การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมน้ำยางข้น

Water Footprint Evaluation of Concentrated Latex Industry

อาทิตยา จันทระ

Atidtaya Jantara

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Science in Environmental Management
Prince of Songkla University
2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมน้ำยางข้น
ผู้เขียน นางสาวอาทิตยา จันทระ
สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

……
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธันวดี สุขสาโรจน์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

……
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยศรี สุขสาโรจน์)

คณะกรรมการสอบ

……..ประธานกรรมการ
(ดร.เกื้ออนันต์ เตชะโต)

……กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.อรัญ หันพงศ์กิตติกุล)

……กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วาริท เจาะจิตต์)

……กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธันวดี สุขสาโรจน์)

……กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยศรี สุขสาโรจน์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. ธีรพล ศรีชนะ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้เป็นผลมาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และขอแสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้อง

ลงชื่อ.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธันวดี สุขสาโรจน์)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....
(นางสาวอาทิตยา จันทระ)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นางสาวอาทิตยา จันทระ)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมน้ำยางข้น
ผู้เขียน นางสาวอาทิตยา จันทระ
สาขา การจัดการสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์น้ำยางข้น จากโรงงานน้ำยางข้นในจังหวัดสงขลา ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิจากโรงงานน้ำยางข้นจำนวน 6 โรงงาน มีกำลังการผลิตคิดเป็น 42.85 % ของกำลังการผลิตทั้งจังหวัด ผลการศึกษาพบว่าค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางข้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8,712 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น เกิดจากค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสดซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตมีค่าเท่ากับ 8,678.48 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น ปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิต (บลูวอเตอร์) เท่ากับ 4.30 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น และปริมาณน้ำในการบำบัดมลพิษ (เกรย์วอเตอร์) เท่ากับ 29.22 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น แต่เนื่องจากโรงงานเหล่านี้ไม่มีการปล่อยน้ำทิ้งออกสู่สิ่งแวดล้อม ดังนั้นค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์แบบไม่รวมเกรย์วอเตอร์ของผลิตภัณฑ์น้ำยางข้นจึงมีค่าเท่ากับ 8,684 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น เมื่อพิจารณาแยกตามขนาดโรงงานพบว่า โรงงานขนาดใหญ่มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์เฉลี่ยเท่ากับ 7,951 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น โรงงานขนาดกลาง มีค่าเท่ากับ 9,748 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น และโรงงานขนาดเล็กมีค่าเท่ากับ 7,748 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น ซึ่งการที่กลุ่มโรงงานขนาดกลางมีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์สูงกว่าโรงงานกลุ่มอื่น เนื่องจากมีบางโรงงานในกลุ่มนี้มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์สูงมาก ซึ่งจากผลการศึกษาเห็นได้ว่าค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์เกิดจากปริมาณน้ำใช้ในระบบผลิตน้ำยางสดสูงสุด ดังนั้นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำยางสดต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ได้ จะสามารถลดค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ลงได้ และเมื่อพิจารณาค่าบลูวอเตอร์ทางตรงหรือปริมาณน้ำใช้ในกระบวนการผลิต และบลูวอเตอร์ทางอ้อมหรือปริมาณน้ำใช้ในกระบวนการผลิตสารเคมีและพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น พบว่าบลูวอเตอร์ทางอ้อมมีค่าสูงกว่าบลูวอเตอร์ทางตรงมาก โดยบลูวอเตอร์ทางอ้อมมีค่าเท่ากับ 96.4% ในขณะที่บลูวอเตอร์ทางตรงมีค่าเท่ากับ 3.60 % ของบลูวอเตอร์รวม ดังนั้นแนวทางในการลดค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์จากกระบวนการผลิต จึงควรมุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้สารเคมีและพลังงานควบคู่กับการลดการใช้น้ำทางตรงของโรงงานด้วย โดยเฉพาะควรเร่งสร้างมาตรการดังกล่าวในโรงงานที่มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์สูงกว่าโรงงานอื่นๆ

Thesis Title Water Footprint Evaluation of Concentrated Latex Industry

Author Atidtaya Jantara

Major Program Environmental Management

Academic Year 2013

ABTRACT

This research aims to assess water footprint of concentrated latex in Songkhla Province, Thailand. The data used in this study consisted primary and secondary data collected from six concentrated latex factories that have 422.58% of total production rate in this province. The results showed that the average water footprint of concentrated latex product in this area was 8,712 m^3/ton concentrated latex (CL) that consisted of 8,678.48 m^3/tonCL from fresh latex water footprint, 4.30 m^3/tonCL form direct water use in the process (blue water) and 29.22 m^3/tonCL from water use for pollution treatment (grey water). But all factories do not discharge treated wastewater into the environment, hence the water footprint exclude grey water was 8,684 m^3/tonCL. When considering the size of the factories, it was found that the average water footprint of the large medium and small factories were 7,951, 9,748 and 7,748 m^3/tonCL respectively. The medium group has highest water footprint there was some factories in this group has high water footprint value. From the result, it could be seem that the most of water footprint originated from fresh latex water footprint therefore the enhancement of production efficiency especially the fresh latex use could reduce water footprint. When considering direct and indirect blue water, it showed that indirect blue water was higher than direct blue water, 96.4% and 3.6% of total blue water. Therefore the increase of efficiency for chemical and electricity used in the process should be done coupled with the reduction of direct water use especially in the factory where has high water footprint.

สารบัญ

สารบัญ	**หน้า**
รายการตาราง	(11)
รายการตารางภาคผนวก	(13)
รายการภาพประกอบ	(14)
รายการภาพประกอบภาคผนวก	(15)
อธิบายคำศัพท์	(16)
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 บทนำต้นเรื่อง	1
1.2 การตรวจเอกสาร	3
1.3 วัตถุประสงค์งานวิจัย	47
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	47
1.5 ขอบเขตงานวิจัย	47
2 วิธีการวิจัย	48
2.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย	48
2.1.1 การกำหนดขอบเขตการศึกษา	48
2.1.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล	48
2.1.3 การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมน้ำยางข้น	49
2.1.4 การสรุปและวิจารณ์ผลการดำเนินวิจัย	54
3 ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย	55
3.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานน้ำยางข้น	55
3.2 สภาพที่ตั้งของโรงงานน้ำยางข้น	56
3.3 กำลังการผลิตของโรงงานน้ำยางข้น	57
3.4 กระบวนการผลิตน้ำยางข้นและจุดกำเนิดของเสีย	58
3.4.1 ขั้นตอนการผลิตน้ำยางข้น	58
3.4.2 จุดกำเนิดของเสียจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น	59
3.5 การใช้ทรัพยากรและพลังงานของโรงงานน้ำยางข้น	62
3.5.1 การใช้วัตถุดิบ	62

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5.2 การใช้น้ำ	64
3.5.3 การใช้พลังงาน	65
3.6 ผลิตภัณฑ์และของเสียที่เกิดขึ้นในโรงงานน้ำยางข้น	65
3.6.1 ผลผลิตผลิตภัณฑ์น้ำยางข้น	65
3.6.2 สัดส่วนผลิตภัณฑ์ของกระบวนการผลิตน้ำยางข้น	66
3.6.3 ของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น	67
3.7 ลักษณะสมบัติน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น	68
3.8 การจัดการน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้น	69
3.8.1 การบำบัดน้ำเสียขั้นต้น	69
3.8.2 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้น	69
3.8.3 ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้น	70
3.9 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมน้ำยางข้น	72
3.9.1 การจัดทำบัญชีรายการวัฏจักรชีวิตของการผลิตน้ำยางข้น	72
3.9.2 วอเตอร์ฟุตพรินต์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตน้ำยางข้น	74
3.9.2.1 ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์จากการเพาะปลูกยาง	74
3.9.2.2 วอเตอร์ฟุตพรินต์ของกระบวนการผลิตน้ำยางข้นภายในโรงงาน	74
3.9.3 เกรย์วอเตอร์ฟุตพรินต์ของโรงงานน้ำยางข้น	79
3.10 ผลการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมของอุตสาหกรรมน้ำยางข้น	81
3.10.1 ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของโรงงานน้ำยางข้นแบบรวมเกรย์วอเตอร์และไม่รวมเกรย์วอเตอร์	83
3.10.2 ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของโรงงานน้ำยางข้นแบบคิดการปันส่วน	84
3.10.3 ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ในแต่ละกลุ่มโรงงาน	86
3.10.4 ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์เฉลี่ยของผลิตภัณฑ์หลักและผลิตภัณฑ์ร่วม	87
4 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	
4.1 บทสรุป	90
4.2 ข้อเสนอแนะ	92
4.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับโรงงาน	92

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยเพิ่มเติม	92
บรรณานุกรม	94
ภาคผนวก	
ก รายชื่อโรงงานน้ำยางข้นในจังหวัดสงขลา	99
ข แบบสอบถามการใช้ทรัพยากรและพลังงานในการผลิตน้ำยางข้น	101
ค แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลโรงงานน้ำยางข้น	111
ง ค่ามาตรฐานที่เกี่ยวข้อง	128
จ ข้อมูลบัญชีรายการการใช้ทรัพยากร พลังงานและของเสียที่เกิดขึ้นของโรงงานน้ำยางข้น	133
ฉ ตารางค่าตัวคูณวอเตอร์ฟุตพรินต์	139
ช การศึกษาดูงานของกระบวนการผลิตน้ำยางข้น	140
ประวัติผู้เขียน	142

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
1-1 พื้นที่ปลูกยางพาราในประเทศไทย (หน่วยไร่ต่อจังหวัด)	13
1-2 ประเภทและจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมยางใน 7 จังหวัดภาคใต้ตอนล่าง	17
1-3 ปริมาณการใช้ทรัพยากรในอุตสาหกรรมน้ำยางข้น	24
1-4 ลักษณะน้ำเสียในโรงงานน้ำยางข้น	27
1-5 ลักษณะน้ำเสียจากกระบวนการต่างๆ ของโรงงานน้ำยางข้น	27
1-6 ลักษณะทางกายภาพและชีวภาพของกากขี้แป้ง	28
2-1 ข้อมูลปฐมภูมิของโรงงานน้ำยางข้นในการเก็บรวบรวมข้อมูล	49
2-2 รูปแบบการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์	51
3-1 รายการโรงงานน้ำยางข้นที่เข้าร่วมศึกษาในจังหวัดสงขลา	55
3-2 ประเภทการประกอบการของโรงงานที่ศึกษา	56
3-3 ราคาของผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมยางพารา	57
3-4 ปริมาณการใช้น้ำยางสดของโรงงานน้ำยางข้น	62
3-5 ปริมาณการใช้สารเคมีของโรงงานน้ำยางข้น	64
3-6 ปริมาณการใช้น้ำของโรงงานน้ำยางข้น	64
3-7 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานน้ำยางข้น	65
3-8 ค่าสัดส่วนมวลผลิตภัณฑ์ของการผลิตน้ำยางข้น (Product Fraction)	66
3-9 ลักษณะสมบัติน้ำเสียและประสิทธิภาพของระบบบำบัดของน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้น	71
3-10 บัญชีรายการสำหรับการผลิตน้ำยางข้น 1 ตัน	72
3-11 ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์น้ำยางสดของโรงงานน้ำยางข้น	74
3-12 การใช้น้ำทางตรงของโรงงานน้ำยางข้น	74
3-13 ค่าการใช้น้ำทางอ้อมหรือบลูวอเตอร์ทางอ้อมของไฟฟ้า สารเคมีที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น	76
3-14 การใช้น้ำทางตรงและทางอ้อมของโรงงานน้ำยางข้นรายโรงงาน	78
3-15 ลักษณะสมบัติน้ำเสียและค่าเกรย์วอเตอร์จากน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้น	80
3-16 การใช้น้ำแต่ละประเภทของโรงงานน้ำยางข้น	81
3-17 ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของโรงงานน้ำยางข้นแบบรวมเกรย์และไม่รวมเกรย์วอเตอร์	83
3-18 ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของโรงงานน้ำยางข้นแบบคิดการปันส่วน	84

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
3-19 ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์น้ำยางข้นในแต่ละกลุ่มโรงงาน	89
3-20 ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์เฉลี่ยของผลิตภัณฑ์หลักและผลิตภัณฑ์ร่วม	89

รายการตารางภาคผนวก

ตาราง	หน้า
ก รายชื่อโรงงานน้ำยางข้น จ.สงขลา	99
ง-1 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน	128
ง-2 ค่ามาตรฐานของการใช้วัตถุดิบในอุตสาหกรรมน้ำยางข้น	131
ง-3 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพสำหรับอุตสาหกรรมน้ำยางข้น	132
จ-1 ข้อมูลบัญชีรายการโรงงาน A(S)	133
จ-2 ข้อมูลบัญชีรายการโรงงาน B(S)	134
จ-3 ข้อมูลบัญชีรายการโรงงาน C(M)	135
จ-4 ข้อมูลบัญชีรายการโรงงาน D(M)	136
จ-5 ข้อมูลบัญชีรายการโรงงาน E(M)	137
จ-6 ข้อมูลบัญชีรายการโรงงาน F(L)	138
ฉ-1 ค่าวอเตอร์ฟุตฟรินต์ของผลิตภัณฑ์จากการเพาะปลูกยางพารา	139
ฉ-2 ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของสารขาเข้าในการผลิตน้ำยางข้น	139

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1-1 พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกยางพาราในประเทศไทย	9
1-2 อุตสาหกรรมแปรรูปยางพาราเบื้องต้น	14
1-3 อุปสงค์และอุปทานของอุตสาหกรรมยางขั้นต้น	16
1-4 ภาพรวมอุตสาหกรรมยางพารา	16
1-5 อุตสาหกรรมยางพาราและผลิตภัณฑ์จากยางพารา	18
1-6 ผลิตภัณฑ์และผลพลอยได้ในอุตสาหกรรมน้ำยางข้น	20
1-7 แผนภาพกระบวนการผลิตน้ำยางข้น	21
1-8 ปริมาณการใช้ทรัพยากรและการเกิดมลพิษในขั้นตอนต่างๆ	22
1-9 ปริมาณน้ำเสียในอุตสาหกรรมน้ำยางข้น	26
1-10 ตัวอย่างระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้น	29
1-11 แผนภาพแสดงส่วนประกอบของวอเตอร์ฟุตพรินต์	35
1-12 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตที่มีผลิตภัณฑ์เดียว	40
1-13 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตภัณฑ์ p ซึ่งใช้วัตถุดิบทั้งหมด y ชนิด และมีผลิตภัณฑ์ทั้งหมด z ชนิด	41
3-1 แผนผังแสดงการใช้น้ำและจุดกำเนิดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น	60
3-2 ขั้นตอนและเครื่องมือในการผลิตน้ำยางข้น	61
3-3 ลักษณะน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้น	61
3-4 การใช้น้ำทางอ้อมเฉลี่ย 6 โรงงาน	77
3-5 การใช้น้ำทางตรงรวมทางอ้อมของโรงงานน้ำยางข้น (ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น)	79
3-6 ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์จากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นแบบคิดการปันส่วน (ไม่รวมเกรย์วอเตอร์)	85
3-7 ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์จากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นแบบคิดการปันส่วน (รวมเกรย์วอเตอร์)	86
3-8 ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์น้ำยางข้นในแต่ละกลุ่มโรงงาน	87
3-9 ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์เฉลี่ยของผลิตภัณฑ์หลักและผลิตภัณฑ์ร่วม	88

รายการภาพประกอบภาคผนวก

ภาพประกอบ	หน้า
ช-1 การศึกษาดูงานโรงงานน้ำยางข้น	140
ช-2 การศึกษาดูงานระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้น	141

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำต้นเรื่อง

ทรัพยากรน้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญ ซึ่งสิ่งมีชีวิตทุกชนิดสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ต้องอาศัยน้ำ นอกจากนี้น้ำยังเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญไม่ว่าจะเป็นการผลิตในภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม หรือภาคบริการ โดยเฉพาะการผลิตในภาคเกษตรกรรมและภาคอุตสาหกรรมเกษตร ซึ่งเป็นภาคการผลิตที่ต้องใช้น้ำเป็นปริมาณมาก ในโลกมีน้ำอยู่ประมาณ 1,234 ล้านลูกบาศก์กิโลเมตร เป็นน้ำจืดเพียงร้อยละ 5 และประมาณ 4 ใน 5 ของน้ำจืดที่มีอยู่เป็นน้ำแข็งในเขตขั้วโลก นอกจากนี้ยังเป็นน้ำใต้ดินถึงร้อยละ 99 ของน้ำจืดที่เป็นของเหลว ซึ่งน้ำเป็นทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด แต่ปัจจุบันแหล่งน้ำสะอาดที่มีอยู่ต้องเผชิญกับปัญหามลภาวะทางน้ำที่เกิดจากมนุษย์รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ทำให้ปัญหาขาดแคลนน้ำทวีรุนแรงมากขึ้นในหลายส่วนของโลก ซึ่งสาเหตุสำคัญที่ทำให้ปัญหาเรื่องน้ำกลายเป็นวิกฤติโลก มิใช่เพียงอัตราการเติบโตของประชากรโลกเท่านั้น หากยังเกิดจากการสร้างความสะดวกสบาย และสิ่งอำนวยความสะดวกของมนุษย์เมื่อมีสถานะทางเศรษฐกิจดีขึ้นมีการอพยพเข้ามาสู่สังคมเมืองมากขึ้น รูปแบบของการบริโภคอาหารก็เปลี่ยนแปลงไป อีกทั้งมลพิษทางน้ำที่เกิดจากการพัฒนาอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมอันขาดการจัดการที่มีประสิทธิภาพส่งผลให้ความรุนแรงของวิกฤติน้ำเพิ่มสูงขึ้น

ปัจจุบันการวางแผนการจัดการน้ำ (Water Management) ในประเทศต่างๆ มักจะวางแผนการจัดการน้ำแค่เพียงในระดับประเทศเท่านั้น แต่ขาดการวางแผนในเชิงมิติระดับโลก (Global Dimension) โดยพยายามลดความต้องการใช้น้ำภายในประเทศและยึดความยั่งยืนของการบริโภคในประเทศเป็นหลัก ส่งผลให้มีความต้องการนำเข้าสินค้าที่ใช้น้ำมาก (Water Intensive Products) จากต่างประเทศเพิ่มขึ้นโดยปราศจากการคำนึงถึงสินค้าที่นำเข้านั้นจะก่อให้เกิดปัญหาความเสื่อมโทรมหรือมลภาวะทางน้ำต่อประเทศผู้ผลิตด้วยเช่นกัน ซึ่งเท่ากับว่าเป็นการผลักภาระวอเตอร์ฟุตพรินต์ออกไปนอกประเทศทำให้แรงกดดันด้านทรัพยากรน้ำไปตกอยู่กับประเทศผู้ส่งออกซึ่งมักเป็นประเทศที่ยังขาดกลไกในการจัดการและอนุรักษ์น้ำ ซึ่งแนวคิดเรื่องวอเตอร์ฟุตพรินต์เริ่มขึ้นในปี ค.ศ. 2002 โดยศาสตราจารย์ Arjen Y.Hoekstra แห่งประเทศเนเธอร์แลนด์ เป็นแนวคิดที่กำลังได้รับความสนใจ เนื่องจากการคำนวณวอเตอร์ฟุตพรินต์นอกจากทำให้เห็นภาพปริมาณการใช้น้ำที่ซ่อนเร้นอยู่ในการผลิตสินค้าได้อย่างชัดเจนมากขึ้นแล้ว ยังสามารถนำมาประเมินผลกระทบที่เกิดจากการผลิตและการค้าต่อการใช้ทรัพยากรน้ำได้อีกด้วย ซึ่งจะทำให้เข้าใจปัญหาการขาดแคลนน้ำและ

มลภาวะทางน้ำได้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งนำไปสู่วิธีแก้ไขปัญหาที่เชื่อมโยงกับกระบวนการผลิตสินค้าและห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain) ได้ทั้งระบบและปัจจุบันมีการจัดทำบัญชีวัดการใช้น้ำระดับชาติ (National Water Footprint) ขึ้นในหลายๆประเทศ เพื่อใช้เป็นส่วนประกอบของสถิติที่เกี่ยวกับน้ำในระดับประเทศ (National Water Statistic) และใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการวางแผนจัดการน้ำหรือบริเวณลุ่มน้ำต่างๆ (River Basins) รวมถึงการมีข้อมูลวอเตอร์ฟุตพรินต์ที่ถูกต้องยังช่วยให้เกษตรกรและผู้วางนโยบายของประเทศสามารถตัดสินใจได้ว่าควรเพาะปลูกพืชที่ต้องการใช้น้ำมากในบริเวณใดมากกว่า ซึ่งจะทำให้การผลิตสินค้าเกษตรมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้การคำนวณวอเตอร์ฟุตพรินต์ยังสามารถนำมาใช้ต่อรองราคาการให้บริการด้านสภาพแวดล้อม (Ecological Services) ของสินค้าแต่ละชนิด และสามารถใช้เป็นดัชนีชี้วัดความยั่งยืน (Sustainability Indicator) ที่ใช้ในการกำหนดนโยบายการค้าและการลงทุนทั้งในระดับประเทศและระดับโลก

ประเทศไทยมียางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญมากต่อการพัฒนาประเทศโดยสามารถทำรายได้ให้กับประเทศเป็นจำนวนหลายล้านบาท นอกจากนี้ยังมีบทบาทสำคัญต่อชีวิตและความเป็นอยู่ของเกษตรกรชาวสวนยางกว่าล้านคน ในปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยางพาราทั้งหมดประมาณ 15.34 ล้านไร่ (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2552) โดยกระจายอยู่ในภาคใต้มากที่สุดคือร้อยละ 90 ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 10 กระจายอยู่ในภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ ในพื้นที่ปลูกจำนวนดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่เปิดกรีดแล้วประมาณ 10.53 ล้านไร่ (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2552) สามารถสร้างอาชีพที่มั่นคงให้เกษตรกรมากกว่า 6 ล้านคน ทำให้ประเทศไทยได้เลื่อนฐานะจากการเป็นผู้นำเข้ามาเป็นประเทศผู้ผลิตและส่งออกยางอันดับ 1 ของโลก โดยมีผลผลิตยางในปัจจุบันมีประมาณ 2.6 ล้านตัน ในจำนวนนี้ส่งออกประมาณ 2.3 ล้านตัน หรือประมาณร้อยละ 89 ผลิตเพื่อการส่งออกที่เหลือร้อยละ 11 ใช้ในอุตสาหกรรมภายในประเทศ (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2552)

จังหวัดสงขลาเป็นพื้นที่หนึ่งที่มีการปลูกยางพารามากอันดับต้นๆของประเทศ มีโรงงานแปรรูปยางพาราประเภทต่างๆ เป็นจำนวนมาก โดยมีโรงงานอุตสาหกรรมยางกระจายตัวอยู่ในเขตจังหวัดสงขลารวม 114 โรงงาน (นฤเทพ บุญเรืองขาว, 2550) ซึ่งผลผลิตยางพาราที่เกษตรกรผลิตได้จะถูกนำไปแปรรูปเบื้องต้นเป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง คืออุตสาหกรรมยางแผ่นรมควัน อุสาหกรรมยางแท่ง อุตสาหกรรมน้ำยางข้น เป็นต้น ซึ่งอุตสาหกรรมจากยางพาราเป็นอุตสาหกรรมที่มีการแข่งขันสูงในตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ ที่สำคัญได้แก่ อุตสาหกรรมน้ำยางข้นที่เป็นการแปรรูปน้ำยางสดให้เป็นน้ำยางข้นเพื่อเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ ตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากน้ำยางข้น เช่น อุปกรณ์ทางการแพทย์ ถุงมือยาง ถุงยางอนามัย สายน้ำเกลือ เป็นต้น โดยในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นมีขั้นตอนที่ต้องมีการใช้น้ำปริมาณมากซึ่งจะก่อให้เกิดน้ำ

เสียไม่ว่าจะกระบวนการล้างทำความสะอาด การเติมสารเคมีเพื่อให้น้ำยางจับตัว และการปั่นน้ำยาง ซึ่งนอกจากมีน้ำเสียเกิดขึ้นแล้วยังมีการสูญเสียพลังงานเกิดขึ้นในจุดต่างๆ ของกระบวนการผลิตอีกด้วยซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นควรจะได้รับการแก้ไขปรับปรุงให้ดีขึ้นนั้นก็คือ การวางแผนการจัดการน้ำภายในโรงงานโดยการใช้วิธีการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์น้ำยางข้น เป็นวิธีการที่ช่วยทำให้ทราบถึงสถานที่และระยะเวลาที่เกิดการใช้น้ำ โดยจะทราบทั้งปริมาณการใช้น้ำ ปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยออกมา รวมทั้งปริมาณน้ำที่ติดตัวผลิตภัณฑ์ออกไป ดังนั้นการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์จัดเป็นวิธีชี้วัดการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อมที่สามารถสร้างภาพลักษณ์ที่ดีต่อธุรกิจและผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ เพราะเป็นการแสดงว่ามีการคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านการใช้ทรัพยากรน้ำและมีความรับผิดชอบต่อสังคมเนื่องการประเมินวอเตอร์วอเตอร์ฟุตพรินต์สามารถบ่งชี้ให้เห็นว่าการใช้น้ำและการปล่อยน้ำเสียจะส่งผลกระทบต่อชุมชนใกล้เคียง ซึ่งการลดวอเตอร์ฟุตพรินต์ในการผลิตสินค้ายังช่วยลดความเสี่ยงของปัญหาขาดแคลนน้ำซึ่งจะมีผลกระทบต่อภาคธุรกิจของอุตสาหกรรมน้ำยางข้นโดยตรง ดังนั้นการสร้างองค์ความรู้และเทคนิคด้านวอเตอร์ฟุตพรินต์ในอุตสาหกรรมน้ำยางข้นจึงเป็นที่มาของงานวิจัยครั้งนี้

1.2 การตรวจเอกสาร

ยางพารา (*Hevea Brasiliensis*) มีแหล่งกำเนิดจากประเทศบราซิล ทวีปอเมริกาใต้ องค์กรสากลระหว่างประเทศได้ยอมรับคำว่า “ยางพารา” (Para Rubber) เป็นคำที่ใช้แทนยางธรรมชาติ เนื่องจากร้อยละ 99 ของยางธรรมชาติที่ปลูกเป็นพืชชนิดนี้ สำหรับประเทศไทย พระยารัษฎานุประดิษฐ์ มหิศรภักดี(คอซิมบี้ ณ ระนอง) ได้นำยางพาราเข้ามาปลูกในประเทศไทยเป็นครั้งแรกเมื่อประมาณปี พ.ศ. 2442 2444 โดยนำยางจากรัฐเปรัค ประเทศมาเลเซีย มาปลูกที่อำเภอกันตัง จังหวัดตรังเป็นที่แรกของประเทศไทย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548)

1.2.1 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับยางพารา

ยางพารา เป็นพืชยืนต้นขนาดใหญ่ อายุยาวนับร้อยปี เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ รากเป็นระบบรากแก้ว ลำต้นตั้งตรง แตกกิ่งก้านสาขามาก เนื้อไม้เป็นไม้เนื้ออ่อน สีขาวปนเหลือง ใบเป็นใบประกอบ 1 ก้าน มีใบย่อย 3 ใบแตกออกมาเป็นชั้นๆ เรียกว่า ฉัตร ดอกยางมีลักษณะเป็นช่อ โดยมีทั้งดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่ในช่อดอกเดียวกัน ผสมพันธุ์แบบเปิดผลยางมีลักษณะเป็นพูแต่ละพูจะมีเมล็ดอยู่ภายใน เมล็ดมีสีน้ำตาลลายขาวคล้ายเมล็ดละหุ่ง ยางพารามีส่วนสำคัญที่มนุษย์นำไปใช้ประโยชน์คือ น้ำยาง ซึ่งเป็นของเหลวสีขาวถึงขาวปนเหลือง ข่นข้น อยู่ในท่อน้ำยาง ซึ่งเรียงตัวกันอยู่ในส่วนที่เป็นเปลือกของต้นยาง เจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 10 องศาเหนือและใต้ของเส้นศูนย์สูตร ซึ่งมีพื้นที่เป็นที่ราบถึงลาดเอียงเล็กน้อย อยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเลไม่เกิน 200 เมตร ลักษณะ

ดินควรเป็นดินร่วน ระบายน้ำและอากาศดี น้ำไม่ท่วมขังมีความเป็นกรดเป็นด่าง 4.0-5.5 และไม่เป็นดินเค็ม ปริมาณน้ำฝนไม่ต่ำกว่า 1,350 มิลลิเมตร/ปี และมีวันฝนตกไม่น้อยกว่า 120 วัน/ปี ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปีไม่น้อยกว่า 65 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 24-27 องศาเซลเซียส มีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ดังนี้

ราก (Root) ยางพารามีราก 2 ชนิด คือ รากแก้ว (Primary Root) มีความยาวประมาณ 1.50 - 2.0 เมตร ทำหน้าที่หาอาหารและยึดลำต้น และรากแขนง (Secondary Root หรือ Lateral Root) ซึ่งจะแผ่ไปได้ไกลถึง 20 เมตร

ลำต้น (Stem) ยางพาราเป็นไม้ยืนต้นประเภทเนื้ออ่อน เมื่อโตเต็มที่จะมีความสูงประมาณ 25-30 เมตร กิ่งแผ่จากลำต้นเป็นเส้นทแยงมุม เปลือกนอกมีสีค่อนข้างคล้ำ ใต้เปลือกมีสีชมพูไปจนถึงสีแดงหรือสีม่วงอ่อน เปลือกหนาประมาณ 6.50-15.0 มิลลิเมตร ต้นอ่อนมีเปลือกบางกว่าต้นแก่ ลำต้นยางพาราจะ ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

- เนื้อไม้แข็ง (Pith) อยู่ตรงกลางลำต้น
- เนื้อไม้ (Wood) เป็นชั้นที่อยู่ถัดออกมา
- เยื่อเจริญ (Cambium) เป็นเนื้อเยื่อบางๆอยู่รอบเนื้อไม้ มีหน้าที่สร้างความเจริญเติบโต
- เปลือกไม้ (Bark) อยู่ถัดจากเยื่อเจริญออกมาด้านนอกสุด เป็นส่วนสำคัญเพราะมีท่อ

น้ำยางอยู่บริเวณส่วนนี้แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนนอกสุดเรียกว่า Epidermis มีสีเขียวเมื่ออายุยังน้อย แต่เมื่ออายุมากเข้าจะกลายเป็นสีน้ำตาลและหนาขึ้นเรียกว่า Cork ส่วนกลางหรือส่วนที่เป็นเปลือกแข็งประกอบด้วย Stone Cell ซึ่งจะมีมากน้อยแตกต่างกันไปตามพันธุ์ Stone Cell นี้ มีส่วนทำให้เปลือกยางแข็งมีสีเหลืองและเปราะ ถ้ามีจำนวนมากจะทำให้กรีดยางลำบากขึ้น และส่วนสุดท้ายคือส่วนในหรือส่วนที่เป็นเปลือกอ่อนเป็นส่วนที่มีท่อน้ำยางอยู่มากโดยเฉพาะด้านในสุดของเปลือกที่ติดกับเยื่อเจริญ (Cambium) จะยิ่งมีท่อน้ำยางมากขึ้น และจำนวน Stone Cell จะค่อยๆหมดไปการเจริญเติบโตของยางพาราในระยะแรกจะเจริญในทางสูงก่อนเมื่อเจริญเติบโตได้ระยะหนึ่งแล้วเซลล์จึงจะขยายตัวออกทางด้านข้าง ยางพาราที่มีการเจริญเติบโตตามปกติจะมีเส้นรอบวงของต้นยางขยายออกเพิ่มขึ้นปีละประมาณ 10 เซนติเมตร

ใบ (Leaf) เป็นใบประเภทใบรวมโดยทั่วๆ ไป 1 ก้านใบจะมีใบย่อย 3 ใบ แต่บางพันธุ์อาจมี 4-5 ใบ เช่น พันธุ์ RRIM 701, RRIM703 และ PB 235 เป็นต้น ลักษณะใบมีสีเขียวเป็นมัน เข้มหรือจางมากน้อยขึ้นอยู่กับพันธุ์ใบยาวประมาณ10-20 เซนติเมตร ใบ มีหน้าที่หลักในการปรุงอาหาร หายใจและคายน้ำ ใบยางจะแตกออกมาเป็นชั้นๆ เรียกว่า ฉัตร ระยะเวลาเริ่มแตกฉัตรจนถึงใบฉัตร

นั้นแก่เต็มที่จะใช้เวลาประมาณ2-3 เดือน ยางจะผลัดใบในฤดูแล้งของทุกปี ยกเว้นยางต้นเล็กที่ยังไม่แตกกิ่งก้านสาขาหรือมีอายุไม่ถึง 3 ปี จะไม่ผลัดใบ

ดอก (Flower) ทำหน้าที่ขยายพันธุ์ ดอกจะออกตามปลายกิ่งหลังจากที่ต้นยางผลัดใบโดยออกพร้อมๆ กับใบยางที่แตกใหม่หรือออกหลังจากที่ยางแตกใบสมบูรณ์เต็มที่แล้ว ดอกมีลักษณะเป็นช่อ แต่ละช่อมีหลายกิ่ง ซึ่งจะมีทั้งดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่ด้วยกัน ดอกตัวเมียจะเห็นได้เด่นชัดเพราะอยู่ตรงปลายสุดของกิ่งหรือช่อและเป็นดอกที่มีขนาดใหญ่กว่าดอกตัวผู้ประมาณกว่าเท่าตัวโคนกลีบดอกมีสีเขียว เมื่อดอกบานจะเห็นรังไข่อยู่ภายในดอก เป็นสีเขียวอ่อน ตอนบนของรังไข่มีตุ้มสีขาว 3 ตุ้ม คือพูรังไข่หรือเกสรตัวเมีย ส่วนดอกตัวผู้มีขนาดเล็กกว่าดอกตัวเมียแต่จำนวนมากกว่าดอกตัวเมีย ดอกตัวผู้ประกอบด้วย กลีบดอกสีเหลือง 5 กลีบ เมื่อดอกบานจะเห็นก้านเกสรตัวผู้สีขาวมีละอองเกสรตัวผู้สีเหลืองจับอยู่โดยรอบ ดอกมีกลิ่นหอม ปกติยางจะออกดอกปีละ 2 ครั้ง โดยจะออกในราวเดือนกุมภาพันธ์-มิถุนายน ครั้งหนึ่งและจะออกในเดือนสิงหาคม-ตุลาคม อีกครั้งหนึ่ง การออกดอกครั้งแรกเป็นการออกดอกตามฤดูกาลซึ่งจะให้ผลและเมล็ดมากกว่าการออกดอกครั้งที่สอง

ผล (Fruit) เกิดจากการผสมระหว่างเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียยางเป็นพืชที่มีการผสมเกสรแบบเปิด ดอกที่ผสมติดแล้วรังไข่จะขยายตัวออกช้าๆ และจะโตเร็วขึ้นภายในระยะ 2 เดือน เมื่อผลมีอายุ 2.5-3 เดือนจะโตเต็มที่ ผลยางจะมีลักษณะเป็นพูโดยปกติจะมี 3 พู แต่อาจมี 4-5 พูก็ได้ แต่ละพูจะมีเมล็ดอยู่ภายใน ผลอ่อนจะมีสีเขียวแก่แล้วจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแข็ง แตกและร่วงหล่นมาเอง เมื่อแก่จัดเมื่อโตเต็มที่จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ4.5-5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 4.5 เซนติเมตรยางหนึ่งต้นจะให้ผลผลิตเฉลี่ย 50 ผลต่อปี

เมล็ด (Seed) มีสีน้ำตาลลายขาวคล้ายสีเมล็ดละหุ่ง ยาวประมาณ 2-2.5 เซนติเมตร กว้างประมาณ 1.5-2.5 เซนติเมตร และหนัก 3.6 กรัม เมล็ดยางเมื่อหล่นใหม่ๆ จะมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงมากแต่เปอร์เซ็นต์ความงอกนั้นจะลดลงอย่างรวดเร็ว ในสภาพปกติเมล็ดยางจะรักษาความงอกไว้ได้ประมาณ 20 วันเท่านั้น

- เมล็ดยางสด 1 ปี๊บ จะมีน้ำหนัก 9-10 กิโลกรัม
- เมล็ดยางสด 1 กิโลกรัม จะมีจำนวนประมาณ 200 เมล็ด
- เมล็ดยางสด 1 กระสอบ จะมีน้ำหนัก 55-60 กิโลกรัม หรือ 10,000-12,000 เมล็ด

ท่อน้ำยาง (Latex Vessel) เป็นรูปทรงกระบอกเวียนไปตามลำต้นของยางจากซ้ายต่ำไปขวาสูงรอบลำต้น (ยกเว้นยางพันธุ์ KRS 13 ที่มีท่อน้ำยางเวียนจากขวาไปซ้าย) โดยทั่วไปจะทำมุมเอียงจากแนวดิ่งประมาณ 2-5 องศา ท่อน้ำยางดังกล่าวจะเกิดขึ้นได้ 2 กรณี คือ

1) เกิดจากการเชื่อมติดกันระหว่างเซลล์ต่อเซลล์ที่อยู่ชิดกันผนังของเซลล์จะละลาย

จนเกิดเป็นท่อขึ้นเกิดจากขยายตัวของเซลล์เพียงเซลล์เดียวเจริญเติบโตจนกลายเป็นท่อแล้ววิวัฒนาการเป็นท่อน้ำยางการเพิ่มจำนวนท่อน้ำยางเกิดจากการแบ่งตัวของเยื่อเจริญเมื่อตัดเปลือกยางตามแนวหน้าตัด(Cross Section) จะเห็นรูปหน้าตัดของท่อน้ำยางเป็นรูปทรงกลมเรียงอยู่รอบแกนของลำต้นเป็นวงกลม หากตัดตามแนวนอนหรือตามลำต้น จะเห็นท่อน้ำยางเรียงอยู่เป็นแถวยาวๆ ถัดจากเยื่อเจริญออกมาจนถึงเปลือกด้านนอก แต่ท่อน้ำยางจะมีความหนาแน่นมากที่สุดตรงบริเวณใกล้ๆ เยื่อเจริญและจะค่อยๆลดน้อยลงในบริเวณเปลือกชั้นนอก บางครั้งจะเห็นว่าท่อน้ำยางไม่ได้แยกกันอยู่เป็นเส้นเดี่ยวๆแต่จะเชื่อมติดกันจนกระทั่งน้ำยางไหลจากท่อหนึ่งไปยังอีกท่อหนึ่งได้ ท่อน้ำยางที่มีขนาดใหญ่จะมีน้ำยางมากกว่าท่อขนาดเล็กโดยทั่วไปต้นยางที่มีเปลือกหนามักจะมีจำนวนท่อน้ำยางมากด้วยเหตุนี้โคนต้นยางที่ปลูกด้วยเมล็ดมักมีเปลือกหนากว่าส่วนอื่นจึงมีปริมาณท่อน้ำยางมากกว่า

น้ำยาง (Latex) เป็นของเหลวสีขาวถึงขาวปนเหลืองขุ่นข้น อยู่ในท่อน้ำยางซึ่งเรียงตัวกันอยู่ในเปลือกของต้นยาง ในน้ำยางจะมีส่วนประกอบหลักที่สำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็น “เนื้อยาง” และส่วนที่“ไม่ใช่ยาง” ตามปกติในน้ำยางจะมีเนื้อยางแห้งประมาณ 30-35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแบ่งอนุภาคของน้ำยาง ออกเป็น

- ส่วนของน้ำยาง ประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
- ส่วนของน้ำ ประมาณ 45.55 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
- ลูตอย (Lutoid) ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

โดยสรุปแล้วในน้ำยางทั้งหมดจะมีส่วนที่เป็น Hydrocarbon อยู่ประมาณ 56 เปอร์เซ็นต์

ทรงพุ่ม (Canopy) ทรงพุ่มประกอบด้วยใบ และกิ่งก้านสาขาที่ประกอบขึ้นเป็นหน่วยที่มีรูปทรงแตกต่างกันไปตามลักษณะพันธุ์ ทรงพุ่มจะสังเกตกลุ่มใบเป็นกลุ่มๆเรียงลำดับเป็นชั้นๆอย่างชัดเจนซึ่งแต่ละชั้นหรือแต่ละกลุ่มใบจะเรียกว่าฉัตร (Whorl) ใบยางเป็นประเภทใบประกอบ (Compound Leaf) ซึ่งประกอบด้วยใบย่อย 3 ใบ ตรึงอยู่บนก้านใบ ลักษณะและขนาดของใบจะแตกต่างกันไปตามพันธุ์ กิ่งก้านจะประกอบด้วยกิ่งขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นส่วนที่เจริญเติบโตเนื่องจากลำต้น 2-3 กิ่งเป็นหลัก ส่วนกิ่งที่แตกออกจากกิ่งหลักเรียกว่ากิ่งรอง ขนาดและมุมของการแตกกิ่งหลักและกิ่งรองทำให้ลักษณะและรูปทรงของ ทรงพุ่มแตกต่างกันระหว่างพันธุ์ ซึ่งมีผลต่อความแข็งแรงและความต้านทานลม

การเพิ่มผลผลิตพืชทำได้ 2 วิธี คือ การเพิ่มพื้นที่ปลูกและการเพิ่มผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่การเพิ่มพื้นที่ปลูกยางจากแหล่งปลูกยางเดิมในภาคใต้และภาคตะวันออกไปยังแหล่งปลูกยางใหม่ใน

พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ และบางจังหวัดของภาคตะวันออกซึ่งสภาพแวดล้อมของพื้นที่ปลูกเหล่านี้มีข้อจำกัดหลายประการทั้งในด้านความอุดมสมบูรณ์ของดิน การกระจายตัวของฝน การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นของอากาศ ทำให้การผลิตน้ำยางต่ำกว่าพื้นที่ปลูกยางเดิม ดังนั้นการที่จะได้รับผลผลิตคุ้มค่า เกษตรกรควรเลือกใช้พันธุ์ยางที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในพื้นที่ปลูก การปฏิบัติต่อต้นยางที่เหมาะสมทั้งในด้านการควบคุมการระบาดของโรค การกำจัดวัชพืชตลอดจนการเก็บเกี่ยวผลผลิต ลักษณะของยางพันธุ์ดีจะให้ผลผลิตน้ำยางและเนื้อไม้สูง ดังนั้นควรพิจารณาจากลักษณะที่สำคัญ ได้แก่ การเจริญเติบโตและปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ความต้านทานโรค แรงลม รวมถึงคุณสมบัติในการแปรรูปทางอุตสาหกรรมทั้งนี้การปลูกยางพันธุ์ดีเป็นวิธีการที่ลงทุนน้อย ปฏิบัติง่ายและให้ผลในระยาว พันธุ์ยางที่แนะนำให้ปลูกปี 2546 แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 พันธุ์ยางผลผลิตน้ำยางสูง เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตเนื้อยางสูงเป็นหลักมี 4 พันธุ์ คือ พันธุ์สถาบันวิจัยยาง 251 สถาบันวิจัยยาง 226 BPM 24 และพันธุ์ RRIM 600

กลุ่มที่ 2 พันธุ์ยางผลผลิตน้ำยางและเนื้อไม้สูง เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตเนื้อยางสูงและมีการเจริญเติบโตดี ลักษณะลำต้นตรงแลให้ปริมาตรเนื้อไม้ในส่วนลำต้นสูง มี 4 พันธุ์ คือ พันธุ์ PB 235 PB255 PB260 และพันธุ์ RRIC 110

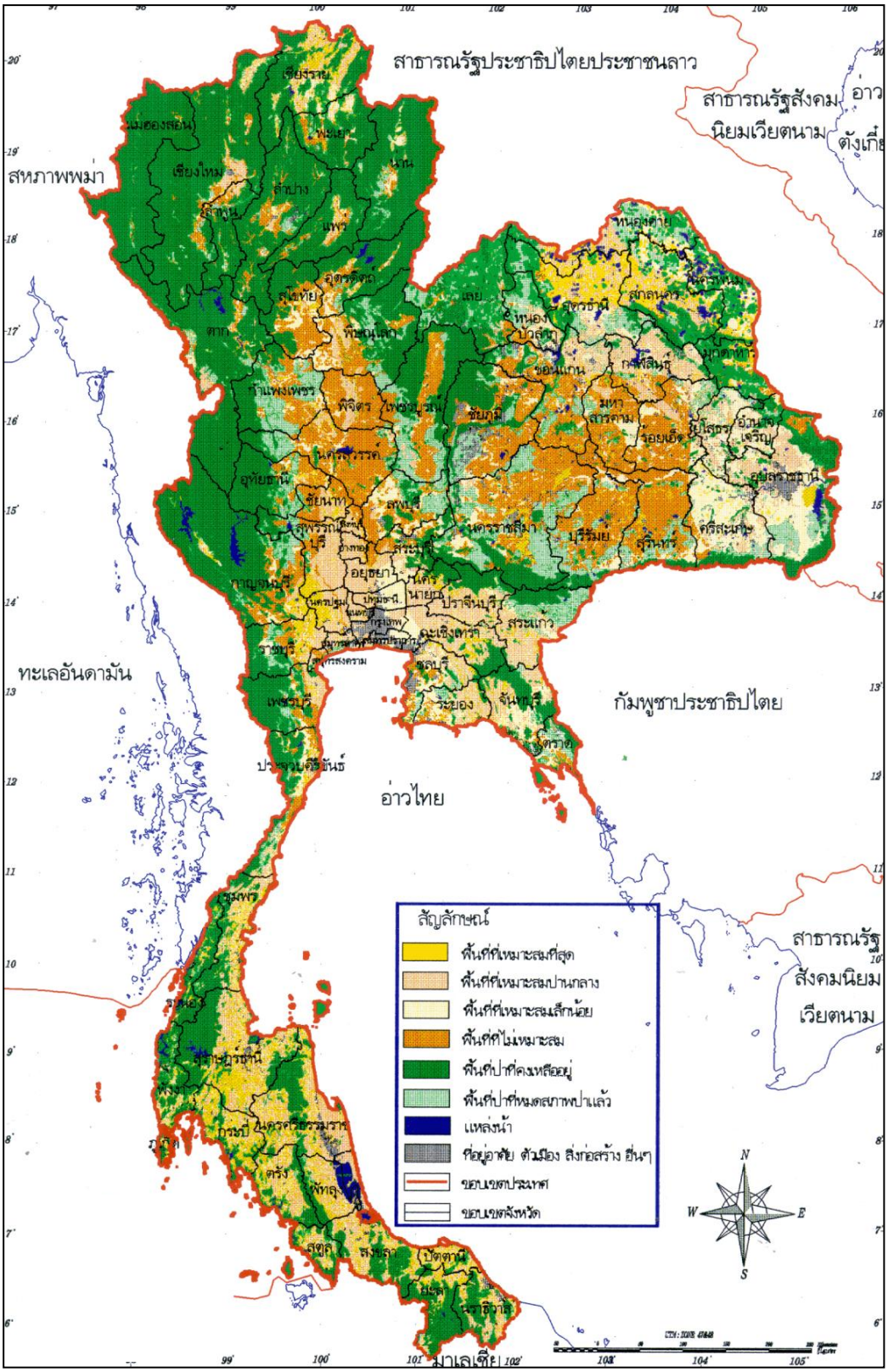
กลุ่มที่ 3 พันธุ์ยางผลผลิตเนื้อไม้สูง เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตเนื้อไม้สูงเป็นหลัก มีการเจริญเติบโตดีมาก ลักษณะลำต้นตรง ให้ปริมาตรเนื้อไม้ในส่วนลำต้นสูงเหมาะสำหรับเป็นพันธุ์ที่จะปลูกเป็นสวนป่าเพื่อการผลิตเนื้อไม้มี 3 พันธุ์ คือ พันธุ์ฉะเชิงเทรา 50 AVROS 2037 และพันธุ์ BPM 1

