การศึกษาความเป็นไปได้ของเส้นทางขนส่งเหง้ามันสำปะหลังที่เหมาะสม เพื่อป้อนเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวลในพื้นที่ภาคตะวันออกของประเทศไทย

นางสาวมนันญา แสงสายออ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลและระบบกระบวนการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2563

A FEASIBILITY STUDY ON APPROPRIATE CASSAVA RHIZOME TRANSPORTATION ROUTES FOR BIOMASS POWER PLANTS IN THE EASTERN REGION OF THAILAND

MANANYA SAENGSAIOR

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

A Thesis Summitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of Master of Engineering in Mechanical and Process System Engineering Suranaree University of Technology

Academic Year 2020

การศึกษาความเป็นไปได้ของเส้นทางขนส่งเหง้ามันสำปะหลังที่เหมาะสม เพื่อป้อนเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวลในพื้นที่ภาคตะวันออกของประเทศไทย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผศ. ดร.พยุงศักดิ์ จุลยุเสน)
ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร.วีรชัย อาจหาญ)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(ผศ. ดร.พรรษา ลิบลับ)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม)

(ผศ. ดร.เกียรติศักดิ์ แสงประดิษฐ์)
กรรมการ

(ผศ. ดร.เทวรัตน์ ตรีอำนรรค)
กรรมการ

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและพัฒนาความเป็นสากล

(รศ. ดร.พรศิริ จงกล)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มนันญา แสงสายออ : การศึกษาความเป็นไปได้ของเส้นทางขนส่งเหง้ามันสำปะหลังที่เหมาะสมเพื่อป้อนเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวลในพื้นที่ภาคตะวันออกของประเทศไทย (A FEASIBILITY STUDY ON APPROPRIATE CASSAVA RHIZOME TRANSPORTATION ROUTES FOR BIOMASS POWER PLANTS IN THE EASTERN REGION OF THAILAND) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรชัย อาจหาญ, 191 หน้า

การศึกษาความเป็นไปได้ของเส้นทางขนส่งเหง้ามันสำปะหลังที่เหมาะสมเพื่อป้อนเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวลในพื้นที่ภาคตะวันออกของประเทศไทย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณ และศักยภาพเชิงพลังงาน ของเชื้อเพลิงชีวมวลเหลือทิ้งจากการเพาะปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออก และออกแบบเส้นทางขนส่งชีวมวลเหง้ามันสำปะหลัง เข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวล จำนวน 7 แห่ง กำลังการผลิตรวม 118 MW ด้วยวิธีวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis) จากโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems :GIS) โดยการศึกษาใน 2 กรณี คือ การขนส่งชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังจากจุดเก็บขนระดับตำบลไปยังโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใกล้ที่สุด และการขนส่งจากจุดเก็บขนระดับอำเภอไปยังโรงไฟฟ้าชีวมวลในพื้นที่ที่ใกล้ที่สุด จากผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ภาคตะวันออกมีศักยภาพการผลิตพลังงานจากชีวมวลเหง้ามันสำปะหลัง 113.0 GJ เทียบเท่าการใช้น้ำมันดิบ 26.58 ktoe สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 61.8 GWh ที่ช่วยขับเคลื่อนโรงไฟฟ้าได้ 8.8 MW จากพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออกทั้งหมด 1,529,576 ไร่ สัดส่วนเหง้ามันสำปะหลังต่อหัวมันสำปะหลังสด (Crop Residual Ratio : CRR) 0.112 อัตราผลผลิตเฉลี่ยหัวมันสำปะหลัง 3.62 ตันต่อไร่ คิดเป็นปริมาณชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังเกิดขึ้น 636,003 ตัน หรือเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ 89,040 ตัน โดยสามารถขนส่งชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังจากแปลงปลูกเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใกล้ที่สุด รวมระยะทางเก็บขน 340,612 กิโลเมตร คิดเป็นต้นทุนการขนส่งเฉลี่ย 76 บาทต่อตัน จากการขนชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังจากจุดเก็บขนระดับตำบล และมีระยะทางเก็บขนรวม 385,576 กิโลเมตรคิดเป็นต้นทุนการขนส่งเฉลี่ย 86 บาทต่อตัน จากกรณีขนส่งจากจุดเก็บขนระดับอำเภอ

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร
ปีการศึกษา 2563

ลายมือชื่อนักศึกษา_____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม_____

MANANYA SAENGSAIOR : A FEASIBILITY STUDY ON APPROPRIATE CASSAVA RHIZOME TRANSPORTATION ROUTES FOR BIOMASS POWER PLANTS IN THE EASTERN REGION OF THAILAND. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. WEERACHAI AJRHARN, Ph.D., 191 PP

The feasibility study on appropriate cassava rhizomes transportation routes forms the biomass with in the eastern region to biomass power plant. In the eastern region there are seven biomass power plant with in studied have capacity of 118 MW. In order to design cassava rhizomes biomass transport shortest route by the network analysis method form the Geographic information systems (GIS) was used. The network analysis was done by considering two case which are case one the district transportation distance from the main sub-district cassava rhizomes form storage to biomass power plant and the second case lay calculating the distance from the district cassava rhizomes storage to biomass power plant. The result showed that 113.01 GJ of energy which is equivalent to 26.58 ktoe crude oil of energy, will generate 61.8 GWh of electricity which can be used feed into power plants of 8.8 MW. The obtained result wear evaluated from cassava cultivation area 1,529,576 rai (604,575.49 hectare) with crop residual ratio (CRR) of 0.112 with average yield of 3.62 tons per rai (1.3 ton per hectare) which adiates signifies 636,003 ton of cassava rhizomes biomass or ready of processed cassava of 89,040 tons. In case one the result showed that the shotes route was found 340,612 km that gives average transportation cost of 76 bath per ton in moreover second case the shortest distance was found to be 385,576 km that cost 86 bath per ton.

School of Agricultural Engineering
Acadimic Year 2020

Student's Signature _____
Advisor's Signature _____
CO - Advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ผู้วิจัยขอขอบคุณบุคคลและหน่วยงาน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ สนับสนุน และให้ความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ดังนี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีรชัย อาจหาญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาด้านวิชาการและแนะนำแนวทางการการดำเนินงานวิจัย รวมทั้งช่วย ตรวจทาน และแก้ไขรายงานวิทยานิพนธ์ให้แล้วเสร็จสมบูรณ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรรษา ลิบลับ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้คำปรึกษาด้านวิชาการและแนะนำแนวทางการการดำเนินงานวิจัย รวมทั้งช่วย ตรวจทาน และแก้ไขรายงานวิทยานิพนธ์ให้แล้วเสร็จสมบูรณ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เทวรัตน์ ตรีอำนรรค ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกียรติศักดิ์ แสงประดิษฐ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พยุงศักดิ์ จุลยุเสน คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำข้อเสนอแนะ ทิศทางการดำเนินงานให้ครบถ้วนถูกต้องตามหลักวิชาการ และขอขอบคุณ นางสาวกรรณิกา ประเสริฐสังข์ ในการอำนวยการ ประสานงานด้านระบบเอกสาร

ขอบคุณศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีวมวล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในการอนุเคราะห์ข้อมูลสำหรับดำเนินงานวิจัย วัสดุอุปกรณ์และทุนสนับสนุนงานวิจัย ตลอดจนช่วยเสริมสร้างประสบการณ์ทำงานระหว่างการศึกษา และขอขอบคุณ ดร.ทิพย์สุภินทร์ หินซุย อาจารย์ ดร.นิติ เอี่ยมชื่น อาจารย์ ดร. เสาวริน ฤกษ์อยู่สุข ในการให้คำแนะนำ เทคนิคการดำเนินงานวิจัยที่เป็นประโยชน์กับการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ให้แล้วเสร็จ

มนันญา แสงสายออ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อไทย (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อไทย (ภาษาอังกฤษ) ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญรูป ..... ฎ
คำอธิบายสัญลักษณ์ ..... ฐ

บทที่

1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ 2
1.3 ขอบเขตการศึกษา 2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 3
2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 ชีวมวล 4
2.1.1 ชีวมวล 4
2.1.2 แหล่งกำเนิดของเชื้อเพลิงชีวมวล 4
2.1.3 องค์ประกอบของชีวมวลแข็ง 5
2.1.4 ศักยภาพของชีวมวลแข็ง 5
2.1.5 ศักยภาพเชื้อเพลิงชีวมวลของประเทศไทย 6
2.2 มันสำปะหลัง 14
2.2.1 มันสำปะหลัง 14
2.2.2 ห่วงโซ่อุตสาหกรรมมันสำปะหลัง 14
2.2.3 เศษวัสดุเหลือทิ้งจากกิจกรรมจากห่วงโซ่อุตสาหกรรม
มันสำปะหลัง 17

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.4 การเก็บรวบรวมเศษวัสดุเหลือทิ้งจากมันสำปะหลัง 19

2.3 พื้นที่ภาคตะวันออก 20

2.4 ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ 22

2.4.1 ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ 22

2.4.2 โปรแกรมการจัดการและวิเคราะห์ด้านแผนที่ (GIS Software) 23

2.5 การออกแบบขนส่งและระบบโลจิสติกส์ 24

2.5.1 การหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimization Technique) 24

2.5.2 การจัดเส้นทางการขนส่ง (Vehicle Routing Problem 25

2.5.3 การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภมิศาสตร์ ในการจัดเส้นทางการขนส่ง (Vehicle Routing Problem) 29

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 31

3 วิธีดำเนินงานวิจัย 32

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 32

3.2 วิธีดำเนินงานวิจัย 34

3.2.1 การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 34

3.2.2 การประเมินศักยภาพของชีวมวลเหง้ามันสำปะหลัง ในพื้นที่ภาคตะวันออก 34

3.2.3 การจัดทำแผนที่ศักยภาพของชีวมวลเหง้ามันสำปะหลัง ภาคตะวันออก 38

3.2.4 การออกแบบระบบโครงข่ายเส้นทางขนส่ง เหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวลในพื้นที่ ภาคตะวันออก กรณี เกษตรกรมีรถขนส่งเอง (วิ่งไป-กลับ) 41

3.2.5 การออกแบบระบบเก็บขนชีวมวลเหง้ามันสำปะหลัง สู่โรงไฟฟ้าชีวมวลในพื้นที่ภาคตะวันออก (กรณีโรงงานส่งรถบรรทุกเก็บขน) 42

3.3 การประยุกต์ใช้การจัดเส้นทางเดินรถแบบประหยัด (Savings algorithm) 42

3.3.1 รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องและจัดเตรียมข้อมูล 42

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3.2 การจัดเส้นทางเดินรถ 43

3.3.3 การประเมินต้นทุนการขนส่ง 44

4 ผลการดำเนินงาน 45

4.1 ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 45

4.1.1 พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออก 45

4.1.2 ผลผลิตมันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออก 47

4.2 ศักยภาพของเหง้ามันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออก 48

4.2.1 ศักยภาพเชิงปริมาณ 48

4.2.2 ศักยภาพเชิงคุณภาพของเหง้ามันสำปะหลัง 54

4.2.3 ศักยภาพด้านการผลิตพลังงาน 56

4.3 ระบบขนส่งชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังที่เหมาะสมในพื้นที่ภาคตะวันออก 60

4.3.1 โรงไฟฟ้าชีวมวลในพื้นที่ภาคตะวันออก 60

4.3.2 ระบบขนส่งชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออก 62

4.3.2.1 การแบ่งพื้นที่บริการจากแปลงปลูกมันสำปะหลังไปยังโรงไฟฟ้าชีวมวล ที่ใกล้ที่สุด 62

4.3.2.2 ตำแหน่งจุดรวบรวมเก็บขน 68

4.3.3 ระบบขนส่งชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออก กรณี มีจุดรับซื้อชีวมวลย่อยของโรงงาน 69

4.3.3.1 การกำหนดจุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลัง 69

4.3.3.2 การขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้าบีดับบลิว พาวเวอร์ซัพพลาย จำกัด 73

4.3.3.3 การขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้าของบริษัท น้ำตาลนิวกว้างสุ้นหลี จำกัด 76

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3.3.4 การขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า บริษัท แอ๊ดวานซ์ คลีน เพาเวอร์ จำกัด 79

4.3.3.5 การขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า บริษัท น้ำตาลระยอง จำกัด 83

4.3.3.6 การขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า บริษัท พลังงานเพื่อการอนุรักษ์และสิ่งแวดล้อม จำกัด 89

4.3.3.7 การขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า บริษัท อ้อยและน้ำตาลตะวันออกจำกัด 94

4.3.3.8 การขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า (บริษัท แก้วลำดวน เพาเวอร์ซัพพลาย จำกัด) 100

4.4 สรุปผลการศึกษา 106

5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 112

5.1 สรุปผลการศึกษา 112

5.2 ข้อเสนอแนะ 113

รายการอ้างอิง 115

ภาคผนวก 119

ประวัติผู้เขียน 211

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2-1 ศักยภาพชีวมวลของประเทศไทยปี พ.ศ. 2553 7
2-2 สมบัติทางกายภาพของเชื้อเพลิงชีวมวล 9
2-3 องค์ประกอบแบบประมาณ (Proximate Value) ของเชื้อเพลิงชีวมวล 9
2-4 องค์ประกอบแบบแยกธาตุ (Ultimate Value) ของเชื้อเพลิงชีวมวล 10
2-5 ศักยภาพชีวมวลไม่เชิงพาณิชย์ในการผลิตไฟฟ้า 13
2-6 เปรียบเทียบผลการประเมินศักยภาพชีวมวลไม่เชิงพาณิชย์ในการผลิตไฟฟ้า ของมูลนิธิพลังงาน เพื่อสิ่งแวดล้อม (มพส.) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (มทส.) 14
2-7 สรุปลักษณะพันธุ์มันสำปะหลังที่นิยมปลูกในประเทศไทย 36
3-1 การศึกษาศักยภาพของชีวมวลจากเหง้ามันสำปะหลังเชิงปริมาณและคุณภาพ 38
3-2 วิธีการจัดทำแผนที่ชีวมวล Biomass Map เพื่อประเมินรูปแบบการขนส่ง เชื้อเพลิงชีวมวล 35
4-1 พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังรายจังหวัดในพื้นที่ภาคตะวันออก (กรมพัฒนาที่ดิน, 2561) 47
4-2 ผลผลิตมันสำปะหลังรายจังหวัดในพื้นที่ภาคตะวันออก 48
4-3 ศักยภาพเชิงปริมาณชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังเชิงพื้นที่ภาคตะวันออก 50
4-4 สมบัติทางกายภาพของเหง้ามันสำปะหลัง 55
4-5 สมบัติทางเคมีของเหง้ามันสำปะหลัง 56
4-6 ศักยภาพด้านการผลิตพลังงานของเหง้ามันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออก 58
4-7 โรงไฟฟ้าชีวมวลในพื้นที่ภาคตะวันออก 61
4-8 แปลงปลูกมันสำปะหลังจำแนกตามจังหวัดและโรงงานที่รับผลผลิต ในเขตภาคตะวันออก 64
4-9 เหง้ามันคงเหลือและศักยภาพการผลิตพลังงาน 69
4-10 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า (บริษัท บีดับบลิว พาวเวอร์ซัพพลาย จำกัด) กรณีที่ 1 75

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4-11 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า (บริษัท บีดับบลิว พาวเวอร์ซัพพลายจำกัด) กรณีที่ 2 75
4-12 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า (บริษัท นิวกว้างสุ้นหลี จำกัด) กรณีที่ 1 77
4-13 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า (บริษัท นิวกว้างสุ้นหลี จำกัด) กรณีที่ 1 78
4-14 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า (บริษัท แอ๊ดว๊านคลีนเพาเวอร์ จำกัด) กรณีที่ 1 80
4-15 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า (บริษัท แอ๊ดว๊านคลีนเพาเวอร์ จำกัด) กรณีที่ 2 82
4-16 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า (บริษัท น้ำตาลระยอง จำกัด) กรณีที่ 1 85
4-17 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า (บริษัท น้ำตาลระยอง จำกัด) กรณีที่ 2 84
4-18 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า (บริษัท พลังงานเพื่อการอนุรักษ์และสิ่งแวดล้อม จำกัด) กรณีที่ 1 91
4-19 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า (บริษัท พลังงานเพื่อการอนุรักษ์และสิ่งแวดล้อม จำกัด) กรณีที่ 2 93
4-20 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า (บริษัท อ้อยและน้ำตาลตะวันออก จำกัด) กรณีที่ 1 96
4-21 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า (บริษัท อ้อยและน้ำตาลตะวันออก จำกัด) กรณีที่ 2 99
4-22 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า (บริษัท แก้วลำดวน เพาเวอร์ซัพพลาย จำกัด) กรณีที่ 1 104
4-23 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า (บริษัท แก้วลำดวน เพาเวอร์ซัพพลาย จำกัด) กรณีที่ 2 105

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4-24 สรุปการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังของแต่ละโรงไฟฟ้าชีวมวล (จุดเก็บขนระดับตำบล) 109

4-25 สรุปการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังของแต่ละโรงไฟฟ้าชีวมวล (จุดเก็บขนระดับอำเภอ) 110

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2-1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนและความชื้นของชีวมวลไม่เชิงพาณิชย์ 12
2-2 ห่วงโซ่จากการผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทย 16
2-3 ห่วงโซของอุตสาหกรรมมันสำปะหลังในประเทศไทย
ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการกำกับการซื้อขายสินค้าเกษตรล่วงหน้า,2554 17
2-4 ลักษณะทั่วไปของชีวมวลจากมันสำปะหลัง 18
2-5 ลักษณะทั่วไปเหง้ามันสำปะหลัง 19
2-6 เครื่องขุดและรวบรวมมันสำปะหลัง (ประสาท, 2548) 21
2-7 การเก็บรวบรวมเศษวัสดุเหลือทิ้งจากมันสำปะหลัง 21
2-8 การสร้าง Geometric Network บนโครงข่ายถนน 30
3-1 กรอบแนวคิดของงานวิจัย 32
3-2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 33
3-3 แนวคิดวิธีการแบบประหยัด 41
3-4 การประเมินเส้นทางเก็บขนชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังรอบพื้นที่บริการ 43
3-5 การสร้างตารางเมทริกซ์ของระยะทางที่ประหยัด (saving) 44
3-6 การตัวอย่างการเรียงลำดับของค่าระยะทางที่สั้นที่สุดไปหาน้อยที่สุด 44
4-1 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินรายจังหวัดในพื้นที่ภาคตะวันออก
(กรมพัฒนาที่ดิน,2561) 47
4-2 แผนที่ศักยภาพเหง้ามันสำปะหลังรายตำบลในพื้นที่ภาคตะวันออก
(ระดับจังหวัด) 51
4-3 แผนที่ศักยภาพเหง้ามันสำปะหลังรายตำบลในพื้นที่ภาคตะวันออก 53
4-4 ลักษณะทางกายภาพของเหง้ามันสำปะหลัง 55
4-5 ตำแหน่งและที่ตั้งของโรงไฟฟ้าชีวมวลของประเทศไทย 56
4-6 แผนที่พื้นที่ให้บริการของโรงงานและตำแหน่งไร่มันสำปะหลัง
(ตำแหน่งของแปลงมันสำปะหลัง). 58
4-7 แผนที่พื้นที่ให้บริการของโรงงาน 61

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4-8 แผนที่เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับการขนส่งมันสำปะหลังไปยังโรงงาน 64
4-9 ลักษณะของเชื้อเพลิงชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ในการผลิตพลังงาน 69
4-10 ตำแหน่งสถานีรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังจากการระบุตำแหน่ง 71
4-11 เส้นทางขนส่งเหง้ามันสำปะหลังจากการระบุตำแหน่งจุดรวบรวมและเก็บขน 72

