปลูกยาง การผลิตน้ำยางข้นและการผลิตยางอนามัย จะนำรวบรวมเพื่อทบทวนของข้อมูลที่ได้มีการศึกษาไปแล้วเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นก่อนการสำรวจและเก็บข้อมูล

2.2) การสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยจะทำการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับขั้นตอนการผลิต การใช้พลังงานและทรัพยากร, ข้อมูลการผลิต, และปริมาณการปล่อยของเสียใน 3 ระบบย่อยหลักของวัฏจักรชีวิตของการผลิตยางอนามัย ซึ่งประกอบด้วย 1) ระบบการผลิตน้ำยางสด (การปลูกต้นยางพารา), 2) ระบบการผลิตน้ำยางข้น, และ 3) ระบบการผลิตยางอนามัย เพื่อให้ได้ข้อมูลเพียงพอต่อการนำมาวิเคราะห์บัญชีรายการ (Inventory analysis) ในขั้นตอนต่อไป การสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลจะดำเนินการผ่านการเยี่ยมชม กระบวนการผลิตที่แปลงปลูกยางพารา โรงงานผลิตน้ำยางข้น และ โรงงานผลิตยางอนามัย โดยเก็บข้อมูลผ่านการสอบถาม สัมภาษณ์ กับผู้มีหน้าที่รับผิดชอบ โดยผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลใน 3 ระบบหลักดังนี้

- ระบบการผลิตน้ำยางสด (การปลูกต้นยางพารา) ได้ทำการเก็บข้อมูลที่ร้านเพาะชำกล้ายาง 4 แห่ง (ที่นครศรีธรรมราช 3 แห่ง (อ.ทุ่งสง, อ.บางขัน) และที่สุราษฎร์ธานี 1 แห่ง (อ.เวียงสระ)) และเก็บข้อมูล ณ แปลงปลูกยางพารา 10 แห่ง (ที่นครศรีธรรมราช 8 แห่ง (อ.ทุ่งสง, อ.บางขัน, อ.นาบอน, อ.ชะอวด) และที่สุราษฎร์ธานี 2 แห่ง (อ.เวียงสระ))
- ระบบการผลิตน้ำยางข้น เก็บข้อมูลโรงงานน้ำยางข้นจำนวน 4 โรงงานในจังหวัดนครศรีธรรมราช (2 โรงงาน), สงขลา (1 โรงงาน), และ สุราษฎร์ธานี (1 โรงงาน)
- ระบบการผลิตยางอนามัย เก็บข้อมูลจากโรงงานผลิตยางอนามัย 1 โรงงานในจังหวัดสุราษฎร์ธานี 1 โรงงาน

อนึ่ง สำหรับการเก็บข้อมูลในระบบการกำจัดยางอนามัยนั้นมีความแตกต่างจากระบบอื่นๆ เนื่องจากมีความผันแปรของข้อมูลสูง และยากต่อการเก็บข้อมูลในเรื่องพฤติกรรมกาทิ้งและกำจัด ดังนั้น ในโครงการวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงได้ตั้งสมมติฐานว่า ยางอนามัยที่ใช้แล้วจะถูกทิ้งรวมกับขยะตามบ้านเรือน หรือ ขยะชุมชนทั่วไป (Household/Municipal Waste) และโดนกำจัดโดยวิธีการฝังกลบ โดยตัวคูณการปลดปล่อยมลพิษ (emission factor) จากการฝังกลบ นั้นจะใช้ฐานข้อมูลของ Ecoinvent version 2.2 และใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Simapro ช่วยในการคำนวณ

2.3) การคำนวณปริมาณการใช้พลังงาน และปลดปล่อยมลสาร

เป็นขั้นตอนที่มีการคำนวณ วิเคราะห์หาปริมาณพลังงาน ทรัพยากรที่ใช้ และปริมาณของเสียที่ปล่อยออกมา ต่อ หน่วยทำงานที่กำหนดไว้ เช่น ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อการผลิตน้ำยางข้น 1 ตันเท่ากับ 300 kWh หรือ กล้วยานอนมัย 1 กล้องทำให้เกิดก๊าซ CO₂ 300 กรัมเป็นต้น โดยในการเก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ บัญชีรายการนี้อาจต้องใช้หลายวิธีร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด โดยวิธีการหลักที่จะใช้ในการคำนวณคือ การคำนวณโดยใช้ตัวคูณการปลดปล่อยมลสาร (emission factor) โดยจะเน้นการใช้ emission factor ที่พัฒนาขึ้นสำหรับประเทศไทยเป็นหลัก เช่น emission factors ของการผลิตไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ซึ่งในกรณีที่ไม่มี emission factor ที่พัฒนาขึ้นเฉพาะสำหรับประเทศไทย ก็จะใช้ Emission factor ที่เป็นมาตรฐานเป็นที่ยอมรับในระดับสากล เช่น IPCC, Eco-invent version 2.2 โดยสมการพื้นฐานของการคำนวณค่าการปลดปล่อยมลสารคือ

$$\text{Emission}_{I,J} = \text{Emission factor}_{I,J} \times \text{Activities level}_J \quad (1)$$

โดย

Emission_{I,J} คือ ค่าการปลดปล่อยมลสาร I เนื่องจากกิจกรรม J

Emission factor_{I,J} คือ ตัวคูณการปลดปล่อยมลสาร I จากกิจกรรม J

Activities level_J คือ ระดับของกิจกรรม J ที่มีผลทำให้เกิดการปล่อยมลสาร เช่น การใช้ไฟฟ้า การเผาไหม้เชื้อเพลิงไม้ การใช้สารเคมี

โดยมลสารแต่ละชนิดจากกิจกรรมประเภทต่างๆจะนำมารวมกัน ดังสมการ (2)

$$\text{Emission}_I = \sum_J \text{Emission}_{I,J} \quad (2)$$

ขั้นตอนที่ 3: การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment)

3.1) การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภท (Specific Environmental Impact)

เป็นการแปลงข้อมูลบัญชีรายการจากขั้นตอน Inventory analysis ในรูปการปลดปล่อยมลสาร (emission score) ให้อยู่ในรูปของค่าความสามารถในการเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Potential impact score) ตามประเภทปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยแบ่งได้เป็น 2 ขั้นตอนหลักคือ 1) ขั้นตอนการจำแนกมลสารให้อยู่

ในกลุ่มของผลกระทบสิ่งแวดล้อมเดียวกัน (Classification) เช่น มลสารอย่าง CO₂, CH₄, N₂O เป็นสารที่มีศักยภาพทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ก็จะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน เช่นเดียวกับกับ SO₂, และ NO_x ก็จะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกันเพราะเป็นสารที่ทำให้เกิดภาวะฝนกรด เป็นต้น และ 2) ขั้นตอนการแปลงข้อมูลให้เป็นค่าความสามารถในการเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม(Characterization)โดยผลของการรายงานในขั้นตอนนี้จะได้เป็น ค่าความสามารถในการเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Potential impact score) ต่อ หน่วยงานของผลิตภัณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งแหล่งที่มาของค่าตัวคูณประเภทผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Characterization factor) ใช้ฐานข้อมูลของ CML baseline 2000 (Institute of Environmental Science, Lieden University, The Netherlands)

โดยสมการพื้นฐานของการคำนวณค่าความสามารถในการเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม คือ

$$\text{Impact}_{\mu, I} = \text{Emission}_I \times \text{Characterization factor}_{\mu, I} \quad (3)$$

โดย

Impact_{μ, I} คือ ค่าความสามารถในการเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม μ ของมลสาร I

Emission_I คือ ค่าการปลดปล่อยมลสาร I

Characterization factor_{μ, I} คือ ค่าตัวคูณผลกระทบสิ่งแวดล้อม μ ของมลสาร I

โดยผลกระทบแต่ละชนิดจากมลสารประเภทต่างๆจะนำมารวมกันดังสมการที่ (4)

$$\text{Impact}_{\mu} = \sum_I \text{impact}_{\mu, I} \quad (4)$$

การคำนวณในขั้นตอนการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมนี้จะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปด้านการประเมินวัฏจักรชีวิต SimaPro version 7.2 สำหรับการทดสอบความถูกต้องของการคำนวณ โดยประเภทของผลกระทบที่นำมาศึกษามีทั้งหมด 5 ประเภท ตามลักษณะของผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามลักษณะทางภูมิศาสตร์ ได้แก่ 1) โลกร้อน (Global warming) ซึ่งเป็นผลกระทบระดับโลก (Global scale) 2) ฝนกรด (Acidification) และ 3) การเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำเกินดุล (Eutrophication) ซึ่งเป็นผลกระทบระดับภูมิภาค (Regional scale) 4) หมอกพิษ (Photochemical oxidation - Smog) และ 5) ความเป็นพิษต่อมนุษย์ (Human Toxicity) ซึ่งเป็นผลกระทบระดับท้องถิ่น (Local scale)

3.2) การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมรวม (Overall environmental impact score)

ตามมาตรฐาน ISO 14040 ต้องมีการคำนวณจนถึงขั้นตอนการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภท (3.1) ซึ่งถือเป็นขั้นตอนบังคับตามระเบียบวิธีวิจัย ISO 14040 ส่วนคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมต่อจากนั้นที่มีการปรับปกติ (Normalized Impact Score) และการรวมค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Impact score) แต่ละประเภทให้เป็นค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมรวมค่าเดียว (Single score) ถือเป็นขั้นตอนทางเลือก (optional) ตามจุดประสงค์ของการศึกษา ซึ่งในการศึกษานี้ได้รวมเอาการคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมไว้ด้วย เนื่องจากเห็นว่าเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์แก่ผู้บริโภคร และผู้ประกอบการในการตัดสินใจดำเนินงานทางสิ่งแวดล้อมอีกทางหนึ่ง นอกจากนี้ในขั้นตอนการให้น้ำหนัก (weighting) ยังเป็นขั้นตอนที่สามารถนำข้อมูลเชิงคุณภาพ (qualitative information) เช่น นโยบายบริษัท ความเห็นผู้เชี่ยวชาญ ความเห็นผู้มีส่วนได้เสีย เข้ามาประกอบการพิจารณาได้ ซึ่งจะได้อธิบายในขั้นตอนต่อไป

3.2.1 การคำนวณหาผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ผ่านการปรับปกติ (Normalized Impact Score)

ขั้นตอนการปรับปกติ (Normalization) ซึ่งคือการปรับค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภทที่มีหน่วยที่ต่างกัน (เช่น CO₂-eq, SO₂-eq) ให้มีหน่วยเดียวกัน เพื่อให้รวมค่ากันได้ โดยสมการการพื้นฐานในขั้นตอนการ Normalization คือ

$$\text{Normalized Impact } \mu = \text{Impact } \mu / \text{Normalization factor} \quad (5)$$

โดย

Normalized impact μ คือ ผลกระทบสิ่งแวดล้อม μ ที่ผ่านการปรับปกติแล้ว

ส่วนค่า Normalization factor ได้มาจากรฐานข้อมูลของ CML 2 baseline 2000¹ โดยใช้ระดับของ normalization factor ในระดับโลก (World) (เนื่องจากขณะนี้ในประเทศไทยยังไม่มีค่า Normalization factor ของตัวเอง)

3.2.2 ขั้นตอนการกำหนดน้ำหนัก (Weighting) ของผลกระทบสิ่งแวดล้อม

การกำหนดน้ำหนักความสำคัญของผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภทที่ต่างกันส่งผลต่อค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมรวม ซึ่งการสร้างค่าตัวคูณน้ำหนัก (Weighting factor) สามารถทำได้หลายวิธี โดยในขั้นตอนนี้หลักการวิเคราะห์หลากหลายเกณฑ์ (Multi-criteria analysis: MCA) สามารถนำมาช่วยในการสร้างตัวคูณน้ำหนักได้ ขั้นตอนการกำหนดน้ำหนักเป็นขั้นตอนที่สามารถนำข้อมูลเชิงคุณภาพ เช่น นโยบายบริษัท

¹ <http://www.leidenuniv.nl/interfac/cml/ssp/lca2/index.html>

ความเห็นผู้เชี่ยวชาญ ความเห็นผู้มีส่วนได้เสีย เข้ามาร่วมในการพิจารณาได้ (Panel Method) โดยวิธีการที่จะนำมาใช้ในการสร้างค่าตัวคุณน้ำหนักในการศึกษานี้ ได้แก่

- วิธี Panel Method โดยใช้นโยบาย และความเห็นผู้ประกอบการ
- วิธี Panel Method โดยใช้ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
- วิธี Panel Method โดยใช้ความเห็นของผู้บริโภค
- Weighting factor ที่ให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของผลกระทบสิ่งแวดล้อมเท่ากัน

3.2.3 การคำนวณหาผลกระทบสิ่งแวดล้อมรวม

ขั้นตอนการคำนวณหาผลกระทบรวมสิ่งแวดล้อม ได้จากการนำผลกระทบแต่ละประเภทที่ผ่านการปรับปกติแล้ว คูณกับตัวคูณการให้น้ำหนัก (Weighting) ตามที่ได้สร้างไว้ในหัวข้อ 3.2.2 โดยมีสมการพื้นฐาน คือ

$$\text{Overall environmental impact score} = \sum (\text{Normalized Impact}_\mu \times \text{Weighting factor}_\mu) \quad (6)$$

ขั้นตอนที่ 4: การแปลผลการศึกษา (Interpretation)

เป็นขั้นตอนที่มีการสรุปผลการศึกษาที่ได้ในแต่ละขั้นตอนเพื่อมาวิเคราะห์ผล วิจารณ์ และเสนอแนะแนะที่นำเสนอใจที่ได้จากการศึกษานี้ ซึ่งการแปลผลที่สำคัญสำหรับการศึกษานี้จะมุ่งเน้นตามที่กำหนดไว้ในวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย คือ การศึกษาการใช้พลังงาน ทรัพยากร การปลดปล่อยของการปลดปล่อยของเสีย และประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตทางสิ่งแวดล้อมของการผลิตยางอนามัย รวมถึงการแปลผลการศึกษาเพื่อนำไปหาทางเลือกลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในวัฏจักรชีวิตการผลิตยางอนามัย อนึ่ง ในทางปฏิบัติการแปลผลการศึกษาจะทำความเข้าใจกับทุกขั้นตอนในการประเมินวัฏจักรชีวิต ดังแสดงในรูปที่ 2.1

ขั้นตอนที่ 5: การวิเคราะห์กรณีศึกษา (Scenario Analysis) โดยใช้ทางเลือกลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม

ผลการศึกษาจากการประเมินวัฏจักรชีวิตทางสิ่งแวดล้อมข้างต้นจะทำให้สามารถทราบได้ว่าขั้นตอนใดกิจกรรมใดในวัฏจักรชีวิตการผลิตยางอนามัยที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภท (หรือ ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในภาพรวม) มากน้อยเพียงใด (Hot Spots) ซึ่งสามารถทำให้เรียงลำดับความสำคัญ และกำหนดการใช้ทางเลือกเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ต้องการได้อย่างเหมาะสม การวิเคราะห์กรณีศึกษา จะกำหนดกรณีศึกษาโดยใช้แนวทางการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามผลการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในแต่ละระยะของวัฏจักรชีวิตที่สำคัญของยางอนามัย ได้แก่

- 1) แนวทางลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของระยะการผลิตน้ำยางสด (การปลูกยางพารา)
- 2) แนวทางลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของระยะการผลิตน้ำยางข้น
- 3) แนวทางลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของระยะการผลิตยางอนามัย
- 4) แนวทางลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของทั้งวัฏจักรชีวิตของยางอนามัย

5.1 การคำนวณหาประสิทธิภาพของทางเลือกลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม

การนำทางเลือกลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมมาใช้ในการศึกษาจะส่งผลให้มีการลดระดับกิจกรรมการใช้พลังงาน การใช้ทรัพยากร (ดังสมการที่ 7) และ/หรือ ลดการปล่อยมลสารลง (สมการที่ 8) ซึ่งดัดแปลงมาจากแบบจำลองของ Pluimers (2001) และ Jawjit et al. (2007)

$$\text{Activities level}_{J, Ct} = \text{Activities level}_J \times (1 - rf_{J, Ct}) \quad (7)$$

โดย

$\text{Activities level}_{J, Ct}$ คือ ระดับของกิจกรรม J หลังจากมีการใช้ทางเลือก Ct
 $rf_{J, Ct}$ คือ สัดส่วนการลดลงของระดับกิจกรรม J (reduction factor) เมื่อมีการทางเลือก Ct

$$\text{Emission}_{I, J, Ct} = \text{Emission factor}_{I, J} \times \text{Activities level}_J \times (1 - rf_{I, J, Ct}) \quad (8)$$

โดย

$\text{Emission}_{I, J, Ct}$ คือ มลสาร I ที่ปล่อยออกมาจากกิจกรรม J หลังจากมีการใช้ทางเลือก Ct
 $rf_{I, J, Ct}$ คือ สัดส่วนการลดลงของการปลดปล่อยมลสาร I (reduction factor) จากกิจกรรม J เมื่อมีการใช้ทางเลือก Ct

โดยในแต่ละกรณีศึกษาทางเลือกลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่นำมาพิจารณาจะนำไปประเมินวัฏจักรชีวิตและนำผลการใช้ทรัพยากร พลังงาน การปลดปล่อยมลสาร และผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นเปรียบเทียบกับ กรณีอ้างอิง (Reference case) ที่ไม่ได้มีการใช้ทางเลือกลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ และวิจารณ์ผลต่อไป

.....

บทที่ 3

การประเมินระยะการผลิตน้ำยางสด

(การปลูกยางพารา)

บทที่ 3

การประเมินระยะการผลิตน้ำยางสด (การปลูกยางพารา)

ในการประเมินระยะการปลูกยางพารา^{นี้} แบ่งระบบการผลิตน้ำยางสด (Fresh latex production system) ซึ่งจะแบ่งเป็น 2 ระบบย่อย ได้แก่

1. ระบบย่อยการเพาะกล้ายาง (Seedling sub-system)
2. ระบบย่อยการปลูกยาง (Rubber plantation sub-system)

3.1 การเก็บข้อมูลภาคสนาม และการวิเคราะห์ทรัพยากรฯที่ใช้

การเก็บข้อมูลภาคสนามสำหรับระบบย่อยการเพาะกล้ายาง ได้ทำการเก็บข้อมูลที่บ้านเพาะชำกล้ายาง 4 แห่ง (ที่นครศรีธรรมราช 3 แห่ง (อ.ทุ่งสง, อ.บางขัน) และที่สุราษฎร์ธานี 1 แห่ง (อ.เวียงสระ)) ส่วนระบบย่อยการปลูกยางได้ทำการเก็บข้อมูล ณ แปลงปลูกยางพารา 10 แห่ง (ที่นครศรีธรรมราช 8 แห่ง (อ.ทุ่งสง, อ.บางขัน, อ.นาบอน, อ.ชะอวด) และที่สุราษฎร์ธานี 2 แห่ง (อ.เวียงสระ))

โดยมีรายละเอียดของแต่ละระบบย่อยดังนี้

1) ระบบย่อยการเพาะกล้ายาง (Seedling Sub-system)

กำหนดFunctional unit ในระบบย่อยการเพาะกล้ายาง คือ **ต้นยางชำ 1 ถู** โดยจากการสำรวจภาคสนามพบว่า การเพาะกล้ายางที่ผู้ประกอบการนิยมใช้ได้แก่ ต้นยางชำถู คือการนำเอาต้นตอตาปลูกในถู หรือ ตัดตาในถูโดยการเพาะเมล็ดในถูจนได้ขนาดตัดตา โดยใช้เวลาในการชำถูประมาณ 3 เดือน ต้นยางที่พร้อมจะจำหน่ายได้เกษตรกรที่มาซื้อจะดูที่ลักษณะของลำต้นที่ตั้งตรง และมีจำนวนฉัตร (ก้านใบ) 2-3 ฉัตร วิธีนี้เป็นที่นิยมเนื่องจากต้นยางจะเติบโตสม่ำเสมอ มีความเสี่ยงต่ำในการตายของต้นยางอ่อน และยังเหมาะกับการใช้ในการปลูกซ่อมอีกด้วย (กรณีต้นยางอ่อนตาย) พันธุ์ยางที่นิยมใช้มากที่สุดคือ RRIM 600 โดยพันธุ์ที่เริ่มมีการนิยมใช้มากขึ้นคือ RRIT 251 เนื่องจากพบว่าการให้น้ำยางที่มากกว่า

โดยปริมาณทรัพยากรที่ใช้ต่อต้นยางชำถู แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 กิจกรรม และปริมาณทรัพยากรที่ใช้ต่อต้นยางชำถุง 1 ถุง

กิจกรรม	ปริมาณ		หน่วย
	ช่วง	ค่าที่ใช้ในการคำนวณ	
การใช้ดิน	500 - 900	700	g
การใช้ปุ๋ยเคมีอินทรีย์	5-8	6	g
การใช้ปุ๋ยอินทรีย์	0	0	g
การใช้สารเคมีป้องกันรา	5 - 10	6	g
การใช้น้ำ	-	0.01	m ³

จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม การสัมภาษณ์เจ้าของร้านเพาะพันธุ์ยางรวมถึงเกษตรกรพบว่า มีประเด็นที่น่าสนใจที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการใช้ทรัพยากรต่างๆ ในการเพาะพันธุ์ยาง ดังนี้

- **การใช้ดิน:** ดินที่ใช้ในการบรรจุถุงส่วนใหญ่จะใช้เป็น ดินลูกรังแดง และ/หรือ ดินเหนียว อย่างไรก็ดี อย่างหนึ่งหรือผสมกัน สังเกตได้ว่าถ้าเป็นร้านขายพันธุ์ยางที่มีขนาดใหญ่จะใช้ดินเหนียววัสดุปลูก แต่ถ้าเป็นร้านขนาดเล็กจะใช้ดินลูกรัง หรือ ใช้ดินเหนียวผสมไปบ้าง มีบางร้านที่ใช้ดินร่วนผสมกับดินเหนียว ปริมาณดินที่ใช้แปรผันไปตามขนาดถุง (500-900 กรัม/ถุง) โดยขนาดของถุงชำมาตรฐานอยู่ที่ 5 x 15 นิ้ว

- **การใช้ปุ๋ยเคมีอินทรีย์:** ปุ๋ยเคมีที่นิยมใช้ได้แก่สูตร 25-7-7 และ 18-10-6 โดยมีความถี่ในการใส่ปุ๋ยค่อนข้างแปรผันไปตามผู้ประกอบการ โดยอาจจะใส่ทุกสัปดาห์, ทุกเดือน, หรือ ใส่เพียงครั้งเดียวก่อนขาย อัตราการใส่ส่วนใหญ่จะใส่ประมาณ 10-15 เม็ด/ ถุงชำ ในการคำนวณ LCI (Life Cycle Inventory) ใช้สมมติฐานการใส่ปุ๋ยทุกเดือน เป็นปุ๋ยสูตร 25-7-7 จำนวนได้อยู่ที่ 5-6 กรัม/ ถุงชำ

- **การใช้ปุ๋ยอินทรีย์:** จากการสำรวจผู้ประกอบการส่วนใหญ่จะไม่มีใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพิ่มเติม เพราะมองเห็นว่าเป็นภาระ และไม่ได้ช่วยในการเจริญเติบโตของกล้ายาง เพราะใช้เวลาสั้นในการเพาะกล้ายาง มีเพียงผู้ประกอบการรายเดียวที่ใส่มูลวัวผสมไปด้วยในวัสดุปลูก เนื่องจากเลี้ยงวัวไว้ด้วย ในการศึกษาครั้งนี้จึงไม่รวมการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการเพาะกล้ายาง

- **การใช้สารเคมีป้องกันรา:** สารเคมีป้องกันราที่ผู้ประกอบการนิยมใช้ได้แก่ เบนโนมิล, แมนโดเซป โดยความถี่ในการฉีดก็แตกต่างกันไปตามผู้ประกอบการ (ทุกสัปดาห์, ทุกเดือน หรือ ฉีดเมื่อพบอาการ) แต่อัตราการใส่จะเหมือนกันคือ ประมาณ 2-3 ซ่อนแกง (6 กรัม) ต่อ น้ำละลาย 20 ลิตร ในการคำนวณ LCI ใช้สมมติฐาน ใช้สารเคมีประเภท เบนโนมิล มีความถี่ในการฉีดทุกเดือน

- **การใช้น้ำ:** โดยปกติหากฝนไม่ตกผู้ประกอบการจะรดน้ำทุกวันๆละ 2 ครั้ง คือตอนเช้าและตอนเย็น โดยมีปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยประมาณ 0.01 m³ ต่อ 1 ถุง อย่างไรก็ตามในความเป็นจริงปริมาณน้ำที่ใช้จะมีปริมาณน้อยกว่านี้ เพราะภาคใต้มีฝนตกชุก โดยหากวันไหนที่มีฝนตกผู้ประกอบการก็จะไม่รดน้ำ ปริมาณการใช้น้ำจึงอาจน้อยกว่าตัวเลขที่แสดง ซึ่งคิดจากการใช้น้ำในวันที่ไม่มีฝนตก

2) ระบบย่อยการปลูกยางพารา (Plantation Sub-system)

กำหนด Functional unit ในระบบย่อยการปลูกยางพารา คือ **น้ำยางสด 1 ตัน** ระบบย่อยการปลูกยางพารา เริ่มตั้งแต่การนำกล้ายางมาปลูก จนถึงการกรีดยาง ได้น้ำยางสดออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ โดยข้อมูลจากการสำรวจแปลงปลูก 10 แปลงนั้นแบ่งเป็น สวนยางพาราขนาดใหญ่ (250 ไร่ ขึ้นไป) 2 แปลง, สวนยางขนาดกลาง (50 – 250 ไร่) 5 แปลง, และสวนยางขนาดเล็ก (น้อยกว่า 50 ไร่) 3 แปลง พื้นที่ในการปลูกยางส่วนใหญ่จะเป็นการปลูกบนพื้นที่ราบซึ่งจะปลูกต้นยางพาราได้ประมาณ 70-75 ต้น/ไร่ และยังมี การปลูกยางบนพื้นที่เนินเขา/ภูเขาซึ่งจะปลูกต้นยางพาราได้ประมาณ 80-90 ต้น/ไร่ รอบในการปลูกยางพาราของเกษตรกรประมาณ 25-30 ปี ในการศึกษาใช้การคำนวณอยู่บนพื้นฐานของจำนวนต้นยาง 70 ต้น/ไร่ และรอบการปลูก 30 ปี โดยพันธุ์ยางที่ใช้ปลูกมากที่สุดในขณะนี้คือ RRIM 600 โดยเริ่มมีการปลูกพันธุ์ RRIT 251 และ 255 เพิ่มมากขึ้น โดยพื้นที่ที่สำรวจส่วนใหญ่ (8 แปลง) เป็นการปลูกยางชำในพื้นที่เดิม ขณะที่อีก 2 แปลงเป็นการเปลี่ยนพื้นที่ป่าธรรมชาติมาปลูกยาง (เป็นพื้นที่ใน อ.ชะอวด จ.นครศรีธรรมราช ซึ่งเดิมในพื้นที่นี้เกษตรกรทำนา และเริ่มหันมาปลูกยางเพิ่มมากขึ้น) กิจกรรมและการใช้ทรัพยากรต่างๆต่อการผลิตน้ำยางสด 1 ตัน ในการปลูกต้นยางพาราตลอดรอบการปลูกยางที่ 30 ปี สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 กิจกรรมและปริมาณทรัพยากรที่ใช้ต่อการผลิตน้ำยางสด 1 ตัน

กิจกรรม	ปริมาณ	หน่วย
	ต่อ น้ำยางสด 1 ตัน	
การใช้น้ำมันดีเซลในการไถพรวนเตรียมพื้นที่	11.4	kg
การใช้หินฟอสเฟตในการรองหลุมปลูก	1.3	kg
การใช้ปุ๋ยเคมีอินทรีย์	171.1	kg
การใช้ปุ๋ยอินทรีย์	-	kg
การใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช (ไกลโฟเสต)	3	kg
การใช้น้ำ	-	m ³

จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม การสัมภาษณ์เกษตรกรพบว่า มีประเด็นที่น่าสนใจที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการใช้ทรัพยากรต่างๆในการปลูกยาง ดังนี้

- **การใช้น้ำมันดีเซลในการไถพรวน** - การเตรียมพื้นที่ในการปลูกยางรอบใหม่ในอดีตหลังจากมีการโค่นต้นยางแล้วจะมีการใช้สารเคมีฆ่าตอเพื่อให้ตอตายและผุพังเร็ว หลังจากนั้นจึงใช้การเผาและไถพรวน แต่ในปัจจุบันเศษกิ่งไม้ยาง ตอยาง และรากยางสามารถนำไปขายได้ และไม้ยางก็สามารถนำไปขายได้ในราคาดี เกษตรกรจึงนิยมโค่นต้นยางชิดพื้นดิน และจากการสำรวจจะไม่มี การใช้ยาฆ่าตอ แต่เกษตรกรบางส่วนยังคงใช้การเผาพวกเศษไม้ กิ่งไม้ อยู่หลังจากนั้นจะใช้การไถพรวนด้วยรถแทรกเตอร์ ซึ่งใช้น้ำมันประมาณ 3 ลิตร/ไร่ ซึ่งจากแนวปฏิบัติในปัจจุบันทำให้การใช้สารเคมีฆ่าตอลดลง

- **การใส่ปุ๋ยก่อนเปิดกริด:** ช่วงเวลาก่อนที่จะกริดยางได้ หรือช่วงก่อนเปิดกริดคือช่วงอายุของต้นยาง 1-7 ปี โดยมีการใส่ปุ๋ยตั้งแต่การใส่ปุ๋ยรองหลุม และ การใส่ปุ๋ยเพื่อบำรุงต้นยางให้มีเติบโต ซึ่งจากการสำรวจพบว่าเกษตรกรมีแนวทางการใส่ปุ๋ยรองหลุมคล้ายๆกัน คือใช้ *ปุ๋ยหินฟอสเฟต* ในการรองหลุมประมาณ 150 – 200 กรัม/ หลุม (ใช้ค่าที่ 170 กรัมในการคำนวณ) โดยสถาบันวิจัยยางได้แนะนำให้ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ไปผสมด้วย แต่พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่จะไม่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามที่ได้รับคำแนะนำ ส่วนการใส่ปุ๋ยเพื่อบำรุงการเจริญเติบโต ก่อนเปิดกริดนั้นพบว่ามีความแตกต่าง และหลากหลาย โดยปัจจัยสำคัญคือเรื่องเงินที่จะใช้ในการซื้อปุ๋ยมาใส่ โดยเกษตรกรในสวนยางขนาดเล็กจะใส่ปุ๋ยมีความถี่มากน้อยแค่ไหนนั้น ขึ้นอยู่กับความคล่องตัวในฐานการเงินในปีนั้นๆ (เช่น ปีไหนมีความคล่องตัวมากก็ใส่ 2-3 ครั้ง หรือตามคำแนะนำของสำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง (สกย.) แต่ถ้าปีไหนไม่มีเงินก็ใส่ครั้งเดียว หรือไม่ใส่เลย) ในขณะที่เกษตรกรในสวนยางขนาดใหญ่และกลางจะพยายามใส่ปุ๋ยตามที่ สกย. แนะนำ ในการคำนวณในการวิจัยนี้จึงใช้สมมติฐานที่ว่าเกษตรกรใช้ปุ๋ยสูตร 20-8-20 (สูตรนิยมใช้ในพื้นที่ภาคใต้) ในปริมาณตามที่ สกย. แนะนำ ซึ่งจะมีปริมาณปุ๋ยเคมีรวมที่ใช้ประมาณ 227 ก.ก./ไร่ ตลอด 7 ปีก่อนเปิดกริด