1.2.2 พื้นที่เหมาะสมสาหรับการปลูกยาง

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม (2552) กล่าวไว้ว่าประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อน มีสภาพแวดล้อมเหมาะสมกับการปลูกยางโดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคใต้และบางจังหวัดของภาคตะวันออกซึ่งเป็นแหล่งปลูกยางเดิม ต่อมาได้มีการขยายพื้นที่ปลูกยางไปยังแหล่งปลูกยางใหม่ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ ซึ่งมีสภาพแวดล้อมไม่เอื้ออำนวยต่อการปลูกยางเช่น การขาดความชื้น อุณหภูมิต่ำ ลมแรง ประกอบกับในแหล่งปลูกยางดังกล่าวมีสภาพพื้นที่เป็นที่สูงลาดชัน ความลึกของดิน โครงสร้างของเนื้อดิน การระบายน้ำและสมบัติทางเคมีของดินต่ำ แต่ยางพารามีคุณสมบัติสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆได้ดีจากการทดสอบการปลูกยางเมื่อปี 2521ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งมี ปริมาณน้ำฝนและการกระจายตัวของฝนน้อยกว่าทางภาคใต้ พบว่าต้นยางเจริญเติบโตเป็นที่น่าพอใจ และจากการทดสอบการปลูกยางในภาตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือเปรียบเทียบกับภาคใต้ พบว่าต้นยางในภาคใต้เปิดกรีดได้เร็วกว่าประมาณ 6 เดือน

โดยที่ปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเปิดกรีดได้เมื่ออายุ 7 ½ ปี ให้ผลผลิตยางเฉลี่ย 221 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตทางภาคเหนือเฉลี่ย 260 กิโลกรัมต่อไร ส่วนผลผลิตภาคใต้เฉลี่ย 285 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งนี้พบว่าการให้ผลผลิตของต้นยางไม่ว่าผลผลิตน้ำยางและหรือเนื้อไม้ขึ้นอยู่กับ 3 ประการ คือ พันธุ์ยาง การจัดการสวนยาง และความเหมาะสมของพื้นที่

การแบ่งเขตพื้นที่ปลูกยางได้แบ่งเป็นพื้นที่ปลูกยางเดิม 6 เขต โดยในภาคใต้ 4 เขต ภาคตะวันออก 2 เขต และพื้นที่ปลูกยางใหม่ 2 เขต คือเขตส่งเสริมภาคเหนือ และเขตส่งเสริมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังนี้ และแสดงพื้นที่เหมาะสมในการปลูกยาง ดังภาพประกอบที่ 1- 1



ภาพประกอบที่ 1-1 พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกยางพาราในประเทศไทย

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2548)

1.2.3 พื้นที่ปลูกยางเดิม

1.2.3.1 ภาคใต้

1) เขตฝั่งตะวันตก ได้แก่ จังหวัดระนอง ภูเก็ต พังงา ส่วนใหญ่ของจังหวัดกระบี่ ตอนเหนือของจังหวัดตรัง และทางตอนใต้ของจังหวัดสุราษฎร์ธานี พื้นที่ในเขตนี้มีปริมาณน้ำฝนระหว่าง 2,000-5,000 มิลลิเมตรต่อปี จำนวนวันฝนตก 161-227 วันต่อปี อาจมีลมแรงที่ก่อให้เกิดความเสียหายในบางพื้นที่ ดังนั้นควรเลือกพันธุ์ยางที่ต้านทานต่อโรคใบร่วงที่เกิดจากเชื้อไฟทอปโทรา โรคเส้นดำ และโรคใบจุดนูน พันธุ์ยางที่แนะนำ ได้แก่ กลุ่ม 1 พันธุ์สถาบันวิจัยยาง 251 สถาบันวิจัยยาง 226 BPM 24 กลุ่ม 2 พันธุ์ PB235 PB260 RRIC110 กลุ่ม 3 พันธุ์ฉะเชิงเทรา 50 BPM122

2) เขตตอนกลาง ได้แก่ จังหวัดชุมพร นครศรีธรรมราช พัทลุง ด้านตะวันออกและส่วนกลางของจังหวัดสุราษฎ์ธานี ด้านตะวันออกของจังหวัดกระบี่ จังหวัดตรัง (ยกเว้นทางตอนเหนือ) และจังหวัดสงขลา (ยกเว้นบริเวณชายแดนที่ติดต่อกับประเทศมาเลเซีย) พื้นที่ในเขตนี้มีปริมาณน้ำฝน ระหว่าง 1,800-2,600 มิลลิเมตรต่อปี จำนวนวันฝนตก 183-195 สามารถปลูกได้ทุกพันธุ์ที่แนะนำ

3) เขตตอนใต้ ได้แก่ จังหวัดปัตตานี ยะลา และนราธิวาส (ยกเว้นบริเวณที่อยู่ติดเขตชายแดนของประเทศมาเลเซีย) พื้นที่ในเขตนี้มีปริมาณน้ำฝน 2,000-3,000มิลลิเมตรต่อปี จำนวนวันฝนตก 159-174 วันต่อปี ในบางปีที่มีปริมาณฝนมากอาจมีปัญหาการระบาดของโรคใบร่วงที่เกิดจากเชื้อไฟทอปโทรา โรคเส้นดำ และโรคจุดนูน และบางพื้นที่ในจังหวัดยะลาและนราธิวาสอาจมีปัญหาเนื่องจากสภาพลมแรง พันธุ์ยางที่แนะนำ ได้แก่ กลุ่ม 1 พันธุ์สถาบันวิจัยยาง 251 สถาบันวิจัยยาง226 BPM24 กลุ่ม 2 พันธุ์ PB235 PB260 กลุ่ม 3 พันธุ์ฉะเชิงเทรา50 BPM1 ยกเว้นบางพื้นที่ในจังหวัดยะลา และนราธิวาส ที่มีลมแรงไม่ควรปลูกยางพันธุ์สถาบันวิจัยยาง251

4) เขตชายแดน ได้แก่ จังหวัดสตูล บางส่วนของจังหวัดสงขลา ยะลา นราธิวาส ที่มีบริเวณชายแดนติดต่อกับประเทศมาเลเซีย พื้นที่ในเขตนี้มีปริมาณน้ำฝนระหว่าง 2,500-3,000 มิลลิเมตรต่อปี จำนวนวันฝนตก 165-200 วันต่อปี มีการระบาดของโรคราสีชมพู โรคใบร่วงที่เกิดจากเชื้อไฟทอปโทรา และโรคเส้นดำ พันธุ์ยางที่แนะนำ ได้แก่ กลุ่ม 1 พันธุ์สถาบันวิจัยยาง251 BPM24 RRIC110 กลุ่ม 2 พันธุ์ PB260 ยกเว้นพื้นที่ปลูกจังหวัดยะลา และนราธิวาส ที่มีลมแรงไม่ควรปลูกยางพันธุ์ สถาบันวิจัยยาง251 และ RRIC 110

1.2.3.2 ภาคตะวันออก

1) เขตตอนกลางของภาคตะวันออก ได้แก่ จังหวัดระยอง ชลบุรี และฉะเชิงเทรา ซึ่งมีปริมาณฝนระหว่าง 1,200-1,500 มิลลิเมตรต่อปี จำนวนวันฝนตก 119-128 วันต่อปี สามารถปลูกได้ทุกพันธุ์ที่แนะนำ

2) เขตชายแดนภาคตะวันออก ได้แก่ จังหวัดจันทบุรี และตราด มีปริมาณฝนระหว่าง 2,500-3,500 มิลลิเมตรต่อปี จำนวนวันฝนตก 170-193 วันต่อปี ในเขตนี้มีโรคใบร่วงที่เกิดจากเชื้อไฟทอปโทรา และโรคเส้นดำระบาดรุนแรง พันธุ์ยางที่แนะนำ ได้แก่ กลุ่ม 1 พันธุ์สถาบันวิจัยยาง 251 สถาบันวิจัยยาง 226 BPM24 กลุ่ม 2 พันธุ์ PB235 PB260 RRIC110 กลุ่ม 3 พันธุ์ฉะเชิงเทรา 50 BPM1

1.2.4 พื้นที่ปลูกยางใหม่

การขยายพื้นที่ปลูกยางใหม่ในเขตส่งเสริมภาคเหนือ 17 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ พะเยา น่าน ลำปาง แพร่ ลำพูน พิษณุโลก แม่ฮ่องสอน กำแพงเพชร ตาก สุโขทัย อุตรดิตถ์ พิจิตร นครสวรรค์ อุทัยธานี และจังหวัดเพชรบูรณ์ และเขตส่งเสริมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แบ่งพื้นที่ปลูกยางตามปริมาณน้ำฝนดังนี้

1.2.4.1 พื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนมากกว่า 1,600 มิลลิเมตรต่อปี พื้นที่ส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนระหว่าง 1,600-2,400 มิลลิเมตรต่อปีจำนวนวันฝนตก 118-149 วัน ในพื้นที่ดังกล่าวบางปีที่มีปริมาณฝนมากอาจมีปัญหาการระบาดของโรคใบร่วงที่เกิดจากเชื้อไฟทอปโทรา โรคเส้นดำ โรคราสีชมพู และโรคใบจุดนูน แต่การระบาดมีความรุนแรงน้อยกว่าในพื้นที่ภาคใต้ เนื่องจากการกระจายตัวของฝนอยู่ในช่วงที่แคบกว่าในระหว่างเดือนพฤษภาคม / มิถุนายนถึงเดือนกันยายน จึงทำให้ลดการระบาดของโรคใบร่วงจากเชื้อไฟทอปโทรา

1.2.4.2 พื้นที่ที่มีปริมาณฝนต่ำกว่า 1,600 มิลลิเมตรต่อปี พื้นที่ส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนระหว่าง 1,056-1,599 มิลลิเมตรต่อปีจำนวนวันฝนตก 102-145 วัน การมีปริมาณน้ำฝนในระดับต่ำ มีผลกระทบต่อการปลูกสร้างสวนยางในช่วงปีแรกทำให้อัตราการรอดตายต่ำ ต้นยางเกิดแผลไหม้เนื่องจากแสงแดด การเจริญเติบโตช้า ให้ผลผลิตน้อยและอาจมีการระบาดของโรคราแป้งและโรคใบจุดนูน ดังนั้นควรเลือกปลูกในช่วงที่เหมาะสมและดูแลรักษาอย่างดี สามารถปลูกได้ทุกพันธุ์ที่แนะนำ ยกเว้นในพื้นที่ที่มีการระบาดของโรคราแป้งรุนแรงไม่ควรปลูกยางพันธุ์สถาบันวิจัยยาง226 และพันธุ์PB235และในพื้นที่ที่สภาพดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดินลูกรัง หรือมีชั้นดินดานไม่ควรปลูกยางพันธุ์สถาบันวิจัยยาง251 BPM24 และพันธุ์ BPM1

1.2.5 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการปลูกยางพารา

1.2.5.1 ลักษณะสภาพอากาศ

พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกยางพาราควรสูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 200 เมตร ซึ่งยางพาราจะเจริญเติบโตเป็นปกติ คือ สามารถกรีดยางได้เมื่ออายุประมาณ 6 ปี เมื่อความสูงเพิ่มขึ้นทุกๆ 100 เมตรจะทำให้ต้นยางเจริญเติบโตช้ากว่าปกติ 6 เดือน แต่ในปัจจุบันพบว่าสามารถปลูกยางได้จนถึงระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 600 เมตร และควรเป็นพื้นที่ราบหรือมีความลาดเทเล็กน้อยไม่ควรเกิน 35 องศา การปลูกยางในพื้นที่ที่มีความลาดเทสูงขึ้นจะเกิดการชะล้างผิวหน้าดินสูงจนอาจเกิดแผ่นดินถล่มได้ง่ายหากมีปริมาณฝนตกหนักมากติดต่อกันหลายวัน อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการปลูกยางพาราเฉลี่ยตลอดปี 28 องศาเซลเซียสและไม่ควรปลูกยางในแหล่งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส เพราะจะทำให้ต้นยางชะงักการเจริญเติบโตดังนั้นการปลูกยางบนที่สูงจึงมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นยางทั้งนี้เนื่องจากที่ระดับความสูงเพิ่มขึ้นทุกๆ 100 เมตรจะทำให้อุณหภูมิลดลง 0.5 องศาเซลเซียส ยางพาราเจริญเติบโตได้ดีในแหล่งที่มีฝนตกสม่ำเสมอตลอดปีและมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 2,000 มิลลิเมตรต่อปี แหล่งปลูกยางพาราของประเทศไทยทั้งภาคใต้และภาคตะวันออก ส่วนใหญ่มีปริมาณน้ำฝนมากกว่า 1,400 มิลลิเมตรต่อปี อย่างไรก็ตามในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำกว่านี้คือมีปริมาณน้ำฝน 1,200-1,400 มิลลิเมตรต่อปี เช่นในพื้นที่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือก็สามารถปลูกยางพาราได้แต่ทั้งนี้ต้องมีจำนวนวันฝนตก 120-150 วันต่อปี

1.2.5.2 ลักษณะดิน

ดินที่เหมาะสมต่อการปลูกยางพาราควรมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีเหมาะสม ซึ่งคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความลึกของหน้าดิน ปกติต้นยางจะต้องการดินที่มีหน้าดินลึกไม่น้อยกว่า 1 เมตร โดยไม่มีชั้นของหินแข็งหรือดินดานขัดขวางการเจริญเติบโตของรากมีการระบายน้ำดี ไม่มีน้ำขัง และระดับน้ำใต้ดินลึกกว่า 1 เมตร ลักษณะโครงสร้างของดินควรเป็นดินที่มีลักษณะเป็นก้อนเหลี่ยมมุมมน มีความร่วนเหนียวพอเหมาะ อุ้มน้ำได้ดี เนื้อดินควรเป็นดินเหนียวร่วนเหนียว ร่วน หรือร่วนปนทราย ดินที่มีเนื้อดินเหมาะสมต่อการปลูกยาง ได้แก่ ชุดดินอ่าวลึกมีเนื้อดินเป็นดินเหนียวชุดดินภูเก็ตเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ชุดดินคอหงส์เป็นดินร่วนทรายเป็นต้นส่วนดินที่ไม่เหมาะสมกับการปลูกยางจะมีเนื้อดินเป็นดินทรายซึ่งมีอนุภาคของดินทรายประมาณ 80% ดินเช่นนี้จะดูดยึดน้ำและธาตุอาหารได้น้อยทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและขาดความชื้นในฤดูแล้ง ส่วนคุณสมบัติทางเคมี ควรเป็นดินที่มีธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารรองอย่างเพียงพอแต่ไม่มากเกินไปจนอาจทำให้เกิดอันตรายกับพืช ความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 4.5-5.5 และไม่เป็นดินเกลือ

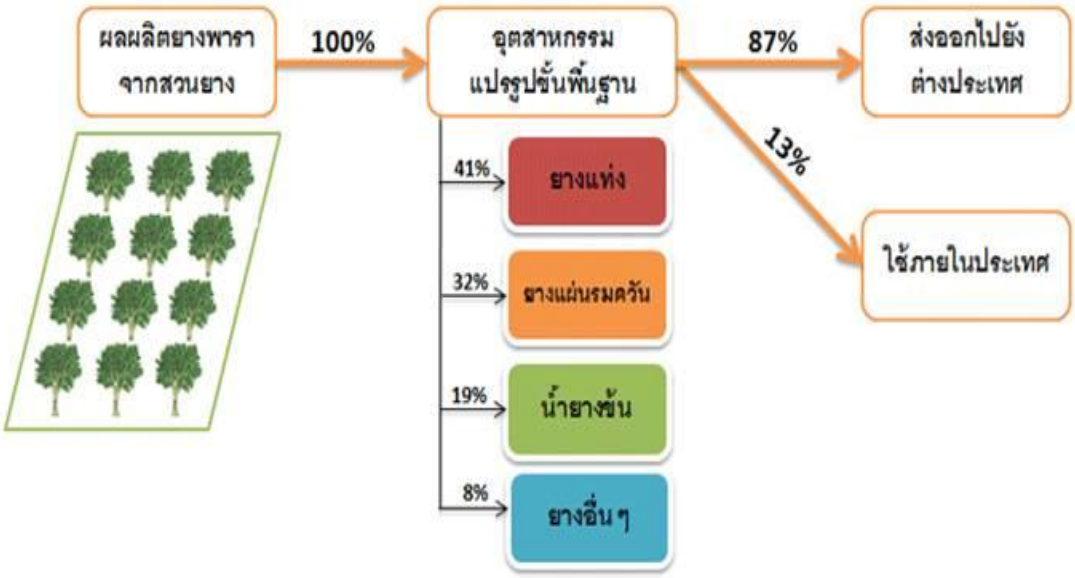
ปัจจุบันไทยมีพื้นที่ปลูกยางพาราประมาณ 15.34 ล้านไร่ โดยภาคใต้มีพื้นที่ปลูกยางมากที่สุด รองลงมาคือภาคตะวันออกรวมภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือตามลำดับ รวมทั้งสิ้น 60 จังหวัด แสดงพื้นที่ปลูกยางพาราในประเทศไทย (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรมอ้างในสถาบันวิจัยยาง, 2552) ดังตารางที่ 1-1

ตารางที่ 1-1 พื้นที่ปลูกยางพาราในประเทศไทย (หน่วยไร่ต่อจังหวัด)

จังหวัด	ปี 2548 (ไร่)	ปี 2549 (ไร่)	ปี 2550 (ไร่)
1.ประจวบคีรีขันธ์	41,175	74,430	86,447
2.ชุมพร	400,579	453,039	459,039
3.ระนอง	106,693	120,625	125,625
4.สุราษฎร์ธานี	1,754,996	1,807,643	1,830,161
5.นครศรีธรรมราช	639,345	1,368,042	1,400,808
6.พังงา	639,345	650,427	658,427
7.ภูเก็ต	109,965	105,256	101,985
8.กระบี่	586,302	602,147	610,147
9.ตรัง	1,290,757	1,311,635	1,309,313
10.พัทลุง	511,941	525,400	538,411
11.สงขลา	1,387,861	1,418,927	1,444,012
12.สตูล	266,452	282,485	289,811
13.ยะลา	1,021,284	1,026,563	1,046,438
14.ปัตตานี	278,434	287,830	294,607
15.นราธิวาส	980,180	995,529	1,004,532
16.ชลบุรี	135,133	174,980	176,911
17.ฉะเชิงเทรา	76,929	112,233	112,966
18.ระยอง	560,402	602,547	616,956
19.จันทบุรี	329,240	364,786	369,750
20.ตราด	197,985	216,117	223,077
21.สระแก้ว	10,070	13,671	15,426
22.ภาตะวันออกเฉียงเหนือ	590,313	1,539,623	2,143,206
รวมพื้นที่ปลูกยางทั้งหมด	**12,618,792**	**14,338,046**	**15,349,523**

ที่มา: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2553)

ในปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยางพาราทั้งหมดประมาณ 15.34 ล้านไร่ โดยกระจายอยู่ในภาคใต้ ร้อยละ 90 ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 10 กระจายอยู่ในภาคตะวันออก ตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ ในพื้นที่ปลูกจำนวนดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่เปิดกรีดแล้วประมาณ 10.53 ล้านไร่ สามารถสร้างอาชีพที่มั่นคงให้เกษตรกรมากกว่า 6 ล้านคน หรือประมาณ 1 ล้านครัวเรือนโดยในภาคใต้พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่จะอยู่ในเขตป่าไม้ถาวร ป่าสงวนแห่งชาติ ปัจจุบันประเทศไทยสามารถเพิ่มผลผลิตยางพาราขึ้นจาก 90 กิโลกรัมต่อไร่ ในปี 2504 เป็น 286 กิโลกรัมต่อไร่ในปี 2546 ทำให้ประเทศไทยได้เลื่อนฐานะจากการเป็นผู้นำเข้ามาเป็นประเทศผู้ผลิตและส่งออกยางอันดับ 1 ของโลก ผลผลิตยางในปัจจุบันมีประมาณ 2.6 ล้านตัน ในจำนวนนี้ส่งออกประมาณ 2.3 ล้านตัน ประมาณร้อยละ 87 ผลิตเพื่อการส่งออก ที่เหลือร้อยละ 13 ใช้ในอุตสาหกรรมภายในประเทศ โดยผลผลิตยางพาราที่เกษตรกรผลิตได้จะถูกนำไปแปรรูปเบื้องต้นเป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง ผลิตภัณฑ์ต่างๆได้แก่ ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง น้ำยางข้น และอื่นๆ วัตถุดิบจากอุตสาหกรรมยางบางส่วนถูกนำไปใช้ในประเทศผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ยางชนิดต่างๆ เช่น ยางยานพาหนะ ถุงมือยาง ผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์และอื่นๆนอกจากนั้นส่งออกไปยังต่างประเทศสำหรับยางพาราแปรรูปเบื้องต้น ส่วนที่เหลือส่งออกในรูปยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง น้ำยางข้น และอื่นๆ (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2552) ดังภาพประกอบที่ 1-2

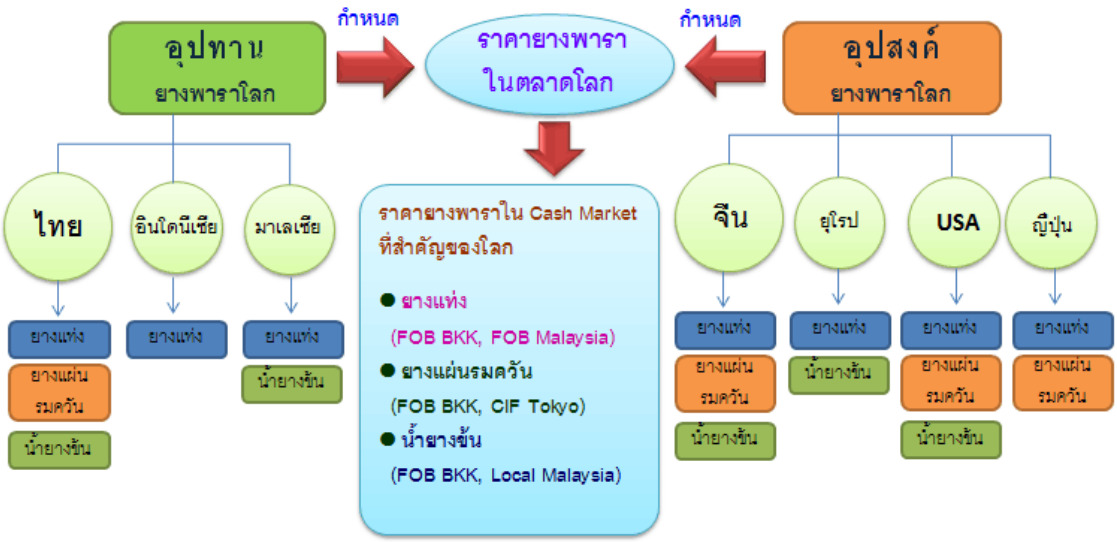


ภาพประกอบที่ 1-2 อุตสาหกรรมแปรรูปยางพาราเบื้องต้น

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2552)

1.2.6 อุสาหกรรมแปรรูปยางพาราเบื้องต้น

เนื่องจากอดีตที่ผ่านมาเกษตรกรผู้ผลิตยางพาราส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรายย่อยมีสวนยางขนาดเล็กการผลิตยางแผ่นดิบเป็นไปในรูปแบบที่ชาวสวนยางต่างคนต่างทำ ไม่มีเครื่องมืออุปกรณ์ทำยางแผ่นชั้นดี ไม่สามารถสร้างโรงเรือนและซื้ออุปกรณ์ได้ ไม่สามารถจัดหาเครื่องมือในการทำยางแผ่น เช่น เครื่องนวดยาง เครื่องรีดยาง อีกทั้งไม่มีห้องเก็บยางที่ช่วยให้ยางแผ่นแห้งเร็วขึ้นและป้องกันเชื้อราที่เกิดขึ้นในช่วงที่มีความชื้นสูง ยางแผ่นดิบของเกษตรกรแต่ละรายจึงมีความแตกต่างกันมากตั้งแต่ คุณภาพ ขนาด ความกว้างยาว ความหนาบาง ความหนักเบา และความสกปรกในแผ่นยาง เป็นต้น กระบวนการผลิตยางแผ่นดิบของเกษตรกรสวนยางยังขาดคุณภาพไม่มีเทคโนโลยีการผลิตที่ดีพอ เครื่องใช้และอุปกรณ์ เช่น ถ้วยรองรับน้ำยาง ถังรวมน้ำยาง และเครื่องรีดยางไม่สะอาดพอน้ำยางที่นำมาผลิตอาจจับตัวก่อนนำมาผลิตหรือการลำเลียงน้ำยางมาทำเป็นแผ่นล่าช้าหรือน้ำที่ใช้ผสมน้ำยางมีสิ่งเจือปนสูงการเจือจางน้ำยางกับน้ำไม่ได้สัดส่วน ทำให้สีของเนื้อยางหลังจากทำให้แห้งแล้วมีสีไม่สม่ำเสมอ การใช้กรดน้ำส้มผสมทำให้ยางเกิดการจับตัวกันเป็นแผ่นที่ไม่สม่ำเสมอไม่ได้ปิดตะกงทำให้สิ่งสกปรกตกลงไป หรือการกวาดฟองอากาศไม่หมดหรือไม่ได้กวาดฟองออก รีดยางแล้วไม่ได้ล้างน้ำสะอาดทำให้ยางแผ่นดิบที่เกษตรกรผลิตได้มีคุณภาพต่ำ และเมื่อโรงงานที่รับซื้อยางแผ่นดิบของเกษตรกรเหล่านี้ไปรมควันจะได้ยางแผ่นรมควันที่มีคุณภาพต่ำไปด้วย แต่อย่างไรก็ตามยางแผ่นดิบที่เกษตรกรชาวสวนยางผลิตซึ่งมีคุณภาพต่ำมีวิธีการทำให้มีราคาสูงขึ้นได้โดยการนำไปอบไอน้ำหรือรมควัน โดยยางแผ่นดิบจะกลายเป็นยางแผ่นรมควันที่มีราคาสูงขึ้นทันที ดังนั้นจะเห็นว่าการสร้างโรงงานแปรรูปยางพาราเบื้องต้นจากน้ำยางเป็นยางข้นหรือยางแผ่นดิบและแผ่นรมควันจะเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้ยางพาราให้เป็นที่ต้องการของการแปรรูปผลิตภัณฑ์ในประเทศเพื่อรองรับแผนการพัฒนาให้ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางอุตสาหกรรมยางครบวงจรของภูมิภาคอินโดจีน (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2546) ดังภาพประกอบที่ 1-3

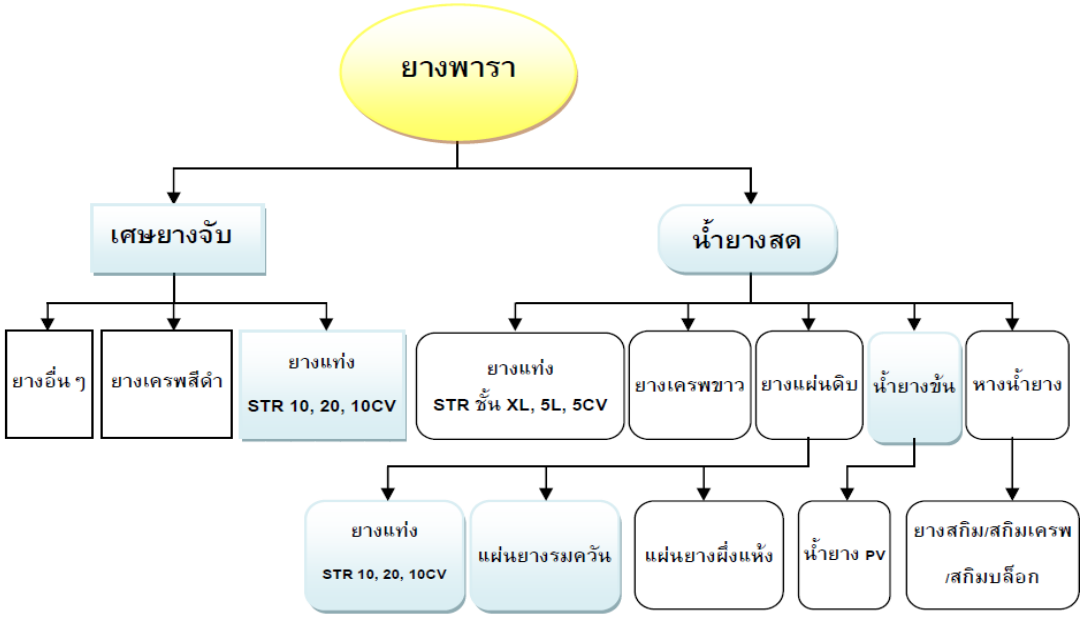


ภาพประกอบที่ 1-3 อุปสงค์และอุปทานของอุตสาหกรรมยางขั้นต้น

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2546)

1.2.7 ประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมยาง

การแบ่งประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมยางสามารถจำแนกเป็นประเภทต่างๆ คือ ผลิตภัณฑ์น้ำยางข้น ยางแท่ง ยางแผ่นรมควัน ยางสกิม (ยางสกิมเครพหรือยางสกิมบล็อก) และยางอื่นๆ สรุปเป็นภาพรวมของอุตสาหกรรมยางขั้นต้น (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2549) ดังภาพประกอบที่ 1-4



ภาพประกอบที่ 1-4 ภาพรวมอุตสาหกรรมยางพารา

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2551)

นฤเทพ บุญเรืองขาว (2549) ได้ทำการสำรวจโรงงานอุตสาหกรรมยางในจังหวัดภาคใต้ตอนล่างรวมทั้งจังหวัดสงขลา พบว่า 7 จังหวัดภาคใต้ตอนล่างมีจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมยางทั้งสิ้น 385 โรงงาน และประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมยางที่มีการประกอบการมากที่สุด คือ สหกรณ์กองทุนสวนยางจำนวน 263 โรงงงาน (63.3%) โรงงานผลิตยางแผ่นรมควัน 50 โรงงงาน (13.3%) โรงงานผลิตน้ำยางข้นจำนวน 21 โรงงงาน (5.45%) โรงงานผลิตยางแท่งจำนวน 18 โรงงาน (4.68%) และโรงงานผลิตยางสกิมมีน้อยที่สุดคือจำนวน 7 โรงงาน (1.82%) สำหรับโรงงานที่ผลิตยางหลายชนิดร่วมกันมีจำนวนทั้งสิ้น 26 โรงงงาน (6.75) โดยมีโรงงานอุตสาหกรรมยางกระจายตัวอยู่ในเขตจังหวัดสงขลารวม 114 โรงงาน ประเภทและจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมยางใน 7 จังหวัดภาคใต้ตอนล่าง แสดงดังตารางที่ 1-2

ตารางที่ 1-2 ประเภทและจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมยางใน 7 จังหวัดภาคใต้ตอนล่าง

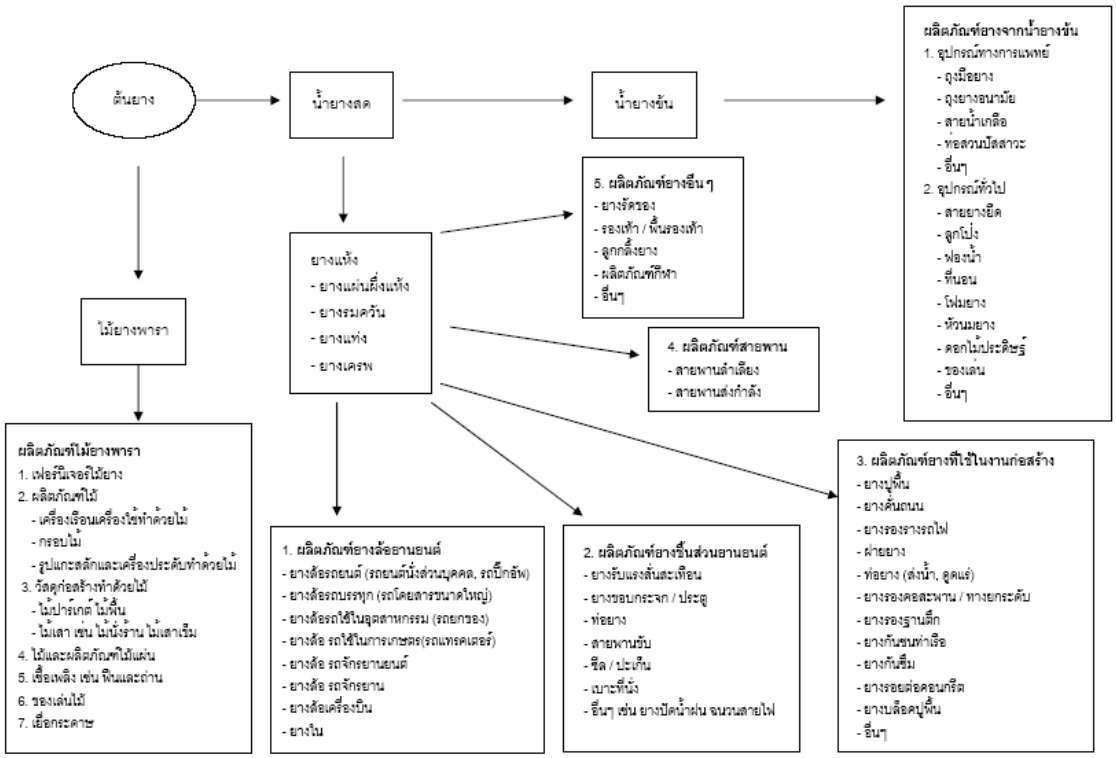
จังหวัด	โรงงานน้ำยางข้น	โรงงานยางแท่ง	โรงงานยางสกิม	โรงงานยางแผ่นรมควัน	โรงงานที่ผลิตหลายชนิด	สหกรณ์สวนยาง	รวม
	จำนวน (ราย)	จำนวน (ราย)	จำนวน (ราย)	จำนวน (ราย)	จำนวน (ราย)	จำนวน (ราย)	
สงขลา	8	11	3	23	14	55	114
ตรัง	6	1	1	6	5	69	88
ปัตตานี	1	1	-	2	3	16	23
พัทลุง	-	2	1	6	1	50	60
นราธิวาส	-	1	-	3	-	35	39
สตูล	-	1	1	3	-	17	22
ยะลา	6	1	1	7	3	21	39
รวม	21	18	7	50	26	263	385

ที่มา: นฤเทพ บุญเรืองขาว (2549)

1.2.8 อุตสาหกรรมน้ำยางข้น

อุตสาหกรรมจากยางพาราเป็นอุตสาหกรรมที่มีการแข่งขันสูงในตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งที่สำคัญได้แก่อุตสาหกรรมน้ำยางข้น มีมากเป็นอันดับ 3 ในเขตพื้นที่ 7 จังหวัดภาคใต้ตอนล่าง เป็นอุตสาหกรรมการแปรรูปน้ำยางสดให้เป็นน้ำยางข้นเพื่อเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ เช่น ถุงมือยาง ยางรถยนต์ และอื่นๆ ดังภาพประกอบที่ 1-5 ในกระบวนการผลิต น้ำยางข้น มีขั้นตอนที่ก่อให้เกิดน้ำเสียไม่ว่าจะกระบวนการล้างทำความสะอาด

การเติมสารเพื่อให้น้ำยางจับตัว หรือการปั่น ซึ่งนอกจากมีน้ำเสียเกิดขึ้นแล้ว ยังมีการสูญเสียพลังงานเกิดขึ้นในจุดต่างๆ ของกระบวนการผลิตอีกด้วย (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)



ภาพประกอบที่ 1-5 อุตสาหกรรมยางพาราและผลิตภัณฑ์จากยางพารา
ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2551)

1.2.9 กระบวนการผลิตน้ำยางข้น

น้ำยางสดที่ได้จากการกรีดต้นยางพารา มีลักษณะเป็นของเหลวขุ่นคล้ายน้ำนมมีอนุภาคขนาด 0.05-0.5 ไมครอน ในน้ำยางสดมีปริมาณเนื้อยางแห้งประมาณร้อยละ 25-45 ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ อายุ ฤดูกาล และกรรมวิธีกรีดยาง โดยทั่วไปน้ำยางสดประกอบด้วยสารที่เป็นของแข็งทั้งหมดร้อยละ 36 เนื้อยางแห้งร้อยละ 33 โปรตีนและไขมันร้อยละ 1.0-1.2 คาร์โบไฮเดรตและเถ้าร้อยละ 1.0 ความหนาแน่นประมาณ 0.975-0.980 กรัม/ลิตร และมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 6.5-7.0 ซึ่งต้องนำมาแปรรูปให้อยู่ในรูปของน้ำยางข้น เพื่อให้เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ และมีคุณภาพที่สม่ำเสมอกว่าน้ำยางสด ดังภาพประกอบที่ 1-6 แสดงผลิตภัณฑ์และผลพลอยได้ในอุตสาหกรรมน้ำยางข้น

น้ำยางข้น คือ น้ำยางที่มีเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content: DRC) ไม่ต่ำกว่า 60% การผลิตน้ำยางข้นสามารถทำได้ 4 วิธี คือ (1) วิธีระเหยด้วยน้ำ (Evaporation) (2) วิธีทำให้เกิดครีม (Creaming) (3) วิธีปั่นแยก (Centrifuging) และ (4) วิธีแยกด้วยไฟฟ้า (Electro Decantation) ซึ่งวิธีที่

ใช้ในการผลิตน้ำยางข้นในประเทศไทยใช้วิธีการปั่นแยกด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วสูง มีขั้นตอนในการผลิตดังนี้ และแผนภาพกระบวนการผลิตน้ำยางข้นแสดงดังภาพประกอบที่ 1-7

1.2.9.1 การรับน้ำยางสด น้ำยางสดจะถูกรักษาสภาพไม่ให้จับตัวด้วยแอมโมเนียและสารเตตระเมทิลไทยูแรมไดซัลไฟด์ (TMTD) และถูกถ่ายผ่านตะแกรงกรองลงสู่รางรับน้ำยางสดจากนั้นน้ำยางสดจะไหลจากรางรับน้ำยางสดลงสู่บ่อรับน้ำยางสด ซึ่งในขั้นตอนนี้จะเกิดกลิ่นเหม็นของไอระเหยแอมโมเนีย เนื่องจากการฟุ้งกระจายของแอมโมเนียระหว่างการถ่ายน้ำยางสด นอกจากนี้จำเป็นต้องมีการล้างทำความสะอาดบ่อรับน้ำยางสดทุกวันเนื่องจากมีการเติมสารเคมีช่วยในการตกตะกอนแมกนีเซียม และมีการจับตัวของยางที่ผนังบ่อซึ่งอาจทำให้น้ำยางสดมีการปนเปื้อนได้

1.2.9.2 การเตรียมน้ำยางสด ต้องมีการปรับสภาพน้ำยางสดให้เหมาะสมต่อกระบวนการปั่นแยกด้วยการเติมแอมโมเนีย เพื่อให้น้ำยางมีปริมาณแอมโมเนียเกินกว่า 0.4% โดยน้ำหนักและเติม Diammonium Hydrogen Phosphate (DAP) เพื่อให้แมกนีเซียมตกตะกอนเป็นขี้แป้ง และทิ้งไว้ 1 คืนสำหรับน้ำยางที่มีแมกนีเซียมสูง สำหรับน้ำยางที่จะนำมาปั่นแยกควรมีปริมาณแมกนีเซียมน้อยกว่า 50 ppm และเมื่อปั่นแล้วไม่ควรเกิน 20 ppm นอกจากนี้ปริมาณกรด (Volatile Fatty Acid: VFA) ไม่ควรเกิน 0.05% หากเกินให้นำไปผสมกับน้ำยางสดที่มีค่าไม่เกิน 0.05%

1.2.9.3 การปั่นแยก อาศัยหลักการ คือ น้ำยางธรรมชาติเป็นสารละลายคอลลอยด์ที่ประกอบด้วยส่วนอนุภาคของยางแขวนลอยกระจัดกระจายอยู่ในเซรัม และเนื่องจากอนุภาคยางเหล่านี้เบากว่าเซรัม จึงลอยตัวสู่ผิวหน้าน้ำยาง และมีการเคลื่อนไหวแบบบราวเนี่ยนซึ่งอัตราการเคลื่อนไหวขึ้นอยู่กับแรงดึงดูดของโลก ดังนั้นการปั่นจะช่วยเพิ่มแรงดึงดูดและเร่งการเคลื่อนที่ของอนุภาคยางซึ่งช่วยแยกส่วนที่เป็นเนื้อยางออกจากส่วนเซรัมในการปั่นแยกน้ำยางสดจะได้น้ำยาง 2 ส่วน คือ หางน้ำยาง และน้ำยางข้น โดยน้ำยางข้นจะมีเนื้อยางแห้งประมาณ 60% เครื่องปั่นยางขนาดเล็กสามารถป้อนน้ำยางสดได้ประมาณ 150 ลิตรต่อชั่วโมง ส่วนเครื่องขนาดใหญ่สามารถป้อนน้ำยางสดได้ 400-600 ลิตรต่อชั่วโมง และในการปั่นแยกยางจะมีการล้างเครื่องปั่นยางทุกๆ 2 หรือ 3 ชั่วโมง เนื่องจากการอุดตันของยางและกากขี้แป้งบริเวณหัวโบว์ลของเครื่องปั่นยางโดยในการล้างเครื่องปั่นยางแต่ละครั้งจะใช้เวลาในการล้างนานประมาณ 10-15 นาที

1.2.9.4 การไล่แอมโมเนียในหางน้ำยาง หางน้ำยางที่ได้จากกระบวนการปั่นยางจะถูกนำไปไล่แอมโมเนียออก เพื่อลดปริมาณการใช้กรดซัลฟูริกในการตกตะกอนเพื่อผลิตยางสกิม เนื่องจากถ้าหางน้ำยางมีปริมาณแอมโมเนียสูงจะต้องใช้กรดในการตกตะกอนเป็นปริมาณมาก ดังนั้นจึงมีการไล่แอมโมเนียในหางน้ำยางด้วยการใช้ถาดไล่แอมโมเนียหรือใช้เครื่องกวนในการไล่แอมโมเนีย

1.2.9.5 การผลิตยางสกิม หางน้ำยางที่ผ่านการไล่แอมโมเนียแล้วจะถูกเติมด้วยกรดซัลฟูริกเพื่อให้เนื้อยางจับตัวกันในขั้นตอนนี้จะได้ก้อนยางสกิมที่จับตัวกันและสามารถนำไปขายได้ นอกจากนี้ก้อนยางสกิมนี้สามารถนำไปผลิตเป็นยางสกิมเครพหรือสกิมบล็อกต่อไป ดังนี้

• การผลิตยางสกิมเครพ ผลิตโดยการนำก้อนยางสกิมมาผ่านเครื่องตัดให้เป็นก้อนและล้างน้ำ เพื่อชำระกรดออกจากนั้นรีดยางให้เป็นแผ่นและนำไปอบในเตาอบแล้วบรรจุหีบห่อ

• การผลิตยางสกิมบล๊อค ผลิตโดยการนำก้อนยางสกิมผ่านเครื่องตัดให้เป็นก้อนและล้างน้ำเพื่อชำระกรดออก จากนั้นรีดยางให้เป็นแผ่นและนำยางไปตัดด้วยเครื่องตัดย่อยแล้วนำไปอบในเตาอบ นำมาอัดแท่งและบรรจุหีบห่อ

1.2.9.6 การดักยาง (แยกยางขายจากบ่อ) เป็นการดักจับเนื้อยางที่ปะปนมากับน้ำเสียจากขบวนการต่างๆ เช่น การตกค้างในบ่อรับน้ำยางสดเครื่องปั่นยาง และบ่อเก็บน้ำยางข้นด้วยการเติมโพลิเมอร์ต่างๆ หรือจากบ่อดักยางซึ่งยางที่ได้จะสามารถนำไปขายในราคาที่ต่ำเนื่องจากมีคุณภาพไม่ดี

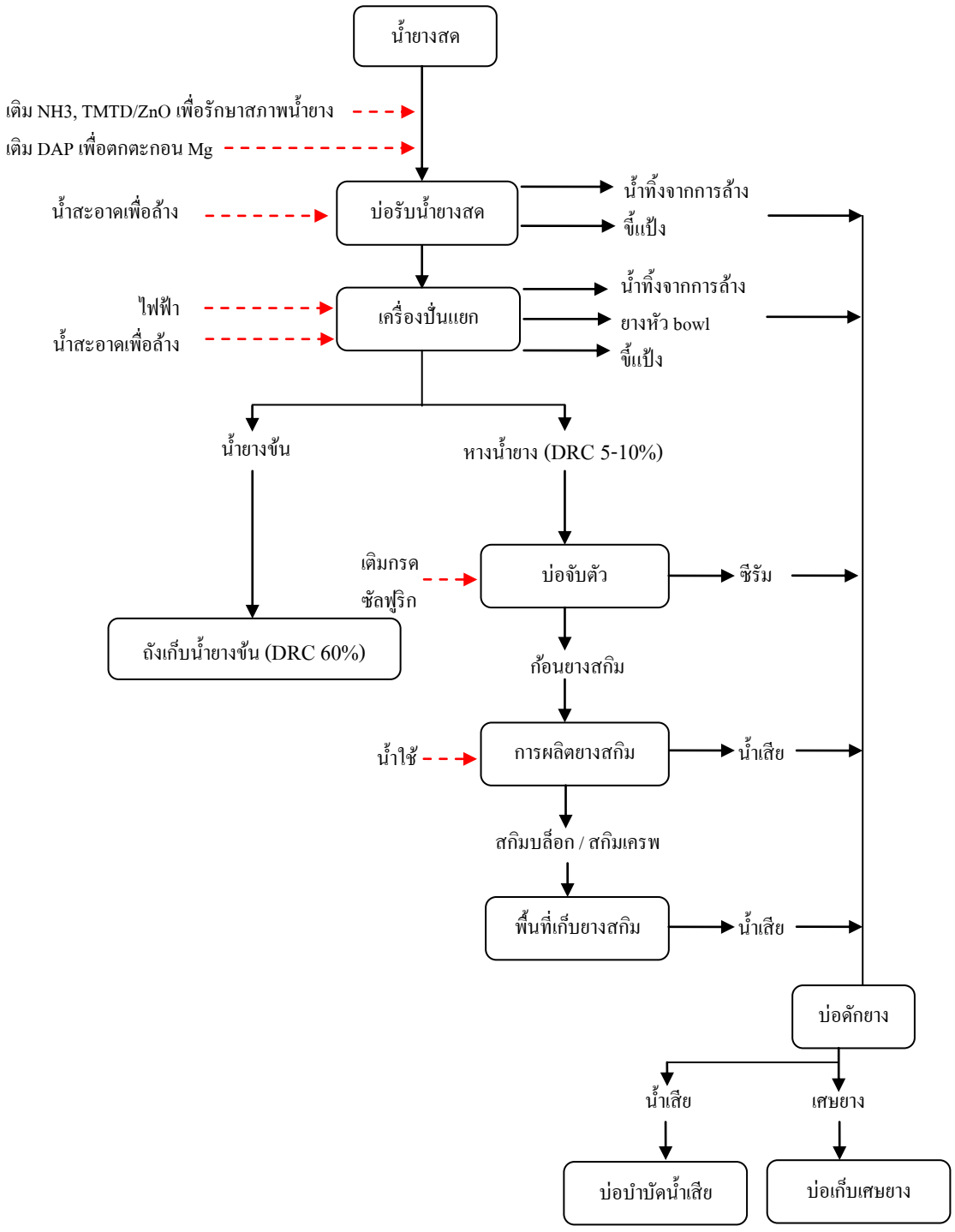
1.2.9.7 การเตรียมสารละลายแอมโมเนีย ในกรณีที่โรงงานไม่ได้ใช้แอมโมเนียในรูปของแอมโมเนียแห้ง แต่ใช้ในรูปสารละลายแอมโมเนียหรือน้ำแอมโมเนีย โรงงานจะต้องเตรียมสารละลายแอมโมเนีย ให้อยู่ในรูปสารละลายเข้มข้นประมาณ 10% ซึ่งในการเตรียมสารละลายแอมโมเนียผสมกับน้ำจะเกิดความร้อน และส่งผลให้แอมโมเนียระเหยออกจากสารละลายได้ง่ายขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิสูงขึ้น

น้ำยางข้น

ยางสกิมเครพ ยางสกิมบล็อก

ภาพประกอบที่ 1-6 ผลิตภัณฑ์และผลพลอยได้ในอุตสาหกรรมน้ำยางข้น

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2551)