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

C	=	คาร์บอน
CRR	=	อัตราผลผลิตต่อวัสดุเหลือทิ้ง
GPS	=	ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก
GIS	=	สารสนเทศทางภูมิศาสตร์
HV	=	ค่าความร้อน
LHV	=	ค่าความร้อนต่ำ
H	=	ไฮโดรเจน
HHV	=	ค่าความร้อนสูง
kJ /kg	=	หน่วยพลังงานจากการเผาไหม้กิโลจูลต่อกิโลกรัมชีวมวล
kcal /kg	=	หน่วยพลังงานจากการเผาไหม้กิโลแคลอี่ต่อกิโลกรัมชีวมวล
kJ	=	หน่วยพลังงานกิโลจูล
ktoe	=	ศักยภาพเชิงพลังงานในหน่วยพันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ
MW	=	กำลังไฟฟ้า (Electric Power) เมกะวัฒน์
MJ/kg	=	หน่วยพลังงานเมกะจูลต่อกิโลกรัม
N	=	ไนโตรเจน
N	=	ออกซิเจน
S	=	ซัลเฟอร์
TJ	=	หน่วยพลังงานเทระจูล
kg/m^3	=	หน่วยความหนาแน่นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
%wb	=	ร้อยละของความชื้นฐานเปียก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย จากรายงานรายงานตัวชี้วัดเศรษฐกิจการเกษตรของประเทศไทย ปี 2561 สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์พบว่าในปี 2561 ประเทศไทย มีปริมาณผลผลิตมันสำปะหลังประมาณ 24 ล้านตัน โดยถูกนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มันเส้นและมันอัดเม็ดประมาณร้อยละ 44 ของมันสำปะหลังทั้งหมด ส่วนใหญ่ถูกส่งออกสู่ตลาดต่างประเทศในรูปของมันอัดเม็ดประมาณร้อยละ 42 ของปริมาณมันอัดเม็ดที่ผลิตได้ และมีการส่งออกแป้งมันสำปะหลังอีกร้อยละ 32 จากหัวมันสำปะหลังทั้งหมด รวมแล้วประเทศไทยมีการส่งออกผลผลิตจากมันสำปะหลังประมาณร้อยละ 74 ในรูปของผลิตภัณฑ์มันต่าง ๆ ส่วนการใช้มันสำปะหลังที่เหลือประมาณร้อยละ 26 ถูกใช้ในการบริโภคในประเทศ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561)ได้แก่ การผลิตแป้งเพื่อผลิตสารให้ความหวานมากที่สุด รองลงมาคือ ใช้ผลิตมันเส้น แป้งเพื่อทำผงชูรสและแอล-ไลซีน และใช้แป้งเป็นอาหารและบริโภคในครัวเรือน ประเทศไทยผลิตและปลูกมันสำปะหลังมากที่สุด รองจากประเทศบราซิลและไนจีเรีย และประเทศไทยเป็นประเทศผู้ส่งออกมันสำปะหลังรายใหญ่ที่สุดของโลก และทำรายได้เข้าประเทศใน ไม่ต่ำกว่า 30,000 ล้านบาทต่อปี ผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลังที่สำคัญของไทย ได้แก่แป้งมันสำปะหลังและมันสำปะหลังอัดเม็ด ประเทศเนเธอร์แลนด์ โปรตุเกสและสเปน รวมถึงเกาหลีใต้ ญี่ปุ่น ไต้หวัน มาเลเซียอินโดนีเซียและจีน เป็นตลาดส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังที่สำคัญของประเทศไทย

โดยในกระบวนการปลูกเพื่อผลิตมันสำปะหลังนอกจากได้หัวมันสำปะหลังซึ่งเป็นผลผลิตแล้วนั้น ยังมีของเสีย/วัสดุเหลือทิ้งที่ไม่ถูกนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ขั้นตอนการการเพาะปลูกมันสำปะหลัง จะมีเหง้ามันสำปะหลัง ซึ่งถือเป็นของเสีย/วัสดุเหลือทิ้ง ที่ไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์ มักโดนปล่อยทิ้งไว้ในแปลงปลูกและเผาทิ้งโดยเปล่าประโยชน์ อีกทั้งยังเกิดปัญหามลพิษจากการเผาวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ซึ่งเป็นมลพิษในที่โล่งแจ้ง มีแหล่งกำเหนิดไม่แน่นนอนและควบคุมได้ยาก ส่งผลกระทบกับสิ่งแวดล้อม ชุมชน สังคมและสุขภาพ หากพิจารณาในแง่การให้พลังงาน พบว่าเหง้ามันสำปะหลังสามารถเผาไหม้ให้ความร้อนเทียบเท่าไม้ฟืน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2553) โดยที่เหง้ามันสำปะหลังตากแห้งมีค่าพลังงานสูง ถึง 3,500-4,500 กิโลแคลอรี่ต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัม (สุวรรณ์แสงเพ็ชร์, 2542) จึงจัดเป็นชีวมวลที่มีศักยภาพในการนำมาเผาไหม้

ให้พลังงานความร้อนเพื่อใช้เป็นต้นกำลังสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าและระบบให้ความร้อน หากมีการรวบรวม เก็บขน และใช้เป็นชีวมวลเชิงพาณิชย์ให้กับระบบการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิตให้กับเกษตรกร อีกทั้งยังลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

พื้นที่ภาคตะวันออก ประกอบด้วย 7 จังหวัด ได้แก่ ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี สระแก้ว ชลบุรี ระยอง จันทบุรี และตราด พื้นที่ภาคตะวันออก มีพื้นที่ปลูกและเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังกว่า 3.3 ล้านไร่ หรือร้อยละ 54 ของพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังทั้งประเทศ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) งานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาและพัฒนาระบบขนส่งเหง้ามันสำปะหลังสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลในพื้นที่ภาคตะวันออกซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณ คุณภาพของเหง้ามันสำปะหลัง ตลอดจนทราบข้อมูลแหล่งที่มาเชื้อเพลิงชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออก ตลอดจนพัฒนาระบบขนชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลแข็งในพื้นที่ภาคตะวันออก เพื่อเป็นข้อมูลและแนวทางประกอบการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังของโรงงานไฟฟ้าในพื้นที่ภาคตะวันออกต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1) เพื่อศึกษาปริมาณ คุณภาพ ของเชื้อเพลิงชีวมวลเหลือทิ้งจากการเพาะปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออก

2) เพื่อจัดทำแผนที่แหล่งที่มาของเชื้อเพลิงชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังเพื่อผลิตพลังงานชีวมวลโดยใช้โปรแกรมสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (geographic information system software; GIS)

3) เพื่อออกแบบระบบขนส่งชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงงานไฟฟ้าชีวมวลในพื้นที่ภาคตะวันออก

1.3 ขอบเขตการศึกษา

การดำเนินงานในครั้งนี้ เป็นการประเมินศักยภาพแหล่งกำเนิดของเหง้ามันสำปะหลังเพื่อใช้ในโรงไฟฟ้าชีวมวลที่มีความเป็นไปได้ในการใช้เหง้ามันสำปะหลังเป็นเชื้อเพลิง ครอบคลุม พื้นที่ภาคภาคตะวันออก โดยมีขอบเขตของการดำเนินงาน ดังนี้

1) ใช้ข้อมูลการเพาะปลูกมันสำปะหลัง (ในระดับตำบล ระดับอำเภอ และระดับจังหวัด) ในพื้นที่ภาคตะวันออก จากฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

2) เก็บขนเหง้ามันสำปะหลังที่เกิดขึ้นในพื้นที่ป้อนเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวลในภาคตะวันออกที่มีความเป็นได้ในการใช้เหง้ามันสำปะหลังเป็นเชื้อเพลิง (จำนวน 7 โรงไฟฟ้า) ตามฐานข้อมูลของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3) โรงไฟฟ้าชีวมวลทุกแห่งในพื้นที่ (7 โรงไฟฟ้าชีวมวล) สามารถรับเชื้อเพลิงชีวมวลได้อย่างไม่จำกัดปริมาณ ไม่จำกัดช่วงเวลา และไม่จำกัดจำนวนรอบของการเก็บขน

4) ตำแหน่งเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังในพื้นที่ แบ่งเป็น 2 กรณี โดยกำหนดให้ 1 ตำบล มี 1 จุดเก็บขน และ 1 อำเภอ 1 จุดเก็บขน

5) กำหนดให้เก็บขนเหง้ามันสำปะหลังที่เกิดขึ้นจากตำแหน่งเก็บขน ทั้ง 2 กรณี โดยเดินรถในเส้นทางที่ใกล้ที่สุดเพื่อป้อนเชื้อเพลิงชีวมวลเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวล (ที่ใกล้ที่สุด)

6) ความจุในการบรรทุกต่อเที่ยว อ้างอิงตามมาตรฐานการขนส่งทางบก (อัตรา 25 ตันต่อเที่ยวการบรรทุก)

7) การจัดเส้นทางขนส่งเหง้ามันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออกด้วยวิธีการแบบประหยัด (Savings algorithm)

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1) ข้อมูลเชิงปริมาณ (quantity) และเชิงคุณภาพ (quality) เหง้ามันสำปะหลัง ในพื้นที่ภาคตะวันออก

2) ศักยภาพการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออก

3) แผนที่แหล่งที่มาเชื้อเพลิงชีวมวลเหง้ามันสำปะหลัง โดยใช้โปรแกรมสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (geographic information system software; GIS software) ในพื้นที่ภาคตะวันออก

4) เส้นทางการขนชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังเพื่อเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลสู่โรงไฟฟ้าชีวมวลในพื้นที่ภาคตะวันออก

5) รูปแบบการเก็บขนการจัดเส้นทางขนส่งเหง้ามันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออกด้วยวิธีการแบบประหยัด (Savings algorithm)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ชีวมวล

2.1.1 ชีวมวล

ชีวมวล มาจากคำว่า ชีว + มวล และในเชิงนิเวศวิทยาหมายถึงจำนวนของพืชและสัตว์หลังจากเกิดวิกฤตการณ์น้ำมัน คำจำกัดความได้กว้างกว่าเชิงนิเวศวิทยา หมายถึงทรัพยากรทางชีวมวลที่ถูกใช้เป็นแหล่งพลังงาน หลักจากที่ถูกตั้งให้เป็นพลังงานทางเลือกใหม่และจากทัศนคติของทรัพยากรพลังงาน หมายถึง คำบัญญัติสำหรับทรัพยากรสัตว์ พืช และของเสียที่เกิดจากสัตว์และพืชที่ถูกสะสมอยู่ซึ่งไม่รวมทรัพยากรฟอสซิล คำว่าชีวมวลจึงตีความได้หลายความหมาย ได้แก่ เศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ไม้ป่า ชิ้นส่วนพืช ทรัพยากรทางการเกษตร หรือ ของเสียจากอุตสาหกรรมที่สามารถเผาไหม้หรือเปลี่ยนรูปได้ เป็นต้น

สารชีวมวล คือ สารที่มีต้นมาจากพืชทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งสามารถทำไปใช้ในการผลิตพลังงานได้ในหลากหลายรูปแบบ สารชีวมวล ถูกเรียกว่า ไฟโตแมส (phytomass) มีที่มาได้จากหลายแหล่ง อาทิ เศษวัสดุเหลือทิ้งจากกิจกรรมทางการเกษตร เป็นต้น ตามพจนานุกรมภาษาอังกฤษของอ๊อกฟอร์ด ปีคริสต์ศักราช 1934 คำว่า สารชีวมวล ปรากฏเป็นครั้งแรกในการตีพิมพ์วารสารพันธุ์ชีวภาพทางทะเล นักวิทยาศาสตร์ชาวรัสเซีย Bogorow ใช้คำว่า สารชีวมวลในการตั้งชื่อ เขาได้ชั่งน้ำหนักแพลงตอนทะเล (Calanus finmarchicus) หลังจากทำให้แห้งซึ่งเขาใช้เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของการเจริญเติบโตของแพลงตอนทะเลตามฤดูกาล เขาเรียกแพลงตอนแห้งนี้ว่าเป็นสารชีวมวล

2.1.2 แหล่งกำเนิดของเชื้อเพลิงชีวมวล

โดยทั่วไปสารชีวมวลเกิดจากของเสียทางการเกษตร เช่น ฟางข้าวและเปลือกข้าว หรือของเสียจากไม้ เช่น ขี้เลื่อยและฝุ่นจากโรงไม้และโรงสี แกลบ หรือ ไม้สับ สารชีวมวลเป็นพลังงานที่มีการหมุนเวียนและไม่มีวันหมด ดังนั้นพลังงานที่ได้จากชีวมวลจึงเป็นพลังงานที่ไม่มีวันหมด ในปี 1997 ประเทศญี่ปุ่นกำหนดสารชีวมวลให้เป็นพลังงานชนิดใหม่อย่างถูกกฎหมาย ตามกฎหมาย ส่งเสริมการใช้พลังงานชนิดใหม่ และเป็นหนึ่งในพลังงานหมุนเวียน พลังงานชีวมวลเป็นพลังงานที่ช่วยลดภาระการใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิลที่มีราคาสูง และมีแนวโน้มขาดแคลนในอนาคต

2.1.3 องค์ประกอบของชีวมวล

องค์ประกอบของชีวมวล แบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ ความชื้น (Moisture) ส่วนที่เผาไหม้ได้ (Combustible substance) และส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) ความชื้น (Moisture) หมายถึง ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในชีวมวล โดยทั่วไปชีวมวลส่วนมากจะมีความชื้นค่อนข้างสูง เนื่องจากเป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในแปลงปลูกจะยังไม่ผ่านการเตรียม

2) เชื้อเพลิง ถ้าต้องการนำชีวมวลมาเป็นพลังงานทดแทนโดยกระบวนการเผาไหม้นั้น ควรต้องปรับปรุง แปรรูป และลดความชื้นให้ไม่เกิน 50 เปอร์เซ็น

3) ส่วนที่เผาไหม้ได้ (Combustible substance) ส่วนที่เผาไหม้ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ สารระเหย (Volaties matter) และคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon) ซึ่ง สารระเหย คือส่วนที่ลุกติดไฟได้ง่าย ส่วนคาร์บอนคงตัวคือปริมาณสารที่สามารถเผาไหม้ได้ (Solid Combustible Material) เป็นสารประกอบคาร์บอน (Carbonaceous residue) ที่ไม่รวมขี้เถ้า (Ash) ที่เหลือจาก Oranic Matter หลังจากที่สารระเหยถูกไล่ออกไปแล้ว

4) ส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้ (Non - Combustible substance) ส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้ (Non - Combustible substance) ส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้ คือ ขี้เถ้า ซึ่งชีวมวลส่วนใหญ่จะมีปริมาณเถ้าร้อยละ 1-3 ยกเว้นแกลบและฟางข้าว จะมีสัดส่วนปริมาณขี้เถ้าถึงร้อยละ10 – 20 โดยมีปริมาณขี้เถ้ามากขึ้นจะส่งผลให้ค่าความร้อนลดลง ซึ่งจะเป็นปัญหาในการเผาไหม้

2.1.4 ศักยภาพของชีวมวลแข็ง

ชีวมวลจะมีพลังงานที่ได้จากกระบวนการเผาไหม้ โดยชีวมวลแต่ละชนิดจะให้พลังงานแตกต่างกัน ตามองค์ประกอบและคุณสมบัติของชีวมวลแต่ละชนิด และความชื้นที่สะสมอยู่ในชีวมวล ซึ่งค่าความร้อนหรือพลังงานที่ได้จากการเผาไหม้ มีพารามิเตอร์หลักคือค่าความร้อนของการเผาไหม้ (Heating Value, HV) โดยแบ่งเป็น ค่าความร้อนต่ำ (Low Heating Value, LHV) และค่าความร้อนสูง (High Heating Value, HHV) โดย

1) ค่าความร้อนต่ำ (Low Heating Value, LHV) คือค่าพลังงานที่สามารถใช้ได้จริงจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล โดยหักพลังงานส่วนหนึ่งที่ต้องใช้ระเหยน้ำที่สะสมอยู่ออกจากการเผาไหม้ มีหน่วยเป็นกิโลจูล (KJ) ต่อกิโลกรัมชีวมวล (kg) หรือ กิโลแคลลอรี (kcal) ต่อกิโลกรัมชีวมวล (kg)

2) ค่าความร้อนสูง (High Heating Value, HHV) เป็นค่าพลังงานทั้งหมดที่ได้จากการเผาไหม้ชีวมวล มีหน่วยเป็น กิโลจูล (kJ) ต่อกิโลกรัมชีวมวล (kg) หรือ กิโลแคลลอรี (kcal) ต่อกิโลกรัมชีวมวล (kg)

2.1.5 ศักยภาพเชื้อเพลิงชีวมวลของประเทศไทย

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีแหล่งชีวมวลที่เป็นเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจำนวนมาก แต่ในสภาพความเป็นจริงแหล่งเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีอยู่จะกระจัดกระจายทั่วทุกพื้นที่ในภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศ ทั้งนี้ยังรวมถึงเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่อยู่ในโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปผลผลิตเกษตร และ ไร่ นา สวนเกษตร มีเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจำนวนมากยังไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ เนื่องจากเศษวัสดุดังกล่าวอยู่ในสภาพไม่พร้อมใช้ ยังต้องมีการจัดการแปรรูปเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้นเราจึงทำการจำแนกเชื้อเพลิงชีวมวล ตามคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงตามการใช้งานของประเทศไทย ออกเป็น 2 ประเภท คือ

- เชื้อเพลิงชีวมวลเชิงพาณิชย์ (Commercialized biomass) คือเศษวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการแปรรูปผลิตผลทางการเกษตร และสามารถนำมาใช้ได้โดยไม่จำเป็นต้องผ่านขั้นตอนการแปรรูป ซื้อ-ขาย ง่าย เช่น แกลบ ชานอ้อย เส้นใยปาล์ม กะลาปาล์ม กะลามะพร้าว ส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายในเชิงพาณิชย์กับระบบผลิตความร้อนและกระแสไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม
- เชื้อเพลิงชีวมวลไม่เชิงพาณิชย์ (Non-commercialized biomass) คือเศษวัสดุเหลือทิ้งที่ยังกระจัดกระจายในพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่รกร้าง หรือในไร่ นา สวนเกษตร เช่น ฟางข้าว ยอดและใบอ้อย เหง้ามันสำปะหลัง ทางปาล์ม เศษไม้/เปลือกไม้จากการทำสวนป่าและอุตสาหกรรมป่าไม้ วัชพืชต่าง ๆ เช่น ผักตบชวา ไมยราพยักษ์ หรือชีวมวลอื่น ๆ ที่ยังเหลืออยู่ ยังไม่ถูกนำมาใช้งานในเชิงพาณิชย์ โดยสามารถนำมาพัฒนาไปเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลเชิงพาณิชย์ได้โดยผ่านกระบวนการจัดการ คือ การรวบรวม และแปรรูปให้พร้อมใช้ต่อไป

จากตารางที่ 2-1 ศักยภาพชีวมวลของประเทศไทยปี พ.ศ. 2553 จะเห็นว่าเมื่อพิจารณาจากข้อมูลการประเมินศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลในปี 2553 พบว่าประเทศไทยสามารถผลิตพลังงานจากชีวมวลได้มากกว่า 6,448 ktoe หากนำเชื้อเพลิงดังกล่าวมาผลิตไฟฟ้าทั้งหมด มีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้า 2,468 MW ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลเชิงพาณิชย์ ได้แก่ แกลบ ซังข้าวโพด เศษไม้ เปลือกไม้ ไม้ฟืน รวม 1,008 ktoe คิดเป็นร้อยละ 16 ของเชื้อเพลิงชีวมวลทั้งหมด และเชื้อเพลิงชีวมวลไม่เชิงพาณิชย์ ได้แก่ ยอดและใบอ้อย ทะลายปาล์ม ฟางข้าว ต้นข้าวโพด ลำต้นและเหง้ามัน รวม 5,440 ktoe คิดเป็นร้อยละ 84 ของเชื้อเพลิงชีวมวลทั้งหมด ตามลำดับ

ตารางที่ 2-1 ศักยภาพชีวมวลของประเทศไทยปี พ.ศ. 2553

ชนิด	ผลผลิต (ตัน)	ชีวมวล	ค่าความร้อน (MJ/kg)	สัดส่วนเศษวัสดุต่อผลผลิต	ปริมาณเศษวัสดุชีวมวลที่ได้ (ตัน)	สัดส่วนเศษวัสดุเหลือนำมาใช้ได้	ปริมาณชีวมวลที่ยังไม่มีการใช้ (ตัน)	พลังงาน (TJ)	เทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe)	กำลังไฟฟ้า (MW)
อ้อย	68,807,800	ชานอ้อย	14.40	0.300	20,642,340	0.000	0	0	0	0
		ยอดและใบ	17.39	0.240	16,513,872	0.550	9,082,630	118,460	2,804	1,073
ข้าว	31,974,084	แกลบ	14.27	0.230	7,354,039	0.0057	41,918	449	11	4
		ฟางข้าว	10.24	0.490	15,667,301	0.295	4,621,854	35,496	840	322
ข้าวโพด	4,488,906	ซัง	18.04	0.190	852,892	0.670	571,438	7,732	183	70
		ต้นข้าวโพด	18.04	0.820	3,680,903	0.610	2,245,351	30,380	719	275
น้ำมันปาล์ม	9,032,635	ทะลายปาล์ม	17.86	0.230	2,077,506	0.380	789,452	10,575	250	96
		กากใย	17.62	0.150	1,354,895	0.000	0	0	0	0
		กะลา	18.46	0.060	541,958	0.000	0	0	0	0
		ทางใน/ก้าน	9.83	0.270	2,438,811	0.000	0	0	0	0
มันสำปะหลัง	22,005,740	ลำต้น	18.42	0.120	2,640,689	0.407	1,074,760	14,848	351	135

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2-1 ศักยภาพชีวมวลของประเทศไทยปี พ.ศ. 2553 (ต่อ)