- **การใส่ปุ๋ยหลังเปิดกริด:** ช่วงเปิดกริด คือ ช่วงที่ต้นยางเริ่มให้น้ำยางได้คือช่วงตั้งแต่ 8-30 ปี โดยความถี่และปริมาณการใส่ปุ๋ยหลังเปิดกริดก็มีความแปรผันสูงตามแต่เกษตรกรแต่ละรายเช่นเดียวกับการใส่ปุ๋ยก่อนเปิดกริด โดยความถี่ในการใส่ปุ๋ยจะอยู่ที่ 1-2 ครั้ง/ปี ในการคำนวณในการวิจัยนี้จะใช้ปริมาณปุ๋ย (สูตร 15-7-18) ที่ 50 ก.ก./ไร่/ปี (ปุ๋ย 1 กระสอบแบ่งใส่ 2 ครั้งๆละ 25 ก.ก.) ซึ่งเป็นอัตราที่เกษตรกรที่สำรวจส่วนใหญ่ใช้ ซึ่งอัตรานี้จะน้อยกว่าที่ สกย. แนะนำซึ่งอยู่ที่ 70 ก.ก./ไร่/ปี

- **การใส่ปุ๋ยอินทรีย์:** ถึงแม้ว่า สถาบันวิจัยยาง และ สกย. ที่อยู่ใกล้ชิดเกษตรกรพยายามจะประชาสัมพันธ์ให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในรูปแบบต่างๆควบคู่ไปกับสารเคมีด้วย แต่พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่จะใช้เพียงปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว จากการสำรวจแปลงปลูกยางพารา 10 แปลง พบว่ามีเพียง 2 แปลงเท่านั้นที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ควบคู่ไปด้วย (เป็นหมอดินของตำบล) การวิจัยนี้จึงตั้งสมมติฐานว่าไม่มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์

- **การให้น้ำ:** หลังจากการปลูกยางแล้ว จะมีการให้น้ำเพิ่มเติมในช่วงที่ยังเป็นต้นอ่อนอยู่ หลังจากต้นยางแข็งแรงดีแล้ว แหล่งน้ำส่วนใหญ่ที่เกษตรกรใช้คือน้ำฝน ซึ่งในภาคใต้มีฝนตกมากเพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของต้นยาง โดยไม่ต้องใช้น้ำชลประทานหรือน้ำอื่นเพิ่มเติม ดังนั้นจึงไม่สามารถประเมินการใช้น้ำตลอดรอบการปลูกยางได้

- **การใช้สารกำจัดวัชพืช:** สารกำจัดวัชพืชที่เกษตรกรนิยมใช้คือ ไกลโฟเสต นอกจากนั้นก็อาจมีการใช้กรรมมอกโซนบ้าง โดยในช่วงก่อนเปิดกริดจะใช้ไกลโฟเสตฉีดพ่นกำจัดวัชพืชมก่อนมีการให้ปุ๋ยแก่ต้นยาง ปีละ 1-2 ครั้งตามแต่การให้ปุ๋ย แต่หลังจากเปิดกริดแล้วเกษตรกรจะลดการใช้ไกลโฟเสตลง หรือไม่ใช้เลยโดยใช้แรงงานคนแทน เนื่องจากต้นยางสูง และมีขนาดใหญ่ มีความแข็งแรง ในการวิจัยนี้จึงใช้สมมติฐานที่ว่า ใช้สารกำจัดวัชพืชเฉพาะช่วงก่อนเปิดกริด (1-7 ปี) ในอัตรา 200 มล. ต่อ น้ำ 20 ลิตร/ไร่ (0.34 กรัม/น้ำ 20 ลิตร/ไร่)

3.2 การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Inventory Analysis)

จากข้อมูลปริมาณการใช้ทรัพยากรในกิจกรรม (Activity) ต่างๆที่นำเสนอไปก่อนหน้านี้แล้ว สามารถนำมาวิเคราะห์บัญชีรายการการปลดปล่อยมลสาร โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างระดับของกิจกรรม (Activity level) คูณกับตัวคูณการปลดปล่อยมลพิษ (Emission factors) โดยขอบเขตของมลสาร (pollutants) ที่สำคัญในการส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมประเภทต่างๆ ที่เลือกมาศึกษาในการวิจัยนี้แสดงดังตารางที่ 3.3 และแหล่งที่มาของ Emission factors แสดงในตารางที่ 3.4

3.2.1) ผลการวิเคราะห์บัญชีรายการของการเพาะกล้าต้นยาง

ผลการวิเคราะห์บัญชีรายการการปลดปล่อยมลสารจากการเพาะกล้าต้นยาง เมื่อคิดเทียบกับ Functional unit คือ 1 ลูกขำยาง แสดงดังตารางที่ 3.5 โดยเนื่องจากทรัพยากรที่ใช้ในการเพาะชำกล้ายางที่จะส่งต่อการปลดปล่อยมลสารมีเพียงไม่กี่ชนิด ซึ่งได้แก่ ปุ๋ยเคมี และสารเคมีป้องกันรา ในส่วนของสารเคมีป้องกันรา หรือ เบนโนมิล นั้น ยังไม่ปรากฏฐานข้อมูลเกี่ยวกับการปลดปล่อยมลสารจากการผลิต และการใช้ เบนโนมิล ข้อมูลจากการวิเคราะห์บัญชีรายการจึงมีเฉพาะจากการผลิตและการใช้ปุ๋ยเคมีเท่านั้น โดยได้แบ่งแยกคิดออกมาปุ๋ยตามธาตุหลักที่สำคัญคือ N P และ K โดยในส่วนของการใช้ปุ๋ย N นั้น IPCC (2006) ระบุว่า จะเกิดการปลดปล่อยก๊าซ N_2O ออกมาจากกิจกรรมของแบคทีเรีย และกระบวนการ N mineralization นอกจากนั้นยังเกิดการปลดปล่อย N_2O ออกมาหลังจากเกิดการชะล้างของปุ๋ยและเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งสมมติฐาน และ emission factor ของการปลดปล่อย N_2O ออกมานี้จะใช้ข้อมูลจาก IPCC (2006) ซึ่งจากตารางที่ 3.5 พบว่ามลสารส่วนใหญ่เกิดจากมาจากการกระบวนการผลิตปุ๋ย N เนื่องจากปุ๋ยที่ใช้ในการเพาะกล้ายางเป็นปุ๋ยที่เน้นไนโตรเจน (สูตร 25-7-7) นอกจากนั้นการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนยังทำให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซ N_2O ดังที่ได้กล่าวแล้วด้วย

ตารางที่ 3.3 ชนิดของมลสารและผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ศึกษาในงานวิจัยนี้

ผลกระทบสิ่งแวดล้อม	มลสาร
Global warming	CO ₂
	CH ₄
	N ₂ O
Acidification	SO ₂
	NO _x
	NH ₃
Eutrophication	N
	P
	NO ₃
	PO ₄
	COD
Human toxicity	SO ₂
	CO
	NO _x
	Particulate matter (PM)
Smog	CO
	NMVOC
	NOX
	Particulate matter (PM)

ตารางที่ 3.4 แหล่งที่มาของ Emission factors ที่ใช้ในการคำนวณ

กิจกรรม	แหล่งที่มาของ Emission factor
การผลิตปุ๋ยเคมีอนินทรีย์ (ทั้ง N, P และ K)	Ecoinvent 2.0
การใช้ปุ๋ยเคมี - N	IPCC (2006); Jawjit et al. (2010)
การผลิตน้ำมันดีเซล	Ecoinvent 2.0
การเผาไหม้น้ำมันดีเซลในรถไถ	IPCC (2006); TGO (2010); Ecoinvent 2.0
การผลิตโกลโฟเสต	Ecoinvent 2.0

ตารางที่ 3.5 บัญชีรายการการปลดปล่อยมลสารจากการเพาะกล้าต้นยาง (หน่วย mg) ต่อ 1 ถู่งชำยาง

ผลกระทบ	มลสาร	ปริมาณรวม	Production of fertilizer			N ₂ O From N use
			N Fertilizer	P Fertilizer	K Fertilizer	
Global warming	CO ₂	4,667	3948.2	552.86	166.19	0
	CH ₄	12	10.2	0.85	0.64	0
	N ₂ O	17	0.05	0.01	0.01	16.56
Acidification	SO ₂	18	5.2	12.22	0.29	0
	NO _x	7	5.1	1.72	0.56	0
	NH ₃	4	4.4	0.02	0.01	0
Eutrophication	N	0.2	0.2	0.01	< 0.0001	0
	P	0.01	< 0.0001	0.01	< 0.0001	0
	NO ₃ ⁻	0.05	0.02	0.03	0.002	0
	PO ₄ ³⁻	19	0.08	18.40	0.01	0
	COD	8	6.6	1.09	0.33	0
Human toxicity	SO ₂	18	5.2	12.22	0.29	0
	CO	9	7.0	1.03	0.54	0
	NO _x	7	5.1	1.72	0.56	0
	PM	3	2.0	1.04	0.10	0
Smog	CO	9	7.0	1.03	0.54	0
	NM VOC	2	1.4	0.20	0.11	0
	NOX	7	5.1	1.72	0.56	0
	PM	3	2.0	1.04	0.10	0

3.2.2) ผลการวิเคราะห์บัญชีรายการของการปลูกยางพารา

ผลการวิเคราะห์บัญชีรายการการปลดปล่อยมลสารจากการปลูกยางพารา เมื่อคิดเทียบกับ Functional unit คือ 1 ตันน้ำยางสด แสดงดังตารางที่ 3.6 ซึ่งมลสารที่แสดงนี้เป็นมลสารเฉพาะที่เป็นภาระของน้ำยางซึ่งเป็นวัตถุดิบขั้นต้นของการผลิตยางอนามัย โดยการการปันส่วนภาระทางมลสารได้ปันส่วนโดยมวลระหว่างน้ำยาง ไม้ยางพาราท่อน และ กิ่งไม้ยาง ซึ่งมีสัดส่วนโดยมวลเท่ากับ 13% 74% และ 13% ตามลำดับ จากตารางที่ 3.6 พบว่ามลสารที่เกิดจากการปลูกยางพาราเมื่อคิดเทียบกับน้ำยางสด 1 ตันส่วนใหญ่จะเกิดจากการผลิตปุ๋ย เนื่องจากในการปลูกยางพาราต้องมีการใส่ปุ๋ยอย่างสม่ำเสมอทั้งในช่วงเปิดกรีดเพื่อการเจริญเติบโตของต้นยาง และช่วงหลังเปิดกรีดแล้วเพื่อชดเชยธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับน้ำยาง และปุ๋ยที่ยางพาราต้องการมากทั้งก่อนและหลังเปิดกรีดคือ ปุ๋ยจำพวก N นอกจากมลสารที่เกิดจากการผลิตปุ๋ยแล้ว พบว่ามลสารที่เกิดจากการผลิตไกลโฟเสต มีปริมาณมากรองลงมา เนื่องจากการกำจัดวัชพืชต้องทำการใส่

ปุ๋ยเสมอ โดยในการวิจัยนี้ได้ตั้งสมมติฐานว่าใช้ไกลโฟเสตเฉพาะช่วงก่อนเปิดกรีดเท่านั้น ซึ่งหากในทางปฏิบัติเกษตรกรมีการใช้หลังเปิดกรีดด้วย ก็จะเกิดมลสารที่เกี่ยวข้องกับการผลิตไกลโฟเสตเพิ่มมากขึ้น ในส่วนของมลสารที่เกิดจากการผลิตน้ำมันดีเซล และมลสารที่เกิดจากการเผาไหม้น้ำมันดีเซลในการเตรียมพื้นที่เพื่อการไถพรวนนั้น มีปริมาณมลสารที่น้อยกว่ากิจกรรมอื่นๆ เนื่องจากการคิดการใช้ น้ำมันดีเซลเพียงครั้งเดียวในการไถพรวนเตรียมพื้นที่ ในขณะที่การใช้ปุ๋ยและไกลโฟเสตมีการใช้เป็นประจำต่อเนื่องตลอดรอบการปลูกยางพารา จึงทำให้สัดส่วนของมลสารจากน้ำมันดีเซลน้อยกว่ากิจกรรมอื่นๆ อย่างไรก็ตามในการปฏิบัติจริงเกษตรกรบางรายได้ใช้รถไถในการช่วยกำจัดวัชพืชด้วย (หลังการเปิดกรีด) ซึ่งในกรณีนี้จะทำให้มีการปลดปล่อยมลสารมากกว่าที่คำนวณได้ในงานวิจัยนี้

3.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม

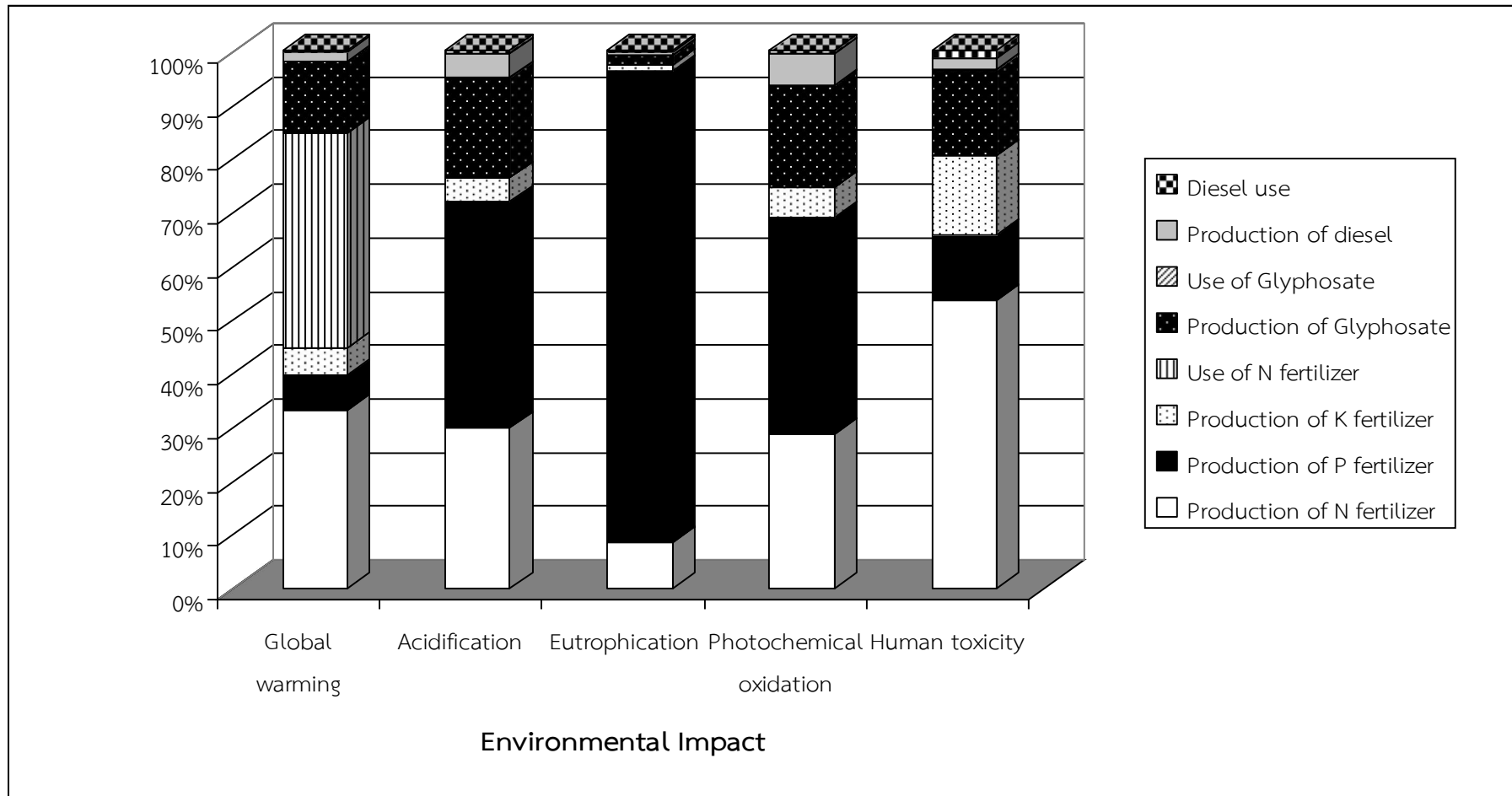
การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้ใช้ Characterisation Factor ของ CML (2001) University of Lieden ประเทศเนเธอร์แลนด์ โดยในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมนี้ได้นำกิจกรรมตั้งแต่การเพาะกล้ายาง ร่วมประเมินกับกิจกรรมในตอนปลูกยางพาราด้วยเพื่อให้เห็นภาพรวมที่ชัดเจนยิ่งขึ้นตั้งแต่การเพาะกล้ายางจนถึงได้ออกมาเป็นน้ำยางสด ซึ่ง Functional unit ต่อการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม นี้ก็คือ 1 ตันน้ำยางสด โดยผลจากการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมแสดงดังตารางที่ 3.7 และสัดส่วนของกิจกรรมต่างๆ ต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภทแสดงในรูปที่ 3.1 ซึ่งเมื่อพิจารณาแยกรายผลกระทบสิ่งแวดล้อมแล้วพบว่า ในผลกระทบ Global warming กิจกรรมสำคัญที่มีสัดส่วนต่อผลกระทบประเภทนี้สูงคือ ปุ๋ยไนโตรเจน ซึ่งมีผลในการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งจากกระบวนการผลิตปุ๋ยไนโตรเจน (โดยเฉพาะ CO₂) และการปลดปล่อย N₂O ขณะที่มีการให้ปุ๋ยแก่ต้นยางพารา ซึ่ง N₂O มีศักยภาพการทำให้เกิดโลกร้อน (GWP) สูงทำให้ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อม Global warming ในหน่วย CO₂-eq มีค่าสูงตามขึ้นไปด้วย สัดส่วนของการผลิตปุ๋ย N และ การใช้ปุ๋ย N ที่มีต่อผลกระทบ Global warming มีค่าประมาณ 30% และ 40% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับกิจกรรมอื่นๆ ในส่วนของผลกระทบ Acidification พบว่ากิจกรรมการผลิตปุ๋ยเคมีทุกชนิดซึ่งเป็นกิจกรรมที่มีการใช้พลังงานสูง เป็นสาเหตุสำคัญที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบชนิดนี้ โดยมีสัดส่วนรวมกันประมาณ 75% เมื่อเทียบกับกิจกรรมอื่นๆ ซึ่งเป็นแนวโน้มกันกับในผลกระทบ Photochemical oxidation ซึ่งปุ๋ยเคมีเป็นกิจกรรมสำคัญ นอกจากนั้นการผลิตไกลโฟเสตมีส่วนในทั้งสองผลกระทบนี้ประมาณ 16-20% ในส่วนของผลกระทบ Eutrophication ก็ยังคงพบว่ากิจกรรมการผลิตปุ๋ยเคมีมีสัดส่วนรวมกันสูงถึงประมาณ 90% เมื่อเทียบกับกิจกรรมอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการผลิตปุ๋ยฟอสเฟต ซึ่งมีสัดส่วนต่อการเกิดผลกระทบประเภทนี้ประมาณ 87% ซึ่งฟอสฟอรัส และสารประกอบฟอสเฟต เป็นสารที่มีศักยภาพสูงมากในการทำให้เกิดผลกระทบ Eutrophication ในหน่วย PO₄³⁻ eq และในส่วนของผลกระทบ Human toxicity กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับปุ๋ย N มีสัดส่วนต่อผลกระทบนี้สูงสุดประมาณ 50% เมื่อเทียบกับกิจกรรมอื่นๆ ขณะที่หากรวมกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับปุ๋ยชนิดอื่นๆ จะมีสัดส่วนรวมสูงถึง 80%

ตารางที่ 3.6 บัญชีรายการการปลดปล่อยมลสารจากการผลิตน้ำยางสด (หน่วย g) ต่อ 1 ตันน้ำยางสด

Impact	Pollutant	Total	Production of Diesel	Diesel Combustion In tractor	Production of Glyphosate	Production of N fertilizer	N ₂ O From N use	Production of P fertilizer	Production of K fertilizer
Global warming	CO ₂	25,668	648	114	5,869	14,048	0	2,877	2,111
	CH ₄	64	3	0.18	12	36	0	4	8
	N ₂ O	60	0.01	<0.001	0.15	0.18	59	0.05	0.16
Acidification	SO ₂	118	6	0.21	25	19	0	64	4
	NO _x	48	3	0.83	11	18	0	9	7
	NH ₃	16	0.01	<0.001	0.07	16	0	0.09	0.10
Eutrophication	N	0.65	<0.001	0	0.03	0.56	0	0.03	0.01
	P	0.07	<0.001	0	0	0	0	0.06	0.00
	NO ₃ ⁻	0.39	<0.001	0	0.08	0.05	0	0.18	0.02
	PO ₄ ³⁻	97	<0.001	0.01	0.21	0.27	0	96	0.17
	COD	71	23	0.35	15	23	0	6	4
Photochemical oxidation	CO	42	1	0.45	3	25	0	5	7
	NMVOOC	11	2	<0.001	2	5	0	1	1
	NO _x	48	3	0.83	11	18	0	9	7
	PM	17	0.19	0.08	3	7	0	5	1
Human toxicity	SO ₂	118	6	0.21	25	19	0	64	4
	CO	42	1	0.45	3	25	0	5	7
	NO _x	48	3	0.83	11	18	0	9	7
	PM	17	0.19	0.08	3	7	0	5	1

ตารางที่ 3.7 ผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากระบบย่อยการเพาะชำกล้ายาง และ ระบบย่อยการปลูกยางพารา ต่อ น้ำยางสด 1 ตัน

Impact	Unit	Total	Seedling				Plantation							
			Production of fertilizer			N-fertilizer use	Production of fertilizer			N-fertilizer use	Glyphosate production	Glyphosate use	Diesel Production	Diesel use
			N	P	K		N	P	K					
Global warming	kg CO ₂ eq	46	0.15	0.04	0.01	0.18	15	3	2	18	6	0	0.71	0.12
Acidification	g SO ₂ eq	193	0.56	0.13	0.02	0	57	81	8	0	36	0	9	0.68
Eutrophication	g PO ₄ ³⁻ eq	111	0.09	0.02	< 0.001	0	9	97	1	0	2	0	0.85	0.13
Photochemical oxidation	g C ₂ H ₄	8	0.02	0.01	< 0.001	0	2	3	0.48	0	2	0	0.50	0.03
Human toxicity	g 1,4-DB eq	11,600	61	21	5	0	6,136	1,412	1,693	0	1,883	0.25	236	152



รูปที่ 3.1 สัดส่วนของกิจกรรมที่เกี่ยวข้องในการผลิตน้ำยางสด (การปลูกยางพารา) ที่มีต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทต่างๆ

ซึ่งจากการผลการศึกษาดังที่ได้กล่าวมาแล้ว เห็นได้ชัดว่าการใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกยางพารา เพื่อผลิตน้ำยางสดนั้น เป็นกิจกรรมที่ส่งผลกระทบสูงในทุกผลกระทบสิ่งแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกยางพารา ของ Jawjit et al. (2010) และ Petsri et al. (2013) ซึ่งพบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีในระยะการปลูกยางพาราเป็นกิจกรรมสำคัญในการก่อให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังนั้น หากต้องการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนของการปลูกยางพารา จึงควรให้ความสนใจในการใช้ปุ๋ยเคมีให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งจากสำรวจในพื้นที่พบว่าเกษตรกรมีแนวปฏิบัติการใช้ปุ๋ยตามความเคยชิน และให้ตามสภาพความคล่องตัวทางการเงิน นอกจากนี้แนวทางการนำปุ๋ยอินทรีย์มาใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจในการที่จะช่วยลดปริมาณปุ๋ยเคมี แต่การศึกษาในพื้นที่พบว่าในทางปฏิบัติเกษตรกรแทบไม่มีความสนใจในการนำปุ๋ยอินทรีย์มาใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี ถึงแม้ว่าจะมีการรณรงค์จากหน่วยงานของรัฐ เช่น สถาบันวิจัยยาง สำนักงานส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ การทำสวนยาง ดังนั้น จึงควรมีการปรับแนวทางการประชาสัมพันธ์ส่งเสริม รณรงค์เพื่อให้เกษตรกรเห็นความสำคัญในเรื่องนี้มากยิ่งขึ้น

.....

บทที่ 4

การประเมินระยะการผลิตน้ำยางชั้น

ส่วนหนึ่งของผลการวิจัยในบทนี้ได้รับการตีพิมพ์ใน

Warit Jawjit, Prasert Pavasant, Carolien Kroeze. In press. *Evaluating environmental performance of concentrated latex production in Thailand*. Journal of Cleaner Production

บทที่ 4

การประเมินระยะการผลิตน้ำยางชั้น

การดำเนินการเก็บข้อมูลกระบวนการผลิต ได้เก็บข้อมูลจากโรงงานผลิตน้ำยางชั้นจำนวน 4 โรงงานในจังหวัด นครศรีธรรมราช (2 โรงงาน), สงขลา (1 โรงงาน), และ สุราษฎร์ธานี (1 โรงงาน) โดยสรุปผลการศึกษาดังนี้

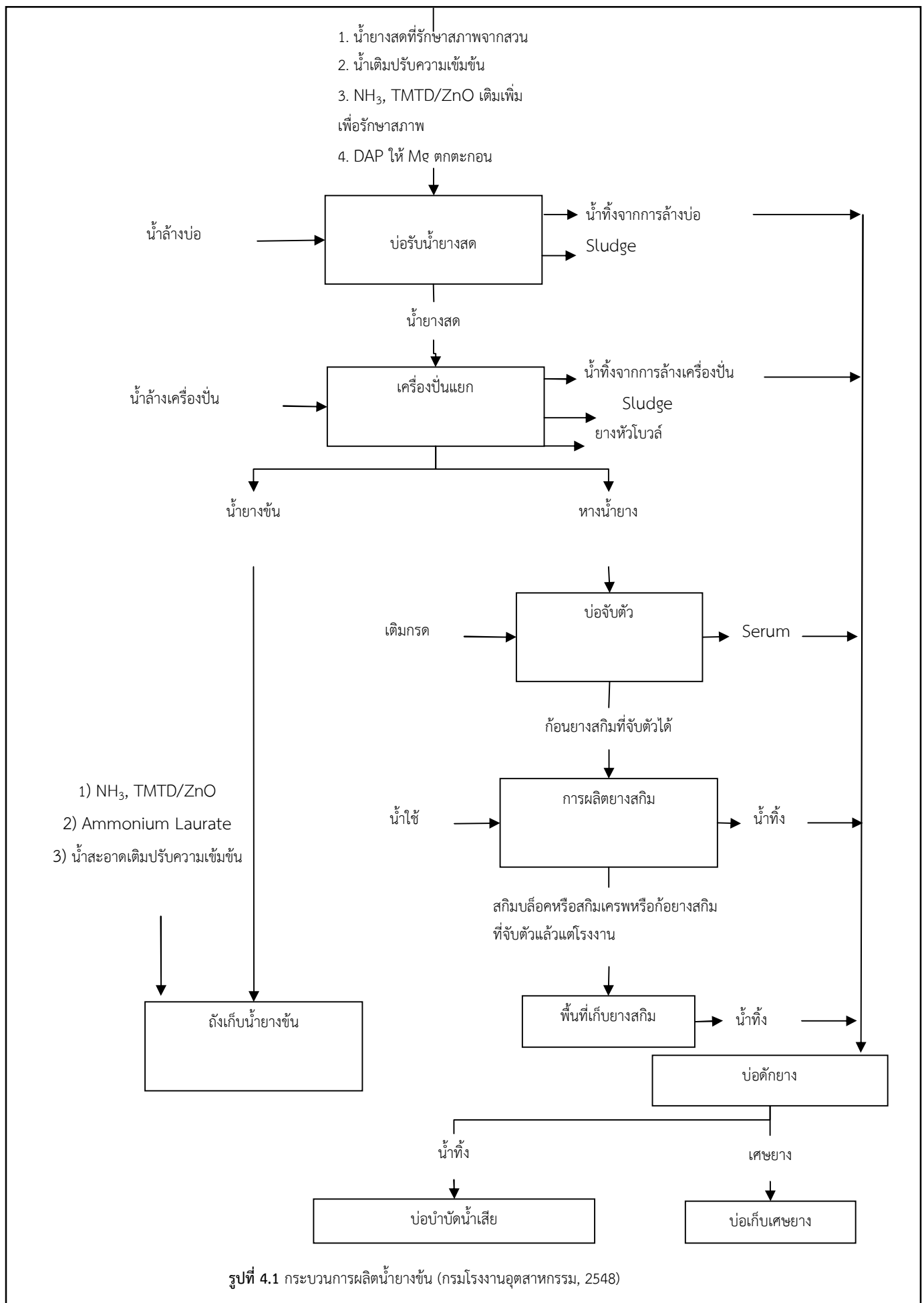
4.1 กระบวนการผลิตน้ำยางชั้น

น้ำยางชั้นคือ น้ำยางสดที่ได้จากการกรีดต้นยางพารา มีลักษณะเป็นของเหลวข้นคล้าย นํ้านม มีอนุภาคขนาด 0.05-0.5 ไมครอน โดยน้ำยางมีเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content:DRC) ไม่ต่ำกว่า 60 % ในขณะที่น้ำยางสดมีเนื้อยางแห้งประมาณ 25 – 45 % นอกนั้นมีน้ำเป็นส่วนใหญ่ ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ อายุ ฤดูกาล และกรรมวิธีการกรีดยาง โดยทั่วไปน้ำยางสดประกอบด้วยสารที่เป็นของแข็งทั้งหมดร้อยละ 36 เนื้อยางแห้งร้อยละ 33 โปรตีนและไขมันร้อยละ 1.0-1.2 คาร์โบไฮเดรตและเถ้าร้อยละ 1.0 ความหนาแน่น 0.975-0.980 กรัม/มิลลิลิตร และมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 6.5-7.0 ซึ่งต้องนำมาแปรรูปให้อยู่ในรูปของน้ำยางชั้น เพื่อให้เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์