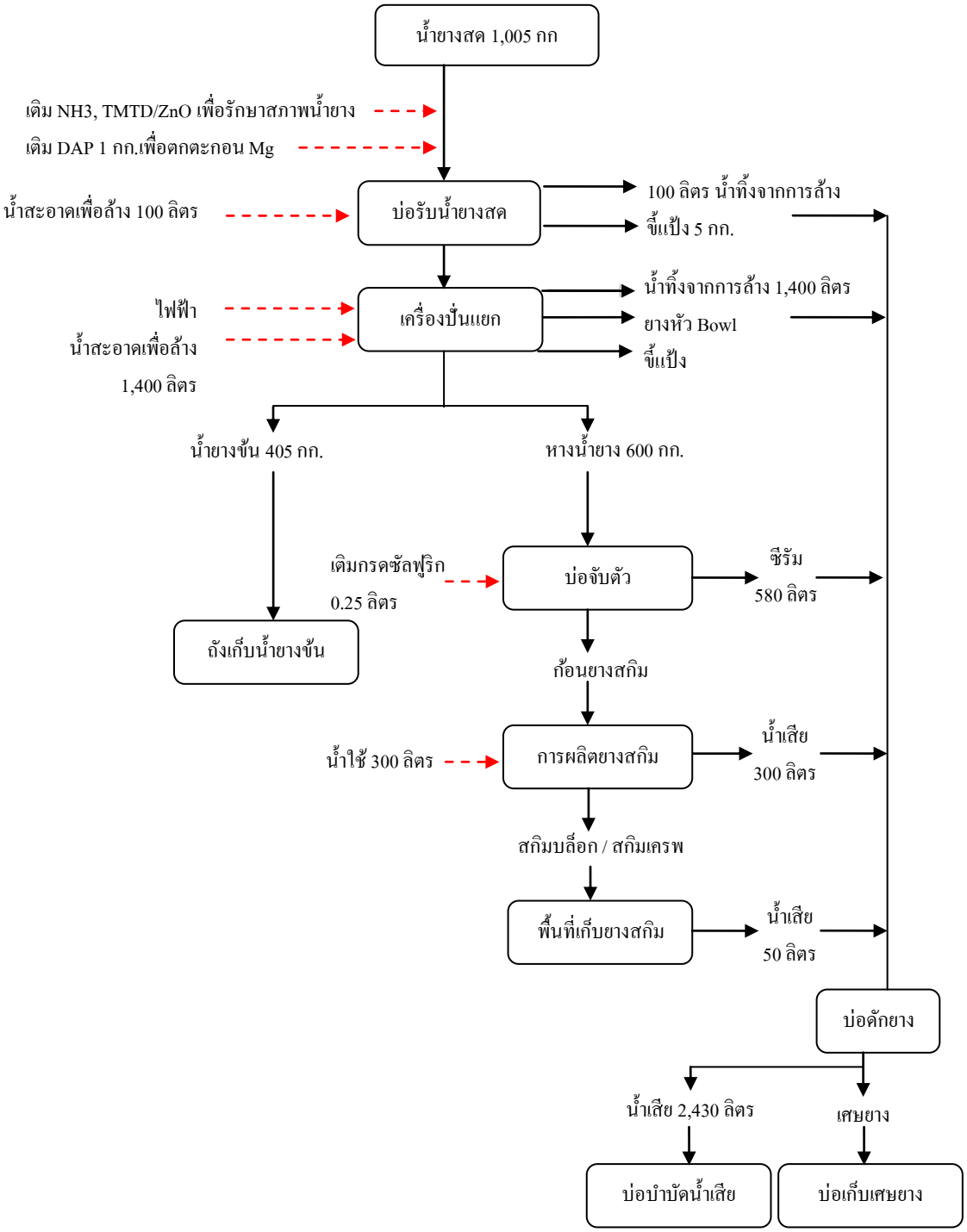


ภาพประกอบที่ 1-7 แผนภาพกระบวนการผลิตน้ำยางข้น

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2548)

1.2.10 การใช้ทรัพยากรและพลังงาน

ปริมาณการใช้ทรัพยากร ซึ่งได้แก่ วัตถุดิบ น้ำและพลังงาน ตลอดจนการเกิดมลพิษสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนต่างๆ แสดงดังภาพประกอบที่ 1-8



ภาพประกอบที่ 1-8 ปริมาณการใช้ทรัพยากรและการเกิดมลพิษในขั้นตอนต่างๆ

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2548)

1.2.10.1 การใช้วัตถุดิบ

1) น้ำยางสด เป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตน้ำยางข้น โดยน้ำยางสด 100 ตัน สามารถผลิตน้ำยางข้นที่มีเนื้อยางแห้ง 60% ประมาณ 40 ตัน และหางน้ำยาง 60 ตัน

2) สารเคมี เป็นวัตถุดิบร่วมในการผลิตน้ำยางข้น ได้แก่

• ไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอตเฟต (DAP) เป็นสารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอนแมกนีเซียมในน้ำยางสดให้เป็นขี้แป้ง ซึ่งจะต้องทิ้งให้ตกตะกอนเป็นเวลา 1 คืน โดยปริมาณการใช้ DAP นั้นขึ้นกับปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางสด คือ ถ้าในน้ำยางสดมีปริมาณแมกนีเซียมมากจะต้องใช้ DAP มากและปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางสดจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับดินที่ปลูกยางพารา คือ ถ้าดินมีปริมาณแมกนีเซียมสูงจะทำให้น้ำยางมีปริมาณแมกนีเซียมสูงด้วย โดยน้ำยางสดที่นำมาปั่นควรมีปริมาณแมกนีเซียมน้อยกว่า 50 ppm ในของแข็งทั้งหมด และปริมาณการใช้ DAP ต่อปริมาณแมกนีเซียม คือ Mg : DAP = 1:5.5

• แอมโมเนีย เป็นสารเคมีที่ใช้ในการรักษาสภาพน้ำยางโดยการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย การเติมแอมโมเนียเพื่อรักษาสภาพน้ำยางแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

(1) การรักษาสภาพน้ำยางสดที่กรีดได้ก่อนส่งโรงงานซึ่งจะใช้สารละลายแอมโมเนียความเข้มข้นประมาณ 15-20% โดยน้ำหนัก

(2) การรักษาคุณภาพน้ำยางข้นซึ่งจะเติมหลังจากการปั่นแยก โดยในการเติมปริมาณแอมโมเนียแบ่งตามประเภทการผลิตน้ำยางข้น คือ น้ำยางข้นชนิด Low Ammonia (LA) คือ มีการเติมแอมโมเนียร่วมกับสารเคมีอื่นในปริมาณแอมโมเนียที่น้อยกว่า 0.29 % ของน้ำยาง และน้ำยางข้นชนิด High Ammonia (HA) คือ มีการเติมปริมาณแอมโมเนีย 0.3-0.7 % ของน้ำยาง

• กรดซัลฟูริก เป็นสารเคมีที่ใช้ในการจับตัวของหางน้ำยาง แต่การใช้กรดซัลฟูริกที่มากเกินไปจะทำให้ยางเปื่อยและเสื่อมง่าย ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ยางสกิมไม่ได้คุณภาพ นอกจากนี้ ปริมาณกรดซัลฟูริกมีความสัมพันธ์กับปริมาณแอมโมเนียในหางน้ำยางที่เข้าบ่อจับตัว คือ ถ้ามีปริมาณแอมโมเนียในหางน้ำยางมากจะต้องเติมปริมาณกรดซัลฟูริกมากด้วย ส่วนระยะเวลาที่เหมาะสมในการจับตัวของยางสกิม คือ 24 ชั่วโมง ถ้าจำเป็นต้องจับตัวด้วยเวลาที่น้อยกว่านี้จะต้องใช้ปริมาณกรดซัลฟูริกมากขึ้น

1.2.10.2 การใช้น้ำ

การใช้น้ำในอุตสาหกรรมน้ำยางข้นแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนสำนักงานและสายการผลิต เช่น ล้างบ่อรับน้ำยางสด ล้างเครื่องปั่นยาง ล้างบ่อเก็บน้ำยางข้นและล้างพื้นเป็นต้น ซึ่ง

ในกระบวนการล้างเครื่องปั่นยางมีอัตราการใช้น้ำสูงที่สุด และมีการใช้น้ำสิ้นเปลืองที่สุด เนื่องจากจะต้องมีการล้างเครื่องปั่นยางทุก 2-3 ชั่วโมง

1.2.10.3 การใช้พลังงาน

การใช้พลังงานไฟฟ้าในอุตสาหกรรมน้ำยางข้นแบ่งเป็น 2 ส่วนหลักๆ ส่วนสำนักงานมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ และอุปกรณ์สำนักงานต่างๆ เช่น คอมพิวเตอร์ เครื่องถ่ายเอกสาร โทรสาร ส่วนสายการผลิต มีอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้า คือ เครื่องปั่นแยกน้ำยางข้น โดยเครื่องปั่นแยกน้ำยางที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบันมี 2 ระบบ ได้แก่ ระบบใช้เกียร์และคลัช และระบบมูแล่ที่สามารถปรับความเร็วรอบของเครื่องปั่นได้จากข้อมูลการใช้ทรัพยากรของโรงงานน้ำยางข้นจำนวน 17 โรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรมได้กำหนดปริมาณการใช้ทรัพยากรเพื่อเป็นเกณฑ์ในการป้องกันมลพิษของอุตสาหกรรมน้ำยางข้น ดังตารางที่ 1-3

ตารางที่ 1-3 ปริมาณการใช้ทรัพยากรในอุตสาหกรรมน้ำยางข้น

การใช้ทรัพยากร	ปริมาณการใช้	ค่าเฉลี่ย
1. การใช้น้ำ (ลบ.ม./ตันน้ำยางข้น)	1.8-15.8	5
2. การใช้ไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ตันน้ำยางข้น)	74.2-241.9	90
3. การใช้ DAP (กก./ตันน้ำยางข้น)	0.78-4.20	2
4. การใช้กรดซัลฟูริก (กก./ตันเนื้อยางแห้งในหางน้ำยาง)	120-367	210
5. การใช้แอมโมเนีย (กก./ตันน้ำยางข้น)		
- Low Ammonia (LA)	7.9-18.8	14
- High Ammonia (HA)	12.2-25.3	20

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2548)

1.2.11 ปัญหาจากกระบวนการผลิต

1.2.11.1 มลพิษทางอากาศและกลิ่น

1) กลิ่นแอมโมเนีย โดยแหล่งที่มาของกลิ่น คือ

- ถังบรรจุแอมโมเนีย จากการหกล้นระหว่างการถ่ายจากถังบรรจุของโรงงานลงสู่ถังชาวสวน และระหว่างการเตรียมสารละลายแอมโมเนียอันเนื่องจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างน้ำกับแอมโมเนีย

- การรับน้ำยางสด ไอระเหยแอมโมเนียที่เกิดขึ้นระหว่างการถ่ายน้ำยางสดจากรถบรรทุกสู่บ่อรับน้ำยางสด

- การปั่นยาง สารละลายแอมโมเนียที่ใช้มีความเข้มข้นสูง และการถ่ายเทอากาศในห้องปั่นยางไม่ดี

- กระบวนการสกิม เป็นการไล่แอมโมเนียในหางน้ำยางจากถาดไล่แอมโมเนีย

2) กลิ่นเหม็นภายในโรงงาน เป็นกลิ่นเหม็นที่ผสมปนกับก๊าซชนิดต่างๆ โดยมากแล้วเป็นก๊าซที่มีองค์ประกอบของสารประกอบซัลเฟอร์และไนโตรเจนโดย แหล่งที่มาของกลิ่นเหม็น คือ

- ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เอมีน และก๊าซอื่นๆ จากน้ำเสียในระบบบำบัดน้ำ เสียระบบรวมที่มีบ่อหมักไร้อากาศและบ่อใช้ออกซิเจน

- การดักยางที่ไม่ดีพอและมีระยะเวลากักเก็บนานเกินไป

- มีการเก็บเศษยางและขี้ยางในพื้นที่หรือบริเวณที่เก็บนานทำให้เกิดการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

- น้ำซีรัมที่มีระยะเวลากักเก็บนานทำให้เกิดปฏิกิริยาการหมักของโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต

3) ไอเสียจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ซึ่งใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงสำหรับโรงงานที่มีการใช้เตาอบในการผลิตยางสกิมเครพและสกิมบล็อก

1.2.11.2 น้ำเสีย จากสายการผลิตมีแหล่งที่มาแตกต่างกันดังนี้

1) บ่อรับน้ำยางสด

- น้ำล้างทำความสะอาดรถบรรทุกน้ำยางสดของชาวสวน

- น้ำล้างทำความสะอาดบ่อรับน้ำยาง

- น้ำเสียจากการล้างทำความสะอาดน้ำยางสดที่หกเลอะขณะถ่ายน้ำยางสดลงบ่อรับน้ำยางสด

2) การปั่นยาง

- น้ำล้างหัวปั่นน้ำยาง ต้องล้างทุก 2-3 ชั่วโมงเนื่องจากการอุดตันของหัวปั่นน้ำยางและการอุดตันของขี้ยางที่ท่อจ่ายน้ำยาง

- น้ำเสียจากการล้างน้ำยาง ที่ล้นจากเครื่องปั่นน้ำยาง ระหว่างกระบวนการปั่นยาง

3) กระบวนการสกิม

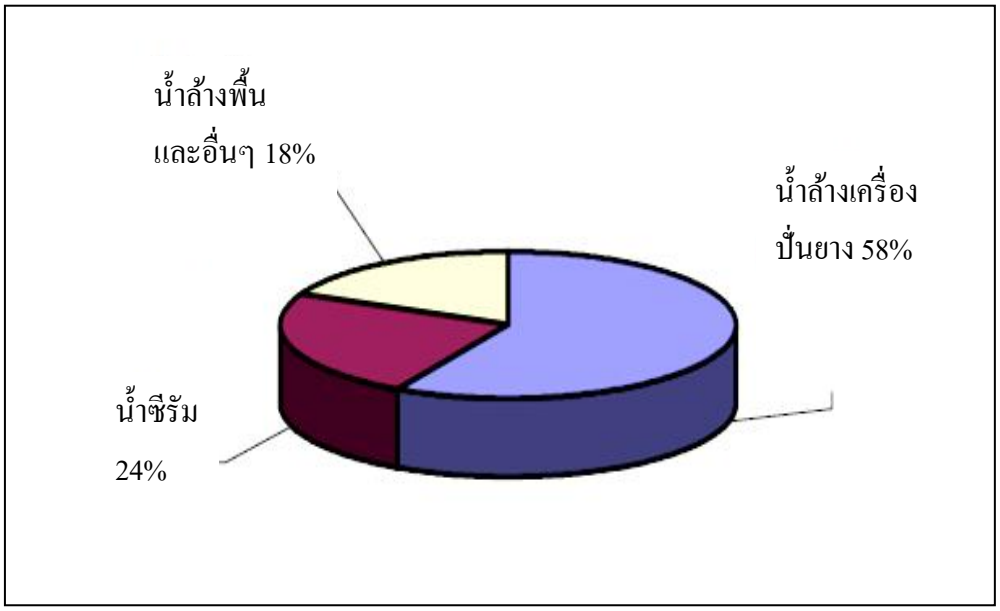
- น้ำซีรัม ซึ่งมีปริมาณเนื้อยาง DRC 4-6 % ส่วนประกอบที่เหลือเป็นน้ำหลังจากตกตะกอนยางสกิมแล้ว น้ำซีรัมจะถูกปล่อยลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย

- น้ำจากเครื่องรีดยาง เป็นน้ำที่ฉีดพ่นในการรีดยางเพื่อล้างกรดซัลฟูริกที่ติดอยู่ที่ยางสกิม เพื่อให้ยางสกิมที่ได้มีคุณภาพดี

- น้ำล้างจากการทำฝอย เป็นน้ำที่ฉีดสู่ถาดรับยางฝอยเพื่อรักษาสภาพยางฝอยให้เหมาะก่อนเข้าถาดอบแห้ง

4) ถังน้ำยางข้น

- น้ำจากการล้างทำความสะอาดถัง เพื่อลดการปนเปื้อนของน้ำยางข้นสัดส่วนของน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากอุตสาหกรรมน้ำยางข้น ดังแสดงในสัดส่วนของน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากอุตสาหกรรมน้ำยางข้น ดังแสดงในภาพประกอบที่ 1-9 และลักษณะของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมน้ำยางข้นโดยทั่วไป ดังตารางที่ 1-4



ภาพประกอบที่ 1-9 ปริมาณน้ำเสียในอุตสาหกรรมน้ำยางข้น
ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2548)

ตารางที่ 1-4 ลักษณะน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้น

พารามิเตอร์	ลักษณะน้ำเสีย
พีเอช	5.72
อุณหภูมิ (^{o}C)	30.0
บีโอดี (มก./ลิตร)	4,430
ซีโอดี (มก./ลิตร)	7,996
ของแข็งแขวนลอย (มก./ลิตร)	1,128
ซัลไฟด์ทั้งหมด (มก./ลิตร)	< 1
ซัลไฟด์ที่ละลายน้ำ (มก./ลิตร)	< 1
ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (มก./ลิตร)	< 1
ซัลเฟต (มก./ลิตร)	1,102

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2548)

กรมควบคุมมลพิษ (2548) ได้สรุปจากผลการวิเคราะห์ลักษณะน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการต่างๆ ของโรงงานน้ำยางข้น ก (โรงงานนำร่อง) พบว่าน้ำเสียที่เกิดจากการล้างเครื่องปั่นยางมีความสกปรกมากที่สุด แสดงดังตารางที่ 1-5

ตารางที่ 1-5 ลักษณะน้ำเสียจากกระบวนการต่างๆ ของโรงงานน้ำยางข้น

แหล่งกำเนิดน้ำเสีย	ปริมาณน้ำเสีย	ลักษณะน้ำเสีย	
	(m^3/day)	COD (mg/l)	TSS (mg/l)
1. การล้างเครื่องปั่นแยกยาง	72	165,528	3,000
2. การสกิมยาง	2	15,444	4,800
3. การล้างบ่อรับน้ำยางสด	6	1,215	816

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2548)

1.2.11.3 กากของเสีย

ปัญหากากของเสียในอุตสาหกรรมน้ำยางข้น คือ กากขี้แป้งซึ่งมีลักษณะทางกายภาพ และทางเคมี ดังตารางที่ 1-6 โดยเป็นของเสียเกิดจากกระบวนการตกตะกอนแมกนีเซียมใน

น้ำยางสด และมีปริมาณมาก ส่วนใหญ่โรงงานมักกำจัดโดยการนำไปทิ้ง เผาหรือนำไปถมที่ภายในพื้นที่ว่างของโรงงาน

ตารางที่ 1-6 ลักษณะทางกายภาพและชีวภาพของกากขี้แป้ง

ลักษณะ	กากขี้แป้ง	
	ถังพักน้ำยาง	เครื่องปั่นยาง
ความชื้น (%)	63.72	58.40
ของแข็งระเหยได้ (%น้ำหนักแห้ง)	51.11	57.09
ไนโตรเจน (N , %น้ำหนักแห้ง)	1.91	2.30
ฟอสฟอรัส (P2O5 ,%น้ำหนักแห้ง)	19.50	21.69
โปแตสเซียม (K2O ,%น้ำหนักแห้ง)	1.79	2.11
แมกนีเซียม (Mg ,%น้ำหนักแห้ง)	6.69	6.18
สังกะสี (Zn ,%น้ำหนักแห้ง)	0.71	0.81

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2548)

1.2.12 การวิเคราะห์ปัญหาด้านการใช้น้ำภายในโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้น

จากสถิติการใช้น้ำของโรงงาน และวิเคราะห์เชิงลึกเพื่อหาสาเหตุจากกระบวนการผลิตและพฤติกรรมการใช้น้ำของพนักงาน ดังนี้

การวิเคราะห์จากสถิติการใช้น้ำ โดยพิจารณาจากการใช้น้ำในรอบปีที่ผ่านมา ซึ่งหากมีข้อมูลย้อนหลังหลายปี จะทำให้การวิเคราะห์ได้ละเอียดมากขึ้น และแก้ปัญหาได้ตรงจุด นอกจากนี้การเปรียบเทียบการใช้น้ำกับอุตสาหกรรมน้ำยางข้นประเภทเดียวกันจะทำให้ทราบถึงความสามารถของโรงงานและวิเคราะห์หาแนวทางการทำงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างการวิเคราะห์การใช้น้ำของโรงงานแห่งหนึ่งดังภาพประกอบที่ 4 พบว่าดัชนีการใช้น้ำของโรงงานมีค่า 9.1-14.6 ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภัณฑ์ โดยมีค่าเฉลี่ยต่อปี 10.4 ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภัณฑ์ โดยช่วงเวลาที่มีการผลิตสูงสุด (มกราคม) มีการใช้น้ำต่อวัตถุดิบต่ำสุด ขณะที่เดือนที่มีการผลิตต่ำสุด (พฤษภาคม) กลับมีการใช้น้ำต่อวัตถุดิบสูงสุด จะเห็นว่าดัชนีการใช้น้ำแต่ละเดือนยังมีความแตกต่างกันมาก คือ มากที่สุดอยู่ที่ 14.6 ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภัณฑ์ ในขณะที่น้อยสุดอยู่ที่ 9.1 ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภัณฑ์ แสดงว่าการใช้น้ำของโรงงานไม่มีประสิทธิภาพและไม่เป็นระบบและสามารถลดการใช้ได้อีก ดังนั้นปัญหาที่สำคัญในการทำกิจกรรมในโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้นคือการใช้น้ำปริมาณมากในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิต จำเป็นต้องมีการเร่งหาแนวทาง

ในการลดการใช้น้ำ โดยใช้วิธีการประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำยางข้น

1.2.13 การจัดการสิ่งแวดล้อม

1.2.13.1. การจัดการมลพิษน้ำ

น้ำเสียจากกระบวนการผลิตส่วนใหญ่เกิดจากขั้นตอนการปั่นแยก น้ำล้างเครื่องปั่นแยกและการทำยางสกิม โดยมีปริมาณน้ำเสียรวมประมาณ 4-6 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น น้ำเสียรวมมีค่า pH ต่ำ (เป็นกรด) มีความเข้มข้นของ BOD5, COD และ sulfate สูง นอกจากนี้ยังมีอนุภาคของเนื้อยางปะปนออกมากับน้ำเสียด้วย ระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับอุตสาหกรรมประเภทนี้ ปัจจุบันนิยมใช้บ่อดักยาง (Rubber Trap) และระบบบ่อปรับเสถียร (บ่อหมัก บ่อกึ่งหมัก บ่อผึ่ง) ก่อนนำน้ำที่บำบัดแล้วบางส่วนกลับมาใช้ใหม่ในการล้างพื้น อย่างไรก็ตาม เนื่องจากระบบบำบัดที่กล่าวมาข้างต้นนี้ โดยเฉพาะบ่อหมักไร้อากาศ มีข้อเสีย คือ มีกลิ่นเหม็นอันเกิดจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และกรดอินทรีย์ระเหย (VFA) ดังนั้น บางโรงงานอาจจะใช้พลาสติกประเภท High Density Polyethylene (HDPE) คลุมบ่อหมักไร้อากาศ บางโรงงานอาจใช้ถังหมักไร้อากาศ เช่น UASB (Upflow AnaerobicSludge Blankets) หรืออาจใช้ระบบแอกติเวทเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge System) ในการบำบัดน้ำเสียเพื่อลดปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็น ส่วนในโรงงานที่ตั้งอยู่ไกลชุมชนมากๆ อาจใช้ระบบบ่อปรับเสถียรได้ดังภาพประกอบที่ 1-10

ภาพประกอบที่ 1-10 ตัวอย่างระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้น
ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2548)

1) บ่อดักยาง (Rubber Trap) บ่อดักยางใช้เพื่อกำจัดเนื้อยางที่ปะปนมากับน้ำเสีย โดยปรับสภาพน้ำให้เป็นกรดทำให้อนุภาคของยางรวมตัวกัน และลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ ปัจจุบันยังไม่มีเกณฑ์การออกแบบบ่อดักยางที่แน่นอน อย่างไรก็ตามในการกำจัดอนุภาคยางออกจากน้ำเสียอาจใช้เทคนิคอื่นได้ เช่น การเป่าอากาศให้ลอย (Dissolved Air Floating) เพื่อให้อนุภาคของยางลอยขึ้นมาเหนือผิวน้ำ แล้วถูกกวาดออกจากระบบ แต่เทคนิคนี้ไม่เป็นที่นิยม เพราะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเป่าอากาศ และยังอาจทำให้น้ำเสียมีสภาวะเป็นแอโรบิค ซึ่งอาจมีผลต่อระบบบ่อหมักไร้อากาศที่จะใช้ในการบำบัดน้ำเสียขั้นต่อไป

2) ระบบแอกติเวทเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge System) ระบบแอกติเวทเต็ดสลัดจ์มีข้อได้เปรียบที่ไม่เกิดกลิ่นเหม็นรบกวน ดังนั้นโรงงานยางหลายแห่งจึงเลือกใช้ระบบนี้ แม้ว่าการดำเนินการมีความยุ่งยากซับซ้อนเนื่องจากจะต้องมีการควบคุมสภาวะแวดล้อมต่างๆ ให้เหมาะสมแก่การทำงานและการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด และยังมีค่าใช้จ่ายจากการเติมอากาศให้แก่ระบบ

3) ระบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยกลไกธรรมชาติในการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียโดยสามารถแบ่งตามลักษณะการทำงานได้ 3 ลักษณะ คือ บ่อหมัก (Anaerobic Pond) บ่อกึ่งหมัก (Facultative Pond) และบ่อผึ่ง (Polishing Pond)

- บ่อแอนแอโรบิคหรือบ่อหมัก (Anaerobic Pond) ใช้เพื่อลดปริมาณสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูงในสภาวะไร้ออกซิเจน เนื่องจากกลไกในการบำบัดของบ่อหมักไร้อากาศนี้ขึ้นอยู่กับสมดุลระหว่างแบคทีเรียที่ทำให้เกิดกรดและแบคทีเรียที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทน ดังนั้นการควบคุมประสิทธิภาพของบ่อหมักไร้อากาศให้ดีนั้นจึงควรทำให้สภาวะของบ่อเหมาะสมต่อแบคทีเรียทั้งสองกลุ่ม

- บ่อกึ่งหมัก (Facultative Pond) ลักษณะการทำงานของบ่อนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนบนของบ่อเป็นแบบมีอากาศ ซึ่งได้รับออกซิเจนจากการถ่ายเทอากาศที่บริเวณผิวน้ำและจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย และส่วนล่างของบ่ออยู่ในสภาพไร้อากาศ โดยปกติบ่อลักษณะนี้จะรับน้ำเสียที่ผ่านบ่อหมักไร้อากาศมาบำบัดต่อ

- บ่อผึ่ง (Polishing Pond) เป็นบ่อที่มีแบคทีเรียและสาหร่ายแขวนลอยอยู่ ซึ่งจะมีความลึกไม่มากนักเพื่อให้แสงแดดส่องได้ถึงก้นบ่อ ทำให้สาหร่ายสามารถสังเคราะห์แสงได้เต็มที่ ซึ่งผลพลอยได้จากการสังเคราะห์แสง คือ ออกซิเจนละลายและยังมีการเติมอากาศที่ผิวน้ำอีกด้วย ทำให้สภาพของบ่อมีลักษณะเป็นแบบแอโรบิค นอกจากนี้แสงแดดยังสามารถฆ่าเชื้อโรคได้ส่วนหนึ่งอีกด้วย

1.2.13.2 การจัดการมลพิษอากาศ

การผลิตน้ำยางข้นและยางสกิมเครพมีกลิ่นแอมโมเนียโดยเฉพาะบริเวณเครื่องปั่นแยกซึ่งอาจสามารถป้องกันและแก้ไข เช่น การจัดให้มีการระบายอากาศที่ดีหรือการรวบรวมอากาศจากเครื่องปั่นแยกแต่ละเครื่องด้วยระบบท่อดูดและบำบัดโดยระบบดูดซับ (Activated Carbon) หรือระบบบำบัดอากาศแบบเปียก (Wet Scrubber)

1) การดูดซับบนผิวอนุภาคตัวดูดซับที่เหมาะสม (Adsorption) ระบบดูดซับเป็นเทคโนโลยีการบำบัดกลิ่นแอมโมเนีย โดยกลิ่นแอมโมเนียจะถูกดูดซับออกจากอากาศที่ไหลออกโดยการจับติดกับผิววัตถุของแข็งที่เรียกว่า สารดูดซับ (Adsorbent) ซึ่ง Adsorbent จะเป็นของแข็งที่ลักษณะมีรูพรุน ของแข็งที่นิยมใช้ในการดูดซับมลพิษอากาศ คือถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) คุณสมบัติที่สำคัญในการดูดซับของสารดูดซับ คือ ประจุไฟฟ้าที่ผิวสัมผัส ถ้าสารดูดซับมีประจุไฟฟ้าจะทำให้ไอน้ำเข้ามาเกาะสารดูดซับและรบกวนการดูดซับ ซึ่งถ่านกัมมันต์เป็นสารดูดซับที่ไม่มีประจุไฟฟ้าทำให้มีประสิทธิภาพการกำจัดกลิ่นแอมโมเนียดีกว่าการใช้สารดูดซับตัวอื่น

2) การดูดกลืนด้วยตัวดูดกลืนที่เหมาะสม (Absorption) วิธีนี้เป็นการดูดกลืนก๊าซด้วยของเหลว อัตราการดูดกลืนขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางกายภาพของตัวถูกดูดซับ (เช่น การแพร่กระจาย ความหนาแน่น) และสภาวะของตัวดูดกลืน (เช่นอุณหภูมิ อัตราการไหลของก๊าซ) การดูดกลืนเกิดขึ้นได้ทั้งแบบกายภาพและเคมี การดูดกลืนแบบกายภาพเกิดขึ้นเมื่อก๊าซที่ถูกดูดกลืนละลายอยู่ในตัวทำละลาย และหากเกิดปฏิกิริยาระหว่างก๊าซกับตัวทำละลาย นั่นคือ เกิดการดูดกลืนแบบเคมี ถ้าก๊าซที่ปนเปื้อนนั้นละลายได้ดีการบำบัดด้วยวิธีการดูดกลืนจะมีประสิทธิภาพสูง และสำหรับก๊าซปนเปื้อนที่ละลายได้ไม่ดีในตัวทำละลาย บางครั้งอาจต้องเพิ่มสารเคมีเข้าไปในระบบเพื่อเพิ่มความสามารถในการละลายให้กับก๊าซที่ปนเปื้อน การเลือกคุณสมบัติของสารละลายที่ใช้ดูดกลืนควรพิจารณาถึงประสิทธิภาพที่ต้องการและราคาของสารเคมี ซึ่งโดยทั่วไปมักใช้น้ำเนื่องจากก๊าซที่ปนเปื้อนสามารถละลายน้ำได้ อีกทั้งยังราคาถูก Packed Column เป็นอุปกรณ์พื้นฐานที่ถูกนำมาใช้สำหรับการดูดกลืนก๊าซ โดย Packed Column จะทำการกระจายของเหลวที่เป็นตัวดูดกลืนเหนือตัวกลาง (Packing Materials) ที่เป็นตัวทำให้เกิดพื้นที่ขนาดใหญ่สำหรับให้ก๊าซและของเหลวสัมผัสกันอย่างต่อเนื่อง กระแสของก๊าซปนเปื้อนจะถูกปล่อยเข้าทางด้านล่างของ Column และไหลขึ้นสู่ตัวกลาง ส่วนของเหลวที่เป็นตัวดูดกลืนจะถูกนำเข้าทางด้านบนของตัวกลางโดยวิธีการสเปรย์ วิธีนี้จะให้ประสิทธิภาพการบำบัดที่สูงที่สุดหากทำการเจือจางก๊าซให้มากที่สุดและให้ก๊าซนั้นสัมผัสกับของเหลวที่เป็นตัวดูดกลืนที่สะอาดและให้กระบวนการทั้งหมดเกิดขึ้นในคอลัมน์ที่มีความสูงเพียงพอ นอกจากนี้ประสิทธิภาพการบำบัดที่สูงจะต้องมีการเลือกคู่ของสารดูดกลืน และสารถูกดูดกลืนที่เหมาะสม

1.2.14 การป้องกันอัคคีภัย

สำหรับระบบป้องกันอัคคีภัยของโรงงานนั้น ควรมีระบบป้องกันภายในอาคารและภายนอกอาคาร โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ภายในอาคาร ควรมีการติดตั้งอุปกรณ์ดับเพลิงไว้บริเวณอาคาร และส่วนกาผลิตควรติดตั้งระบบ Sprinkle และมีถังเคมีดับเพลิงมือถือกระจายรอบอาคาร

2) ภายนอกอาคาร ติดตั้งระบบจ่ายน้ำดับเพลิง (Fire Hydrant) ไว้ตามจุดต่างๆ

1.2.15 มาตรการความปลอดภัยสำหรับพนักงาน

โรงงานควรมีการจัดฝึกอบรมให้พนักงานในเรื่องต่างๆ ที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงาน เช่น อบรมเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่ใช้ในโรงงาน การจัดอบรมความปลอดภัยในการทำงาน นอกจากนี้โรงงานควรจัดทำสถิติอุบัติเหตุในโรงงาน พร้อมทั้งหาแนวทางแก้ไขเพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุขึ้นอีก

1.2.16 วอเตอร์ฟุตพรินต์ (Water Footprint)

1.2.16.1 ที่มาของวอเตอร์ฟุตพรินต์

วอเตอร์ฟุตพรินต์ หรือ รอยเท้าของน้ำ เป็นแนวคิดเกี่ยวกับปริมาณการใช้น้ำในการผลิตสินค้าและบริการอย่างใดอย่างหนึ่งโดยเริ่มตั้งแต่กระบวนการผลิตไปจนกระทั่งสินค้าถึงมือผู้บริโภค (Supply Chain) เริ่มเกิดขึ้นในปี ค.ศ.2002 โดยศาสตราจารย์ Arjen Y. Hoekstra ในประเทศเนเธอร์แลนด์ เป็นแนวคิดที่กำลังได้รับความสนใจในปัจจุบันเนื่องจากเป็นเครื่องชี้วัดการใช้น้ำของผู้บริโภคและผู้ผลิตไม่ว่าจะเป็นการใช้น้ำทางตรงหรือทางอ้อม ดังนั้นวอเตอร์ฟุตพรินต์ของสินค้าหรือบริการจึงเป็นปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตสินค้าและบริการทั้งทางตรงและทางอ้อมโดยคำนวณปริมาณน้ำจากผลรวมของทุกขั้นตอนตลอดห่วงโซ่ของการผลิตสินค้าและบริการนั้น ปริมาณน้ำที่ใช้สามารถวัดได้จากปริมาณน้ำที่ใช้ไปหรือปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยออกมาทำให้วอเตอร์ฟุตพรินต์เป็นเครื่องชี้วัดการใช้น้ำที่ชัดเจน เพราะไม่ได้แสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำที่ใช้และปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยออกมาเท่านั้นแต่แสดงให้เห็นถึงสถานที่ และระยะเวลาที่เกิดการใช้น้ำ

1.2.16.2 ประเภทของวอเตอร์ฟุตพรินต์

วอเตอร์ฟุตพรินต์ต้องพิจารณาถึงแหล่งน้ำ (Source of Water) ที่เกี่ยวข้องซึ่งแบ่งออกเป็น กรีนวอเตอร์ (Green Water) บลูวอเตอร์ (Blue Water) และเกรย์วอเตอร์ (Grey Water) จึงจะสามารถเปรียบเทียบได้ว่าการผลิตสินค้าในแต่ละแห่งมีผลกระทบต่อการใช้น้ำแตกต่างกัน และน้ำแต่ละประเภทมีที่มาแตกต่างกัน ดังนี้

1) บลูวอเตอร์ฟุตพรินต์ (Blue Water Footprint) รอยย่ำน้ำสีน้ำเงิน คือ ปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติทั้งแหล่งน้ำผิวดินเช่นน้ำในแม่น้ำทะเลสาบรวมทั้งน้ำในอ่างเก็บกักน้ำในอ่างเก็บน้ำต่างๆ และแหล่งน้ำใต้ดินอันได้แก่ น้ำบาดาล ที่ใช้ในการผลิตสินค้าและบริการเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค

2) กรีนวอเตอร์ฟุตพรินต์ (Green Water Footprint) รอยย่ำน้ำสีเขียว คือ ปริมาณน้ำที่อยู่ในรูปของความชื้นในดินที่ถูกใช้ไปในการผลิตสินค้าและบริการ โดยเฉพาะการผลิตพืชผลทางการเกษตรและทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น

3) เกรย์วอเตอร์ฟุตพรินต์ (Grey Water Footprint) รอยย่ำน้ำสีเทา คือ ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตสินค้าและบริการ ซึ่งคำนวณจากปริมาณน้ำที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียให้เป็นน้ำดีตามค่ามาตรฐาน

ดังนั้นวอเตอร์ฟุตพรินต์จึงมีทั้งปริมาณน้ำที่ใช้โดยตรงและโดยอ้อม ปริมาณน้ำที่ใช้ดังกล่าวต่างก็ประกอบด้วยรอยย่ำของน้ำทั้ง 3 ประเภท ทั้งนี้รอยย่ำสีน้ำเงินและสีเขียวเป็นปริมาณน้ำที่ใช้ (Water Consumption) ส่วนรอยย่ำสีเทาเป็นปริมาณน้ำเสีย (Water Pollution)

1.2.16.3 หน่วยวัดของวอเตอร์ฟุตพรินต์

วอเตอร์ฟุตพรินต์มีหน่วยเป็น ลบ.ม.ต่อตัน (m^3/ton) โดยวอเตอร์ฟุตพรินต์ในพืชคำนวณจากปริมาณน้ำที่พืชใช้ มีหน่วยเป็น ลบ.ม.ต่อพื้นที่ปลูก (m^3/ha) ต่อปริมาณผลผลิตของพืชนั้นมีหน่วยเป็น ตันต่อพื้นที่ปลูก (ton/ha) ส่วนวอเตอร์ฟุตพรินต์ในสัตว์คิดจากปริมาณน้ำทั้งหมดในการผลิตและให้อาหารสัตว์ น้ำดื่มของสัตว์ และน้ำที่ใช้ในการกิจกรรมเลี้ยงสัตว์อื่นๆ เช่น น้ำที่ใช้เพื่อทำความสะอาดคอกสัตว์ น้ำที่ใช้ในการระบายความร้อน เป็นต้นสำหรับวอเตอร์ฟุตพรินต์ในผลิตภัณฑ์จากพืชและสัตว์เป็นผลรวมของวอเตอร์ฟุตพรินต์การผลิตผลิตภัณฑ์จากพืชและสัตว์ตั้งแต่เริ่มกระบวนการจนกระทั่งสิ้นสุดได้ออกมาเป็นผลิตภัณฑ์นั้น

1.2.16.4 ประโยชน์ของวอเตอร์ฟุตพรินต์

สามารถแยกย่อยออกมาเป็น 4 ประเด็นดังนี้

1) สำหรับผู้ผลิต การนำกลยุทธ์ลดวอเตอร์ฟุตพรินต์มาใช้จะช่วยสร้างภาพลักษณ์ที่ดีและสร้างจุดแข็งให้กับบริษัทหรือผลิตภัณฑ์ เพราะแสดงว่าคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมีความรับผิดชอบต่อสังคม และการลดวอเตอร์ฟุตพรินต์ในการผลิตสินค้ายังช่วยลดความเสี่ยงของปัญหาขาดแคลนน้ำซึ่งจะมีผลกระทบต่อภาคธุรกิจโดยตรง และยังเป็นการเตรียมความพร้อมในกรณีที่ภาครัฐออกกฎข้อบังคับเกี่ยวกับวอเตอร์ฟุตพรินต์ในอนาคต

2) สำหรับผู้บริโภค การระบุข้อมูลวอเตอร์ฟุตพรินต์บนฉลากสินค้าจะช่วยกระตุ้นให้ผู้บริโภคตระหนักถึงความสำคัญของการใช้น้ำในการผลิตสินค้าแต่ละชนิด โดยผู้บริโภคอาจหัน

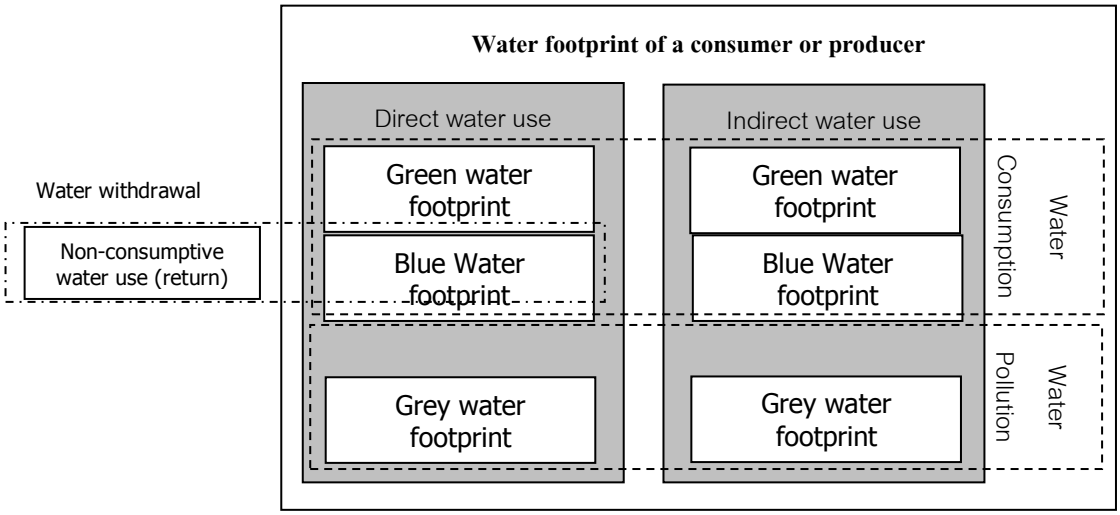
ไปเลือกซื้อสินค้าที่มีวอเตอร์ฟุตพรินต์น้อยแทนสินค้าที่มีวอเตอร์ฟุตพรินต์มาก (เช่น กินเนื้อสัตว์ลดลงแล้วหันมาทานผักเพิ่มขึ้นดื่มน้ำหรือน้ำชาแทนกาแฟ เป็นต้น) หรือผู้บริโภคอาจเลือกซื้อสินค้าแบบเดิมแต่เลือกจากแหล่งผลิตหรือวิธีการผลิตที่มีวอเตอร์ฟุตพรินต์ต่ำกว่าแทน การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมผู้บริโภคไปในสู่ทางเลือกของสินค้าที่มีวอเตอร์ฟุตพรินต์ต่ำจะช่วยบรรเทาปัญหาการขาดแคลนน้ำของโลกและนำไปสู่แนวทางการบริโภคที่ยั่งยืนมากขึ้น

3) สำหรับฉลากสิ่งแวดล้อม หากมีการกำหนดฉลากวอเตอร์ฟุตพรินต์ จัดเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะกระตุ้นให้ผู้ผลิตพัฒนาการผลิตสินค้าไปในทิศทางที่เป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้นและเป็นการแสดงข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจเลือกซื้อสินค้าของผู้บริโภค ฉลากสิ่งแวดล้อมที่เป็นที่รู้จัก เช่น ฉลากสีเขียว (Green Label) ฉลากคาร์บอน (Carbon Footprint) สำหรับ “ฉลากแสดงรอยการใช้น้ำ” หรือ “Water Footprint” ถือว่าเป็นเรื่องใหม่ที่อาจจะกลายเป็นความท้าทายสำหรับอุตสาหกรรมอาหารในอนาคต การแสดงวอเตอร์ฟุตพรินต์บนฉลากสินค้า ในแง่มุมหนึ่งอาจทำให้ภาคธุรกิจต้องลงทุนเพิ่มขึ้นเพื่อให้การผลิตสินค้ามีการใช้น้ำและมีน้ำเสียลดลงซึ่งจะเป็นผลดีต่อทรัพยากรน้ำของโลก ในอีกแง่หนึ่งภาคธุรกิจอาจใช้วอเตอร์ฟุตพรินต์เป็นเครื่องมือในการสร้างจุดเด่นให้กับสินค้าหรือบริษัทว่ามีการคำนึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมีความรับผิดชอบต่อสังคมทำให้สินค้ามีความน่าสนใจมากขึ้นและเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้า (Value Added) และผลิตภัณฑ์ที่ได้รับฉลากวอเตอร์ฟุตพรินต์

4) สำหรับลุ่มน้ำในประเทศ การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์เป็นทางเลือกที่เกิดขึ้นเพื่อให้ทุกคนได้ตระหนักถึงการใช้น้ำที่มีอยู่อย่างขาดแคลนให้เกิดประโยชน์และคุ้มค่าสูงสุดในพื้นที่นั้นๆ เนื่องจากการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์นอกจากทำให้เห็นภาพปริมาณการใช้น้ำที่ซ่อนเร้นอยู่ในการผลิตสินค้าได้อย่างชัดเจนมากขึ้นแล้ว ยังสามารถนำมาประเมินผลกระทบที่เกิดจากการผลิตและการค้าต่อการใช้ทรัพยากรน้ำได้อีกด้วย ซึ่งจะทำให้เข้าใจปัญหาการขาดแคลนน้ำและมลภาวะทางน้ำได้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งนำไปสู่วิธีแก้ไขปัญหาที่เชื่อมโยงกับกระบวนการผลิตสินค้าและห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain) ได้ทั้งระบบ และปัจจุบันมีการจัดทำบัญชีวัดการใช้น้ำระดับชาติ (National Water Footprint) ขึ้นในหลายๆประเทศ เพื่อใช้เป็นส่วนประกอบของสถิติที่เกี่ยวกับน้ำในระดับประเทศ (National Water Statistic) และใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการวางแผนจัดการน้ำหรือบริเวณลุ่มน้ำต่างๆ (River Basins) รวมถึงการมีข้อมูลวอเตอร์ฟุตพรินต์ที่ถูกต้องยังช่วยให้เกษตรกรและผู้วางนโยบายของประเทศสามารถตัดสินใจได้ว่าควรเพาะปลูกพืชที่ต้องการใช้น้ำมากในบริเวณใดมากกว่า ซึ่งจะทำให้การผลิตสินค้าเกษตรมีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.2.17 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Hoekstra และคณะ (2011) กล่าวไว้ว่าการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ (Water Footprint; WF) เป็นวิธีการประเมินการใช้น้ำตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment) โดยมีแผนภาพของการดำเนินการดังภาพประกอบที่ 1-11



ภาพประกอบที่ 1-11 แผนภาพแสดงส่วนประกอบของวอเตอร์ฟุตพรินต์ (Hoekstra *et al*., 2011)

ภาพประกอบที่ 1-11 แสดงให้เห็นว่าวอเตอร์ฟุตพรินต์นั้นคือดัชนีที่ใช้ชี้วัดปริมาณน้ำใช้ (Fresh Water) ทั้งทางตรง (Direct) จากผู้ใช้น้ำหรือการผลิตและทางอ้อม (Indirect) ซึ่งตรวจวัดตลอดวัฏจักรชีวิตการดำเนินการแบ่งการใช้น้ำออกเป็น 3 ส่วนประกอบด้วย กรีนวอเตอร์ คือน้ำใช้จากแหล่งธรรมชาติที่อยู่ในดินหรือความชื้นในดินที่มาจากน้ำฝน และ บลูวอเตอร์ คือน้ำใช้ที่มาจากแหล่งน้ำผิวดินและใต้ดินตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ใดๆ นอกจากนี้ยังรวมถึง เกรย์วอเตอร์ คือน้ำที่ใช้ในการเจือจางปริมาณสัดส่วนมลสารปนเปื้อนที่ถูกปล่อยออกจากผู้ใช้ (Hoekstra *et al*., 2011**)**

การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ที่มีวัตถุดิบจากการเกษตรนั้น โดยทั่วไปประกอบด้วย 3 ขั้นตอนได้แก่ การเพาะปลูก (Cultivation) การผลิต (Production) และ การใช้ผลิตภัณฑ์ (Consumer) โดยในแต่และส่วนนั้นต้องทำการประเมินทั้ง กรีนวอเตอร์ บลูวอเตอร์ เกรย์วอเตอร์ และต้องพิจารณาการใช้น้ำโดยตรงและทางอ้อม