ชนิด	ผลผลิต (ตัน)	ชีวมวล	ค่าความร้อน (MJ/kg)	สัดส่วนเศษวัสดุต่อผลผลิต	ปริมาณเศษวัสดุชีวมวลที่ได้ (ตัน)	สัดส่วนเศษวัสดุที่เหลือนำมาใช้ได้	ปริมาณชีวมวลที่ยังไม่มีการใช้ (ตัน)	พลังงาน (TJ)	เทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe)	กำลังไฟฟ้า (MW)
ยางพารา	3,071,335	ขี้เลื่อย	14.98	0.030	92,140	0.000	0	0	0	0
		เศษไม้	14.98	0.100	307,134	0.410	125,925	1,415	33	13
		ไม้ฟืน	14.98	0.200	1,360,000	1.000	1,360,000	15,280	362	138
ยูคาลิปตัส	6,800,000	เปลือกไม้	14.98	0.100	680,000	1.000	680,000	7,640	181	69
ไม้สวนป่า	8,950.000	เศษไม้	14.98	0.100	895,000	1.000	895,000	10,055	238	91
				รวม				**272,392**	**6,448**	**2,468**

<u>หมายเหตุ</u> :

1. ผลผลิตทางการเกษตร จากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ปี พ.ศ. 2553
2. ค่าความร้อนวัสดุ จากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ปี พ.ศ. 2553
3. สัดส่วนเศษวัสดุต่อผลผลิตและสัดส่วนเศษวัสดุที่เหลือนำมาใช้ได้ จากมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปี 2553
4. การคำนวณขนาดโรงไฟฟ้าใช้ประสิทธิภาพแปลงรูปพลังงานไฟฟ้าที่ 20% และค่าตัวประกอบโรงไฟฟ้า 0.70
5. สมมติสัดส่วนชีวมวลที่เก็บรวบรวมนำมาใช้งานในการผลิตไฟฟ้าได้จริง (Recovery Rate) เท่ากับ 75

1) สมบัติของเชื้อเพลิงชีวมวลไม่เชิงพาณิชย์

สมบัติของเชื้อเพลิงชีวมวลเป็นปัจจัยที่จำเป็นสำหรับการพิจารณาเพื่อชีวมวลนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตกระแสไฟฟ้าและความร้อน ได้แก่ คุณสมบัติทางกายภาพ องค์ประกอบแบบประมาณ องค์ประกอบแบบแยกธาตุ และค่าความร้อน ซึ่งสมบัติต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 2-2 ถึง 2-4 โดยอ้างอิงผลการศึกษาและวิเคราะห์คุณสมบัติของเชื้อเพลิงชีวมวลไม่เชิงพาณิชย์ ภายใต้การดำเนินโครงการศึกษาแนวทางบริหารจัดการเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนระดับชุมชนในปี 2553

(1) สมบัติทางกายภาพ (ขนาด ความหนาแน่น และความชื้น) สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ขนาด ความหนาแน่น และความชื้นของเชื้อเพลิงชีวมวล โดยส่วนใหญ่เชื้อเพลิงชีวมวลไม่เชิงพาณิชย์มีขนาดและรูปร่างไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ชนิดและวิธีการเก็บเกี่ยว เช่น การเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน หรือการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องจักร เป็นสาเหตุให้เชื้อเพลิงชีวมวลมีขนาดที่ไม่แน่นอนดังกล่าว เกิดความหนาแน่นต่ำ (Bulk Density) อีกทั้งปัญหาเชื้อเพลิงชีวมวลไม่เชิงพาณิชย์ทุกชนิด หลังการเก็บเกี่ยวแล้วจะมีความชื้นสูง (40-70%) จากปัจจัยดังกล่าวทำให้ไม่คุ้มค่าต่อการขนส่ง

ตารางที่ 2-2 สมบัติทางกายภาพของเชื้อเพลิงชีวมวล

ประเภทชีวมวล	ความหนาแน่น (kg/m^3)	ความชื้น (%wb)	ลักษณะทั่วไป
ฟางข้าว	114	41.34	เป็นเส้นขนาด ϕ ½ ซม. ความยาว 15-20 ซม.
ยอด/ใบอ้อย	43	60.97	เป็นกาบบางๆ ยาวประมาณ 40-60 ซม.
เหง้ามันสำปะหลัง	193	53.40	เป็นท่อนขนาด ϕ 1-2 นิ้ว มีแง่ง ตรงปลาย
ทะลายปาล์ม	331	67.50	เป็นพุ่ม มีแกนกลาง ความยาว 20-30 ซม.
ทางปาล์ม	570	65.50	เป็นทางยาวโคนใหญ่ปลายเล็ก ยาว 2-3 ม.

ตารางที่ 2-3 องค์ประกอบแบบประมาณ (Proximate Value) ของเชื้อเพลิงชีวมวล

ชนิดชีวมวล	Moisture Content (%)	Proximate Value (%)			High Heating Value, HHV (kJ/kg)
		Volatile Matter	Ash Content	Fixed Carbon	
เหง้ามันสำปะหลัง	4.66	80.00	2.73	13.00	14,591

ตารางที่ 2-3 องค์ประกอบแบบประมาณ (Proximate Value) ของเชื้อเพลิงชีวมวล (ต่อ)

ชนิดชีวมวล	Moisture Content (%)	Proximate Value (%)			High Heating Value, HHV (kJ/kg)
		Volatile Matter	Ash Content	Fixed Carbon	
ฟางข้าว	5.91	77.09	4.76	12.24	17,844
ยอด/ใบอ้อย	5.67	81.38	4.38	8.57	19,881
ทางปาล์ม	1.62	76.00	4.72	18.00	17,839
ทะลายปาล์ม	13.06	79.66	3.21	4.07	20,938

ตารางที่ 2-4 องค์ประกอบแบบแยกธาตุ (Ultimate Value) ของเชื้อเพลิงชีวมวล

ชนิดชีวมวล	สัดส่วนของธาตุ (ร้อยละ)				
	C	H	N	S	O
เหง้ามันสำปะหลัง	46.12	7.55	1.13	0.03	54.83
ฟางข้าว	49.46	6.24	0.50	0.17	43.63
ยอด/ใบอ้อย	42.29	5.24	0.73	0.06	51.9
ทางปาล์ม	47.94	7.63	0.63	0.03	56.23
ทะลายปาล์ม	46.91	6.50	1.70	0.007	44.88

(2) องค์ประกอบแบบประมาณ (Proximate Value) ของชีวมวล คือ สมบัติเฉพาะของเชื้อเพลิงชีวมวลแต่ละชิด บ่งบอกถึงร้อยละของปริมาณความชื้น (Moisture Content) ร้อยละของปริมาณสารที่ระเหยได้ (Volatile Matter) ร้อยละปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) และ ร้อยละปริมาณเถ้า (Ash Content) โดยสามารถใช้วิธีการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D 1762-84 เป็นสมบัติที่ใช้พิจารณาการเลือกใช้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้าชีวมวล

(3) องค์ประกอบแบบแยกธาตุ (Ultimate Value) ของชีวมวล คือ องค์ประกอบแบบแยกธาตุ (Ultimate Value) เป็นสมบัติที่แสดงถึงธาตุองค์ประกอบของเชื้อเพลิงชีวมวล ประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน และซัลเฟอร์ สามารถวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Carbon, Hydrogen, Nitrogen and Sulfur Analyzer; CHNS-932) ซึ่งองค์ประกอบของธาตุต่าง ๆ จะมีความแตกต่างกันโดยขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของชีวมวล โดยธาตุอ

(4) องค์ประกอบที่สำคัญซึ่งมีผลต่อค่าความร้อน ได้แก่ คาร์บอนและไฮโดรเจน ซึ่งเป็นตัวทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดเป็น คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงานในกระบวนการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ อย่างไรก็ตาม หากมีปริมาณไฮโดรเจนมาก ในปฏิกิริยาการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ จะเกิดน้ำมากเช่นกัน ทำให้น้ำส่วนนี้ดูดซับพลังงานไว้บ พลังงานที่ระบบเผาไหม้ปลดปล่อยออกมาจึงลดน้อยลง

(5) ค่าความร้อน (Heating Value) คือปริมาณพลังงานที่ถูกปลดปล่อยออกมาขณะเผาไหม้เชื้อเพลิงต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักในรูปความร้อน โดยค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลแต่ละชนิดจะมีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับองค์ประกอบและสมบัติของเชื้อเพลิง จากการทบทวนเอกสารงานวิจัยพบว่า ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลแปรผันตรงกับประสิทธิภาพการเปลี่ยนคาร์บอนและไฮโดรเจนไปเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำของเชื้อเพลิง นั่นคือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลขึ้นอยู่กับ ปริมาณร้อยละคาร์บอนและไฮโดรเจนของเชื้อเพลิง และสมบัติแบบแบบแยกธาตุ (Ultimate analysis) พารามิเตอร์เหล่านี้มีความแตกต่างกันโดยขึ้นอยู่กับชนิดของชีวมวล Senelwa และ Sims, (1999) สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Demirbas (2007) ที่ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุชีวมวล 16 ชนิด นอกจากนี้ Demirbas (2007) ได้วิเคราะห์หาความสัมพันธุ์ระหว่าง ค่าความชื้นและค่าความร้อน โดยพบว่าค่าความชื้นเป็นผลทำให้ค่าความร้อนลดลง เพราะความชื้นในชีวมวลจะอยู่ระหว่างช่องว่างในเซลล์ที่ตาย และผนังเซลล์ เมื่อเชื้อเพลิงชีวมวลถูกเผาไหม้ความชื้นจะเป็นตัวดูดซับความร้อนบางส่วน พลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจึงลดน้อยลง

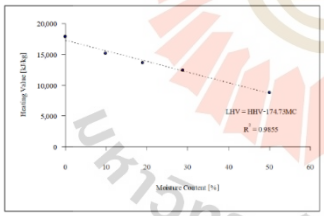
(6) ค่าความร้อนสูงและค่าความร้อนต่ำ (High and Low Heating Value; HHV and LHV) คือพลังงานความร้อนที่ปลดปล่อยออกมาจากการเผาไหม้สมบูรณ์ (Gross Calorific Value) เป็นพลังงานความร้อนที่รวมถึงพลังงานความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำ (Latent Heat of Vaporization) และค่าความร้อนต่ำ (Low Heating Value; LHV) คือพลังงานความร้อนสุทธิที่ปลดปล่อยออกมาจากการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ของเชื้อเพลิง (Net Calorific Value) โดยเริ่มจากเชื้อเพลิงมีอุณหภูมิ 25 °C และผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีอุณหภูมิ 150°C โดยไม่รวมพลังงานที่ได้จากการควบแน่น (Condensate) ไอน้ำ โดยปกติค่าความร้อนใช้งานของเชื้อเพลิง ไม่รวมถึงพลังงานที่ได้จากการควบแน่นดังกล่าวนี้ โดยความสัมพันธุ์ระหว่าง LHV และ HHV แสดงไว้เป็นสมการที่ (2.1)

$$LHV = HHV - 2.395\,(9H + W) \qquad (2.1)$$

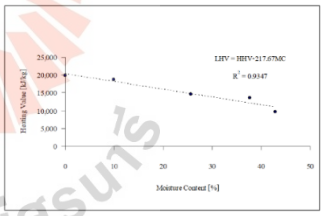
เมื่อ H และ W เป็น สัดส่วนของไฮโดรเจน และ ความชื้น ตามลำดับ

จากนิยามของค่าความร้อนสูงและค่าความร้อนต่ำ สามารถหาค่าดังกล่าวได้ โดยใช้ เครื่อง Bomb Calorimeter ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดมาตราฐานที่ใช้หาค่าความร้อน ในสภาวะที่เกิดการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ ตามมาตรฐาน ASTM D2015 โดยค่าความร้อนของเชื้อเพลิงแห้ง (ความชื้น 0%) ถือได้ว่าเป็นค่าความร้อนสูง (HHV) ส่วนค่าความร้อนที่วัดได้เมื่อเชื้อเพลิงมีค่าความชื้นต่าง ๆ จากเครื่อง Bomb Calorimeter เป็นค่าความร้อนต่ำ (LHV)

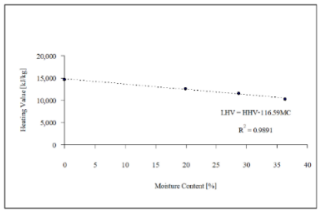
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีได้ ดำเนินโครงการศึกษาแนวทางบริหารจัดการเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนระดับชุมชน (วีรชัย อาจหาญ, 2553) ทำการทดลองหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลทั้ง 5 ชนิด เพื่อทำการหาความสัมพันธุ์ระหว่างค่าความร้อนกับความชื้น โดยทำการวิเคราะห์หาค่าความร้อน ของตัวอย่างชีวมวลแต่ละชนิด ที่ความชื้นต่าง ๆ ดังแสดงไว้ในกราฟ รูปที่ 2-1 สรุปได้ว่า ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลไม่เชิงพาณิชย์ มีค่าความร้อนสุทธิ (LHV) ค่อนข้างต่ำ อันเนื่องมาจากเชื้อเพลิงชีวมวลดังกล่าวมีความชื้นสูง โดยพิจารณาความชื้นของเชื้อเพลิงในตารางที่ 2-5 พบว่า เมื่อเชื้อเพลิงชีวมวล ฟางข้าว ใบอ้อย/ยอดอ้อย เหง้ามันสำปะหลัง ทะลายปาล์ม และ ทางปาล์ม มีความชื้น 41.34 60.97 53.21 67.50 และ 65.50 % ตามลำดับ จะมีที่ค่าความร้อนต่ำ (LHV) ของเชื้อเพลิงชีวมวล มีค่า 10.09 7.08 8.19 7.08 และ 6.55 MJ/kg ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าความร้อนใช้งานที่นำไปใช้ทำนายศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวลไม่เชิงพาณิชย์ของประเทศ



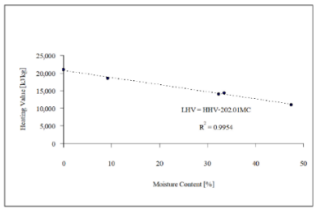
ก.ความสัมพันธุ์ระหว่างค่าความร้อนและความชื้นของฟางข้าว



ข. ความสัมพันธุ์ระหว่างค่าความร้อนและความชื้นของใบอ้อย/ยอดอ้อย

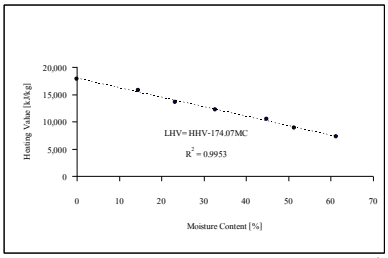


ค. ความสัมพันธุ์ระหว่างค่าความร้อนและความชื้นของเหง้ามันสำปะหลัง



ง. ความสัมพันธุ์ระหว่างค่าความร้อนและความชื้นของทะลายปาล์ม

รูปที่ 2-1 ความสัมพันธุ์ระหว่างค่าความร้อนและความชื้นของชีวมวลไม่เชิงพาณิชย์ (ต่อ)



จ. ความสัมพันธุ์ระหว่างค่าความร้อนและความชื้นของทางปาล์ม

รูปที่ 2-1 ความสัมพันธุ์ระหว่างค่าความร้อนและความชื้นของชีวมวลไม่เชิงพาณิชย์ (ต่อ)

2) ศักยภาพการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิงชีวมวลไม่เชิงพาณิชย์

จากการทบทวนข้อมูลพบว่า ประเทศไทยมีศักยภาพในการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิงชีวมวลไม่เชิงพาณิชย์ อยู่ทั้งสิ้น 24.21 ล้านตัน/ปี คิดเป็นพลังงาน 200,285.0 GJ เทียบเท่าน้ำมันดิบ 4,741.59 ktoe สามารถนำมาผลิตไฟฟ้าได้ 11,226.94 GWh หรือป้อนเข้าสู่โรงไฟฟ้าขนาด 1,587 MW ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2 - 5 และตารางที่ 2 - 6

ตารางที่ 2-5 ศักยภาพชีวมวลไม่เชิงพาณิชย์ในการผลิตไฟฟ้า (ต่อ)

ชีวมวล	ปริมาณคงเหลือ	ความชื้น	ค่าความร้อน	พลังงานทั้งสิ้น	พลังงานเทียบเท่าน้ำมันดิบ	ศักยภาพผลิตกระแสไฟฟ้า
	ล้านตัน/ปี	(%wb)	MJ /kg	(GJ)	(ktoe)[1)]	(GWh)[2)]/ ขนาดโรงไฟฟ้า (MW)[3)]
ทะลายปาล์ม	1.18	67.50	7.08	8,354.4	197.78	464.13/66
ทางปาล์ม	2.81	65.50	6.55	18,405.5	435.73	1,022.53/145
เหง้ามันฯ	2.79	53.40	8.19	22,850.1	540.96	1,269.45/181
รวม	24.21	-	-	200,285.0	4,741.59	11,126.94/1,587

หมายเหตุ

[1)] พลังงานเทียบเท่าน้ำมันดิบ 1 ktoe เท่ากับ 42.24 x 10^6 MJ

[2)] ค่า Net Plant Heat Rate เฉลี่ยสำหรับโรงไฟฟ้า 18 MJ/kWh หรือประสิทธิภาพโรงไฟฟ้า 20%

[3)] โรงไฟฟ้าผลิตไฟฟ้า 7,008 ชั่วโมง/ปี หรือ Plant Factor 0.8

ตารางที่ 2-6 เปรียบเทียบผลการประเมินศักยภาพชีวมวลไม่เชิงพาณิชย์ในการผลิตไฟฟ้าของมูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม (มพส.) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (มทส.)

ชนิดเชื้อเพลิงชีวมวล	พลังงานเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe)		
	มพส. ปี 2549	สกว. ปี 2547	มทส. ปี 2550
ใบอ้อย	2,514.43	4,761	1,402.31
ฟางข้าว	3,350.95	2,789	2,164.09
ทะลายปาล์ม	164.32	269	197.58
ทางปาล์ม	293.59	n/a	435.67
เหง้ามันสำปะหลัง	470.10	n/a	540.96

2.2 มันสำปะหลัง

2.2.1 มันสำปะหลัง

มันสำปะหลัง หรือ Cassava, Manihot, Manioc, Tapioca มีถิ่นกำเนิดในแถบทวีปอเมริกาใต้ มันสำปะหลังได้แพร่กระจายจากแหล่งกำเนิดไปสู่ประเทศอินเดียในช่วงต้น ค.ศ. ที่ 18 เข้าสู่ประเทศฟิลิปปินส์และอินโดเนีเซีย แล้วแพร่กระจายมายังประเทศมาเลเซียและประเทศไทยในที่สุด มันสำปะหลังเป็นพืชเขตร้อน สภาพอากาศที่เหมาะสมสำหรับการปลูกคือ ช่วงเส้นรุ้งที่ 30 องศาเหนือ ถึงเส้นรุ้ง 30 องศาใต้ สามารถเจริญเติบโตได้ในดินทุกประเภท แต่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินร่วนปนทราย อุณหภูมิที่เหมาะสม คือ ที่ 10 – 35 องศาเซลเซียสแต่อุณหภูมิที่เหมาะสมโดยเฉลี่ยต้องไม่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส ประเทศไทยจึงมีสภาพแวดล้อมและสภาพอากาศที่เหมาะสมต่อการปลูกมันสำปะหลังมากที่สุดแห่งหนึ่งของโลก

มันสำปะหลัง เป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศไทย โดยประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเฉลี่ย 7.1 ล้านไร่ต่อปี มีผลผลิตเฉลี่ย 3.09 ตันต่อไร่ โดยมีผลผลิตคิดเป็น 24.91 ล้านตันต่อปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออกเป็นพื้นที่ที่มีการปลูกมันสำปะหลังมากที่สุดของประเทศไทย ซึ่งมีผลผลิตประมาณ 15 ล้านตันต่อปี หรือร้อยละ 56 ของกำลังการผลิตทั้งประเทศ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555)

2.2.2 ห่วงโซ่อุตสาหกรรมมันสำปะหลัง

1) การปลูกมันสำปะหลัง มันสำปะหลังที่นิยมปลูกแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดหวาน (Sweet Type) และชนิดขม (Bitter Type) สำหรับประเทศไทยแล้วเริ่มปลูกมันสำปะหลัง เมื่อวันที่ พ.ศ.2329 ซึ่งมีการนำเข้ามันสำปะหลังจากประเทศมาเลเซีย และมีชื่อเรียกว่ามันไม้หรือมัน

สำโรง ซึ่งต่อมาก็ได้เปลี่ยนชื่อเป็นมันสำปะหลัง (มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลัง แห่งประเทศไทย, 2555)

- ชนิดหวาน (Sweet Type) คือมันสำปะหลังที่มีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิคต่ำ
  ไม่มีรสขมใช้เพื่อการบริโภคของมนุษย์ มีทั้งชนิดเนื้อร่วนนุ่ม และชนิดเนื้อเหนียวแน่น แต่มีปริมาณการปลูกน้อย
- ชนิดขม (Bitter Type) คือมันสำปะหลังที่มีกรดไฮโดรไซยานิคสูง มีความเป็นพิษ และมีรสขม ไม่เหมาะกับการบริโภคของมนุษย์ หัวมันสำปะหลังชนิดนี้จะใช้ในการเลี้ยงสัตว์ และใช้สำหรับอุตสาหกรรมแปรรูปต่าง ๆ ได้แก่ แป้งมัน มันอัดเม็ด และแอลกอฮอล์ เป็นต้น เนื่องจากมีปริมาณแป้งสูง โดยมันสำปะหลังที่ปลูกในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นมันสำปะหลังชนิดขม (Bitter Type) ที่ใช้กับอุตสาหกรรมเป็นหลัก