กระบวนการผลิตน้ำยางชั้นแสดงในรูปที่ 4.1 โดยวัตถุดิบที่ใช้สำหรับผลิตน้ำยางชั้นคือ น้ำยางสด กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2548) ได้สรุปกระบวนการผลิตน้ำยางชั้น โดยเมื่อกรีดน้ำยางสดจากต้นแล้ว ชาวสวนจะทำการรักษาสภาพน้ำยางสดไม่ให้จับตัวด้วยแอมโมเนีย และTMTD/ZnO (tetramethyl thiuram disulphide/zinc oxide) แล้วบรรจุลงถังหรือรถแท้งค์เพื่อขนส่งไปขายให้โรงงานผลิตน้ำยางชั้น เมื่อถึงโรงงานน้ำยางชั้น ชาวสวนจะเทน้ำยางสดจากถังบรรจุหรือรถแท้งค์ ผ่านการกรองลงสู่บ่อรับน้ำยาง โรงงานจะเก็บตัวอย่างน้ำยางสดนี้เพื่อหาปริมาณน้ำยางแห้ง (Dry Rubber Content:DRC) และหาปริมาณแอมโมเนีย เพื่อคำนวณเงินที่จะจ่ายให้กับชาวสวน ในการปรับสภาพให้เหมาะสมในกระบวนการการปั่น พนักงานจะเติมแอมโมเนียให้น้ำยางสดในบ่อรับน้ำยางให้มีปริมาณแอมโมเนียเกินกว่า 0.4 % โดยน้ำหนัก หากทดสอบว่าน้ำยางสดมีปริมาณแมกนีเซียมสูง ซึ่งมีผลต่อคุณสมบัติทางด้านกลศาสตร์ของน้ำยาง (MST, Mechanical Stability Time) ก็จะเติม Diammonium hydrogen phosphate (DAP) เพื่อให้แมกนีเซียมตกตะกอนเป็นขี้แป้ง (sludge) โดยทิ้งให้ข้ามคืน น้ำยางสดที่นำไปปั่นควรมีแมกนีเซียมน้อยกว่า 50 ppm on total solid และเมื่อปั่นแล้วควรมีไม่เกิน 20 ppm on total solid นอกจากนี้ยังต้องนำตัวอย่างน้ำยางสดไปทดสอบหา

ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (Volatile Fatty Acid : VFA) ถ้าได้น้อยกว่า 0.05 จึงควรนำเข้าปั่น แต่ถ้าเกิน 0.05 ก็ไม่ควรนำเข้าเครื่องปั่น บ่อรับน้ำยางสดนี้จะมีการล้างทำความสะอาดทุกวันเนื่องจากมีการเติมสารเคมีช่วยในการตกตะกอนแมกนีเซียม และมีการจับตัวของยางที่ผนังบ่อ ซึ่งอาจทำให้น้ำยางสดมีการปนเปื้อนได้

ขั้นตอนต่อมาเป็นการปั่นเหวี่ยง (Centrifugation) เพื่อแยกน้ำยางออกจากน้ำและสารประกอบอื่นๆ การปั่นแยกน้ำยางสดจะได้ น้ำยางข้น (มีความเข้มข้นประมาณ 60 % ของเนื้อยางแห้ง) และหางน้ำยาง (skim latex) (มีเนื้อยางประมาณ 8%) ซึ่งโดยทั่วไปการเดินเครื่องปั่นจะสามารถเดินติดต่อกันได้อย่างมากครั้งละไม่เกิน 3 ชั่วโมง เพราะจำต้องหยุดเครื่องเพื่อทำความสะอาด ล้างพวกขี้แป้งและยางหัวโบล์ ที่ติดอยู่ในเครื่อง น้ำยางข้นที่ผลิตได้จะถูกเติมสารรักษาสภาพที่ลูกค้าต้องการ เช่น การทำน้ำยางข้นชนิด High Ammonia (HA) ก็จะได้ให้น้ำยางข้นมีปริมาณแอมโมเนีย 0.7 % โดยน้ำหนัก ส่วนถ้าจะทำน้ำยางข้นชนิด Low Ammonia (LA) ก็จะได้ให้น้ำยางข้นมีปริมาณแอมโมเนีย 0.2 % โดยน้ำหนัก และเติม TMTD/ZnO เป็นสารช่วยรักษาสภาพควบคู่ไปด้วย และบางแห่งน้ำยางข้นที่ปั่นได้มีความเข้มข้นมากเกินไปเวลาเก็บก็จะผสมน้ำลงไป เพื่อให้เจือจางลง ที่ถึงเก็บน้ำยางข้นต้องมีการทำความสะอาดอยู่เสมอ เพราะถ้าทิ้งน้ำยางข้นเหลือค้างไว้ในถังนานๆ น้ำยางจะจับตัว ส่วนหางน้ำยางนั้นจะถูกแปรสภาพเป็นสกินป्ल็อค หรือ สกินเครพ ต่อไป



รูปที่ 4.1 กระบวนการผลิตน้ำยางข้น (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2548)

4.2 ข้อมูลการวิเคราะห์บัญชีรายการ (Inventory Analysis)

การวิเคราะห์บัญชีรายการ และการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมในช่วงชีวิตของการผลิตน้ำยางชั้น ใช้หน่วยการทำงาน (Functional Unit) คือ 1 ตัน ของน้ำยางชั้น โดยผลการวิเคราะห์บัญชีรายการ แบ่งออกเป็น การวิเคราะห์บัญชีรายการขาเข้า และ ขาออก ดังนี้

4.2.1 การวิเคราะห์บัญชีรายการขาเข้า (Input Inventory)

จากการดำเนินการเก็บข้อมูลโรงงานน้ำยางชั้นจำนวน 4 โรงงานในจังหวัด นครศรีธรรมราช (2 โรงงาน), สงขลา (1 โรงงาน), และ สุราษฎร์ธานี (1 โรงงาน) ได้ข้อมูลการผลิตและการใช้ทรัพยากรดังสรุปในตารางที่ 4.1 โดยทั้ง 4 โรงงานเป็น โรงงานที่ผลิตน้ำยางชั้นทั้งแบบ HA (High Ammonia คือ น้ำยางชั้นที่มีการใช้แอมโมเนียปริมาณสูง (0.3-0.7% แอมโมเนียโดยน้ำหนัก)) และ LA (Low Ammonia คือ น้ำยางชั้นที่มีการใช้แอมโมเนียปริมาณสูง (ประมาณ 0.29 % แอมโมเนียโดยน้ำหนัก) น้ำยางชั้นที่ผลิตได้จะจำหน่ายทั้งในประเทศและส่งออกต่างประเทศ โดยช่วง 3-4 ปีก่อนหน้านี้จะส่งออกเป็นส่วนใหญ่ (ประมาณ 60-80%) โดยประเทศคู่ค้าที่สำคัญ คือ จีน มาเลเซีย และ สหรัฐอเมริกา แต่ในช่วง 1-2 ปีหลังสัดส่วนในการจำหน่ายในประเทศมีเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากมีการขยายฐานการผลิตผลิตภัณฑ์ปลายทางที่ใช้น้ำยางชั้นเป็นวัตถุดิบมากยิ่งขึ้น อาทิเช่น ถุงมือแพทย์ ถุงยางอนามัย อนึ่ง ผลการวิเคราะห์บัญชีรายการที่แสดงนี้แสดงถึงเฉพาะการผลิตน้ำยางชั้นเท่านั้น ไม่ได้รวมข้อมูลการผลิตยางสกิม (ซึ่งโดยปกติแล้วจะผลิตอยู่ในโรงงานเดียวกัน) เนื่องจากถือว่ายางสกิมไม่ได้อยู่ในส่วนหนึ่งของวัฏจักรชีวิตถุงยางอนามัย

อนึ่ง นอกเหนือจากกิจกรรมการผลิตและการใช้ทรัพยากรดังแสดงในตารางที่ 4.1 แล้ว ยังมีกิจกรรมการขนส่งน้ำยางสดจากสวนยาง (Fresh latex transportation) ของเกษตรกรมายังโรงงานผลิตน้ำยางชั้นอีกด้วย โดยจากการเก็บข้อมูลการขนส่งน้ำยางสดจากเกษตรกรจำนวน 30 ราย พบว่าระยะทางการขนส่งน้ำยางสดมีตั้งแต่ 3 – 60 กิโลเมตร โดยค่าเฉลี่ยของระยะทางการขนส่งจะอยู่ที่ประมาณ 30 กิโลเมตร โดยหากมีระยะทางไกลกว่า 60-70 กิโลเมตรจะไม่คุ้มค่าใช้จ่าย(ค่าน้ำมัน) ในการขนส่งโดยเกษตรกร (กรณีนี้เกษตรกรจะให้พ่อค้าคนกลางมารับซื้อน้ำยางสดจากสวนอีกต่อหนึ่ง) พาหนะในการขนส่งน้ำยางดิบส่วนใหญ่เป็นรถกระบะ (ดีเซล) ที่ดัดแปลงให้มีถังเก็บน้ำยางสดอยู่ด้านหลัง (บรรจุได้ประมาณ 2 ตัน) โดยในการศึกษานี้ได้ใช้หน่วย tkm (ton.kilometer) สำหรับการขนส่งน้ำยางสด เพื่อที่จะใช้ในการคำนวณการปลดปล่อยมลสาร โดยใช้ emission factor ของ Ecoinvent ต่อไป ซึ่งคำนวณแล้วได้ค่าการขนส่งน้ำยางสดเป็น 75 tkm (บนสมมติฐานที่คิดจากระยะทาง 60 กิโลเมตร (ไปกลับเที่ยวละ 30 กิโลเมตร) บรรทุกน้ำยางสด 2.5 ตัน (ที่จะผลิตได้เป็นน้ำยางชั้น 1 ตัน) แต่เที่ยวกลับไม่มีน้ำยางสดบรรทุกกลับ)

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลกิจกรรม (Activities) การผลิตและการใช้ทรัพยากรต่อการผลิตน้ำยางชั้น 1 ตัน

ข้อมูลการผลิต*	หน่วย	โรงงานที่ 1	โรงงานที่ 2	โรงงานที่ 3	โรงงานที่ 4	ค่าที่ใช้ในการ คำนวณ
ปริมาณน้ำยางสด (คิดที่น้ำหนักยางแห้ง – DRC)	kg	3,046	2,450	2,500	2,500	2,500
น้ำ	m ³	5	3.1	5.2	6.1	5
ไฟฟ้า	kWh	100	100	90	120	100
DAP (Diammonium Phosphate)	kg	2.5	2.3	2.6	2.4	2.5
TMTD (Tetramethyl thiuram disulfide)	kg	0.5	0.65	0.5	0.6	0.5
ZnO (Zinc Oxide)	kg	0.5	0.65	0.5	0.6	0.5
Lauric acid	kg	0.4	0.55	0.5	0.5	0.5
Ammonia	kg	16.7	18	21.1	19.1	18
น้ำเสีย	m ³	7.5	4.7	7.1	10	7

* ข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 4.1 นี้เป็นค่าเฉลี่ยข้อมูลของแต่ละโรงงาน

จากข้อมูลกิจกรรมการผลิตและใช้ทรัพยากรในตารางที่ 4.1 พบว่าทั้ง 4 โรงงานตัวอย่างที่ทำการเก็บข้อมูลมีช่วงของกิจกรรมการผลิตและใช้ทรัพยากรใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เนื่องจากใช้เทคโนโลยีการผลิต และการจัดการด้านต่างๆ คล้ายคลึงกัน โดยพบว่าในช่วง 6-7 ปีที่ผ่านมา เทคโนโลยีในการผลิตน้ำยางชั้น 1 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก (การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญอยู่ที่การเปลี่ยนแปลงชนิดของเชื้อเพลิงจากดีเซลมาเป็น LPG ในการอบยางสีกิม ซึ่งไม่ได้อยู่ในขอบเขตของการศึกษา เนื่องจากยางสีกิมไม่ได้อยู่ในวัฏจักรชีวิตในการผลิตยางอนามัย) จากผลการสำรวจพบว่าในการผลิตน้ำยางชั้น 1 ตัน ใช้น้ำยางสด (ในรูป DRC) ประมาณ 2.5 – 2.7 ตัน ปริมาณน้ำใช้ประมาณ 3-5 m³/ น้ำยางชั้น 1 ตัน ซึ่งน้ำเกือบทั้งหมดใช้ในการล้างทำความสะอาดรถขนส่งน้ำยาง บ่อรับน้ำยาง และ เครื่องปั่นแยก ในบางโรงงานอาจมีการนำน้ำมาใช้ในการเจือจางน้ำยางชั้น 1 ให้ได้ตามความเข้มข้นที่ต้องการ ซึ่งหากศึกษาในรายละเอียดพบว่าโรงงานที่ใช้เครื่องฉีดน้ำแรงดันสูงในการฉีดทำความสะอาดเครื่องปั่นแยกมีปริมาณการใช้น้ำน้อยกว่าโรงงานอื่นๆ ทั้ง 4 โรงงานที่ทำการสำรวจใช้แหล่งน้ำจากธรรมชาติ (เช่น น้ำจากภูเขา น้ำบาดาล) โดยมีการปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยการผ่านเรซิน และกำจัดความกระด้าง ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 90-100 kWh/ การผลิตน้ำยางชั้น 1 ตัน

ซึ่งกิจกรรมสำคัญที่ใช้ไฟฟ้าคือ การปั่นเหวี่ยงแยกน้ำยาง ส่วนสารเคมีรักษาสภาพน้ำยางชนิดต่างๆ ได้แก่ แอมโมเนีย TMTD/ ZnO และ Lauric acid พบว่ามีการใช้ในปริมาณที่ใกล้เคียงกันในทุกโรงงาน โดยเฉพาะในส่วนของแอมโมเนีย พบว่าทุกโรงงานมีการจัดการการเติมแอมโมเนีย ในปริมาณที่เหมาะสม ทั้งนี้เพื่อลดปริมาณการใช้กรดซัลฟิวริกในการผลิตยางสกิมต่อไป ส่วนปริมาณน้ำเสียอยู่ในช่วง $5 - 7 \text{ m}^3$ / การผลิตน้ำยางชั้น 1 ตัน ซึ่งน้ำเสียจากทั้ง 4 โรงงานที่เข้าสำรวจใช้วิธีการบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Treatment) ได้แก่ ระบบบ่อเติมอากาศ ระบบตะกอนเร่ง โดยบางโรงงานมีความสนใจที่จะปรับปรุงเป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนในอนาคต เพื่อใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพและลดการใช้ไฟฟ้าในการเติมอากาศ

4.2.2 การวิเคราะห์บัญชีรายการขาออก (Output Inventory)

จากข้อมูลปริมาณการใช้ทรัพยากรในกิจกรรม (Activities) ต่างๆ ที่นำเสนอไปหัวข้อก่อนหน้านี้แล้ว สามารถนำมาวิเคราะห์บัญชีรายการการปลดปล่อยมลสาร โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างระดับของกิจกรรม (Activity level) คูณกับตัวคูณการปลดปล่อยมลพิษ (Emission factors) โดยขอบเขตของมลสาร (pollutants) ที่สำคัญในการส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมประเภทต่างๆ ที่เลือกมาศึกษาในการวิจัยนี้แสดงดังตารางที่ 4.2 และแหล่งที่มาของ Emission factors แสดงในตารางที่ 4.3

ผลการวิเคราะห์บัญชีรายการการปลดปล่อยมลสารจากการผลิตน้ำยางชั้น เมื่อคิดเทียบกับ Functional unit คือ 1 ตันน้ำยางชั้นแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.2 มลสารและผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ศึกษาในงานวิจัยนี้

ผลกระทบสิ่งแวดล้อม	มลสาร
Global warming	CO ₂
	CH ₄
	N ₂ O
Acidification	SO ₂
	NO _x
	NH ₃
Eutrophication	N
	P
	NO ₃
	PO ₄
	COD
Human toxicity	SO ₂
	CO
	NO _x
	PM
Photochemical Oxidation (Smog)	CO
	NMVOC
	NO _x
	PM

ตารางที่ 4.3 แหล่งที่มาของ Emission factors ที่ใช้ในการคำนวณ

กิจกรรม	แหล่งที่มาของ Emission factor
การใช้ไฟฟ้า	การไฟฟ้าฝ่ายผลิต; TGO; Ecoinvent 2.0
การใช้ แอมโมเนีย	Ecoinvent 2.0
การใช้ DAP	Ecoinvent 2.0
การใช้ ZnO	Ecoinvent 2.0
การใช้ Lauric acid	Ecoinvent 2.0
การบำบัดน้ำเสีย	Ecoinvent 2.0
การขนส่งน้ำยางสด	Ecoinvent 2.0

* ไม่มีฐานข้อมูลเกี่ยวกับ Emission factor ของ TMTD หรือสารเคมีที่ใกล้เคียงจึงไม่นำมาคำนวณ

4.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Impact assessment) ของการผลิตน้ำยางข้น

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้ง 5 ประเภทตามที่ได้กำหนดไว้ได้ใช้ Characterisation Factor ของ CML University of Lieden ประเทศเนเธอร์แลนด์ นอกจากนั้นยังได้ประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมในภาพรวม (Overall environmental impact) ซึ่งจะเป็นค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมรวมค่าเดียว (Single score) โดยใช้วิธีของ Eco-indicator ซึ่ง Functional unit ต่อการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม นี้ก็คือ 1 ตันน้ำยางข้น โดยผลจากการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม แยกตามประเภทของสิ่งแวดล้อมแสดงดังตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.2

จากตารางที่ 4.4 - 4.5 และรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่ากิจกรรมที่มีส่วนสำคัญในการเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการผลิตน้ำยางข้น ได้แก่ *การใช้ไฟฟ้า* *การใช้แอมโมเนีย* และ *การขนส่งน้ำยางสด* โดยพบว่าเป็นสาเหตุหลักของผลกระทบ Global Warming, Acidification, Human Toxicity และ Photochemical oxidation โดยในส่วนของ *การใช้ไฟฟ้า* นั้นมลสารเกิดขึ้นจากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อผลิตไฟฟ้า (ตามฐานข้อมูลของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต) โดยกิจกรรมสำคัญในการใช้ไฟฟ้าก็คือ การปั่นเหวี่ยงแยกน้ำยางข้นออกจากหางน้ำยาง ซึ่งถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการผลิตน้ำยางข้น โดยคิดการใช้ไฟในขั้นตอนนี้เป็นประมาณ 90% ของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดในโรงงานน้ำยางข้น จากรูปที่ 4.2 สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อม Global warming Acidification Photochemical oxidation คิดเป็น 50% 70% และ 50% เมื่อเทียบกับกิจกรรมส่วนอื่นๆ ส่วน *การใช้แอมโมเนีย* นั้น ถือว่าเป็นสารเคมีสำคัญหลักของอุตสาหกรรมการผลิตน้ำยางข้น เนื่องจากใช้เป็นสารรักษาสภาพน้ำยางซึ่งใช้ตั้งแต่รักษาสภาพจากสวนยางของเกษตรกรจนถึงการรักษาสภาพหลังจากปั่นเป็นน้ำยางข้นแล้ว มลสารส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในขั้นตอนการผลิตแอมโมเนียซึ่งเป็นขั้นตอนที่ใช้พลังงานสูง และมีมลสารต่างๆเกิดขึ้นมากจากการใช้พลังงานนั้น ส่วนขณะที่ใช้จะทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของคน ซึ่งพบว่าในผลกระทบสิ่งแวดล้อม Human Toxicity กิจกรรมการใช้แอมโมเนียมีส่วนสูงที่สุด (ประมาณ 40%) ส่วน *การขนส่งน้ำยางสด* นั้นมลสารที่เกิดขึ้นทั้งหมดมาจากการเผาไหม้น้ำมันดีเซล ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นมลสารจำพวก CO₂, CO, NMVOC, NO_x และ ฝุ่นละอองทำให้ปริมาณมลสารจากกิจกรรมนี้มีสัดส่วนที่สูงตามไปด้วย ส่วนผลกระทบสิ่งแวดล้อม Eutrophication นั้นกิจกรรมสำคัญเกิดจาก*การใช้ Diammonium Phosphate (DAP)* ซึ่งใส่ลงไปในน้ำยางเพื่อตกตะกอน Mg ออกจากน้ำยาง การที่มี Phosphate เป็นองค์ประกอบหลักทำให้มีค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านนี้สูง โดยคิดเป็นสัดส่วนประมาณ 50% เมื่อเทียบกับกิจกรรมอื่นๆ นอกจากนี้กิจกรรมในการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ มีสัดส่วนในผลกระทบนี้ประมาณ 25%

จากผลการศึกษาดังกล่าว พบว่าการหาแนวทางที่ลดการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการปั่นเหวี่ยง

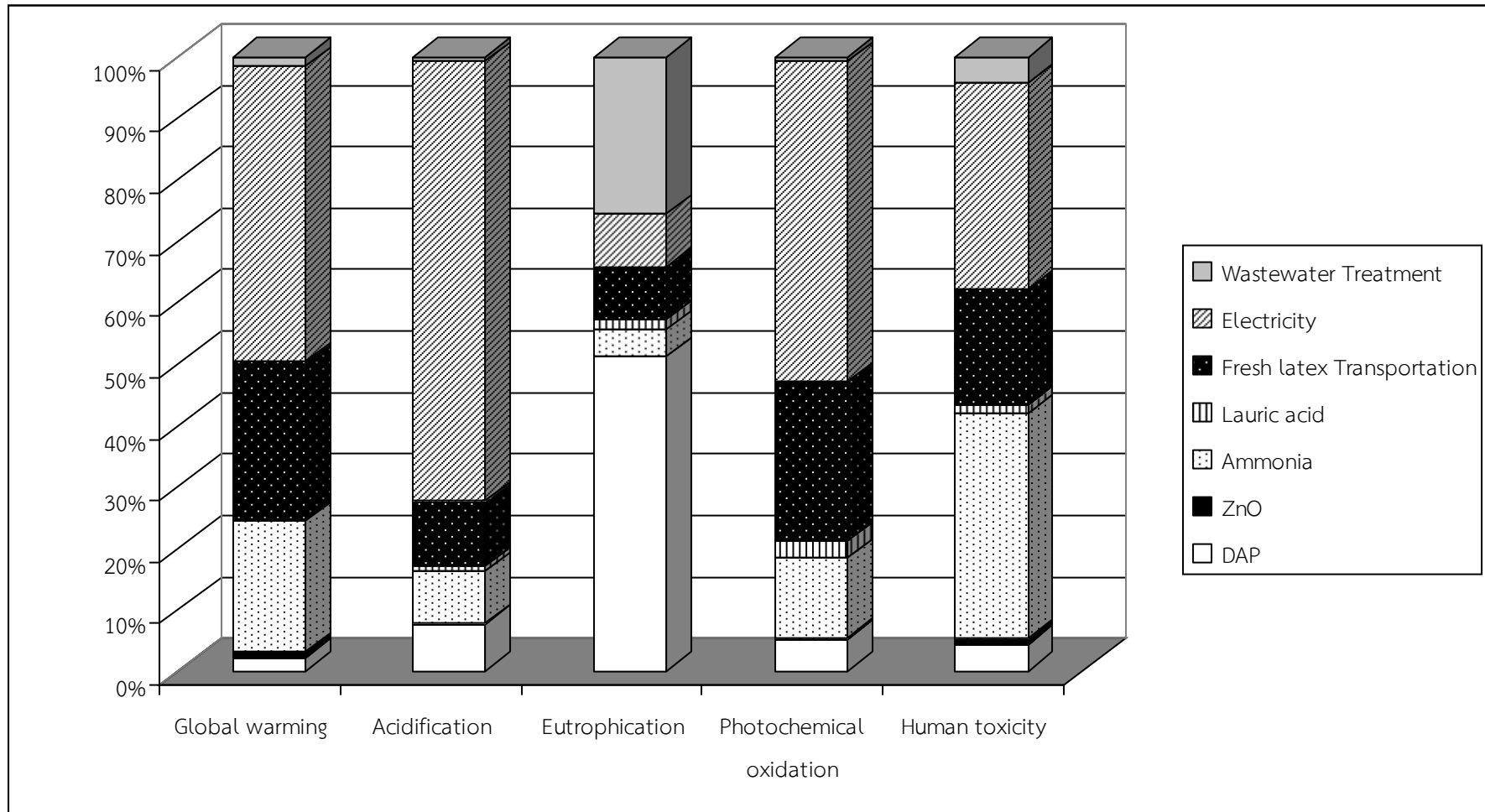
เป็นมาตรการที่โรงงานผลิตน้ำยางข้นควรให้ความสนใจเป็นอันดับแรกเนื่องจากการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการนี้ถือว่าเป็นสาเหตุหลักในผลกระทบหลายประเภท นอกจากนั้นวิธีการในการใช้แอมโมเนีย และสาร DAP อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อลดปริมาณการใช้ลง ก็ควรได้รับความสนใจในการนำมาใช้ในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ปัญชีรายการการปลดปล่อยมลสารจากการผลิตน้ำยางข้น 1 ตัน

Impact/ pollutants	Unit	Total	Activities						
			DAP	ZnO	Ammonia	Lauric acid	Fresh latex Transport	Electricity	Wastewater Treatment
Global Warming									
CO ₂	kg	152	4	2	34	0.43	40	71	1
CH ₄	g	546	5	4	68	2	52	413	2
N ₂ O	g	6	0.06	0.01	0.52	0.88	3	1	0.77
Acidification									
SO ₂	g	931	80	1	75	2	65	702	6
NO _x	g	368	11	2	42	3	130	174	6
NH ₃	g	3	0.11	0.01	0.25	1	< 0.001	0.06	2
Eutrophication									
N	g	5	0.04	0.00	2	0.57	1	0.00	3
P	mg	110	81	0.04	2	26	0	0.07	0.26
Nitrate	g	265	0.23	0.00	0.10	23	0.39	0.02	242
Phosphate	g	137	121	0.02	0.37	0.19	0.02	0.06	15
COD	g	289	7	0.46	86	3	2	34	157
Photochemical oxidation (Smog)									
CO	g	820	7	0.84	20	14	760	14	4
NMVOC	g	323	1	0.44	13	0.34	285	22	0.59
NO x	g	368	11	2	42	3	130	174	6
PM	g	24	2	0.10	10	2	8	1	0.46
Human Toxicity									
SO ₂	g	931	80	1	75	2	65	702	6
CO	g	820	7	0.84	20	14	760	14	4
NO x	g	368	11	2	42	3	130	174	6
PM	g	24	2	0.10	10	2	8	1	0.46

ตารางที่ 4.5 ผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการผลิตน้ำยางชั้น 1 ต้น

Impact	Unit	Total	Activities						
			DAP	ZnO	Ammonia	Lauric acid	Fresh latex Transportation	Electricity	Wastewater Treatment
Global warming	kg CO ₂ eq	169	4	2	36	0.2	43	81	3
Acidification	g SO ₂ eq	1,310	100	2	110	10	140	930	10
Eutrophication	g PO ₄ ³⁻ eq	240	120	0.2	10	4	20	20	60
Photochemical oxidation	g C ₂ H ₄ eq	80	4	0.2	10	2	20	40	0.5
Human toxicity	kg 1,4-DB eq	38	2	0.34	14	0.5	7	13	2



รูปที่ 4.2 สัดส่วนของกิจกรรมที่เกี่ยวข้องในการผลิตน้ำยางชั้น ที่มีต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทต่างๆ

บทที่ 5

การประเมินระยะการผลิตทุกอย่างอนามัย

บทที่ 5

การประเมินระยะการผลิตยางอนามัย

5.1 ข้อมูลทั่วไปของการผลิตยางอนามัย

บริษัทผลิตยางอนามัยที่ให้ความอนุเคราะห์ในการศึกษา ได้แก่ บริษัท ชัวร์เท็กซ์ จำกัด ตั้งอยู่ที่ อ. พุนพิน จ.สุราษฎร์ธานี เป็นบริษัทที่ทำการผลิตยางอนามัย 2 ประเภท ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติ (Natural Rubber Product – NR) และผลิตภัณฑ์ยางสังเคราะห์ (Polyisoprene – PI) โดยสินค้าเกือบทั้งหมด (98-99 %) จะทำการส่งออกจำหน่ายในต่างประเทศ ตลาดส่งออกหลัก ได้แก่ อเมริกา ยุโรป ฝรั่งเศส บราซิล และจีน ซึ่งปัจจุบันบริษัทฯ มีกำลังการผลิตประมาณ 600,000 กรอส/เดือน (กรอส (gross) เป็นหน่วยแสดงปริมาณที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมยางอนามัย โดย 1 กรอส มียางอนามัย 144 ชิ้น) แบ่งเป็นผลิตภัณฑ์ได้ 4 ประเภท คือ

1. **ประเภทที่ 1 Bulk untested condoms** เป็นยางอนามัยจากยางธรรมชาติที่ยังไม่ผ่านการทดสอบคุณภาพและรอยร้าวด้วยเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อตรวจหารอยร้าวหรือสิ่งผิดปกติอื่นๆ แต่จะส่งมอบให้กับลูกค้าเพื่อสำหรับลูกค้านำไปทดสอบคุณภาพและตรวจสอบรอยร้าว บรรจุพอยล์และจัดจำหน่ายต่อไป ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้คิดเป็นประมาณ 6.67% ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (มีกำลังการผลิตอยู่ที่ 40,000 กรอส/เดือน)
2. **ประเภทที่ 2 Tested condoms** เป็นยางอนามัยจากยางธรรมชาติที่ผ่านการการทดสอบรอยร้าวด้วยไฟฟ้าสถิตเรียบร้อยแล้ว แต่ไม่บรรจุพอยล์สามารถส่งมอบให้ลูกค้าได้เพื่อลูกค้าสามารถนำไปบรรจุพอยล์ต่อไป ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้คิดเป็นประมาณ 3.33% ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (มีกำลังการผลิตอยู่ที่ 20,000 กรอส/เดือน)
3. **ประเภทที่ 3 Finish product** เป็นยางอนามัยจากยางธรรมชาติที่ผ่านทุกกระบวนการผลิตทั้งการทดสอบด้วยเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ เติมสารหล่อลื่นและบรรจุพอยล์ สามารถจำหน่ายให้แก่ลูกค้าได้ ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้คิดเป็นประมาณ 83.3% ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (มีกำลังการผลิตอยู่ที่ 500,000 กรอส/เดือน)

4. ประเภที่ 4 ผลิตภัณฑ์ยางอนามัยจากยางสังเคราะห์ มีเฉพาะแบบ Finish product เท่านั้น มีกำลังการผลิตอยู่ที่ 40,000 กรอส/เดือน คิดเป็น 6.67% ของการผลิตทั้งหมด

โดยในการศึกษานี้จะศึกษากระบวนการผลิตของยางอนามัยจากยางธรรมชาติ แต่อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์การใช้ทรัพยากร พลังงาน และมลสารที่เกิดขึ้นจากการผลิตยางอนามัยจากยางสังเคราะห์ ก็จะถูกนำเสนอเพื่อเป็นการเปรียบเทียบกับการผลิตของยางอนามัยจากยางธรรมชาติ

5.2 น้ำยางคอมปาวด์

น้ำยางคอมปาวด์เป็นสารผสมกันระหว่าง น้ำยางธรรมชาติกับสารเคมีชนิดต่างๆ ทั้งนี้เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ยางอนามัยมีคุณสมบัติตรงตามความต้องการของบริษัทหรือลูกค้า วราภรณ์ (2549) ได้กล่าวถึงส่วนผสมสำหรับน้ำยางคอมปาวด์เพื่อใช้ในการผลิตยางอนามัย ประกอบด้วย

(1) **น้ำยาง (Latex)** โดยทั่วไปมักใช้น้ำยางที่มีความเข้มข้น 60% เนื้อยางแห้ง (dry rubber content) ซึ่งเลือกใช้ได้ทั้งน้ำยางธรรมชาติและน้ำยางสังเคราะห์ เช่น น้ำยาง เอส บี แอล (Styrene Butadiene Latex) น้ำยางโพลีคลอโรพรีน (Polychloroprene Latex) น้ำยางไนไธล หรือเอ็น บี แอล (Acrylonitrile Butadiene Latex) เป็นต้น หรืออาจใช้น้ำยางที่ได้ผ่านการทำให้คงรูปแล้ว การที่จะเลือกใช้น้ำยางชนิดไหนนั้น ขึ้นอยู่กับสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการผลิต น้ำยางที่หาได้ตลอดจนราคาของน้ำยาง