การเพาะปลูก น้ำที่ใช้โดยส่วนใหญ่เป็น กรีนวอเตอร์และบลูวอเตอร์ จากการชลประทาน ส่วน เกรย์วอเตอร์นั้นประเมินจากปริมาณน้ำที่ต้องใช้ในการเจือจางสารปนเปื้อนไม่ว่าจะเป็นปุ๋ย

(ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส ฯลฯ) ยาปราบศัตรูพืชหรือยาฆ่าแมลง ปกติจะคำนวณจากสารที่วิกฤตที่สุด ซึ่งมักจะเป็นตัวที่มีการปลดปล่อยออกสู่ธรรมชาติต่อผลผลิตสูงสุด ในส่วนการผลิตนั้นการใช้น้ำโดยส่วนใหญ่จะเป็นส่วนของ บลูวอเตอร์และเกรย์วอเตอร์ซึ่งประเมินเป็นปริมาณน้ำเสีย (Waste Flow) ไปสู่แหล่งน้ำดีในธรรมชาติ (Freshwater Bodies) ที่ต้องการเพื่อมารองรับมลสารปนเปื้อน บนพื้นฐานของการป้องกันไม่ให้กระทบต่อคุณภาพของน้ำในปัจจุบัน โดยสูตรที่นำมาใช้ในการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) การเพาะปลูก

วอเตอร์ฟุตพรินต์ของการปลูกพืชใดๆ (WF_{proc}) คำนวณจากสมาการที่ (1)

$$WF_{\mathrm{Pr}oc} = WF_{proc,green} + WF_{proc,blue} + WF_{proc,gray} \qquad \textbf{(1)}$$

โดย WF_{Proc} คือ วอเตอร์ฟุตพรินต์ของการปลูกพืช, ปริมาณต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

$WF_{Proc,\ green}$ คือ ปริมาณน้ำตลอดกิจกรรมเพาะปลูก, การใช้น้ำต่อผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้

$WF_{Proc,\ blue}$ คือ ปริมาณน้ำตลอดกิจกรรมเพาะปลูกจากการชลประทาน, การใช้น้ำต่อผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้

$WF_{Proc,\ grey}$ คือ ปริมาณน้ำใช้การเจือจางสารเคมีที่ใช้ในการเพาะปลูก, การใช้น้ำต่อผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้

WF_{proc} เป็นค่าที่รายงานถึงปริมาณต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ เช่น ลูกบาศก์เมตรต่อตันของผลิตภัณฑ์ หรือ ลิตรต่อกิโลกรัม

$WF_{proc,\ green}$ คือปริมาณน้ำตลอดกิจกรรมเพาะปลูกคำนวณจากปริมาณความต้องการใช้น้ำของพืช (crop water use; CWU_{green}, m^3/ha) หารด้วยปริมาณผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ (Yield; Y, ton/ha) ดังนี้

สำหรับ กรีนวอเตอร์ ดังสมการ (1.1)

$$WF_{proc,green} = \frac{CWU_{green}}{Y} \qquad \textbf{(1.1)}$$

สำหรับ บลูวอเตอร์ ดังสมการ (1.2)

$$WF_{proc,blue} = \frac{CWU_{blue}}{Y} \qquad \textbf{(1.2)}$$

ความต้องการน้ำของพืช (CWU, m^3/ha) ตลอดช่วงอายุการเพาะปลูกทั้ง กรีนวอเตอร์ และบลูวอเตอร์ คือผลรวมของปริมาณอัตราการคายระเหย (Evapotranspiration, mm/day) ดังสมการ (1.3) และ (1.4) ตามลำดับ

$$CWU_{green} = 10x\sum_{d=1}^{lgp} ET_{green} \qquad \textbf{(1.3)}$$

$$CWU_{blue} = 10x\sum_{d=1}^{lgp} ET_{blue} \qquad \textbf{(1.4)}$$

ค่า factor 10 คือการปรับค่ามิลลิเมตรเป็นปริมาตรน้ำต่อพื้นที่ (m^3/ha) lgp คือช่วงระยะเวลาเพาะปลูก (length of growing period) สำหรับค่า Yield ของพืชล้มลุกสามารถคิดต่อครั้งได้แต่หากเป็นพืชยืนต้นสามารถใช้ค่าเฉลี่ยตลอดช่วงอายุของพืชนั้นๆ ในความเป็นจริงคือในปีแรกๆอาจได้ผลผลิตน้อยหรือไม่ได้เลยในปีแรกแต่ผลผลิตจะสูงขึ้นเมื่อถึงช่วงเวลาหนึ่งจากนั้นจะลดลงจนเข้าสู่ช่วงสุดท้ายของอายุขัยพืช ดังนั้นสำหรับการคิดคำนวณปริมาณ CWU_{green} และ CWU_{blue} นั้นสามารถอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่รู้จักกันในนาม CROPWAT ช่วยในการคำนวณโดย CROPWAT สามารถประเมินค่าปริมาณการคายระเหย (Evapotranspiration; ET) ของพืช การคิดทางเลือกเพื่อหาค่า Crop Water Requirement (CWR) ค่าดังกล่าวคือค่า ET ที่คำนวณได้จากแบบจำลองโดยสัญลักษณ์แทน ET_c สามารถเลือกได้สองกรณี กรณีที่แรกคือการคำนวณที่สภาวะเหมาะสมของการปลูกพืชนั้นๆ สามารถคำนวณโดยใช้เพียงข้อมูลสภาวะอากาศและลักษณะของพืชนั้นๆได้ ดังสมการแสดงในสมการด้านล่าง ส่วนกรณีที่สองคือการประเมินจากสภาวะที่ต้องการระบบชลประทาน ดังสมการ (1.5) (1.6) และ (1.7) ตามลำดับ

$$ET_C = K_C x ET_0 \qquad \textbf{(1.5)}$$

ค่า ET ของกรีนวอเตอร์คำนวณจากค่าต่ำสุดของปริมาณการคายระเหยตลอดช่วงเวลาเพาะปลูก (ET_C) และค่าฝนสัมฤทธิ์ (Effective rainfall; P_{eff}) สำหรับคาบเวลาที่นำมาคำนวณ ET_0 คือค่าอ้างอิงปริมาณการคายระเหยของพืชนั้นๆ K_c คือ Crop Coefficient กรณีนี้ค่า ET_{blue} คำนวณได้จากผลต่างของค่า ET_c กับค่าฝนสัมฤทธิ์ (ET_c-P_{eff}) แต่หากค่าฝนสัมฤทธิ์มีค่าสูงกว่าค่า ET_c จะถือว่า ET_{blue} เท่ากับซึ่งหมายถึงการใช้น้ำจากการชลประทานดังแสดงในสมการด้านล่าง

$$ET_{green} = \min(ET_c, P_{eff}) \quad \textbf{(1.6)}$$

$$ET_{blue} = \max(0, ET_c - P_{eff}) \quad \textbf{(1.7)}$$

กรณีที่มีระบบชลประทานจะกำหนดให้อัตราการระเหยแทนด้วย ET_a ซึ่งจะมีค่า Factor ของ Water Stress Coefficient (K_s) มาปรับดังสมการ

$$ET_a = K_s x ET_c = K_s x K_c x ET_0$$

ปริมาณอัตราการคายระเหยของ กรีนวอเตอร์และบลูวอเตอร์ คำนวณจากกรณีที่ไม่มีระบบชลประทานดังสมการ (1.8) และ (1.9) ตามลำดับ

$$ET_{green}(irr = 0) = ET_{total,a}(irr = 0) \quad \textbf{(1.8)}$$

$$ET_{blue}(irr = 0) = 0 \quad \textbf{(1.9)}$$

ปริมาณอัตราการคายระเหยของ กรีนวอเตอร์และบลูวอเตอร์ เมื่อระบบชลประทานเข้าไปคำนวณได้ ดังสมการ (1.10) และ (1.11) ตามลำดับ

$$ET_{green}(irr = 1) = ET_{green}(irr = 1) \quad \textbf{(1.10)}$$

$$ET_{blue}(irr = 1) = ET_a(irr = 1) - ET_{green}(irr = 1) \quad \textbf{(1.11)}$$

ส่วน Grey Water Footprint ($WF_{proc,gray}, m^3/ton$) คำนวณจากอัตราการใช้สารเคมีต่อพื้นที่เพาะปลูก (AR, kg/ha) กับสัดส่วนการชะละลาย (α) หารด้วยผลต่างของค่าสูงสุดที่ยอมรับได้กับค่าความเข้มข้นที่อยู่เดิมในธรรมชาติ ($c_{\max}, kg/m^3 - c_{nat}, kg/m^3$) และจึงหารด้วยผลผลิตต่อพื้นที่เพาะปลูกอีกครั้ง ดังสมการ (1.12)

$$WF_{proc,gray} = \frac{(\alpha * AR)/(c_{\max} - c_{nat})}{Y} \qquad \textbf{(1.12)}$$

ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้เพื่อการคำนวณวอเตอร์ฟุตพรินต์ของการเพาะปลูก

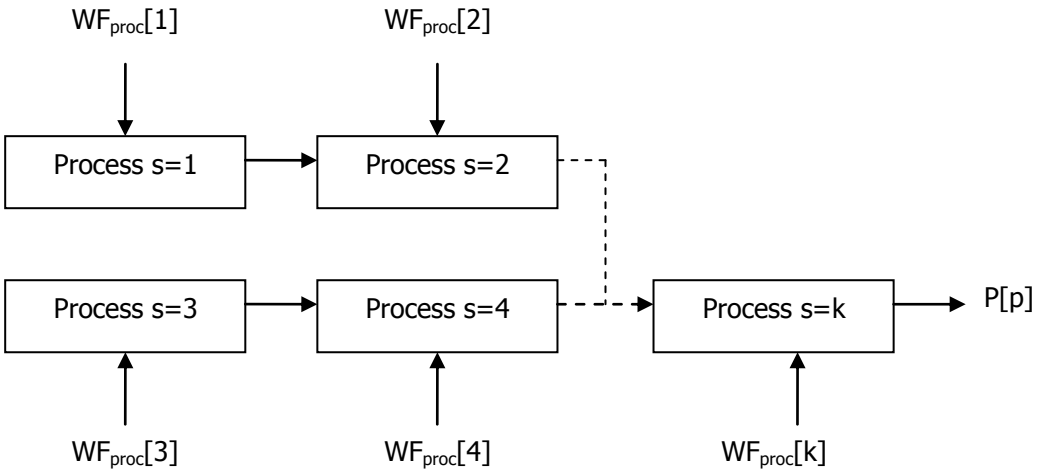
- ข้อมูลภูมิอากาศ (Climate Data)
- ลักษณะของพืช (Crop Parameters)
- พื้นที่การปลูกและการใช้ที่ดิน (Crop Maps or Land Use)
- ลักษณะดินเพื่อการวางแผนการชลประธาน (Soil Maps)
- แผนผังการชลประทาน (Irrigation Maps)
- อัตราการใช้ปุ๋ย (Fertilizer Application Rates)
- อัตราการสารปราบศตรูพืช (Pesticides Application Rates)
- สัดส่วนการชะละลาย (Leaching Fraction)
- มาตรฐานคุณภาพอากาศ (Ambient Water Quality Standards)
- มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ (Natural Concentrations in Receiving Water Bodies)

2) การผลิตผลิตภัณฑ์

การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ดำเนินการได้ 2 วิธีได้แก่

2.1) The Chain Summation Approach

กระบวนการผลิตใดประกอบด้วยหลายกระบวนการผลิตย่อยแต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นผลิตภัณฑ์ชนิดเดียว วิธีคำนวณหาวอเตอร์ฟุตพรินต์จะใช้วิธีการรวมแบบลูกโซ่ (The Chain Summation Approach) ดังแสดงในภาพประกอบที่ 1-12 (Hoekstra *et al*., 2011)



ภาพประกอบที่ 1-12 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตที่มีผลิตภัณฑ์เดียว (P[p])

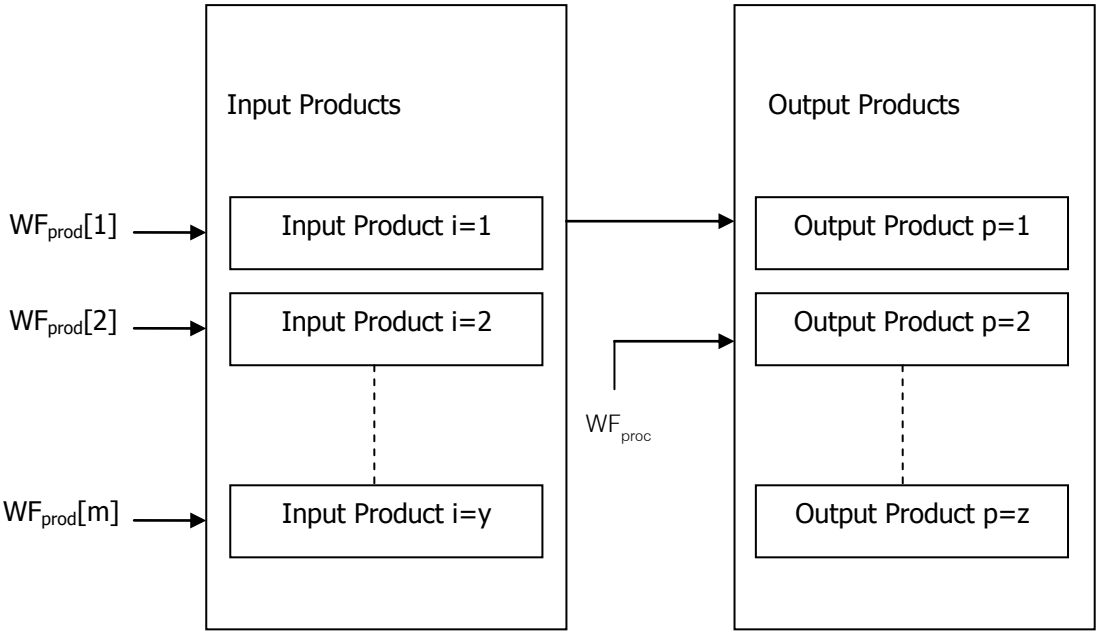
จากแผนผังข้างต้นวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ p จะได้จากสัดส่วนระหว่างผลรวมของวอเตอร์ฟุตพรินต์ในแต่ละกระบวนการผลิตกับปริมาณผลผลิต p ดังสมาการที่ (2)

$$WF_{prod}[p] = \frac{\sum_{s=1}^{k} WF_{proc}[s]}{P[p]} \qquad \textbf{(2)}$$

โดยที่ $WF_{proc}[s]$ คือวอเตอร์ฟุตพริ้นในขั้นตอนการผลิตที่ s ใดๆ หน่วยเป็นปริมาตรต่อเวลา และ $P[p]$ คือปริมาณของผลิตภัณฑ์ทีผลิตได้ หน่วยเป็นปริมาณต่อเวลา

2.2) The Step-Wise Accumulative Approach

กรณีที่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการผลิตมีมากกว่าหนึ่งผลิตภัณฑ์การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์จะใช้วิธีการรวมสะสมในแต่ละขั้นตอน (The Step-Wise Accumulative Approach) ซึ่งทำได้จากการรวมวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่เกิดโดยให้น้ำหนักที่ต่างๆกันแก่ผลิตภัณฑ์ที่ได้ทั้งหมด (โดยทั่วไปจะใช้ราคาของผลิตภัณฑ์ชนิดนั้นๆในการถ่วงน้ำหนัก) จากแผนภาพด้านล่าง เป็นตัวอย่างแสดงการคำนวณวอเตอร์ฟุตพรินต์ ของผลิตภัณฑ์ p ซึ่งใช้วัตถุดิบทั้งหมด y ชนิด และมีผลิตภัณฑ์ทั้งหมด z ชนิด ดังภาพประกอบที่ 1-13



ภาพประกอบที่ 1-13 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตภัณฑ์ p ซึ่งใช้วัตถุดิบทั้งหมด y ชนิด และมีผลิตภัณฑ์ทั้งหมด z ชนิด (Hoekstra *et al*., 2011)

วอเตอร์ฟุตพรินต์ของกระบวนผลิตภัณฑ์จะคำนวณได้ดังสมาการที่ (3)

$$WF_{prod}[p] = \left(WP_{proc}[p] + \sum_{i=1}^{y} \frac{WF_{prod}[i]}{f_p[p,i]} \right) \times f_v[p] \qquad \textbf{(3)}$$

โดยที่ $WF_{prod}[p]$ คือวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ p

$WF_{prod}[i]$ คือวอเตอร์ฟุตพรินต์ของวัตถุดิบ i

$WF_{proc}[p]$คือวอเตอร์ฟุตพรินต์ของกระบวนที่ใช้ในการเปลี่ยนวัตถุดิบเป็นผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ซึ่งแสดงอยู่ในรูปของน้ำที่ใช้ต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์ p

$f_p[p,i]$ คือค่าสัดส่วนของมวลของผลิตภัณฑ์ (Product Fraction) ซึ่งหาได้จากมวลของผลิตภัณฑ์ p ต่อวัตถุดิบ i หรือเขียนเป็นสมการได้เป็นสมการ (3.1)

$$f_p[p,i] = \frac{w[p]}{w[i]} \qquad \textbf{(3.1)}$$

$f_v[p]$ คือสัดส่วนมูลค่าของผลิตภัณฑ์ (Value Fraction) คำนวณได้จากมูลค่าของผลิตภัณฑ์ p ต่อมูลค่าของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ทั้งหมด (p เท่ากับ 1-z) ซึ่งแสดงได้ดังสมการ **(3.2)**

$$f_v[p] = \frac{price[p] \times w[p]}{\sum_{p=1}^{z} (price[p] \times w[p])} \qquad \textbf{(3.2)}$$

$price[p]$ คือมูลค่า หรือราคาของผลิตภัณฑ์ p ต่อหน่วยมวล

โดยปกติแล้ว ค่าสัดส่วนมวลของผลิตภัณฑ์จะเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการผลิต ซึ่งจะต้องแน่ใจว่าวิธีการผลิตนั้นไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนค่าของสัดส่วนมูลค่าของผลิตภัณฑ์นั้นจะขึ้นอยู่กับหลายๆปัจจัย ซึ่งจะทำให้การเปลี่ยนแปลงนั้นมีสูง ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการคำนวณวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์นั้นๆด้วย เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบจากตัวแปรนี้ ค่าสัดส่วนมูลค่าของผลิตภัณฑ์ควรจะคำนวณจากมูลค่าเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์นั้นๆ ในช่วงเวลาห้าปีเป็นอย่างน้อย

จากข้อมูลรายงานการศึกษาของศาสตราจารย์ Arjen Y. Hoekstra แห่ง Twente Water Center, University of Twente (Hoekstra *et al*., 2011) ประเทศเนเธอร์แลนด์ที่เกี่ยวกับวอเตอร์ฟุตพรินต์ในอาหาร โดยนำเสนอข้อมูลในระดับโลกและระดับประเทศเป็นรายสินค้าภายใต้กรอบแนวคิดใหม่ที่นำผู้ใช้น้ำเสมือนเข้ามามีส่วนร่วมในการประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ด้วย จากเดิมตีกรอบแนวคิดเฉพาะวอเตอร์ฟุตพรินต์ของประเทศนั้นๆ เท่านั้น หมายถึงปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตสินค้าและบริการของประเทศนั้นไม่ว่าสินค้าหรือบริการนั้นจะผลิตเพื่อการบริโภคในประเทศหรือเพื่อการส่งออกก็ตาม โดยประเทศผู้นำเข้าสินค้าและบริการนั้นไม่มีส่วนรับผิดชอบกับปริมาณวอเตอร์ฟุตพรินต์ดังกล่าวแต่อย่างใด จึงมีการนำแนวคิดใหม่ที่มีการนำน้ำเสมือนมาคำนวณด้วย จะทำให้มองเห็นภาพรวมของวอเตอร์ฟุตพรินต์ในระดับโลกอย่างแท้จริงและสามารถนำข้อมูลที่ได้มาจัดการทรัพยากรน้ำให้เกิดประโยชน์และประสิทธิภาพสูงสุดวอเตอร์ฟุตพรินต์ของแต่ละประเทศภายใต้แนวคิดใหม่นี้ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ วอเตอร์ฟุตพรินต์ภายใน หมายถึง ปริมาณน้ำที่ใช้ภายในประเทศเพื่อผลิตสินค้าและบริการสำหรับประชาชนในประเทศนั้นและวอเตอร์ฟุตพรินต์ภายนอก หมายถึง ปริมาณน้ำที่ใช้ในประเทศอื่นเพื่อผลิตสินค้าและบริการให้ประเทศนั้นนำเข้ามาบริโภค ดังนั้น ปริมาณน้ำเสมือนที่ส่งออก (Virtual Water Export) มีค่าเท่ากับผลรวมระหว่างปริมาณน้ำใช้ทั้งหมด

Hoekstra และคณะ (2009) ได้ทำการศึกษาในช่วงปี 1997-2001 พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ทั่วโลกเท่ากับ 1,243 ลูกบาศก์เมตรต่อคนต่อปี (m^3/cap/year) โดยประเทศที่มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์สูงสุด 10 อันดับแรก (คิดเป็นสัดส่วนต่อจำนวนประชากร) ได้แก่

1) สหรัฐเอมริกา 2,485 m^3/cap/year

2) อิตาลี 2,332 m^3/cap/year

3) ไทย 2,223 m^3/cap/year

4) แคนาดา 2,049 m^3/cap/year

5) ฝรั่งเศส 1,875 m^3/cap/year

6) รัสเซีย 1,858 m^3/cap/year

7) เยอรมนี 1,545 m^3/cap/year

8) เม็กซิโก 1,441 m^3/cap/year

9) ออสเตรเลีย 1,393 m^3/cap/year

10) บราซิล 1,381 m^3/cap/year

สำหรับค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของประเทศไทยสูงถึงอันดับ 3 ของโลก เป็นผลมาจากการใช้น้ำที่ขาดประสิทธิภาพโดยมีการใช้น้ำต่อการผลิตสินค้า 1 หน่วยสูงมากเมื่อเปรียบเทียบประเทศอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้น้ำในการเกษตรสูงถึง 2,131 m^3/cap/year ซึ่งเกิดจากการผลิตเพื่อการส่งออกเป็นสำคัญทำให้มีผู้ใช้น้ำเสมือนในประเทศไทยเป็นจำนวนมากจนอาจจะสร้างปัญหาให้กับประเทศไทยได้ นอกจากนี้ยังได้คำนวณหาค่าเฉลี่ยในระดับโลกสำหรับปริมาณน้ำเสมือนที่ใช้ในการผลิตสินค้าต่อหน่วย มีหลายค่าที่น่าสนใจ เช่น

- เบียร์ 1 แก้ว (250 มิลลิลิตร) ใช้น้ำในกระบวนการผลิตทั้งหมด 75 ลิตร
- นม 1 แก้ว (200 มิลลิลิตร) ใช้น้ำ 200 ลิตร
- กาแฟ 1 แก้ว (140 มิลลิลิตร) ใช้น้ำ 140 ลิตร
- ไวน์ 1 แก้ว (125 มิลลิลิตร) ใช้น้ำ 120 ลิตร
- น้ำส้ม 1 แก้ว (200 มิลลิลิตร) ใช้น้ำ 170 ลิตร
- ไข่ 1 ฟอง (40 กรัม) ใช้น้ำ 135 ลิตร
- เสื้อยืดคอกลมทำจากเส้นใยฝ้าย 1 ตัว ใช้น้ำ 2,000 ลิตร
- กระดาษ ขนาด A4 ความหนา 80 แกรม 1 แผ่น ใช้น้ำ 10 ลิตร
- ไมโครชิป (2 กรัม) 1 ตัว ใช้น้ำ 32 ลิตร

อังคณา สุวรรณกูฎ (2550) กล่าวไว้ว่าสาเหตุหนึ่งของวิกฤตน้ำเกิดจากการผลิตพืชทดแทนพลังงาน ซึ่งมีรายงานว่าการผลิตพืชพลังงานทดแทนในแต่ละชนิดจะใช้ปริมาณน้ำที่แตกต่างกัน โดยแบ่งเป็น บลูวอเตอร์และกรีนวอเตอร์ กล่าวคือกรณีการผลิตเอทานอล 1 ลิตร จากอ้อยใช้น้ำทั้งหมด 2,516 ลิตร โดยแบ่งเป็นบลูวอเตอร์เท่ากับ 1,364 ลิตร กรีนวอเตอร์เท่ากับ 1,152 ลิตร ถ้าผลิตเอทานอล 1 ลิตร จากมันสำปะหลัง ใช้น้ำทั้งหมด 2,926 ลิตร โดยแบ่งเป็นบลูวอเตอร์ 420 ลิตร กรีนวอเตอร์ 2,506 ลิตร ส่วนการผลิตไบโอดีเซล 1 ลิตร จากถั่วเหลืองใช้น้ำ 13,676 ลิตร เป็นบลูวอเตอร์ 7,512 ลิตร และกรีนวอเตอร์ 6,155 ลิตร จากผลการศึกษาที่กล่าวมายังคงต้องหาแนวทาง

อื่นๆ มาประกอบกันเพื่อให้การใช้น้ำมีประสิทธิภาพมากกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน และมีการคาดว่าในอนาคตอันใกล้นี้หากการศึกษาด้านวอเตอร์ฟุตพรินต์สมบูรณ์กว่าปัจจุบัน และหน่วยงานที่ดำเนินการเรื่องดังกล่าวสามารถผลักดันให้ทั่วโลกเห็นความสำคัญของปัญหาทรัพยากรน้ำของโลกที่ใกล้เข้าสู่วิกฤติได้

Chapagain และคณะ (2006) ศึกษาวอเตอร์ฟุตพรินต์ของการผลิตฝ้าย ทำการศึกษาในประเทศแถบยุโรป ใช้ระยะเวลาการศึกษา 5 ปี (1997-2001) โดยแยกการศึกษาเป็น 2 ส่วน คือ การปลูกและการผลิต ในการเพาะปลูกจะใช้โปรแกรม CROPWAT โดยพบว่าประเทศที่มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์สูงที่สุด คือประเทศอาเจนตินา มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์เท่ากับ 2,684 ลบ.ม.ต่อตัน และประเทศที่มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ต่ำที่สุด คือประเทศจีนมีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์เท่ากับ 799 ลบ.ม.ต่อตัน มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์เฉลี่ย 1,422 ลบ.ม.ต่อตัน จากการทดลองทำให้ทราบว่าการปลูกและการผลิตพืชชนิดเดียวกันแต่คนละประเทศกันผลของค่าการใช้น้ำหรือค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์มีค่าต่างกันมาก ดังนั้นการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ในการปลูกและผลิตฝ้ายในประเทศอาเจนตินาชี้วัดได้ว่าสามารถลดการใช้น้ำในการปลูกหรือการผลิตฝ้ายลงมาได้อีก ให้เท่ากับประเทศที่มีการใช้น้ำน้อยกว่าอย่างประเทศจีน

Chapagain and Hoekstra (2007) ศึกษาค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของการผลิตชาและกาแฟ โดยแยกการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การปลูกและการผลิต ทำการศึกษาในประเทศเนเธอร์แลนด์ ในส่วนของการเพาะปลูกจะคำนวณจากปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้ โดยใช้โปรแกรม CROPWAT และผลผลิตที่ได้ ส่วนการผลิตมี 2 แบบ คือ แบบเปียกและแบบแห้ง จากการศึกษาพบว่าค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของการปลูกชาเท่ากับ 6,457 ลบ.ม.ต่อตัน และกาแฟมีค่าเท่ากับ 15,130 ลบ.ม.ต่อตัน และค่าเฉลี่ยของค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของการผลิตชาและกาแฟผลิตแบบเปียกมีค่าเท่ากับ 22,530 ลบ.ม.ต่อตัน และการผลิตแบบแห้งเท่ากับ 22,458 ลบ.ม.ต่อตัน มีการใช้น้ำในการผลิตแบบเปียกมากกว่าแบบแห้งเป็น 2 เท่าตัว จากการศึกษานี้บ่งชี้เห็นว่าการผลิตชาแบบแห้งเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าการผลิตแบบเปียก สามารถนำข้อมูลจากการศึกษานี้ประกอบการวางนโยบายของภาครัฐในการสนับสนุนให้เกษตรกรหรือภาคธุรกิจเลือกวิธีการผลิตชาแบบแห้งมากกว่าแบบเปียก เพราะการศึกษานี้บ่งชี้แล้วว่าการผลิตชาแบบแห้งสามารถลดการใช้น้ำหรือลดค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ลงได้มากกว่าเป็น 2 เท่าตัว

Gerbens-Leenes และคณะ (2008), Gerbens-Leenes และคณะ (2009) ได้ทำการศึกษาค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ต่อหน่วยพลังงานชีวมวล (m^3/GJ) ของพืช 15 ชนิด ใน 4 ประเทศ คือ เนเธอร์แลนด์ สหรัฐอเมริกา บราซิล และซิมบับเว ผลจากการศึกษาเมื่อพิจารณาภาพรวมของค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ตามชนิดของพืชพบว่า ข้าวโพด (Maize) เป็นพืชที่มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์น้อยที่สุด

ส่วน พืชเลี้ยงสัตว์และพืชที่ให้น้ำมัน (Oilseed rape) และ ฝ้าย (Cotton) เป็นพืชพลังงานชีวมวลที่มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์มากที่สุด สำหรับค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์เปรียบเทียบในระดับประเทศผู้ผลิตพลังงานชีวมวล พบว่าประเทศซิมบับเวมีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์มากที่สุดคือ 143 m^3/GJ รองลงมาคือ บราซิล สหรัฐอเมริกา และเนเธอร์แลนด์ มีค่าเท่ากับ 61 m^3/GJ, 58 m^3/GJ และ 24 m^3/GJ ตามลำดับ รวมทั้งได้แสดงค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของเชื้อเพลิงชีวมวลจากพืชชนิดต่าง ๆ ประกอบด้วย พืชที่ใช้ในการผลิตไบโอเอทานอล 10 ชนิด และพืชสำหรับผลิตไบโอดีเซล 3 ชนิด ในหน่วยลิตรของน้ำต่อลิตรของเชื้อเพลิงชีวมวล จากผลการศึกษาพบว่า โดยค่าเฉลี่ยในการผลิตเอทานอล 1 ลิตร จาก พืชหัวบีทที่ให้น้ำตาล (Sugar Beet) ใช้น้ำประมาณ 1,400 ลิตร มันฝรั่ง (Potato) ประมาณ 2,400 ลิตร อ้อย (Sugarcane) 2,500 ลิตร ข้าวโพด 2,600 ลิตร โดยที่ข้าวฟ่าง (Sorghum) เป็นพืชที่ต้องการน้ำมากที่สุดถึง 9,800 ลิตรในการผลิตเอทานอล 1 ลิตร ส่วนพืชที่มีการใช้น้ำชลประทานน้อยที่สุดคือ มันสำปะหลัง ซึ่งใช้เพียง 400 ลิตร หัวบีทที่ใช้ทำน้ำตาล 800 ลิตร และ ข้าวโพด 1,000 ลิตร โดยที่ข้าวฟ่างเป็นพืชที่ใช้น้ำชลประทานมากสุด สำหรับพืชที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลมีการใช้น้ำปริมาณที่มากกว่าพืชผลิตเอทานอล ซึ่ง สบู่ดำ เป็นพืชที่ใช้น้ำมากที่สุดคือ 20,000 ลิตร รองลงมาคือ พืชเลี้ยงสัตว์และพืชที่ให้น้ำมัน 14,201 ลิตรและข้าวฟ่าง 13,676 ลิตร ดังนั้นควรศึกษาถึงการจัดการการใช้น้ำในการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลให้มีความเหมาะสม เนื่องจากว่าการใช้น้ำในด้านการเพาะปลูกพืชพลังงานทดแทนจะมีปริมาณมากกว่าในด้านกระบวนการผลิต

Yang และคณะ (2011) ได้ทำการศึกษาปริมาณการใช้น้ำตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากสาหร่าย *Chlorella Vulgaris* และหาพื้นที่มลรัฐที่มีความเหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยง ในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีขอบเขตตั้งแต่การเพาะเลี้ยงจนถึงผลิตเป็นน้ำมันไบโอดีเซล และมีหน่วยการทำงาน คือ น้ำมันไบโอดีเซล 1 กิโลกรัม พบว่าปริมาณการใช้น้ำตลอดวัฏจักรชีวิตเท่ากับ 3,726 กิโลกรัม แต่หากมีการนำน้ำเสียที่เกิดขึ้นในวัฏจักรชีวิต กลับมาใช้เพาะเลี้ยงสาหร่ายใหม่ จะสามารถลดปริมาณการใช้น้ำได้ถึง 84 เปอร์เซ็นต์ ส่วนมลรัฐที่มีความเหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Chlorella Vulgaris* คือ ฟลอริดาและฮาวาย

Hoekstra และคณะ (2009) ทำการศึกษาค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์เฉลี่ยทั่วโลกพบว่ามีค่าเท่ากับ 1,240 m^3/cap/yr และมี 8 ประเทศที่มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์คิดรวมกันเป็น 50 % คือประเทศอินเดีย จีน อเมริกา รัสเซีย อินโดนีเซีย ไนจีเรีย บราซิล โดยประเทศอเมริกามีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์มากที่สุดคือ 2,480 m^3/cap/yr ตามมาด้วยประเทศในยุโรปตะวันออกเฉียงใต้เช่น กรีซ อิตาลี และสเปน มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์อยู่ในช่วง 2,300-2,400 m^3/cap/yr นอกจากนี้ยังพบค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ในประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่มีค่าสูงคือ ประเทศมาเลเซียและประเทศไทย จากงานวิจัยนี้ทำให้เกิดข้อสงสัยได้ว่าสาเหตุอะไรทำให้ประเทศไทยมีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์เป็นปริมาณมาก และควรเร่งหา

สาเหตุและสร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับวิธีการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ให้เกิดขึ้นภายในประเทศไทยอย่างเร่งด่วน

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางข้นในจังหวัดสงขลา โดยจังหวัดสงขลามีอุตสาหกรรมแปรรูปยางขั้นต้นรวมทั้งอุตสาหกรรมน้ำยางข้นมากที่สุดของประเทศไทย และประเทศไทยมีการส่งออกผลิตภัณฑ์ยางขั้นต้นมากเป็นอันดับหนึ่งของโลก (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2552) ดังนั้นการจัดทำข้อมูลวอเตอร์ฟุตพรินต์น้ำยางข้นจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพราะเป็นการสร้างฐานข้อมูลวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางข้นและสามารถนำไปใช้เป็นฐานข้อมูลในการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมต่อเนื่องที่ใช้วัตถุดิบจากน้ำยางข้นต่อไปได้

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางข้นที่ผลิตในพื้นที่จังหวัดสงขลา

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ข้อมูลวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางข้นสามารถทำให้เจ้าของโรงงานหรือเจ้าของธุรกิจ น้ำยางข้นในเขตจังหวัดสงขลาได้เข้าใจว่าในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นมีการใช้น้ำทั้งทางตรงและการใช้น้ำทางอ้อมที่มีการแอบแฝงอยู่ในกระบวนการผลิตได้ชัดเจนมากขึ้น ซึ่งสามารถทำให้การจัดการน้ำภายในกระบวนการผลิตเป็นไปอย่างยั่งยืนมากขึ้น และถ้าหากมีการนำกลยุทธ์การลดค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์มาใช้ภายในโรงงานน้ำยางข้นก็จะช่วยสร้างภาพลักษณ์ที่ดีและสร้างจุดแข็งให้กับโรงงานหรือผลิตภัณฑ์เพราะแสดงว่ามีการคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมีความรับผิดชอบต่อสังคม และสามารถหาจุดผิดพลาดในการดำเนินกิจกรรมด้านการใช้ทรัพยากรน้ำที่จะเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำยางข้นต่อไปในอนาคตได้ง่ายมากขึ้น และยังเป็นการเตรียมความพร้อมเพื่อรองรับเกี่ยวกับข้อบังคับมาตรฐานทางสิ่งแวดล้อมด้านวอเตอร์ฟุตพรินต์ ซึ่งมีคาดการว่าจะมีการออกข้อกำหนดเป็นมาตรฐานทางสิ่งแวดล้อมในอนาคตอย่างแน่นอน

1.5 ขอบเขตงานวิจัย

ขอบเขตการศึกษาครั้งนี้ครอบคลุมส่วนของกระบวนการผลิตภายในโรงงานน้ำยางข้นโดยประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางข้นภายในจังหวัดสงขลาจำนวน 6 โรงงานที่มีกำลังการผลิตทั้ง 6 แหล่งรวมกันไม่น้อยกว่าร้อยละ 40 ของผลิตภัณฑ์น้ำยางข้นรวมของจังหวัดสงขลา โดยจะมีการพิจารณาถึงแหล่งน้ำที่เกี่ยวข้องซึ่งแบ่งออกเป็น กรีนวอเตอร์ คือ น้ำที่อยู่ในรูปของความชื้นในดินที่

พืชนำไปใช้ประโยชน์ บลูวอเตอร์ คือ น้ำใต้ดิน น้ำผิวดินและน้ำที่มาจากการชลประทานที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น และเกรย์วอเตอร์ คือ ปริมาณน้ำดิบที่ใช้ในการเจือจางน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น ตามวิธีของ Hoekstra *et al* (2011) โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้น้ำและการใช้ทรัพยากรอื่นๆภายในโรงงานน้ำยางข้นใช้วิธีการออกแบบสอบถามและการสัมภาษณ์บุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานในโรงงานน้ำยางข้น โดยหน่วยของค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ คือ ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภัณฑ์ (m^3/ton)

บทที่ 2

วิธีการวิจัย

2.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1.1 การกำหนดขอบเขตการศึกษา

จากการสำรวจและรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิเกี่ยวกับแหล่งอุตสาหกรรมน้ำยางข้นในจังหวัดสงขลากำหนดให้ใช้โรงงานน้ำยางข้นจำนวน 6 โรงงานเพื่อเป็นกรณีศึกษาโดยสุ่มเลือกแบบเจาะจงให้ครอบคลุมกลุ่มโรงงานขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ และมีกำลังการผลิตต่อปีของโรงงานทั้ง 6 แหล่งรวมกันไม่น้อยกว่าร้อยละ 40 ของผลิตภัณฑ์น้ำยางข้นรวมในจังหวัดสงขลา

2.1.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่นำมาใช้ประกอบในการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

2.1.2.1 ข้อมูลปฐมภูมิ ได้แก่ ข้อมูลที่ได้จากลงพื้นที่เก็บข้อมูล ซึ่งได้จากแบบสอบถาม (Questionnaire) ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ (Interview) ข้อมูลการคำนวณ (Calculation) เช่น ข้อมูลปริมาณการใช้ทรัพยากร พลังงาน สารเคมี เชื้อเพลิง และของเสียที่เกิดขึ้น ข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบ สารเคมีและเชื้อเพลิงมายังโรงงานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต ดังตารางที่ 2-1

2.1.2.2 ข้อมูลทุติยภูมิ ได้แก่ ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่ได้จากการรวบรวมจากเอกสารอ้างอิงหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature Information) เช่น ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด และค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของไฟฟ้า สารเคมี และเชื้อเพลิง ที่ถูกนำมาใช้ในกระบวนการผลิต (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2556)

ในขั้นแรกคือการรวบรวมข้อมูลทั่วไปของโรงงานน้ำยางข้นเพื่อใช้ประกอบในการจัดทำแบบสอบถามในการเก็บข้อมูล ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลทั่วไปของโรงงาน ข้อมูลกระบวนการผลิตน้ำยางข้น ข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบ สารเคมีและเชื้อเพลิงมายังโรงงาน รวมถึงข้อมูลการบำบัดน้ำเสีย หลังจากนั้นเข้าเยี่ยมชมโรงงานเพื่อเข้าศึกษาดูกระบวนการผลิตน้ำยางข้นและยางแท่ง และเก็บข้อมูลในเชิงลึกอย่างละเอียดตามแบบสอบถาม โดยวิธีการสัมภาษณ์ เกี่ยวกับปริมาณการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อมที่ถูกนำมาใช้ในกระบวนการผลิตทุกขั้นตอน รวมไปถึงน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากการแปรรูปผลิตภัณฑ์ โดยเก็บตัวอย่างน้ำดิบ น้ำเสียจากกระบวนการผลิตและน้ำทิ้งจากโรงงาน

เพื่อวิเคราะห์หาค่า บีโอดีซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้บีโอดีเป็นพื้นฐานในการคำนวณเกรย์วอเตอร์ในส่วนของน้ำเสีย

ตารางที่ 2-1 ข้อมูลปฐมภูมิของโรงงานน้ำยางข้นในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูล	รายละเอียดของข้อมูล	หน่วย	ระยะเวลา
1.ข้อมูลวัตถุดิบและปริมาณผลิตภัณฑ์	- ปริมาณน้ำยางสด	ตัน	1 ปี
	- ปริมาณน้ำยางข้น	ตัน	1 ปี
2.ข้อมูลวัสดุเศษเหลือ	- ปริมาณหางน้ำยาง	ตัน	1 ปี
	- ปริมาณเศษยาง	ตัน	1 ปี
3.ข้อมูลการใช้น้ำ	- แหล่งน้ำและปริมาณน้ำดิบที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต	ลบ.ม.	1 ปี
4.ข้อมูลพลังงาน	- ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการผลิต - แหล่งของพลังงานไฟฟ้าที่นำมาใช้	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	1 ปี
5.ข้อมูลสารเคมี	- ปริมาณสารเคมีต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิต	กิโลกรัม	1 ปี
6.ข้อมูลระบบบำบัดน้ำเสีย	- ปริมาณน้ำเสีย - ระบบบำบัดที่โรงงานนำมาใช้	ลบ.ม.	1 ปี
7.ข้อมูลการขนส่ง ประกอบด้วย	- ปริมาณน้ำมันที่ใช้ในการขนส่งมายังโรงงาน	ลิตร	1 ปี
- การขนส่งน้ำยางสด - การขนส่งสารเคมี	- ระยะทางและประเภทรถที่ใช้ในการขนส่งมายังโรงงาน	กิโลเมตร	1 ปี
8.ตัวอย่างน้ำ - น้ำดิบที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น - น้ำเสีย (ก่อนเข้าระบบ) - น้ำทิ้งสุดท้าย (หลังบำบัด)	วิเคราะห์ค่า BOD จากตัวอย่างน้ำในทุกๆ โรงงาน	-	-

2.1.3 การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมน้ำยางข้น

การศึกษาวิจัยครั้งนี้นำหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment) ของผลิตภัณฑ์แบบ Business to Business (B2B) เป็นหลักในการคำนวณหาค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ โดยปริมาณการใช้น้ำของกระบวนการผลิตน้ำยางข้นตั้งแต่กระบวนการรับน้ำยางสดจนได้เป็นผลิตภัณฑ์น้ำยางข้น

ซึ่งขั้นตอนการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางข้นประกอบด้วย 4 ขั้นตอนที่ต้องดำเนินการทำมีดังนี้

2.1.3.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา (Goal and Scope Definition)

- <u>เป้าหมาย</u>: เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณการใช้ทรัพยากรน้ำในน้ำยางข้นโดยประเมินการใช้น้ำออกมาในรูปแบบค่า วอเตอร์ฟุตพรินต์เพื่อให้กลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้นสามารถนำไปใช้ในแนวทางการปรับปรุงการใช้น้ำให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

- <u>ขอบเขตของการศึกษา</u>: ขอบเขตการศึกษาครั้งนี้คลอบคลุมเฉพาะส่วนของกระบวนการผลิตในส่วนของโรงงานน้ำยางข้นจังหวัดสงขลา โดยศึกษาถึงปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตของโรงงานน้ำยางข้นในเขตจังหวัดสงขลาจำนวน 6 โรงงานที่มีกำลังการผลิตต่อปีของโรงงานทั้ง 6 แหล่งรวมกันไม่น้อยกว่าร้อยละ 40 ของผลิตภัณฑ์น้ำยางข้นรวมของจังหวัดสงขลา จะมีการพิจารณาถึงแหล่งน้ำที่เกี่ยวข้อง ซึ่งแบ่งออกเป็น กรีนวอเตอร์ บลูวอเตอร์ เกรย์วอเตอร์ และต้องพิจารณาการใช้น้ำโดยตรงและทางอ้อม

- <u>รูปแบบการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์</u>: การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์แบ่งการประเมินเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

<u>รูปแบบที่ 1</u> ประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์เพื่อสะท้อนประสิทธิภาพการผลิตของโรงงานแบ่งเป็น 4 กรณี

- กรณี 1 ประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ โดยคิดเฉพาะค่าการปลูกยาง หมายถึง ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด หรือ กรีนวอเตอร์ (การได้มาซึ่งน้ำยางสด)

- กรณี 2 ประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ โดยคิดจากผลรวมของค่าการปลูกยาง หมายถึง ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด หรือ กรีนวอเตอร์ (การได้มาซึ่งน้ำยางสด) และการใช้น้ำทางตรง (บลูวอเตอร์ทางตรง) ของโรงงาน

- กรณี 3 ประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ โดยคิดจากผลรวมของค่าการปลูกยาง หมายถึง ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด หรือ กรีนวอเตอร์ (การได้มาซึ่งน้ำยางสด) และการใช้น้ำทางอ้อม (บลูวอเตอร์ทางอ้อม) ของโรงงาน

- กรณี 4 ประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ โดยคิดจากผลรวมของค่าค่าการปลูกยาง หมายถึง ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด หรือ กรีนวอเตอร์ (การได้มาซึ่งน้ำยางสด) การใช้น้ำทางตรง (บลูวอเตอร์ทางตรง) และการใช้น้ำทางอ้อม (บลูวอเตอร์ทางอ้อม) ของโรงงาน แสดงดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 รูปแบบการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์

กรณี	การปลูก	กระบวนการผลิตในโรงงาน	
		การใช้น้ำทางตรง	การใช้น้ำทางอ้อม
1	✓	x	x
2	✓	✓	x
3	✓	x	✓
4	✓	✓	✓

ในการการศึกษานี้รูปแบบที่นำไปใช้ในการรายงานผลการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์จะใช้กรณีที่ 4 เนื่องจากเป็นรูปแบบการประเมินที่พิจารณาการใช้น้ำครบทั้งระบบของการผลิตน้ำยางข้น

รูปแบบที่ 2 ประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ เพื่อให้ได้ค่าที่เป็นตัวแทนค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์น้ำยางข้น ในจังหวัดสงขลา โดยพิจารณาแบบรวมและไม่รวมเกรย์วอเตอร์

รูปแบบที่ 3 ประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ โดยแบ่งเป็นกลุ่มโรงงาน ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ โดยเกณฑ์ที่นำมาใช้ในการแบ่งขนาดโรงงานใช้กำลังการผลิตของน้ำยางข้นแต่ละโรงงานเป็นการกำหนดโดยผู้วิจัย เพื่อใช้ในการศึกษานี้เท่านั้น

2.1.3.2 การกำหนดบัญชีรายการ (Inventory Analysis)

ดำเนินการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตน้ำยางข้น ดังนี้ ข้อมูลกำลังการผลิต ราคาผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท ปริมาณน้ำใช้ ปริมาณสารเคมีที่นำมาใช้ ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นโดยคิดจากปริมาณน้ำที่ใช้ในการเจือจางน้ำทิ้งในการบำบัดน้ำเสียของโรงงาน ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสียและน้ำทิ้ง ข้อมูลวอเตอร์ฟุตพรินต์ของการปลูกยางในพื้นที่จังหวัดสงขลา (ข้อมูลตรงส่วนนี้จะใช้ข้อมูลจากงานวิจัยร่วม คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์) นำมาคำนวณรวมเป็นข้อมูลวอเตอร์ฟุตพรินต์ที่ติดตัวผลิตภัณฑ์ออกไป ในการศึกษาครั้งนี้เมื่อนำแผนผังกระบวนการผลิตของน้ำยางข้นมาพิจารณาสามารถสรุปได้ว่าเป็นกรณีที่ผลิตภัณฑ์ได้จากกระบวนการผลิตมีมากกว่าหนึ่งผลิตภัณฑ์ (จากน้ำยางสดผ่านกระบวนการผลิตได้เป็นน้ำยางข้นเป็นผลิตภัณฑ์หลักและได้ยางสกิมบล็อกเป็นผลิตภัณฑ์รอง) ดังนั้นการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์จะใช้วิธีการรวมสะสมในแต่ละขั้นตอน (The Step-Wise Accumulative Approach) ซึ่งทำได้จากการรวมวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่เกิดโดยให้น้ำหนักที่ต่างๆกันแก่ผลิตภัณฑ์ที่ได้ทั้งหมด โดยทั่วไปจะใช้ราคาของผลิตภัณฑ์ชนิดนั้นๆในการถ่วงน้ำหนัก