มันสำปะหลังมีกรดไฮโดรไซยานิคที่สามารถระเหยออกสู่อากาศ เช่นจาก ในการตากแห้งและอบแห้งมันสำปะหลัง สามารถทำให้กรดไฮโดรไซยานิคเหลือเพียงประมาณ 30 ส่วนต่อล้านส่วน ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อคนและสัตว์ หรือหากเก็บมันเส้นไว้ในระยะเวลานานจะทำให้กรดไฮโดรไซยานิคยิ่งสลายไปมากขึ้น (สุกัญญา จัตตุพรพงษ์, 2530) และสามารถนำไปเป็นวัตถุดิบผลิตอาหารได้ ได้แก่ มันเส้น และมันสำปะหลังอัดเม็ด เนื่องจากมีปริมาณแป้งสูง ในปัจจุบันมีพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อใช้ในการอุตสาหกรรมที่ได้รับการรับรองพันธุ์และปรับปรุงพันธุ์จากกรมวิชาการเกษตรที่ได้รับการแนะนำและได้รับการนิยมเพาะปลูกจากเกษตรกร เช่น พันธุ์ระยอง 1 พันธุ์ระยอง 3 พันธุ์ระยอง 5 พันธุ์ระยอง 60 พันธุ์ระยอง 90 ศรีราชา 1 เกษตรศาสตร์ 50 ดังแสดงสรุปลักษณะพันธุ์มันสำปะหลังที่นิยมปลูกในประเทศไทยในตารางที่ 2-7

แหล่งปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญของประเทศไทยอยู่ในภาคตะวันนอกเฉียงเหนือและภาคตะวันออก มันสำปะหลังที่ปลูกในประเทศไทยมีอายุการเก็บเกี่ยวอย่างน้อย 8-14 เดือน ทั้งนี้เกษตรกรส่วนใหญ่จะเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในช่วงอายุมันสำปะหลังอยู่ระหว่าง 10 – 12 เดือน ดังรูปแสดงห่วงโซ่การผลิตมันสำปะหลังดังรูปที่ 2 ทำให้มีผลผลิตออกสู่ตลาดตลอดทั้งปี โดยผลผลิตกว่า 75 % จะออกสู่ตลาดในช่วงเดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนมีนาคม เนื่องจากเป็นช่วงที่เกษตรกรว่างจากการเก็บเกี่ยวข้าวและไม่มีฝนเป็นอุปสรรคสำหรับการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง

รูปที่ 2-2 ห่วงโซ่จากการผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทย

ตารางที่ 2-7 สรุปลักษณะพันธุ์มันสำปะหลังที่นิยมปลูกในประเทศไทย

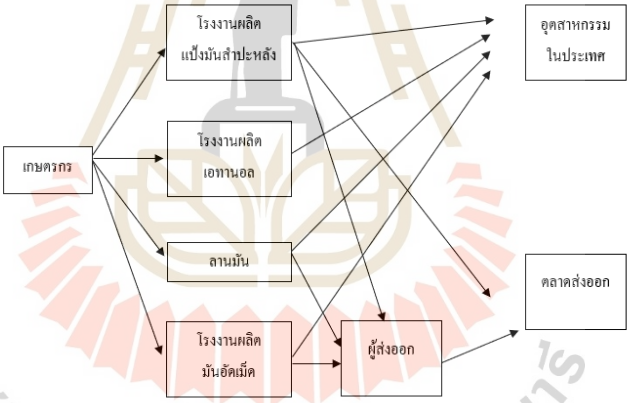
พันธุ์	ลำต้น			ผลผลิตเฉลี่ย	% แป้ง	
	ลักษณะ	สี	ความสูง (ซม.)	(ตันต่อไร่)	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
พันธุ์ระยอง 90	โค้ง	น้ำตาลอมส้ม	150-200	4.0	25	30
เกษตรศาสตร์ 50	โค้ง	เขียวเงิน	180-250	4.4	23	28
ระยอง 5	ตรง	เขียว	150-200	5.2	23	28
ระยอง 72	ตรง	เขียว	180-250	4.9	22	28

ที่มา; กรมวิชาการเกษตร, 2555

2) การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง อายุของการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังสามารถยืดอายุการเก็บเกี่ยวได้ และพบว่ามันสำปะหลังจะเริ่มมีหัวเมื่ออายุประมาณ 8 เดือนเป็นต้นไป ซึ่งอายุเหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวอยู่ที่ 12 เดือน จะให้ผลผลิตดีกว่าการเก็บเกี่ยวเร็วหรือช้า หรือหากมีการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังอายุมากกว่า 12 เดือน จะได้ผลผลิตสูงขึ้น แต่หากการปลูกในรุ่นใหม่ไม่ตรงกับฤดูกาลที่เหมาะสมหัวมันจะมีขนาดใหญ่ขึ้น และมีเส้นใยมาก โดยที่ผลผลิตหัวมันสำปะหลังเมื่อเก็บเกี่ยวตาม

อายุจะได้ผลผลิตในอัตราเฉลี่ย 4 ตันต่อไร่ การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังโดยทั่วไปประกอบด้วย 3 กิจกรรมหลัก ได้แก่ การขุด การตัดเหง้า และการขนย้ายหัวมันสำปะหลังสด และเมื่อเก็บเกี่ยวเสร็จเกษตรกรต้องรีบขนย้ายหัวมันทันทีเนื่องจากหัวมันสำปะหลังปริมาณความชื้นลดลงและเสื่อมสภาพได้ง่าย สำหรับกิจกรรมการเก็บเกี่ยวในช่วงที่ยังไม่ขาดแคลนแรงงาน เกษตรกรใช้แรงงานคนในการทำกิจกรรมหลักทั้ง 3 ส่วน คือ การขุดมันสำปะหลังด้วยอุปกรณ์งัด จากนั้นจึงตัดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้าด้วยมีดพร้า แล้วจึงรวบรวมหัวมันสำปะหลังที่กระจายอยู่ในแปลงใส่เข่งและแบกขึ้นรถบรรทุก แต่เมื่อขาดแคลนแรงงานเกษตรกรใช้วิธีการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องจักรช่วย เช่น รถขุด เป็นต้น

3) ห่วงโซ่ของอุตสาหกรรมมันสำปะหลังในประเทศไทย ห่วงโซ่ของอุตสาหกรรมมันสำปะหลังในประเทศไทยเริ่มจากการผลิตผลผลิตหัวมันสำปะหลังจากแปลงปลูกจากเกษตรกรในรูปหัวมันสดไปยังผู้ประกอบการโรงงานแปรรูปมันสำปะหลัง เช่น โรงงานผลิตเอทานอล ลานมัน โรงงานผลิตมันเส้นและมันสำปะหลังอัดเม็ด ก่อนส่งไปยังอุตสาหกรรมต่าง ๆ ภายในประเทศและต่างประเทศตามลำดับ ดังแสดงห่วงโซ่ในรูปที่ 2-3



รูปที่ 2-3 ห่วงโซ่ของอุตสาหกรรมมันสำปะหลังในประเทศไทย
(สำนักงานคณะกรรมการกำกับการซื้อขายสินค้าเกษตรล่วงหน้า, 2554)

2.2.3 เศษวัสดุเหลือทิ้งจากกิจกรรมจากห่วงโซ่อุตสาหกรรมมันสำปะหลัง

1) เหง้ามันสำปะหลัง เนื่องจากมันสำปะหลังสามารถนำไปแปรรูป เป็นผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังในรูปต่าง ๆ เพื่อใช้ประโยชน์ได้หลายประการ ทั้งในรูปอาหารและมิใช่อาหาร เช่น มันเส้น มันอัดเม็ด ใช้เป็นส่วนประกอบอาหารสัตว์ และผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์ สำหรับแป้งมันสำปะหลังใช้ในอุตสาหกรรมต่อเนื่อง ได้แก่ อุตสาหกรรมอาหาร สารความหวาน ผงชูรส สิ่งทอ กระดาษ เป็นต้น รวมทั้งเอทานอลและภาชนะบรรจุย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ซึ่งในอนาคตจะ

มีการใช้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมากยิ่งขึ้น เพราะช่วยลดปัญหามลภาวะและสิ่งแวดล้อม ที่เกิดจากการใช้พลาสติกและโฟม ส่วนการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังไปยังต่างประเทศ คาดว่า จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน เนื่องจากในปัจจุบันประเทศไทยได้มีการเปิดการค้าเสรีในรูปของทวิภาคีมากขึ้นโดยเฉพาะในตลาดนำเข้าที่สำคัญของไทย และในขณะที่มีการใช้ประโยชน์จากมันสำปะหลังจำนวนมากนั้น ก็มีผลิตภัณฑ์ที่เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเกิดขึ้นมาพร้อมกัน นั่นคือ เหง้ามันสำปะหลัง (Cassava stock) โดยเหง้ามันสำปะหลังเป็นเศษวัสดุหรือของเหลือจากการผลิตมันสำปะหลังที่มีสัดส่วนของอัตราการเกิดขึ้นขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตมันสำปะหลัง โดยเหง้ามันสำปะหลังยังไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์หรือมีการใช้ประโยชน์น้อยมาก ในบางครั้งก่อให้เกิดภาระที่ต้องเผาทำลายหรือกำจัดทิ้ง ดังนั้นการนำวัสดุเหง้ามันสำปะหลังเหล่านี้มาใช้สำหรับการผลิตพลังงานจึงเป็นการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและช่วยขจัดปัญหาเศษวัสดุหรือของเหลือจากการเกษตรให้แก่เกษตรกรและปัญหามลพิษจากการเผาทำลายอีกด้วย

ชีวมวลที่เกิดจากมันสำปะหลัง ได้แก่ เหง้ามันสำปะหลัง ซึ่งเป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างต้นกับหัวมันสำปะหลังดังแสดงลักษณะในรูปที่ 2-5 เหง้ามันสำปะหลังเกิดขึ้นในกระบวนการเก็บเกี่ยว เกษตรจะตัดต้นมันสำปะหลังออกจากเหง้าแล้วขุดหัวมันสำปะหลังที่ติดเหง้ามันขึ้นมาจากดิน แล้วสับแยกหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้า เกษตรกรบางรายเผาเหง้ามันสำปะหลังทิ้ง แต่ส่วนใหญ่ทิ้งให้เกิดการผุกร่อนและไถกลบ ดังรูปที่ 2-4

รูปที่ 2-4 ลักษณะทั่วไปของชีวมวลจากมันสำปะหลัง

รูปที่ 2-5 ลักษณะทั่วไปเหง้ามันสำปะหลัง

เหง้ามันสำปะหลังคือส่วนที่อยู่ใต้ดินและยึดหัวมันสำปะหลัง อยู่เหนือผิวดินเป็นส่วนโคนของลำต้นมันสำปะหลังประมาณ 30 เซนติเมตร ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้บริโภคของมนุษย์และสัตว์ไม่ได้ บริเวณเปลือกนอกของเหง้ามันสำปะหลังยังมีความแข็งแรงมาก เนื่องจากมีองค์ประกอบของซิลิก้าจำนวนมาก ซึ่งสมบัติเหง้ามันสำปะหลังนี้ทำให้เหง้ามันมีความแข็งแรง ไม่แตกหักง่ายและลุกติดไฟได้ง่ายเนื่องจากยังมีค่าความร้อนสูงเทียบเท่าได้กับไม้ฟืน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2553) ประมาณ 3,500 – 4,058 กิโลกรัมต่อกิโลแคลอรี่ ต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัม (สุวรรณ์, 2542) เทียบได้กับค่าความร้อนของน้ำมันเตาประมาณ 9,500 กิโลแคลอรี่ต่อลิตร ซึ่งพบว่าในแต่ละปีมีการเผาเหง้ามันสำปะหลังทิ้งเทียบกับการใช้น้ำมันเตา 3,000 ล้านลิตร คิดเป็นมูลค่า 21,000 ล้านบาท ฉะนั้นปัญหาการเผาไหม้เหง้ามันสำปะหลังทิ้ง จึงมีความเป็นไปได้ที่จะใช้ ผลิตกระแสไฟฟ้าหรือความร้อนใช้ในโรงไฟฟ้าชีวมวลได้

หลังจากการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังจะมีปริมาณเหง้ามันสำปะหลังเหลือทิ้งอัตราส่วนต่อผลผลิตอยู่ที่ 0.12 (วีรชัย อาจหาญ, 2548) ของน้ำหนักผลผลิต หรือประมาณ 2.8 ล้านตันต่อปี เทียบเท่าค่าความร้อนของน้ำมันดิบ 923 ล้านลิตร (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2555) และด้วยข้อจำกัดปริมาณความชื้นในเหง้ามันสำปะหลังและต้นทุนในการรวบรวมสูง จึงยังไม่มีการใช้เศษวัสดุชนิดนี้สำหรับเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลเชิงพาณิชย์

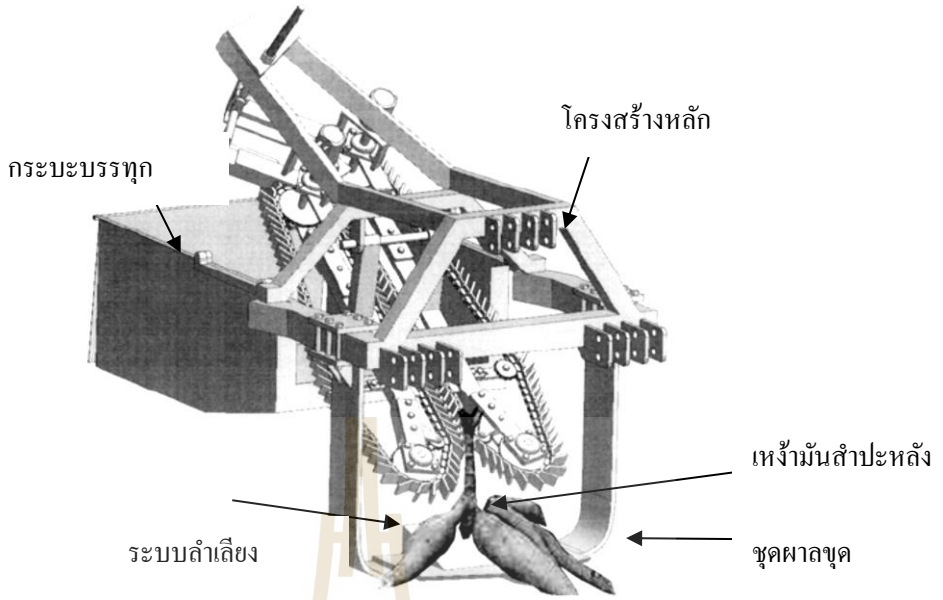
2.2.4 การเก็บรวบรวมเศษวัสดุเหลือทิ้งจากมันสำปะหลัง

วิธีการจัดเก็บ รวบรวมเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับวิธีการเก็บเกี่ยวพืชผลทางการเกษตรชนิดนั้น ๆ ซึ่งสามารถอธิบายแนวปฏิบัติในการเก็บเกี่ยว

ลักษณะการเกิดเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร หรือ Crop Residual ซึ่งนำไปสู่แนวทางการจัดเก็บและ รวบรวมเชื้อเพลิงชีวมวลใน ไร่ นา สวนเกษตร

เชื้อเพลิงชีวมวลมันสำปะหลังสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ ต้น/ใบ และเหง้ามันสำปะหลัง ซึ่งปัจจุบันการรวบรวมเชื้อเพลิงชีวมวลชนิดนี้จะใช้แรงงานคน และยังไม่มีเครื่องรวบรวมต้น/ใบหรือเหง้ามันสำปะหลังเพื่อลำเลียงขนถ่าย ลักษณะการกระจายตัวของเหง้ามันสำปะหลังในแปลงเกษตรจะรวมกองกันเป็นกลุ่ม บริเวณเดียวกันกับหัวมันสด ไม่กระจายตัวเหมือนฟางข้าวและยอดอ้อยใบอ้อย ดังนั้นจึงไม่มีปัญหาด้านการรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังมากนักยกเว้นบางกรณีที่คนงานเก็บหัวมันสด ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องจักรเพื่อเป็นการลดต้นทุน และแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงานในการเก็บเกี่ยว โดยสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ได้มีแนวคิดที่จะพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง ที่สามารถดำเนินการได้ทั้งการขุด และลำเลียงเพื่อการรวบรวมไว้ ณ จุดรวบรวม ในแปลงหรือข้างแปลงจะช่วยลดขั้นตอนการทำงาน และจำนวนแรงงานที่ใช้ได้เป็นอย่างมาก ทั้งสะดวกต่อการจัดการในขั้นต่อไปคือ การตัดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้าหรือโคน ด้วยเครื่องมือสำหรับตัดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้า ตลอดจนสะดวกต่อการขนลำเลียงขึ้นรถบรรทุกเพื่อนำไปจำหน่ายยังจุดรับซื้ออีกด้วย จะทำให้การรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังในอนาคตสามารถทำได้สะดวกและมีปริมาณมากขึ้น โดยเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังดังกล่าวเป็นเครื่องจักรพ่วงรถแทรกเตอร์ ขนาด 60-80 แรงม้า มีหลักการทำงาน คือ ชุดผาลขุดจะทำการขุดหัวมันสำปะหลังขึ้นมาบนผิวดิน โดยจะแทรกตัวลงไปใต้ผิวดินในระดับที่ต่ำกว่าตำแหน่งของหัวมันสำปะหลัง จากนั้นมันสำปะหลังพร้อมเหง้ามันสำปะหลังจะถูกลำเลียงไปรวบรวมที่กระบะบรรทุกโดยชุดลำเลียง เมื่อมันสำปะหลังเต็มกระบะบรรทุกแล้วจะนำมาเทกองรวมกันเพื่อทำการตัดหัวมันออกจากเหง้าเป็นลำดับต่อไป ดังแสดงอุปกรณ์การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังไว้ในรูปที่ 2-6 และรูปที่ 2-7

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2-6 เครื่องขุดและรวบรวมมันสำปะหลัง

การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง นิยมใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังช่วยในการขุดหัวมันขึ้นจากดิน แต่ยังวางอยู่ในแถวปลูก จากนั้นเกษตรกรจะตามเก็บหัวมันที่ขุดแล้วโดยทำการตัดสับแยกหัวมันและเหง้าออกจากกันและกองไว้เพื่อรอการขนขึ้นรถบรรทุกเพื่อลำเลียงเข้าสู่โรงงาน สำหรับเหง้ามันสำปะหลังส่วนใหญ่ จะปล่อยทิ้งไว้ในแปลง ตากแดดเพื่อกำจัดไซยาไนด์ และทำการไถกลบต่อไป โดยส่วนน้อย 5% จะติดไปกับหัวมันสำปะหลังเข้าสู่โรงงานแป้งมันสำปะหลังและลานมัน

รูปที่ 2-7 การเก็บรวบรวมเศษวัสดุเหลือทิ้งจากมันสำปะหลัง

2.3 พื้นที่ภาคตะวันออก

พื้นที่ภาคตะวันออกประกอบด้วย 7 จังหวัด ได้แก่ ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี สระแก้ว ชลบุรี ระยอง จันทบุรี และตราด ภาคตะวันออกเป็นแหล่งเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศรองลงมาจากกรุงเทพฯ โดย ภาคตะวันออก (7 จังหวัด) มีมูลค่าผลิตภัณฑ์ภาค ณ ราคาประจำปี 2558 เท่ากับ 2,505,667 ล้านบาท คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 17.6 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมประเทศ

แหล่งการทำเกษตรฯ ที่สำคัญของภาคตะวันออก ได้แก่ จังหวัดจันทบุรี มีการผลิตร้อยละ 41.1 รองลงมาคือ ระยอง ร้อยละ 12.3 ชลบุรี ร้อยละ 12.1 และตราด ร้อยละ 11.2 ปัจจุบันพื้นที่เกษตรกรรมของภาคตะวันออกเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่อุตสาหกรรม และที่อยู่อาศัยมากขึ้น แต่ ภาคตะวันออกก็ยังถือได้ว่าเป็นแหล่งผลิตสินค้าเกษตรที่สำคัญของประเทศแห่งหนึ่ง ในการเพาะปลูก การทำปศุสัตว์ และประมง สินค้าเกษตรที่สำคัญของภาคตะวันออก ผลผลิตที่สำคัญได้แก่ ข้าว และมันสำปะหลัง ปี 2558 จังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกข้าวนาปีมากที่สุดของภาคตะวันออก ได้แก่ จังหวัดสระแก้ว ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี และนครนายก ส่วนจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังมาก ได้แก่ จังหวัดสระแก้ว ฉะเชิงเทรา ชลบุรี และจันทบุรี

2.4 ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

2.4.1 ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

ระบบคอมพิวเตอร์และโปรแกรมที่ออกแบบเพื่อสนับสนุนการนำเข้าข้อมูล การจัดการข้อมูล การเปลี่ยนแปลงข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผล ของข้อมูลเชิงพื้นที่การเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลรายละเอียด (ข้อมูลเชิงตาราง) เรียกว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยมีลักษณะการทำงานของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (วัลลภา อินทรวงค์, 2555) ดังนี้