(2) **สารเพิ่มความเสถียร (Stabilizer)** ปกติจะเติมลงในน้ำยางเป็นอันดับแรก เพื่อเพิ่มความเสถียรให้กับน้ำยาง ทำให้สามารถเติมสารอื่นๆ ได้ โดยที่น้ำยางไม่เสียสภาพจับเป็นเม็ดหรือเป็นก้อน และยังช่วยให้ทำการผลิตได้อย่างสะดวกด้วย ตัวอย่างสารที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ สบู่ของกรดไขมัน เช่น โปแตสเซียมโอเลเอต แอมโมเนียลอเรต ซัลเฟต และซัลโฟเนตของสารอินทรีย์ เคซีอินและ แอมโมเนียเคซีเนต (Potassium oleate, ammonium laurate, sulphate and organic sulfonate, casein and ammonium caseinate) เป็นต้น

(3) **สารทำให้ยางคงรูป (Vulcanizing agent) และสารตัวกระตุ้น (activator)** ระบบการทำให้ยางคงรูปนิยมใช้กับน้ำยางคือ ใช้กำมะถันร่วมกับสารตัวกระตุ้นตัวเร่งให้ยางคงรูป กำมะถันที่ใช้อาจใช้ชนิดเนื้อละเอียด (Colloidal sulphur) หรือชนิดธรรมดา ปริมาณการใช้ประมาณ 0.5-2 ส่วน ต่อเนื้อยางแห้ง 100 ส่วน (phr, part per hundred rubber) โดยเตรียมให้เป็นสารแขวนลอย 50% (โดยน้ำหนัก) ส่วนสารตัวกระตุ้น ใช้ซิงค์ออกไซด์ ปริมาณประมาณ 1-5 phr

(4) **สารตัวเร่งให้ยางคงรูป (Accelerator)** ในน้ำยางไม่มีปัญหาการเกิดยางคงรูปก่อนเวลา (scorch) หรือยางตาย จึงสามารถใช้สารตัวเร่งปฏิกิริยายางคงรูปกลุ่มที่ไวต่อปฏิกิริยา ได้แก่ สารในกลุ่มไดไทโอคาบาเมต (dithiocarbamates) แซนเทต (xanthates) และกลุ่มไทอาโซล (thiazole)

(5) **สารตัวเติม (Filler, extender) และสีต่างๆ** เป็นสารตัวเติมใส่ลงในน้ำยางเพื่อเพิ่มความแข็งแรง และช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีราคาลดลง ปกติการเติมสารตัวเติมลงในน้ำยางอาจเติมโดยตรง โดยไม่

จำเป็นต้องบดด้วยเครื่องที่ใช้บดเตรียมสารเคมีผสมกับน้ำยาง ตัวอย่างสารตัวเติม ได้แก่ เคลย์ (clay) จะผสมกับน้ำยางได้ง่าย โดยการกวนกับน้ำให้เปียกก่อนเติมลงในน้ำยาง สารตัวเติมชนิดลิโทพอน (lithopone) ผสมกับน้ำยางได้ถึง 200 phr จะมีผลทำให้น้ำยางเป็นสีขาวมากขึ้น สารตัวเติมชนิดเขม่าดำ (carbon black) เติมเพื่อให้น้ำยางเป็นสีดำ หรือสีเทา mineral oil เป็นน้ำมันที่เติมเพื่อช่วยลดแรงยึดเกาะตามความยาวที่กำหนด (modulus) ให้กับผลิตภัณฑ์ยาง

(6) สารป้องกันยางเสื่อมด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Antioxidant) สารกลุ่มนี้จะช่วยลดการเกิดปฏิกิริยา จึงยืดอายุของผลิตภัณฑ์ ควรเลือกกลุ่มสารที่ไม่เปลี่ยนสี (non-staining) เพื่อช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีสีที่คงทน ไม่คล้ำ หรือหมองลง ตัวอย่างสาร เช่น Nonox WSL เป็นชื่อการค้าของบริษัท Imperial Chemical Industries Ltd. ซึ่งมีส่วนประกอบของสารฟีนอลิก (phenol derivatives)

(7) สารช่วยในกรรมวิธีการผลิต (Processing aids) สารกลุ่มนี้ จะช่วยให้การผลิตสะดวกขึ้น การเลือกชนิดของสารขึ้นอยู่กับประเภทของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการผลิต ซึ่งวิธีในการเตรียมสารควรอยู่ในสภาพเหมาะสม ก่อนที่จะเติมลงผสมกับน้ำยาง คือ จำเป็นต้องเตรียมให้สารต่างๆอยู่ในรูปของเหลวหรือเปียกก่อน เพื่อป้องกันปัญหาการจับตัวของยาง การเติมสารต่างๆในสถานะแห้งลงในน้ำยาง อาจปรับให้เหมาะสมเช่น ถ้าเป็นประเภทที่ละลายน้ำได้ให้เตรียมเป็นสารละลาย (solution) ชนิดที่ไม่ละลายน้ำเตรียมเป็นสารแขวนลอยกระจายอยู่ในน้ำ (dispersion) ส่วนสารที่ไม่ละลายน้ำเตรียมเป็นสารผสมกระจายอยู่ในน้ำ (emulsion)

5.3 กระบวนการผลิตยางอนามัย

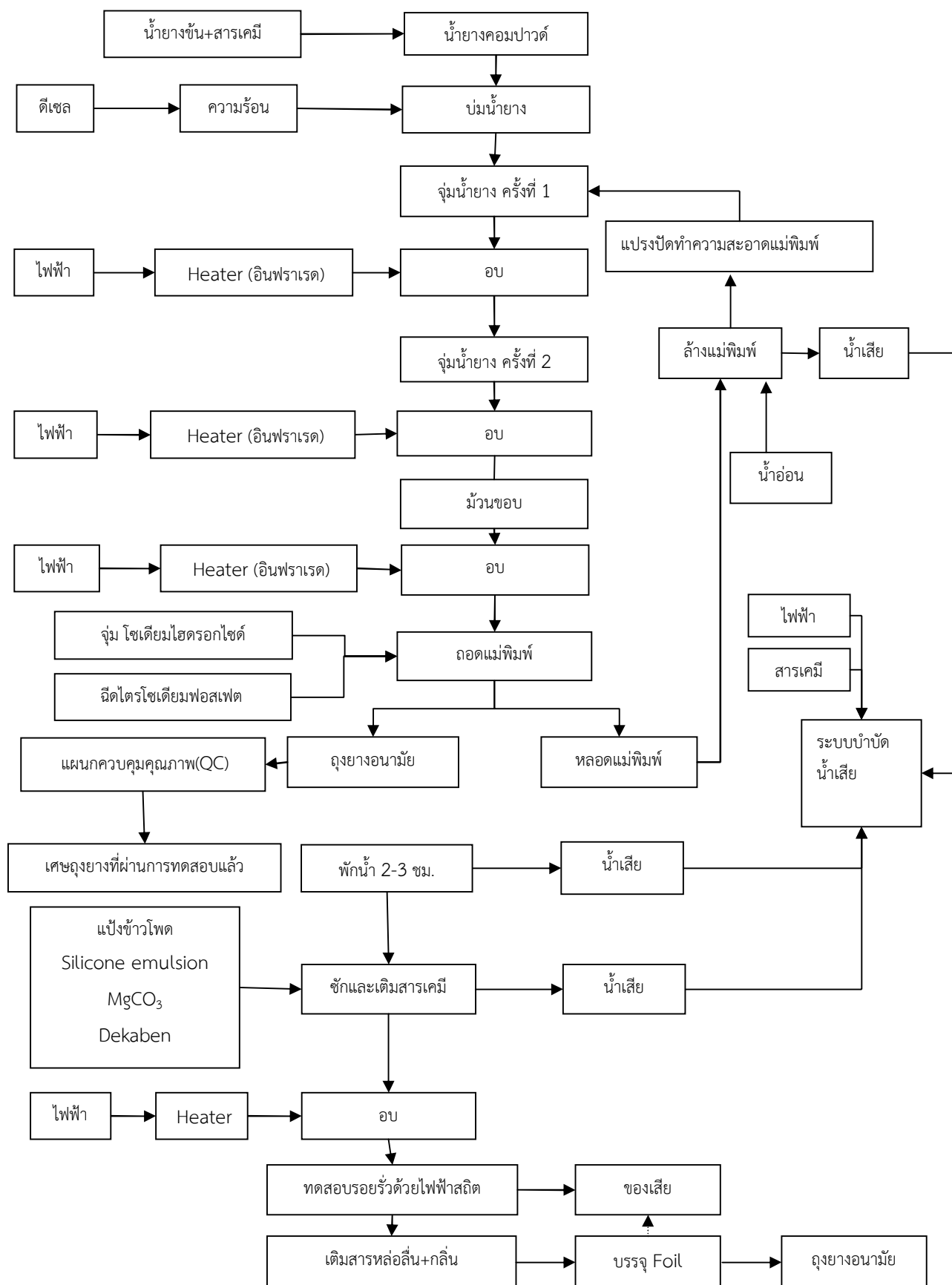
สำหรับกระบวนการผลิตยางอนามัยจะแบ่งเป็นขั้นตอนหลัก 5 ขั้นตอน คือ 1) การเตรียมน้ำยางคอมปาวด์ 2) การจุ่มขึ้นรูป 3) การชักยางอนามัย 4) การทดสอบด้วยเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ 5) การเติมกลิ่นและบรรจุพอยล์ โดยรายละเอียดแต่ละขั้นตอนมีดังนี้ (ดังรูปที่ 5.1)

(1) การเตรียมน้ำยางคอมปาวด์ (Compounding Process) เป็นการนำน้ำยางข้นมาผสมกับสารเคมีและสีตามต้องการ ส่วนผสมที่ใช้ในการผสมจะเป็นไปตามสูตรเฉพาะของแต่ละบริษัท เพื่อให้ยางมีความคงตัวและทนทาน (ตามรายละเอียดใน 3.3.2) จากนั้นผ่านการบ่มด้วยความร้อน 70 องศาเซลเซียส (ใช้ดีเซลเป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อน) เป็นเวลาอย่างน้อย 10 วัน น้ำยางคอมปาวด์จะเกิดปฏิกิริยาเคมีอย่างสมบูรณ์ ซึ่งน้ำยางคอมปาวด์นี้จะถูกนำไปใช้ในขั้นตอนการผลิตต่อไป

(2) การจุ่มขึ้นรูป (Dipping Process) ขั้นตอนการจุ่มขึ้นรูปเป็นขั้นตอนที่สำคัญสำหรับกระบวนการผลิตยางอนามัย เพราะลักษณะของยางอนามัยจะขึ้นอยู่กับแม่พิมพ์ที่ถูกออกแบบมาตามรูปลักษณะที่ต้องการ ไม่ว่า ลักษณะของกันดั้ม ผีเสื้อ รูปทรง และขนาด ซึ่งในขั้นตอนนี้จะเริ่มตั้งแต่แท่งแก้วสำหรับขึ้นรูปที่ผ่านกระบวนการล้างทำความสะอาดเรียบร้อยแล้ว จะเรียงต่อกันเป็นแถวแล้วค่อยๆ เคลื่อนตัวจุ่มลงในถังที่มีน้ำยางคอมปาวด์ที่ผสมเรียบร้อยแล้ว แท่งแก้วแต่ละแท่งจะหมุนไปรอบๆอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ส่วนผสมกระจายตัวติดแท่งแก้วและมีความหนาที่เท่าๆกัน จากนั้นแท่ง แก้วจะเคลื่อนตัวผ่านเข้าตู้อบความ

ร้อนอินฟราเรดเพื่อให้แห้ง และเมื่อออกจากตู้อบ แ่งแก้วต้องจุ่มน้ำอีกครั้ง เพื่อให้ถุงยางอนามัยมีความหนาและทนทานเพียงพอ และผ่านการอบแห้งครั้งที่สอง จากนั้นแ่งแก้วจะเคลื่อนผ่านแปรงนุ่ม ที่ทำหน้าที่ม้วนขอบถุงยาง ก่อนที่จะผ่านเข้าสู่ตู้อบครั้งสุดท้าย เพื่อให้สารประกอบต่างๆในน้ำยางคอมปาวด์มีปฏิกิริยากันอย่างสมบูรณ์และชั้นของน้ำยางห่อหุ้มเป็นเนื้อเดียวกัน หลังจากนั้นถุงยางอนามัยจะถูกถอดออกจากแ่งแก้ว โดยการฉีดด้วยสารเคมี เพื่อให้ถุงยางอนามัยสามารถลื่นและหลุดได้โดยง่ายจากแ่งแก้ว

(3) การซักถุงยางอนามัย (Washing Process) เมื่อขั้นตอนการขึ้นรูปเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะนำถุงยางทั้งหมดไปซัก โดยการเติมสารเคมี ได้แก่ Silicone emulsion, $MgCO_3$, Dekaben และแป้งข้าวโพด เพื่อป้องกันการจับตัวเป็นก้อน จากนั้นเข้าสู่ตู้อบแห้ง และขณะเดียวกันถุงยางอนามัยบางส่วนจะถูกสุ่มตัวอย่างเพื่อนำไปตรวจสอบคุณภาพ คือ การตรวจความรั่ว การทดสอบแรงดันอากาศ และการทดสอบความทนทาน เพื่อให้ถุงยางอนามัยเป็นไปตามมาตรฐาน มอก.625-2548 และ ISO-4074 (ถุงยางที่ผลิตส่งขายให้กับลูกค้าในขั้นตอนนี้เรียกว่า Bulk untested condoms)



รูปที่ 5.1 กระบวนการผลิตถุงยางอนามัยจากยางธรรมชาติ

(4) การทดสอบด้วยเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Testing Process) ถุงยางอนามัยทุกชิ้นก่อนที่จะบรรจุจำหน่ายต้องผ่านกระบวนการทดสอบด้วยเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อตรวจหารอยรั่วหรือสิ่งผิดปกติอื่นๆ โดยถุงยางอนามัยแต่ละชิ้นจะถูกครอบลงบนแท่งโครเมียม และปล่อยกระแสไฟฟ้าแรงดันสูง เข้าไปในแท่งโลหะนี้ เมื่อถุงยางอนามัยขึ้นไต่ขึ้นหนึ่งมีรอยรั่วหรือสิ่งผิดปกติ ถุงยางอนามัยชิ้นนั้นจะถูกแยกออกมาต่างหากเพื่อตัดทิ้ง และสำหรับถุงยางอนามัยที่ดีจะถูกม้วนด้วยสายพานเข้าสู่กระบวนการบรรจุฟอยล์ต่อไป (ถุงยางที่ผลิตส่งขายให้กับลูกค้าในขั้นตอนนี้เรียกว่า Tested condoms)

(5) การเติมกลี้นและบรรจุฟอยล์ (Packing Process) เป็นขั้นตอนการผลิตสุดท้ายหลังจากที่ถุงยางอนามัยทุกชิ้นผ่านกระบวนการทดสอบด้วยเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นการตรวจสอบคุณภาพแล้ว ถุงยางอนามัยจะถูกลำเลียงด้วยสายพานแล้วนำไปเติมกลี้น เติมน้ำยาฆ่าเชื้อ และบรรจุฟอยล์ และสามารถส่งมอบจำหน่ายต่อไป

5.4 กระบวนการทดสอบคุณภาพ

กระบวนการทดสอบคุณภาพถุงยางอนามัย ซึ่งหลักเกณฑ์และข้อกำหนดของมาตรฐานของถุงยางอนามัยจะเป็นไปตามมาตรฐาน มอก.625-2548 เรื่อง ถุงยางอนามัยจากน้ำยางธรรมชาติ-คุณลักษณะที่ต้องการและวิธีทดสอบ (มาตรฐานอุตสาหกรรม, 2548) และสำหรับในหลายๆ ประเทศกำหนดให้ถุงยางอนามัยต้องผ่านข้อกำหนดตามมาตรฐาน ISO 4074 ซึ่งนอกจากจะมีข้อกำหนดที่เกี่ยวกับความแข็งแรง การไม่มีรูรั่วและข้อบกพร่องอื่นๆ ของถุงยางอนามัยแล้ว มาตรฐานนี้ยังรวมเอาข้อกำหนดที่เกี่ยวกับสมบัติของถุงยางอนามัยหลังการบ่มแรงไว้ด้วย

กระบวนการทดสอบคุณภาพของถุงยางอนามัย ได้แก่ ความยาว ความกว้าง ความหนา ปริมาณและความดันขณะแตก การบ่มแรง การปลดรูรั่ว การบรรจุ แรงดึงและความยืดเมื่อขาด สารหล่อลื่น การบรรจุและการแสดงฉลาก ซึ่งถุงยางที่ถูกสุ่มมาจะต้องผ่านกระบวนการทดสอบคุณภาพ เพื่อเป็นการรับรองคุณภาพของถุงยางให้มีความปลอดภัยและได้มาตรฐาน สามารถจำหน่ายได้ต่อไป

5.5 การจัดการมลพิษในการผลิตถุงยางอนามัย

(1) น้ำเสีย น้ำเสียที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มาจากกระบวนการ Compounding, Dipping และ Washing ซึ่งมีการใช้น้ำเป็นส่วนสำคัญในกระบวนการ ทำให้ทางบริษัทผลิตถุงยางอนามัยได้ใช้ระบบบำบัดแบบ Activated Sludge โดยในแต่ละวันการผลิตถุงยางอนามัยจะใช้น้ำในกระบวนการผลิตประมาณ 550 m^3 ซึ่งทั้งหมดกลายเป็นน้ำเสียประมาณ 550 m^3 โดยมีค่าความสกปรกของน้ำเสียวัดจากค่า BOD 400 mg/l และ COD $2,000 \text{ mg/l}$ โดยพบว่าน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการ washing จะมีการใช้น้ำปริมาณมากและมีความสกปรกสูง เนื่องจากในกระบวนการชักถุงยางอนามัยนอกจากมีการใช้ปริมาณน้ำสำหรับชักถุงยางอนามัยที่

มากและยังมีการผสมสารเคมีต่างๆมากมาย เช่น แป้งข้าวโพด แมกนีเซียมคาร์บอเนต เป็นต้น ทำให้ต้องมีการกำจัดสารเคมีพวกนี้ก่อนไปบำบัดน้ำเสียรวมของระบบบำบัดของโรงงาน อีกกระบวนการที่ใช้น้ำค่อนข้างมากเช่นกัน คือ กระบวนการจุ่มเพราะต้องมีการล้างแห้งแก้วก่อนและหลังการจุ่มขึ้นรูป ทำให้เกิดน้ำเสียปริมาณมากด้วยเช่นกัน

(2) ขยะ ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากการประกอบกิจกรรมในโรงงานอยู่ที่ 1,200 ตันต่อปี ซึ่งเมื่อคิดเฉพาะขยะที่เป็นถุงยางอนามัยมีเพียง 25 % ของขยะทั้งหมดเท่านั้น ส่วนขยะที่เหลือเป็นขยะทั่วไปภายในโรงงาน ทางโรงงานผลิตถุงยางอนามัยมีรูปแบบการกำจัด 3 รูปแบบ ได้แก่ 1) การฝังกลบ ถ้าเป็นขยะทั่วไปจะนำไปฝังกลบโดยทางเทศบาล แต่ถ้าเป็นขยะที่เกิดจากกระบวนการผลิตจะถูกส่งไปฝังกลบที่จังหวัดสระบุรีและราชบุรี ขยะที่เกิดจากกระบวนการผลิตถุงยางอนามัยมีเพียง 3 ตัน/ปี คิดเป็น 1% เท่านั้น 2) การเผา ขยะจะถูกรวบรวมไปเผาที่โรงปูนซีเมนต์ไทยและโรงปูนนครหลวงที่จังหวัดสระบุรี 3) การรีไซเคิล ถุงยางอนามัยที่ผ่านกระบวนการผลิตเกือบ 99% จะถูกนำไปรีไซเคิลและสามารถนำมาเข้าสู่กระบวนการผลิตอีกครั้ง

(3) ระบบบำบัดอากาศเสีย แหล่งกำเนิดมลพิษอากาศของโรงงานผลิตถุงยางอนามัยจะเกิดจากฝุ่นแป้งในกระบวนการ Washing and Drying ซึ่งทางบริษัทใช้ระบบดักจับอากาศด้วย Dust Collector

5.6 ผลการวิเคราะห์บัญชีรายการการผลิตถุงยางอนามัย (Inventory Analysis)

5.6.1 ทรัพยากร และพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตถุงยางอนามัย

ทรัพยากรหลักที่ใช้ในการผลิตถุงยางอนามัย ได้แก่ น้ำยางสด และสารเคมีต่างๆทั้งสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมน้ำยางคอมปาวด์ ใช้ในการทำความสะอาดถุงยางอนามัย และสารเคมีในการบำบัดน้ำเสีย ส่วนพลังงานส่วนใหญ่เป็นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการให้ความร้อน และใช้ในการขับเคลื่อนอุปกรณ์ เครื่องจักรในกระบวนการผลิต รายละเอียดข้อมูลกิจกรรมการใช้ทรัพยากรและพลังงานที่ใช้ในการผลิตถุงยางอนามัยจากยางธรรมชาติ เทียบต่อการผลิตถุงยางอนามัย 1 กรอส แสดงในตารางที่ 5.1 ทั้งนี้ได้แสดงข้อมูลการผลิตถุงยางอนามัยจากยางสังเคราะห์เปรียบเทียบด้วย

5.6.2 บัญชีรายการการปลดปล่อยมลสารจากการผลิตถุงยางอนามัย

ตารางที่ 5.2 แสดงถึงผลการวิเคราะห์บัญชีรายการในส่วนที่เป็นมลสารที่เกิดจากการผลิตถุงยางอนามัยจากยางธรรมชาติ โดยแบ่งตามประเภทของกิจกรรมหลักในการผลิตถุงยางอนามัย โดยกิจกรรมในตารางที่ 5.2 ที่นำเสนอ นั้นแบ่งออกเป็นกิจกรรมหลักได้แก่ 1) การใช้ไฟฟ้าในการผลิต (รวมไฟฟ้าในการผลิตทุกขั้นตอน และไฟฟ้าที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย) 2) การใช้น้ำมันดีเซล 3) สารเคมีที่ใช้ในการผสมน้ำยางคอมปาวด์ 4) กิจกรรมการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบชีวอากาศ และ 5) สารเคมีอื่นๆ ซึ่งสารเคมีอื่นๆในที่นี้ได้แก่ สารเคมีอื่นๆที่ไม่ได้ใช้ในการผสมน้ำยางคอมปาวด์ ซึ่งในที่นี้คือสารเคมีที่ใช้ในขั้นตอนถอดแม่พิมพ์ (Sodium

Hydroxide, Trisodium phosphate) สารเคมีที่เติมในขั้นตอนการชักเงาอย่างอนามัย (แป้งข้าวโพด, Silicone emulsion, Magnesium carbonate, Dekaben) และสารเคมีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย (Sulfuric acid, Ferric chloride, Cation Polymer)

ตารางที่ 5.1 ข้อมูลกิจกรรมที่ใช้ในการผลิตยางอนามัย 1 กรอส

กิจกรรม	ยางธรรมชาติ	ยางสังเคราะห์	หน่วย
1) น้ำยาง	0.4696	0.69	kg
2) น้ำมันดีเซล	0.075	-	litre
3) ไฟฟ้าในกระบวนการผลิต ได้แก่			
- Compounding Process	0.04238	0.4113	kWh
- Dipping Process	2.45047	7.2382	kWh
- Electronic Testing Process	0.20839	0.1911	kWh
- Foiling Process	0.09790	0.1885	kWh
- Packing Process	0.03426	0.0343	kWh
4) ไฟฟ้าในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย	0.105	0.1050	kWh
5) ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น	0.02750	0.02750	m ³
6) ปริมาณยางที่ผ่านการทดสอบ/ไม่ได้คุณภาพที่นำไปกำจัด			
- Recycle	0.04125	0.04125	kg
- Landfill	0.005	0.005	g
7) สารเคมีสำหรับกระบวนการผลิต ² ได้แก่			
Vulcanizing agent	-	5.68	g
Surfactant # 1	0.026	-	g
Surfactant # 2	0.43	-	g
Stabilizer # 1	0.001	-	g
Activator	1.79	-	g
Dispersing agent	0.6	-	g
Antioxidant	2.90	3.23	g
Ammonia #1	2.18	4.94	g
Ammonia #2	-	3.75	g
Accelerator #1	2.56	1.55	g

² สารเคมีที่ใช้ในการผลิตบางชนิดไม่สามารถระบุชื่อได้เนื่องจากเป็นความลับของทางบริษัท

Accelerator # 2	1.81	2.98	g
Accelerator # 3	-	10.57	g
Stabilizing agent #1	-	2.02	g
Stabilizing agent #2	-	2.28	g
Stabilizing agent #3	-	1.22	g
Dispersing agent	0.17	-	g
50% Curing agent	4.64	-	g
STARCH	32.9	140	g
SILICONE Emulsion	3.4	16.3	g
Foiling silicone	-	80	g
DEKABEN	0.36	-	g
Magnesium carbonate	2.88	-	g
Trisodium phosphate	2.44	-	g
Sodium hydroxide	12.8	20.0	g
Soap	-	2.75	g
Antibacteria	-	3.75	g
8) สารเคมีสำหรับกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ได้แก่			
- Sulphuric acid 50 %	0.2	0.2	ml
- Ferric Chloride 40 %	0.133	0.133	ml
- Cation polymer	0.017	0.017	g

จากผลการวิเคราะห์การปลดปล่อยมลสารพบว่ามลสารหลายชนิด อาทิเช่น CO_2 , CH_4 , N_2O , SO_2 , NO_x มีแหล่งกำเนิดสำคัญจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าในการผลิตถุงยางอนามัย ซึ่งต้องใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตเกือบทุกขั้นตอน ตั้งแต่การจุ่มน้ำยาง การทดสอบทางไฟฟ้า การฉีกฟอยล์และบรรจุหีบห่อ รวมถึงการใช้ไฟฟ้าในระบบบำบัดน้ำเสีย โดยเมื่อพิจารณารายละเอียดของสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตแล้วพบว่าไฟฟ้าส่วนใหญ่ (84%) ใช้ในกระบวนการจุ่มแม่พิมพ์ (Dipping process) ส่วนการใช้ไฟฟ้าในขั้นตอนการผลิตอื่นๆ ถือได้ว่ามีสัดส่วนน้อยเมื่อเทียบกับการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการจุ่มแม่พิมพ์ ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 5.3 สำหรับการปลดปล่อยสาร NH_3 พบว่ากิจกรรมหลักที่เกี่ยวข้องเกิดขึ้นจากการใช้สารเคมีอื่นๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิต (นอกเหนือจากสารเคมีที่ใส่ในน้ำยางคอมปาวด์) ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ในรายละเอียดแล้วพบว่าเกิดจากกระบวนการผลิตแป้งข้าวโพดที่ใช้ใส่ในขั้นตอนการชักและทำความสะอาดถุงยางอนามัยที่ผ่านการจุ่มและถอดแม่พิมพ์แล้ว

ตารางที่ 5.2 ผลการวิเคราะห์บัญชีรายการการปลดปล่อยมลสารจากระบวนการผลิตยางอนามัย 1 กรอส

ผลกระทบ/ มลสาร	หน่วย	รวม	กิจกรรม					
			สารเคมีเตรียมน้ำยาง คอมปาวด์	สารเคมีอื่นๆ	ดีเซล	ไฟฟ้า	การกำจัดมูลฝอย ^๑	การบำบัดน้ำเสีย
Global warming								
CO ₂	kg	2.37	0.03	0.06	0.20	2.07	<0.001	0.01
CH ₄	g	12.56	0.13	0.14	0.24	12.04	<0.001	0.01
N ₂ O	mg	59.35	0.48	7.94	4.80	41.90	<0.001	4.23
Acidification								
SO ₂	g	21.25	0.20	0.24	0.30	20.48	<0.001	0.04
NO _x	g	8.92	0.06	0.17	3.58	5.09	<0.001	0.04
NH ₃	mg	103.77	0.45	93.68	0.01	1.66	<0.001	7.98
Eutrophication								
N	mg	21.93	0.31	1.50	6.48	0.14	<0.001	13.49
P	µg	196.96	16.92	176.36	0	2.09	<0.001	1.58
Nitrate	g	1.34	0	0	0	0	<0.001	1.33
Phosphate	mg	129.67	2.29	45.66	0.08	1.85	<0.001	79.79
NO _x	g	8.92	0.06	0.17	3.58	5.09	<0.001	0.04

ผลกระทบ/ มลสาร	หน่วย	รวม	กิจกรรม					
			สารเคมีเตรียมน้ำยา คอมพิวเตอร์	สารเคมีอื่นๆ	ดีเซล	ไฟฟ้า	การกำจัดของเสีย ^a	การบำบัดน้ำเสีย
COD	g	2.12	0.19	0.05	0.01	1.00	<0.001	0.86
Human Toxicity								
SO ₂	g	21.25	0.20	0.24	0.30	20.48	<0.001	0.04
CO	g	1.62	0.03	0.06	1.09	0.41	<0.001	0.02
NO _x	g	8.92	0.06	0.17	3.58	5.09	<0.001	0.04
PM	mg	117.46	4.55	17.19	82.02	9.77	<0.001	3.94
Photochemical oxidation								
CO	g	1.62	0.03	0.06	1.09	0.41	<0.001	0.02
NM VOC	g	1.96	0.02	0.05	1.24	0.65	<0.001	0.00
NO _x	g	8.92	0.06	0.17	3.58	5.09	<0.001	0.04
PM	mg	117.46	4.55	17.19	82.02	9.77	<0.001	3.94

a การกำจัดของเสียในการศึกษาระยะนี้เป็นของเสียที่ผ่านการทดสอบด้วยไฟฟ้าแล้ว รวมกับของเสียที่ชำรุด มีขนาดเล็กเสียหาย

ตารางที่ 5.3 สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในการผลิตยางอนามัย

ขั้นตอนการผลิต	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้	สัดส่วนการใช้ไฟฟ้า
	kwh/กรอส	%
การเตรียมน้ำยางคอมปาวด์	0.04	1.5
การจุ่มแบบพิมพ์	2.45	84
การทดสอบทางไฟฟ้า	0.21	7.1
การห่อหุ้มด้วยฟอยล์	0.08	2.6
การบรรจุภัณฑ์	0.03	1.2
การบำบัดน้ำเสีย	0.11	3.6
รวมการใช้ไฟฟ้า	2.92	100

ส่วนมลสารกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบ Eutrophication (N, Nitrate, Phosphate, COD) จะเกี่ยวข้องกับกิจกรรมของการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งใช้ระบบ Activated sludge ตามด้วยระบบ Oxidation pond ส่วนมลสารกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบด้าน Human toxicity (CO, PM) และ photochemical oxidation (NMVOC) เกิดจากกิจกรรมในการเผาไหม้ของดีเซลซึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิง สำหรับให้ความร้อนในการอุ่นน้ำยางคอมปาวด์

5.7 ผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการผลิตยางอนามัย (Impact assessment)

เมื่อพิจารณาสัดส่วนของกิจกรรมต่างๆที่มีต่อผลกระทบแต่ละชนิด (ตารางที่ 5.4 และ รูปที่ 5.2 ถึง 5.7) พบว่า กิจกรรมการใช้ไฟฟ้าถือเป็นกิจกรรมหลักที่มีส่วนทุกๆผลกระทบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผลกระทบด้าน Global warming, Acidification และ Photochemical oxidation ซึ่งมีสัดส่วนสูงประมาณ 80-90% ของกิจกรรมทั้งหมด โดยเมื่อพิจารณาไปในรายละเอียดของ กระบวนการผลิตพบว่า ขั้นตอนการจุ่มแม่พิมพ์ (Dipping) ซึ่งต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการจุ่มแม่พิมพ์ อย่างต่อเนื่อง เป็นขั้นตอนที่มีการใช้ไฟฟ้ามากที่สุดในกระบวนการผลิต (มีสัดส่วนในการใช้ไฟฟ้าคิด เป็น 84% ของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด) และถือเป็นขั้นตอนที่มีสัดส่วนต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภท ต่างๆมากที่สุด

เมื่อพิจารณาแยกเป็นรายผลกระทบสิ่งแวดล้อม กิจกรรม/ขั้นตอนที่มีผลกระทบรองลงมา จากขั้นตอนการใช้ไฟฟ้าในการจุ่มแม่พิมพ์ สำหรับผลกระทบด้าน Global warming Acidification และ Smog คือ ขั้นตอนการใช้ไฟฟ้าในการทดสอบ และการใช้น้ำมันดีเซลสำหรับให้ความร้อนในการ บ่มน้ำยาง สำหรับผลกระทบด้าน Eutrophication พบว่าการใช้น้ำมันดีเซลมีส่วนของผลกระทบ

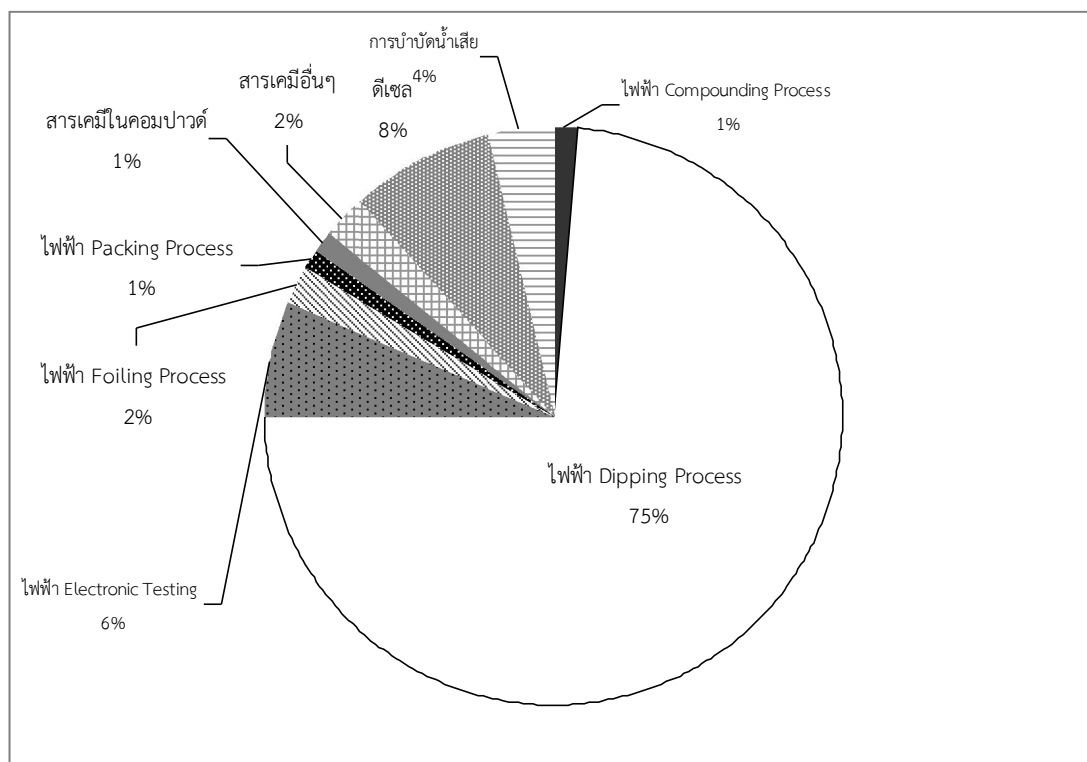
ประมาณ 28% นอกจากนั้นกิจกรรมจากการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพโดยระบบ Activate sludge และ Oxidation pond ถือว่าเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดผลกระทบทาง Eutrophication โดยเฉพาะการปลดปล่อย Phosphate และ Nitrate ซึ่งถือเป็นธาตุอาหารพืชที่สำคัญและยังคงหลงเหลืออยู่จากการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบใช้อากาศ สำหรับผลกระทบด้าน Human toxicity นอกเหนือจากขั้นตอนการใช้ไฟฟ้าในการจุ่มแม่พิมพ์ที่มีสัดส่วนมากที่สุดต่อผลกระทบนี้แล้ว กิจกรรมที่ควรให้ความสนใจคือการใช้สารเคมีเพื่อทำน้ำยาล้างพิมพ์ ซึ่งมีสัดส่วนต่อผลกระทบทาง Human toxicity ประมาณ 11%

เมื่อทำการคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมรวม (Overall impact) ตามวิธีการของ Eco-indicator 99 โดยให้ค่าความสำคัญของทุกผลกระทบเท่ากัน (All equally important) พบว่าผลที่ออกมาคล้ายกับผลกระทบสิ่งแวดล้อมหลายประเภท (รูปที่ 5.7) นั่นคือ กิจกรรมการใช้ไฟฟ้าในการจุ่มแม่พิมพ์มีสัดส่วนผลกระทบมากที่สุด (74%) ตามด้วย การใช้น้ำมันดีเซล และ การใช้ไฟฟ้าในการทดสอบคุณภาพ (9 และ 6% ตามลำดับ) จากผลการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจึงสามารถสรุปได้ว่า ขั้นตอนที่สำคัญเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกระบวนการผลิตถุงยางอนามัยมากที่สุด คือ ขั้นตอนการใช้ไฟฟ้าในการจุ่มแม่พิมพ์ ซึ่งหากสามารถลดการใช้ไฟฟ้าในขั้นนี้ได้แล้ว ผลกระทบสิ่งแวดล้อมทุกประเภท รวมถึงผลกระทบสิ่งแวดล้อมในภาพรวมจะลดลงไปได้อย่างมาก

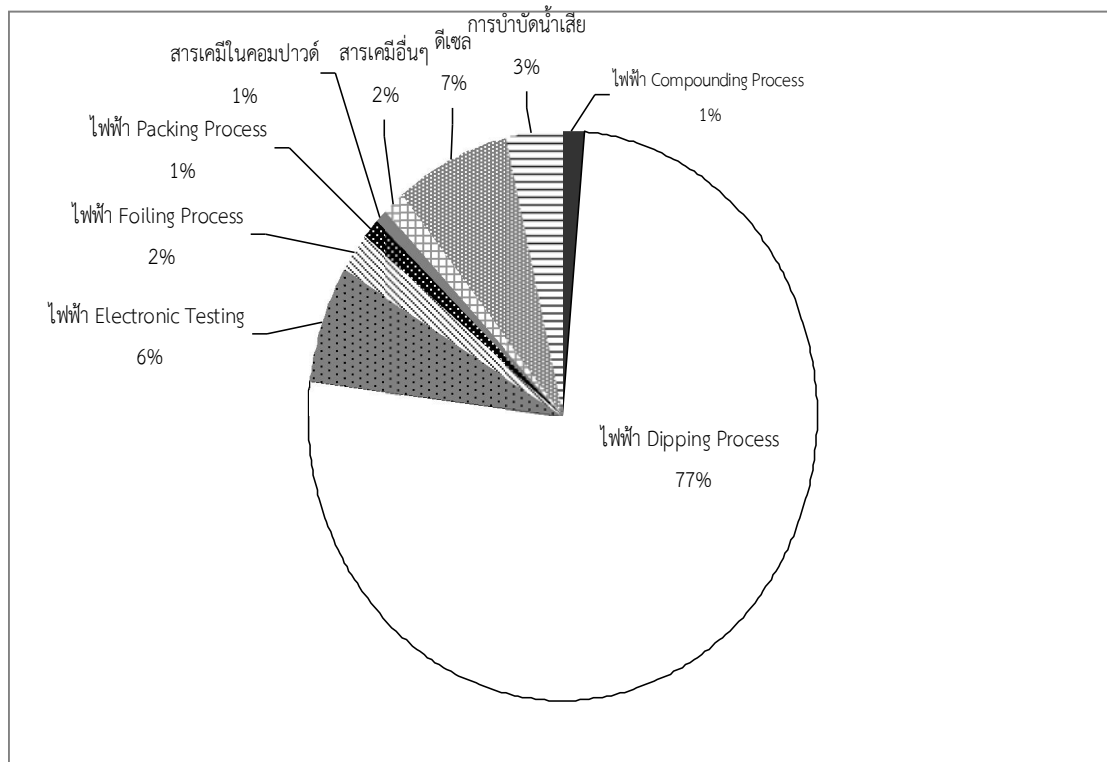
ตารางที่ 5.4 ผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภท และผลกระทบสิ่งแวดล้อมรวม จากกระบวนการผลิตยางอนามัย 1 กรอส

ผลกระทบสิ่งแวดล้อม	หน่วย	Total	กิจกรรม					
			สารเคมีสำหรับ น้ำยางคอมปาวด์	สารเคมีอื่นๆ	ดีเซล	ไฟฟ้า	การบำบัดน้ำเสีย	การกำจัดขยะ
Global warming	kg CO ₂ eq	2.7	0.04	0.06	0.21	2.36	0.01	<0.001
Acidification	g SO ₂ eq	30.1	0.26	0.52	2.15	27.13	0.08	<0.001
Eutrophication	g PO ₄ ³⁻ eq	1.7	0.01	0.19	0.47	0.70	0.35	<0.001
Human toxicity	g 1,4-DB ^a eq	489.2	55.29	15.69	33.62	375.41	9.14	<0.001
Photochemical oxidation	g C ₂ H ₄	1.3	0.02	0.02	0.05	1.21	0.00	<0.001
Overall environmental impact	Pt	0.278	0.005	0.005	0.023	0.24	<0.001	<0.001

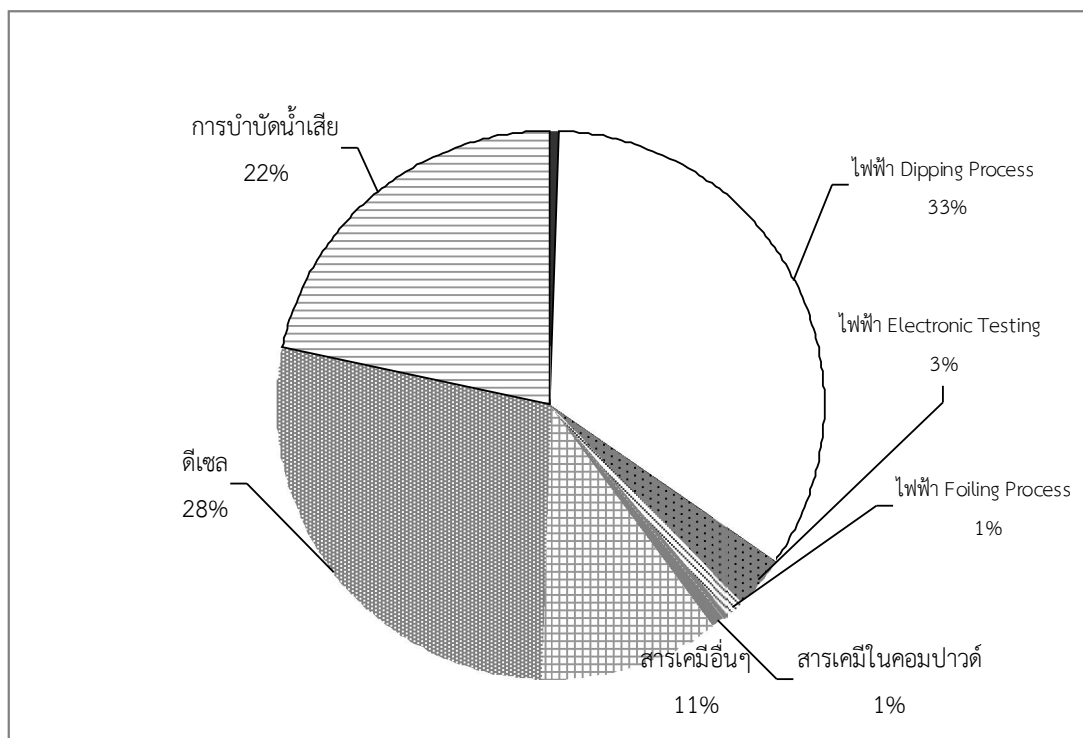
^a DB = Dichlorobenzene



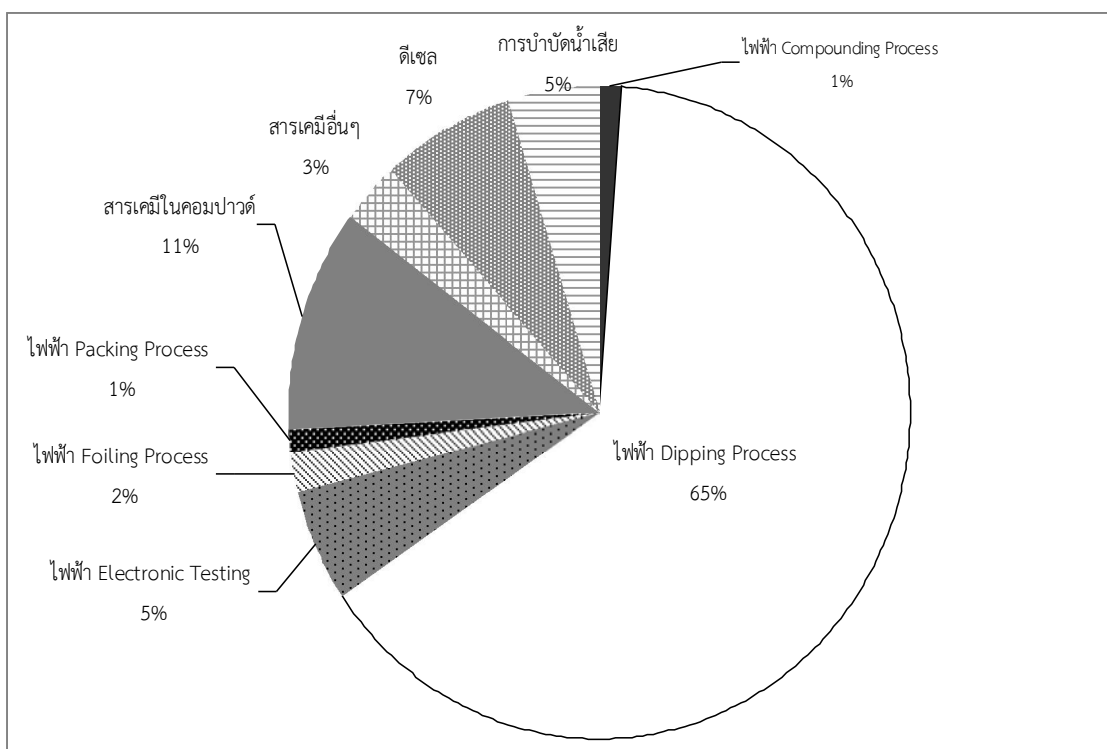
รูปที่ 5.2 สัดส่วนของกิจกรรมในกระบวนการผลิตถุงยางอนามัยต่อผลกระทบ Global Warming



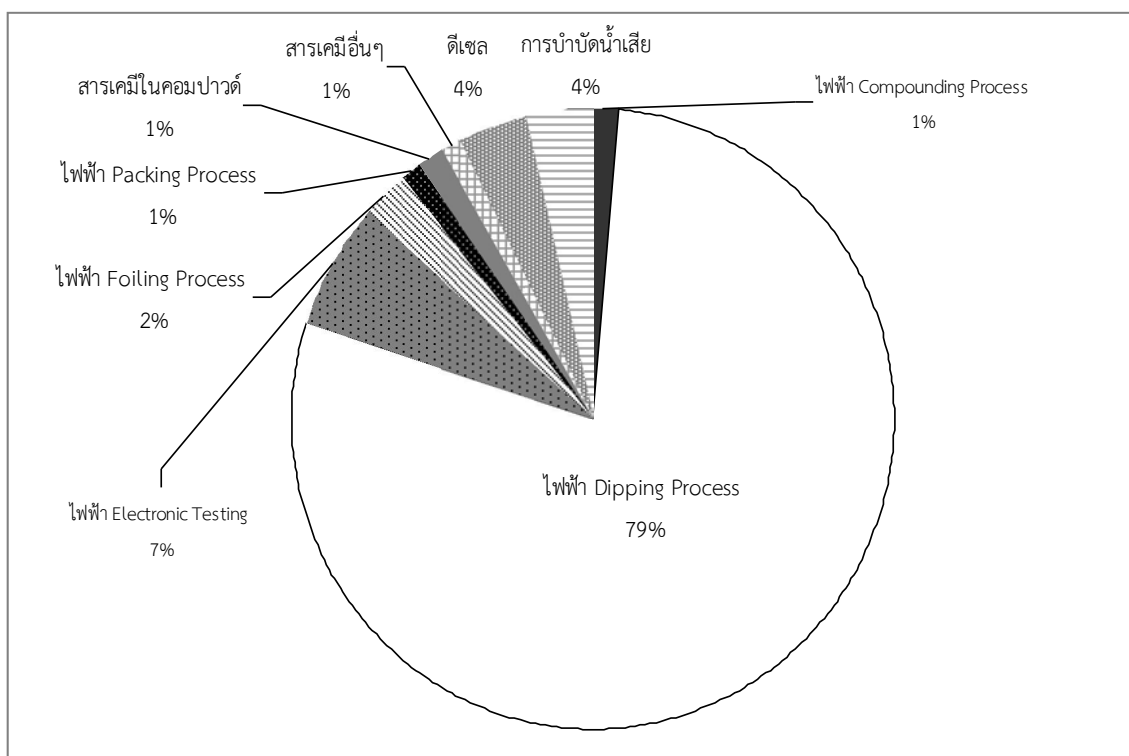
รูปที่ 5.3 สัดส่วนของกิจกรรมในกระบวนการผลิตถุงยางอนามัยต่อผลกระทบ Acidification



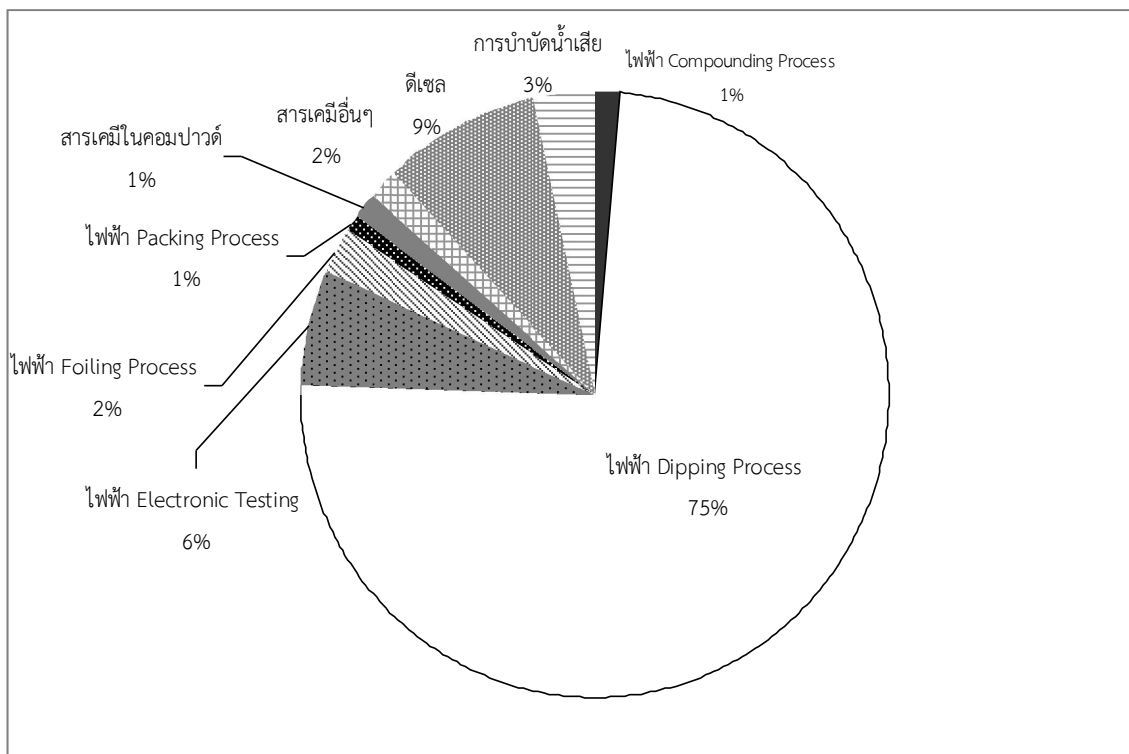
รูปที่ 5.4 สัดส่วนของกิจกรรมในกระบวนการผลิตถุงยางอนามัยต่อผลกระทบ Eutrophication



รูปที่ 5.5 สัดส่วนของกิจกรรมในกระบวนการผลิตถุงยางอนามัยต่อผลกระทบ Human Toxicity



รูปที่ 5.6 สัดส่วนของกิจกรรมในกระบวนการผลิตถุงยางอนามัยต่อผลกระทบ Photochemical oxidation



รูปที่ 5.7 สัดส่วนของกิจกรรมในกระบวนการผลิตถุงยางอนามัยต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อมรวม (Overall Environmental Impact) (กรณีที่ให้น้ำหนักความสำคัญทุกผลกระทบเท่ากัน)

5.8 การเปรียบเทียบปริมาณมลสารที่เกิดขึ้นจากการผลิตยางอนามัยจากยางธรรมชาติ และการผลิตจากยางอนามัยจากยางสังเคราะห์

เนื่องจากบริษัทที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลการผลิตมีการผลิตยางอนามัยจากทั้งยางธรรมชาติ และยางสังเคราะห์ (เนื่องจากลูกค้าต่างประเทศบางประเทศมีอาการแพ้โปรตีนในยางอนามัยที่ผลิตจากยางธรรมชาติ) ผู้วิจัยจึงเห็นว่ามีความจำเป็นสำหรับบริษัทที่จะได้รับทราบปริมาณมลสารและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการผลิตยางอนามัยจากยางสังเคราะห์ เพื่อเป็นการปรับปรุงการดำเนินงานทางสิ่งแวดล้อมของทางบริษัท และเป็นการเปรียบเทียบกับการผลิตยางอนามัยจากยางธรรมชาติอีกด้วย

ตารางที่ 5.1 ซึ่งแสดงปริมาณทรัพยากรและพลังงานที่ใช้ในการผลิตยางอนามัยทั้งจากยางธรรมชาติ และยางสังเคราะห์ พบว่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตของยางอนามัยที่ผลิตจากยางสังเคราะห์มีค่าโดยเฉลี่ยประมาณ 8.16 kWh/กิโลกรัม ซึ่งมีปริมาณมากกว่ายางที่ผลิตจากยางธรรมชาติ (2.91 kWh/กิโลกรัม) โดยเฉพาะในกระบวนการจุ่มแบบแม่พิมพ์ เนื่องจากในกระบวนการผลิตยางอนามัยจากยางสังเคราะห์ มีการเคลื่อนที่ของตัวแม่พิมพ์ในการจุ่ม (Line speed) ช้ากว่ากระบวนการผลิตจากยางธรรมชาติเพราะต้องใช้เวลาอบมากกว่า ใช้อุณหภูมิสูงกว่า นอกจากนั้นในการล้างแม่พิมพ์ต้องใช้น้ำร้อนในการล้าง ซึ่งทำให้ต้องมีการใช้ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน

ในตารางที่ 5.5 เป็นการเปรียบเทียบปริมาณมลสารที่เกิดจากการผลิตยางอนามัยจากยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ พบว่ามลสารจากการผลิตจากยางสังเคราะห์มีปริมาณมากกว่ามลสารจากการผลิตจากยางธรรมชาติ โดยแหล่งกำเนิดของมลสารที่สำคัญซึ่งทำให้มีปริมาณมลสารจากการผลิตที่ค่อนข้างสูงคือการใช้ไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขั้นตอนการจุ่มแบบแม่พิมพ์ซึ่งใช้ไฟฟ้ามากกว่ากระบวนการผลิตจากยางธรรมชาติถึง 3 เท่า ทำให้มลสารที่เกี่ยวข้องกับการผลิตไฟฟ้ามีปริมาณสูงไปด้วย โดยหากพิจารณาจากปริมาณการปลดปล่อยมลสาร CO_2 , CH_4 , N_2O , SO_2 , NO_x พบว่ามีปริมาณมลสารสูงกว่าการผลิตโดยใช้ยางธรรมชาติประมาณ 3 เท่าเช่นกัน ส่วนมลสาร CO, NMVOC, PM พบว่ามีปริมาณไม่แตกต่างกันมากนักเนื่องจากกระบวนการผลิตจากยางสังเคราะห์ไม่มีการใช้น้ำมันดีเซล ซึ่งถือเป็นแหล่งกำเนิดหลักของมลสารกลุ่มนี้ ส่วนกรณีของ NH_3 พบว่ามีปริมาณมากกว่าการผลิตจากยางธรรมชาติเช่น โดยมีแหล่งกำเนิดหลักมาจากขั้นตอนการผลิตสารจำพวกแป้งที่ใช้ในขั้นตอนการชักทำความสะอาดยาง ส่วนมลสารกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางน้ำที่มีผลทำให้เกิดปรากฏการณ์ Eutrophication เช่น Nitrate, Phosphate พบว่ามีแหล่งกำเนิดจากกิจกรรมการบำบัดน้ำเสียเช่นเดียวกับการผลิตจากยางธรรมชาติ โดยรายละเอียดการปลดปล่อยมลสารต่างๆจากกิจกรรมในการผลิตยางอนามัยจากยางสังเคราะห์แสดงใน ตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.5 ปริมาณมลสารเปรียบเทียบระหว่างการผลิตยางอนามัยจากยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์

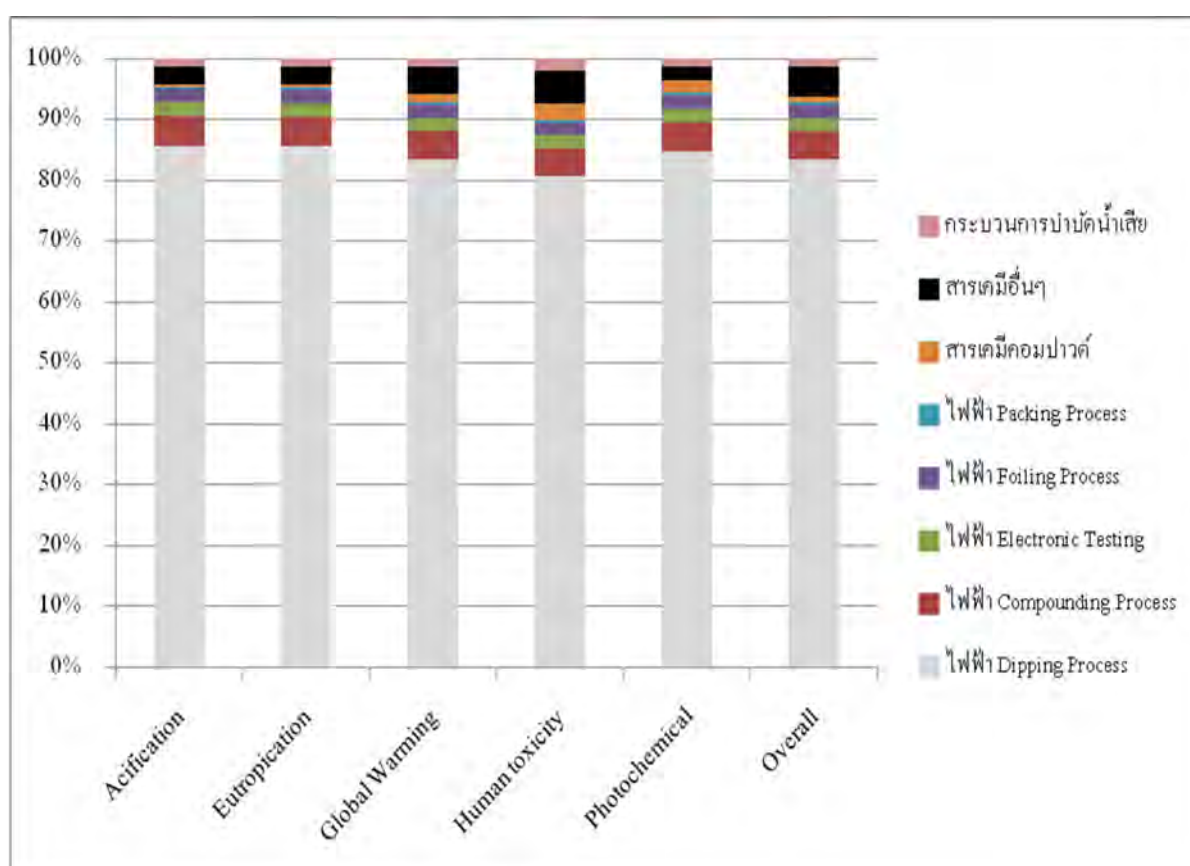
มลสาร	NR (ถุงยาง-ธรรมชาติ)	PI (ถุงยาง-ยางสังเคราะห์)	หน่วย
Global warming			
CO ₂	2.37	6.22	kg
CH ₄	12.56	35.03	g
N ₂ O	59.35	160.05	mg
Acidification			
SO ₂	21.25	58.28	g
NO _x	8.92	15.41	g
NH ₃	103.77	414.02	mg
Eutrophication			
N	21.93	46.3	mg
Nitrate	1.34	1.4	g
Phosphate	129.67	107.39	mg
COD	2.12	4.37	g
Human Toxicity			
SO ₂	21.25	58.28	g
CO	1.62	1.64	g
NO _x	8.92	15.41	g
PM	117.46	139.63	mg
Photochemical oxidation			
CO	1.62	1.64	g
NMVOC	1.96	2.14	g
NO _x	8.92	15.41	g
PM	117.46	139.63	mg

ตารางที่ 5.6 ปริมาณมลสารจากการผลิตถ่านหินอนามัยที่ใช้ยางสังเคราะห์

มลสาร	หน่วย	รวม	กิจกรรม				
			สารเคมีคอมพิวเตอร์	สารเคมีอื่นๆ	ไฟฟ้า	น้ำเสีย	การกำจัดของเสีย
Global warming							
CO ₂	kg	6.22	0.06	0.35	5.80	0.01	<0.001
CH ₄	g	35.03	0.17	1.15	33.70	0.01	<0.001
N ₂ O	mg	160.05	4.61	33.88	117.33	4.23	<0.001
Acidification							
SO ₂	g	58.28	0.25	0.66	57.33	0.03	<0.001
NO _x	g	15.41	0.13	1.01	14.24	0.04	<0.001
NH ₃	mg	414.02	6.67	394.71	4.66	7.96	<0.001
Eutrophication							
N	mg	46.30	4.27	28.14	0.39	13.49	<0.001
P	μg	407.95	168.84	231.65	5.87	1.45	<0.001
Nitrate	g	1.40	0.05	0.01	0.00	1.33	<0.001
Phosphate	mg	107.39	3.92	18.50	5.18	79.77	<0.001
COD	g	4.37	0.19	0.51	2.81	0.86	<0.001