โดยปกติแล้วค่าสัดส่วนมวลของผลิตภัณฑ์จะเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการผลิต ซึ่งจะต้องแน่ใจว่าวิธีการผลิตนั้นไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนค่าของสัดส่วนมูลค่าของผลิตภัณฑ์นั้นจะขึ้นอยู่กับหลายๆปัจจัย ซึ่งจะทำให้การเปลี่ยนแปลงนั้นมีสูงซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ด้วย เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบจากตัวแปรนี้ค่าสัดส่วนมูลค่าของผลิตภัณฑ์ควรจะคำนวณจากมูลค่าเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์นั้นๆ ในช่วงเวลาห้าปีเป็นอย่างน้อย

การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ในงานวิจัยครั้งนี้ใช้วิธี The Step-Wise Accumulative Approach มีสูตรการคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ดังนี้

$$WF_{prod}[p] = \left(WF_{proc}[p] + \sum_{i=1}^{y} \frac{WF_{prod}[i]}{f_p[p,i]} \right) \times f_v[p] \qquad \textbf{(1)}$$

โดย $WF_{prod}[i]$ คือ วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ p (m^3/ton)

$WF_{prod}[p]$ คือ วอเตอร์ฟุตพรินต์ของวัตถุดิบ i (m^3/ton)

$WF_{proc}[p]$ คือ วอเตอร์ฟุตพรินต์ของกระบวนการผลิต (ปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตทั้งทางตรงและทางอ้อม) ซึ่งแสดงอยู่ในรูปของน้ำที่ใช้ต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์ p (m^3/ton)

$f_p[p,i]$ คือ ค่าสัดส่วนมวลของผลิตภัณฑ์ (Product Fraction)

$f_v[p]$ คือ สัดส่วนมูลค่าของผลิตภัณฑ์ (Value Fraction)

ค่าสัดส่วนมวลของผลิตภัณฑ์ (Product Fraction) หาได้จากมวลของผลิตภัณฑ์ p ต่อวัตถุดิบ i หรือเขียนเป็นสมการได้ดังสมการ (1.1)

$$f_p[p,i] = \frac{w[p]}{w[i]} \qquad \textbf{(1.1)}$$

โดย $f_p[p,i]$ คือ สัดส่วนมวลของผลิตภัณฑ์ (Product Fraction)

$w[p]$ คือ ปริมาณผลิตภัณฑ์ (ตัน)

$w[i]$ คือ ปริมาณวัตถุดิบ (ตัน)

และสัดส่วนมูลค่าของผลิตภัณฑ์ (Value Fraction) คำนวณได้จากมูลค่าของผลิตภัณฑ์ p ต่อมูลค่าของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ทั้งหมด (p เท่ากับ 1-z) เขียนเป็นสมการได้ดังสมการ (1.2)

$$f_v[p] = \frac{price[p] \times w[p]}{\sum_{p=1}^{z} (price[p] \times w[p])} \quad \textbf{(1.2)}$$

โดย $f_v[P]$ คือ สัดส่วนมูลค่าผลิตภัณฑ์ (Value Fraction)

$price[p]$ คือ มูลค่าหรือราคาของผลิตภัณฑ์ (บาท/ตัน)

$w[p]$ คือ ปริมาณผลิตภัณฑ์ (ตัน)

การประเมินเกรย์วอเตอร์ฟุตพรินต์จากน้ำเสีย (Grey water) โดยใช้ค่า BOD เป็นพารามิเตอร์พื้นฐานในการคำนวณ สามารถคำนวณได้ดังสมการ (2)

$$Grey_{WF} = \frac{[(Q_{eff}\, x\, C_{eff}) - (Q_{abst} x\, C_{abst})]}{(C_{\max} - C_{nat})} \quad \textbf{(2)}$$

โดย Q_{eff} คือ อัตราการไหลของน้ำทิ้ง (m^3/s)

C_{eff} คือ ความเข้มข้นของ BOD ในน้ำทิ้ง (mg/L)

Q_{abst} คือ อัตราการไหลของน้ำดิบ (m^3/s)

C_{abst} คือ ความเข้มข้นของ BOD ในน้ำดิบที่นำมาใช้ (mg/L)

$C_{\max}$ คือ ความเข้มข้นของ BOD สูงสุดที่ยอมรับได้ (มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 4 (mg/L))

C_{nat} คือ ความเข้มข้นของ BOD ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติ (ในการคำนวณนี้ให้ค่าเป็น 0 mg/L)

2.1.3.3.การประเมินผลกระทบ (Impact Assessment)

การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ในงานวิจัยครั้งนี้จัดเป็นการประเมินผลกระทบด้านการใช้ทรัพยากรน้ำที่เกิดขึ้นในกระบวนผลิตของโรงงานน้ำยางข้น จัดเป็นการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมและชุมชนที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำและมลพิษทางน้ำที่เกิดขึ้นจากกระบวนผลิตน้ำยางข้นที่มักจะส่งผลกระทบต่อชุมชนที่ข้างเคียง

2.1.3.4 การแปรผลและการตีความ (Interpretation)

จากข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการและขั้นตอนการประเมินผลกระทบจะได้ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ออกมาแต่ละโรงงาน หากค่าของวอเตอร์ฟุตพรินต์ของโรงงานใดที่ทำการศึกษามีค่ามากเกินค่าเฉลี่ยที่ได้คำนวณออกมา ชี้ให้เห็นว่ายังคงมีขั้นตอนในกระบวนการผลิตที่ใช้ทรัพยากรน้ำมากเกินความจำเป็นอยู่ และสามารถทำให้โรงงานน้ำยางข้นที่ทำการศึกษาครั้งนี้ หาแนวทางในการปรับปรุงขั้นตอนการผลิตให้เทียบเท่ากับโรงงานน้ำยางข้นอื่นที่มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์น้อยกว่า และยังสามารถลดต้นทุนทางการผลิตให้กับอุตสาหกรรมของตัวเองได้ เปรียบเสมือนการทำเบนมาร์กกิ้ง (Benchmarking) เรื่องประสิทธิภาพการใช้น้ำโดยจะนำเสนอรูปแบบของกราฟเปรียบเทียบข้อมูลทางสถิติให้กับโรงงานน้ำยางข้นที่ทำการศึกษา รวมทั้งแสดงภาพรวมของปริมาณการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ครอบคลุมในการตอบประเด็นปัญหาตรงตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2.1.4 การสรุป และวิจารณ์ผลการดำเนินงานวิจัย

2.1.4.1 วิเคราะห์ผลการดำเนินงานวิจัย และสรุปผลการดำเนินงานวิจัย

2.1.4.2 เสนอแนวทางปฏิบัติแก่โรงงาน และเสนอแนะการทำวิจัยเพิ่มเติม

บทที่ 3

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

3.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานน้ำยางข้น

การศึกษาครั้งนี้ติดต่อประสานงานโรงงานน้ำยางข้นในจังหวัดสงขลาทั้งหมด 14 โรงงาน และสามารถเก็บรวบรวมข้อมูลโรงงานน้ำยางข้นได้จำนวน 6 โรงงาน คิดเป็นร้อยละ 42.85 ของกำลังการผลิตน้ำยางข้นทั้งหมดในจังหวัดสงขลา โดยโรงงานมีกำลังการผลิตระหว่าง 1,500-5,000 ตันน้ำยางข้นต่อเดือน ในการศึกษานี้แบ่งโรงงานน้ำยางข้นออกเป็น 3 กลุ่มโรงงาน ซึ่งแบ่งตามกำลังการผลิตผลิตน้ำยางข้นของแต่ละโรงงาน เป็นเกณฑ์ที่กำหนดขึ้นโดยผู้วิจัย ซึ่งนำมาใช้ในงานวิจัยนี้เท่านั้น โดยกำหนดให้กลุ่มโรงงานขนาดเล็กมีกำลังการผลิตน้อยกว่า 2,000 ตันต่อเดือน (มีจำนวน 2 โรงงาน) กลุ่มโรงงานขนาดกลางมีกำลังการผลิตระหว่าง 2,000-4,000 ตันต่อเดือน (มีจำนวน 3 โรงงาน) และกลุ่มโรงงานขนาดใหญ่มีกำลังการผลิตมากกว่า 4,000 ตันต่อเดือน (มีจำนวน 1 โรงงาน) แสดงดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 รายการโรงงานน้ำยางข้นที่เข้าร่วมศึกษาในจังหวัดสงขลา

ลำดับ	ที่ตั้งโรงงาน	กำลังการผลิต (ตันต่อเดือน)	ขนาดโรงงาน	รหัสโรงงาน
1	จ.สงขลา	1,500	S	A (S)
2	จ.สงขลา	1,800	S	B (S)
3	จ.สงขลา	2,000	M	C (M)
4	จ.สงขลา	2,000	M	D (M)
5	จ.สงขลา	3,000	M	E (M)
6	จ.สงขลา	4,000 – 5,000	L	F (L)

หมายเหตุ : ขนาดของโรงงานจำแนกตามกำลังการผลิตน้ำยางข้นของโรงงานนั้นๆ คือกำหนดให้
โรงงานขนาดเล็ก (S) มีกำลังการผลิตน้ำยางข้นน้อยกว่า 2000 ตันต่อเดือน
โรงงานขนาดกลาง (M) มีกำลังการผลิตน้ำยางข้นระหว่าง 2000-4,000 ตันต่อเดือน
โรงงานขนาดใหญ่ (L) มีกำลังการผลิตน้ำยางข้นมากกว่า 4,000 ตันต่อเดือน

3.2 สภาพที่ตั้งของโรงงานน้ำยางข้น

จากการศึกษานี้พบว่าเมื่อแบ่งประเภทโรงงานน้ำยางข้นตามลักษณะการประกอบการนั้น สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ประเภทที่แรก คือโรงงานที่มีการประกอบการผลิตน้ำยางข้นเพียงอย่างเดียวมีทั้งหมด 2 โรงงานคือ A(S) และ D(M) มีขนาดพื้นที่ไม่มากนักเนื่องจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นจะใช้พื้นที่น้อย ประกอบด้วย พื้นที่ในการรับน้ำยางสด พื้นที่ปั่นเหวี่ยงน้ำยางสดเพื่อให้ได้เป็นผลิตภัณฑ์น้ำยางข้นและพื้นที่จัดเก็บน้ำยางข้นเท่านั้น แต่โรงงานอีกประเภท คือ โรงงานที่มีการประกอบการผลิตน้ำยางข้นร่วมกับการผลิตยางแท่งและยางอื่นๆมีทั้งหมด 4 โรงงาน คือ B(S) C(M) E(M) และ F(L) แสดงดังตารางที่ 3-2 โรงงานประเภทนี้มีขนาดพื้นที่ใหญ่กว่าโรงงานประเภทแรก เนื่องจากการผลิตแบ่งออกเป็นสายการผลิตที่แยกออกจากกันอย่างชัดเจนคือ มีพื้นที่ในการผลิต น้ำยางข้นส่วนหนึ่งและอีกส่วนหนึ่งคือสายการผลิตยางแท่ง โดยลักษณะที่ตั้งส่วนใหญ่ของโรงงานพบว่า ตั้งอยู่บนถนนสายหลักหรือสายรองที่มีชุมชนล้อมรอบในรัศมีมากกว่า 5 กิโลเมตร และมีพื้นที่เกษตรเช่น สวนยางพารา สวนปาล์มน้ำมัน สวนผลไม้ ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น นอกจากนี้พื้นที่ตั้งของโรงงานบางโรงงานอยู่ใกล้กับแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่อยู่ใกล้กับแหล่งชุมชน หากโรงงานมีการปล่อยน้ำทิ้งที่ไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงาน สามารถส่งผลกระทบต่อสภาพแหล่งน้ำนั้นๆ ก่อให้เกิดการปนเปื้อนของมลสารต่างๆลงสู่แหล่งน้ำและส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของคนในชุมชนรอบข้างรวมถึงส่งผลกระทบโดยตรงต่อการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำในชุมชนเพื่อการเกษตร การเลี้ยงสัตว์ และอื่นๆได้

ตารางที่ 3-2 ประเภทการประกอบการของโรงงานที่ศึกษา

โรงงาน	ประเภทประกอบการ
A (S)	น้ำยางข้น
B (S)	น้ำยางข้น ยางแท่งและยางสกิมบล็อก*
C (M)	น้ำยางข้น ยางแท่งและยางสกิมบล็อก*
D (M)	น้ำยางข้น
E (M)	น้ำยางข้น ยางแท่งและยางสกิมบล็อก*
F (L)	น้ำยางข้น ยางแท่งและยางสกิมบล็อก*

หมายเหตุ : * เป็นข้อมูลในการศึกษานี้ใช้เฉพาะข้อมูลจากสายการผลิตน้ำยางข้นเท่านั้น

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลทั่วไปและข้อมูลเชิงลึกของโรงงานยางที่มีการประกอบการหลายชนิด คือ ผลิตทั้งน้ำยางข้น ยางแท่งและยางสกิม พบว่าการผลิตน้ำยางข้นและยางแท่งเป็นกระบวนการผลิตที่แยกสายการผลิตกันอย่างชัดเจน ไม่พบการใช้วัตถุดิบและทรัพยากรร่วมอื่นๆ

ร่วมกัน จึงไม่จำเป็นต้องมีการปันส่วนสำหรับการผลิตสองกระบวนการนี้ แต่สำหรับสายการผลิตของน้ำยางข้นและยางสกิมนั้นเป็นกระบวนการผลิตที่มีความเกี่ยวข้องและต่อเนื่องกัน พบว่ามีการใช้วัตถุดิบและทรัพยากรอื่นๆร่วมกัน เช่น การใช้ไฟฟ้า การใช้น้ำ การใช้น้ำยางสด (หางน้ำยางที่เกิดจากการปั่นแยกน้ำยางข้น) สำหรับโรงงานที่มีการประกอบการหลายชนิด คือผลิตทั้งน้ำยางข้น ยางแท่งและยางสกิมนั้นเป็นเสียรวม คือน้ำเสียที่เกิดขึ้นจะไหลมารวมกันยังบ่อดักยางเพื่อเข้าสู่ระบบบำบัดต่อไป โดยในการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจริงของแต่ละกระบวนการผลิตนั้น ทางโรงงานให้ข้อมูลการเกิดน้ำเสียเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำเสียที่เกิดขึ้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการปันส่วนในการผลิตสองกระบวนการนี้ โดยในการศึกษาครั้งนี้ทำการปันส่วนใช้ราคา เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ (น้ำยางข้น ยางสกิม) ที่มีมูลค่าสูงและมีราคาแตกต่างกัน ซึ่งข้อมูลราคาของผลิตภัณฑ์ที่นำมาใช้เป็นข้อมูลราคาเฉลี่ยย้อนหลัง 6 ปี แสดงดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 ราคาของผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมยางพารา (หน่วย: บาทต่อกิโลกรัม)

ปี	น้ำยางสด	น้ำยางข้น	ยางสกิมบล็อก	ยางสกิมเครพ
2549	67.88	57.12	37.00	60.30
2550	68.01	53.10	37.00	59.29
2551	75.37	58.01	37.00	76.47
2552	55.96	45.35	37.00	51.04
2553	101.89	74.94	37.00	108.73
2554	122.36	93.79	37.00	142.03
เฉลี่ย	81.91	63.72*	37.00*	84.14*

ที่มา: ราคาส่งออกต่างประเทศ (FOB กรุงเทพฯ) ราคาล่วงหน้า 1 เดือนของยางประเภทต่างๆ ของประเทศไทย

หมายเหตุ: * เป็นค่าที่นำมาใช้ในการศึกษานี้

3.3 กำลังการผลิตของโรงงานน้ำยางข้น

จากข้างต้นได้กล่าวไว้แล้วว่าโรงงานน้ำยางข้นทั้ง 6 โรงงานที่ทำการศึกษาในครั้งนี้คิดเป็นร้อยละ 42.85 ของจำนวนโรงงานน้ำยางข้นทั้งหมดในจังหวัดสงขลา กำลังการผลิตอยู่ในช่วง 1,500 - 5,000 ตันต่อเดือน และแบ่งโรงงานน้ำยางข้นออกเป็น 3 กลุ่มโรงงาน ซึ่งแบ่งตามกำลังการผลิตน้ำยางข้นของแต่ละโรงงาน คือกำหนดให้กลุ่มโรงงานขนาดเล็กมีกำลังการผลิตน้อยกว่า 2,000 ตันต่อเดือน มี 2 โรงงานคือ A(S) และ B(S) กลุ่มโรงงานขนาดกลางมีกำลังการผลิตระหว่าง 2,000 – 4,000 ตันต่อเดือน มี 3 โรงงานคือ C(M) D(M) และE(M) ในกลุ่มโรงงานขนาดใหญ่มีกำลังการผลิต

มากกว่า 4,000 ตันต่อเดือน มีโรงงานเดียวคือ F(L) ซึ่งโรงงานน้ำยางข้นที่ทำการศึกษาครั้งนี้มีกระบวนการผลิตที่คล้ายคลึงกัน โดยมีการใช้วัตถุดิบในการผลิตคือน้ำยางสดเพียงอย่างเดียว ทำการรักษาสภาพน้ำสดด้วยสารเคมี คือ แอมโมเนีย TMTD และ DAP หลังจากนั้นก็เข้าสู่ขั้นตอนการปั่นเหวี่ยงเพื่อให้ได้เป็นผลิตภัณฑ์น้ำยางข้น

จากการศึกษาพบว่าส่วนใหญ่จำนวนวันที่ทำการผลิตของโรงงานเป็น 6-7 วันต่อสัปดาห์ จำนวนชั่วโมงที่ผลิตต่อวันจะแตกต่างกันอยู่ระหว่าง 8-16 ชั่วโมง แบ่งออกเป็น 2 กะต่อวัน กะละ 8 ชั่วโมง โดยหลักๆกำลังการผลิตของโรงงานน้ำยางข้นมี 2 ปัจจัยเป็นตัวกำหนด คือ ปัจจัยภายในโรงงาน คือ เครื่องจักรในการผลิต คนงาน รายการสั่งซื้อจากลูกค้า ส่วนปัจจัยภายนอก คือ สภาพภูมิอากาศ ฤดูกาล โดยผลผลิตน้ำยางสดจะเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลคือ ผลผลิตจะน้อยในช่วงฤดูฝน (กันยายนถึงธันวาคม) และฤดูแล้ง (มีนาคมถึงพฤษภาคม) ส่งผลให้กระบวนการผลิตน้ำยางข้นลดลง และมีกำลังการผลิตสูงสุดในช่วงเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม ซึ่งเป็นช่วงที่ยางพาราให้ผลผลิตน้ำยางสดสูงสุด

3.4 กระบวนการผลิตน้ำยางข้น การใช้น้ำและจุดกำเนิดของเสีย

จากการศึกษากระบวนการผลิตของโรงงานน้ำยางข้นทั้ง 6โรงงาน พบว่าโรงงานมีกระบวนการผลิตที่คล้ายคลึงกัน ทั้งด้านวิธีการผลิต อุปกรณ์และเครื่องจักรที่ใช้ผลิต หากจะแตกต่างกันในด้านการใช้ทรัพยากร กระบวนการย่อยในการผลิตน้ำยางข้น เพื่อสร้างความเหมาะสมกับลักษณะการผลิตของแต่ละโรงงาน คุณสมบัติและประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์น้ำยางข้นที่ลูกค้าต้องการ นอกจากนี้ยังพบว่าขั้นตอนที่มีการใช้น้ำและจุดกำเนิดน้ำเสียที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการผลิตเหมือนกันแต่จะมีความแตกต่างกันในด้านของรายละเอียดย่อยของกรรมวิธีในการผลิตยางสกิมที่เป็นผลิตภัณฑ์ร่วม การผลิตน้ำยางข้นส่วนใหญ่ใช้วิธีการปั่นแยกด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูงซึ่งขั้นตอนและรายละเอียดกระบวนการผลิตน้ำยางข้นสรุปได้ดังนี้

3.4.1 ขั้นตอนการผลิตน้ำยางข้น

จากการศึกษาโรงงานน้ำยางข้นในจังหวัดสงขลา พบว่ากระบวนการผลิต จุดกำเนิดของเสียและลักษณะสมบัติน้ำเสีย สามารถสรุปดังภาพประกอบที่ 3-1 3-2 และ 3-3 ตามลำดับ

3.4.1.1 ขั้นตอนการรับน้ำยางสด

น้ำยางสดจะถูกรักษาสภาพไม่ให้จับตัวด้วยแอมโมเนียและTMTD และกรองผ่านตะแกรงกรองลงสู่รางรับน้ำยางสด จากนั้นน้ำยางสดจะไหลจากรางรับน้ำยางสดลงสู่บ่อรับน้ำยางสด ซึ่งในขั้นตอนนี้จะเกิดกลิ่นเหม็นของไอระเหยแอมโมเนีย เนื่องจากการฟุ้งกระจายของแอมโมเนียระหว่างการถ่ายน้ำยางสด โรงงานมีการล้างทำความสะอาดบ่อรับน้ำยางสดทุกวัน

เนื่องจากมีการเติมสารเคมีช่วยในการตกตะกอนแมกนีเซียม และมีการจับตัวของยางที่ผนังบ่อซึ่งอาจทำให้น้ำยางสดมีการปนเปื้อนได้

3.4.1.2 ขั้นตอนการเตรียมน้ำยางสด

เพื่อปรับสภาพน้ำยางสดให้เหมาะสมต่อกระบวนการปั่นแยกด้วยการเติมแอมโมเนีย ทำให้น้ำยางมีปริมาณแอมโมเนียเกินกว่า 0.4% โดยน้ำหนักและเติม DAP เพื่อให้แมกนีเซียมตกตะกอนเป็นขี้แป้ง และทิ้งไว้ 1 คืนสำหรับน้ำยางที่มีแมกนีเซียมสูง สำหรับน้ำยางที่จะนำมาปั่นแยกควรมีปริมาณแมกนีเซียมน้อยกว่า 50 ppm และเมื่อปั่นแล้วไม่ควรเกิน 20 ppm นอกจากนี้ปริมาณกรด (Volatile Fatty Acid: VFA) ไม่ควรเกิน 0.05% หากเกินให้นำไปผสมกับน้ำยางสดที่มีค่าไม่เกิน 0.05 %

3.4.1.3 ขั้นตอนการปั่นแยก

สามารถแยกส่วนที่เป็นเนื้อยางออกจากส่วนเซรั่ม ในการปั่นแยกน้ำยางสดจะได้น้ำยาง 2 ส่วน คือ หางน้ำยาง และน้ำยางข้น โดยน้ำยางข้นจะมีเนื้อยางแห้งประมาณ 60% เครื่องปั่นยางขนาดเล็กสามารถป้อนน้ำยางสดได้ประมาณ 150 ลิตรต่อชั่วโมง ส่วนเครื่องขนาดใหญ่สามารถป้อนน้ำยางสดได้ 400-600 ลิตร/ชั่วโมง และในการปั่นแยกยางจะมีการล้างเครื่องปั่นยางทุกๆ 2 หรือ 3 ชั่วโมง เนื่องจากมีการอุดตันของยางและกากขี้แป้งบริเวณหัวโบว์ลของเครื่องปั่นยางโดยในการล้างแต่ละครั้งจะใช้เวลาในการล้างนานประมาณ 10-15 นาที

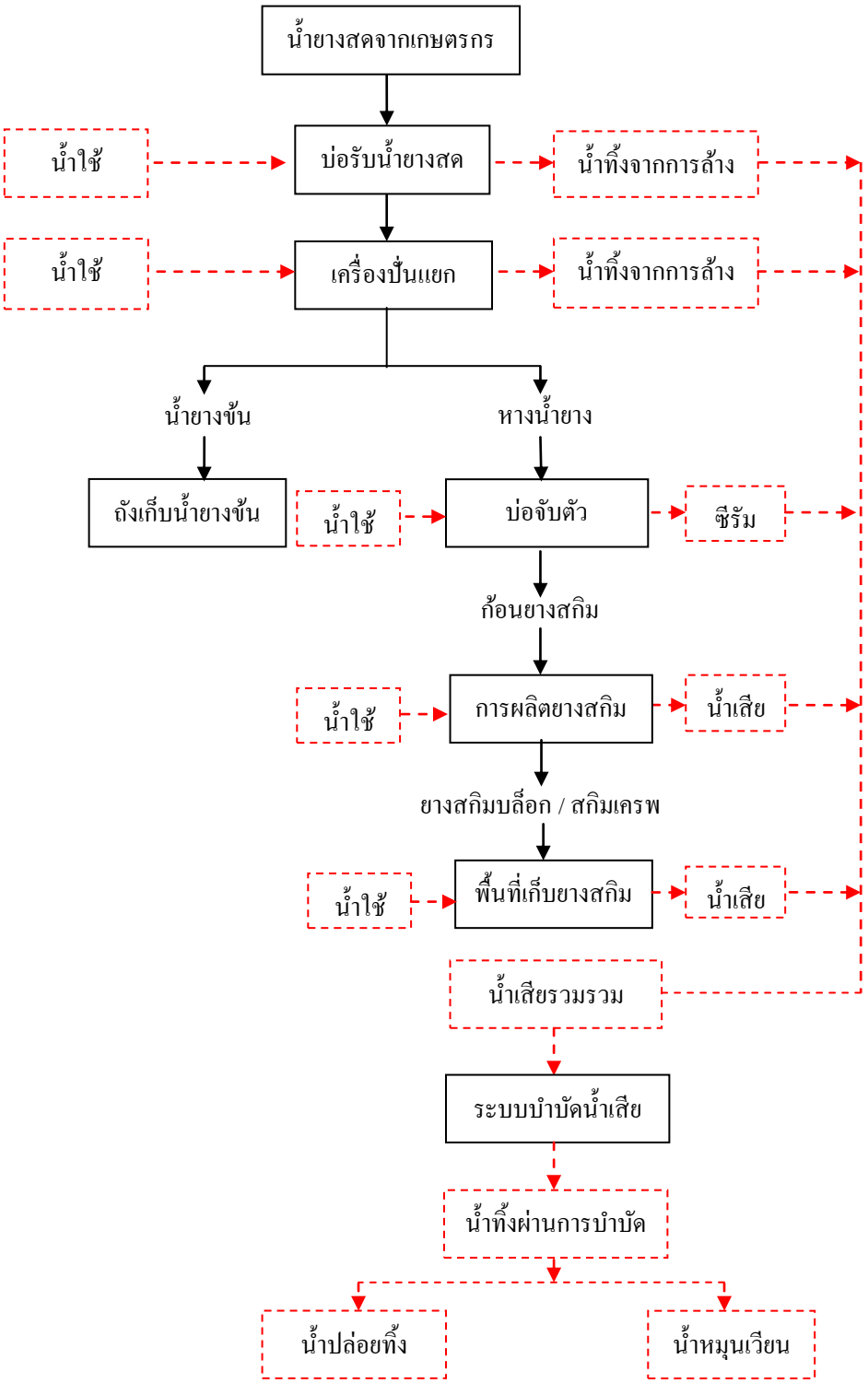
3.4.1.4 ขั้นตอนการผลิตยางสกิม

เป็นการนำส่วนของหางน้ำยางมาไล่แอมโมเนียออกแล้วปรับสภาพด้วยกรดซัลฟูริกแล้วนำไปผ่านกระบวนการรีดหรือตัดย่อยจะได้เป็นยางสกิมเครพหรือสกิมบล็อกออกมา ซึ่งถือเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้ที่เกิดจากกระบวนการผลิตของโรงงานน้ำยางข้น

3.4.2 จุดกำเนิดของเสียจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น

จากการศึกษาปริมาณน้ำเสียรวมที่เกิดจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.97-8.40 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น มีค่าเฉลี่ยคิดเป็น 2.79 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น น้ำเสียจากกระบวนการผลิตส่วนใหญ่เกิดจากขั้นตอนการปั่นแยก คือการใช้น้ำล้างเครื่องปั่นแยกและการทำยางสกิม (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) พบว่าอัตราการเกิดน้ำเสียรวมในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นมีค่าอยู่ในช่วง 4 - 6 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น น้ำเสียรวมมีค่า pH ต่ำ (เป็นกรด) มีความเข้มข้นของ BOD_5, COD และ Sulfate สูง และจากการศึกษานี้พบว่าในน้ำเสียนั้นมีอนุภาคของเนื้อยางปะปนออกมากับน้ำเสียด้วย สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในอุตสาหกรรมประเภทนี้ ปัจจุบันนิยมใช้บ่อดักยาง (Rubber Trap) และระบบบ่อปรับเสถียร (บ่อหมัก บ่อกึ่งหมัก บ่อผึ่ง) ก่อนนำน้ำที่บำบัด

แล้วบางส่วนกลับมาใช้ใหม่ในการล้างพื้นเท่านั้น น้ำที่ผ่านการบำบัดไม่สามารถนำมาล้างเครื่องมือและอุปกรณ์ในการผลิตได้ เนื่องจากจะทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำยางข้นลดต่ำลงได้



ภาพประกอบที่ 3-1 แผนผังแสดงการใช้น้ำและจุดกำเนิดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น

ก. จุดรับน้ำยางสด

ข. บ่อรับน้ำยางสด

ค. บ่อเก็บรักษาสภาพน้ำยาง

ง. อุปกรณ์ปั่นแยกน้ำยางข้น

จ. การแยกส่วนน้ำยางข้น

ฉ. การล้างเครื่องปั่นเหวี่ยง

ช. แทงค์รวบรวมน้ำยางข้น

ซ. บรรจุภัณฑ์น้ำยางข้น

ภาพประกอบที่ 3-2 ขั้นตอนและเครื่องมือในการผลิตน้ำยางข้น

ก. น้ำเสียรวมก่อนเข้าบ่อดัก

ข.น้ำเสียรวมส่วนของบ่อดัก

ค. น้ำเสียเข้าระบบบำบัด

ภาพประกอบที่ 3-3 ลักษณะน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้น

3.5 การใช้ทรัพยากรและพลังงานของโรงงานน้ำยางข้น

3.5.1 การใช้วัตถุดิบ

3.5.1.1 น้ำยางสด

ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่าโรงงานใช้น้ำยางสดเป็นวัตถุดิบหลักเพียงอย่างเดียวในการผลิตน้ำยางข้น ซึ่งโดยทั่วไปการใช้น้ำยางสด 100 ตันสามารถผลิตน้ำยางข้นที่มีเนื้อยางแห้ง 60% ประมาณ 40 ตัน ลักษณะการบรรจุภัณฑ์น้ำยางข้นสามารถทำได้หลายรูปแบบ คือ บรรจุแบบ Drum (200-205 Kg.) แบบ Bulk และแบบ Flexi bags รูปแบบของการบรรจุภัณฑ์ขึ้นอยู่กับระยะทางในการขนส่งไปยังลูกค้า ส่วนหางน้ำยาง 60 ตันที่ได้จะเข้าสู่กระบวนการผลิตยางสกิมในขั้นตอนต่อไป โดยโรงงานที่ทำการศึกษาครั้งนี้นิยมผลิตยางสกิมบล็อกและสกิมเครพเป็นหลัก เนื่องจากผลตอบแทนด้านราคาที่สูงกว่า ในตารางที่ 3-4 แสดงปริมาณการใช้น้ำยางสดเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์น้ำยางข้น 1 ตัน

ตารางที่ 3-4 ปริมาณการใช้น้ำยางสดของโรงงานน้ำยางข้น (หน่วยต่อ 1 ตันน้ำยางข้น)

โรงงาน	ปริมาณการใช้น้ำยางสด (ตัน)
A(S)	2.07
B(S)	2.09
C(M)	2.16
D(M)	3.76
E(M)	2.37
F(L)	2.27
ค่าช่วง	2.07 – 3.76
ค่าเฉลี่ย*	**2.46**

หมายเหตุ : * เป็นค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักโดยใช้กำลังการผลิตน้ำยางข้นแต่ละโรงงาน

3.5.1.2 สารเคมี

จากการศึกษา พบว่าสารเคมีหลักที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น คือ สารเคมีเติมเพื่อรักษาสภาพน้ำยางสดและน้ำยางข้น ได้แก่

- แอมโมเนีย เป็นสารเคมีที่ใช้ในการรักษาสภาพน้ำยางโดยการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย การเติมแอมโมเนียเพื่อรักษาสภาพน้ำยางแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การเติมเพื่อรักษาสภาพน้ำยางสดที่กรีดได้ก่อนส่งโรงงานซึ่งจะใช้สารละลายแอมโมเนียความเข้มข้นประมาณ 15-20% โดยน้ำหนัก และการเติมเพื่อการรักษาคุณภาพน้ำยางข้นซึ่งจะเติมหลังจากการ

ปั่นแยก โดยการเติมปริมาณแอมโมเนียจะแบ่งตามประเภทน้ำยางข้นที่ต้องการผลิต (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) ได้อธิบายไว้ว่าน้ำยางข้นชนิด Low Ammonia (LA) คือ น้ำยางข้นที่มีการเติมแอมโมเนียร่วมกับสารเคมีอื่นในปริมาณแอมโมเนียที่น้อยกว่า 0.29 % ของน้ำยาง และน้ำยางข้นชนิด High Ammonia (HA) คือ น้ำยางข้นที่มีการเติมปริมาณแอมโมเนีย 0.3-0.7 % ของน้ำยางข้น

- DAP ใช้ในการตกตะกอนแมกนีเซียมใน น้ำยางสดให้เป็นขี้แป้งซึ่งจะต้องทิ้งให้ตกตะกอนเป็นเวลา 1 คืน โดยปริมาณการใช้ DAP นั้นขึ้นกับปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางสด คือ ถ้าในน้ำยางสดมีปริมาณแมกนีเซียมมากจะต้องใช้ DAP มาก และปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางสดจะมีมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับดินที่ปลูกยางพารา คือ ถ้าดินมีปริมาณแมกนีเซียมสูงจะทำให้น้ำยางมีปริมาณแมกนีเซียมสูงด้วย (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) กล่าวไว้ว่าน้ำยางสดที่นำมาปั่นควรมีปริมาณแมกนีเซียมน้อยกว่า 50 ppm ในของแข็งทั้งหมด และปริมาณการใช้ DAP ต่อปริมาณแมกนีเซียม คือ Mg : DAP เท่ากับ 1:5.5

- TMTD เป็นสารเคมีที่นำมาใช้เพื่อรักษาสภาพน้ำยางสดในส่วนของบ่อเก็บน้ำยางสด ก่อนนำมาผลิตเป็นน้ำยางข้น

- กรดลอริก เป็นสารที่มาใช้ในการเติมในบ่อเก็บผลิตภัณฑ์น้ำยางข้นเพื่อรักษาสภาพน้ำยางข้นไม่ให้เสียคุณภาพก่อนส่งขายลูกค้า

- กรดซัลฟูริก เป็นสารเคมีที่ใช้ในการผลิตยางสกิม โดยมีคุณสมบัติทำให้เกิดการจับตัวของหางน้ำยาง แต่การใช้กรดซัลฟูริกที่มากเกินไปจะทำให้ยางเปื่อยและเสื่อมง่าย ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ยางสกิมไม่ได้คุณภาพ นอกจากนี้ ปริมาณกรดซัลฟูริกที่เติมจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณแอมโมเนียในหางน้ำยางที่ถูกนำเข้าสู่บ่อจับตัว คือ ถ้ามีปริมาณแอมโมเนียในหางน้ำยางมากจะต้องเติมปริมาณกรดซัลฟูริกมากด้วย ส่วนระยะเวลาที่เหมาะสมในการจับตัวของยางสกิม คือ 24 ชั่วโมง ถ้าจำเป็นต้องใช้เวลาที่น้อยกว่านี้จะต้องใช้ปริมาณกรดซัลฟูริกมากขึ้น ตารางที่ 3-5 แสดงปริมาณการใช้สารเคมีในการผลิตน้ำยางข้นของโรงงานที่ศึกษา

ตารางที่ 3-5 ปริมาณการใช้สารเคมีของโรงงานน้ำยางข้น (หน่วยต่อ 1 ตันน้ำยางข้น)

โรงงาน	ปริมาณการใช้ แอมโมเนีย (ตัน)	ปริมาณการใช้ TMTD (ตัน)	ปริมาณการใช้ DAP (ตัน)	ปริมาณการใช้ กรดลอริก (ตัน)
A(S)	19.80	5.47	2.03	1.41
B(S)	21.32	5.93	1.99	1.54
C(M)	18.86	0.54	1.22	0.45
D(M)	155.29	1.15	3.39	0.97
E(M)	17.58	1.37	1.32	0.56
F(L)	16.83	1.31	1.27	0.54
ค่าช่วง	16.83 - 155.29	0.54 - 5.93	1.22 - 3.39	0.45 - 1.54
ค่าเฉลี่ย*	**36.62**	**1.63**	**1.64**	**0.68**

หมายเหตุ : * เป็นค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักโดยใช้กำลังการผลิตน้ำยางข้นแต่ละโรงงาน

3.5.2 การใช้น้ำ

จากการศึกษาพบว่าการใช้น้ำในอุตสาหกรรมน้ำยางข้นแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนสำนักงานและสายการผลิต เช่น ล้างบ่อรับน้ำยางสด ล้างเครื่องปั่นยาง ล้างบ่อเก็บน้ำยางข้น ล้างพื้น เป็นต้น ซึ่งในกระบวนการล้างเครื่องปั่นยางมีอัตราการใช้น้ำสูงที่สุด และมีการใช้น้ำสิ้นเปลืองที่สุด เนื่องจากจะต้องมีการล้างเครื่องปั่นยางทุก 2-3 ชั่วโมง แสดงดังตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-6 ปริมาณการใช้น้ำของโรงงานน้ำยางข้น (หน่วยต่อ 1 ตันน้ำยางข้น)

โรงงาน	ปริมาณการใช้น้ำ (บลูวอเตอร์ทางตรง,ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น)
A(S)	10.64
B(S)	11.33
C(M)	5.93
D(M)	5.24
E(M)	3.11
F(L)	2.97
ค่าช่วง	2.97-11.33
ค่าเฉลี่ย *	**4.39**

หมายเหตุ : * เป็นค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักโดยใช้กำลังการผลิตน้ำยางข้นแต่ละโรงงาน

3.5.3 การใช้พลังงาน

จากการศึกษาพบว่า การใช้พลังงานไฟฟ้าในอุตสาหกรรมน้ำยางข้นแบ่งเป็น 2 ส่วนหลักๆ ส่วนสำนักงานมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ และอุปกรณ์สำนักงานต่างๆ เช่น คอมพิวเตอร์ เครื่องถ่ายเอกสาร โทรสาร ส่วนสายการผลิต มีอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้า คือ เครื่องปั่นแยกน้ำยางข้น โดยเครื่องปั่นแยกน้ำยางที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบันมี 2 ระบบ ได้แก่ ระบบใช้เกียร์และคลัช และระบบมูแล่ที่สามารถปรับความเร็วรอบของเครื่องปั่น ตารางที่ 3-7 แสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานน้ำยางข้น

ตารางที่ 3-7 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานน้ำยางข้น (หน่วยต่อ 1 ตันน้ำยางข้น)

โรงงาน	**ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)**
A(S)	61.00**
B(S)	61.00**
C(M)	85.23
D(M)	85.23
E(M)	134.60
F(L)	85.23
ค่าช่วง	61 - 134.60
ค่าเฉลี่ย*	**86.34**

หมายเหตุ : * เป็นค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักโดยใช้กำลังการผลิตน้ำยางข้นแต่ละโรงงาน

** เป็นค่ามาตรฐานการใช้ไฟฟ้าในการผลิตน้ำยางข้น 1 ตัน (เนื่องจากปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโรงงาน A(S) และ B(S) มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานมากจนเกินไป ดังนั้นเพื่อความถูกต้องและเหมาะสมของการนำไปใช้ในการประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางข้น จึงจำเป็นต้องนำค่ามาตรฐานมาแทนค่า โดยค่าดัชนีตัวอื่นๆของทั้งสองโรงงานนี้มีค่าใกล้เคียงค่ามาตรฐานทั้งหมด)

3.6 ผลิตภัณฑ์และของเสียที่เกิดขึ้นในโรงงานน้ำยางข้น

3.6.1 ผลผลิตผลิตภัณฑ์น้ำยางข้น

จากการสำรวจโรงงานน้ำยางข้นทั้ง 6 โรงงานพบว่า กำลังการผลิตอยู่ในช่วง 239-2,537 ตันต่อเดือน ปีฐานที่ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลคือปี 2554 พบว่าโรงงานที่กำลังการผลิตสูงสุดคือโรงงาน F(L) มีค่ากำลังการผลิตเป็น 2,537 ตันต่อเดือน คิดเป็น 48.66 % ของกำลังการผลิตรวมทั้ง 6 โรงงาน รองลงมาคือโรงงาน E(M) มีค่าเป็น 895 ตันต่อเดือนคิดเป็น 17.17 % ของกำลังการผลิต

รวม โรงงาน D(M) มีค่าเป็น 719 ตันต่อเดือน คิดเป็น 13.79 % ของกำลังการผลิตรวม โรงงาน C(M) มีค่าเป็น 569 ตันต่อเดือน คิดเป็น 10.91 % ของกำลังการผลิตรวม โรงงาน B(S) มีค่าเป็น 255 ตันต่อเดือน คิดเป็น 4.90 % ของกำลังการผลิตรวม และโรงงานที่กำลังการผลิตน้อยที่สุดในการศึกษาครั้งนี้ มีค่ากำลังการผลิตเป็น 239 ตันต่อเดือน คิดเป็น 4.58 ของกำลังการผลิตรวมทั้ง 6 โรงงาน ปริมาณผลผลิตเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับขนาดกำลังการผลิตของแต่ละโรงงานเป็นหลัก ปริมาณผลผลิตที่ผลิตได้จะมากน้อยแตกต่างกันตามฤดูกาล คือในฤดูฝนและฤดูแล้งที่ต้นยางมีการผลัดใบ การผลิตน้ำยางสดของต้นยางน้อยลงและผลผลิตจากยางพาราลดน้อยลง ทำให้ขาดแคลนหรือไม่มีวัตถุดิบที่จะนำมาผลิตเป็นน้ำยางข้นหรือบางโรงงานมีการหยุดการผลิตในช่วงนี้ และจากการสอบถามโรงงาน พบว่าการผลิตน้ำยางข้นจากน้ำยางสด จะได้ผลผลิตเป็นผลิตภัณฑ์น้ำยางข้นคิดเป็น 40 % โดยน้ำหนักของน้ำยางสดที่เป็นวัตถุดิบ กล่าวคือถ้าใช้น้ำยางสด 100 ตันในการผลิต จะได้ผลิตภัณฑ์น้ำยางข้นเป็น 40 ตัน

3.6.2 สัดส่วนมวลผลิตภัณฑ์ของกระบวนการผลิตน้ำยางข้น

ในกระบวนการผลิตยางน้ำยางข้นที่มีการใช้น้ำยางสดเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต มีขั้นตอนหลักๆ คือ ขั้นตอนรับน้ำยางสด การรักษาสภาพน้ำยางสดและการปั่นยางเพื่อแปรสภาพน้ำยางสดเป็นผลิตภัณฑ์น้ำยางข้น โดยค่าสัดส่วนมวลผลิตภัณฑ์ในแต่ละขั้นตอนย่อยเป็นการแสดงให้ถึงสัดส่วนผลิตภัณฑ์ ของเสียหรือผลิตภัณฑ์พลอยได้ที่เกิดขึ้น หากค่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์มีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่ามีการสูญเสียเนื้อยาง มีผลิตภัณฑ์ร่วมและของเสียเกิดเกิดขึ้นในขั้นตอนย่อยนั้นๆถือเป็นตัวแปรสำคัญในการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์แบบ Step-Wise Accumulative Approach เนื่องจากจะต้องมีการรวมค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ในแต่ละขั้นตอนย่อยของการผลิตน้ำยางข้นต่อไป ค่าสัดส่วนมวลผลิตภัณฑ์แสดงดังตารางที่ 3-8

ตารางที่ 3-8 ค่าสัดส่วนมวลผลิตภัณฑ์ของการผลิตน้ำยางข้น (Product Fraction)

กระบวนการ	โรงงาน						ช่วง
	A (S)	B (S)	C (M)	D (M)	E (M)	F (L)	
1.รับน้ำยางสด	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	-
2.การรักษาสภาพน้ำยาง	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	-
3.การปั่นยาง	0.483	0.478	0.463	0.266	0.422	0.440	0.266-0.483
4.น้ำยางข้น	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	-

ขั้นตอนการรับน้ำยางสด มีสัดส่วนผลิตภัณฑ์ของขั้นตอนนี้มีค่าเท่ากันทุกโรงงานคือ 1.00 เนื่องจากขั้นตอนนี้ไม่มีการสูญเสียเนื้อยางและไม่มีผลิตภัณฑ์ร่วมหรือของเสียเกิดขึ้น

ขั้นตอนการรักษาสภาพน้ำยางสด สัดส่วนผลิตภัณฑ์ของขั้นตอนนี้มีค่าเท่ากันทุกโรงงาน คือ 1.00 เนื่องจากขั้นตอนนี้ไม่มีผลิตภัณฑ์ร่วมหรือของเสียเกิดขึ้นเช่นเดียวกับขั้นตอนการรับน้ำยางสด

ขั้นตอนการปั่นยาง มีค่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์ของขั้นตอนนี้อยู่ในช่วง 0.266-0.483 จากการศึกษาพบว่าค่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์ของโรงงาน A, B, C, E และ F มีค่าใกล้เคียงกับค่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์ทางทฤษฎีซึ่งมีค่าเป็น 0.483, 0.478, 0.463, 0.422, 0.440 และ ตามลำดับ ซึ่งโรงงานที่มีค่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุดคือโรงงาน A มีค่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์เท่ากับ 0.483 และโรงงงาน D มีค่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์ต่ำกว่าค่าทางทฤษฎีซึ่งมีค่าเป็น 0.266

ขั้นตอนการได้มาซึ่งน้ำยางข้น ค่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนนี้มีค่าเท่ากันทุกโรงงานคือ 1.00 เนื่องจากขั้นตอนนี้ไม่มีผลิตภัณฑ์ร่วมหรือของเสียที่เกิดขึ้นมีเพียงการเติมสารเคมีเพื่อรักษาสภาพน้ำยางข้นเท่านั้น

3.6.3 ของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น

3.6.3.1 กากขี้แป้ง

จากการศึกษากระบวนการผลิตในโรงงานน้ำยางข้น พบว่ากากขี้แป้งเป็นของเสียเกิดจากกระบวนการตกตะกอนแมกนีเซียมในน้ำยางสดและมีปริมาณมาก ในการศึกษาครั้งนี้ส่วนใหญ่โรงงานมักกำจัดโดยการนำไปทิ้ง เผาหรือนำไปถมที่ภายในโรงงาน โดยไม่มีการจดบันทึกข้อมูลปริมาณของกากขี้แป้งที่เกิดขึ้นจริง แต่ในปัจจุบันมีงานวิจัยด้านการนำกากขี้แป้งไปใช้ประโยชน์ในการทำวัสดุปรับปรุงดินในพื้นที่ปลูกพืชทั่วๆไปได้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) ดังนั้นบางโรงงานจึงมีการเก็บรวบรวมกากขี้แป้งไว้เพื่อส่งขายให้กับเกษตรกร เป็นการนำของเสียกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อีกทางหนึ่ง