1) การนำเข้าข้อมูลต่าง ๆให้คอมพิวเตอร์ (Data Input) โดยข้อมูลที่อยู่ในรูปข้อมูลแผนที่ซึ่งมีอยู่แล้ว ข้อมูลจากภาคสนามหรือข้อมูลจากเครื่องบันทึกภาพ เป็นต้น สามารถแบ่งเป็นข้อมูล ได้เป็น 2 ประเภท คือ

- ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) เป็นข้อมูลที่ทราบตำแหน่งทางพื้นดิน สามารถอ้างอิงทางภูมิศาสตร์ได้ (Geo – referenced data)
- ข้อมูลลักษณะหรือข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute Data) เป็นข้อมูลเกี่ยวกับคุณลักษณะต่าง ๆ ของพื้นที่นั้น ๆ เช่นข้อมูลผู้ถือครองที่ดิน ข้อมูลเกี่ยวกับภาวะเศรษฐกิจ จำนวน ประชากร อายุและอาชีพ เป็นต้น

2) การปรับแต่งข้อมูล (Data Manipulation) นั่นคือบางครั้งข้อมูลที่ได้รับเข้าสู่ระบบบางข้อมูลจำเป็นต้องได้รับการปรับแต่งให้เหมาะสมกับการใช้งาน เช่น ข้อมูลมีขนาดแตกต่างกัน หรือใช้ข้อมูลที่มีระบบพิกัดแผนแตกต่างกัน ข้อมูลเหล่านี้ต้องได้รับการปรับอยู่ในระดับเดียวกัน

3) การจัดการข้อมูล (data Management) หลังจากนำเข้าและปรับแต่งข้อมูลเรียบร้อยแล้วขั้นตอนต่อไปคือการจัดการข้อมูล สร้างแฟ้มข้อมูล จัดการข้อมูลแยกเป็นหมวด และเชื่อมโยง ระหว่างข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงคุณลักษณะ เพื่อให้เป็นข้อมูลที่มีความถูกต้องและง่ายต่อการ ปรับแก้และเรียกใช้ข้อมูลแต่ละเรื่องควรแยกเก็บเป็นคนละแฟ้มข้อมูล เพื่อสะดวกต่อการเรียกใช้

4) การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือการนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่หลายๆ ชั้นข้อมูล (Layer) มาซ้อนทับกัน (Overlay) เพื่อทำการวิเคราะห์และกำหนดเงื่อนไขต่าง ๆ โดยใช้คอมพิวเตอร์ตามวัตถุประสงค์ หรือตามแบบจำลอง

5) การแสดงผลข้อมูล (Data Display) เป็นการนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของตัวเลขหรือข้อมูลภาพกราฟิกที่แสดงผลได้ตามหน้าจอคอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์หรือเครื่องพิมพ์ แผนที่ขนาดใหญ่ (Plotter)

การนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) มาใช้ประโยชน์ได้ในหลายกิจกรรมที่มีความเกี่ยวข้องกับภูมิศาสตร์เสมอ เนื่องจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ณ ที่ใดที่หนึ่งบนพื้นโลกในช่วงเวลาใด ๆ นั้น สามารถให้รายละเอียด บันทึกข้อมูล บอกความสัมพันธุ์ หรือ ลำดับเหตุการณ์การเปลี่ยนแปลงของข้อมูลพื้นที่ ให้มีความเข้าใจกับความสัมพันธุ์ของสิ่งต่าง ๆ ใน เชิงพื้นที่ได้ ซึ่งเป็นพื้นฐานอย่างดีสำหรับการตัดสินใจ จากข้อมูลที่มีจำนวนมากและซับซ้อน ได้ในระยะเวลาสั้นลง

2.4.2 โปรแกรมการจัดการและวิเคราะห์ด้านแผนที่ (GIS Software)

ระบบภูมิสารสนเทศศาสตร์ ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ การรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing) ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (Global Position System : GPS) และ GIS (Geographic Information System มีการนำระบบสำรวจข้อมูลระยะไกลมาประยุกต์ใช้ในประเทศไทย เช่น ด้านป่าไม้ ด้านการเกษตร อุทกวิทยาและแหล่งน้ำ การใช้ที่ดินและสิ่งที่ปกคลุมดิน ธรณีวิทยา และธรณีสัณฐาน สมุทรศาสตร์และทรัพยากรชายฝั่ง การทำแผนที่ ภัยธรรมชาติ และด้านสิ่งแวดล้อมเป็นต้น โดยข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้จากระบบสำรวจข้อมูล ระยะไกลมักถูกนำไป

ผสมผสานกับระบบภูมิสารสนเทศ เพื่อเป็นปัจจัยนำเข้าปัจจัยหนึ่งที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อการวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

ปัจจุบันมีการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการวางแผน เพราะระบบการเก็บรวบรวมข้อมูลส่วนใหญ่จะยุ่งยากเกินกว่าที่จะใช้เครื่องคิดเลขคำนวณหรือใช้วิจารณญาณของบุคคลเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งขาดความเที่ยงธรรมและความชัดเจนของผลลัพธ์ที่เป็นรูปธรรม ระบบภูมิสารสนเทศศาสตร์ (Geo - informatic หรือ Geomatics) เป็นเทคโนโลยีที่รู้จักกันมากขึ้นสำหรับหน่วยงานและองค์กร ที่ต้องเกี่ยวข้องกับการจัดการ ติดตามทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นทรัพยากรที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ และทรัพยากรที่มนุษย์สร้างขึ้น และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ในรูปแบบเชิงพื้นที่ ในแต่ละพื้นที่ประกอบด้วยฐานข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์หรือตัดสินใจสำหรับการแก้ไขหรือวางแผนการบริหารจัดการตามเงื่อนไขที่มนุษย์เป็นผู้ดำเนินการและสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ในรูปสองมิติและสามมิติ เพื่อจำลองสภาพภูมิประเทศให้ใกล้เคียงกับพื้นที่จริง ระบบภูมิสารสนเทศศาสตร์จึงได้มีการนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายมากขึ้นทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศเพื่อนำมาช่วยในการบริหารจัดการ วางแผนนโยบาย และตัดสินใจในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมในชุมชนและท้องถิ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากขึ้น (สุเพชร จิรขจรกุล, 2551)

2.5 การออกแบบขนส่งและระบบโลจิสติกส์

2.5.1 การหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimization Technique)

เทคนิคการบริหารจัดการระบบและการแก้ปัญหาด้านการขนส่งเป็นทฤษฎีการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimization Technique) โดยเทคนิคการหาคำตอบจากการหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) คือวิธีทางคณิตศาสตร์เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมที่สุดในการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้สามารถบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการที่สุด เป็นการแก้ปัญหาเพให้ได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุด เป็นวิธีการวิเคราะห์หาคำตอบที่ดีที่สุด ทั้งนี้ปัญหาของการจัดเส้นทางเป็นปัญหาสำคัญของคำตอบ โดยเทคนิคที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาลักษณะนี้มีหลายวิธี ได้แก่ เทคนิคการแตกกิ่งและจำกัดเขต (Branch and Bound) เป็นต้น แต่วิธีในการหาคำตอบที่ เหมาะสมที่สุดมักประสบปัญหา เนื่องจากต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์นานมาก จึงไม่สามารถ แก้ปัญหาซึ่งมีความสลับซับซ้อนในเวลาที่จำกัดได้

โดยตัวอย่างการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด ได้แก่ การหาระยะทางที่สั้นที่สุดในการเดินทางจากเมืองหนึ่งไปยังเมืองหนึ่ง หรือการหากำไรสูงสุดสำหรับการผลิตสินค้าภายใต้ข้อจำกัดของจำนวนทรัพยากร กระทั่งการแก้ปัญหาและวางแผนการลงทุน (ธนัญชัย ลีภักดิ์ปรีดา, 2543) โดยการใช้เทคนิคการหาคำตอบโดยหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) นั้น

ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ (ธนัญชัย ลีภักดิ์ปรีดา, 2543) และ(Winston, and Venkataramanan, 2003)ได้แก่ ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables) ข้อจำกัด (Constraints) และวัตถุประสงค์ (Objectives)

1) ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables) คือตัวแปรที่มีผลต่อการตัดสินใจมีค่าเปลี่ยนแปลงได้ และผลการเปลี่ยนแปลงนั้นมีผล ต่อการได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution)

2) ข้อจำกัด (Constraints) เป็นข้อจำกัดสำหรับการแก้ปัญหา ซึ่งสามารถแสดงข้อจำกัดในรูปแบบความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของตัวแปรตัดสินใจได้หลายแบบ

3) วัตถุประสงค์ (Objectives) เป็นเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์และสิ่งที่เราต้องการได้จากการแก้ปัญหา ได้แก่ จำนวนระยะทางที่สั้นที่สุดราคาต่ำสุด ค่าใช้จ่ายต่ำสุด หรือกำไรสูงสุด เป็นต้น

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อการหาทางเลือกที่ดีที่สุด (Optimization Model) มีอยู่ด้วยกันหลายแบบจำลอง ได้แก่

1) การหาทางเลือกที่ดีที่สุด ในการปัญหาที่มีจำนวนทางเลือกน้อย ได้แก่ Decision Table, Decision Tree

2) การหาทางเลือกที่ดีที่สุด ในการใช้อัลกอริทึม เช่น Linear Programming, Goal Programming, Network Model

3) การหาทางเลือกที่ดีที่สุด ในการวิเคราะห์ด้วยสูตร เช่น แบบจำลองสำหรับจัดการสินค้าคงคลัง (ใช้สูตรเพื่อหาจุดสั่งซื้อวัตถุดิบ และปริมาณสินค้าคงคลังที่เหมาะสม)

4) การหาทางเลือกที่ดีที่สุด จากการจำลองสถานการณ์ (Simulation) เช่น แบบจำลองทางเลือกต่าง ๆ ในการตัดสินใจ ได้แก่ แบบจำลองสถานการณ์ความน่าจะเป็น แบบจำลองสถานการณ์ที่มีความสัมพันธ์กับเวลา แบบจำลองเสมือนจริง แบบจำลองเชิงวัตถุ

5) การหาทางเลือกที่ดีที่สุด จากวิธีการฮิวริสติค (Heuristic) แบบจำลองสำหรับหาทางเลือกที่ดี และรวดเร็วที่สุด สำหรับการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อน เช่นระบบผู้เชี่ยวชาญ และ Heuristic Programming

2.5.2 การจัดเส้นทางการขนส่ง (Vehicle Routing Problem)

การหาเส้นทางขนส่งและกระจายสินค้าไปยังลูกค้าให้เกิดประโยชน์สูงสุด จัดอยู่ในปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง (Vehicle Routing Problem) สามารถแก้ปัญหาได้โดยการใช้ทฤษฎีการจำลองโครงข่ายเส้นทางคมนาคม การเปลี่ยนแปลง ปัญหาจริง ให้อยู่ในรูปแบบสมการณ์คณิตศาสตร์และแก้สมการคณิตศาสตร์เพื่อได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุด เทคนิคแก้ปัญหาทาง

คณิตศาสตร์สำหรับการจัดเส้นทางขนส่งที่นิยมใช้ในปัจจุบัน คือ วิธีเมตาฮิวริสติก (Metaheuristic) ซึ่งสามารถวิเคราะห์ปัญหาเอ็นพีแบบยาก (NP-Hard Problem: Non-Polynomial Hard) จากการทบทวนทฤษฎีของปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง (Vehicle Routing Problem) ที่เป็นปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสามารถจัดกลุ่มตามลักษณะของปัญหาได้ดังนี้

- วิธีการแม่นตรง (Exact method) คือ การใช้พื้นฐานของหลักการโปรแกรมเชิงเส้นการโปรแกรมจำนวนเต็มหรือวิธีการอื่นที่ทำให้ได้ค่าที่ดีที่สุด เช่นวิธีการตัดแบบระนาบ (Cutting plane method) วิธีบรานช์แอนด์บาว (Branchandbound method) วิธีเทคนิคโปรแกรมเชิงเส้น (Integer LinearProgramming) อาทิ การนำเทคนิคโปรแกรมเชิงเส้นใช้ในการจัดเส้นทางการ ขนส่งน้ำดื่มในจังหวัดเชียงราย (Chaiwongsakda, etal, 2015) หรือการนำเทคนิคโปรแกรมเชิงเส้น มาใช้ในการจัดสรรจำนวนพาเลทสินค้าชิ้นส่วนอะไหล่ยานยนต์ต่อการขนย้ายสินค้า (Kantasa-ard, 2017) เป็นต้น
- วิธีการฮิวริสติกส์ (Heuristics method) เป็นวิธีการที่ได้ค่าที่ดี แต่อาจไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด ใช้ระยะเวลาสั้นกว่าวิธีแม่นตรง เหมาะกับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ ได้แก่ วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm) วิธีการอาณานิคมมด (Ant colony optimization) วิธีการค้นหาต้องห้าม (Tabu search) วิธีการค้นหาเชิงลึก (Depth first search) และวิธีการหาค่าประหยัด (Saving Heuristics algorithm) อาทิ การนำเทคนิคในการหาค่าประหยัดใช้คำนวณเส้นทางรถในการขนส่งสินค้ากับอุตสาหกรรมยานยนต์ (Wangrungwichaisri, 2017) หรือการนำวิธีการฮิวริสติกส์มาใช้หาระยะทางรวมที่ต่ำที่สุดสำหรับการให้บริการรับส่ง ของประเภทรถยก (ขนษิฐา, 2558) และการนำหลักการค้นหาเชิงลึกมาประยุกต์ใช้สำหรับวางแผน เส้นทางที่เหมาะสมให้กับพนักงานขายของอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องจักร (Patcharalak, 2014)
- การจำลองแบบปัญหา (Simulation) คือการจำลองแบบปัญหาส่วนใหญ่ที่ใช้กับปัญหาที่มีความไม่แน่นอนเกิดขึ้น ได้แก่ ความต้องการไม่แน่นอน ระยะเวลาการใช้บริการไม่แน่นอน เช่น การนำเทคโนโลยีสารสนเทศช่วยสร้างแบบจำลองเส้นทาง เพื่อเพิ่มความแม่นยำการขนส่งสินค้าน้ำมันหล่อลื่น

1) ทฤษฎีโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) คือเทคนิคการแก้ไขปัญหาในการจัดสรรหรือใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ช่วยแก้ปัญหาการผลิตเพื่อบรรลุถึงเป้าหมายที่วางไว้ ซึ่งมีตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมีความสัมพันธ์กันลักษณะเชิงเส้น (All Linear Function) การนำโปรแกรมเชิงเส้นมาแก้ปัญหานั้นต้องมีสมมติฐานว่ามีตัวแปรอย่างน้อยหนึ่งตัวที่มีอิทธิพลต่อ

เป้าหมายของปัญหา ๆ ซึ่งผู้ตัดสินใจต้องสามารถหาค่าตัวแปรตัวนี้ได้ จึงเรียกตัวแปรนี้ว่าเป็นตัวแปรตัดสินใจ (มานพ ,2551) โปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้ในการวางแผนดำเนินการต่าง ๆ เพื่อหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดให้สอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนด (Frederick S.Hiller,2010) เช่น การวางแผนให้เกิดต้นทุนต่ำที่สุด (Sea-lee,P and Ritvirool,A.,2014) หรือวางแผนทำงานโดยใช้พนักงานน้อยที่สุด (Sea-lee,P and Ritvirool,A.,2014)

โปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) คือเทคนิคการจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีการนำมาใช้อย่างกว้างขวาง สำหรับบริหารงานด้านต่าง ๆ ได้แก่ การวิเคราะห์เชิงปริมาณ และการวิจัยเชิงปฏิบัติการ และข้อจำกัดความชำนาญด้าน Optimization หรือ Simulation ของบุคคลากร จึงเป็นทางเลือกที่ดีที่จะใช้การโปรแกรมเชิงเส้น ที่สามารถสร้างได้จาก Microsoft Excel เทคนิคการเขียนโปรแกรมเชิงเส้น คือ ความพยายามทำให้สมการวัตถุประสงค์ (Objective Function) มีค่ามากหรือน้อยที่สุดตามที่ต้องการ โดยการแก้ปัญหาอาจใช้โปรแกรมกระดาษคำนวณ (Spreadsheet) หรือการเขียนกราฟเพื่อหาผลลัพธ์จากสมการ

(1) คุณลักษณะของการโปรแกรมเชิงเส้น การจัดสรรทรัพยากรต่าง ๆ ที่มีอย่างจำกัดได้อย่างเหมาะสม และตรงตามเป้าหมายมากที่สุด ต้องกำหนดแหล่งทรัพยากรเพื่อใช้ในกระบวนการผลิต และจัดสรรทรัพยากร ที่ประกอบด้วยเงื่อนไข และข้อบังคับ (Constraint) ในการกำหนดวัตถุประสงค์ หรือเป้าหมายการแก้ปัญหา สามารถเขียนเป็นสมการวัตถุประสงค์ (Objective Function) และสมการวัตถุประสงค์ ต้องมีการกำหนดค่ามากสุด (Maximized) หรือน้อยสุด (Minimized) เพื่อแก้ปัญหา เช่น สมการวัตถุประสงค์สำหรับรายจ่าย ควรกำหนดให้สมการมีค่าน้อยสุด

(2) องค์ประกอบของโปรแกรมเชิงเส้น เป็นตัวแปรตัดสินใจแก้ปัญหา เป็นตัวแปรที่ไม่ทราบค่าสมการวัตถุประสงค์ (Decision Variable) พยายามหาค่ามากสุด หรือน้อยสุด โดยมีรูปแบบของสมการทั่วไปดังนี้

Max หรือ Min = a1x1 + a2x2 + a3x3 + … + anxn

โดยที่ xi แทน ตัวแปรตัดสินใจ

ai แทน สัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรการตัดสินใจตัวที่ ii หรือ “Objective Function Coefficient” ที่ใช้แสดงค่าผลกำไร หรือค่าใช้จ่ายต่อหน่วยของตัวแปรในการตัดสินใจ

- เงื่อนไขและข้อบังคับ (Constraint) เขียนเป็นรูปแบบสมการ หรือ อสมการข้อจำกัด มีรูปแบบทั่วไปของสมการดังนี้

a11x1 + a12x2 + a13x3 + … + a1nxn <= b1

a21x1 + a22x2 + a23x3 + … + a2nxn <= b2

am1x1 + am2x2 + am3x3 + … + amnxn <= bm

โดยที่ xi แทน ตัวแปรตัดสินใจ

ai แทน สัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรตัดสินใจตัวที่ ii หรือ “Objective Function Coefficient” ที่ใช้แสดงค่าผลกำไรหรือค่าใช้จ่ายต่อหน่วยของตัวแปรในการตัดสินใจ

bi แทน ปริมาณทรัพยากรที่มีอยู่ หรือเรียกว่า “Capacity” ที่ใช้บอกขีดจำกัดของข้อบังคับ

- ขอบเขตตัวแปรการตัดสินใจ เช่น การกำหนดให้ตัวแปรตัดสินใจต้องเป็นตัวเลขจำนวนบวกเท่านั้นเป็นต้น

2) เทคนิคการหาคำตอบด้วยวิธีฮิวริสติก (Heuristics) คือวิธีที่อาศัยการกำหนดกฎเกณฑ์บางประการขึ้น เพื่อหาคำตอบที่ดีและเหมาะสมถึงแม้ไม่ใช่คำตอบที่ดีสุด แต่สามารถให้คำตอบได้ภายในเวลาที่เหมาะสมไม่นานเกินไป และวิธีฮิวริสติก (Heuristics) ช่วยในการแก้ปัญหาและการจัดเส้นทางการขนส่งที่เป็นเทคนิคการหาคำตอบที่นิยมใช้มากที่สุดในการเป็นแบบจำลองช่วยในการตัดสินใจ วิธีฮิวริสติก (Heuristics) ประเภท Saving เป็นวิธีการที่นิยมใช้มากที่สุด จัดเป็นฮิวริสติก (Heuristics) ชนิด Constructive คือกระบวนการต่าง ๆ ที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาและได้คำตอบที่ต้องการ วิธี Saving Algorithm นั้นถูกเสนอโดย Clarke และ Wright ในปี 1964 (G. Clark and J. W. Wright, 1964) และเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในทางปฏิบัติ เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่าย เหมาะกับแก้ปัญหาที่มีขนาดไม่ใหญ่มากนักและเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ

Saving หรือ ค่าความประหยัดเป็นค่าของปัจจัยที่สนใจ เช่น ระยะทาง ต้นทุน และระยะเวลา เป็นต้น ดังนั้น ค่าความประหยัดสูง คือความสามารถลดค่าปัจจัยเหล่านี้ได้มาก โดยค่าความประหยัดเขียนแทนด้วย S_{ij} หมายถึงค่าความประหยัดระหว่างลูกค้า i และลูกค้า j ดังสมการ (2.2)

$$S_{ij} = d_{oi} + d_{oj} - d_{ij} \quad (2.2)$$

โดยที่

O คือจุดเริ่มต้นในการขนส่งสินค้าให้ลูกค้า i และ j

S_{ij} คือค่าประหยัดระหว่างจุดส่งสินค้า i และ j

d_{oi} คือค่าประหยัดระหว่างจุดส่งสินค้า o และ i

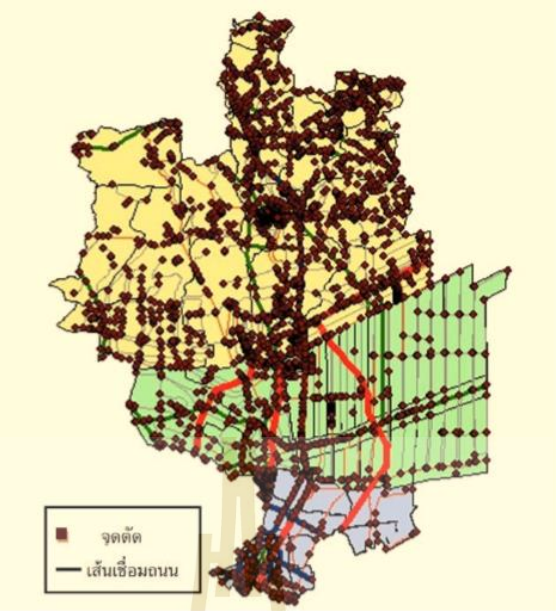
d_{oj} คือค่าประหยัดระหว่างจุดส่งสินค้า o และ j

d_{ij} คือค่าประหยัดระหว่างจุดส่งสินค้า i และ j

2.5.3 การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการจัดเส้นทางการขนส่ง (Vehicle Routing Problem)

ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ (Vehicle Routing Problem, VRP) เป็นปัญหาสำคัญในการจัดเส้นทางขนส่งหรือการเดินทางเป้าหมายหลักเพื่อแก้ปัญหา คือการจัดเส้นทางเพื่อขนส่งระยะทางรวมที่น้อยที่สุด โดยอาศัยหลักของฮิวริสติกในการช่วยแก้ปัญหา เพื่อให้ ได้ระยะทางที่สั้นที่สุดในการเดินทาง โดยระยะทางที่ได้ต้องสอดคล้องกับภาพการจราจรปัจจุบัน ซึ่งเมื่อไม่มีการวางแผนการเลือกเส้นทางการเดินรถที่ดีจะทำให้เส้นทางการขนส่งที่เลือกใช้ไม่มีประสิทธิภาพ และสิ้นเปลืองพลังงาน ตลอดจนมีค่าใช้จ่ายอย่างสูง การจัดเส้นทางเดินรถด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีหลายวิธี ได้แก่ ไชยวงศ์กัดา และคณะ (Nakorn .et al, 2015) ได้ศึกษาเส้นทางการขนส่งน้ำดื่มโดยวิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึ่มร่วมกับการใช้แปรแกรมเชิงเส้นตรงแก้ปัญหา ที่ใช้ Solver ใน Microsoft Excel สุพรรณ สุดสนธิและคณะเสนอวิธีระบบอาณานิคมร่วมกับ ขั้นตอนการปรับคุณภาพคำตอบในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่ง ซึ่งมีพาหนะขนส่งหลายขนาดและการขนส่งอยู่ภายใต้กรอบเวลาที่จำกัด (Suphan et al, 2015) และการศึกษาเส้นทางที่เหมาะสมในการจัดเก็บขยะในแต่ละหมู่โดยใช้วิธีเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm: GA) เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบกับการเดินรถจัดเก็บขยะแบบดั้งเดิม (Pichitr,2014).

การใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) สามารถช่วยระบุเส้นทางการขนส่ง ซึ่งระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถเลือกเส้นทางที่มีความเหมาะสม สามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการเดินทาง Geographic Information System Working Group, Phrae Province, 2014). ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic information system, GIS) เป็นประโยชน์ต่อการวางแผนและช่วยตัดสินใจ GIS สามารถช่วยสร้างฐานข้อมูลจากพื้นที่และเชื่อมโยงได้กับฐานข้อมูลอื่น โดยแสดงผลได้ในรูปแผนที่ ด้วยการเชื่อมโยงกันระหว่างฐานข้อมูลแบบแผนที่และแบบตารางช่วยให้แสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ ข้อมูลแบบตารางนั้นสามารถแสดงผลได้หลายรูปแบบจากฐานข้อมูล (Ladda Tanwanichkul, 2015).กล่าวคือการวิเคราะห์โดยใช้ Geometric Network Analysis ใน ArcGIS จะเป็นการสร้างจุดเชื่อมต่อเส้นทางโครงข่ายถนน เรียกว่า “Edge” ซึ่งมีการเชื่อมโยงเส้นทางโดยจุด เรียกว่า “สถานี หรือ Junction” ทำให้โครงข่ายถนนในพื้นที่ศึกษาเป็นลักษณะโครงข่าย ดังตัวอย่างในรูปที่ 2-8



รูปที่ 2-8 การสร้าง Geometric Network บนโครงข่ายถนน

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นระบบที่ช่วยจัดเก็บ รวบรวม ประมวลผล และนำเสนอข้อมูลเชิงพื้นที่ จึงถูกนำมาใช้ในการจัดเก็บข้อมูลระบบขนส่งสาธารณะที่มีความสัมพันธุ์กับตำแหน่ง พื้นที่ทางภูมิศาสตร์ เพื่อจัดทำเป็นฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ที่เป็นพื้นฐานของการวิเคราะห์และพัฒนา ระบบอื่น ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการ Dondo and Rivett (2004) ได้ทำการจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ ทั้งการใช้บริการ และการให้บริการในเขตเทศบาล Blauuwberg เมือง Cape Town ประเทศแอฟริกาใต้ เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้ระบบขนส่งสาธารณะไม่เป็นที่นิยม ความไม่ปลอดภัยของการให้บริการ ความล่าช้าของการให้บริการ และระยะทางของการเดินไปยังป้ายรับส่ง ผู้โดยสารที่ใกล้ที่สุด Erath et al. (2013) ทำการสำรวจข้อมูลการเดินทางประจำวันและข้อมูลการขนส่งด้วยฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ เพื่อใช้จัดเก็บและสืบค้นข้อมูลที่สัมพันธุ์กับพื้นที่ ข้อมูลส่วนใหญ่ที่จัดเก็บ เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่อยู่ในรูปของ จุด (Point) เส้น (Line) และรูปหลายเหลี่ยม (Polygon) เพื่อใช้ประกอบการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย agent-based transport demand models ของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System: DSS) Oliveira et al. (2012) ทำการจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ในฐานข้อมูลและมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลผ่านทางฐานข้อมูลการให้บริการระบบขนส่งสาธารณะระหว่างหน่วยงานภาครัฐและบริษัทผู้รับสัมปทาน เพื่อนำข้อมูลมาพัฒนา ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเชิงพื้นที่ (Spatial Decision Support System: SDSS) ช่วยในการทำงานของแผนกขนส่งสาธารณะของประเทศโปรตุเกส ตัวอย่างการใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) ช่วยระบุเส้นทางการขนส่งที่เคยทำการศึกษาผ่านมา เช่น สุทธพิงษ์ มีใย (Sutthipong Meeyai,2006) พัฒนา

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจัดเส้นทางเดินรถเพื่อกระจายสินค้า โดยใช้รถจากศูนย์กระจายสินค้าแห่งเดียวไปยังจุดต่าง ๆ โดยวิธีฮิวริสติกภายใต้ข้อจำกัดด้านความจุ ได้แก่ น้ำหนักรถ ปริมาตรที่สามารถบรรทุกได้ และข้อจำกัดของจุดส่งโดยพัฒนาวิธีการจัดเส้นทางเดินรถด้วยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

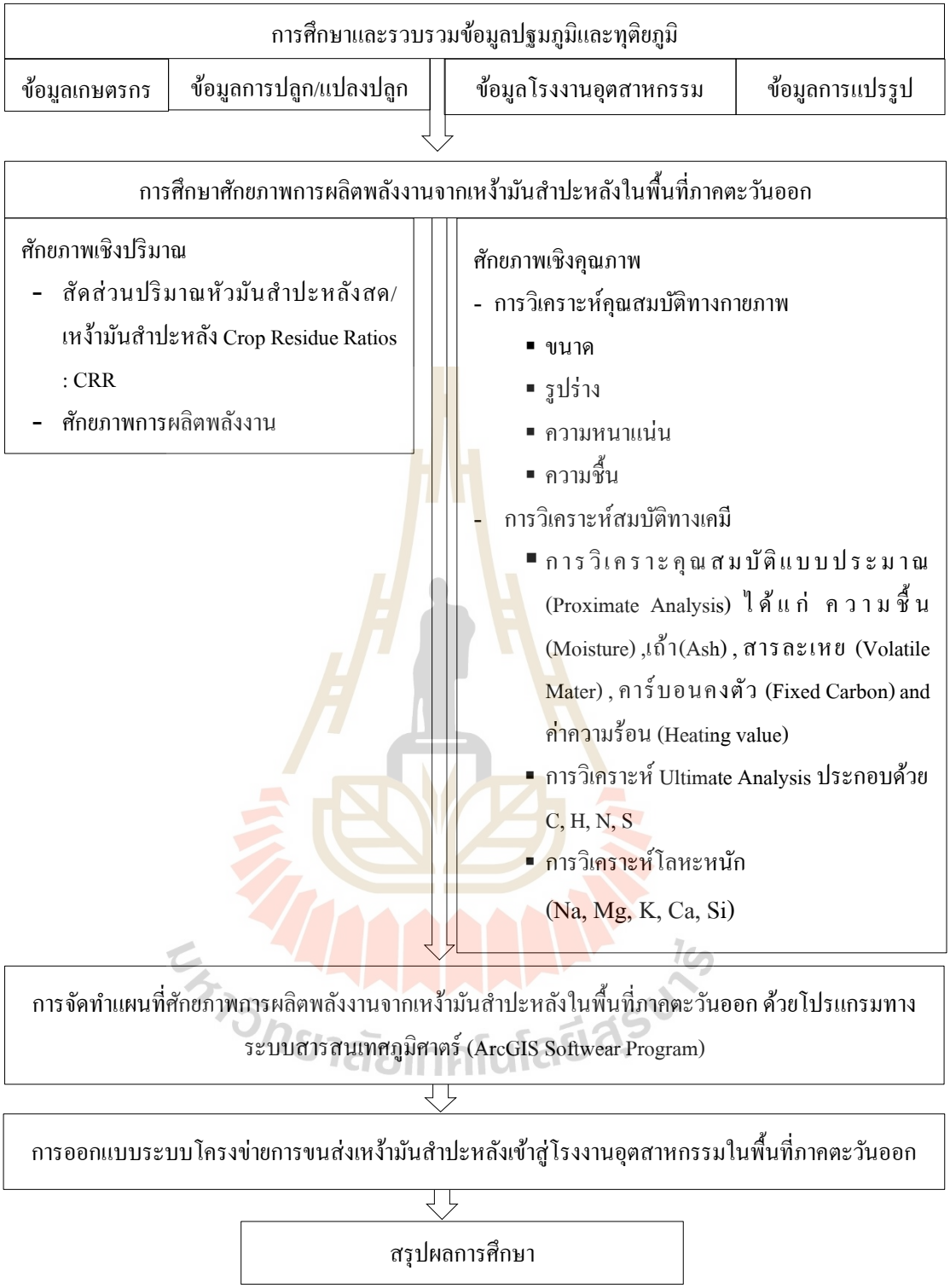
จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาพบว่า เหง้ามันสำปะหลังเป็นส่วนที่อยู่ใต้ดินและยึดหัวมันสำปะหลัง กระจายอยู่ทั่วไปในแปลงเพาะปลูกของเกษตรกร สำหรับประเทศไทยมีการผลิตมันสำปะหลังประมาณ 25 ล้านตันต่อปี จะเกิดเหง้ามันสำปะหลัง 8-10 ล้านตันต่อปี ซึ่งเป็นเศษวัสดุที่ยังไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์ L.Devi.,el al, 2003 ได้รายงานคุณสมบัติของเหง้ามันสำปะหลังโดยระบุว่า เหง้ามันสำปะหลังมีองค์ประกอบของธาตุไนโตรเจน เช่น แอมโมเนีย และซิลิก้า เป็นสำคัญ (L.Devi.,el al, 2003) ซึ่งสามารถใช้เป็นสารเร่งปฏิกิริยาแก๊สซิฟิเคชั่นในกระบวนการเผาไหม้ในเตา (L.Garcia.,el al, 1999), (L.Pengmei.,el al, 2004) โดยที่ผ่านมามีการศึกษา เพื่อหาแนวทางการพัฒนาเชื้อเพลิงชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในประเทศไทยเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลซึ่งมีหลายงานวิจัยที่น่าสนใจ ได้แก่ ในปี 2556 นัฐนนท์ บุญญา ได้ศึกษาการใช้เหง้ามันสำปะหลังเป็นเชื้อเพลิงสำหรับอบแห้งมันเส้นซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า เหง้ามันสำปะหลังที่ความชื้น 12-15% ที่อัตราการอบแห้งมันสำปะหลังเส้น 8 กิโลกรัม โดยใช้เตาแก๊สซิไฟเออร์ มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 10.57 MJ/kg-water loss มีอัตราการอบแห้ง 4.93 kg/h โดยมีต้นทุนการอบแห้งอยู่ที่ 1.62 บาทต่อกิโลกรัมมันเส้น นั่นหมายถึงเหง้ามันสำปะหลังสามารถเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลในการอบมันสำปะหลังเส้นได้ (นัฐนนท์ บุญญา, 2556) ซึ่งจะเห็นได้ว่าเหง้ามันสำปะหลังเป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งที่มีความเป็นไปได้ในการนำไปปรับปรุงและแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลเชิงพาณิชย์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมของประเทศไทย แต่ด้วยข้อจำกัดเรื่องต้นทุนเก็บขน และรูปแบบการเก็บขนที่ยังไม่คุ้มค่าสำหรับการลงทุนจึงยังเป็นข้อจำกัดหลัก การศึกษาแบบจำลองต้นทุนการขนส่งวัตถุดิบสำหรับการผลิตไฟฟ้าจากเหง้ามันสำปะหลังในจังหวัดพิษณุโลก ในปี 2557 โดยใกล้รุ่ง พรอนันต์ (ใกล้รุ่ง พรอนันต์, 2557) พบว่า ต้นทุนการขนส่งเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้าในจังหวัดพิษณุโลกทั้งกระบวนการคือ 3,029.57 บาทต่อตัน และต้นทุนการขนส่งเหง้ามันสำปะหลังมีสัดส่วนมากถึงร้อยละ 63 ของต้นทุนรวมทั้งหมด

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยดังแสดงในรูปที่ 3-1 เป็นการศึกษาศักยภาพการผลิตพลังงานทดแทนจากของเสียเหง้ามันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออกโดยมีแนวคิดในภาพโครงการใหญ่เพื่อการใช้ประโยชน์วัสดุเหลือทิ้งที่เป็นของแข็งจากห่วงโซ่อุตสาหกรรมมันสำปะหลังไปใช้ประโยชน์ได้จริงในเชิงพาณิชย์ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการศึกษาเป็น 5 ส่วนหลักดังรูปที่ 3-1 ได้แก่ การศึกษาและรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิที่เกี่ยวข้อง การศึกษาศักยภาพการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลัง การจัดทำแผนที่ศักยภาพการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออก ด้วยโปรแกรมทางระบบสารสนเทศภูมิศาตร์ (ArcGIS Softwear Program) การออกแบบระบบโครงข่ายการขนส่งเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ภาคตะวันออก และการสรุปผลการศึกษา

รูปที่ 3-1 กรอบแนวคิดการดำเนินงาน



รูปที่ 3-2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.2 วิธีดำเนินงานวิจัย

3.2.1 การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาข้อมูลปฐมภูมิเกี่ยวกับเกษตรกร การเพาะปลูก และการแปรรูปมันสำปะหลัง ในพื้นที่ภาคตะวันออกเพื่อให้ได้ข้อมูลตามรายละเอียดดังนี้

- ข้อมูลของเกษตรกรจำนวนรายหรือครัวเรือนที่มีอาชีพปลูกมันสำปะหลัง รายได้จากการปลูกมันสำปะหลังเฉลี่ยต่อปีของครัวเรือน แยกเป็นรายพื้นที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นอำเภอและภาพรวมจังหวัด ในพื้นที่ภาคตะวันออก
- การเพาะปลูกที่ต้องมีข้อมูลเชิงพื้นที่ แยกเป็นพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง พื้นที่เกษตรกรรมอื่น ๆ ปริมาณมันสำปะหลังที่ผลิตได้ต่อปี แยกเป็นรายพื้นที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น อำเภอและภาพรวมจังหวัด ในพื้นที่ภาคตะวันออก

3.2.2 การประเมินศักยภาพของชีวมวลเหง้ามันสำปะหลัง ในพื้นที่ภาคตะวันออก

การประเมินศักยภาพของชีวมวลเหง้ามันสำปะหลัง ในพื้นที่ภาคตะวันออก เพื่อศึกษาและสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวกับเหง้ามันสำปะหลังและการนำไปใช้ประโยชน์ ได้แก่ ข้อมูลศักยภาพเชิงปริมาณและข้อมูลศักยภาพเชิงคุณภาพดังแสดงรายละเอียดการประเมินในตารางที่ 3-1

1) การวิเคราะห์ศักยภาพเชิงปริมาณ

- ศักยภาพพลังงานเชิงพื้นที่
  - อัตราส่วน ชีวมวลต่อผลผลิต Crop Residue Ratios : CRR
  - ปริมาณชีวมวลที่ใช้ประโยชน์เพื่อเป็นพลังงาน
  - ศักยภาพพลังงานของชีวมวลเหง้ามันสำปะหลัง (ktoe)
- แสดงพื้นที่ และปริมาณ อย่างละเอียด ของวัตถุดิบชีวมวลที่มีอยู่ในปัจจุบัน ศักยภาพที่เป็นไปได้ในทางพาณิชย์ของการได้มาซึ่งวัตถุดิบชีวมวล
- ระบบ/วิธีการจัดเตรียมชีวมวลที่เหมาะสม ทั้งการแปรรูป (Biomass Feedstock) เพื่อจำหน่ายให้กับภาคอุตสาหกรรม และเพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้าและความร้อนอย่างต่อเนื่อง
- ต้นทุนที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบ ทั้งการแปรรูป (Biomass Feedstock) เพื่อจำหน่ายให้กับภาคอุตสาหกรรม และเพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้าและความร้อนอย่างต่อเนื่อง

2) การวิเคราะห์ศักยภาพเชิงคุณภาพ

- สมบัติของเชื้อเพลิงชีวมวลทางกายภาพ ได้แก่ ขนาดและการกระจายตัวของขนาด (Size distribution) ความชื้น (Moisture Content) ความหนาแน่น (Appearance Density)
- สมบัติแบบประมาณ (Proximate Analysis) ประกอบด้วย ความชื้น (Moisture) เถ้า (Ash) ปริมาณสารระเหย (Volatile Mater) ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) และค่าความร้อน (Heating value)
- วิเคราะห์องค์ประกอบแบบของธาตุ (Ultimate Analysis) ได้แก่ C, H, N, S
- วิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุอื่น ๆ (Na, Mg, K, Ca, Si)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3-1 การศึกษาศักยภาพของชีวมวลจากเหง้ามันสำปะหลังเชิงปริมาณและคุณภาพ

พารามิเตอร์	วัตถุประสงค์	วิธีการศึกษา	ผลที่คาดว่าจะได้รับ
- อัตราส่วน ชีวมวลต่อผลผลิต Crop Residue Ratios: CRR ของการเกษตรเหง้ามันสำปะหลัง - ปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเหง้ามันสำปะหลัง	เพื่อประเมินปริมาณเชื้อเพลิงชีวมวลคงเหลือ แต่ละพื้นที่ เพื่อนำมาใช้ในการหาการกระจายตัวของเชื้อเพลิงชีวมวล เพื่อผลิตเป็นพลังงานสำหรับใช้ในกิจกรรมต่างๆ เพื่อทดแทนพลังงานเชิงพานิชย์	- ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน - ข้อมูลสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร - ข้อมูลองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ - ข้อมูลงานศึกษาวิจัยด้านเชื้อเพลิงชีวมวลของหน่วยงานต่างๆ - ข้อมูลการวิจัยศึกษาด้านพลังงาน ของ พพ. - ข้อมูลการวิจัยศึกษาด้านพลังงาน ของ สนพ.	- ศักยภาพด้านปริมาณของเชื้อเพลิงชีวมวลเหง้ามันสำปะหลัง - ปริมาณชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังคงเหลือที่เหลือยังไม่มีการใช้ประโยชน์
คุณสมบัติของเชื้อเพลิงได้แก่ <u>สมบัติทางกายภาพ</u> -ขนาดและการกระจายตัวของขนาด (Size distribution) - ความชื้น (Moisture Content) ความหนาแน่น (Appearance Density) <u>ค่าความร้อน</u> (Heating value) <u>สมบัติแบบประมาณ</u> (Proximate Analysis) - ความชื้น (Moisture) - ปริมาณสารระเหย (Volatile Mater)	เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการประเมินศักยภาพในการนำใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า ของชีวมวลมวล		