มลสาร	หน่วย	รวม	กิจกรรม				
			สารเคมีคอมพิวเตอร์	สารเคมีอื่นๆ	ไฟฟ้า	น้ำเสีย	การกำจัดขยะ
Human Toxicity							
SO ₂	g	58.28	0.25	0.66	57.33	0.03	<0.001
CO	g	1.64	0.14	0.33	1.15	0.02	<0.001
NOx	g	15.41	0.13	1.01	14.24	0.04	<0.001
PM	mg	139.63	12.54	95.80	27.34	3.85	<0.001
Photochemical oxidation							
CO	g	1.64	0.14	0.33	1.15	0.02	<0.001
NM VOC	g	2.14	0.04	0.27	1.82	0.00	<0.001
NOx	g	15.41	0.13	1.01	14.24	0.04	<0.001
PM	mg	139.63	12.54	95.80	27.34	3.85	<0.001

รูปที่ 5.8 แสดงสัดส่วนของกิจกรรมต่างๆต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้ง 5 ประเภท ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนว่าการใช้ไฟฟ้าโดยเฉพาะในขั้นตอนการจุ่มมีสัดส่วนมากกว่า 80% ในทุกๆผลกระทบสิ่งแวดล้อม เนื่องจากมีการใช้ไฟฟ้าสูงมากดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น และหากรวมการใช้ไฟฟ้าในกิจกรรมอื่นๆด้วย พบว่ามีสัดส่วนต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อมมากกว่า 90% จึงอาจกล่าวได้ว่ากิจกรรมอื่น ๆ มีผลต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อมน้อยมากในการผลิตยางอนามัยจากยางสังเคราะห์ ดังนั้นในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมไม่ว่าจะเป็นประเภทใด หรือผลกระทบสิ่งแวดล้อมในภาพรวมจากการผลิตยางอนามัยจากยางสังเคราะห์จึงควรให้ความสนใจในการลดการใช้ไฟฟ้าในการจุ่มแบบแม่พิมพ์ เพราะหากลดการใช้ไฟฟ้าในขั้นตอนนี้ได้ผลกระทบสิ่งแวดล้อมทุกประเภทก็จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 5.8 สัดส่วนของกิจกรรมในกระบวนการผลิตยางอนามัยจากยางสังเคราะห์ต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทต่างๆ

บทที่ 6

การประเมินทั้งวัฏจักรชีวิตถุงยางอนามัย

บทที่ 6

การประเมินทั้งวัฏจักรชีวิตของยางอนามัย

ผลการศึกษานำเสนอในบทที่ 3 4 และ 5 เป็นผลการศึกษาที่แยกตามกระบวนการผลิตน้ำยางสด น้ำยางข้น และยางอนามัย ตามลำดับ ในลักษณะของ Gate-to-Gate เพื่อมุ่งหวังให้ได้ผลการศึกษาที่เป็นประโยชน์ในแต่ละส่วนของการผลิต ในบทที่ 6 นี้เป็นการนำเสนอผลการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมรวมทั้งวัฏจักรชีวิตตั้งแต่การปลูกยาง ผลิตน้ำยางสด ผลิตน้ำยางข้น ผลิตยางอนามัย การขนส่งไปจำหน่าย และการกำจัดหลังจากการใช้ (ไม่คิดรวมขั้นตอนการใช้ ที่ไม่มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมใดๆ) (Cradle-to-Grave approach) โดยเป็นการคำนวณผลกระทบแบบสะสม (Aggregated approach) จากการผลิตน้ำยางสด ผลิตน้ำยางข้น ผลิตยางอนามัย โดยยางอนามัย 1 กรอส หนัก 238 กรัม ได้จากน้ำยางข้น 469 กรัม ซึ่งได้จากน้ำยางสด 1,180 กรัม ทรัพยากร พลังงานและสารเคมี ในการผลิตของแต่ละขั้นตอนดังกล่าวจะนำมารวมกันกับข้อมูลการขนส่ง (หัวข้อ 6.1) และการกำจัด (หัวข้อ 6.2) เพื่อคิดการปลดปล่อยมลสาร และผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้งวัฏจักรชีวิตของยางอนามัย โดยผลที่ได้คำนวณออกมาอยู่ในรูปของศักยภาพการทำให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Potential Environmental Impact) (หัวข้อ 6.3) ซึ่งคำนวณต่อได้เป็นผลกระทบสิ่งแวดล้อมรวม (Overall environmental impact) (หัวข้อ 6.4) โดยใช้ค่าการถ่วงน้ำหนัก (Weighting factor) ความสำคัญของปัญหาสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันจากผู้เชี่ยวชาญ และจากผู้ผลิตยางอนามัย นอกจากนั้นมีการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity analysis) ของผลการศึกษา โดยการใช้การเปรียบเทียบวิธีการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน (หัวข้อ 6.5)

6.1 การขนส่งยางอนามัย

จากข้อมูลของบริษัท ชัวร์เท็กซ์ จำกัด ซึ่งมีตลาดการจำหน่ายยางอนามัยหลักอยู่ที่ต่างประเทศทั่วโลก (99% ของกำลังการผลิต) โดยมีสัดส่วนของตลาดอยู่ที่ เอเชียแปซิฟิก (รวมจีน) 50% ยุโรป 22% อเมริกาเหนือ 16% อเมริกาใต้ 12% ซึ่งในการศึกษานี้ได้ตั้งเล็งระยะทางการขนส่งไปที่ประเทศจีนซึ่งเป็นตลาดส่วนใหญ่ของการส่งออกในการคำนวณ โดยใช้ระยะทางจากกรุงเทพ ถึงปักกิ่ง ซึ่งมีระยะทางประมาณ 3,300 กิโลเมตร โดยเป็นการขนส่งทางเรือบรรทุกสินค้า (Container ship) เมื่อคิดการขนส่งต่อยาง 1 กรอส (238 กรัม) ก็ระยะทาง ได้หน่วยเป็น 0.7854 tkm (ตัน.กิโลเมตร) ซึ่งนำไปคิดการปลดปล่อยมลสารจากการขนส่ง โดยใช้ emission factor ของ Eco-invent

6.2 การกำจัดยางอนามัย

การกำจัดยางอนามัยในการศึกษาใช้ข้อมูลการศึกษาศานการณการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนในประเทศจีนของ Zhang et al. (2010) ซึ่งพบว่าการกำจัดขยะมูลฝอยชุมชนในประเทศจีนนั้น ใช้วิธีฝังกลบ 91.4 % ใช้วิธีเผา 6.4% และวิธีทำปุ๋ย 2.2 % ในการศึกษานี้จึงใช้สมมติฐานการกำจัดยางอนามัยโดยใช้วิธี

ฝังกลบทั้งหมด ซึ่งการปลดปล่อยมลสารจากการฝังกลบถุงยางอนามัย 1 กรอส คำนวณโดยใช้ emission factor ของ Eco-invent เช่นกัน

6.3 ผลการวิเคราะห์บัญชีรายการและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

6.3.1 ผลการวิเคราะห์บัญชีรายการ (Inventory Analysis)

ตารางที่ 6.1 แสดงผลการวิเคราะห์บัญชีรายการการปลดปล่อยมลสารจากวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัย 1 กรอส โดยแบ่งเป็น 5 ระยะที่สำคัญคือ การผลิตน้ำยางสด การผลิตน้ำยางข้น การผลิตถุงยางอนามัย การขนส่งถุงยางอนามัย และการกำจัดถุงยางอนามัยด้วยการฝังกลบ จากผลการวิเคราะห์บัญชีรายการพบว่ามลสารเกือบทุกชนิดมีส่วนการปลดปล่อยออกมาจากระยะของการผลิตถุงยางอนามัยมากกว่าระยะอื่นๆของวัฏจักรชีวิต ยกเว้นมลสารในกลุ่มของ Eutrophying compounds ที่พบว่ามี การปลดปล่อยมากในระยะของการกำจัดด้วยการฝังกลบ โดยเมื่อพิจารณามลสารที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานแล้ว (เช่น CO_2 , CH_4 , SO_2 , NO_x , CO , PM) พบว่าส่วนใหญ่เกิดจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าในการผลิตถุงยางอนามัย (รายละเอียดดังบทที่ 5) โดยกิจกรรม/ระยะที่ปลดปล่อยมลสารกลุ่มนี้รองเป็นอันดับสองได้แก่ การขนส่งถุงยางอนามัยด้วยเรือขนส่งสินค้า ซึ่งมีการใช้เชื้อเพลิงในการขนส่ง ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่าหากกระยะทางการขนส่งไกลกว่าสมมติฐานที่ตั้งไว้ในการศึกษา (คือประเทศจีน) สัดส่วนของการปลดปล่อยมลสารกลุ่มนี้จากการขนส่งอาจเพิ่มมากขึ้น ส่วนมลสารกลุ่ม Eutrophying compounds (ได้แก่ COD, Nitrate และ Nitrogen) เกิดจากระยะการกำจัดถุงยางอนามัยด้วยการฝังกลบเป็นหลัก โดยเกิดจากน้ำชะขยะจากหลุมฝังกลบ ที่ในการศึกษานี้ตั้งสมมติฐานว่าถุงยางอนามัยถูกฝังกลบไปพร้อมกับขยะชุมชนทั่วไป

6.3.2 ผลการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 6.2 แสดงถึงค่าศักยภาพการทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Potential Environmental Impact) และ รูปที่ 6.1-6.5 แสดงถึงสัดส่วนของระยะต่างๆในวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัยต่อผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภท โดยใช้วิธีการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของ CML ซึ่งพบว่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทุกประเภทยกเว้น Eutrophication ระยะของการผลิตถุงยางอนามัยมีส่วนประมาณ 65-90% เมื่อเทียบกับระยะอื่นๆในวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัย โดยในผลกระทบ Global Warming นั้น นอกเหนือจากสัดส่วนของผลกระทบส่วนใหญ่ที่มาจากระยะการผลิตถุงยางอนามัยแล้ว (จากการใช้พลังงานไฟฟ้า) ระยะในวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัยอีกระยะหนึ่งที่มีส่วนในการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (โดยเฉพาะอย่างยิ่ง CH_4) คือระยะการกำจัดถุงยางอนามัยโดยวิธีการฝังกลบซึ่งมีส่วนในผลกระทบนี้ถึงประมาณ 30% เมื่อเทียบกับระยะอื่นๆในวัฏจักรชีวิต ในส่วนของผลกระทบ Acidification นั้น มีความเกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานทั้งพลังงานไฟฟ้าในระยะการผลิตถุงยางอนามัย (คิดเป็น 88% ของเมื่อเทียบกับระยะอื่นๆ) และ การใช้พลังงานเชื้อเพลิงในระยะการขนส่งถุงยางอนามัย (คิดเป็นประมาณ 7%) ซึ่งดังที่ได้กล่าวไปแล้วว่า หากมีการขนส่งสินค้าไปยังปลายทางที่ไกลกว่าสมมติฐานที่ใช้ในการศึกษานี้ สัดส่วนของผลกระทบจากการขนส่งอาจมีเพิ่มมากขึ้น

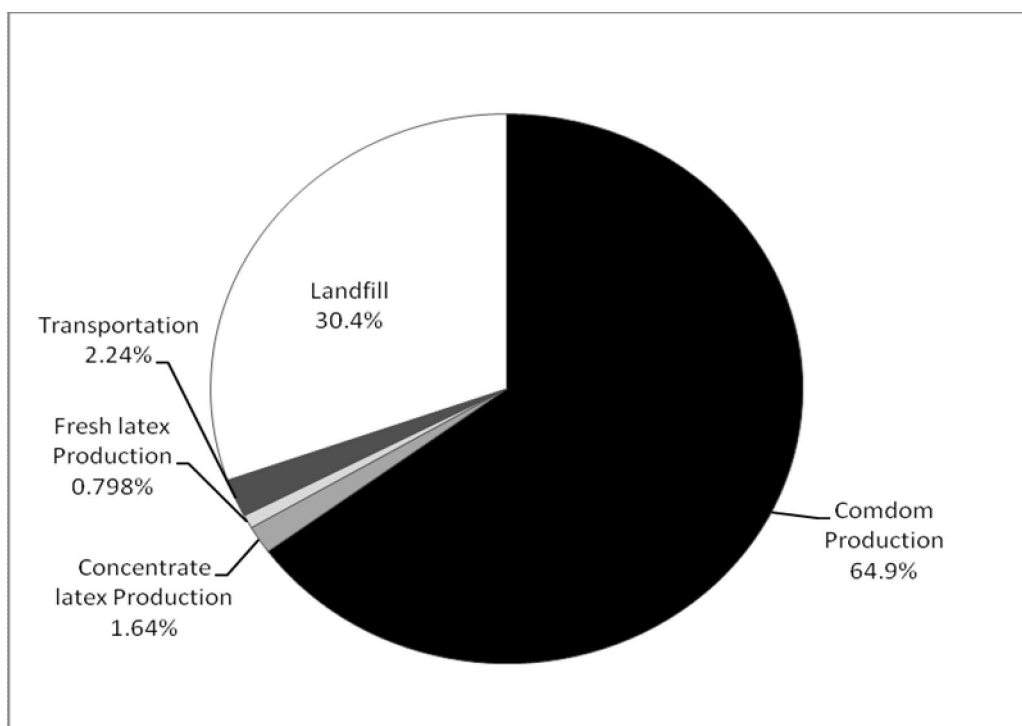
ตารางที่ 6.1 ผลการวิเคราะห์ปัญชีรายการการปลดปล่อยมลสารจากวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัย

Impact/pollutants	unit	Total	การผลิตน้ำ ยางสด	การผลิตน้ำ ยางขึ้น	การผลิต ถุงยางอนามัย	การ ขนส่ง	การฝัง กลบ
Global Warming							
CO ₂	g	2,553	31	61	2,335	91	36
CH ₄	g	15	0.08	0.23	12	0.01	2
N ₂ O	mg	69	0.67	1	59	0.02	8
Acidification							
SO ₂	g	22	0.14	0.41	21	1	0.09
NO _x	g	11	0.06	0.14	9	2	0.22
NH ₃	mg	127	19	0.77	104	0.01	3
Eutrophication							
N	mg	567	0.76	1	16	0.00	39
P	mg	0.33	0.08	0.05	0.20	0.00	0.00
NO ₃ ⁻	g	7	0.00	0.01	1	0.00	5
PO ₄ ³⁻	mg	375	114	62	134	0.07	65
NO _x	g	11	0.06	0.14	9	2	0.22
COD	g	152	0.08	0.06	2	0.00	149
Human toxicity							
SO ₂	g	22	0.14	0.41	21	1	0.09
CO	g	2	0.05	0.05	2	0.27	0.07
NO _x	g	11	0.06	0.14	9	2	0.22
PM	mg	125	20	8	88	3	8
Photochemical oxidation							
CO	g	2	0.05	0.05	2	0.27	0.07
NM VOC	g	2	0.01	0.02	2	0.00	0.04
NO _x	g	11	0.06	0.14	9	2	0.22
PM	mg	125	20	8	88	3	8

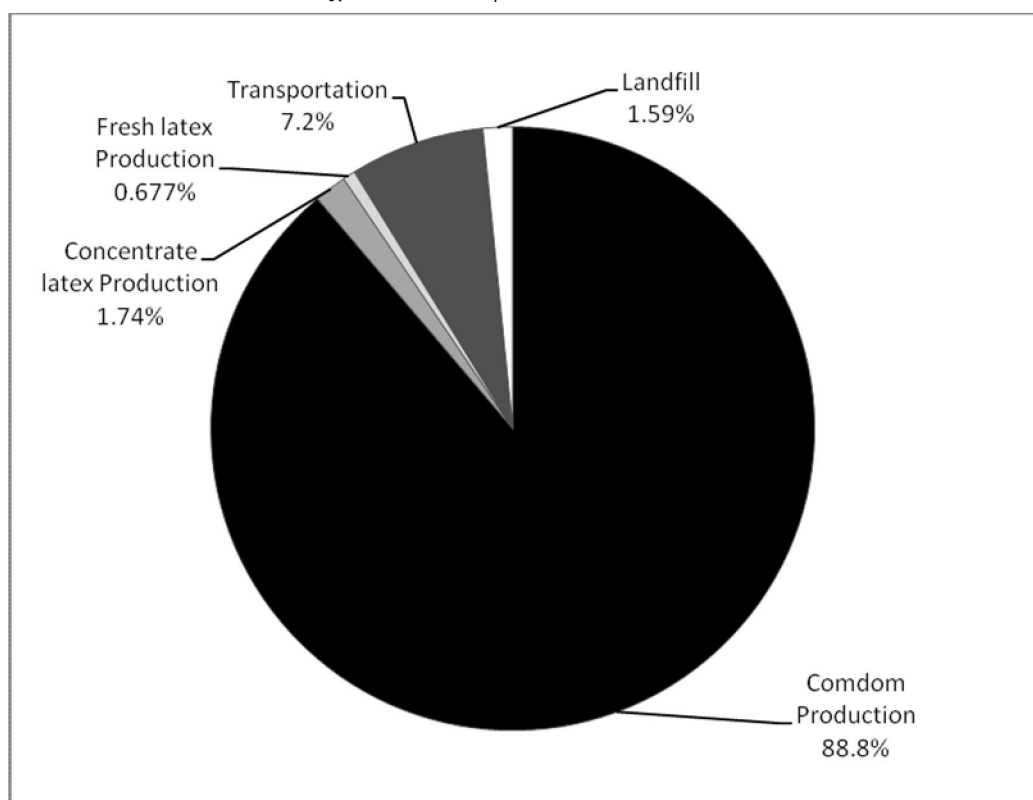
ในส่วนของผลกระทบ Eutrophication นั้น พบว่าระยะในการกำจัดอุ้งยางอนามัยโดยการฝังกลบ มีสัดส่วนในผลกระทบนี้มากที่สุด (ประมาณ 70%) โดยเป็นผลซึ่งเกิดมาจากน้ำชะขยะที่เกิดจากหลุมฝังกลบ ซึ่งทำให้เกิดมลสารสำคัญที่มีส่วนต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อมนี้ (เช่น COD, N, Nitrate) ในส่วนของผลกระทบ Photochemical oxidation และ Human toxicity มีแนวโน้มที่คล้ายคลึงกันคือ เกิดจากสาเหตุการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระยะของการผลิตอุ้งยางอนามัย (ประมาณ 80-88% เมื่อเทียบกับระยะอื่นๆ) ตามด้วยระยะการกำจัดด้วยการฝังกลบ (ประมาณ 7-15%)

ตารางที่ 6.2 ผลการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของอุ้งยางอนามัย 1 กรอส

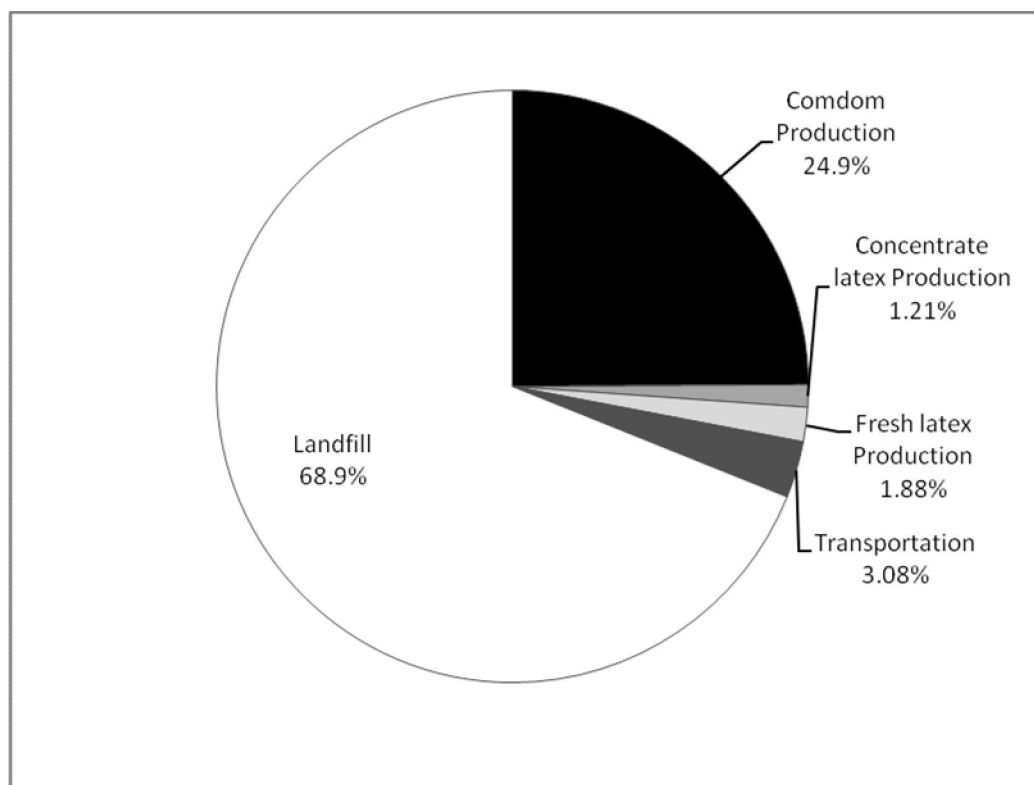
Impact	Unit	Total	การผลิตน้ำ ยางสด	การผลิตน้ำ ยางขึ้น	การผลิต อุ้งยางอนามัย	การขนส่ง	การฝังกลบ
Global warming	g CO ₂ eq	4,076	33	67	2,645	91	1,239
Acidification	g SO ₂ eq	34	0.23	0.57	30	2	0.54
Eutrophication	g PO ₄ ³⁻ eq	7	0.13	0.08	2	0.21	5
Photochemical oxidation	g C ₂ H ₄ eq	1.6	0.01	0.03	1	0.07	0.25
Human toxicity	g 1,4-DB eq	553	14	15	485	2	37



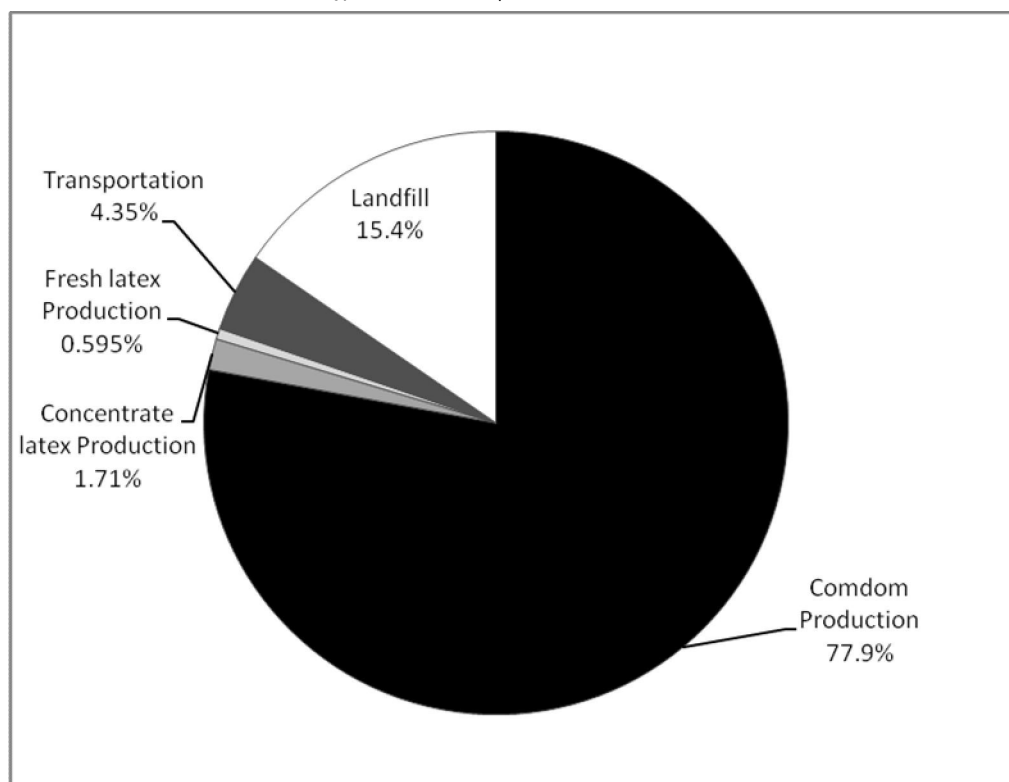
รูปที่ 6.1 สัดส่วนของระยะต่างๆในวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัยที่มีผลต่อผลกระทบ Global warming



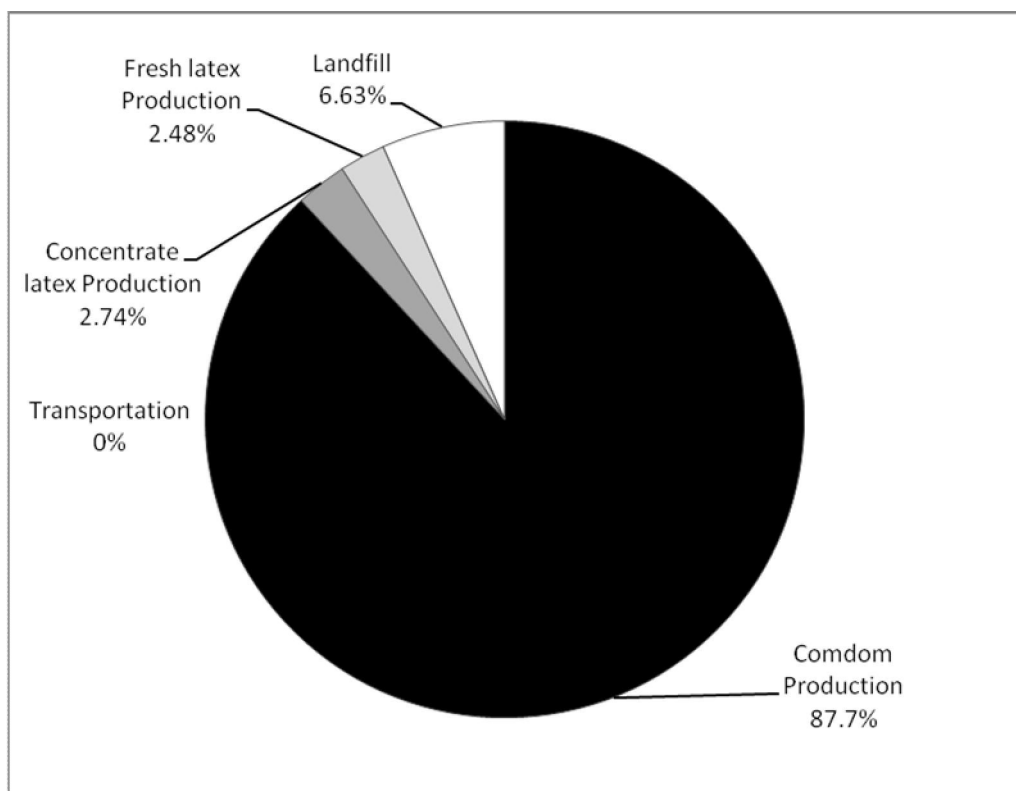
รูปที่ 6.2 สัดส่วนของระยะต่างๆในวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัยที่มีผลต่อผลกระทบ Acidification



รูปที่ 6.3 สัดส่วนของระยะต่างๆในวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัยที่มีผลต่อผลกระทบ Eutrophication

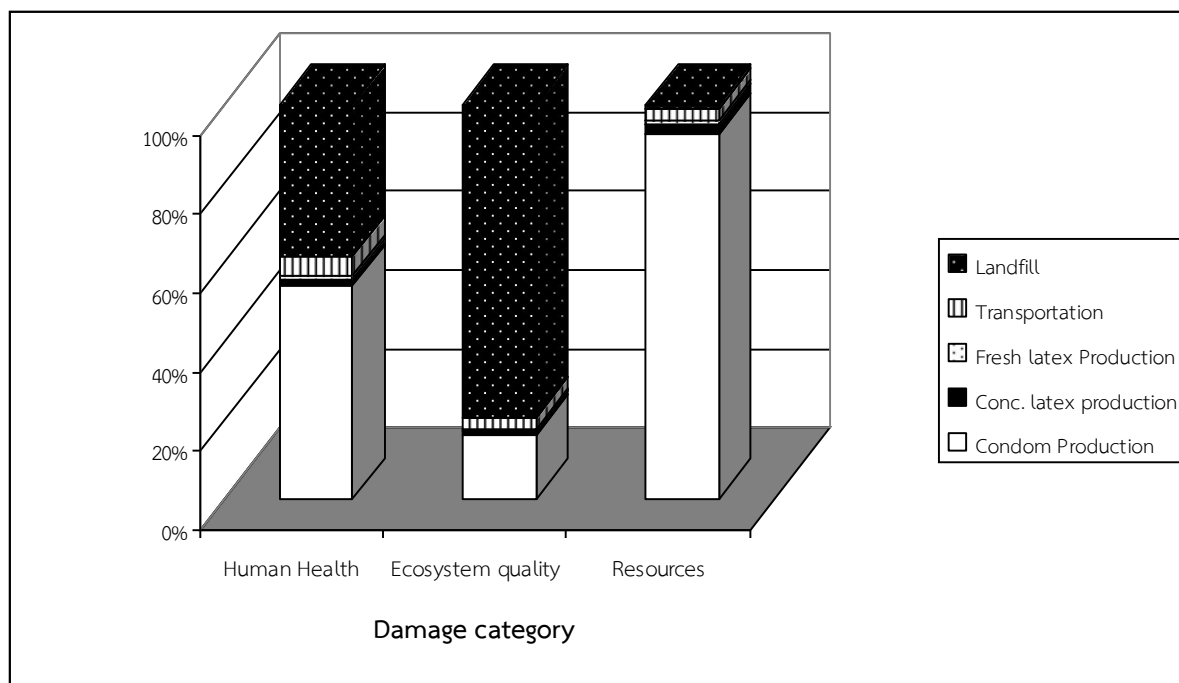


รูปที่ 6.4 สัดส่วนของระยะต่างๆในวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัยที่มีผลต่อผลกระทบ Photochemical oxidation



รูปที่ 6.5 สัดส่วนของระยะต่างๆในวัฏจักรชีวิตของยางอนามัยที่มีผลต่อผลกระทบ Human toxicity

ผลการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ได้กล่าวมาแล้วเป็นการประเมินโดยใช้วิธีของ CML ดังนั้น เพื่อเป็นการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity analysis) ของวิธีการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม ผู้วิจัยจึงได้ใช้วิธีการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยวิธี Eco-indicator 99 ซึ่งประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมออกเป็น 3 หมวดหมู่หลักตามความเสียหาย (Damage approach) ได้แก่ Human health (สุขภาพของมนุษย์) Ecosystem quality (คุณภาพของระบบนิเวศน์) และ Resource (ทรัพยากร) โดยรูปที่ 6.6 แสดงให้เห็นผลที่คล้ายคลึงกันกับผลที่ประเมินด้วยวิธี CML คือระยะของการผลิตยางอนามัยและระยะของการกำจัดยางอนามัยโดยวิธีฝังกลบ เป็นระยะที่มีสัดส่วนสูงต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทต่างๆ โดย ระยะของการผลิตยางอนามัยมีสัดส่วนสูงในผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ และผลกระทบต่อทรัพยากรประมาณ 60% และ 90% ตามลำดับ ขณะที่ระยะของการกำจัดยางโดยการฝังกลบนี้นมีสัดส่วนต่อผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ และ คุณภาพของระบบนิเวศน์ประมาณ 30% และ 80% ตามลำดับ