3.6.3.2 เศษยาง

จากการศึกษาพบว่าโรงงานส่วนใหญ่ไม่ได้ทำการเก็บข้อมูลปริมาณเศษยางที่เกิดขึ้นเอาไว้ เนื่องจากเศษยางที่เกิดขึ้นมีลักษณะเป็นชิ้นเล็กๆ ที่ไหลปะปนออกมากับน้ำเสียจากกระบวนการผลิต และไหลรวมกันไปยังบ่อดักยาง ปริมาณเศษยางที่ได้แต่ละโรงงานจึงเป็นค่าที่ได้จากการประมาณการของโรงงาน โดยส่วนใหญ่โรงงานจะนำเศษยางเก็บรวบรวมนำไปขายเป็นยางเกรดต่ำเพื่อเป็นวัตถุดิบสำหรับการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ต่อไป

3.6.3.3 น้ำเสีย

น้ำเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นส่วนใหญ่มาจากการใช้น้ำในการทำความสะอาดบ่อรับน้ำยางสด บ่อน้ำยางข้น พื้นและสายการผลิต และต้องมีการทำความสะอาดทุกครั้งเมื่อมีการถ่ายน้ำยางออกจนหมด เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของน้ำยางสดและน้ำยางข้นในการผลิตครั้งต่อไป นอกจากนี้มีกากตะกอนและการจับตัวของยางที่ผนังข้างบ่อทำให้ยากต่อการทำความสะอาด และการสิ้นเปลืองน้ำจากการเปิดน้ำทิ้งขณะที่มีการขัดล้างผนังข้างบ่อทำให้มีเนื้อยางหรือเศษยางจากการล้างเป็นจำนวนมากปะปนไปกับน้ำเสีย ซึ่งน้ำเสียอีกส่วนหนึ่งจะเกิดจากสายการผลิตยางสกิมเนื่องจากเป็นกระบวนการผลิตที่มีความเกี่ยวเนื่องกันโดยตรง คือน้ำที่ใช้ในการล้างเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆจากการผลิตน้ำยางข้นจะไหลรวมกันเพื่อเข้าสู่บ่อแช่ยางสกิมโดยมีการเติมน้ำเป็นปริมาณมากในการแช่และตัดย่อยยางสกิมที่ลอยตัวขึ้นมา โดยลักษณะน้ำเสียที่เกิดขึ้น มีความข่นเนื่องจากปริมาณเนื้อยางและเศษยางปะปนสูง ดังนั้นก่อนจะมีการปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียนั้น ต้องมีการดักเศษยางแยกออกจากน้ำเสียให้มากที่สุดก่อน เรียกว่ากระบวนการดักยางนี้ว่า Rubber Trap ซึ่งทุกโรงงานต้องมีกระบวนการนี้ไม่เช่นนั้นจะส่งผลให้การบำบัดน้ำเสียในระบบต่างๆเกิดความผิดพลาดได้ คือ คุณภาพน้ำหลังการบำบัดไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงาน โดยวิธีในการออกแบบบ่อดักยางของแต่ละโรงงานจะมีความแตกต่างกันอยู่บ้างและประสิทธิภาพในการดักยางก็จะแตกต่างกันตามประสิทธิภาพบ่อดักยางร่วมกับระบบบำบัดที่โรงงานเลือกใช้

3.7 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น

จากการศึกษาลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น และน้ำทิ้งหลังผ่านการบำบัดแล้ว ทำโดยการเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากกระบวนการผลิตซึ่งเป็นน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย (บ่อ Rubber Trap บ่อสุดท้าย) และน้ำเสียภายหลังผ่านการบำบัดมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้วยพารามิเตอร์ BOD_5 (ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ค่า BOD_5 เป็นพารามิเตอร์พื้นฐานในการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์) ผลการวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางที่ 3-8 พบว่าลักษณะสมบัติน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นแต่ละโรงงานมีลักษณะไม่แตกต่างกันเนื่องจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ไม่แตกต่างกัน ตารางที่ 3-8 แสดงผล ลักษณะสมบัติน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นทั้ง 6 โรงงาน

น้ำเสียในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น มีส่วนประกอบของเนื้อยางและเศษยางปะปนออกมาด้วย และมีส่วนประกอบของสารเคมี เช่น แอมโมเนีย กรดซัลฟูริค น้ำซีรั่ม รวมอยู่ด้วย เมื่อนำน้ำเสียมาวิเคราะห์ค่า BOD พบว่าน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย

จากบ่อดักยางบ่อสุดท้ายก่อนเข้าระบบบำบัดมีค่าอยู่ในช่วง 412-7,057 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว (น้ำทิ้ง) มีค่า BOD อยู่ในช่วง 19-78 มิลลิกรัมต่อลิตร

ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่าคุณภาพน้ำเสียก่อนและหลังบำบัดมีค่า BODเฉลี่ยเป็น 4,184 มิลลิกรัมต่อลิตร โรงงานที่มีค่า BOD ในน้ำเสียก่อนบำบัดสูงสุดคือโรงงาน F(L) มีค่าเป็น 7,057 มิลลิกรัมต่อลิตร และโรงงานที่ค่า BOD ในน้ำเสียก่อนบำบัดต่ำสุดคือโรงงาน E(M) มีค่าเป็น 412 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อมาพิจารณาคุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วนั้น พบว่ามีค่า BOD เฉลี่ยเป็น 39.41 มิลลิกรัมต่อลิตร มีโรงงาน F(L) โรงงานเดียวที่มีค่า BOD ในน้ำทิ้งผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดไว้ว่า BOD ในน้ำทิ้งต้องน้อยกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วของโรงงานน้ำยางข้นส่วนใหญ่ไม่สามารถปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้ จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลจริงทั้ง 6 โรงงาน โรงงานให้ข้อมูลว่าไม่มีการปล่อยน้ำทิ้งออกนอกโรงงานเลยเนื่องจากมีการนำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วนั้นนำกลับมาหมุนเวียนใช้ภายในโรงงาน เช่นใช้ล้างพื้น รดน้ำต้นไม้ เป็นต้น ดังนั้น หากมีการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต ลักษณะของน้ำเสียที่เกิดขึ้น เพื่อนำไปสู่การเลือกใช้เทคโนโลยีของระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อลดปริมาณมลสารต่างๆ ให้น้อยลงได้อย่างเหมาะสมและถูกต้องยิ่งขึ้น ส่งผลให้การหมุนน้ำมาใช้ในอุตสาหกรรมน้ำยางข้นมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น และลดการใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติลงได้

3.8 การจัดการน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้น

3.8.1 การบำบัดน้ำเสียขั้นต้น

จากการศึกษาโรงงานน้ำยางข้นทั้ง 6 โรงงานพบว่าทุกโรงงานมีการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นคือใช้ระบบบ่อดักยาง (Rubber Trap) เพื่อกำจัดเนื้อยางที่ปะปนมากับน้ำเสีย โดยใช้กรดซัลฟูริกปรับสภาพน้ำให้เป็นกรดทำให้อนุภาคของยางรวมตัวกัน และลอยขึ้นสู่ผิวน้ำสามารถดึงเนื้อยางมารวบรวมเพื่อนำไปประโยชน์หรือรวบรวมเพื่อขายเป็นยางเกรดต่ำได้ แต่จุดประสงค์หลักของการบำบัดเบื้องต้นนี้เพื่อป้องกันระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานให้สามารถเดินระบบได้ดีและคุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดจะมีคุณภาพดีกว่าหากได้รับการบำบัดขั้นต้นก่อน

3.8.2 ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้น

จากการศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้นทั้ง 6 โรงงาน พบว่าโรงงานมีการเลือกใช้ระบบบำบัดน้ำเสีย 3 ระบบคือ ระบบแอกติเวทเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge System) ระบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) และระบบถังหมักแบบไร้อากาศ (Upflow Anaerobic Sludge Blanket: UASB) โดยปริมาณน้ำเสียเกิดขึ้นนั้นขึ้นอยู่กับกำลังการผลิตและปริมาณการใช้น้ำใน

กระบวนการผลิตของโรงงานนั้นๆ ในงานวิจัยครั้งนี้มีโรงงานน้ำยางข้นจำนวน 4 โรงงานใช้ระบบบำบัดน้ำเสียระบบแอกติเวทเต็ดสลัดจ์ คือโรงงาน A(S) B(S) D(M) และ E(M) โรงงาน C(M) ใช้ระบบบำบัดแบบ UASB และโรงงาน F(L) ใช้ระบบบำบัดแบบบ่อปรับเสถียร แหล่งรองรับน้ำที่ผ่านการบำบัดของโรงงานน้ำข้นทั้ง 6 โรงงานคือบ่อรองรับภายในโรงงานเองทั้งหมด ไม่มีการปล่อยทิ้งสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

3.8.3 ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้น

เนื่องจากการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมน้ำยางข้น ต้องมีการพิจารณาแหล่งน้ำที่เกี่ยวข้องทั้ง 3 ประเภท คือ วอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสดบลูวอเตอร์และเกรย์วอเตอร์ สำหรับการศึกษาเกรย์วอเตอร์นั้นคือการพิจารณาถึงปริมาณและลักษณะสมบัติน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น ซึ่งการศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้นทั้ง 6 โรงงาน เพื่อสะท้อนให้เห็นว่าประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้นมีผลต่อการพิจารณาแหล่งน้ำประเภทเกรย์วอเตอร์หรือไม่ ทำการศึกษาโดยการเก็บตัวอย่างน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัด (น้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น) และน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดน้ำเสียแล้วมาทำการวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมี ทางด้านปริมาณสารอินทรีย์ปนเปื้อน (BOD) ผลแสดงไว้ในตารางที่ 3-9

จากตารางที่ 3-8 สรุปได้ว่าประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นอยู่ในช่วง 91.35-99.73 % ซึ่งทั้ง 6 โรงงานมีค่าประสิทธิภาพในการบำบัดมีค่าใกล้เคียงกันคิดเป็นค่าเฉลี่ยคือ 97.55 % และโรงงานที่ประสิทธิภาพการบำบัดดีที่สุดคือโรงงาน F(L) มีค่าประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียคิดเป็น 99.73 % โดยใช้ระบบบำบัดแบบบ่อปรับเสถียรในการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเป็นโรงงานขนาดใหญ่ที่มีกำลังการผลิตมากที่สุดจากจำนวนโรงงานน้ำยางข้นทั้งหมดที่ทำการศึกษา และมีค่า BOD ในน้ำเสียก่อนบำบัดสูงที่สุดมีค่าเป็น 7,057 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ค่า BOD ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าเป็น 19 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้พบว่าโรงงานที่มีค่าประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียต่ำสุดคือโรงงาน E(M) มีค่าเป็น 91.35 เปอร์เซ็นต์ ระบบบำบัดของโรงงานใช้ระบบ แอคติวิเต็ดสลัดจ์

ตารางที่ 3-9 ลักษณะสมบัติน้ำเสียและประสิทธิภาพของระบบบำบัดของน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้น

โรงงาน	ประเภทการผลิต	ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน	BOD น้ำเสียก่อนบำบัด (mg/l)	BOD น้ำทิ้งหลังบำบัด (mg/l)	ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย (%)
A(S)	น้ำยางข้น	Activated Sludge System	6,405	29	99.55 %
B(S)	น้ำยางข้น ยางแท่ง และยางสกิมบล็อก	Activated Sludge System	2,283	40	98.22 %
C(M)	น้ำยางข้น ยางแท่ง และยางสกิมบล็อก	Up flow Anaerobic Sludge Blanket	2,784	78.9	97.09 %
D(M)	น้ำยางข้น ยางแท่ง และยางสกิมบล็อก	Activated Sludge System	6,163	36.77	99.40 %
E(M)	น้ำยางข้น	Activated Sludge System	412	32.8	91.35 %
F(L)	น้ำยางข้น ยางแท่ง และยางสกิมบล็อก	Stabilization Pond System	7,057	19	99.73 %
ช่วงค่า	-	-	412-7,057	19 - 78	91.35 - 99.73 %
ค่าเฉลี่ย	**-**	**-**	**4,184**	**39.41**	**97.55 %**

3.9 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมน้ำยางข้น

3.9.1 การจัดทำบัญชีรายการวัฏจักรชีวิตของการผลิตน้ำยางข้น (Inventory Analysis)

การจัดทำบัญชีรายการวัฏจักรชีวิตเป็นการจัดทำบัญชีรายการชนิดและปริมาณของทรัพยากรและพลังงานที่เข้าและออกจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นในหน่วย 1 ตันผลิตภัณฑ์ ซึ่งถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ จากการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตของโรงงานที่ศึกษาเป็นเวลา 1 ปี พบว่ากระบวนการผลิตน้ำยางข้นมีสารขาเข้าได้แก่ น้ำยางสด สารเคมี ไฟฟ้าและน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิต สารขาออกได้แก่ ผลิตภัณฑ์น้ำยางข้น ยางสกิมและน้ำเสีย เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อมในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น เป็นค่าเฉลี่ยของบัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น 1 ตัน เก็บรวบรวมข้อมูลในปี 2554 จากข้อมูลโรงงานทั้งหมด 6 โรงงาน

จากการจัดทำบัญชีรายการแสดงสมดุลมวลต่อ 1 ตันผลิตภัณฑ์น้ำยางข้น พบว่าในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นทั้ง 6 โรงงานคือ A(S) B(S) C(M) D(M) E(M) และ F(L) การผลิตน้ำยาง

ข้น 1 ตันต้องใช้น้ำยางสดเฉลี่ย 2.46 ตัน โดย ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นในพื้นที่จังหวัดสงขลา โดยในการผลิตน้ำยางข้น 1 ตัน ใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 85.23 กิโลวัตต์-ชั่วโมง น้ำที่นำใช้ในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น 1 ตัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.30 ลบ.ม. นอกจากนี้สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิต ได้แก่ แอมโมเนีย เตตระเมธิวไทยูแรมไดซัล-ไฟน์ ไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต และกรดลอริก ได้แสดงปริมาณการใช้ดังตารางที่ 3-10

ตารางที่ 3-10 บัญชีรายการสำหรับการผลิตน้ำยางข้น 1 ตัน

พารามิเตอร์	หน่วย	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ย*
<u>สารขาเข้า</u>			
ปริมาณน้ำยางสด	ตัน	2.07-3.76	2.46
ปริมาณการใช้น้ำ	ลบ.ม.	2.97-11.33	4.30
ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค)	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	6.93-134.60	85.23
ปริมาณการใช้สารเคมี			
- แอมโมเนีย	กิโลกรัม	16.83-155.29	36.62
- เตตระเมธิวไทยูแรมไดซัลไฟน์ (TMTD)	กิโลกรัม	0.54-5.93	3.64
-ไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (DAP)	กิโลกรัม	1.22-3.39	1.75
-กรดลอริก	กิโลกรัม	0.45-1.54	0.96
<u>สารขาออก</u>			
ปริมาณผลิตภัณฑ์หลัก			
-น้ำยางข้น	ตัน	1.00	1.00
ปริมาณผลิตภัณฑ์ร่วม	ตัน		
-ยางสกิม	ตัน	0.02-0.14	0.05
ปริมาณน้ำเสีย	ลบ.ม.	0.97-8.40	2.52

หมายเหตุ : * เป็นค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักโดยใช้กำลังการผลิตน้ำยางข้นแต่ละโรงงาน

จากผลการศึกษา ผลรวมของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ขาออกจะไม่เท่ากับน้ำหนักของน้ำยางสด เนื่องจากการคำนวณสัดส่วนผลิตภัณฑ์นั้นมีผลิตภัณฑ์ร่วมและของเสียที่เกิดขึ้น ในการศึกษานี้ได้เป็นปริมาณน้ำยางข้นเฉลี่ยร้อยละ 40.65 ผลิตภัณฑ์ร่วมประกอบด้วย ยางสกิมที่เกิดจากการนำหางน้ำยางไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตมีคิดเป็นปริมาณร้อยละ 3.72 และได้เศษของเหลือเป็นขี้แป้งน้อยกว่าร้อยละ 1 ซึ่งเศษขี้แป้งที่เกิดขึ้นบางโรงงานก็นำไปฝังในหลุมกลบ แต่บางโรงงานรวบรวม

ขายเพื่อนำไปใช้แปรรูปทำเป็นปุ๋ย เพราะในองค์ประกอบของขี้แป้งมีปริมาณแมกนีเซียมสูงพืชบางชนิดสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

3.9.2 วอเตอร์ฟุตพรินต์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตน้ำยางข้น

การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์เป็นการประเมินการใช้น้ำต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ โดยการคำนวณจากผลรวมของวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด บลูวอเตอร์และเกรย์วอเตอร์และต้องมีการประเมินการใช้น้ำทางตรงและการใช้น้ำทางอ้อม โดยวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสดคือน้ำที่ติดตัวมาจากการเพาะปลูกยางพารา ซึ่งน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติที่อยู่ในดินหรือความชื้นในดินที่พืชนำมาใช้ประโยชน์จริง บลูวอเตอร์ คือน้ำที่มาจากแหล่งน้ำผิวดินและใต้ดินรวมน้ำในระบบประปาด้วยหรือเป็นน้ำที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตโดยตรง ส่วนเกรย์วอเตอร์ คือปริมาณน้ำที่ต้องใช้ในการเจือจางน้ำเสียให้มีคุณภาพน้ำเทียบเท่ากับน้ำธรรมชาติ (Hoekstra *et al*., 2012)

3.9.2.1 ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด

ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของการปลูกยางให้ได้มาซึ่งน้ำยางสดในจังหวัดสงขลาเพื่อนำมาแทนค่าในการคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของวัตถุดิบในการผลิตน้ำยางข้น ค่าที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้คือค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของการปลูกยางให้ได้มาซึ่งน้ำยางสด พบว่าน้ำยางสดมีค่ากรีน วอเตอร์เป็น 3,103 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางสด มีค่าบลูวอเตอร์เป็น 346 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางสด และเกรย์วอเตอร์มีค่าเป็น 374 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางสด และค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมของการปลูกยางให้ได้มาซึ่งน้ำยางสดมีค่าเท่ากับ 3,824 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางสด เป็นค่าที่ได้รับจากผลงานวิจัยการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ปาล์มน้ำมัน ไบโอดีเซล และผลิตภัณฑ์ยางพารา (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2556) แสดงดังตารางผนวก ฉ-1 โดยค่าดังกล่าวนำมาใช้ประกอบในการประเมินหาค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสดของโรงงานน้ำยางข้น ซึ่งจากตารางที่ 3-11 แสดงให้เห็นว่าค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสดเฉลี่ยมีค่าเป็น 9,417 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น ซึ่งโรงงานที่มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสดสูงสุด คือโรงงาน D(M) มีค่าเป็น 14,378 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น และโรงงานที่มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์น้อยที่สุดคือโรงงาน A(S) มีค่าเป็น 7,916 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น ซึ่งการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ในส่วนนี้สะท้อนให้เห็นว่าตัวแปรที่มีผลต่อการประเมิน คือ ปริมาณการใช้น้ำยางสดเพื่อนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำยางข้นจากการศึกษาครั้งนี้โรงงานที่มีการใช้น้ำยางสดน้อยที่สุดคือโรงงาน A(S) และโรงงานที่ใช้น้ำยางสดสูงสุดคือโรงงาน D(M) เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของกลุ่ม พบว่าโรงงาน D(M) ยังมีการใช้ปริมาณน้ำยางสดต่อการผลิตน้ำยางข้น 1 ตัน สูงกว่าโรงงานอื่นๆ จึงเป็นโรงงานที่สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพในส่วนนี้ได้อีก

ตารางที่ 3-11 ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์น้ำยางสดของโรงงานน้ำยางข้น

โรงงาน	ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด (กรีนวอเตอร์,ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น)
A(S)	7,916
B(S)	7,992
C(M)	8,260
D(M)	14,378
E(M)	9,063
F(L)	8,680
ค่าเฉลี่ย*	**9,417**

3.9.2.2 วอเตอร์ฟุตพรินต์ของกระบวนการผลิตน้ำยางข้นภายในโรงงาน

วอเตอร์ฟุตพรินต์ของกระบวนการผลิตน้ำยางข้นนั้นมีการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งการใช้น้ำทางตรง คือ น้ำที่นำใช้ในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นโดยตรงภายในโรงงาน หรือเรียกว่า บลูวอเตอร์ทางตรง เช่น การใช้น้ำที่สูบจากบ่อบาดาล น้ำประปา หรือบ่อน้ำผิวดิน เป็นต้น ผลแสดงดังตารางที่ 3-12 การใช้น้ำทางอ้อม คือ ปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับน้ำยางสด ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า เชื้อเพลิงและสารเคมี หรือเรียกว่า บลูวอเตอร์ทางอ้อม ซึ่งได้จากการทบทวนเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผลแสดงดังตารางที่ 3-13

ตารางที่ 3-12 การใช้น้ำทางตรงของโรงงานน้ำยางข้น

โรงงาน	การใช้น้ำทางตรง (บลูวอเตอร์ทางตรง, ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น)
A(S)	10.64
B(S)	11.33
C(M)	5.93
D(M)	5.24
E(M)	3.11
F(L)	2.97
ช่วง	2.97-11.33
ค่าเฉลี่ย *	**4.30**

หมายเหตุ : * เป็นค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักโดยใช้กำลังการผลิตน้ำยางข้นแต่ละโรงงาน

จากการศึกษาพบว่าการใช้น้ำตรงหรือบลูวอเตอร์ทางตรงของแต่ละโรงงานมีค่าเฉลี่ยการใช้น้ำประเภทนี้คิดเป็น 4.30 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น มีค่าอยู่ในช่วง 2.97-11.33 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น เมื่อพิจารณาค่าการใช้น้ำรายโรงงานจากปริมาณสูงไปต่ำพบว่า ค่าการใช้น้ำที่สูงสุดคือโรงงาน B(S) มีค่าเป็น 11.33 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น รองลงมาคือโรงงาน A(S) มีค่าการใช้น้ำเป็น 10.64 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น โรงงาน C(M) มีค่าการใช้น้ำเป็น 5.93 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น โรงงาน D(M) มีค่าการใช้น้ำเป็น 5.24 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น โรงงาน E(M) มีค่าการใช้น้ำเป็น 3.11 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น และโรงงาน F(L) มีค่าการใช้น้ำน้อยที่สุดมีค่าเป็น 2.97 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น เนื่องจากโรงงาน F(L) อยู่ในประเภทโรงงานขนาดใหญ่ที่มีการสูญเสียเนื้อยางในกระบวนการผลิตน้อยกว่าโรงงานอื่น นั้นหมายถึงโรงงาน F(L) มีประสิทธิภาพการผลิตที่ดีกว่าเมื่อนำมาคำนวณค่าการใช้น้ำเทียบการผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ได้ ผลที่คำนวณที่ได้จะมีค่าน้อยกว่าโรงงานอื่นๆเมื่อเทียบเป็นหน่วยผลิตภัณฑ์เดียวกัน ถึงแม้จะมีการใช้น้ำประเภทนี้ที่ใกล้เคียงกัน

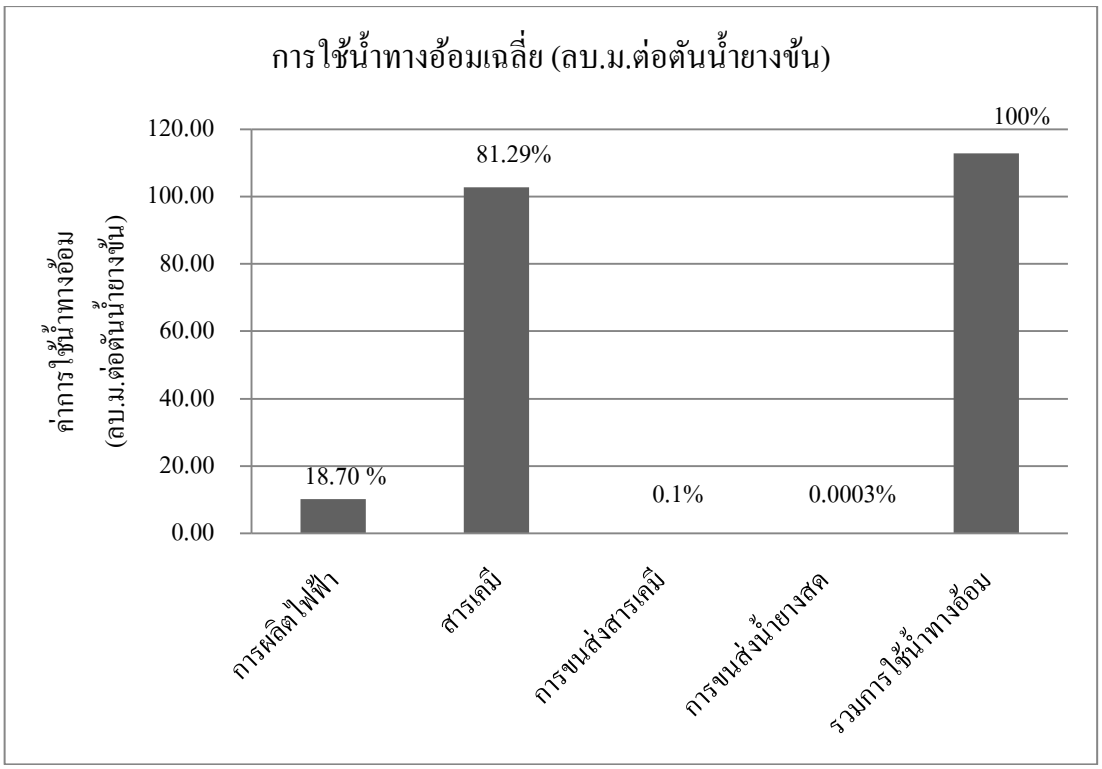
ในการศึกษานี้การใช้น้ำทางอ้อมนั้นคำนวณจากปริมาณการใช้สารเคมีและไฟฟ้าที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากโรงงานโดยตรง แล้วนำมาคูณกับค่าตัวคูณการใช้น้ำซึ่งได้จากการทบทวนเอกสาร แสดงในตารางผนวก ฉ-2 เมื่อพิจารณาการใช้น้ำทางอ้อมซึ่งประกอบด้วย การใช้น้ำของภาคการผลิตและภาคการขนส่ง การใช้น้ำของภาคการผลิตประกอบด้วย ปริมาณน้ำจากการผลิตสารเคมี ไฟฟ้าที่มาจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและน้ำมันดีเซล ปัจจุบันสามารถคำนวณการใช้น้ำทางอ้อมที่เกิดจากการผลิตสารเคมี ไฟฟ้า น้ำมันดีเซลและการใช้น้ำทางอ้อมของภาคการขนส่งประกอบด้วยการใช้น้ำทางอ้อมของการขนส่งสารเคมีและน้ำยางสดเข้าสู่โรงงาน

ค่าตัวคูณวอเตอร์ฟุตพรินต์ของสารขาเข้าในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นครั้งนี้ เป็นข้อมูลจากการคำนวณโดยใช้โปรแกรม SimaPro 7.3.2; Ecoinvent 2.2 จัดทำข้อมูลโดยหน่วยงานสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ โดยนำมาใช้ในการคำนวณการใช้น้ำทางอ้อมหรือบลูวอเตอร์ทางอ้อมของกระบวนการผลิตน้ำยางข้นทั้ง 6 โรงงาน

ค่าการใช้น้ำทางอ้อมของไฟฟ้า สารเคมี และการขนส่งมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 112.81 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น โดยค่าการใช้น้ำทางอ้อมของสารเคมีมีปริมาณเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุดมีค่าเป็น 102.67 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น รองลงมา ได้แก่ การใช้น้ำทางอ้อมของไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ยเป็น 10.13 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้นค่าการใช้น้ำทางอ้อมของการขนส่งสารเคมีและน้ำยางสดมายังโรงงานมีค่าเฉลี่ยเป็น 0.013 และ 0.0004 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้นตามลำดับ ผลแสดงดังตารางที่ 3-13

ตารางที่ 3-13 ค่าการใช้น้ำทางอ้อมหรือบลูวอเตอร์ทางอ้อมของไฟฟ้า สารเคมีและการขนส่งของโรงงานน้ำยางข้น

โรงงาน	ประเภทการผลิต	รายการผลิต/ขนส่ง	การใช้น้ำทางอ้อม (บลูวอเตอร์ทางอ้อม, ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น)
A (S)	น้ำยางข้น	ไฟฟ้า	1.04
		สารเคมี	125.48
		การขนส่งสารเคมี	0.008
		การขนส่งน้ำยางสด	0.0002
B (S)	น้ำยางข้น	ไฟฟ้า	1.22
		สารเคมี	134.93
		การขนส่งสารเคมี	0.007
		การขนส่งน้ำยางสด	0.0003
C (M)	น้ำยางข้น	ไฟฟ้า	12.78
		สารเคมี	40.47
		การขนส่งสารเคมี	0.006
		การขนส่งน้ำยางสด	0.0005
D (M)	น้ำยางข้น	ไฟฟ้า	12.78
		สารเคมี	236.36
		การขนส่งสารเคมี	0.044
		การขนส่งน้ำยางสด	0.0003
E (M)	น้ำยางข้น	ไฟฟ้า	20.19
		สารเคมี	49.28
		การขนส่งสารเคมี	0.005
		การขนส่งน้ำยางสด	0.0002
F(L)	น้ำยางข้น	ไฟฟ้า	12.78
		สารเคมี	29.48
		การขนส่งสารเคมี	0.005
		การขนส่งน้ำยางสด	0.0007
ค่าเฉลี่ย		ไฟฟ้า	10.13
		สารเคมี	102.67
		การขนส่งสารเคมี	0.013
		การขนส่งน้ำยางสด	0.0004
รวมการใช้น้ำทางอ้อมเฉลี่ย			**112.81**



ภาพประกอบที่ 3-4 การใช้น้ำทางอ้อมเฉลี่ย 6 โรงงาน (ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น)

ค่าการใช้น้ำทางอ้อมของการผลิตน้ำยางข้นพบว่า ค่าการใช้น้ำทางอ้อมส่วนใหญ่มาจากส่วนของสารเคมีซึ่งคิดเป็น 81.29 % รองลงมาเป็นการใช้น้ำทางอ้อมที่มาจากการผลิตไฟฟ้าคิดเป็น 18.70 % มาจากการขนส่งสารเคมีเข้าสู่โรงงานคิดเป็น 0.1 % และมาจากการขนส่งน้ำยางสดเข้าสู่โรงงานเป็นค่าที่น้อยที่สุดคือ 0.0003 % แสดงผลดังภาพประกอบที่ 3-4

เมื่อพิจารณาการใช้น้ำทางตรงรวมกับการใช้น้ำทางอ้อมของแต่ละโรงงาน พบว่าโรงงาน A(S) ค่าการใช้น้ำทางตรงรวมทางอ้อมมีค่าเป็น 137.17 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น ประกอบด้วย การใช้น้ำทางตรงมีค่าเท่ากับ 10.64 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น และการใช้น้ำทางอ้อมมีค่าเท่ากับ 126.53 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น การใช้น้ำทางตรงและการใช้น้ำทางอ้อมคิดเป็นร้อยละ 7.76 และ 92.24 ตามลำดับ

โรงงาน B(S) ค่าการใช้น้ำทางตรงรวมทางอ้อมมีค่าเป็น 147.49 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น ประกอบด้วย การใช้น้ำทางตรงมากที่สุดในกลุ่มตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 11.33 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น และการใช้น้ำทางอ้อมมีค่าเท่ากับ 136.16 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น การใช้น้ำทางตรงและการใช้น้ำทางอ้อมคิดเป็นร้อยละ 7.68 และ 92.32 ตามลำดับ

โรงงาน C(M) ค่าการใช้น้ำทางตรงรวมทางอ้อมที่น้อยที่สุดมีค่าเป็น 59.19 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น ประกอบด้วยการใช้น้ำทางตรงมีค่าเท่ากับ 5.93 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น และการใช้น้ำ

ทางอ้อมมีค่าเท่ากับ 53.26 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น การใช้น้ำทางตรงและการใช้น้ำทางอ้อมคิดเป็นร้อยละ 10.02 และ 89.98 ตามลำดับ

โรงงาน D(M) ค่าการใช้น้ำทางตรงรวมทางอ้อมที่สูงที่สุดมีค่าเป็น 254.42 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น ประกอบด้วย การใช้น้ำทางตรงมีค่าเท่ากับ 5.81 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น โดยการใช้น้ำทางอ้อมมีค่ามากที่สุดคือ 249.18 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น การใช้น้ำทางตรงและการใช้น้ำทางอ้อมคิดเป็นร้อยละ 2.28 และ 97.72 ตามลำดับ

โรงงาน E(M) มีค่าการใช้น้ำทางตรงรวมทางอ้อมมีค่าเป็น 72.59 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น ประกอบด้วย การใช้น้ำทางตรงมีค่าเป็น 3.11 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น คิดเป็นร้อยละ 4.28 และการใช้น้ำทางอ้อมมีค่าเท่ากับ 69.48 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น คิดเป็นร้อยละ 95.72

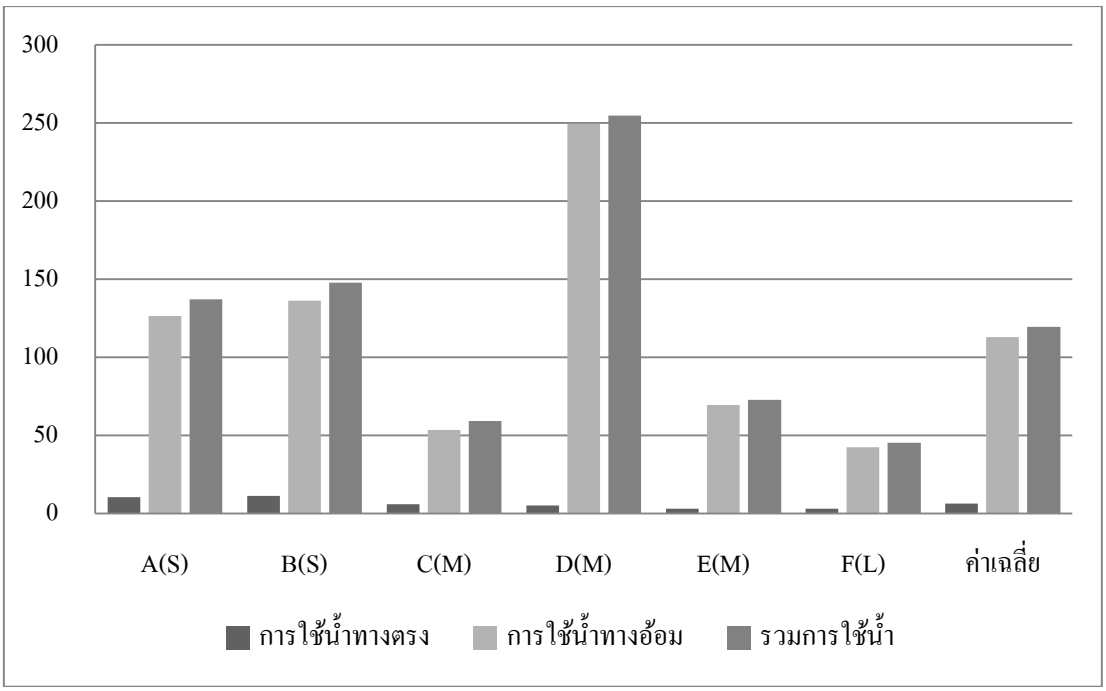
โรงงาน F(L) มีค่าการใช้น้ำทางตรงรวมทางอ้อมมีค่าเป็น 45.24 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น ประกอบด้วย การใช้น้ำทางตรงที่น้อยที่สุดในกลุ่มตัวอย่างมีค่าเป็น 2.97 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น และการใช้น้ำทางอ้อมมีค่าเป็น 42.27 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น การใช้น้ำทางตรงและทางอ้อมคิดเป็นร้อยละ 6.56 และ 93.44 ตามลำดับ

จากการศึกษาพบว่าค่าการใช้น้ำทางตรงรวมทางอ้อมของแต่ละโรงงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 119.35 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น ประกอบด้วยการใช้น้ำทางตรงมีค่าเป็น 4.30 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น คิดเป็นร้อยละ 3.60 และการใช้น้ำทางอ้อมมีค่าเท่ากับ 112.81 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น คิดเป็นร้อยละ 96.4 แสดงผลดังตารางที่ 3-14

ตารางที่ 3-14 การใช้น้ำทางตรงและทางอ้อมของโรงงานน้ำยางข้นรายโรงงาน

โรงงาน	การใช้น้ำทางตรง (ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น)	การใช้น้ำทางอ้อม (ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น)	รวมการใช้น้ำทางตรงและทางอ้อม (ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น)
A(S)	10.64	126.53	137.17
B(S)	11.33	136.16	147.49
C(M)	5.93	53.26	59.19
D(M)	5.24	249.18	254.42
E(M)	3.11	69.48	72.59
F(L)	2.97	42.27	45.24
ค่าเฉลี่ย *	**4.30**	**112.81**	**119.35**

หมายเหตุ : * เป็นค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักโดยใช้กำลังการผลิตน้ำยางข้นแต่ละโรงงาน



ภาพประกอบที่ 3-5 การใช้น้ำทางตรงรวมทางอ้อมของโรงงานน้ำยางข้น (ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น)

3.9.3 เกรย์วอเตอร์ฟุตพรินต์ของโรงงานน้ำยางข้น

ในการศึกษานี้ การคำนวณค่าเกรย์วอเตอร์ของน้ำเสียใช้พารามิเตอร์บีโอดีเป็นพารามิเตอร์พื้นฐานในการคำนวณ เนื่องจากเป็นค่าที่มีในกำหนดมาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมและมาตรฐานน้ำผิวดินประเภทที่ 4 (กรมควบคุมมลพิษ, 1994) โดยค่า C_{max} มีค่าเท่ากับ 4 มก.ต่อลิตร และ C_{nat} มีค่าเท่ากับ 0 มก.ต่อลิตร ค่าที่ใช้ในคำนวณและค่าเกรย์วอเตอร์จากน้ำเสียที่ได้จากการคำนวณ แสดงดังตารางที่ 3-15

ตารางที่ 3-15 ลักษณะสมบัติน้ำเสียและค่าเกรย์วอเตอร์จากน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้น

พารามิเตอร์	โรงงาน					
	A (S)	**B(S)**	**C(M)**	**D(M)**	**E(M)**	**F(L)**
1.อัตราการไหลของน้ำดิบ (ลบ.ม.ต่อวินาที), Q_{abst}	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002	0.005
2.บีโอดีในน้ำดิบ (มก.ต่อลิตร), C_{abst}	0.12	0.18	0.19	0.69	0.33	0.09
3.อัตราการไหลของน้ำเสีย (ลบ.ม.ต่อวินาที), Q_{eff}	0.0034	0.003 1	0.0022	0.0035	0.0021	0.0056
4.บีโอดีในน้ำเสีย (มก.ต่อลิตร), C_{eff}	29	40	78.9	32.8	36.77	19
5.ค่าเกรย์วอเตอร์จากน้ำเสีย (ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น)	61	78	108	38	7	9
ค่าเฉลี่ย*			**29.22**			

หมายเหตุ : * เป็นค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักโดยใช้กำลังการผลิตน้ำยางข้นแต่ละโรงงาน

จากการศึกษา พบว่าค่าเกรย์วอเตอร์จากน้ำเสียมีค่าเฉลี่ยเป็น 29.22 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น มีค่าอยู่ในช่วง 7.00-108 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น เมื่อพิจารณาค่าการใช้เกรย์วอเตอร์รายโรงงานจากปริมาณสูงไปต่ำพบว่า ค่าการใช้เกรย์วอเตอร์ที่สูงสุดคือโรงงาน C(M) มีค่าเป็น 108 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น รองลงมาคือโรงงาน B(S) มีค่าการใช้เกรย์วอเตอร์เป็น 78 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น โรงงาน A(S) มีค่าการใช้เกรย์วอเตอร์เป็น 61 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น โรงงาน D(M) มีค่าการใช้เกรย์วอเตอร์เป็น 38 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น โรงงาน F(L) มีค่าการใช้น้ำบลูวอเตอร์เป็น 9 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น และโรงงาน E(M) มีค่าการใช้เกรย์วอเตอร์น้อยที่สุด มีค่าปีน 7 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น จากการศึกษาโรงงาน E(M) พบว่ามีการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียภายในโรงงานแบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge Process) ซึ่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมน้ำยางข้น เนื่องจากไม่เกิดกลิ่นเหม็นรบกวน ซึ่งมีการควบคุมสภาวะแวดล้อมต่างๆของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานนี้ที่ดี คือมีการสร้างบ่อดักยางหลายบ่อและดักยางได้ดี รวมทั้งมีการคัดเลือกจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพดีกว่า ทำให้ระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด

เมื่อนำผลการศึกษาจากตารางที่ 3-16 มาพิจารณาเปรียบเทียบกับลักษณะสมบัติน้ำเสียและประสิทธิภาพของระบบบำบัดของน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้นในตารางที่ 3-9 พบว่า ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้นไม่มีผลต่อการประเมินค่าเกรย์วอเตอร์ เนื่องจาก

ประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียของโรงงานทั้งที่ทำการศึกษาครั้งนี้มีค่าที่สูงมากอยู่แล้ว (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 97.55%) สามารถลดค่าความสกปรกในน้ำเสียได้เป็นอย่างดี แต่ตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อการประเมินเกรย์วอเตอร์ของโรงงานน้ำยางข้นคือ ค่า BOD ในน้ำเสียและค่า BOD ในน้ำทิ้ง ซึ่งถ้าหากโรงงานมีค่า BOD ในน้ำเสียที่สูงจะส่งผลให้ค่าเกรย์วอเตอร์สูงเช่นเดียวกัน ดังนั้นการลดมลสารปนเปื้อนและขณะเดียวกันต้องลดปริมาณการเกิดน้ำเสียในน้ำเสียตั้งแต่ต้นทางจะสามารถลดค่าเกรย์วอเตอร์และวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมของโรงงานน้ำยางข้นลงได้

3.10 ผลการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์น้ำยางข้น

งานวิจัยนี้ทำการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์น้ำยางข้นโดยใช้วิธีการประเมินแบบรวมสะสมในแต่ละขั้นตอน (Step-Wise Accumulative Approach) ตามหลักการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์นั้น ต้องมีการพิจารณาการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อมในกระบวนการผลิต พิจารณาถึงแหล่งน้ำที่เกี่ยวข้อง 3 ประเภท คือ วอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด บลูวอเตอร์และเกรย์วอเตอร์ ผลการประเมินแสดงดังตารางที่ 3-16

ตารางที่ 3-16 การใช้น้ำแต่ละประเภทของโรงงานน้ำยางข้น

โรงงาน	ปริมาณการใช้น้ำแต่ละประเภท (ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น)				รวมการใช้น้ำทั้งหมด (ลบ.ม.ต่อตัน)
	วอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด	บลูวอเตอร์ (ทางตรง)	บลูวอเตอร์ (ทางอ้อม)	เกรย์วอเตอร์ (น้ำเสีย)	
A	7,916	10.64	126.53	61.00	8,114.17
B	7,992	11.33	136.16	78.00	8,217.49
C	8,260	5.93	53.26	108.00	8,427.19
D	14,378	5.24	249.18	38.00	14,670.42
E	9,063	3.11	69.48	7.00	9,142.59
F	8,680	2.97	42.27	9.00	8,734.24
ค่าเฉลี่ย*	**9,417**	**4.30**	**112.81**	**29.22**	**9,563.33**
เปอร์เซ็นต์การใช้น้ำ	**98.46%**	**0.05 %**	**1.18%**	**0.31%**	**100%**

หมายเหตุ: * เป็นค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักโดยใช้กำลังการผลิตน้ำยางข้นแต่ละโรงงาน

ผลการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์น้ำยางข้นจะประกอบไปด้วยค่ากรีนวอเตอร์หรือค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของการปลูกยางเพื่อให้ได้มาซึ่งน้ำยางสด บลูวอเตอร์และเกรย์วอเตอร์ พบว่า กระบวนการผลิตน้ำยางข้นมีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสดสูงสุด คือ 9,417 ลบ.ม. ต่อตันน้ำยางข้น ซึ่งเป็นปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับวัตถุดิบคือค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของการปลูกยางเพื่อให้ได้มาซึ่งน้ำยางสด ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตน้ำยางข้น รองลงมาคือค่าบลูวอเตอร์ทางอ้อมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 112.81 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น เกรย์วอเตอร์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.22 ลบ.ม. ต่อตันน้ำยางข้น และการใช้น้ำประภทบลูวอเตอร์ทางตรงน้อยที่สุด คือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.30 ลบ.ม. ต่อตันน้ำยางข้น ซึ่งเป็นข้อมูลปริมาณการใช้น้ำแต่ละประเภทของโรงงานน้ำยางข้นสำหรับนำไปใช้ในการคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์น้ำยางข้นแต่ละโรงงานต่อไป

จากผลการศึกษานี้ พบว่าค่าการใช้น้ำที่เกิดขึ้นภายในโรงงานน้ำยางข้น คือค่าการใช้น้ำประเภทบลูวอเตอร์ (บลูวอเตอร์ทางตรงและบลูวอเตอร์ทางอ้อม) รวมกับค่าเกรย์วอเตอร์คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 146.33 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น คิดเป็น 1.54% ของการใช้น้ำทั้ง 3 ประเภท เมื่อพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ของน้ำยางข้น พบว่าค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ที่สูงจะมาจากในส่วนของค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสดที่เป็นปริมาณน้ำที่ติดตัวมาจากขั้นตอนการเพาะปลูกยาง คือค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของการปลูกยางเพื่อให้ได้มาซึ่งน้ำยางสดคิดเป็น 98.46% ซึ่งการลดค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์จากการปลูกยางสามารถทำได้โดยการพิจารณาเลือกปลูกยางพาราพันธุ์ดีที่ให้ผลผลิตต่อไร่ต่อปีสูงสุด ในขณะที่ปริมาณความต้องการใช้น้ำในการปลูกยางพาราเท่าเดิม ซึ่งวิธีนี้สามารถช่วยลดปริมาณความต้องการใช้น้ำต่อตันของเนื้อยางแห้งลงได้ แต่ถ้าพิจารณากระบวนการผลิตภายในโรงงาน พบว่า การใช้น้ำสูงมากจากการใช้น้ำประเภทเกรย์วอเตอร์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น ลักษณะน้ำเสียของแต่ละโรงงาน และระบบบำบัดที่โรงงานนำมาเลือกใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งจากการศึกษานี้สามารถบ่งชี้ได้ว่าการใช้น้ำสูงสุดของกระบวนการผลิตน้ำยางข้นเกิดจากการใช้น้ำยางสดเพื่อผลิตเป็นน้ำยางข้น 1 ตัน ซึ่งถ้าหากโรงงานมีค่าการใช้น้ำยางสดสูงมีผลทำให้การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของโรงงานนั้นสูงเช่นกัน ดังนั้นวิธีการแก้ไขที่โรงงานน้ำยางข้นสามารถทำได้คือ การปรับปรุงและแก้ไขประสิทธิภาพการใช้วัตถุดิบหลักและทรัพยากรร่วมอื่นๆ ในการผลิตน้ำยางข้นให้เทียบเท่ากับโรงงานที่มีการใช้วัตถุดิบน้อยกว่า สามารถลดค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ลงได้

3.10.1 ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของโรงงานน้ำยางข้นแบบรวมเกรย์วอเตอร์และไม่รวมเกรย์วอเตอร์

การประเมินการใช้น้ำประเภทเกรย์วอเตอร์ คือการพิจารณาด้านระบบบำบัดน้ำเสีย ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียและลักษณะสมบัติน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้น โดยการพิจารณาว่าโรงงานที่ทำการศึกษามีการปล่อยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติหรือไม่ หากมีการปล่อยน้ำที่ผ่านการบำบัดลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาตินั้นต้องเสนอผลในรูปแบบค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์แบบรวมเกรย์วอเตอร์ แต่หากไม่มีการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ต้องแสดงผลในรูปแบบค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์แบบไม่รวมเกรย์วอเตอร์ โดยการศึกษาครั้งนี้โรงงานน้ำยางข้นทั้ง 6 โรงงาน พบว่าไม่มีการทิ้งน้ำทิ้งหรือน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วออกนอกโรงงานเลย ดังนั้นการเสนอผลการศึกษาครั้งนี้จึงต้องเสนอผลแบบค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์แบบไม่รวมเกรย์วอเตอร์แสดงดังตารางที่ 3-17