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3-1 การศึกษาศักยภาพของชีวมวลจากเหง้ามันสำปะหลังเชิงปริมาณและคุณภาพ (ต่อ)

พารามิเตอร์	วัตถุประสงค์	วิธีการศึกษา	ผลที่คาดว่าจะได้รับ
- ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) - เถ้า (Ash) <u>วิเคราะห์องค์ประกอบแบบของธาตุ</u> (Ultimate Analysis) ได้แก่ C, H, N, S <u>วิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุอื่น ๆ</u> ได้แก่ (Na, Mg, K, Ca, Si)			- สามารถการประเมินแนวทางการใช้งานในภาคอุตสาหกรรม การเกิดเถ้าหลอม ตะกรัน การกัดกร่อน จากธาตุกลุ่ม Alkali เป็นต้น)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.2.3 การจัดทำแผนที่ศักยภาพของชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังภาคตะวันออก

การจัดทำแผนที่ศักยภาพการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลัง โดยการนำผลการประเมินศักยภาพของชีวมวลเหง้ามันสำปะหลัง ในภาคตะวันออกที่แล้วเสร็จข้างต้น ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยในข้อที่ 1 แล้วนำมาแปรผลร่วมกับผลวิเคราะห์ศักยภาพการผลิตพลังงานที่ได้จากห้องปฏิบัติการ และจัดทำแผนที่ด้วยซ๊อฟแวร์โปรแกรมของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เข้ามาช่วยในการประเมินผลดังแสดงวิธีการจัดทำแผนที่ชีวมวล Biomass Map เพื่อประเมินรูปแบบการขนส่งเชื้อเพลิงชีวมวลในตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 วิธีการจัดทำแผนที่ชีวมวล Biomass Map เพื่อประเมินรูปแบบการขนส่งเชื้อเพลิงชีวมวล

พารามิเตอร์	วัตถุประสงค์	วิธีการศึกษา	ผลที่คาดว่าจะได้รับ
- แผนที่โรงไฟฟ้าชีวมวล - พื้นที่อุปทานเชื้อเพลิงชีวมวล รอบโรงไฟฟ้าชีวมวล หรือโรงงานแปรรูปเชื้อเพลิงชีวมวล - เส้นทางการขนส่งคมนาคม - แผนที่จุดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล - แผนที่ระยะทางการขนส่งที่เหมาะสม	เพื่อนำเสนอข้อมูลศักยภาพเชิงปริมาณของเชื้อเพลิงชีวมวล ที่เข้าใจง่าย ในรูปแบบแผนที่ชีวมวล Biomass Map	- ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) - ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use) ของพื้นที่	- ได้ข้อมูลเชิงปริมาณของเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลังที่มีศักยภาพในรูปแผนที่ (Mapping) - ได้ตำแหน่งโรงไฟฟ้าชีวมวลและเส้นทางการขนส่งเชื้อเพลิงจากพื้นที่บริการโดยรอบโรงงาน ให้อยู่ในรูปแผนที่ (Mapping)

3.2.4 การออกแบบระบบโครงข่ายเส้นทางขนส่งเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวลในพื้นที่ภาคตะวันออก กรณี เกษตรกรมีรถขนส่งเอง (วิ่งไป-กลับ)

ออกแบบระบบโครงข่ายการขนส่งเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวล ในพื้นที่และภาคตะวันออก เพื่อให้เกิดการพัฒนาตลาดชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในพื้นที่ โดยใช้เทคนิคการออกแบบโครงข่ายเส้นทางในการหาคำตอบด้วยการหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) ที่มีปัจจัยด้านระยะทาง เวลา และต้นทุน การขนส่งเป็นสำคัญ

ในการวิจัยครั้งนี้ได้นำเทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) ซึ่งเป็นระบบในการนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่ ที่มีการอ้างอิงตำแหน่งที่ตั้งชัดเจน และข้อมูลคุณลักษณะของสิ่งต่าง ๆ บนโลกมาวิเคราะห์ร่วมกันบนระบบปฏิบัติการของคอมพิวเตอร์ โดยการใช้เทคนิคการวิเคราะห์เชิงโครงข่าย (Network Analysis) บนโปรแกรม GIS ที่มีขีดความสามารถในการหาพื้นที่บริการ (Service Area) และการวิเคราะห์ตำแหน่งที่ตั้งในการจัดสรร (Location Allocation

Analysis) ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดและครอบคลุมพื้นที่ให้บริการ ซึ่งมีขอบเขตในการส่งเหง้ามันสำปะหลังจากแปลงปลูกเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใกล้ที่สุด ที่อยู่ภายในพื้นที่ภาคตะวันออกของประเทศไทย

1) การรวบรวมข้อมูล

(1) ข้อมูลปฐมภูมิ

- ข้อมูลค่าพิกัดของตำแหน่งที่ตั้งของโรงไฟฟ้าชีวมวลในพื้นที่ภาคตะวันออก
- ข้อมูลรายละเอียดรายละเอียดของถนน เช่น เส้นทางการเดินรถ ความเร็ว และระยะทางของรถเฉลี่ยที่วิ่งบนถนน

(2) ข้อมูลทุติยภูมิ

- ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ ได้แก่ ข้อมูลเส้นถนน ข้อมูลขอบเขตการปกครองระดับจังหวัด อำเภอ และตำบล จากศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงคมนาคมปี 2561 และกรมโยธาธิการและผังเมือง รวมทั้งข้อมูลแผนที่ฐานราก Open Street Map (OSM) บนโปรแกรม ArcGIS
- ข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งของพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออก ปี 2561 จากฐานข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

2) การเตรียมข้อมูล ในการศึกษาครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) ในการออกแบบระบบโครงข่ายการขนส่งเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวลในพื้นที่ภาคตะวันออก โดยนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลคุณลักษณะและนำมาวิเคราะห์ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยข้อมูลที่ใช้ประกอบด้วย ข้อมูลค่าพิกัดของตำแหน่งและที่ตั้งของโรงไฟฟ้าชีวมวล และตำแหน่งจุดพิกัดของแปลงปลูกมันสำปะหลังระดับตำบล รวมทั้งข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสเชิงพื้นที่ อื่น ๆ ได้แก่ ข้อมูลโครงข่ายถนน โดยปฏิบัติการบนโปรแกรม ArcMap 10.1 และแปลงข้อมูลทั้งหมดให้อยู่ในเส้นโครงแผนที่ระบบพิกัดฉากหรือ (Universal Transverse Mercator) UTM โซน 47 นำเข้าแผนที่ฐาน (Base Map) ประเภทข้อมูลภาพถ่าย (Imagery) และข้อมูลถนน Open Street Map (OSM) จากโปรแกรมประยุกต์บบนเว็ป ArcGIS Online และเชื่อมโยงกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcMap 10.1 เพื่อใช้ในขั้นตอนการสร้างชุดข้อมูลโครงข่าย (Network Dataset) และการวิเคราะห์เชิงโครงข่าย Network Analysis ต่อไป

3) การวิเคราะห์เชิงโครงข่าย Network Analysis การวิเคราะห์เชิงโครงข่าย Network Analysis บนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ การวิเคราะห์เส้นทางที่เชื่อมจากจุดหนึ่งไปยังจุดอีกหนึ่งมีลักษณะเป็นโครงข่ายเชิงพื้นที่ ภายใต้ข้อกำหนดการใช้งานเส้นถนนและพื้นที่ให้บริการซึ่งอยู่กับ

ระยะทาง และระยะเวลาในการเดินทาง การวิเคราะห์เชิงโครงข่ายเพื่อหาระยะทางที่สั้นที่สุดในการขนส่งเหง้ามันสำปะหลังจากแปลงปลูกเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวลที่อยู่ใกล้ที่สุดหรือคุ้มค่าที่สุด (Single Source Shortest Paths) ตามวิธีการของไดค์สตรา อัลกอริทึม (Dijkstra's Algorithm) เป็นวิธีการสำหรับหาระยะทางที่สั้นที่สุดจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดใดจุดหนึ่งบนกราฟ ซึ่งมีเซตของวงกลมที่เรียกว่าจุด (Point or Node) ซึ่งใช้แสดงอาคารหรือสถานที่และเชื่อมโยงเส้น (Line or Arc) โดยใช้แทนเส้นถนนและมีระยะทางเป็นตัวกำหนด (Pruksadee and Sodsee,2008) ซึ่งเส้นดังกล่าวจะมีทิศทางหรือไม่ก็ได้แต่ต้องเป็นเส้นที่มีความต่อเนื่องถึงกัน อาศัยภาพหรือกราฟ (Graph)

ในการประยุกต์ใช้เทคนิคในงานภูมิสารสนเทศเกี่ยวกับวิเคราะห์ระบบโครงข่าย (Network Analysis) มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อหาระยะทางที่สั้นที่สุด (Shortest Path)ในการขนส่งผลผลิตของมันสำปะหลังจากแปลงไปสู่โรงงานแปรรูป และ 2) เพื่อหาขอบเขตการให้บริการ (Service Area) ของโรงงานมันสำปะหลังที่ถูกคัดเลือกมา เพื่อเตรียมรับมือกับการเคลื่อนย้ายผลผลิตในฤดูกาลเก็บเกี่ยวผลผลิต คาดการณ์ปริมาณผลผลิตการเคลื่อนย้ายและหาแนวทางในการบริหารและจัดการได้อย่างเหมาะสมและเป็นระบบ โดยในขั้นตอนการดำเนินงานประกอบไปด้วยขั้นตอนดังนี้

(1) เลือกขอบเขตพื้นที่แปลงของไร่มันสำปะหลังจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่จัดทำขึ้นโดยกรมพัฒนาที่ดิน (2552) โดยอยู่ระดับการแปลระดับที่ 3 (Level 3) รหัส A203

(2) ทำการแปลงชั้นข้อมูลดังกล่าวให้เป็นข้อมูลเชิงตำแหน่ง โดยให้จุดศูนย์กลาง (Centroid) ของแปลงเป็นตัวแทนของตำแหน่งไร่มันสำปะหลัง ในการศึกษาครั้งนี้เลือกเฉพาะไร่มันสำปะหลังที่มีขนาดแปลงมากกว่าหรือเท่ากับ 10 ไร่ต่อ 1 แปลงขึ้นไป รวมทั้งสิ้นมี 23,030 แปลง

(3) สร้างชั้นข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งโรงงานมันสำปะหลังจากข้อมูลพิกัด GPS และกำหนดชั้นข้อมูลเชิงบรรยายประกอบ ได้แก่ ชื่อโรงงาน ที่อยู่ และ ช่องทางการติดต่อ

(4) สร้างชั้นข้อมูลเส้นทางคมนาคมจากแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหารและเพิ่มเติมข้อมูล โดยใช้ภาพข้อมูลดาวเทียมรายละเอียดสูง (High Resolution Satellite Data) ให้มีความทันสมัย (Update) โดยใช้เส้นทางคมนาคมทางบกเป็นหลักในการขนส่งผลผลิตจากไร่มาสู่โรงงาน

(5) ภายหลังได้ตำแหน่งจากข้อ (2) และข้อ (3) จะทำให้ทราบตำแหน่งของจุดเริ่มต้น และจุดปลายทาง (The Origin-Destination: OD) จากขั้นตอนนี้จะทำการหาเส้นทางโดยใช้ข้อมูลที่จัดทำขึ้นในข้อ (4) เพื่อหาเส้นทางที่สั้นที่สุดในการขนส่งเพื่อความสะดวกและรวดเร็ว

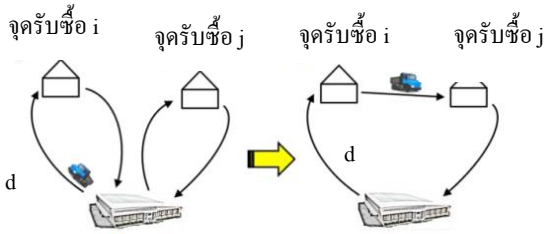
ประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง และในขณะเดียวกันจะกำหนดให้แต่ละไร่มันสำปะหลังสามารถส่งผลผลิตของตนเองไปยังโรงงานใดโรงงานหนึ่งเท่านั้น (สามารถกำหนดให้เลือกส่งได้หลายโรงงานพร้อมกัน ในการศึกษาครั้งนี้ต้องการให้ทราบถึงระยะทางที่ใกล้ที่สุด เนื่องจากมีไร่มันสำปะหลังเป็นจำนวนมาก อาจทำให้การแสดงผลสับสนยากต่อการทำความเข้าใจ จึงกำหนดไร่มันสำปะหลังสามารถไปยังโรงงานเดียวเท่านั้น)

(6) ในการหาเส้นทางสั้นที่สุด จะคิดจากจุดต้นทางคือไร่มันสำปะหลังไปยังโรงงานโดยใช้หลักการของ Dijkstra's algorithm (Iqbal et al., 2018) โดยสรุปคือ จะหาเส้นทางที่สั้นที่สุดของแต่ละช่วงจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสุดท้ายแล้วมาเปรียบเทียบระยะทางของแต่ละเส้นทาง (Route) มาหาว่าเส้นทางใดมีค่าน้อยที่สุดจึงเลือกเส้นทางนั้น

(7) ในขั้นตอนถัดมาจะทำการวิเคราะห์เพื่อหาขอบเขตพื้นที่ให้บริการของแต่ละโรงงาน โดยใช้ตำแหน่งที่ตั้งโรงงานทั้งหมดมาวิเคราะห์เพื่อหาพื้นที่การให้บริการเพื่อลดปัญหาความซ้ำซ้อนของการส่งผลลิตจากไร่มันสำปะหลังมายังโรงงาน และช่วยให้ทราบปริมาณการเข้าถึงจากไร่มันสำปะหลังมายังโรงงานว่ามีแต่จำนวนเท่าไหร่จากแหล่งไหน (ตามขอบเขตการปกครอง)

3.2.5 การออกแบบระบบเก็บขนชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังสู่โรงไฟฟ้าชีวมวลในพื้นที่ภาคตะวันออก (กรณีโรงงานส่งรถบรรทุกเก็บขน)

การออกแบบระบบเก็บขนชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังสู่โรงไฟฟ้าชีวมวลในพื้นที่ภาคตะวันออก (กรณีโรงงานส่งรถบรรทุกเก็บขน) เป็นการค้นหาคำตอบ เพื่อทำการจัดลำดับของเส้นทางขนส่งเหง้ามันสำปะหลัง โดยจะเริ่มต้นจากการเลือกจุดรับส่งที่ใกล้ที่สุด จากโรงไฟฟ้าหลังจากนั้นจึงเลือกจุดส่งที่อยู่ใกล้กับจุดรับซื้อที่อยู่ใกล้เคียงมากที่สุด โดยทำซ้ำจนครบทุกจุดรับส่งซื้อซึ่งมีการพิจารณาไม่ให้ปริมาณสินค้าเกินความจุของรถบรรทุก จะต้องวนรถกลับ โดยพิจารณาเลือกเส้นทางที่ใกล้ที่สุด ในการศึกษาครั้งนี้เลือกประยุกต์ใช้วิธีการจัดเส้นทางเดินรถแบบประหยัด (Savings algorithm) ซึ่งเสนอโดย Clarke and Wright ในปี ค.ศ. 1964 (G. Clark and J. W. Wright,1964) โดยมีแนวคิดดังรูปที่ 3-3 และขั้นตอนดังนี้



(ก) การขนส่งแบบปกติ (ข) การขนส่งด้วยวิธีการแบบประหยัด

รูปที่ 3-3 แนวคิดวิธีการแบบประหยัด

(1) เลือกตำแหน่งที่จะเป็นจุดเริ่มต้น

(2) เลือกตำแหน่งรับซื้อชีวมวลเพื่อเชื่อมโยงเส้นทาง และคำนวณค่าประหยัดของระยะทางในการขนส่ง ดังสมการ

$$S_{ij} = d_{iO} + d_{Oj} - d_{ij}$$

เมื่อ

O คือ จุดเริ่มต้นในการขนส่งหรือโรงไฟฟ้าชีวมวล

Sij คือ ค่าประหยัดของระยะทางระหว่างจุดรับซื้อชีวมวล i และ j

d_{Oj} คือ ค่าประหยัดของระยะทางระหว่างจุดรับซื้อชีวมวล O และj

d_{iO} คือ ค่าประหยัดของระยะทางระหว่างจุดรับซื้อชีวมวล O และ i

dij คือ ค่าประหยัดของระยะทางระหว่างจุดรับซื้อชีวมวล i และ j

(3) เรียงลำดับค่า Sij จากมากไปหาน้อย

(4) เชื่อมโยงเส้นทางของยานพาหนะ โดยการเชื่อมปม i และปม j ที่มีค่า Sij มากที่สุดเป็นอันดับแรกที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 หรือแทรกจุดรับซื้อเชื้อเพลิงชีวมวลเข้าไปในเส้นทางเดิมถ้าการเชื่อมโยงปมอยู่ภายใต้เงื่อนไข

(5) วนซ้ำการสร้างเส้นทางโดยมีเงื่อนไขของข้อจำกัดในการเดินทางแต่ละยานพาหนะต้องบรรทุกไม่เกินความจุ จนกระทั่งไม่สามารถเชื่อมโยงเส้นทางได้อีก

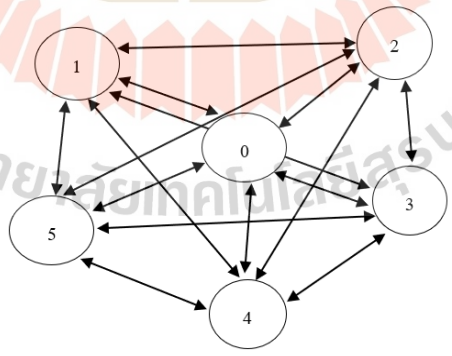
3.3 การประยุกต์ใช้การจัดเส้นทางเดินรถแบบประหยัด (Savings algorithm)

3.3.1 รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องและจัดเตรียมข้อมูล

1) ข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งโรงไฟฟ้าโดยการรวบรวมข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งของโรงไฟฟ้าชีวมวลในพื้นที่ภาคตะวันออก จากข้อมูลของ คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน กฟผ. กฟน. กฟภ. และ พพ. ณ เดือน ธันวาคม 2561 ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

2) การแบ่งเขตพื้นที่บริการและจุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังของแต่ละโรงไฟฟ้า เพื่อประเมินเส้นทางเก็บขนชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใกล้ที่สุด โดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการออกแบบเส้นทางขนส่งเหง้ามันสำปะหลังจากแปลงปลูกในพื้นที่ภาคตะวันออกไปยังโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใกล้ที่สุด โดยใช้วิธีการวิเคราะห์โครงข่ายเพื่อคำนวณหาเส้นทางการจัดส่งที่สั้นที่สุด โดยการกำหนดจุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังระดับตำบลเพื่อลดปัญหาการเข้าถึงเหง้ามันสำปะหลังในแปลงปลูกของเกษตรกรแต่ละแห่ง และปัญหาต้นทุนการขนส่งเหง้ามันสำปะหลังไปยังโรงไฟฟ้าชีวมวล ในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดจุดรวบรวมและเตรียมชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ใน 2 กรณี คือกรณีที่ 1 ให้มี 1 ตำบล 1 จุดเก็บขน และกรณีที่ 2 ให้มี 1 อำเภอ 1 จุดเก็บขน

3) ระยะทางจากจุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังแต่ละจุดในพื้นที่บริการรอบโรงไฟฟ้าชีวมวลถึงโรงไฟฟ้าชีวมวลแต่ละแห่ง โดยการใช้ระยะอ้างอิงจากข้อมูลจุดศูนย์กลางของขอบเขตการปกครองระดับตำบล ถึงโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใกล้ที่สุดจากชุดข้อมูลแผนที่ GIS โดยมีหลักการรวบรวมข้อมูลระยะทางดังแสดงในรูปที่ 3-4



รูปที่ 3-4 การประเมินเส้นทางเก็บขนชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังรอบพื้นที่บริการ

4) ปริมาณชีวมวลเหง้ามันสำปะหลัง ณ จุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังแต่ละจุดได้จากการประเมินปริมาณชีวมวลพร้อมใช้ข้อมูล จากหัวข้อการประเมินปริมาณชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังข้างต้น

3.3.2 การจัดเส้นทางเดินรถ

การจัดเส้นทางเดินรถ ซึ่งการจัดเส้นทางเดินรถโดยเริ่มต้นจากการสร้างตารางเมทริกซ์ของระยะทางการเดินรถจากจุด i ไปยังจุด j โดยการสร้างตารางเมทริกซ์ของระยะทางที่ประหยัด (saving) จากจุด i ไปยังจุด j และเลือกโหนดของจุดรับซื้อเหง้ามันสำปะหลังที่มีระยะทางใกล้ที่สุดและเป็นจุดที่ยังไม่ถูกเลือก ดังแสดงการสร้างตารางเมทริกซ์ของระยะทางและการเลือกตำแหน่งเก็บขนดังรูปที่ 3-5 และรูปที่ 3-6

From	To						
	(i, j)	0	1	2	3	4	5
	0	-	.....	.....	.....	.....	.....
	1	.....	-	.....	.....	.....	.....
	2	.....	.....	-	.....	.....	.....
	3	.....	.....	.....	-	.....	.....
	4	.....	.....	.....	.....	-	.....
	5	.....	.....	.....	.....	.....	-

From	To						
	(i, j)	0	1	2	3	4	5
	0	-	.....	.....	.....	254.00	.....
	1	.....	-	.....	.....	.....	
	2	.....	.....	-		.....	.....
	3	.....	.....	.....	-	.....	.....
	4	.....	.....	.....	.....	-	240.40
	5	.....	.....	.....	198.80		-

รูปที่ 3-5 การสร้างตารางเมทริกซ์ของระยะทางที่ประหยัด (saving)

No	Start Node	End Node	Saving Distance (Km)
1	0	4	254.00
2	4	5	240.40
3	5	3	198.80
4	.....	.....	.....
5	.....	.....	.....