รูปที่ 6.6 สัดส่วนของระยะต่างๆในวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัยต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อม โดยวิธี Eco-indicator 99

จากการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้งโดยวิธี CML และ Eco-indicator 99 พบว่า ระยะของการผลิตถุงยางอนามัยมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงที่สุดเมื่อเทียบกับระยะอื่นๆในวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัย ดังนั้น หากต้องการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัย การจัดการสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดการเรื่องพลังงานในการใช้ไฟฟ้าในการผลิตถุงยางอนามัยควรได้รับความสนใจเป็นลำดับแรก นอกจากนั้นการกำจัดถุงยางอนามัยโดยการฝังกลบควรได้รับการพิจารณาทางเลือกในการกำจัดด้วยเช่นกัน ส่วนในระยะเวลาการผลิตน้ำยางสด และน้ำยางข้นพบว่ามีส่วนต่อผลกระทบน้อยเมื่อพิจารณาทั้งวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัย ทั้งนี้เนื่องมาจากปริมาณน้ำยางสดและน้ำยางข้นที่ใช้สำหรับการผลิตถุงยางอนามัย 1 กรอส นั้นมีปริมาณค่อนข้างน้อย (โดยเฉพาะในส่วนของน้ำยางสดที่ภาระทางผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้ถูกปันส่วนตามน้ำหนักไปให้ในส่วนของเนื้อไม้ยางไปเป็นส่วนใหญ่ ยิ่งทำให้ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการผลิตน้ำยางสดยิ่งน้อยลงไปอีก) ส่วนการขนส่งถุงยางอนามัยนั้นทางบริษัทฯ ใช้การขนส่งโดยเรือสินค้าทุกปลายทาง และสามารถมีส่วนต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่สูงขึ้นได้หากปลายทางการขนส่งมีระยะทางที่ไกลขึ้น

6.4 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมรวม (Overall Environmental Impact)

ผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมในหัวข้อ 6.3 เป็นการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามประเภทของปัญหาแต่ละชนิด ซึ่งผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย/ผู้เกี่ยวข้อง (Stakeholders) หรือผู้มีอำนาจในการตัดสินใจ (Decision makers) สามารถพิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละชนิดได้ตามความสนใจ หรือนโยบายในการจัดการสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันไป อย่างไรก็ตามหากผู้เกี่ยวข้องต้องการทราบภาพรวมของผลกระทบสิ่งแวดล้อม ในลักษณะของค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมเพียงค่าเดียว (Single Score Impact) ซึ่งรวมค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทต่างๆเป็นผลกระทบสิ่งแวดล้อมรวมค่าเดียว เพื่อให้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการดำเนินการนโยบายการจัดการสิ่งแวดล้อม โดยในกรณีที่ผลกระทบสิ่งแวดล้อมมีค่าที่ต่างกัน และมีความเห็นที่อาจแตกต่างกันในเรื่องความสำคัญของแต่ละผลกระทบนั้น สามารถนำเครื่องมือที่เรียกว่า Multi-criteria analysis (MCA) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ประกอบการตัดสินใจ โดยใช้การให้น้ำหนักความสำคัญต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ต่างกันบนเกณฑ์การพิจารณาที่หลากหลาย (เช่น เกณฑ์ทางนโยบาย การเงิน บุคลากร กฎหมาย) จากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่ต่างกัน (เช่น ผู้ผลิต ผู้บริโภค ผู้เชี่ยวชาญ) (Hermann et al., 2007)

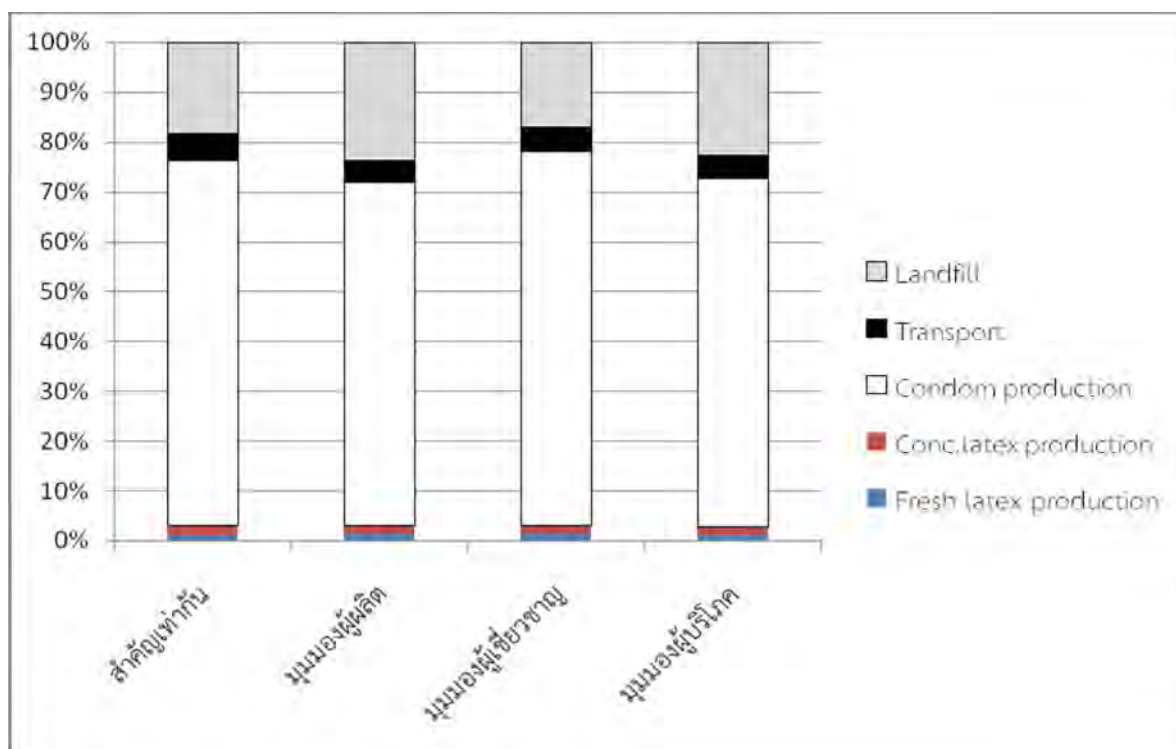
โดยค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมรวมสามารถคำนวณได้โดยนำค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภทนำมาผ่านการปรับค่าปกติ(Normalization) เพื่อให้ไม่มีหน่วย (ดังสมการที่ 5 ในบทที่ 2) หลังจากนั้นจึงนำมาคูณด้วย Weighting factor (ดังสมการที่ 6 ในบทที่ 2) ซึ่งเป็นการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันไป ซึ่งในขั้นตอนการให้น้ำหนัก (weighting) ถือว่าเป็นขั้นตอนที่สามารถนำข้อมูลเชิงคุณภาพ (qualitative information) เช่น นโยบายบริษัท ความเห็นผู้เชี่ยวชาญ ความเห็นผู้มีส่วนได้เสีย เข้ามาประกอบการพิจารณาได้ โดยในการศึกษานี้ได้แบ่งการให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภทออกเป็น 4 ประเภทหลักคือ 1) กำหนดให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบสิ่งแวดล้อมทุกประเภทเท่ากัน 2) กำหนดให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยผู้ผลิตสูงอย่างอนามัย จำนวน 8 คน 3) กำหนดให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยผู้เชี่ยวชาญทางสิ่งแวดล้อม จำนวน 8 คน และ 4) กำหนดให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยผู้บริโภค (ผู้ใช้สูงอย่างอนามัย) จำนวน 8 คน โดยในตารางที่ 6.3 แสดงผลของค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ผ่านการปรับปกติแล้ว (Normalized impact score) ซึ่งได้จากคำนวณด้วยโปรแกรม Simapro 7 และตัวคูณกำหนดน้ำหนักความสำคัญของผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากทั้ง 5 ประเภท รวมถึงค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมรวม

ตารางที่ 6.3 ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ผ่านการปรับปกติแล้ว (Normalized impact) ค่าตัวคูณกำหนดน้ำหนัก (Weighting factors) ความสำคัญของผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการกำหนดค่าน้ำหนักที่แตกต่างกัน และค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมรวม (Overall Environmental Impact)

ผลกระทบสิ่งแวดล้อม	Normalized impact *	Weighting Factors			
		ความสำคัญของผลกระทบสิ่งแวดล้อมทุกประเภทเท่ากัน	ความสำคัญของผลกระทบสิ่งแวดล้อมในมุมมองของผู้ผลิต	ความสำคัญของผลกระทบสิ่งแวดล้อมในมุมมองผู้เชี่ยวชาญทางสิ่งแวดล้อม	ความสำคัญของผลกระทบสิ่งแวดล้อมในมุมมองของผู้บริโภค
Global warming	1.6E-11	0.20	0.36	0.32	0.30
Acidification	5.01E-11	0.20	0.12	0.16	0.14
Eutrophication	1.39E-11	0.20	0.18	0.09	0.20
Photochemical oxidation	0.89E-11	0.20	0.10	0.13	0.12
Human toxicity	0.29E-11	0.20	0.23	0.30	0.24
Overall Environmental impact *		1.8E-11	1.5E-11	1.6E-11	1.6E-11

* ค่า Normalized impact และค่า Overall environmental impact เป็นค่าที่ไม่มีหน่วย ไม่มีค่ามาตรฐาน ใช้สำหรับการเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากนโยบาย/มาตรการที่ต่างกัน (อ่านรายละเอียดเชิงทฤษฎีในบทที่ 2)

จากตารางที่ 6.3 พบว่าความสำคัญของผลกระทบสิ่งแวดล้อมในมุมมองของผู้ผลิต ผู้บริโภคและผู้เชี่ยวชาญทางสิ่งแวดล้อม ลำดับแรกๆมีความคล้ายคลึงกันคือให้ความสำคัญในเรื่อง Global warming และ Human toxicity (โดยในมุมมองผู้ผลิต และผู้เชี่ยวชาญทางสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่าถุงยางอนามัยที่ผลิตเกือบทั้งหมดส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศซึ่งให้ความสำคัญกับปัญหา Global warming ซึ่งเป็นปัญหาระดับโลก นอกจากนั้นถุงยางอนามัยถือเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพของมนุษย์โดยตรง จึงมีการให้น้ำหนักความสำคัญของปัญหา Human toxicity มากเช่นกัน) โดยในรูปที่ 6.7 แสดงให้เห็นถึงสัดส่วนของแต่ละช่วงของวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัยเมื่อใช้ตัวคูณกำหนดน้ำหนักที่ต่างกัน



รูปที่ 6.7 สัดส่วนของระยะต่างๆในวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัยต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อม เมื่อให้น้ำหนัก ความสำคัญของผลกระทบสิ่งแวดล้อมแตกต่างกัน

จากรูปที่ 6.7 พบว่าจากการให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบสิ่งแวดล้อมแตกต่างกันในมุมมองของผู้ผลิต ผู้เชี่ยวชาญ ผู้บริโภค และการให้ความสำคัญในทุกผลกระทบสิ่งแวดล้อมเท่าๆกัน ระยะการผลิตถุงยางอนามัย ก็ยังคงมีส่วนต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อมรวมสูงที่สุดเมื่อเทียบกับระยะต่างๆในวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัย ทั้งนี้เนื่องจากน้ำหนักความสำคัญของผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ทั้งผู้ผลิต ผู้เชี่ยวชาญ และผู้บริโภคให้ความสำคัญมากที่สุดคือ Global warming ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับการใช้พลังงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตถุงยางอนามัย ส่วนระยะของการกำจัดด้วยการฝังกลบ ก็เกี่ยวข้องโดยตรงกับการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยเฉพาะมีเทนที่ส่งผลกระทบให้เกิด Global warming และอีกเหตุผลที่สำคัญที่ได้กล่าวมาแล้วก่อนหน้านี้ คือปริมาณโดยน้ำหนักของทั้งน้ำยางสด และน้ำยางข้นที่นำมาใช้ผลิตถุงยางอนามัยนั้นมีน้อย ทำให้ภาระทางผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ติดมากับน้ำยางสด และน้ำยางข้นจึงมีสัดส่วนน้อยไปด้วย ดังนั้น จากทั้งผลการศึกษาในการผลกระทบสิ่งแวดล้อมรวม และการศึกษาแยกประเภทผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละชนิด รวมถึงการศึกษาผ่านมุมมองการให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผู้ผลิต ผู้บริโภค และผู้เชี่ยวชาญ พบว่าระยะของการผลิตถุงยางอนามัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้พลังงานในการผลิต เป็นระยะและกิจกรรมที่มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมมากที่สุดในวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัยที่ผลิตจากยางธรรมชาติ ซึ่งหากต้องการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัยแล้ว ทางเลือกต่างๆในการลดพลังงานที่ใช้ในการผลิตถุงยางอนามัยควรได้รับความสนใจในการพิจารณานำมาใช้ในกระบวนการผลิตถุงยางอนามัย

บทที่ 7

แนวทางในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในวัฏจักรชีวิตของ
ถุงยางอนามัย

บทที่ 7

แนวทางในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัย

จากผลการศึกษาในบทที่ 3-6 สามารถสรุปกิจกรรมที่ส่งผลให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมสูงทั้งในแต่ละระยะของการผลิตถุงยางอนามัย ดังตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 กิจกรรมที่ส่งผลให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมสูงในแต่ละระยะของการผลิตถุงยางอนามัย

ระยะของการผลิตถุงยางอนามัย	กิจกรรมสำคัญที่ส่งผลให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม
การผลิตน้ำยางสด (การปลูกยางพารา)	การใช้ปุ๋ยเคมี
การผลิตน้ำยางข้น	การใช้ไฟฟ้าในกระบวนการปั่นเหวี่ยง
การผลิตถุงยางอนามัย	การใช้ไฟฟ้าในกระบวนการจุ่ม

จากผลการศึกษาในบทที่ 5 และ 6 ชี้ให้เห็นชัดเจนว่าทางเลือกในการลดการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการจุ่มเป็นทางเลือกที่ควรได้รับการพิจารณาเป็นหลักเนื่องจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการจุ่มมีส่วนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงที่สุด ในบทนี้จึงนำเสนอแนวทางในการลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการจุ่มแม่พิมพ์ถุงยางอนามัย นอกจากนั้นในบทนี้ยังนำเสนอแนวทางในการลดการใช้ปุ๋ยเคมีในขั้นตอนการปลูกยางพารา และการลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการปั่นเหวี่ยงในการผลิตน้ำยางข้น เพื่อเป็นแนวทางแก่เกษตรกรและผู้ประกอบการการผลิตน้ำยางข้น ถึงแม้ว่าในวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัยสัดส่วนของผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากระยะการผลิตน้ำยางสด และน้ำยางขั้มนั้นมีน้อยมาก (ประมาณ 1-2%) ซึ่งถึงแม้จะมีการใช้ทางเลือกใดเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมรวมทั้งวัฏจักรชีวิตก็จะลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่ทางเลือกในระยะการผลิตน้ำยางสด และการผลิตน้ำยางขั้มนั้นก็สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้สำหรับเกษตรกรและผู้ประกอบการ อีกทั้งผลิตภัณฑ์ปลายทางที่ผลิตจากน้ำยางสด และน้ำยางขั้้น มีหลากหลายชนิดนอกเหนือจากถุงยางอนามัย ข้อมูลพื้นฐานเหล่านี้ย่อมเป็นประโยชน์กับผู้ประกอบการในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น

ในบทนี้ได้นำหลักการของ Scenario analysis ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลที่จะเกิดขึ้นในอนาคตผ่านการสร้างกรณีศึกษา/สถานการณ์ของมาตรการหรือนโยบายต่างๆที่จะนำมาใช้ โดยมุ่งเน้นการตอบคำถามในลักษณะ what if (จะเกิดอะไรขึ้นถ้านำมาตรการ/นโยบายมาใช้) (Alcamo, 2001) โดยในการศึกษา

นี้ได้สร้างกรณีศึกษาขึ้นมา 3 Scenario ตามระยะของวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัยที่สำคัญตามที่สรุปในตารางที่ 7.1 และในหัวข้อที่ 7.4 เป็นการนำเสนอแนวทางต่อผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (Stakeholders) ในการปฏิบัติที่ดีเพื่อส่งเสริมการผลิตถุงยางอนามัยและผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติอื่นๆให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

7.1 Scenario 1 - แนวทางในการลดการใช้พลังงานในการผลิตถุงยางอนามัย

บริษัท ชัวร์เท็กซ์ จำกัด ได้ดำเนินการหลายมาตรการในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน โดยข้อมูลปี 2554 มีมาตรการในการอนุรักษ์พลังงานในกระบวนการผลิต เช่น ออกแบบชุดป้องกันถุงยางอนามัยที่ใช้กับเครื่องพวยดีใหม่ การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบลดอุณหภูมิ การปรับค่าอุณหภูมิในการการอบถุงยางให้เหมาะสม รวมถึงการอนุรักษ์พลังงานในส่วนอื่นๆ เช่น ลดปริมาณการเติมอากาศในระบบบำบัดน้ำเสีย บำรุงรักษาและล้างระบบเครื่องปรับอากาศเชิงลึก ออกแบบติดตั้งพัดลมไอน้ำแทนการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศแบบเก่าเป็นแบบประหยัดไฟเบอร์ 5 และการเปลี่ยนหลอดไฟ T8 เป็น T5 โดยจากมาตรการเหล่านี้พบว่า การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบลดอุณหภูมิ สามารถลดการใช้พลังงานได้สูงสุดประมาณ 10% เมื่อเทียบกับปีก่อนหน้า ส่วนในปี 2556 มีมาตรการในการอนุรักษ์พลังงาน อาทิเช่น ปรับปรุงระบบท่อลมป้องกันการรั่วไหลของอากาศ ลดอุณหภูมิการอบถุงยาง ปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่อง Chiller หยุดการทำงานวันอาทิตย์ทั้งแผนก เปลี่ยนหลอด T8เป็นหลอด LED นอกจากนี้ยังมีมาตรการการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าตามมิเตอร์ย่อยที่ติดตั้งภายในโรงงาน โดยการตั้งเป้าหมายและติดตามผลทุกเดือน

อย่างไรก็ตามการสัดส่วนปริมาณการใช้ไฟฟ้ามีสูงมากในขั้นตอนการจุ่มแม่พิมพ์และอบ (ประมาณ 84%) ซึ่งแหล่งกำเนิดพลังงานและความร้อนในปัจจุบันของบริษัทมาจากการใช้ไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว ดังนั้นจึงควรหาแนวทางในการลดการใช้ไฟฟ้าในส่วนนี้ลง ซึ่งแนวทางหนึ่งที่บริษัทผลิตถุงยางอนามัยแห่งหนึ่งนำมาใช้ได้ผลประสบความสำเร็จคือการใช้ก๊าซธรรมชาติร่วมให้ความร้อนร่วมกับการใช้ไฟฟ้า และนำความร้อนที่เหลือทิ้งจากการอบกลับมาใช้ใหม่ด้วย ทำให้สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ ในการศึกษาครั้งนี้จึงวิเคราะห์ผลของการใช้ก๊าซธรรมชาติร่วมกับไฟฟ้าโดยสมมติให้ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงเหลือ 80% และใช้พลังงานความร้อนจากก๊าซธรรมชาติมาเสริมอีก 20% โดยผลการวิเคราะห์ได้ผลดังตารางที่ 7.2 7.3 และรูปที่ 7.1 (วิเคราะห์ในขอบเขตของ Cradle to Gate ตั้งแต่การผลิตน้ำยางสด การผลิตน้ำยางข้น และการผลิตถุงยางอนามัย แต่ไม่รวมการขนส่งถุงยางอนามัยและการกำจัด) ซึ่งพบว่าการให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าร่วมกับก๊าซธรรมชาติสามารถลดการปลดปล่อยมลสารลงได้เกือบทุกมลสาร (ตารางที่ 7.2) โดยเฉพาะมลสารที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน เช่น CO₂ CH₄ SO₂ NO_x แต่ในส่วนของมลสารที่เกี่ยวข้องมลพิษทางน้ำ (Eutrophication) พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก และเมื่อพิจารณาในระดับของผลกระทบสิ่งแวดล้อม (ตารางที่ 7.3 รูปที่ 7.1) พบว่าการให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าร่วมกับก๊าซธรรมชาติทำให้ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมลดลงได้ในทุกผลกระทบ โดยสามารถลดค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Global warming Acidification

Eutrophication Photochemical oxidation และ Human toxicity ลงประมาณ 11%, 17%, 6%, 15% และ 10% ตามลำดับเมื่อเทียบกับการให้ความร้อนด้วยการใช้ไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว ดังนั้นทางเลือกการนำมาก๊าซธรรมชาติมาร่วมกับไฟฟ้าในกระบวนการให้ความร้อนในการจุ่มและอบแม่พิมพ์ถุงยางอนามัยจึงถือเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ และสามารถปฏิบัติได้จริงจากการที่มีหน่วยงานอื่นได้ดำเนินการไปแล้ว ซึ่งผลจากการดำเนินการนอกจากจะลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานแล้ว ปริมาณมลสารที่ลดลง โดยเฉพาะก๊าซเรือนกระจกสามารถนำไปสู่การยื่นขอติดฉลากสิ่งแวดล้อม เช่น ฉลากลดคาร์บอน (Carbon reduction label) หรือ ฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon footprint label) ซึ่งจะเป็นการเสริมศักยภาพในการแข่งขันเชิงธุรกิจให้แก่บริษัทอีกด้วย อย่างไรก็ตามการนำมาก๊าซธรรมชาติมาใช้ร่วมกับไฟฟ้าในสัดส่วนอย่างน้อยแค่ไหนนั้นจำเป็นต้องมีการพิจารณาทางวิศวกรรมรวมถึงค่าใช้จ่ายในการลงทุนอื่นๆประกอบด้วย

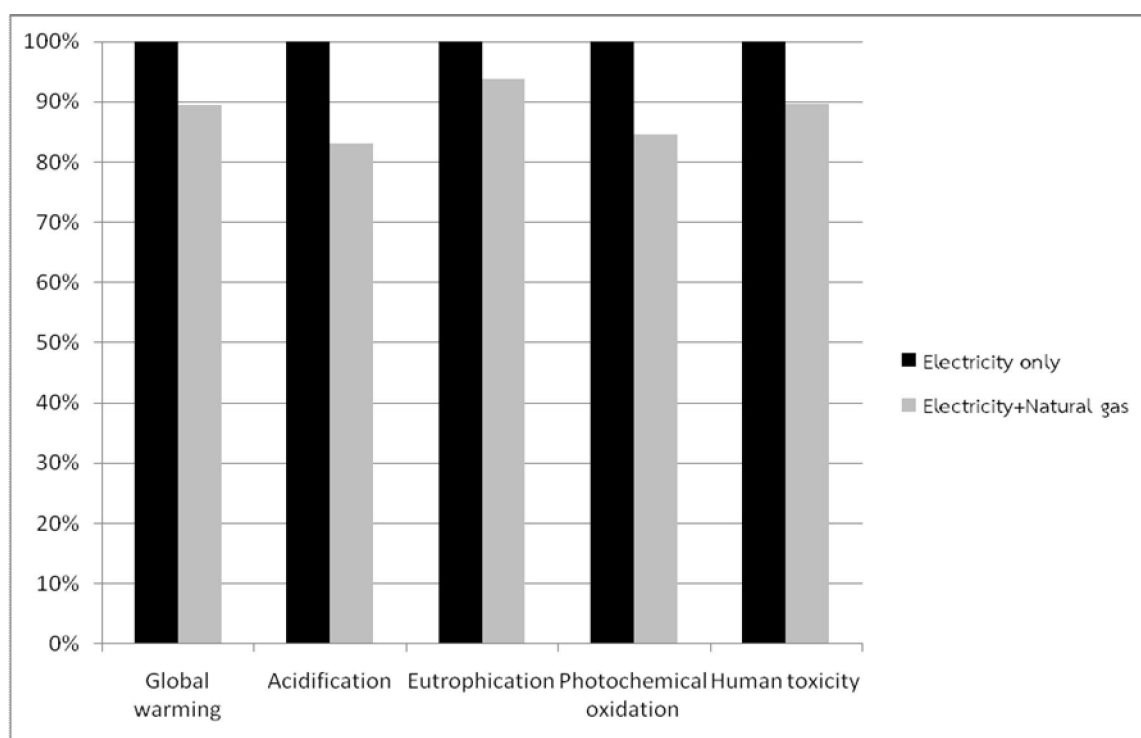
ตารางที่ 7.2 บัญชีรายการการปลดปล่อยมลสารจากวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัยกรณีที่ใช้ก๊าซธรรมชาติช่วยในการให้ความร้อนในกระบวนการจุ่ม เปรียบเทียบกับการใช้ไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม/ มลสาร	หน่วย	ให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า	ให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าและก๊าซธรรมชาติ
<i>Global Warming</i>			
CO ₂	kg	2.2	1.9
CH ₄	g	12.3	10.7
N ₂ O	mg	60.9	54.5
<i>Acidification</i>			
SO ₂	g	21.0	17.1
NO _x	g	9.2	8.3
NH ₃	mg	123.8	123.9
<i>Eutrophication</i>			
N	mg	17.7	17.8
P	mg	0.33	0.33
NO ₃ ⁻	g	1.4	1.4
PO ₄ ³⁻	mg	309.9	310.3
NO _x	g	9.2	8.3
COD	g	2.3	2.1
<i>Human toxicity</i>			
SO ₂	g	21.0	17.1
CO	g	1.2	1.2
NO _x	g	9.2	8.3
PM	mg	93.8	93.8

ผลกระทบสิ่งแวดล้อม/ มลสาร	หน่วย	ให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า	ให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าและก๊าซธรรมชาติ
<i>Photochemical oxidation</i>			
CO	g	1.2	1.2
NM VOC	g	2.0	2.0
NO _x	g	9.2	8.3
PM	mg	93.8	93.8

ตารางที่ 7.3 ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตพลังงานอามัยกรณีที่ใช้ก๊าซธรรมชาติช่วยในการให้ความร้อนในกระบวนการจุ่ม เปรียบเทียบกับการใช้ไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว

ผลกระทบสิ่งแวดล้อม	หน่วย	ให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า	ให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าและก๊าซธรรมชาติ
Global warming	kg CO ₂ eq	2.75	2.46
Acidification	g SO ₂ eq	30.7	25.5
Eutrophication	g PO ₄ ³⁻ eq	1.95	1.83
Photochemical oxidation	g C ₂ H ₄	1.3	1.1
Human toxicity	g 1,4-DB eq	514.1	461



รูปที่ 7.1 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การลดลงของผลกระทบสิ่งแวดล้อมเมื่อใช้ไฟฟ้าร่วมกับก๊าซธรรมชาติในการให้ความร้อนในการผลิตพลังงานอามัย

7.2 Scenario 2 - ทางเลือกในการลดการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการปั่นเหวี่ยง

จากผลการศึกษาในบทที่ 4 ระยะเวลาผลิตน้ำยางชั้นพบว่าการใช้ไฟฟ้าเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม (ประมาณ 50% ของผลกระทบทั้งหมด) โดยพบว่าสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในโรงงานผลิตน้ำยางชั้นมาจากส่วนการปั่นเหวี่ยง (Centrifugation) (เพื่อแยกเนื้อยางออกจากน้ำยาง) ถึงประมาณ 90% ดังนั้นทางเลือกในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในระยะเวลาผลิตน้ำยางชั้นนี้จึงควรเน้นที่การลดการใช้ไฟฟ้าในขั้นตอนการปั่นเหวี่ยง โดยจากการเข้าศึกษาในโรงงานพบว่าบางโรงงาน (โรงงานที่ 4) ยังใช้ระบบคลัทช์และเกียร์ตรอบ ซึ่งจะต้องใช้เวลาประมาณ 10-15 นาทีเพื่อจะได้ให้รอบที่ต้องการทำให้เป็นการสิ้นเปลืองไฟฟ้าในขั้นตอนนี้ อีกทั้งยังใช้เครื่องปั่นเหวี่ยงรุ่นเก่าที่ใช้ไฟฟ้ามากกว่าเมื่อเทียบต่อหน่วยของน้ำยางชั้นที่ผลิตได้ เมื่อเปรียบเทียบกับโรงงานที่ 3 ที่นำระบบ Inverter ซึ่งเป็นอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบทำให้สามารถเข้าสู่รอบที่ต้องการได้เร็วขึ้นและสามารถควบคุมความเร็วได้สม่ำเสมอ รวมถึงทำให้เครื่องปั่นเหวี่ยงเริ่มเดินเครื่องจักรและหยุดอย่างนุ่มนวลมากขึ้น ทำให้อุปกรณ์การใช้งานยืนยาวขึ้น (สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย, 2548) ซึ่งจากการสอบถามช่างเทคนิคของโรงงานที่ 3 พบว่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าลดลงประมาณ 10-12% เมื่อเทียบกับระบบเดิม ในการศึกษาครั้งนี้จึงวิเคราะห์การใช้ระบบ Inverter กับเครื่องปั่นเหวี่ยงโดยคำนวณที่การลดไฟฟ้าลงได้ 10% ได้ผลการคำนวณดังตารางที่ 7.4 (โดยใช้ขอบเขตการคำนวณแบบ Gate-to-Gate คือเฉพาะขอบเขตในโรงงานผลิตน้ำยางชั้น) โดยสามารถลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม Global warming Acidification Eutrophication Photochemical oxidation และ Human toxicity ได้ประมาณ 7% 9% 2% 12% และ 3% ตามลำดับ โดยค่าใช้จ่ายในการลงทุนการติดตั้ง Inverter (ระบบ Dynamic motor load control) ใช้เงินลงทุนประมาณ 44,000 บาท/เครื่อง สามารถทำให้ลดไฟฟ้าลงได้ 1,654 kW/ปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ประมาณ 5,128 บาท/ปี มีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 8.6 ปี (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)

โดยหากโรงงานยังไม่มีติดตั้งระบบ Inverter สามารถหลีกเลี่ยงปริมาณการใช้ไฟฟ้าไม่ให้สูงช่วง peak load โดยทยอยการเดินเครื่องปั่นเหวี่ยงตามลำดับ ไม่เริ่มเดินเครื่องพร้อมๆกัน นอกจากนั้นจากการสังเกตพบว่าบางโรงงานที่มีเครื่องปั่นเหวี่ยงทั้งใหม่และเก่าอยู่ด้วยกัน ซึ่งควรมีการวัดเปรียบเทียบสมรรถนะการใช้ไฟฟ้าต่อน้ำยางชั้นที่ผลิตได้ (kWh/ตันน้ำยางชั้น) เพื่อที่จะได้เดินเครื่องจักรที่มีสมรรถนะสูงกว่า (ใช้ไฟน้อยกว่า) เป็นชุดเดินเครื่องหลัก และเครื่องจักรที่มีสมรรถนะการผลิตต่ำกว่าใช้เป็นเครื่องจักรเสริม