ตารางที่ 3-17 ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของโรงงานน้ำยางข้นแบบรวมเกรย์และไม่รวมเกรย์วอเตอร์

โรงงาน	ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ (ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น)	
	ไม่รวมเกรย์วอเตอร์	รวมเกรย์วอเตอร์
A(S)	8,053	8,114
B(S)	8,089	8,212
C(M)	8,319	8,427
D(M)	14,632	14,670
E(M)	9,136	9,143
F(L)	8,725	8,734
ค่าเฉลี่ย*	**9,534**	**9,563**

หมายเหตุ: * เป็นค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักโดยใช้กำลังการผลิตน้ำยางข้นแต่ละโรงงาน

ผลจากตารางที่ 3-18 พบว่าค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์เฉลี่ยแบบไม่รวมเกรย์วอเตอร์และรวมเกรย์วอเตอร์มีความแตกต่างกันน้อยมาก แม้ว่าค่าเกรย์วอเตอร์ในน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้นของแต่ละโรงงานมีความแตกต่างกันตามมลพิษต้นทางในน้ำเสีย และประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานนั้นๆ นำมาใช้ แต่เมื่อมีการเปรียบเทียบค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์การคิดรวมเกรย์วอเตอร์และไม่รวมเกรย์วอเตอร์สำหรับโรงงานน้ำยางข้นแล้วนั้นพบว่าค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของแต่ละกรณีมีความแตกต่างกันน้อยมาก ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการใช้น้ำประเภทเกรย์วอเตอร์ที่เกิดขึ้นในโรงงานน้ำยางข้นนั้นมีผลทำให้ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของแต่ละโรงงานเปลี่ยนแปลงน้อยมาก อย่างไรก็ตาม

ทางโรงงานควรมีการลดมลพิษต้นทางที่จะก่อให้เกิดเป็นของเสียน้อยที่สุด ย่อมส่งผลที่ประโยชน์ต่อการลดภาระต่อสิ่งแวดล้อมและยังสามารถลดค่าเกรย์วอเตอร์ของการผลิตน้ำยางข้นลงได้อีกเช่นเดียวกัน

3.10.2 ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของโรงงานน้ำยางข้นแบบคิดการปันส่วน

จากการปันส่วนค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์เพื่อให้ได้ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางข้นที่แท้จริง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์เป้าหมายของการศึกษาในครั้งนี้แล้วยังสามารถคิดค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของยางสกิมซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นได้ทั้ง 6 โรงงาน โดยพบว่าหลังจากการปันส่วนโดยราคา พบว่าทำให้ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมทั้งโรงงานมีค่าเป็นวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางข้นคิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 92 % และประมาณ 8% กลายเป็นค่าวอตอร์ฟุตพรินต์ของยางสกิม แสดงผลดังตารางที่ 3-18

ตารางที่ 3-18 ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของโรงงานน้ำยางข้นแบบคิดการปันส่วน

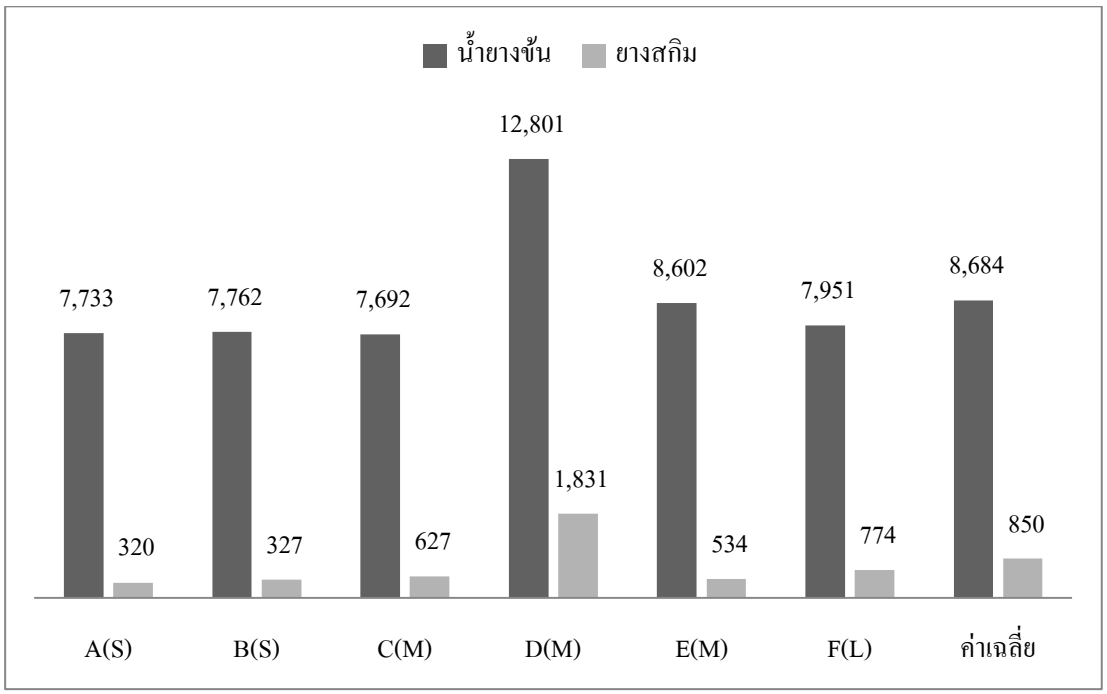
โรงงาน	แบบไม่รวมเกรย์วอเตอร์ (ลบ.ม.ต่อตันผลิตภัณฑ์)		แบบรวมเกรย์วอเตอร์ (ลบ.ม.ต่อตันผลิตภัณฑ์)	
	น้ำยางข้น	ยางสกิม	น้ำยางข้น	ยางสกิม
A(S)	7,733	320	7,790	324
B(S)	7,762	327	7,830	382
C(M)	7,692	627	7,791	636
D(M)	12,801	1,831	12,834	1,836
E(M)	8,602	534	8,616	527
F(L)	7,951	774	7,960	774
ค่าเฉลี่ย *	**8,684**	**850**	**8,712**	**851**

หมายเหตุ : * เป็นค่าเฉลี่ยโดยถ่วงน้ำหนักตามกำลังการผลิตของแต่ละโรงงาน และเป็นค่าการประเมิน ในกรณีที่ 4

สำหรับการนำเสนอผลค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของโรงงานน้ำยางข้นแบบคิดการปันส่วนนั้นเป็นการแสดงค่าจากการประเมินในรูปแบบที่ 4 ที่มีการคิดรวมการใช้น้ำวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด บลูวอเตอร์ทางตรงและบลูวอเตอร์ทางอ้อม แต่เนื่องจากโรงงานน้ำยางข้นทุกโรงงานที่ทำการศึกษาครั้งนี้ไม่ทิ้งน้ำที่ผ่านการบำบัดออกนอกโรงงาน ซึ่งจากการศึกษากระบวนการผลิตน้ำยางข้นมีผลิตภัณฑ์หลักและผลิตภัณฑ์ร่วมเกิดขึ้นคือ น้ำยางข้น (DRC 60%) เป็นผลิตภัณฑ์หลัก

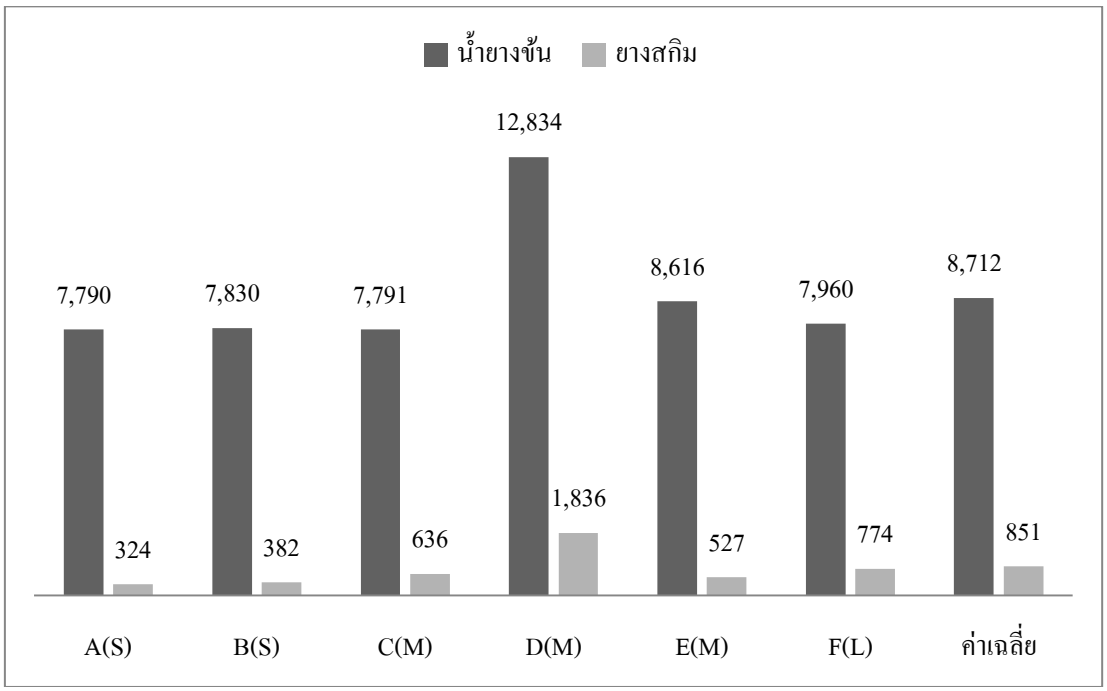
และยางสกิม (ยางสกิมบล็อก ยางสกิมเครพ และยางสกิมลัมป์) เป็นผลิตภัณฑ์ร่วม ซึ่งยางสกิม คือ การนำเอาหางน้ำยางที่เกิดจากขั้นตอนการปั่นแยกมาเข้ากระบวนการผลิตผลิตได้เป็นยางสกิมชนิดต่างๆตามข้างต้น

การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมน้ำยางข้นต้องมีการปันส่วนให้กับยางสกิมแบบไม่รวมเกรย์วอเตอร์ พบว่าโรงงานมีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์เฉลี่ยของน้ำยางข้นมีค่าเป็น 8,684 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น ซึ่งพบว่าโรงงานที่มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์มากที่สุดคือโรงงาน D(M) มีค่าเป็น 12,801 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น รองลงมาคือโรงงาน E(M), F(L), A(S), B(S) แล C(M) มีค่าเป็น 8,602 7,951 7,731 7,762 และพบว่าโรงงาน C(M) มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางข้นน้อยที่สุด มีค่าเป็น 7,692 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น ตามลำดับโดยมี 5โรงงานที่มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางข้นต่ำกว่าค่าเฉลี่ย แสดงผลดังภาพประกอบที่ 3-6



ภาพประกอบที่ 3-6 ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์จากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นแบบคิดการปันส่วน (ไม่รวมเกรย์วอเตอร์)

สำหรับการประเมินแบบรวมเกรย์วอเตอร์นั้น พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของแต่ละโรงงานน้อยมาก จึงทำให้ลำดับของโรงงานที่มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์จากมากไปน้อยทั้ง 2 แบบมีผลเหมือนกัน โดยพบว่าโรงงานมีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์เฉลี่ยของน้ำยางข้นมีค่าเป็น 8,712 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น ซึ่งพบว่าโรงงานที่มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์มากที่สุดคือโรงงาน D(M) มีค่าเป็น 12,834 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น และพบว่าโรงงาน A(S) มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางข้นน้อยที่สุด มีค่าเป็น 7,790 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น โดยมี 5โรงงานที่มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางข้นต่ำกว่าค่าเฉลี่ย แสดงผลดังภาพประกอบที่ 3-7

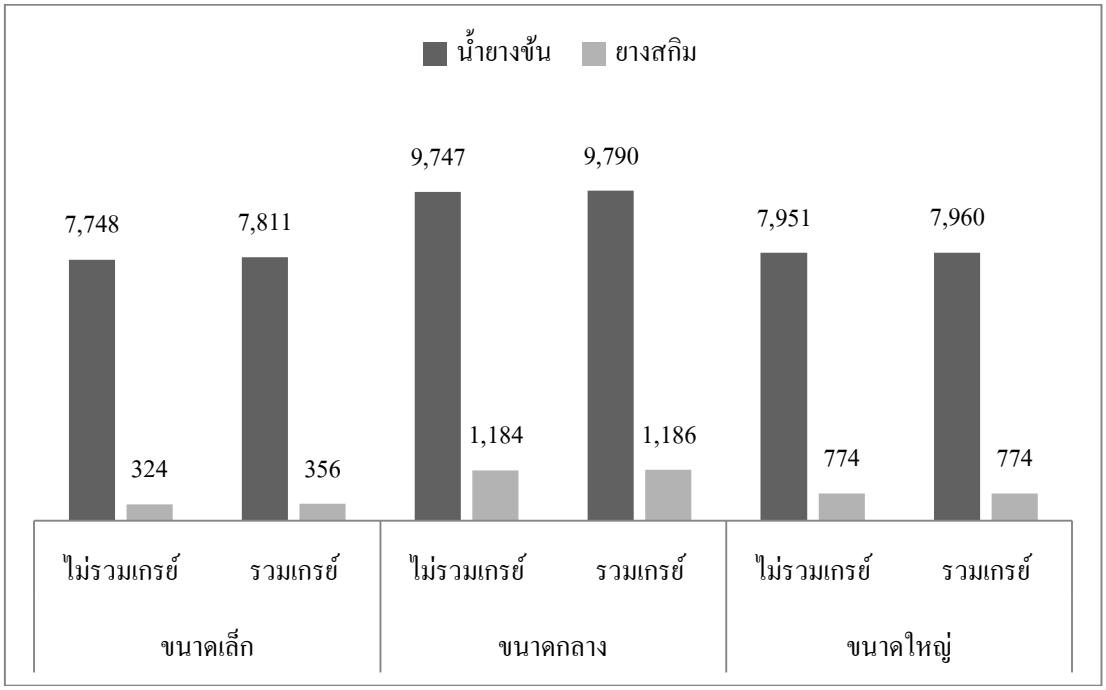


ภาพประกอบที่ 3-7 ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์จากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นแบบคิดการปันส่วน (รวมเกรย์วอเตอร์)

3.10.3 ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ในแต่ละกลุ่มโรงงาน

จากการศึกษานี้ เมื่อแบ่งกลุ่มโรงงานออกเป็น 3 กลุ่มโรงงาน มีดังนี้ กลุ่มโรงงานขนาดเล็กมี 2 โรงงาน คือ A(S) และ B(S) กลุ่มโรงงานขนาดกลางมี 3โรงงาน คือ C(M) D(M) และ E(M) และกลุ่มโรงงานขนาดใหญ่มีเพียงโรงงานเดียว คือ F(L) จากการศึกษานี้สะท้อนให้เห็นว่าขนาดของโรงงานน้ำยางข้นไม่มีผลต่อการประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ ซึ่งพบว่ากลุ่มโรงงานน้ำยางข้นที่มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์มากที่สุดคือ กลุ่มโรงงานขนาดกลาง มีค่าแบบไม่รวมเกรย์วอเตอร์และรวม

เกรย์วอเตอร์มีค่าเป็น 9,747 และ 9,790 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น รองลงมาคือ กลุ่มโรงงานขนาดใหญ่ มีค่าเป็น 7,951 และ 7,960 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น กลุ่มโรงงานขนาดเล็กมีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์น้อยที่สุด มีค่าเป็น 7,748 และ 7,811 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น ตามลำดับ จากการประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ตามกลุ่มโรงงานแสดงให้เห็นชัดเจนว่ากลุ่มโรงงานขนาดกลางมีประสิทธิภาพในการใช้วัตถุดิบและทรัพยากรสนับสนุน โดยเฉพาะโรงงาน D(M) พบว่าเป็นโรงงานเดียวที่มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางข้นมากกว่าค่าเฉลี่ย ดังนั้นจึงควรมีมาตรการเร่งด่วนในการแก้ไขปรับปรุงการใช้วัตถุดิบและทรัพยากรสนับสนุนชนิดต่างๆให้มีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับกลุ่มโรงงานขนาดใหญ่และขนาดเล็ก โดยการใช้การเปรียบเทียบตามรูปแบบการทำเบนมาร์กกิ้งของโรงงานประเภทเดียวกันต่อไป แสดงผลดังภาพประกอบที่ 3-8 และตารางที่ 3-19

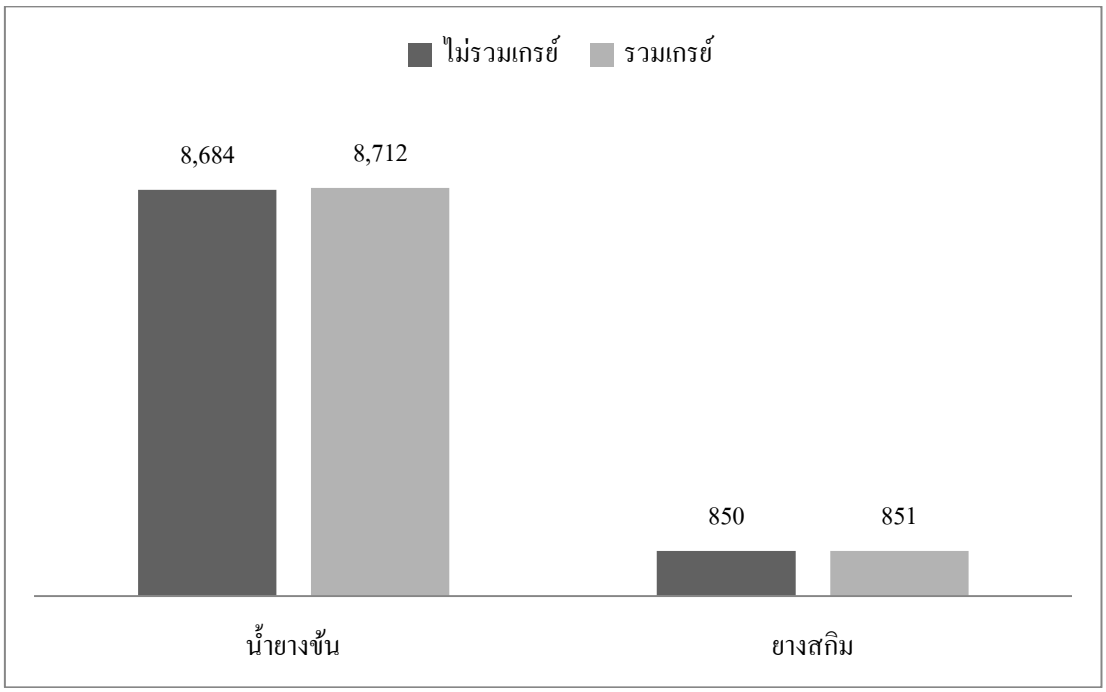


ภาพประกอบที่ 3-8 ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์น้ำยางข้นในแต่ละกลุ่มโรงงาน

3.10.4 ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์เฉลี่ยของผลิตภัณฑ์หลักและผลิตภัณฑ์ร่วม

จากผลการศึกษา การพิจารณาว่าจะนำค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์รูปแบบไหนไปใช้ต้องพิจารณาว่าโรงงานน้ำยางข้นนั้นๆมีการทิ้งหรือไม่ทิ้งน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ถ้าหากเป็นกรณีที่ทิ้งน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำอื่นนอกโรงงานค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ที่ต้องนำไปใช้ คือค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์แบบรวมเกรย์วอเตอร์ แต่ถ้าหากเป็นกรณีที่ไม่ทิ้งน้ำทิ้งค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์แบบไม่รวม

เกรย์วอเตอร์ ซึ่งโรงงานน้ำยางข้นที่ทำการศึกษาครั้งนี้ให้ข้อมูลว่าไม่มีการทิ้งน้ำออกนอกโรงงาน ดังนั้นค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์เฉลี่ยของน้ำยางข้นจึงใช้ค่าแบบไม่รวมเกรย์วอเตอร์มีค่าเป็น 8,684 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น และค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของยางสกิมที่ทำการปันส่วนโดยใช้ราคา (ข้อมูลย้อนหลัง 5 ปี) ใช้ในการถ่วงน้ำหนักมีค่าหลังการปันส่วนแบบรวมเกรย์วอเตอร์เป็น 850 ลบ.ม.ต่อตันยางสกิม เป็นค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมน้ำยางข้นในพื้นที่จังหวัดสงขลา ที่สามารถใช้ประกอบการศึกษาด้านทรัพยากรน้ำในพื้นที่จังหวัดสงขลาต่อไปได้ แสดงดังภาพประกอบที่ 3-9 และตารางที่ 3-20



ภาพประกอบที่ 3-9 ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์เฉลี่ยของผลิตภัณฑ์หลักและผลิตภัณฑ์ร่วม (ผลิตภัณฑ์หลักคือน้ำยางข้น และผลิตภัณฑ์ร่วมคือยางสกิม)

ตารางที่ 3-19 ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์น้ำยางข้นในแต่ละกลุ่มโรงงาน (หน่วย: ลบ.ม.ต่อตันผลิตภัณฑ์)

ผลิตภัณฑ์	กลุ่มโรงงาน					
	กลุ่มโรงงานขนาดเล็ก		กลุ่มโรงงานขนาดกลาง		กลุ่มโรงงานขนาดใหญ่	
	ไม่รวมเกรย์จากน้ำเสีย	รวมเกรย์จากน้ำเสีย	ไม่รวมเกรย์จากน้ำเสีย	รวมเกรย์จากน้ำเสีย	ไม่รวมเกรย์จากน้ำเสีย	รวมเกรย์จากน้ำเสีย
น้ำยางข้น (ลบ.ม. ต่อตันน้ำยางข้น)	7,748	7,811	9,747	9,790	7,951	7,960
ยางสกิม (ลบ.ม. ต่อตันยางสกิม)	324	356	1,184	1,186	774	774

หมายเหตุ : * เป็นค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักโดยใช้กำลังการผลิตน้ำยางข้นแต่ละโรงงานและค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ที่นำมาปันส่วนคือค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์จากกรณี ที่ 4

ตารางที่ 3-20 ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์เฉลี่ยของผลิตภัณฑ์หลักและผลิตภัณฑ์ร่วม (หน่วย: ลบ.ม.ต่อตันผลิตภัณฑ์)

ผลิตภัณฑ์	วอเตอร์ฟุตพรินต์	
	แบบไม่รวมเกรย์จากน้ำเสีย	แบบรวมเกรย์จากน้ำเสีย
น้ำยางข้น (ลบ.ม. ต่อตันน้ำยางข้น)	8,684	8,712
ยางสกิม (ลบ.ม.ต่อตันยางสกิม)	850	851

หมายเหตุ : * เป็นค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักโดยใช้กำลังการผลิตน้ำยางข้นแต่ละโรงงานและค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ที่นำมาปันส่วนคือค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์จากกรณีที่ 4

บทที่ 4

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

4.1 บทสรุป

การศึกษานี้ได้ทำการศึกษาโรงงานน้ำยางข้นในพื้นที่จังหวัดสงขลา โดยเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณการใช้ทรัพยากรและของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นรวมทั้งหมด 6 โรงงาน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มโรงงานเพื่อให้ครอบคลุมขนาดของโรงงานที่มีทั้งหมดในพื้นที่ศึกษาครั้งนี้ คือกลุ่มโรงงานขนาดเล็ก (S) มีกำลังการผลิตน้ำยางข้นน้อยกว่า 2,000 ตันต่อเดือน โรงงานขนาดกลาง (M) มีกำลังการผลิตน้ำยางข้นระหว่าง 2000-4,000 ตันต่อเดือน และโรงงานขนาดใหญ่ (L) มีกำลังการผลิตน้ำยางข้นมากกว่า 4,000 ตันต่อเดือน หลังจากการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์แต่ละกลุ่มโรงงานพบว่าโรงงานขนาดเล็กมีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางข้นน้อยที่สุด รองลงมาคือโรงงานขนาดใหญ่และโรงงานขนาดกลาง ตามลำดับ

จากการศึกษาโรงงานน้ำยางข้นในจังหวัดสงขลาเพื่อประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของโรงงานน้ำยางข้นนั้น พบว่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์น้ำยางข้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8,712 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น มาจากวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสดเท่ากับ 8,678.48 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางสด บลูวอเตอร์เท่ากับ 4.30 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น และเกรย์วอเตอร์เท่ากับ 29.22 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น แต่เนื่องจากโรงงานน้ำยางข้นเหล่านี้ไม่มีการทิ้งน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ การแสดงค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์จึงต้องนำเสนอเป็นค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์แบบไม่รวมเกรย์วอเตอร์มีค่าเป็น 8,684 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น และเมื่อพิจารณาแยกตามขนาดโรงงาน พบว่า โรงงานขนาดใหญ่มีค่าวอเตอร์ฟุต-พรินต์เฉลี่ยเท่ากับ 7,951 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น โรงงานขนาดกลางมีค่าเท่ากับ 9,747 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น และโรงงานขนาดเล็ก มีค่าเท่ากับ 7,748 ลบ.ม.ต่อตันน้ำยางข้น พบว่าโรงงานขนาดกลางมีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์สูงกว่าโรงงานอื่นๆ รองลงมาคือโรงงานขนาดใหญ่และขนาดเล็กตามลำดับ

โรงงานผลิตน้ำยางข้นทั้ง 3 กลุ่มโรงงานมีการใช้น้ำที่มาจากแหล่งน้ำธรรมชาติ (บลูวอเตอร์) คือ น้ำบาดาลและน้ำประปาเป็นหลัก และในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นมีการใช้น้ำมากในด้านการล้าง เช่น การล้างบ่อรับน้ำยางสด ล้างเครื่องปั่นยาง ล้างบ่อเก็บน้ำยางข้นและล้างพื้นเป็นต้น ซึ่งในกระบวนการล้างเครื่องปั่นยางมีอัตราการใช้น้ำสูงที่สุด และมีการใช้น้ำสิ้นเปลืองที่สุด เนื่องจากจะต้องมีการล้างเครื่องปั่นยางทุก 2-3 ชั่วโมง แต่เมื่อพิจารณาการใช้น้ำแต่ละประเภทพบว่ากรีนวอเตอร์ที่ติดตัวมากับน้ำยางสดจากการปลูกยางมีค่าสูงกว่าการใช้น้ำประเภทบลูวอเตอร์และเกรย์วอเตอร์ที่มีการใช้ในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น จากผลการศึกษาทั้ง 3 กลุ่มตัวอย่างแสดงให้

เห็นว่าปริมาณการใช้น้ำมีความแตกต่างกันมากและชี้ให้เห็นว่าการใช้น้ำของโรงงานขนาดกลางและขนาดใหญ่สามารถลดการใช้น้ำได้อีก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีมาตรการเร่งด่วนในการแสวงหาแนวทางลดการใช้น้ำ พลังงาน การสูญเสียเนื้อยางและลดของเสียที่เกิดขึ้น เนื่องจากการใช้ทรัพยากรและของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นมีผลต่อการประเมินค่าวอเตอร์ฟุต-พรินต์ของอุตสาหกรรมน้ำยางข้นเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะการลดการสูญเสียเนื้อยางเพื่อให้ได้เป็นผลิตภัณฑ์มากที่สุดจะมีผลทำให้สามารถลดค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ได้เป็นอย่างดีเนื่องจากค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ที่ติดตัวน้ำยางสดมีค่าสูงมาก และจากการศึกษา (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2544) พบว่าต้นทุนแปรผันของโรงงานผลิตน้ำยางข้นพบว่า ต้นทุนค่าวัตถุดิบเป็นต้นทุนที่สูงที่สุดคิดเป็นประมาณ 71-81% ของต้นทุนแปรผันทั้งหมด ดังนั้นถ้าผู้ประกอบการโรงงานทำให้วัตถุดิบแปรรูปไปเป็นผลิตภัณฑ์ได้มากเท่าไหร ก็จะสูญเสียน้อยลง และประหยัดต้นทุนมากขึ้น โดยอุปกรณ์และเครื่องมือในการผลิตน้ำยางข้นที่มีผลต่อการผลิตมากที่สุดคือเครื่องปั่นแยกน้ำยางข้น โดยธรรมชาติของการใช้เครื่องปั่นแยกน้ำยางข้นนั้น ถ้าต้องการให้มีประสิทธิภาพในการปั่นสูงจะต้องใช้เวลาในการปั่นน้ำยางข้นนานขึ้นจึงจะทำให้เนื้อยางถูกเหวี่ยงไปอยู่ในน้ำยางข้นมากขึ้น และเหลืออยู่ในหางน้ำยางน้อยลง ซึ่งวิธีการลดการสูญเสียเนื้อยางสามารถลดได้ทั้งค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์และยังสามารถลดต้นทุนในการซื้อวัตถุดิบได้เป็นอย่างดี สำหรับกลุ่มโรงงานขนาดกลางและขนาดใหญ่ และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำสำหรับกลุ่มโรงงานขนาดเล็กต่อไป แต่เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้ยังไม่มีการรวมค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของสารเคมีบางชนิดที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น เนื่องจากยังไม่มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนำมาอ้างอิงได้ หากมีการนำข้อมูลการศึกษาไปเผยแพร่ ควรระบุงานวิจัยนี้ว่ายังไม่ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของสารเคมีบางชนิด แต่เนื่องจากเปอร์เซ็นต์การใช้สารเคมีตัวที่ขาดไปคิดเป็นไม่ถึง 5% ของการใช้สารเคมีทั้งหมดในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น ตามหลักการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์นั้นสามารถเว้นค่าหรือไม่ต้องนำมาคิดคำนวณค่าได้

ข้อมูลจากการศึกษาครั้งนี้สามารถใช้เป็นฐานข้อมูลวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมน้ำยางข้นในจังหวัดสงขลาได้และสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลในการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมอื่นที่ใช้วัตถุดิบจากอุตสาหกรรมน้ำยางข้นต่อไปได้ เช่น ถุงมือยาง ถุงยางอนามัย ลูกโป่ง ที่นอนฟองน้ำ และอุปกรณ์ทางการแพทย์ เป็นต้น ทำให้เกิดกลยุทธ์การลดวอเตอร์ฟุต-พรินต์ในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นมากขึ้น ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่าการประเมินวอเตอร์ฟุต-พรินต์ภายในอุตสาหกรรมน้ำยางข้นมีการคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมีความรับผิดชอบต่อสังคมเพราะการประเมินค่าวอเตอร์ฟุต พรินต์สามารถนำไปพิจารณาด้านลุ่มน้ำในประเทศได้และยังเป็นการเตรียมความพร้อมเพื่อรองรับเกี่ยวกับข้อบังคับมาตรฐานทางสิ่งแวดล้อม

4.2 ข้อเสนอแนะ

4.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับโรงงาน

- ลดการใช้น้ำในกระบวนผลิตย่อยต่างๆ โดยการปรับปรุงวิธีการใช้น้ำในกระบวนการรับน้ำยางสด การปั่นแยกน้ำยางและการผลิตยางสกิม โดยการบันทึกข้อมูลการใช้น้ำในหน่วยการผลิตย่อยอย่างสม่ำเสมอและหาแนวทางการลดการใช้น้ำตรงจุด Hot Spot
- ลดการใช้น้ำในการล้างบ่อรับน้ำยางสด บ่อน้ำยางข้น และสายการผลิต เพราะเป็นจุดที่มีการใช้น้ำปริมาณมากที่สุดการลดหรือการแก้ปัญหาการใช้น้ำอย่างสิ้นเปลืองตรงจุดต่างๆนี้จึงเป็นปัจจัยสำคัญในการลดมากที่สุด
- เพิ่มประสิทธิภาพการใช้วัตถุดิบ พลังงานและสารเคมี เพื่อให้ได้ปริมาณผลผลิตมากที่สุดและเกิดเป็นของเสียน้อยที่สุด โดยเฉพาะการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้วัตถุดิบของโรงงาน D(M) พบว่าเป็นโรงงานเดียวที่มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางข้นมากกว่าค่าเฉลี่ย ดังนั้นจึงควรมีมาตรการเร่งด่วนในการแก้ไขปรับปรุงการใช้วัตถุดิบและทรัพยากรสนับสนุนชนิดต่างๆให้มีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับโรงงานอื่นๆ
- การสร้างจิตสำนึกและอบรมวิธีการใช้น้ำที่เหมาะสมให้แก่พนักงานของโรงงานเพื่อลดพฤติกรรมการใช้น้ำอย่างสิ้นเปลืองลง และควรมีการตรวจสอบสภาพการใช้งานของอุปกรณ์ที่ใช้น้ำอย่างสม่ำเสมอ ควรเลือกใช้อุปกรณ์ที่ช่วยประหยัดน้ำ

4.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยเพิ่มเติม

- การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมน้ำยางข้นเป็นงานวิจัยแรกของประเทศไทย ซึ่งครอบคลุมเฉพาะพื้นที่จังหวัดสงขลาเท่านั้น การประเมินด้านวอเตอร์ฟุตพรินต์ด้านอุตสาหกรรมยางขั้นต้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติม เช่น การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของยางแผ่น เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ยางข้นต้นที่มีการผลิตมากที่สุดในประเทศไทย เพื่อให้ประเทศไทยมีฐานข้อมูลด้านวอเตอร์ฟุต-พรินต์ของอุตสาหกรรมน้ำยางข้นและอุตสาหกรรมยางข้นต้นอื่นๆครอบคลุมพื้นที่ทั่วประเทศ
- การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมน้ำยางข้น เป็นแนวทางทางด้านมาตรฐานสิ่งแวดล้อมที่มีจุดประสงค์เพื่อพิจารณาด้านทรัพยากรน้ำเป็นสำคัญ ซึ่งก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมด้านอื่นๆแต่ควรมีการศึกษาถึงดัชนีความเครียด

ของลุ่มน้ำ (Water Stress Index) ที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ศึกษาเพิ่มเติมอย่างจริงจังเพื่อนำไปสู่การพัฒนายั่งยืนทางด้านทรัพยากรน้ำในพื้นที่ศึกษาเพิ่มมากขึ้น

- ในการศึกษาครั้งนี้การประเมินยังไม่สามารถแทนค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของสารเคมีบางชนิดได้ คือ กรดลอริก เป็นสารเคมีที่เติมในผลิตภัณฑ์น้ำยางข้น เพื่อรักษาสภาพน้ำยางข้นไม่ให้เสียสภาพ ดังนั้นควรมีการศึกษาด้านวอเตอร์ฟุตพรินต์ของสารเคมีที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมน้ำยางข้นเพิ่มเติมเพื่อสร้างความสมบูรณ์ให้กับผลการศึกษาต่อไป

บรรณานุกรม

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2553. โครงการจัดทำข้อมูลเชิงพื้นที่ยางพาราปี 2550. การสำรวจข้อมูลระยะไกล และเทคโนโลยีสารภูมิสนเทศ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2548. แนวปฏิบัติที่ดีด้านการป้องกันและลดมลพิษ อุตสาหกรรมน้ำยางข้น.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2544. หลักปฏิบัติเพื่อป้องกันมลพิษ (เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขา, กรุงเทพมหานคร.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2546. คู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมน้ำยางข้นและยางแท่ง, กรุงเทพมหานคร.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2551. คู่มือการกำกับดูแลโรงงานอุตสาหกรรมยางพารา. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพ :บริษัท ดี เอ็ม พริ้นติ้ง จำกัด.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2552. หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดอุตสาหกรรมยางพารา. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพ :บริษัท ดี เอ็ม พริ้นติ้ง จำกัด

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2537. ประกาศ ฉบับที่ 8 ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน. ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 111 ตอนที่ 16 ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537.

นฤเทพ บุญเรืองขาว. 2549. การติดตามตรวจสอบประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมจากอุตสาหกรรมยางพารา ในภาคใต้ตอนล่าง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วันชัย แก้วยอด. 2540. การตรวจสอบการจัดการน้ำเสียโรงงาน: กรณีศึกษาในจังหวัดสงขลา, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สำนักงานตลาดกลางยางพาราสงขลา สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. 2552. ทำเนียบโรงงานแปรรูปยางดิบ ปี 2552.

สำนักงานที่ปรึกษาการเกษตรต่างประเทศ/สหภาพยุโรป. 2554. ประโยชน์ของ วอเตอร์ฟุตพรินต์ (ออนไลน์).สืบค้นจาก : http://news.thaieurope.net/content/view/3717/211/ (เข้าถึงเมื่อ 30 มีนาคม 2554).

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. 2556. รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัยพัฒนาและวิศวกรรม: การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ปาล์มน้ำมัน ไบโอดีเซล และ ผลิตภัณฑ์ยางพารา

สถาบันวิจัยยาง. 2554. ผลผลิตยางธรรมชาติของประเทศไทย (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.thainr.com/th/?detail=stat-thai# (เข้าถึงเมื่อ 10 กันยายน 2555).

อังคณา สุวรรณกูฏ. 2550. กรมวิชาการเกษตร.สืบค้นจาก: http://it.doa.go.th/pibai/pibai/n13/v_4-may/ceaksong.html (เข้าถึงเมื่อ 26 มีนาคม 2554).

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

Chapagain, A.K. and Hoekstra, A.Y. 2007. The water footprint of coffee and tea consumption in Netherlands. Ecologycal Economics, 64: 109-118.

Chapagain, A.K. and Orr, S. 2009. An improved water footprint methodology linking global

consumption to local water resources: A case of Spanish tomatoes. Journal of Environmental Management, 90: 1219-1228.

Ercin, A.E., Aldaya, M.M. and Hoekstra, A.Y. 2011. The water footprint of soy milk and soy burger

and equivalent animal products. Ecological Indicators, 18: 392–402.

Ecoinvent Centre. 2011. Ecoinvent data v2.2. Categories for process. Ecoinvent centre. Swiss Centre for life Cycle Inventories 2011. Switzerland.

Gerbens-Leenes, P.W., Hoekstra, A.Y. and Van der meer, Th.H. 2008. Water footprint of Bio-Energy and other primary energy carriers, Value of water research report series No.29, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

Gerbens-Leenes, P.W., Hoekstra, A.Y. and Van der meer, Th.H. 2009. The water footprint of energy from biomass: A quantitative assessment and consequences of an increasing share of bio-energy in energy supply. Ecological Economics, 68: 1052-1060.

Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M. and Mekonnen, M.M. 2009. Water footprint manual. water footprint network. University of Twente, Enschede, The Netherlands.

Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M. and Mekonnen, M.M. 2011. Water footprint assessment manual. water footprint network 2011. University of Twente, Enschede, The Netherlands.

Jefferies, D., Munoz, I., Hodges, J., King, V.J., Aldaya, M., Ercin, A.E., Canals, L.M. and Hoestra, A.Y., 2012. Water footprint and life assessment as approaches to assess potential impacts of products on water consumption. Key leaning points from pilot studies on tea and margarine. Journal of Cleaner Production, 33: 155-166.

Mekonnen, M.M. and Hoekstra A.Y. 2010. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products, Value of water research report series No.47, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

Wilson, W., Leipzig, T. and Sattenspiel, B.G. 2012. Burning Our Rivers: The Water Footprint of Electricity. A River Network Report, Portland.

Wu, M., Mintz, M., Wang, M. and Arora, S., 2009. Water consumption in the production of ethanol and petroleum gasoline. environmental management, 44: 981-997.

Yang, J., Xu M., Zhang, X., Hu, Q., Sommerfeld, M. and Chen, Y. 2011. Life-cycle analysis on biodiesel production from microalgae: Water footprint and nutrients balance. Bioresource Technology, 102:159–165.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายชื่อโรงงานน้ำยางข้นในจังหวัดสงขลา

ตารางผนวก ก รายชื่อโรงงานน้ำยางข้น จ.สงขลา

ลำดับ	ชื่อโรงงาน	สถานที่ตั้ง	ประกอบกิจการ	กำลังการผลิตต้นต่อเดือน
1	บริษัทบี เทค อินดัสตรี จำกัด	ม.5 ถ.บ้านหน้าเทคนิค-บ้านคลองโพธิ์ ต.กำแพงเพชร อ.รัตภูมิ จ.สงขลา 90180 โทร. 0 7432 8913	ผลิตน้ำยางข้น เครื่องจักร 758.12 HP เงินทุน 305,647,827 บาท	2,000
2	บริษัท จะนะน้ำยาง จำกัด	8/3 ม.5 ถ.สงขลา-ปัตตานี ต.บ้านนา อ.จะนะ จ.สงขลา 90130 โทร. 0 7420 7667-9	ทำน้ำยางข้น และทำยางแท่ง ที ที อาร์ เครื่องจักร 899.75 HP เงินทุน 31,500,000 บาท	6,000
3	บริษัท ฉลองอุตสาหกรรมน้ำยางข้น จำกัด	75/1 ม.8 ถ.จะนะ-หนองจิก ต.บ้านนา อ.จะนะ จ.สงขลา 90130 โทร. 0 7437 8578-81	ผลิตน้ำยางข้น และยางสกิมบล็อก เครื่องจักร 1,997.05 HP เงินทุน 20,000,000 บาท	2,500
4	บริษัท ไชยาพรลาเท็กซ์ จำกัด	99/3-4 ม.10 ถ.เอเซียสายใหม่ ต.ท่าช้าง อ.บางกล่ำ จ.สงขลา 90110 โทร. 0 7432 8108	ทำน้ำยางข้น เครื่องจักร1,144.61 HP เงินทุน 18,000,000 บาท	750
5	บริษัท เซาท์แลนด์ลาเท็กซ์ จำกัด	99/9 ม. 6 ถ.สายเอเซีย ต.ท่าช้าง อ.บางกล่ำ จ.สงขลา 90110 โทร. 08 1230 4598, 0 7445 7533-4	ผลิตน้ำยางข้น เครื่องจักร 2,613.00 HP เงินทุน 40,000,000 บาท	834
6	บริษัท ถาวรอุตสาหกรรมยางพารา (1982) จำกัด	33 ถ.กาญจนวนิช ต.สะเดา อ.สะเดา จ.สงขลา 90120 โทร. 0 7441 1573-4	น้ำยางข้น,ยางแผ่นรมควัน เครื่องจักร 4,270.00 HP เงินทุน 52,000,000 บาท	13,645

ตารางผนวก ก รายชื่อโรงงานน้ำยางข้น จ.สงขลา (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อโรงงาน	สถานที่ตั้ง	ประกอบกิจการ	กำลังการผลิตต้นต่อเดือน
7	บริษัท ทรัพย์มีลาเท็กซ์ จำกัด	574/1 ม.5 ต.พังลา อ.สะเดา จ.สงขลา 90170 โทร. 0 7454 1481	น้ำยางข้น ยางแผ่น รมควัน ยางแผ่นอบแห้ง ยางเครพ เครื่องจักร 4,717.86 HP เงินทุน 177,000,000 บาท	3,000
8	บริษัท ไทยรับเบอร์ลาเท็กซ์กรุ๊ป จำกัด	124 ม.11 ถ.กาญจนวนิช ต.บ้านพรุ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90250 โทร. 074-291171-4	น้ำยางข้น ยางแผ่นจาก เศษยาง ยางแท่ง TTR 5L เครื่องจักร 2,632.50 HP เงินทุน 54,500,000 บาท	12,000
9	บริษัท ไทยฮั้วยางพารา จำกัด (มหาชน)	5 ม.10 ถ.พัทลุง-บางกล่ำ ต.ท่าช้าง อ.บางกล่ำ จ.สงขลา 90110	น้ำยางข้น หางน้ำยาง ยาง แผ่น/ก้อน ยางแท่ง TTR เครื่องจักร 1,803.90 HP เงินทุน 30,000,000 บาท	4,800
10	บริษัท เฟลเท็กซ์ จำกัด	225 ม.5 ถ.เพชรเกษม ต.กำแพงเพชร อ.รัตภูมิ จ.สงขลา 90180 โทร. 0 7438 8971-3	น้ำยางข้น สกิมแผ่น/ บล็อก เครื่องจักร 2,358.45 HPเงินทุน 103,100,000 บาท	500
11	บริษัท มาล์เทครับเบอร์ จำกัด	3 ซ.6 ถ.ปาดังเบซาร์ ต.สะเดา อ.สะเดา จ.สงขลา 90120	น้ำยางข้น ยางแท่ง STR เครื่องจักร 3,125.25 HP เงินทุน 374,077,000 บาท	500
12	บริษัท วินเท็กซ์รับเบอร์อินดัสตรี่ จำกัด	ถ.รพช. ต.กำแพงเพชร อ.รัตภูมิ จ.สงขลา 90180	ผลิตน้ำยางข้น สกิมเครพ เครื่องจักร 457.75 HP เงินทุน 67,000,000 บาท	-
13	บริษัท สะเดาอุตสาหกรรม ยางพารา (1988) จำกัด	120/1 ม.5 ถ.กาญจนวนิช ต.สำนักแต้ว อ.สะเดา จ.สงขลา 90120	น้ำยางข้นและสกิมเครพ เครื่องจักร 1,150.60 HP เงินทุน 2,000,000 บาท	700
14	บริษัท หน่ำฮั้วรับเบอร์ จำกัด	99 ม.3 ต.สำนักขาม อ.สะเดา จ.สงขลา 90320 โทร. 0 7454 1648 0 7441 2268	ทำน้ำยางข้น, อบและ รมควันยางพารา เครื่องจักร 2,068.50 HP เงินทุน 60,000,000 บาท	2,000

ภาคผนวก ข

แบบสอบถามข้อมูลการใช้ทรัพยากร และพลังงานในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น

ใช้ประกอบการทำวิทยานิพนธ์ของนักศึกษา ระดับบัณฑิตศึกษา

คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

วัตถุประสงค์: เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมน้ำยางข้น

ส่วนที่ 1: ข้อมูลทั่วไปของหน่วยงาน/โรงงาน

1.1 ชื่อผู้ให้ข้อมูล…….

ตำแหน่ง…….

1.2 ชื่อหน่วยงาน/โรงงาน……

1.3 ประเภทผลิตภัณฑ์ของหน่วยงาน/โรงงาน

☐ น้ำยางข้น

☐ ยางแท่งจากน้ำยางสด

☐ ยางแท่งจากยางแห้ง (ยางแผ่นดิบ ยางก้นถ้วย ขี้ยาง)

☐ อื่นๆ ระบุ…….

1.4 กำลังการผลิตเฉลี่ย…….. (ตัน/เดือน)

หรือ …… (ตัน/ปี)

1.5 สถานที่ตั้งของโรงงาน:

เลขที่……หมู่ที่……ถนน……..

ตำบล……...อำเภอ……...จังหวัด……..

โทรศัพท์……..โทรสาร…….

1.6 เวลาประกอบการ: วันละ……ช.ม. ตั้งแต่เวลา……ถึง……..

ประกอบการสัปดาห์ละ……..วัน

หยุดเฉลี่ยปีละ……วัน สาเหตุที่หยุดคือ…….

1.7 พื้นที่ตั้งของโรงงาน มีลักษณะดังนี้ (กาเครื่องหมาย/ได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ มีชุมชนหนาแน่นมากหรือน้อยล้อมรอบโรงงานในรัศมี 500 เมตร จากโรงงาน

☐ โรงงานอยู่ห่างไกลจากชุมชน ในระยะรัศมี……ก.ม.

☐ มีพื้นที่เกษตรล้อมรอบโรงงาน

☐ อยู่ใกล้กับแหล่งน้ำธรรมชาติ ระบุชื่อคลอง/แม่น้ำ……

ส่วนที่ 2 : ข้อมูลกระบวนการผลิตของโรงงาน

2.1 กระบวนการผลิตน้ำยางข้น (วัตถุดิบที่ใช้ สารเคมีต่างๆ ปริมาณน้ำและพลังงาน)

2.1.1 วัตถุดิบที่ใช้

1. น้ำยางดิบ: ปริมาณเฉลี่ย…….....หน่วยปริมาณ……ตัน/วัน……

2.1.2 สารเคมี ได้แก่

1. แอมโมเนีย (NH_3) ปริมาณเฉลี่ยที่ใช้…….....หน่วยปริมาณ…….ลิตร/วัน……..
   ความเข้มข้นที่ใช้……...
2. สาร TMTD/ZnO ปริมาณเฉลี่ยที่ใช้…….....หน่วยปริมาณ…….ลิตร/วัน……..
   ความเข้มข้นที่ใช้……...
3. สาร DAP (Diammonium Hydrogen Phosphate)
   ปริมาณเฉลี่ยที่ใช้…….หน่วยปริมาณ……ลิตร/วัน……..
   ความเข้มข้นที่ใช้……...
4. กรดซัลฟิวริก ปริมาณเฉลี่ยที่ใช้…….หน่วยปริมาณ……ลิตร/วัน……..
   ความเข้มข้นที่ใช้……...
5. อื่นๆ ระบุ…….....หน่วยปริมาณ……...