ตารางที่ 7.4 ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการผลิตน้ำยางข้นเปรียบเทียบระหว่างการใช้เครื่องปั่นเหวี่ยงระบบเกียร์และคลัทช์ กับระบบที่ติดตั้ง Inverter

ผลกระทบสิ่งแวดล้อม	หน่วย	เครื่องปั่นเหวี่ยงระบบเกียร์และคลัทช์	เครื่องปั่นเหวี่ยงระบบที่ติดตั้ง Inverter
Global warming	kg CO ₂ eq	161	149
Acidification	g SO ₂ eq	1,622	1,483
Eutrophication	g PO ₄ ³⁻ eq	208	203
Photochemical oxidation	g C ₂ H ₄ -eq	76	67
Human toxicity	kg 1,4-DB eq	36	35

7.3 Scenario 3 - ทางเลือกในการลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี

ผลการศึกษาในบทที่ 3 ระยะเวลาผลิตน้ำยางสด (การปลูกยางพารา) พบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเป็นกิจกรรมที่ก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมสูงสุด ซึ่งผลกระทบสิ่งแวดล้อมมาจากสองขั้นตอนหลักคือขั้นตอนการผลิตปุ๋ยเคมีซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้พลังงานสูงมาก กับขั้นตอนของการใช้ปุ๋ยเคมีซึ่งทำให้เกิดการปลดปล่อย N₂O ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อน (GWP) สูงมาก ทำให้เกิดผลกระทบด้าน Global warming

แนวทางการลดการใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกยางพาราสามารถทำได้ใน 2 แนวทางหลักคือ 1) การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี และ 2) การเพิ่มประสิทธิภาพในการให้ปุ๋ยเคมีแก่ต้นยางพารา โดยในแนวทางแรกนั้น สถาบันวิจัยยาง (2556) ได้แนะนำเกษตรกรใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อรักษาสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินและเพื่อลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีลง โดยแนะนำให้ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 5 กิโลกรัมต่อต้นร่วมกับปุ๋ยหินฟอสเฟตรองกันหลุมปลูกยาง และใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ โดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพียงปีละ 1 ครั้ง อัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้นในปีที่ 1 จนถึงช่วงก่อนเปิดกรีด หลังจากนั้นจึงใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ ส่วนช่วงยางหลังเปิดกรีดและไม่ได้ปลูกพืชคลุมดินตระกูลถั่วในสวนยางเกษตรกรควรใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 2-3 กิโลกรัมต่อต้นต่อปีร่วมกับปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ จะช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมีได้ อย่างไรก็ตามมิได้หมายความว่าถึงทุกพื้นที่ที่ปลูกยางของประเทศจะสามารถลดการใช้ปุ๋ยได้ในอัตราเท่าๆกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสมบัติทางเคมีของดินที่แตกต่างกันทั้งสมบัติทางฟิสิกส์และสมบัติทางชีวภาพของดิน นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ อย่างไรก็ตามจากการสำรวจในแปลงปลูกยางพาราในการศึกษานี้พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ใส่เฉพาะปุ๋ยเคมีให้กับต้นยางพารา แม้จะมีการพยายามส่งเสริมจากสถาบันวิจัยยาง และสำนักกองทุนสงเคราะห์การทำสวน

ย่างให้ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ควบคู่ไปด้วย แต่ไม่ได้รับความสนใจจากเกษตรกรเนื่องจากเห็นเป็นภาระเพิ่มเติมและมีความคิดว่าปุ๋ยอินทรีย์ไม่ค่อยมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของผลผลิตของน้ำยาง ดังนั้น การส่งเสริม ประชาสัมพันธ์ในเรื่องการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ควบคู่กับปุ๋ยเคมีในการปลูกยางพารา ยังคงต้องดำเนินการต่อไปโดยมุ่งเน้นให้เกษตรกรได้ทราบถึงประโยชน์ ค่าใช้จ่ายที่ลดลง และผลเสียในอนาคตของการใช้เพียงปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว

ส่วนอีกแนวทางในการลดการใช้ปุ๋ยเคมี คือการเพิ่มประสิทธิภาพในการให้ปุ๋ยเพื่อให้ต้นยางสามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยทั่วไปการใส่ปุ๋ยมี 2 แบบหลักคือการหว่าน และการใส่ในหลุมแล้วกลบ โดยในการศึกษาครั้งนี้พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ใช้วิธีการหว่านปุ๋ย เนื่องจากสามารถทำได้ง่ายและลดค่าใช้จ่ายในเรื่องค่าจ้างทำหลุม อย่างไรก็ตามพบว่าการหว่านปุ๋ยจะมีการสูญเสียเนื้อปุ๋ยที่มักจะหมดไปกับการระเหยไปในอากาศของปุ๋ยที่มีแอมโมเนีย และเมื่อฝนตกหนักๆ ปุ๋ยจะละลายและไหลไปกับน้ำอย่างรวดเร็วจึงเกิดการสูญเสียปุ๋ยมหาศาลโดยเฉพาะในพื้นที่ลาดเท ซึ่งประมาณได้ว่าต้นยางพาราสามารถรับปุ๋ยที่หว่านไปได้แค่ประมาณ 20-30% เท่านั้น นอกจากนั้นเพื่อให้การใส่ปุ๋ยมีประสิทธิภาพมากที่สุดก็คือ ควรใส่ปุ๋ยในขณะที่ดินมีความชุ่มชื้นเพียงพอ หลีกเลี่ยงการใส่ปุ๋ยในช่วงที่มีอากาศแห้งแล้ง หรือฝนตกชุกมากเกินไป และควรกำจัดวัชพืชก่อนใส่ปุ๋ยทุกครั้ง

ในการศึกษานี้จึงได้วิเคราะห์ผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ โดยจากการศึกษาของ Brink et al. (2005) พบว่าหากวิธีการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมีประสิทธิภาพจะสามารถลดการใช้ปริมาณปุ๋ยเคมีลงได้ประมาณ 20% ส่วนปริมาณการใช้ปุ๋ยอินทรีย์นั้นคำนวณตามคำแนะนำของสถาบันวิจัยยางได้ปริมาณของปุ๋ยอินทรีย์ประมาณ 713 กิโลกรัม/1 ต้นน้ำยางสด (คิดปริมาณตลอดระยะเวลาการปลูก 30 ปี) โดยผลของค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมหากมีการลดการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ และมีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ควบคู่กับปุ๋ยเคมี แสดงดังตารางที่ 7.5 (โดยใช้ขอบเขตการคำนวณแบบ Gate-to-Gate คือเฉพาะขอบเขตในการผลิตน้ำยางสด (การปลูกยางพารา))

ตารางที่ 7.5 ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการผลิตน้ำยางสดเปรียบเทียบระหว่างการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว กับการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมีประสิทธิภาพควบคู่กับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์

ผลกระทบสิ่งแวดล้อม	หน่วย	การใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว	การใช้ปุ๋ยเคมีควบคู่กับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์
Global warming	kg CO ₂ eq	27.6	33.3
Acidification	g SO ₂ eq	193	213
Eutrophication	g PO ₄ ³⁻ eq	111	98
Photochemical oxidation	g C ₂ H ₄ -eq	8	8
Human toxicity	kg 1,4-DB eq	11.6	11.5

จากตารางที่ 7.5 ได้ผลการวิเคราะห์ที่น่าสนใจว่าแนวทางการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมีประสิทธิภาพควบคู่ไปกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์นั้นไม่มีผลมากนักในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Acidification Eutrophication Photochemical oxidation และ Human toxicity นอกจากนั้นยังมีค่าผลกระทบด้าน Global warming สูงขึ้นอีกด้วย ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าเนื่องจากปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ที่แนะนำที่ต้องใช้ต่อการผลิตน้ำยางสด 1 ตัน นั้นจำเป็นต้องใช้ในปริมาณที่สูงมากคือประมาณ 713 กิโลกรัม เทียบกับปุ๋ยเคมีซึ่งใช้ประมาณ 30-35 กิโลกรัม ต่อ การผลิตน้ำยางสด 1 ตัน เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์มีธาตุอาหารโดยทั่วไปต่ำดังนั้นจึงต้องใช้ปริมาณในการใส่ที่มากกว่าปุ๋ยเคมี (อย่างไรก็ตามจุดมุ่งหมายหลักของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คือการรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน มากกว่าการเพิ่มธาตุอาหารให้แก่พืช) นอกจากนั้นในขั้นตอนการเตรียมปุ๋ยอินทรีย์ มีขั้นตอนการหมักซึ่งทำให้เกิดก๊าซมีเทน โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากมีการนำมูลสัตว์ (manure) มาทำเป็นปุ๋ยจะมีปริมาณก๊าซมีเทนเกิดขึ้น โดยหากดูการปลดปล่อยก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์ จากการวิเคราะห์บัญชีรายการแล้วพบว่า ปริมาณ การใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวปล่อยก๊าซมีเทน 280 mg/ตันน้ำยางสด ปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ 568 mg/ตัน น้ำยางสด ขณะที่การใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ปล่อยก๊าซมีเทน 310 mg/ตันน้ำยางสด และปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ 698 mg/ตันน้ำยางสด ซึ่งทั้งมีเทนและไนตรัสออกไซด์ เป็นก๊าซที่มีศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อนสูงจึงทำให้ค่าผลกระทบด้าน Global warming ในหน่วย CO₂-eq มีค่าสูง อย่างไรก็ตามในความคิดเห็นของผู้วิจัย ถึงแม้การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ควบคู่กับการใช้ปุ๋ยเคมีอาจไม่ได้มีส่วนในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมมากนักในการผลิตน้ำยางสด(จากผลของการศึกษานี้) แต่การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ควบคู่กับปุ๋ยเคมีในการปลูกยางพารา ยังคงมีความจำเป็นสำหรับเกษตรกร ทั้งในแง่ของการรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน และการประหยัดค่าใช้จ่ายของเกษตรกร โดยแนวทางที่ควรส่งเสริมให้ความรู้แก่เกษตรกร คือการใช้ปุ๋ยเคมีให้มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะการลดการสูญเสีย การชะล้างปุ๋ยโดยที่ต้นยางพารายังไม่ได้ดูดซึมไปใช้ การให้ปุ๋ยให้เหมาะสมแก่สภาพดินที่ปลูกและระยะการเจริญเติบโตของยางพารา ซึ่งประเด็นเหล่านี้เกษตรกรรายย่อยยังไม่ได้ให้ความสนใจมากนัก จึงควรมีการส่งเสริมและให้ความรู้ในเรื่องการใช้ปุ๋ยเคมีให้มีประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่อง ซึ่งนอกจากจะเป็นการลดค่าใช้จ่ายแล้วยังช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้อีกทางหนึ่ง

7.4 การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัย

ตลอดวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัยมีขั้นตอน/กิจกรรมที่เกี่ยวข้องต่างๆมากมาย และจากผลการศึกษาในการศึกษานี้พบว่ามีผลกระทบสิ่งแวดล้อมหลายประเภทเกิดขึ้นในระยะต่างๆของวัฏจักรชีวิต ดังนั้นการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัย นอกจากจะต้องใช้เทคนิค เทคโนโลยี และมาตรการต่างๆทางวิชาการแล้ว ยังต้องเกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย(Stakeholders) จากหลายภาคส่วนเพื่อร่วมมือกันผลักดันในผลิตภัณฑ์ถุงยางอนามัย และผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติอื่นๆให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความยั่งยืน และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ตารางที่ 7.6 นำเสนอผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่มีส่วนในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัย รวมถึงแนวทางปฏิบัติเพื่อช่วยส่งเสริมการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ถุงยางอนามัย และผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติอื่นๆ

ตารางที่ 7.6 แนวทางการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในวัฏจักรชีวิตของ
ถุยางอนามัย

ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	แนวทางปฏิบัติเพื่อส่งเสริมการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ ถุยางอนามัย และผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติ
รัฐบาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงอุตสาหกรรม	การมีแนวนโยบายที่ชัดเจน และสอดคล้องกันในการส่งเสริม สนับสนุน การผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในทุกระดับตั้งแต่ภาคการแปรรูปวัตถุดิบ ภาคการเกษตร ภาคอุตสาหกรรม มีการสนับสนุนทางเทคนิค ทางบุคลากร ทางการเงิน มีแรงจูงใจต่างๆในการให้สิทธิพิเศษ (เช่น มาตรการทางภาษี) สำหรับทุกภาคส่วนการผลิตที่ให้ความสำคัญกับเรื่องสิ่งแวดล้อมและการ ผลิตที่ยั่งยืน
กรมส่งเสริมการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรมพัฒนาที่ดิน สถาบันวิจัยยาง องค์การส่งเสริมการทำสวนยาง	ให้การสนับสนุนเชิงวิชาการ ให้กับเกษตรกร โดยเฉพาะในเรื่องการเลือก พื้นที่ปลูกยางที่เหมาะสม การใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมีประสิทธิภาพ การรณรงค์ เรื่องการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี การสร้างแกนนำเกษตรกร (เช่น กลุ่ม หมอดิน) ที่พร้อมจะให้ความรู้กับเกษตรกรในพื้นที่ที่มีความเข้าใจที่ถูกต้อง ในการใช้ปุ๋ย ใช้สารเคมี รวมถึงแนวปฏิบัติอื่นๆการปลูกยางพาราที่เป็นการ เพิ่มผลผลิต และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
กระทรวงพลังงาน พลังงานจังหวัด	ให้การสนับสนุนทางวิชาการ ทางบุคลากร รวมถึงส่งเสริม สนับสนุน มาตรการการลดใช้พลังงานของส่วนโรงงานแปรรูปยางทั้งขั้นต้นและขั้น ปลายซึ่งมีการใช้พลังงานของเครื่องจักร และกระบวนการผลิตอื่นๆสูง โดย มุ่งเน้นการเปลี่ยนแนวทางปฏิบัติที่ดี (Good practices) มากกว่าการ มุ่งเน้นการเปลี่ยนแปลงเครื่องจักร
กรมควบคุมมลพิษ กรมโรงงานอุตสาหกรรม อุตสาหกรรมจังหวัด	ให้การสนับสนุนทางวิชาการ ทางบุคลากรกับโรงงาน โดยมุ่งเน้นการ จัดการสิ่งแวดล้อมแบบป้องกันมลพิษมากกว่าการบำบัดที่ปลายทาง (เช่น การนำหลักการเทคโนโลยีสะอาดมาประยุกต์ใช้) มุ่งชี้ให้เห็นประโยชน์ของ การป้องกันมลพิษที่นอกจากทำให้คุณภาพสิ่งแวดล้อมดีขึ้นแล้ว ยังทำให้ลด ค่าใช้จ่ายได้อีกด้วย หน่วยงานของรัฐควรปรับเปลี่ยนบทบาทจากผู้ ตรวจสอบ ควบคุม สั่งการ (Commander) เป็นผู้สนับสนุน (Supporter)
สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือน กระจก	สนับสนุน ส่งเสริมและจูงใจให้อุตสาหกรรมทำการติดฉลากสิ่งแวดล้อม เช่นฉลากเขียว ฉลากคาร์บอน เพื่อเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ในทาง สิ่งแวดล้อม เพิ่มความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลก ชี้ให้เห็น ความสำคัญของความใส่ใจทางสิ่งแวดล้อม (Environmental awareness) ที่มีสูงมากขึ้นเรื่อยๆในตลาดโลก

ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	แนวทางปฏิบัติเพื่อส่งเสริมการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ ถุงยางอนามัย และผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติ
มหาวิทยาลัย สถาบันวิจัย	มุ่งเน้นการบริการวิชาการ และการวิจัยในประเด็นที่เป็นความต้องการของ ผู้ประกอบการมากกว่าความสนใจของตนเอง บูรณาการการบริการ วิชาการ และการวิจัยเข้ากับการเรียนการสอน
ผู้ผลิต	ให้ความสำคัญกับการผลิตผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็น แนวโน้มที่อุตสาหกรรมยางธรรมชาติที่เน้นการส่งออกสู่ตลาดโลกไม่ สามารถหลีกเลี่ยงได้ ให้การส่งเสริมการพัฒนาศักยภาพของบุคลากรใน บริษัทให้มีความรู้ความเข้าใจในประเด็นเรื่องการจัดการสิ่งแวดล้อมใน ปัจจุบัน เช่น Clean technology, Life Cycle Assessment, Carbon footprint, Water footprint
ผู้บริโภค	ให้การสนับสนุนผลิตภัณฑ์ที่มีการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ผลิตภัณฑ์ ที่มีฉลากสิ่งแวดล้อม

.....

บทที่ 8

บทสรุป

บทที่ 8

บทสรุป

8.1 สรุปผลการศึกษา

ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่รุนแรงขึ้นอย่างต่อเนื่องในโลกทำให้กระแสความตื่นตัวทางสิ่งแวดล้อมมีสูงขึ้นทั่วโลก สินค้าผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติของประเทศไทยมีปริมาณมากที่สุดในโลกและถูกส่งออกไปสู่ต่างประเทศทั่วโลก ดังนั้นจึงเป็นความรับผิดชอบของผู้ประกอบการที่ต้องผลิตผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติที่ทั้งมีคุณภาพสูงและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพื่อรักษาสถานภาพความเป็นผู้นำในการแข่งขันทางธุรกิจนี้ โครงการวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลการใช้ทรัพยากร พลังงาน การปลดปล่อยของเสีย และประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตยางอนามัย และเสนอแนวทางเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในวัฏจักรชีวิตของการผลิตยางอนามัย เครื่องมือหลักที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ผสมผสานกับการใช้ การประเมินแบบหลากหลายเกณฑ์ (Multi-Criteria Analysis: MCA) และการวิเคราะห์กรณีศึกษา (Scenario Analysis) โดยเป็นการประเมินในขอบเขตทั้งวัฏจักรชีวิตของยางอนามัย (Cradle to Grave) โดยแบ่งออกเป็น 4 ระบบย่อยในวัฏจักรชีวิตของยางอนามัย ได้แก่ 1) ระบบการผลิตน้ำยางสด (การปลูกต้นยางพารา), 2) ระบบการผลิตน้ำยางข้น, 3) ระบบการผลิตยางอนามัย, และ 4) ระบบการขนส่งและกำจัดยางอนามัย โดยมี Functional unit คือยางอนามัย 1 กรอส โดยศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม 5 ประเภคือ Global warming Acidification Eutrophication Photochemical oxidation และ Human toxicity

ผลการศึกษาพบว่าในระยะของการผลิตน้ำยางสด (การปลูกต้นยางพารา) พบว่ากิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้ปุ๋ยเคมีเป็นสาเหตุสำคัญที่มีสัดส่วนสูง (70-90%) ในผลกระทบสิ่งแวดล้อมทุกประเภท ในระยะของการผลิตน้ำยางข้น พบว่ากิจกรรมสำคัญที่เป็นสาเหตุของผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Global warming Acidification และ Photochemical oxidation คือการใช้ไฟฟ้าในการปั่นเหวี่ยง ส่วนการใช้แอมโมเนียเป็นสาเหตุสำคัญของผลกระทบ Human toxicity การใช้ Diammonium phosphate (DAP) เป็นกิจกรรมสำคัญที่มีสัดส่วนสูงในผลกระทบ Eutrophication ในระยะของการผลิตยางอนามัย พบว่าการใช้ไฟฟ้าโดยเฉพาะอย่างยิ่งในขั้นตอนการจุ่มแม่พิมพ์เป็นขั้นตอนที่มีสัดส่วนต่อทุกผลกระทบสิ่งแวดล้อมสูงที่สุด (60-90%) เมื่อเทียบกับกิจกรรมอื่นๆ และเมื่อมองในภาพรวมทั้งวัฏจักรชีวิตของยางอนามัยพบว่า ระยะของการผลิตยางอนามัยมีสัดส่วนในผลกระทบสูงที่สุด (65%) ตามด้วยระยะของการกำจัดยางอนามัยด้วยวิธีการฝังกลบ (20%) และระยะของการขนส่งยางอนามัย (8%) ในส่วนของการคิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมรวม (Overall environmental impact) ได้นำหลักการของ Multi-criteria analysis (MCA) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการนำข้อมูลเชิงคุณภาพมากำหนดน้ำหนักความสำคัญ (weighting factors) ของผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละชนิด โดยใช้ความเห็น/นโยบายของผู้ผลิต ความเห็นของผู้บริโภค ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางสิ่งแวดล้อม

และกรณีที่กำหนดให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบแต่ละชนิดมีความสำคัญเท่ากัน ผลของการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมรวมโดยการให้น้ำหนักความสำคัญที่ต่างกันนี้ พบว่าให้ผลไม่แตกต่างกัน โดยระยะของผลิตภัณฑ์ยางอนามัยเป็นระยะที่มีสัดส่วนในผลกระทบสิ่งแวดล้อมรวมสูงที่สุด เมื่อเทียบกับระยะอื่นๆ ในวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัย

จากผลการศึกษาดังกล่าวได้นำมากำหนดเป็นกรณีศึกษาต่างๆ (Scenario) ในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในวัฏจักรของถุงยางอนามัย โดยในกรณีที่มีการนำก๊าซธรรมชาติมาให้ความร้อนร่วมกับไฟฟ้า ในกระบวนการจุ่มแบบแม่พิมพ์ถุงยางอนามัยพบว่าจะลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทต่างๆ ในวัฏจักรชีวิตได้ประมาณ 10-20% ในระยะของการผลิตน้ำยางข้นพบว่าหากมีการปรับปรุงระบบเครื่องปั้นเหวี่ยงโดยติดตั้งระบบ inverter จะลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม Global warming Acidification และ Photochemical oxidation ในระยะการผลิตน้ำยางข้นได้ประมาณ 10% ส่วนในระยะของการผลิตน้ำยางสด ได้นำเสนอกรณีศึกษาการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี พบว่าไม่มีส่วนในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทต่างๆ ในระยะการปลูกยางพารามากนัก และยังเพิ่มผลกระทบด้าน Global warming ประมาณ 10% ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ทดแทนปุ๋ยเคมีต้องใช้ปริมาณสูงมาก อีกทั้งในการได้มาและระหว่างการใช้ปุ๋ยอินทรีย์มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก นอกเหนือจากมาตรการทางเทคนิคแล้ว การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (Stakeholders) จากภาคส่วนต่างๆ ตลอดวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัยนับได้ว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งในการที่จะผลักดันให้ผลิตภัณฑ์ถุงยางอนามัยและผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติอื่นๆ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

8.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินโครงการวิจัย

- การเก็บข้อมูลในขอบเขตการวิจัยแบบ Cradle to Grave ทำให้ต้องใช้เวลามากในการเก็บข้อมูลให้มีความสมบูรณ์ถูกต้อง นอกจากนั้นการขออนุญาตเข้าเก็บข้อมูลในบางโรงงานเป็นไปด้วยความยากลำบากเนื่องจากเหตุผลเรื่องความลับทางการค้า และความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนต่อการวิจัย ทำให้การทำวิจัยล่าช้ากว่ากำหนด
- ฐานข้อมูลจำพวก Emission factor, Characterization factor ที่พัฒนาขึ้นสำหรับประเทศไทยยังมีอยู่น้อยมากทำให้ต้องใช้ฐานข้อมูลเหล่านี้จากต่างประเทศ ซึ่งอาจทำให้ผลคลาดเคลื่อนไปจากสภาพความเป็นจริงของประเทศไทย

8.3 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป

- ศึกษาเปรียบเทียบการประเมินวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัยที่ผลิตจากยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ (ในการศึกษานี้เปรียบเทียบถุงยางอนามัยที่ผลิตจากยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์เฉพาะในขอบเขตของโรงงาน (Gate to Gate) ไม่ได้ศึกษาทั้งวัฏจักรชีวิตของถุงยางอนามัยจากยางสังเคราะห์)
- เพิ่มเติมการศึกษาในประเด็นอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานทางสิ่งแวดล้อมเช่น Carbon footprint Water footprint ของถุงยางอนามัย
- ต่อยอดการวิจัยในผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติประเภทจุ่ม (Dipping product) เช่น ถุงมือแพทย์ จุกนม ลูกโป่ง เพื่อให้ได้เป็นฐานข้อมูลของผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

.....

บรรณานุกรม

กิตติพจน์ ดัชนีกุล, เพชรดา เวณันท์, เสกสรร พาป้อง, สุเมธ ไชยประพัทธ์, และ ปมทอง มาลากุล. 2551.

การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของอุตสาหกรรมยางแผ่นรมควัน และยางแท่ง STR 20:

กรณีศึกษาพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย. การประชุมวิชาการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 34. 31 ตุลาคม – 2 พฤศจิกายน 2551, กรุงเทพมหานคร

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2548. แนวปฏิบัติที่ดีในการป้องกันมลพิษโดยใช้เทคโนโลยีสะอาด ในอุตสาหกรรม น้ำยางข้น และ ยางแท่ง STR 20. กระทรวงอุตสาหกรรม กรุงเทพมหานคร

กรมควบคุมมลพิษ. 2548. แนวปฏิบัติด้านการป้องกันมลพิษในอุตสาหกรรมยางแผ่นรมควัน. กระทรวงสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ กรุงเทพมหานคร

พงษ์วิภา หล่อสมบูรณ์, สุกกล้า บุญญนันท์, วัชรพงษ์ ศิลาเลิศรักษา, อธิวัตร จิรจรียาเวช, นฤเทพ เล็กศิริวิไล, มานิต สถาปนิกกุล, และ พวงพันธ์ ศรีทอง. 2550. การเสริมศักยภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของอุตสาหกรรมยางไทยด้วยการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์. สำนักกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพมหานคร

วรารณณ์ ขจรไชยกูล. 2549. ยางธรรมชาติ : การผลิตและการใช้งาน. สำนักกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพมหานคร

สำนักงานเทคโนโลยีความปลอดภัย. 2549. คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม: ผลิตภัณฑ์ยาง. กรมโรงงาน, กระทรวงอุตสาหกรรม กรุงเทพมหานคร

สุเมธ ไชยประพัทธ์ และ ไวกุณฐ์ พรหมอ่อน. 2548. การจัดทำตัวชี้วัดการจัดการทรัพยากรและแนวปฏิบัติของสหกรณ์โรงอบ/รมยางแผ่น. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ

สถาบันวิจัยยาง. 2556. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในสวนยางพารา. เข้าถึงจาก

http://www.rubberthai.com/news/newsinfo/2551/news_May51/news_1201.htm ธันวาคม 2556.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. 2552. แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

Amann M, Asman W, Bertok I, Cofala J, Heyes C, Klimont Z, Schopp W, and Wagner F. 2007. Updated Baseline Projections for the Revision of the Emission Ceilings Directive of the European Union. NEC Scenario Analysis Report #4. International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg, Austria.

Alcamo J. 2001. Scenarios as tools for international environmental assessments. Environmental issues report. Experts corner report. Prospects and Scenarios No.5, European Environment Agency, Copenhagen

Brink C, Van Ierland E, Hordijk L, Kroeze C. 2005. Cost_effective emission abatement in agriculture in the presence of interrelations: cases for the Netherlands and Europe. *Ecological Economics*. 53 (1): 59-74

De Vries W, Kros J, Oenema O, De Klein J. 2003. Uncertainties in the fate of nitrogen II: A quantitative assessment of the uncertainties in major nitrogen fluxes in the Netherlands. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 66: 71-102.

Del Prado A, Scholefield D. 2006. Use of SIMSDAIRY modeling framework system to specify UK dairy farms. Delivering sustainability within profitable farming system-is it possible?. *Applied Biology*: 3-6

Havlikova M, Kroeze C. 2010. The role of non-CO₂ greenhouse gases in cost-effective strategies to reduce pollution by dairy cattle in the Czech Republic. *Journal of Integrative Environmental Sciences*, Volume 7, Issue 2, Supplement 1, Pages 269 – 277

Hermann B G, Kroeze C, Jawjit W. 2007. Assessing environmental performance by combining life cycle assessment, multi-criteria analysis and environmental performance indicators. *Journal of Cleaner Production*, Volume 15, Issue 18 Pages 1787-1796

Hordijk L, and Kroeze C. 1997. Integrated assessment models for acid rain. *European Journal of Operational Research*. 102: 405-417.

IPCC. 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change

Jawjit W, Kroeze C, Soontaranun W and Hordijk L. 2007. Options to Reduce the Environmental Impact by Kraft Pulp Industry in Thailand: Model description. *Journal of Cleaner Production*, 15 (18): 1827-1839

Jawjit W, Rattanapan S, Kroeze C. 2010. Greenhouse gases emissions of rubber industry in Thailand. *Journal of Cleaner Production*, 18: 403-411.

Jawjit S and Liengchareonsit W. 2010. Anaerobic treatment of concentrated latex processing wastewater in two-stage upflow anaerobic sludge blanket. *Canadian Journal of Civil Engineering*. 37 (5): 805-813

Khongchana P, Tirawanichakul S, Tirawanichakul Y, Woravutthikhunchai S. 2007; Effect of Drying Strategies on Quality of STR 20 Block Rubber. *Journal of Agricultural Technology*, 3(2): 157-171

Leong S T, Muttamara S, Laortanakul P. 2003. Reutilization of wastewater in a rubber-based processing factory: a case study in Southern Thailand. *Resources, Conservation and Recycling*. 37: 159-172.

Neto B, Kroeze C, Hordijk L, Costa C, Pulles T. 2009. Strategies to reduce the environmental impact of an aluminium pressure die casting plant: A scenario analysis. *Journal of Environmental Management*. 90(2): 815-830

Nguyen T. V. 1999. Sustainable treatment of rubber latex processing wastewater. Ph.D. Thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands

Petsri S., A. Chidthaisong, N. Pumijumnong, C. Wachrinrat. 2013. Greenhouse gas emissions and carbon stock changes in rubber tree plantations in Thailand from 1990 to 2004. *Journal of Cleaner Production* 52: 61-70

Pluimers J. 2001. An Environmental systems analysis of greenhouse horticulture in the Netherlands: the tomato case. PhD Thesis. Wageningen University, The Netherlands

Promptong M, Tekasakul P. 2007. CFD study of flow in natural rubber smoking-room: I. Validation with the present smoking-room. *Applied Thermal Engineering* 27: 2113-2121.

Rakkoed A, Danteravanich S, Puetpaiboon U. 1999. Nitrogen removal in attached growth waste stabilization ponds of wastewater from a rubber factory. *Water Science Technology* 40(1): 45-52.

Rotmans J, and Dowlatabadi H. 1997. Integrated Assessment Modeling, in *Human Choice and Climate Change*, eds S Rayner and E L Malone, Vol. 3, *The Tools for Policy Analysis*, Battle Press, Columbus, OH, 291-377.

Tekasakul P, Promptong M. 2008. Energy efficiency enhancement of natural rubber smoking process by improvement using a CFD technique. *Applied Energy* 85: 878-895.

Zhang D Q, Tan S, Gersberg R M. 2010. Municipal solid waste management in China: Status, problems and challenges. *Journal of Environmental Management*. 91 (8): 1623-1633

.....