2.1.3 พลังงาน

1. ใช้ไฟฟ้า จำนวน……..... kWh/ตันผลิตภัณฑ์
   หรือ……... kWh/เดือน
   หรือ……... บาท/เดือน

2.1.4 น้ำ : แหล่งน้ำดิบที่ใช้

1.ใช้น้ำบาดาล ปริมาณเฉลี่ยที่ใช้……..ลบ.ม./วัน
2.ใช้น้ำจากแหล่งชลประทาน (น้ำประปา) ปริมาณเฉลี่ยที่ใช้……..ลบ.ม./วัน
3.ใช้น้ำจากแม่น้ำ/ลำคลองชื่อ……ปริมาณเฉลี่ยที่ใช้…..……..ลบ.ม./วัน
4.ใช้น้ำจากแหล่งอื่น คือ……ปริมาณเฉลี่ยที่ใช้…..…….ลบ.ม./วัน

2.2 ปริมาณการใช้วัตถุดิบ สารเคมี การใช้น้ำและพลังงานแยกตามกระบวนการผลิตน้ำยางข้นแต่ละขั้นตอน ดังนี้

2.1 การรับน้ำยางสด

ชนิด	ปริมาณเฉลี่ย/เดือน	หน่วย
วัตถุดิบและสารเคมี		
- น้ำยางสด		ตัน/เดือน
- แอมโมเนีย		ลิตร/เดือน
- สาร TMTD/ZnO		ลิตร/เดือน
- อื่นๆ……....		
น้ำใช้		
- น้ำประปา		ลบ.ม./เดือน
- น้ำบาดาล		ลบ.ม./เดือน
- อื่นๆ…….		

2.2 การเตรียมน้ำยางสด

ชนิด	ปริมาณเฉลี่ย/เดือน(ปี 2553)	หน่วย
วัตถุดิบและสารเคมี		
- แอมโมเนีย		ลิตร/เดือน
- สาร DAP (Diammonium Hydrogen Phosphate)		ลิตร/เดือน
- อื่นๆ……...		
น้ำใช้		
- น้ำประปา		ลบ.ม./เดือน
- น้ำบาดาล		ลบ.ม./เดือน
- อื่นๆ……		

2.3 การปั่นแยก

ชนิด	ปริมาณเฉลี่ย/เดือน(ปี 2553)	หน่วย
พลังงาน		
- ไฟฟ้า		kWh/เดือน
- อื่นๆ……		
น้ำใช้		
- น้ำประปา		ลบ.ม./เดือน
- น้ำบาดาล		ลบ.ม./เดือน
- อื่นๆ…….		

2.4 การไล่แอมโมเนียในหางน้ำยาง

ชนิด	ปริมาณเฉลี่ย/เดือน(ปี 2553)	หน่วย
พลังงาน		
- ไฟฟ้า		kWh/เดือน
- อื่นๆ.....		
น้ำใช้		
- น้ำประปา		ลบ.ม./เดือน
- น้ำบาดาล		ลบ.ม./เดือน
- อื่นๆ……..		

2.5 การผลิตยางสกิม

ชนิด	ปริมาณเฉลี่ย/เดือน(ปี 2553)	หน่วย
สารเคมี		
- กรดซัลฟิวริก		ลิตร/เดือน
- อื่นๆ……..		
น้ำใช้		ลบ.ม./เดือน
- น้ำประปา		ลบ.ม./เดือน
- น้ำบาดาล		
- อื่นๆ…….		
พลังงาน		
- ไฟฟ้า		kWh/เดือน
- อื่นๆ……		

2.6 การดักยาง

ชนิด	ปริมาณเฉลี่ย/เดือน(ปี 2553)	หน่วย
พลังงาน		
- ไฟฟ้า		kWh/เดือน
- อื่นๆ…….		
น้ำใช้		
- น้ำประปา		ลบ.ม./เดือน
- น้ำบาดาล		ลบ.ม./เดือน
- อื่นๆ…….		

2.3 กระบวนการผลิตและผลผลิตของโรงงาน มีดังนี้

ได้น้ำยางข้น ปริมาณเฉลี่ย……..ตันผลิตภัณฑ์/เดือน

ได้ยางสกิมเครพ ปริมาณเฉลี่ย……..ตันผลิตภัณฑ์/เดือน

ได้ผลิตภัณฑ์อื่นๆ ระบุ…….....ตันผลิตภัณฑ์/เดือน

2.4 ชนิดและปริมาณผลิตภัณฑ์พลอยได้ (by product) ที่โรงงานมี ได้แก่

กากขี้แป้ง เกิดขึ้นเฉลี่ยเดือนละ……ตัน

เศษขี้ยางจากระบบบำบัดน้ำเสีย เกิดขึ้นเฉลี่ยเดือนละ……ตัน

อื่นๆ คือ……..เกิดขึ้นเฉลี่ยเดือนละ……ตัน

2.5 ราคาน้ำยางข้นและผลิตภัณฑ์พลอยได้ (by product) ที่โรงงานมี ได้แก่

ราคาน้ำยางข้น คือ…….บาท/กิโลกรัม

ราคายางสกิมเครพ คือ……...บาท/กิโลกรัม

ราคาเศษขี้ยาง คือ……..บาท/กิโลกรัม

ราคากากขี้แป้ง คือ……บาท/กิโลกรัม

ส่วนที่ 3 : การจัดการของเสีย

3.1 การจัดการน้ำเสียที่ดำเนินการอยู่ มีรายละเอียด ดังนี้

1) การบำบัดน้ำเสีย

☐ ไม่มี

☐ มี คือ ใช้ระบบบ่อธรรมชาติ จำนวน……บ่อ บนพื้นที่……..ไร่

☐ ใช้ระบบบ่อธรรมชาติร่วมกับบ่อไร้อากาศ จำนวน……...บ่อ บนพื้นที่……ไร่

☐ ใช้ระบบตะกอนเร่งอย่างเดียว บนพื้นที่……ไร่

☐ ใช้ระบบตะกอนเร่งร่วมกับระบบบ่อธรรมชาติ บนพื้นที่……..ไร่

☐ ใช้ระบบบำบัดโดยใช้พื้นที่ดินร่วมด้วย บนพื้นที่……..ไร่

☐ ใช้ระบบอื่นๆ ระบุ…….บนพื้นที่……..ไร่

2) รายละเอียดในเรื่องน้ำเสียและการจัดการน้ำเสีย คือ

2.1) โรงงานมีน้ำเสียเกิดขึ้นปริมาณ……..ลบ.ม./วัน โดยเกิดจาก

การผลิตน้ำยางข้น…….....ลบ.ม./วัน

การผลิตยางอื่นๆ……..ลบ.ม./วัน

2.2) มีการนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์

☐ บำบัดแล้วนำมาใช้ซ้ำในกระบวนการผลิต ปริมาณ…….ลบ.ม./วัน

☐ ใช้ทำความสะอาดโรงงาน ปริมาณ…….ลบ.ม./วัน

อื่นๆ ระบุ……..

2.3) แหล่งรองรับน้ำที่ระบายน้ำทิ้งจากโรงงาน

☐ ไม่ระบายออกจากโรงงาน

☐ ระบายออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ชื่อ……

☐ อื่นๆ ระบุ……..

2.4) โรงงานมีระบบข้อมูลด้านการบำบัดน้ำเสีย ดังนี้

☐ มีข้อมูลคุณภาพน้ำเสียที่ตรวจสอบประจำวัน

☐ มีข้อมูลคุณภาพน้ำเสียที่ตรวจสอบประจำเดือน

☐ มีข้อมูลคุณภาพน้ำเสียที่ตรวจสอบไม่ประจำ

☐ ไม่มีข้อมูลคุณภาพน้ำเสียที่ตรวจสอบ

2.5) โรงงานมีข้อมูลคุณภาพน้ำเสีย ดังนี้ (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ มีข้อมูลคุณภาพน้ำเสียที่ตรวจสอบก่อนและหลังการบำบัด

☐ มีข้อมูลคุณภาพน้ำเสียที่ตรวจสอบเฉพาะหลังการบำบัด

☐ มีข้อมูลคุณภาพน้ำเสียที่ตรวจสอบเองภายในโรงงาน คือ

☐ BOD คือ……..

☐ COD คือ…….

☐ SS (Suspended solids) คือ……

☐ pH คือ…….

☐ TKN (Total Kjedahl Nitrogen) คือ……

☐ TP คือ……

☐ SO_4^{2-} คือ……

☐ Gas NH_3 คือ……

☐ อื่นๆ ระบุ……

2.6) ทางโรงงานมีวิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียโดย

☐ ตรวจวิเคราะห์เองโดยใช้ห้องวิเคราะห์ปฏิบัติการของโรงงาน

☐ ส่งตรวจวิเคราะห์โดยใช้ห้องวิเคราะห์ปฏิบัติการของสถาบันการศึกษา

☐ ส่งตรวจวิเคราะห์โดยใช้ห้องวิเคราะห์ปฏิบัติการของสถาบันเอกชน

อื่นๆ ระบุ…….

2.7) ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการจัดการและการบำบัดน้ำเสีย ได้แก่

☐ มีปัญหากลิ่นจาก (ระบุต้นเหตุของกลิ่น เช่น บ่อหมักไร้อากาศ)……..

……..

☐ มีปัญหาตะกอนจาก (ระบุต้นเหตุ)…….

……

☐ มีปัญหาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียไม่ได้ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง โดยมี

- ☐ ค่า BOD สูง คือ…….. มก./ลิตร
- ☐ ค่า COD สูง คือ…….. มก./ลิตร
- ☐ ค่า SS สูง คือ…….มก./ลิตร
- ☐ ค่า TKN สูง คือ…….มก./ลิตร
- ☐ ค่า TP สูง คือ……มก./ลิตร
- ☐ ค่า SO_4^{2-} สูง คือ……มก./ลิตร
- ☐ อื่นๆ ระบุ……..มก./ลิตร

☐ น้ำทิ้งจากโรงงานส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำธรรมชาติ (แม่น้ำ ลำคลอง) ที่มีอยู่รอบๆ โรงงาน

☐ การร้องเรียนจากชุมชนรอบโรงงาน โดยเกิดขึ้นประมาณ……ครั้ง (ในช่วงเวลา 5 ปี)

☐ อื่นๆ ระบุ……..

ส่วนที่ 4 : นโยบายและแผนการจัดการของเสีย/สิ่งแวดล้อมหรือคุณภาพของโรงงาน มีรายละเอียด ดังนี้

1) โรงงานมีนโยบายและการขานรับระบบคุณภาพทางสิ่งแวดล้อม ดังนี้

☐ มีระบบ ISO 9000

☐ มีระบบ ISO 14000

☐ มีระบบ ISO 17025

☐ มีระบบ ISO 18000

☐ มีระบบ Clean Technology

☐ มีระบบ Life Cycle Assessment (LCA)

☐ มีระบบ Water footprint

☐ อื่นๆ ระบุ……

☐ ไม่มีระบบใดๆ

☐ โรงงานกำลังอยู่ในระหว่างการตัดสินใจว่าจะมีนโยบายสำหรับขานรับคุณภาพดังกล่าว

2) ระบบคุณภาพที่ทางโรงงานได้เข้าร่วมและอยู่ในระหว่างการจัดทำ ได้แก่

☐ ISO 9000

☐ ISO 14000

☐ ISO 17025

☐ ISO 18000

☐ Clean Technology

☐ Life Cycle Assessment (LCA)

☐ Water footprint

☐ อื่นๆ ระบุ……

3) โรงงานได้เริ่มดำเนินการนโยบายและได้รับมาตรฐานหรือความสำเร็จของนโยบายด้านสิ่งแวดล้อม ดังต่อไปนี้

☐ ISO 9000 ใช้เวลา……ปี

☐ ISO 14000 ใช้เวลา……ปี

☐ ISO 17025 ใช้เวลา……ปี

☐ ISO 18000 ใช้เวลา……ปี

☐ Clean Technology ใช้เวลา……ปี

☐ Life Cycle Assessment (LCA) ใช้เวลา……ปี

☐ Water footprint ใช้เวลา……ปี

☐ อื่นๆ ระบุ……....ใช้เวลา……ปี

4) ผลประโยชน์ที่โรงงานจะได้รับหลังจากการปฏิบัติมาตรฐานดังที่ได้กล่าวมาในข้างต้น คือ

☐ ค่าใช้จ่ายทางด้านสิ่งแวดล้อมของโรงงานลดลง……..บาท/ปี

☐ ลดปัญหาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมภายในโรงงาน

☐ ลดปริมาณการใช้พลังงานและทรัพยากรในกระบวนการผลิต (การใช้ไฟฟ้า การใช้น้ำ เป็นต้น) ให้น้อยลง

☐ ลดปริมาณน้ำเสียและน้ำทิ้งจากโรงงานที่จะส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีอยู่รอบๆ โรงงานให้น้อยลง

☐ ทำให้มีการบริหารการจัดการน้ำที่ดี

☐ ลดต้นทุนในกระบวนการผลิต

□ มีแนวโน้มว่าสามารถส่งสินค้าออกต่างประเทศได้มากขึ้น

□ มีแนวโน้มว่าสามารถแข่งขันการค้ากับต่างประเทศได้

□ ได้แก่ปัญหาต่างๆ จากการร้องเรียนจากชุมชนรอบข้าง

หมายเหตุ : ข้อมูลที่ได้จากการกรอกแบบสอบถามนี้จะใช้เฉพาะในงานวิจัยของโครงการนี้เท่านั้น จะไม่มีการนำข้อมูลและชื่อของหน่วยงาน/ โรงงานไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากหน่วยงาน/ โรงงานก่อน

ขอขอบคุณเป็นอย่างสูงสำหรับการอนุเคราะห์ข้อมูล

(ผศ.ดร. ธันวดี สุขสาโรจน์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ภาคผนวก ค

แบบฟอร์มการบันทึกข้อมูลโรงงานน้ำยางข้น

ส่วนที่ 1 ข้อมูลการใช้ทรัพยากร พลังงานและของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น (ปี 2554)

ตารางที่ 1.1 ข้อมูลวัตถุดิบ

เดือน	น้ำยางสด		หมายเหตุ
	ปริมาณ (กิโลกรัม)	ราคาเฉลี่ย (บาท/กิโลกรัม)	
มกราคม			
กุมภาพันธ์			
มีนาคม			
เมษายน			
พฤษภาคม			
มิถุนายน			
กรกฎาคม			
สิงหาคม			
กันยายน			
ตุลาคม			
พฤศจิกายน			
ธันวาคม			
รวม			
เฉลี่ย			

ตารางที่ 1.2 ข้อมูลผลิตภัณฑ์

เดือน	น้ำยางข้น		ยางสกิมเครพ		ยางสกิมบล๊อค	
	ปริมาณ (กิโลกรัม)	ราคาเฉลี่ย (บาท/กิโลกรัม)	ปริมาณ (กิโลกรัม)	ราคาเฉลี่ย (บาท/กิโลกรัม)	ปริมาณ (กิโลกรัม)	ราคาเฉลี่ย (บาท/กิโลกรัม)
มกราคม						
กุมภาพันธ์						
มีนาคม						
เมษายน						
พฤษภาคม						
มิถุนายน						
กรกฎาคม						
สิงหาคม						
กันยายน						
ตุลาคม						
พฤศจิกายน						
ธันวาคม						
รวม						
เฉลี่ย						

ตารางที่ 1.3 ข้อมูลวัสดุเศษเหลือ

เดือน	กากขี้แป้ง		เศษขี้ยาง		หมายเหตุ
	ปริมาณ (กิโลกรัม)	ราคาเฉลี่ย (บาท/กิโลกรัม)	ปริมาณ (กิโลกรัม)	ราคาเฉลี่ย (บาท/กิโลกรัม)	
มกราคม					
กุมภาพันธ์					
มีนาคม					
เมษายน					
พฤษภาคม					
มิถุนายน					
กรกฎาคม					
สิงหาคม					
กันยายน					
ตุลาคม					
พฤศจิกายน					
ธันวาคม					
รวม					
เฉลี่ย					

ตารางที่ 1.4 ข้อมูลการใช้สารเคมี

เดือน	แอมโมเนีย ปริมาณ (กิโลกรัม)	TMTD/TZ ปริมาณ (กิโลกรัม)	กรดลอริค ปริมาณ (กิโลกรัม)	DAP ปริมาณ (กิโลกรัม)	กรดซัลฟิวริค ปริมาณ (กิโลกรัม)	หมายเหตุ
มกราคม						
กุมภาพันธ์						
มีนาคม						
เมษายน						
พฤษภาคม						
มิถุนายน						
กรกฎาคม						
สิงหาคม						
กันยายน						
ตุลาคม						
พฤศจิกายน						
ธันวาคม						
รวม						
เฉลี่ย						

ตารางที่ 1.5 ข้อมูลการใช้น้ำในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น

เดือน	ปริมาณน้ำในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น (m^3)			ส่วนของการผลิตยางสกิม (m^3)		
	ใช้น้ำประปา (m^3)	ใช้น้ำบาดาล (m^3)	ใช้น้ำหมุนเวียน (m^3)	ใช้น้ำประปา (m^3)	ใช้น้ำบาดาล (m^3)	ใช้น้ำหมุนเวียน (m^3)
มกราคม						
กุมภาพันธ์						
มีนาคม						
เมษายน						
พฤษภาคม						
มิถุนายน						
กรกฎาคม						
สิงหาคม						
กันยายน						
ตุลาคม						
พฤศจิกายน						
ธันวาคม						
รวม						
เฉลี่ย						

ตารางที่ 1.6 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นและยางสกิม

ข้อมูลไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้า

ซื้อไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้า.....ตั้งอยู่ในพื้นที่จังหวัด.....

ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในโรงงาน.....KWh/year ระยะทางจากโรงไฟฟ้าถึงโรงงาน.....กิโลเมตร

เดือน	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในส่วนของกระบวนการผลิตน้ำยางข้น		ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในส่วนของกระบวนการผลิตยางสกิม		ปริมาณค่าไฟฟ้าที่ใช้รวม (kWh)
	ไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้า (kWh)	ไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล (kWh)	ไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้า (kWh)	ไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล (kWh)	
มกราคม					
กุมภาพันธ์					
มีนาคม					
เมษายน					
พฤษภาคม					
มิถุนายน					
กรกฎาคม					
สิงหาคม					
กันยายน					
ตุลาคม					
พฤศจิกายน					
ธันวาคม					
รวม					
เฉลี่ย					

ตารางที่ 1.7 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบบำบัดน้ำเสีย

ข้อมูลไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้า

ซื้อไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้า.....ตั้งอยู่ในพื้นที่จังหวัด.....

ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในโรงงาน.....KWh/year ระยะทางจากโรงไฟฟ้าถึงโรงงาน.....กิโลเมตร

เดือน	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในส่วนของระบบบำบัดน้ำเสียรวมทั้งระบบ (kWh)	ปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในส่วนของระบบบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น (kWh)
มกราคม		
กุมภาพันธ์		
มีนาคม		
เมษายน		
พฤษภาคม		
มิถุนายน		
กรกฎาคม		
สิงหาคม		
กันยายน		
ตุลาคม		
พฤศจิกายน		
ธันวาคม		
รวม		
เฉลี่ย		

ตารางที่ 1.8 ข้อมูลการใช้เชื้อเพลิง

เดือน	ระบุชนิด……..	ระบุชนิด……..	ระบุชนิด……..	ระบุชนิด……..	หมายเหตุ
มกราคม					
กุมภาพันธ์					
มีนาคม					
เมษายน					
พฤษภาคม					
มิถุนายน					
กรกฎาคม					
สิงหาคม					
กันยายน					
ตุลาคม					
พฤศจิกายน					
ธันวาคม					
รวม					
เฉลี่ย					

ตารางที่ 1.9 ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบ

เดือน	pH Value	SS (Mg/L)	BOD (Mg/L)	COD (Mg/L)	TKN (Mg/L)	TDS (Mg/L)	ซัลไฟด์ (Mg/L)	หมายเหตุ
มกราคม								
กุมภาพันธ์								
มีนาคม								
เมษายน								
พฤษภาคม								
มิถุนายน								
กรกฎาคม								
สิงหาคม								
กันยายน								
ตุลาคม								
พฤศจิกายน								
ธันวาคม								
รวม								
เฉลี่ย								

ตารางที่ 1.10 ข้อมูลคุณภาพน้ำเสีย (ก่อนเข้าระบบบำบัด)

เดือน	pH Value	SS (Mg/L)	BOD (Mg/L)	COD (Mg/L)	TKN (Mg/L)	TDS (Mg/L)	ซัลไฟด์ (Mg/L)	หมายเหตุ
มกราคม								
กุมภาพันธ์								
มีนาคม								
เมษายน								
พฤษภาคม								
มิถุนายน								
กรกฎาคม								
สิงหาคม								
กันยายน								
ตุลาคม								
พฤศจิกายน								
ธันวาคม								
รวม								
เฉลี่ย								

ตารางที่ 1.11 ข้อมูลคุณภาพน้ำบ่อสุดท้าย/น้ำทิ้ง (ออกจากระบบบำบัด)

เดือน	pH Value	SS (Mg/L)	BOD (Mg/L)	COD (Mg/L)	TKN (Mg/L)	TDS (Mg/L)	ซัลไฟด์ (Mg/L)	หมายเหตุ
มกราคม								
กุมภาพันธ์								
มีนาคม								
เมษายน								
พฤษภาคม								
มิถุนายน								
กรกฎาคม								
สิงหาคม								
กันยายน								
ตุลาคม								
พฤศจิกายน								
ธันวาคม								
รวม								
เฉลี่ย								

ตารางที่ 1.12 ข้อมูลอัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย

เดือน	อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบ	วิธีการที่ใช้วัดอัตราการไหลของน้ำเสีย
มกราคม		
กุมภาพันธ์		
มีนาคม		
เมษายน		
พฤษภาคม		
มิถุนายน		
กรกฎาคม		
สิงหาคม		
กันยายน		
ตุลาคม		
พฤศจิกายน		
ธันวาคม		
รวม		
เฉลี่ย		

ตารางที่ 1.13 ตัวอย่างและพารามิเตอร์ที่ต้องการตรวจวิเคราะห์

เดือน	pH Value	SS	BOD	COD	TKN	TDS	ซัลไฟด์	ราคา
น้ำยางสด								／
น้ำยางข้น								／
ยางสกิม								／
กากขี้แป้ง								／
เศษยาง								／
น้ำเสีย								
-น้ำเสียจากกระบวนการผลิต ／	／	／	／	／	／	／	／	
-น้ำเสียเข้าระบบบำบัด ／	／	／	／	／	／	／	／	
-น้ำเสียออกจากระบบบำบัด ／	／	／	／	／	／	／	／	
-น้ำทิ้งสุดท้าย ／	／	／	／	／	／	／	／	

ส่วนที่ 2 ข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบ สารเคมีและเชื้อเพลิง

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลการขนส่งน้ำยางสดมายังโรงงาน (ผู้รับซื้อน้ำยางสดรายย่อย – โรงงาน)

ลูกค้า	มาจากจังหวัด	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ปริมาณการบรรทุก (Kg)		ชนิดรถที่ใช้ในการขนส่งน้ำยางสดมายังโรงงาน				เชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่ง				ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อเที่ยว (ไปและกลับ) (ลิตร)	น้ำหนักการบรรทุกรวมใน 1 เที่ยว (Kg.)		% วัตถุดิบที่บรรทุกต่อปริมาตรของรถ
			น้ำยางสด	ความจุของรถ	12 ล้อ	6 ล้อ	4 ล้อ	อื่นๆ ระบุ	ดีเซล	เบนซิน	แก๊สโซฯ	อื่นๆ ระบุ		เที่ยวไป	เที่ยวกลับ	
รายที่ 1																
รายที่ 2																
รายที่ 3																
รายที่ 3																
รายที่ 4																
รายที่ 5																
รายที่ 6																
รายที่ 7																
รายที่ 8																
รายที่ 9																
รายที่ 10																
รายที่ 11																
รายที่ 12																
รายที่ 13																
รายที่ 14																
รายที่ 15																

ตารางที่ 2.2 ข้อมูลการขนส่งสารเคมีมายังโรงงาน (ผู้ขาย – โรงงาน)

ชนิดสารเคมี	ปริมาณที่บรรทุก (Kg.)		สถานที่ซื้อสารเคมี			ชนิดรถที่ใช้ในการขนส่งสารเคมีมายังโรงงาน				เชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่ง				ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อเที่ยว (ไปและกลับ) (ลิตร)	น้ำหนักการบรรทุกรวมใน 1 เที่ยว (Kg.)		จำนวนครั้งที่สั่งซื้อใน 1 ปี
	จำนวน (หน่วย)	Kg./หน่วย	ชื่อร้านหรือบริษัท	อยู่ในจังหวัด	ระยะทางจากสถานที่ซื้อถึงโรงงาน (กิโลเมตร)	12 ล้อ	6 ล้อ	4 ล้อ	อื่นๆ ระบุ	ดีเซล	เบนซิน	แก๊สโซฯ	อื่นๆ ระบุ		เที่ยวไป	เที่ยวกลับ	
1.ระบุ……																	
2.ระบุ……																	
3.ระบุ……																	
4.ระบุ……																	
5.ระบุ……																	
6.ระบุ……																	
7.ระบุ……																	
8.ระบุ……																	
9.ระบุ……																	
10.ระบุ……..																	
11.ระบุ……..																	
12.ระบุ……..																	
13.ระบุ……..																	

ตารางที่ 2.3 ข้อมูลการขนส่งเชื้อเพลิงมายังโรงงาน (ผู้ขาย – โรงงาน)

ชนิดเชื้อเพลิง	ปริมาณที่บรรทุก (Kg.)		สถานที่ซื้อเชื้อเพลิง			รถที่ใช้ในการขนส่งเชื้อเพลิงมายังโรงงาน				เชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่ง				ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อเที่ยว (ไปและกลับ) (ลิตร)	จำนวนครั้งที่สั่งซื้อใน 1 ปี
	จำนวน (หน่วย)	Kg./หน่วย	ชื่อร้านหรือบริษัท	อยู่ในจังหวัด	ระยะทางจากสถานที่ซื้อถึงโรงงาน (กิโลเมตร)	12 ล้อ	6 ล้อ	4 ล้อ	อื่นๆ ระบุ	ดีเซล	เบนซิน	แก๊สโซฯ	อื่นๆ ระบุ		
1. ระบุ……															
2.ระบุ……															
3.ระบุ……															
4.ระบุ……															
5.ระบุ……															
6.ระบุ……															
7.ระบุ……															
8.ระบุ……															
9.ระบุ……															
10.ระบุ…….....															
11.ระบุ…….....															
12.ระบุ…….....															
13.ระบุ……															
14.ระบุ……															

หมายเหตุ : ข้อมูลที่ได้จากการกรอกแบบสอบถามนี้จะใช้เฉพาะในงานวิจัยของโครงการนี้เท่านั้น จะไม่มีการนำข้อมูล
และชื่อของหน่วยงาน/ โรงงานไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากหน่วยงาน/ โรงงานก่อน

ขอขอบคุณเป็นอย่างสูงสำหรับการอนุเคราะห์ข้อมูล

(ผศ.ดร. ธันวดี สุขสาโรจน์)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ภาคผนวก ง

ค่ามาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

ตารางผนวก ง-1 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ลำดับ	คุณภาพน้ำ[2/]	ค่าทางสถิติ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุด[3/] ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์ [1/]				
				ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท5
1.	สี กลิ่น และรส (Coloir Odour and Taste)		-	ธ	ธ /	ธ /	ธ /	-
2.	อุณหภูมิ (Temperature)		^{O} ซ	ธ	ธ /	ธ /	ธ /	-
3.	ความเป็นกรดและด่าง (pH)		-	ธ	5.0 - 9.0	5.0 - 9.0	5.0 - 9.0	-
4.	ออกซิเจนละลาย (DO)[3/]	P20	มก./ล.(mg/l)	ธ	6.0	4.0	2.0	-
5.	บีโอดี (BOD)	P80	มก./ล.(mg/l)	ธ	1.5	2.0	4.0	-
6.	แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)	P80	เอ็ม.พี.เอ็น/100มล. (MPN/100 ml)	ธ	5,000	20,000	-	-
7.	แบคทีเรียกลุ่มฟีโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria)	P80	เอ็ม.พี.เอ็น/100มล. (MPN/100 ml)	ธ	1,000	4,000	-	-
8.	ไนเตรต (NO_3) ในหน่วยไนโตรเจน		มก./ล. (mg/l)	ธ	5.0	5.0	5.0	-
9.	แอมโมเนีย (NH_3) ในหน่วยไนโตรเจน		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.5	0.5	0.5	-
10.	ฟีนอล (Phenols)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.005	0.005	0.005	-
11.	ทองแดง (Cu)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.1	0.1	0.1	-
12.	นิคเกิล (Ni)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.1	0.1	0.1	-
13.	แมงกานีส (Mn)		มก./ล. (mg/l)	ธ	1.0	1.0	1.0	-
14.	สังกะสี (Zn)		มก./ล. (mg/l)	ธ	1.0	1.0	1.0	-
15.	แคดเมียม (Cd)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.005* 0.05*	0.005* 0.05*	0.005* 0.05*	- -
16.	โคเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ (Cr Hexavalent)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.05	0.05	0.05	-
17.	ตะกั่ว (Pb)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.05	0.05	0.05	-
18.	ปรอททั้งหมด (Total Hg)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.002	0.002	0.002	-
19.	สารหนู (As)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.01	0.01	0.01	-
20.	ไซยาไนด์ (Cyanide)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.005	0.005	0.005	-
21.	กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity) - ค่ารังสีแอลฟา (Alpha) - ค่ารังสีเบตา (Beta)		 เบเคอเรล/ล. เบเคอเรล/ล.	 ธ ธ	 0.1 1.0	 0.1 1.0	 0.1 1.0	 - -

ตารางผนวก ง-1 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ต่อ)

ลำดับ	คุณภาพน้ำ[2/]	ค่าทางสถิติ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุด[3/] ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์ [1/]				
				ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5
22.	สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดมีคลอรีนทั้งหมด (Total Organochlorine Pesticides)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.05	0.05	0.05	-
23.	ดีดีที (DDT)		ไมโครกรัม/ล.	ธ	1.0	1.0	1.0	-
24.	บีเอชซีชนิดแอลฟา (Alpha-BHC)		ไมโครกรัม/ล.	ธ	0.02	0.02	0.02	-
25.	ดีลดริน (Dieldrin)		ไมโครกรัม/ล.	ธ	0.2	0.2	0.2	-
26.	อัลดริน (Aldrin)		ไมโครกรัม/ล.	ธ	0.1	0.1	0.1	-
27.	เฮปตาคลอร์และเฮปตาคลอร์ อิปอกไซด์ (Heptachlor & Heptachlor epoxide)		ไมโครกรัม/ล.	ธ	0.2	0.2	0.2	-
28.	เอนดริน (Endrin)		ไมโครกรัม/ล.	ธ	ไม่สามารถตรวจพบได้ตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด			-

ที่มา : ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 111 ตอนที่ 16 ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537

หมายเหตุ

1/ การแบ่งประเภทแหล่งน้ำผิวดิน

ประเภทที่ 1 ได้แก่ แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน

(2) การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน

(3) การอนุรักษ์ระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ

ประเภทที่ 2 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการ ปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

(2) การอนุรักษ์สัตว์น้ำ

(3) การประมง

(4) การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ

ประเภทที่ 3 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

(2) การเกษตร

ประเภทที่ 4 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

(2) การอุตสาหกรรม

ประเภทที่ 5 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

2/ กำหนดค่ามาตรฐานเฉพาะในแหล่งน้ำประเภทที่ 2-4 สำหรับแหล่งน้ำประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามธรรมชาติ และแหล่งน้ำประเภทที่ 5 ไม่กำหนดค่า

3/ ค่า DO เป็นเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุด

ธ เป็นไปตามธรรมชาติ

ธ/ อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติ เกิน 3 องศาเซลเซียส

* น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ ไม่เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

** น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

^{o}ซ องศาเซลเซียส

P20 ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 20 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

P80 ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 80 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

มก./ล. มิลลิกรัมต่อลิตร

มล. มิลลิลิตร

MPN เอ็ม.พี.เอ็น หรือ Most Probable Number

ตารางผนวก ง-2 ค่ามาตรฐานของการใช้วัตถุดิบในอุตสาหกรรมน้ำยางข้น

ลำดับ	ดัชนีชี้วัด	หน่วย	ค่ามาตรฐาน
1	การสูญเสียเนื้อยาง	ร้อยละ	1.07
2	การใช้แอมโมเนีย	กก./ตันน้ำยางข้น	10.2
3	การใช้ DAP	กก./ตันน้ำยางข้น	3.3
4	การใช้กรดลอริก	กก./ตันน้ำยางข้น	0.44
5	การใช้ TZ Dispersion	กก./ตันน้ำยางข้น	1
6	การใช้ซัลฟูริค	กก./ตันน้ำยางข้น	308.64
7	ประสิทธิภาพการผลิตน้ำยางข้น	ร้อยละ	87
8	ประสิทธิภาพการผลิตยางสกิม	ร้อยละ	73
9	การใช้น้ำในการผลิตน้ำยางข้น	ลบ.ม./ตันน้ำยางข้น	2.2
10	การใช้ไฟฟ้าในการผลิตน้ำยางข้น	กิโลวัตต์-ชม./ตันน้ำยางข้น	61

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. คู่มือการกำกับดูแลโรงงาน อุตสาหกรรมยางพารา. กรุงเทพมหานคร. 2551.
กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด อุตสาหกรรม ยางพารา. กรุงเทพมหานคร. ฉบับปรับปรุง.

ตารางผนวก ง-3 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพสำหรับอุตสาหกรรมน้ำยางข้น

ดัชนีชี้วัด	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	โรงงานน้ำยางข้น *						
			A (S)	B (S)	C (M)	D (M)	E (M)	F (L)	ค่าเฉลี่ย
การใช้น้ำยางสด	ตัน/ตันน้ำยางข้น	n/a	2.07	2.09	2.16	3.76	2.37	2.27	2.45
การใช้แอมโมเนีย	กิโลกรัม/ตันน้ำยางข้น	10.27	19.80	21.32	18.86	155.29	17.58	16.83	41.61
การใช้ DAP	กิโลกรัม/ตันน้ำยางข้น	3.3	2.03	1.99	1.22	3.39	1.32	1.27	1.87
การใช้กรดฟอริก	กิโลกรัม/ตันน้ำยางข้น	0.44	1.41	1.54	0.45	0.97	0.56	0.54	0.91
การใช้ TZ Dispersion	กิโลกรัม/ตันน้ำยางข้น	1	5.47	5.93	0.54	1.15	1.37	1.31	2.63
การใช้น้ำในการผลิตน้ำยางข้น	ลูกบาศก์เมตร/ตันน้ำยางข้น	2.2	10.64	11.33	5.93	5.24	3.11	2.97	6.54
การใช้ไฟฟ้าในการผลิตน้ำยางข้น	กิโลวัตต์-ชม./ตันน้ำยางข้น	61	6.93	8.12	85.23	85.23	134.60	85.23	67.56
น้ำเสียที่เกิดขึ้นจากการผลิต	ลูกบาศก์เมตร/ตันน้ำยางข้น	n/a	8.40	7.36	5.47	4.75	1.85	0.97	4.80
การผลิตยางสกิม	ตันยางสกิม/ตันน้ำยางข้น	n/a	0.02	0.05	0.06	0.14	0.07	0.06	0.07

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. คู่มือการกำกับดูแลโรงงาน อุตสาหกรรมยางพารา. กรุงเทพมหานคร. 2551.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด อุตสาหกรรม ยางพารา. กรุงเทพมหานคร. ฉบับปรับปรุง.

หมายเหตุ: * คือ ข้อมูลโรงงานที่ทำการศึกษา

TZ dispersion คือ การกระจายตัวของสาร TZ (ซิงค์ออกไซด์ และเตตระเมทิลไทยูแรมไดซัลไฟด์)

n/a คือ ยังไม่มีข้อมูลที่เป็นค่ามาตรฐาน

ตารางผนวก จ

ข้อมูลบัญชีรายการการใช้ทรัพยากร พลังงานและของเสียที่เกิดขึ้นของโรงงานน้ำยางข้น

ตารางผนวก จ-1 ข้อมูลบัญชีรายการโรงงาน A(S)

บัญชีรายการ				
สารขาเข้า	**หน่วยต่อปี**	**ปริมาณต่อปี**	**ปริมาณต่อตันน้ำยางสด**	**ปริมาณต่อตันน้ำยางข้น**
วัตถุดิบ				
-น้ำยางสด	ton	5,940.00	1.00	2.07
- น้ำสะอาด	m^3	30,504.00	5.14	10.64
- ไฟฟ้า	kWh	19,873.00	3.35	6.93
สารเคมี				
- แอมโมเนีย (NH_3)	kg	56,780.00	9.56	19.80
- เตตระเมทิลไทยูแรมไดซัลไฟด์ (TMTD)	kg	15,699.00	2.64	5.47
- ไดแอมโมเนียม ไฮโดรเจนฟอสเฟต (DAP)	kg	5,830.00	0.98	2.03
- กรดลอริค	kg	4,045.00	0.68	1.41
สารขาออก	**หน่วยต่อปี**	**ปริมาณต่อปี**	**ปริมาณต่อตันน้ำยางสด**	**ปริมาณต่อตันน้ำยางข้น**
ผลิตภัณฑ์หลัก				
- น้ำยางข้น	ton	2,868.00	0.48	1.00
ผลิตภัณฑ์ร่วม				
- ยางสกิมบล๊อค	ton	123.02	0.02	0.04
ของเสีย				
- น้ำเสีย	m^3	24,099.00	4.06	8.40

ตารางผนวก จ-2 ข้อมูลบัญชีรายการโรงงาน B(S)

บัญชีรายการ				
สารขาเข้า	**หน่วยต่อปี**	**ปริมาณต่อปี**	**ปริมาณต่อตันน้ำยางสด**	**ปริมาณต่อตันน้ำยางข้น**
<u>วัตถุดิบ</u>				
-น้ำยางสด	ton	6,412.98	1.00	2.09
- น้ำสะอาด	m^3	34,708.00	5.41	11.33
- ไฟฟ้า	kWh	24,877.55	3.88	8.12
<u>สารเคมี</u>				
- แอมโมเนีย (NH_3)	kg	65,335.00	10.19	21.32
- เตตระเมทิลไทยูแรมไดซัลไฟด์ (TMTD)	kg	18,187.00	2.84	5.93
- ไดแอมโมเนียม ไฮโดรเจนฟอสเฟต (DAP)	kg	6,087.00	0.95	1.99
- กรดลอริค	kg	4,725.00	0.74	1.54
สารขาออก	**หน่วยต่อปี**	**ปริมาณต่อปี**	**ปริมาณต่อตันน้ำยางสด**	**ปริมาณต่อตันน้ำยางข้น**
<u>ผลิตภัณฑ์หลัก</u>				
- น้ำยางข้น	ton	3,064.39	0.48	1.00
<u>ผลิตภัณฑ์ร่วม</u>				
- ยางสกิมบล๊อค	ton	153.02	0.02	0.05
<u>ของเสียที่เกิดขึ้น</u>				
- น้ำเสีย	m^3	22,560.02	3.52	7.36

ตารางผนวก จ-3 ข้อมูลบัญชีรายการโรงงาน C(M)

บัญชีรายการ				
สารขาเข้า	**หน่วยต่อปี**	**ปริมาณต่อปี**	**ปริมาณต่อตันน้ำยางสด**	**ปริมาณต่อตันน้ำยางข้น**
วัตถุดิบ				
-น้ำยางสด	ton	14,736.04	1.00	2.16
- น้ำสะอาด	m^3	40,497.00	2.75	5.93
- ไฟฟ้า	kWh	582,114.00	39.50	85.23
สารเคมี				
- แอมโมเนีย (NH_3)	kg	128,800.00	8.74	18.86
- เตตระเมทิลไทยูแรมไดซัลไฟด์ (TMTD)	kg	3,700.00	0.25	0.54
- ไดแอมโมเนียม ไฮโดรเจนฟอสเฟต (DAP)	kg	8,300.00	0.56	1.22
- กรดฟอริค	kg	3,100.00	0.21	0.45
สารขาออก	**หน่วยต่อปี**	**ปริมาณต่อปี**	**ปริมาณต่อตันน้ำยางสด**	**ปริมาณต่อตันน้ำยางข้น**
ผลิตภัณฑ์หลัก				
- น้ำยางข้น	ton	6,830.00	0.46	1.00
ผลิตภัณฑ์ร่วม				
- ยางสกิมบล๊อค	ton	420.00	0.03	0.06
ของเสียที่เกิดขึ้น				
- น้ำเสีย	m^3	37,350.00	2.53	5.47

ตารางผนวก จ-4 ข้อมูลบัญชีรายการโรงงาน D(M)

บัญชีรายการ				
สารขาเข้า	**หน่วยต่อปี**	**ปริมาณต่อปี**	**ปริมาณต่อตันน้ำยางสด**	**ปริมาณต่อตันน้ำยางข้น**
วัตถุดิบ				
-น้ำยางสด	ton	32,418.00	1	3.76
- น้ำสะอาด	m^3	45,210.00	1.39	5.24
- ไฟฟ้า	kWh	735,355.72	22.68	85.23
สารเคมี				
- แอมโมเนีย (NH_3)	kg	1,339,800.00	41.33	155.29
- เตตระเมทิลไทยูแรมไดซัลไฟด์ (TMTD)	kg	9,900.00	0.31	1.15
- ไดแอมโมเนียม ไฮโดรเจนฟอสเฟต (DAP)	kg	29,210.00	0.90	3.39
- กรดลอริค	kg	8,400.00	0.26	0.97
สารขาออก	**หน่วยต่อปี**	**ปริมาณต่อปี**	**ปริมาณต่อตันน้ำยางสด**	**ปริมาณต่อตันน้ำยางข้น**
ผลิตภัณฑ์หลัก				
- น้ำยางข้น	ton	8,628.00	0.27	1
ผลิตภัณฑ์ร่วม				
- ยางสกิมบล๊อค	ton	1,205.00	0.04	0.140
ของเสียที่เกิดขึ้น				
- น้ำเสีย	m^3	40,995.50	1.26	4.751

ตารางผนวก จ-5 ข้อมูลบัญชีรายกาโรงงาน E(M)

บัญชีรายการ				
สารขาเข้า	**หน่วยต่อปี**	**ปริมาณต่อปี**	**ปริมาณต่อตันน้ำยางสด**	**ปริมาณต่อตันน้ำยางข้น**
วัตถุดิบ				
-น้ำยางสด	ton	25,441.07	1	2.37
- น้ำใช้	m^3	33,378.89	1.31	3.11
- ไฟฟ้า	kWh	1,446,297.55	56.85	134.60
สารเคมี				
- แอมโมเนีย (NH_3)	kg	18,8910	7.43	17.58
- เตตระเมทิลไทยูแรมไดซัลไฟด์ (TMTD)	kg	14,700	0.58	1.37
- ไดแอมโมเนียม ไฮโดรเจนฟอสเฟต (DAP)	kg	14,230	0.56	1.32
- กรดลอริค	kg	6,040	0.24	0.56
สารขาออก	**หน่วยต่อปี**	**ปริมาณต่อปี**	**ปริมาณต่อตันน้ำยางสด**	**ปริมาณต่อตันน้ำยางข้น**
ผลิตภัณฑ์หลัก				
- น้ำยางข้น	ton	10,745.12	0.42	1
ผลิตภัณฑ์ร่วม				
- ยางสกิมบล๊อค	ton	838.31	0.03	0.078
ของเสียที่เกิดขึ้น				
- น้ำเสีย	m^3	19,891.93	0.78	1.851

ตารางผนวก จ-6 ข้อมูลบัญชีรายการโรงงาน F(L)

บัญชีรายการ				
สารขาเข้า	**หน่วยต่อปี**	**ปริมาณต่อปี**	**ปริมาณต่อตันน้ำยางสด**	**ปริมาณต่อตันน้ำยางข้น**
<u>วัตถุดิบ</u>				
-น้ำยางสด	ton	69,271.32	1	2.27
- น้ำใช้	m^3	90,564.00	1.31	2.97
- ไฟฟ้า	kWh	2,595,478.43	37.47	85.23
<u>สารเคมี</u>				
- แอมโมเนีย (NH_3)	kg	512,580.00	7.40	16.83
- เตตระเมทิลไทยูแรมไดซัลไฟด์ (TMTD)	kg	39,900.00	0.58	1.31
- ไดแอมโมเนียม ไฮโดรเจนฟอสเฟต (DAP)	kg	38,630.00	0.56	1.27
- กรดลอริค	kg	16,400.00	0.24	0.54
สารขาออก	**หน่วยต่อปี**	**ปริมาณต่อปี**	**ปริมาณต่อตันน้ำยางสด**	**ปริมาณต่อตันน้ำยางข้น**
<u>ผลิตภัณฑ์หลัก</u>				
- น้ำยางข้น	ton	30,453.10	0.44	1
<u>ผลิตภัณฑ์ร่วม</u>				
- ยางสกิมบล๊อค	ton	2,020.78	0.03	0.066
<u>ของเสียที่เกิดขึ้น</u>				
- น้ำเสีย	m^3	29,552.13	0.43	0.970

ภาคผนวก ฉ

ตารางค่าตัวคูณวอเตอร์ฟุตพรินต์

ตารางผนวก ฉ-1 ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์จากการเพาะปลูกยางพารา

ผลผลิตจากยางพารา	กรีนวอเตอร์ ฟุตพรินต์ (ลบ.ม.ต่อตัน)	บลูวอเตอร์ ฟุตพรินต์ (ลบ.ม.ต่อตัน)	เกรย์วอเตอร์ ฟุตพรินต์ (ลบ.ม.ต่อตัน)	วอเตอร์ ฟุตพรินต์รวม (ลบ.ม.ต่อตัน)
1.น้ำยางสด	3,103	346	374	3,824
2.น้ำยางแห้ง (DRC 30%)	10,343	1,154	1,248	12,746
3.ยางก้อนถ้วย (DRC 55%)	5,689	635	686	7,010
4.ไม้ยางพาราสดท่อน	316	35	38	389
5.กิ่งไม้ยางพารา	54	6	7	67

ที่มา : สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (2556)

ตารางผนวก ฉ-2 ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของสารขาเข้าในการผลิตน้ำยางข้น

รายการ	หน่วย	ปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับผลิตภัณฑ์
		บลูวอเตอร์
แอมโมเนีย	m^3/kg	1.38
เตตระเมธิวไทยูแรมไดซัลไฟน์ (TMTD)	m^3/kg	16.04
ไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (DAP)	m^3/kg	4.32
น้ำมันดีเซล	m^3/kg	0.59
ไฟฟ้า	m^3/KWh	0.15

ที่มา : สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (2556)

ภาคผนวก ช

การศึกษาดูงานของกระบวนการผลิตน้ำยางข้น

ก.ลักษณะที่ตั้งโรงงานน้ำยางข้น

ข.จุดรับน้ำยางสด

ค.จุดปั่นแยกน้ำยางสด

ง.จุดเก็บน้ำยางข้น

จ.จุดเกิดเศษยาง

ฉ.จุดเกิดขี้แป้ง

ภาพภาคผนวก ช-1 การศึกษาดูงาน โรงงานน้ำยางข้น

การศึกษาดูงานระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้น

ช.จุดบำบัดน้ำเสีย

ซ.บ่อดักยาง (rubber tap)

ฌ.จุดปล่อยเชื้อจุลินทรีย์เลี้ยงตะกอน

ฎ.ลักษณะบ่อบำบัดเติมอากาศ

ภาพภาคผนวก ช-2 การศึกษาดูงานระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้น