รูปที่ 3-6 ตัวอย่างการเรียงลำดับของค่าระยะทางที่สั้นที่สุดไปหาน้อยที่สุด

3.3.3 การประเมินต้นทุนการขนส่ง

การประเมินต้นทุนการขนส่ง ใช้หลักการประเมินจากระยะทางรวมในการเก็บขน โดยภายในการศึกษาครั้งนี้ประเมินกรณีโรงไฟฟ้าชีวมวลมีความต้องการวัตถุดิบเหง้ามันสำปะหลังเข้าโรงงาน โดยมีรถพ่วงบรรทุก 1 คันวิ่งเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังในพื้นที่บริการรอบโรงงานแต่ละจุดในอัตราบรรทุก 25 ตันต่อเที่ยว ซึ่งประเมินเฉพาะต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงในอัตราความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 20 บาทต่อกิโลเมตร ซึ่งไม่รวมถึงต้นทุนอื่นใด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

4.1 ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

4.1.1 พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออก

จากข้อมูลของศูนย์สารสนเทศของกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ 2562 พบว่า พื้นที่ภาคตะวันออก 7 จังหวัด ได้แก่ ปราจีนบุรี ฉะเชิงเทรา ชลบุรี ระยอง จันทบุรี ตราด และสระแก้ว ภาคตะวันออกมีเนื้อที่ทั้งหมด 34,380.50 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณร้อยละ 6.83 ของเนื้อที่ทั้งประเทศ เป็นภาคที่มีขนาดของพื้นที่เล็กที่สุดของไทย จากผลการสำรวจและเผยแพร่ข้อมูลการใช้ประโยนช์ที่ดิน (land use) ของกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ในปี 2561 ดังรูปที่ 4-1 มีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังทั้งหมด 1,529,576 ไร่ หรือ 2,447,321,979 ตารางกิโลเมตร (กรมพัฒนาที่ดิน, 2561) ดังแสดงข้อมูลพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังรายจังหวัดในพื้นที่ภาคตะวันออกดังตารางที่ 4-1 และพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังรายตำบลในพื้นที่ภาคตะวันออกดังตารางที่ ข 1 ถึง ข 7 การประเมินปริมาณชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออกในภาคผนวก ข

1) จังหวัดจันทบุรี มีพื้นที่ทั้งหมด 4,007,458.51 ไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2561) โดยมีพื้นที่เกษตรกรรม ประเภท พืชไร่ 316,958.3 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 7.91 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 78,133.31 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 24.65 ของพื้นที่ปลูกพืชไร่ทั้งจังหวัด

2) จังหวัดระยอง มีพื้นที่ทั้งหมด 2,290,819.37 ไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2561) โดยมีพื้นที่เกษตรกรรม ประเภท พืชไร่ 222, 107.94ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 9.69 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 81,790.20 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 36.82 ของพื้นที่ปลูกพืชไร่ทั้งจังหวัด

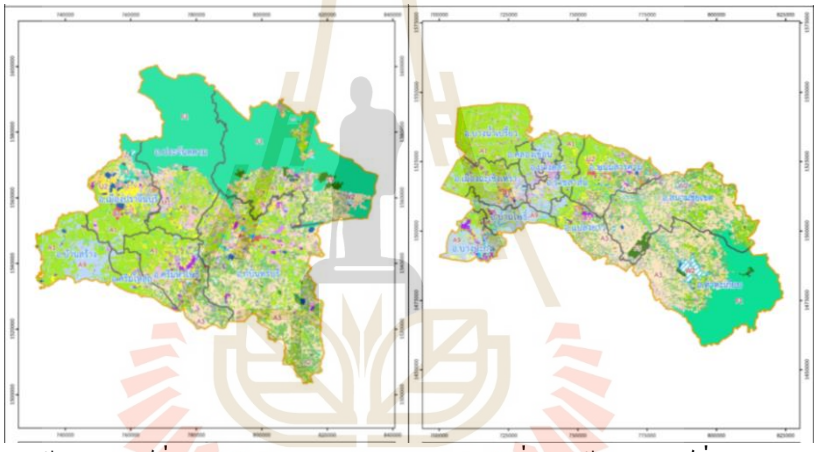
3) จังหวัดชลบุรี มีพื้นที่ทั้งหมด 2,817,80.73 ไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2561) โดยมีพื้นที่เกษตรกรรม ประเภท พืชไร่ 595,950.56 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 7.88 ของพื้นที่ทั้งหมด และเมื่อพิจารณาพบว่ามีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 2250,427.84 ไร่ ซึ่งเป็นพืชไร่ที่มีการปลูกในพื้นที่จังหวัดชลบุรีสูงถึงร้อยละ 42 ของพื้นที่ปลูกพืชไร่ทั้งหมด

4) จังหวัดสระแก้ว มีพื้นที่ทั้งหมด 4,264,824.73 ไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2561) โดยมีพื้นที่เกษตรกรรม ประเภท พืชไร่ 1,307,760.4 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 30.66 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 603,684.49 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 56 ของพื้นที่ปลูกพืชไร่ทั้งจังหวัด

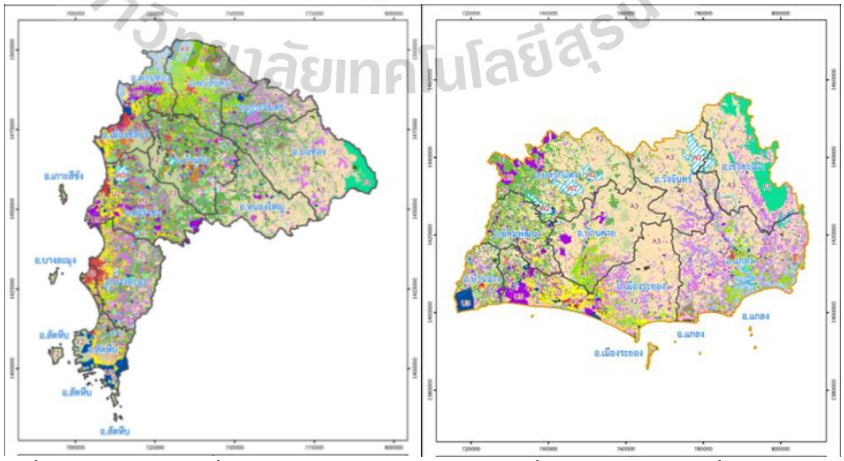
5) จังหวัดฉะเชิงเทรา มีพื้นที่ทั้งหมด 3,231,136.71 ไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2561) โดยมีพื้นที่เกษตรกรรม ประเภท พืชไร่ 342,411.56 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 10.59 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 247,146.78 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 72.17 ของพื้นที่ปลูกพืชไร่ทั้งจังหวัด

6) จังหวัดปราจีนบุรี มีพื้นที่ทั้งหมด 3,140,838.22 ไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2561) โดยมีพื้นที่เกษตรกรรม ประเภท พืชไร่ 323,652.2 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 10.30 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 268,387.32 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 82.92 ของพื้นที่ปลูกพืชไร่ทั้งจังหวัด

7) จังหวัดตราด มีพื้นที่ทั้งหมด 1,787,844.89 ไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2561) โดยมีพื้นที่เกษตรกรรม ประเภท พืชไร่ 4,773.79 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 0.26 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 6.29 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 0.13 ของพื้นที่ปลูกพืชไร่ทั้งจังหวัด

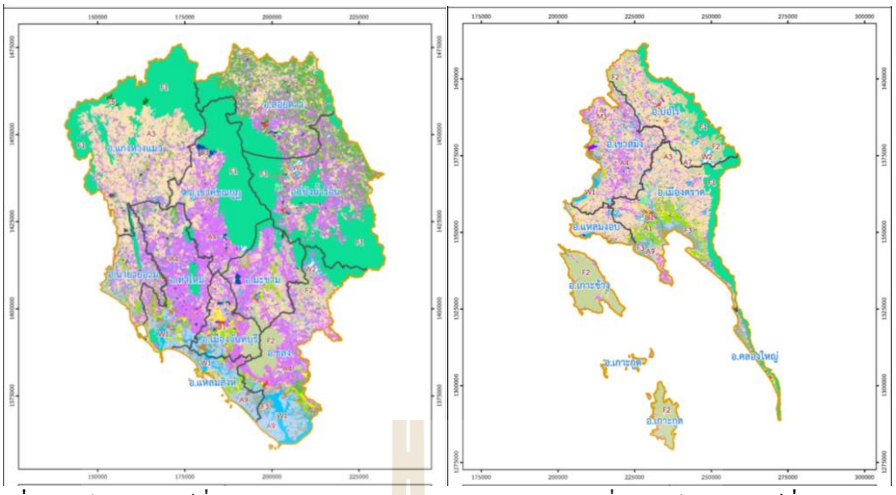


ก) แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดปราจีนบุรี ข) แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดฉะเชิงเทรา



ค)แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดชลบุรี ง) แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดระยอง

รูปที่ 4-1 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินรายจังหวัดในพื้นที่ภาคตะวันออก (กรมพัฒนาที่ดิน, 2561)



จ) แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดชลบุรี ฉ) แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดระยอง

รูปที่ 4-1 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินรายจังหวัดในพื้นที่ภาคตะวันออก (กรมพัฒนาที่ดิน, 2561) (ต่อ)

ตารางที่ 4-1 พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังรายจังหวัดในพื้นที่ภาคตะวันออก (กรมพัฒนาที่ดิน,2561)

จังหวัด	**พื้นที่**	
	ตารางกิโลเมตร	**ไร่**
จันทบุรี	250,427.84	78,133.31
ระยอง	130,864.32	81,790.20
ชลบุรี	10.07	250,427.84
สระแก้ว	395,434.85	603,684.49
ฉะเชิงเทรา	429419.72	247,146.78
ปราจีนบุรี	965,895.18	268387.3252
ตราด	125,013,295.53	6.29258613
รวม	**2,447,321,979**	**1,529,576**

4.1.2 ผลผลิตมันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออก

จากข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 3 ปีย้อนหลังตั้งแต่ฤดูการเพาะปลูกปี 2558-2560 พบว่า ผลผลิตมันสำปะหลังต่อไร่รายจังหวัดของพื้นที่ภาคตะวันออก มีอัตราผลผลิตอยู่ระหว่าง 3-4 ตันต่อไร่ ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 4-1 โดยที่ค่าเฉลี่ย 3 ปีย้อนหลังของผลผลิตมันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออกทั้ง 7 จังหวัด 3.62 ตันต่อไร่ ซึ่งมีอัตรา

ผลผลิตสูงสุดสำหรับการปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่จังหวัดระยองที่อัตรา 4.40 ตันต่อไร่ และผลผลิตต่ำสุดในจังหวัดจันทบุรีที่อัตรา 3.24 ตันต่อไร่

ตารางที่ 4-2 ผลผลิตมันสำปะหลังรายจังหวัดในพื้นที่ภาคตะวันออก

จังหวัด	ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)				เฉลี่ย (ตัน/ไร่)
	ปี 2558 [1]	ปี 2559 [2]	ปี 2560 [3]	เฉลี่ย	
จันทบุรี	3,355	2,999	3,366	3,240	3.24
ระยอง	4,311	4,167	4,722	4,400	4.40
ชลบุรี	4,149	3,866	4,054	4,023	4.02
สระแก้ว	3,486	3,072	3,316	3,291	3.29
ฉะเชิงเทรา	3,572	3,237	3,334	3,381	3.38
ปราจีนบุรี	3,497	3,124	3,456	3,359	3.36
ตราด	3,646	3,509	3,692	3,616	3.62
เฉลี่ย	**3,728**	**3,411**	**3,708**	**3,616**	**3.62**

ที่มา: [1] ผลผลิตมันสำปะหลัง (กิโลกรัม/ไร่) สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2558
[2] ผลผลิตมันสำปะหลัง (กิโลกรัม/ไร่) สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2559
[3] ผลผลิตมันสำปะหลัง (กิโลกรัม/ไร่) สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2560

4.2 ศักยภาพของเหง้ามันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออก

ในการศึกษาครั้งนี้เพื่อประเมินศักยภาพเหง้ามันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออกทั้ง 7 จังหวัด ครอบคลุมพื้นที่จังหวัด จันทบุรี ระยอง ชลบุรี สระแก้ว ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี และจังหวัดตราดโดยมีความละเอียดของการประเมินศักยภาพปริมาณการเกิดเหง้ามันสำปะหลังเชิงพื้นที่ในระดับตำบลของแต่ละจังหวัด โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 3 ประเด็น ได้แก่ ศักยภาพเชิงปริมาณ ศักยภาพเชิงคุณภาพ ศักยภาพด้านการผลิตพลังงาน ดังนี้

4.2.1 ศักยภาพเชิงปริมาณ

ในขั้นตอนของการเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังในแปลงปลูกโดยทั่วไปประกอบด้วย 1) การตัดต้นโดยเฉพาะกรณีต้องการใช้เป็นท่อนพันธุ์ในฤดูการปลูกต่อไปหรือจำหน่ายท่อนพันธุ์ 2) การถอนหรือขุดหัวมันสำปะหลังออกจากดิน 3) การเก็บรวบรวมหัวมันสำปะหลังที่ขุดหรือถอนแล้วให้เป็นกอง 4) การตัดหัวมันสำปะหลังออกจากต้นหรือเหง้า และ 5) การขนลำเลียงหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุกซึ่งมีหลากหลายชนิด เพื่อการขนย้ายไปจำหน่ายยังสถานที่รับซื้อซึ่งกิจกรรมดังกล่าวจะ

พบว่ามีเหง้ามันสำปะหลังซึ่งเป็นวัสดุทางการเกษตรเหลือทิ้งกระจายทั่วไปอยู่ในแปลง อ้างอิงการศึกษาสัดส่วนเหง้ามันสำปะหลังต่อหัวมันสำปะหลังสด ภายใต้การดำเนินโครงการศึกษาแนวทางบริหารจัดการเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนระดับชุมชนในปี 2553 โดยการเก็บข้อมูลในแปลงเกษตรกรใน เขตอำเภอเมืองนครราชสีมา แบบสุ่ม อำเภอละ 3 แปลงโดยไม่ซ้ำสายพันธุ์กัน แต่ละแปลงทำการเก็บข้อมูล 18 ซ้ำ สำหรับการเก็บน้ำหนักหัวมันสด น้ำหนักเหง้ามันสด สรุปได้ว่า สัดส่วนเหง้ามันสำปะหลังต่อหัวมันสำปะหลังสด มีสัดส่วนเหง้ามันเฉลี่ยที่ 0.112 หรือคิดเป็นร้อยละ 12 ของปริมาณผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2553)

จากตารางที่ 4-2 แสดงปริมาณพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังและผลผลิตมันสำปะหลังต่อไร่ของแต่ละจังหวัดในพื้นที่ภาคตะวันออก หากพิจารณาปริมาณสัดส่วนผลผลิตต่อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังเหลือทิ้ง (crop residual ratio:CRR) ที่ 0.112 ดังแสดงในตารางที่ 4-3 พบว่า พื้นที่ภาคตะวันออกทั้ง 7 จังหวัดมีปริมาณเหง้ามันสำปะหลังเหลือทิ้งทั้งหมด 636,003 ตันต่อปี โดยมีอัตราเกิดสูงสุดตามปริมาณพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 236,444 ตันต่อปีในพื้นที่จังหวัดสระแก้ว และปริมาณน้อยที่สุด 2 ตันต่อปีในพื้นที่จังหวัดตราด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4-3 ศักยภาพเชิงปริมาณชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังเชิงพื้นที่ภาคตะวันออก

จังหวัด	ผลผลิตเฉลี่ย [1] (ตัน/ไร่/ปี)	พื้นที่ปลูก [2] (ตารางกิโลเมตร)	พื้นที่ปลูก [3] (ไร่/ปี)	ปริมาณผลผลิต [4] (ตันต่อปี)	สัดส่วนผลผลิตต่อเหง้ามันสำปะหลังเหลือทิ้ง [5] (crop residual ratio:CRR) [5]	ปริมาณชีวมวลเหลือทิ้ง [6] (ตัน/ปี)
จันทบุรี	3.24	125,013,295.53	78,133.31	253,151.92	0.112	30,125.08
ระยอง	4.40	130,864,317.17	81,790.20	359,876.87	0.112	42,825.35
ชลบุรี	4.02	400,684,547.12	250,427.84	1,007,471.21	0.112	119,889.07
สระแก้ว	3.29	965,895,178.60	603,684.49	1,986,926.87	0.112	236,444.30
ฉะเชิงเทรา	3.38	395,434,852.24	247,146.78	835,603.27	0.112	99,436.79
ปราจีนบุรี	3.36	429,419,720.39	268,387.33	901,513.03	0.112	107,280.05
ตราด	3.62	10,068.14	6.29	22.75	0.112	2.71
รวมปริมาณชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังเหลือทิ้ง						**636,003.35**

หมายเหตุ

[1] ค่าเฉลี่ยผลผลิต (ตัน/ไร่) ของปี พ.ศ. 58-60 อ้างอิงข้อมูล สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

[2] พื้นที่เพาะปลูก อ้างอิงข้อมูล กรมพัฒนาที่ดิน. 2560-2561. ชุดแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use)

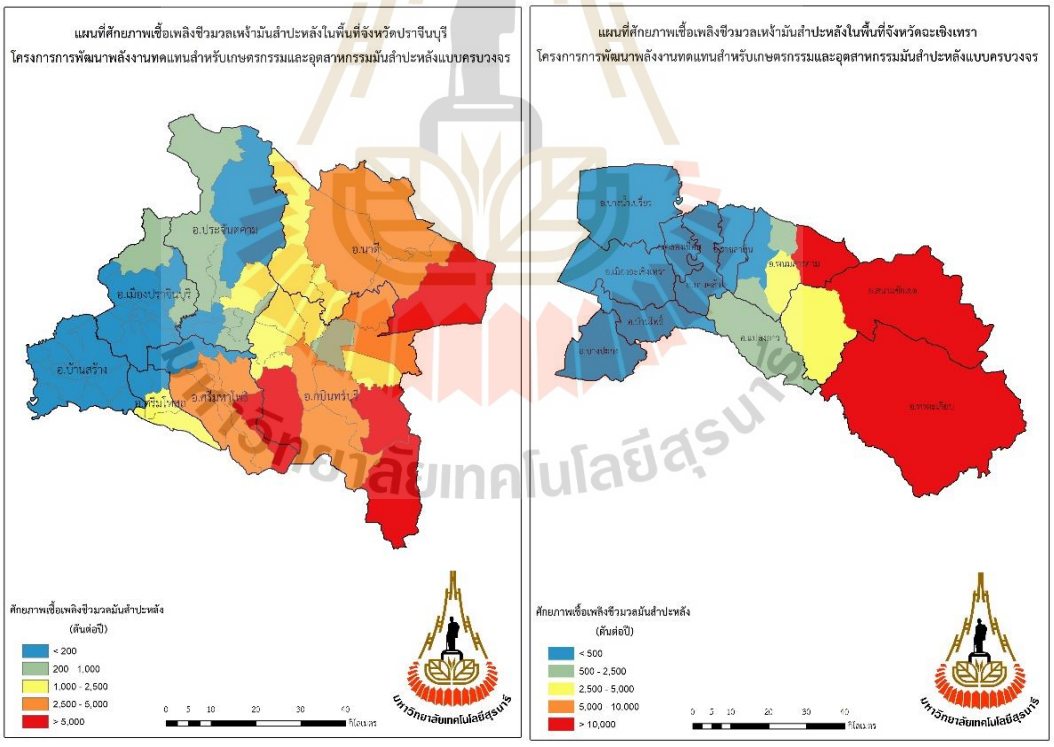
[3] พื้นที่เพาะปลูก อ้างอิงข้อมูล กรมพัฒนาที่ดิน. 2560-2561. ชุดแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use)

[4] ผลรวมผลผลิตมันสำปะหลัง (ตัน/ปี) = ผลผลิตเฉลี่ยปี พ.ศ. 58-60 (ตัน/ไร่) x พื้นที่เพาะปลูก (ไร่/ปี)

[5] Crop Residual Ratio (CRR) อ้างอิง กระทรวพลังงานทดแทน. คู่มือการลงทุนโรงงานแปรรูปเชื้อเพลิง และโรงไฟฟ้าจากเหง้ามันสำปะหลัง

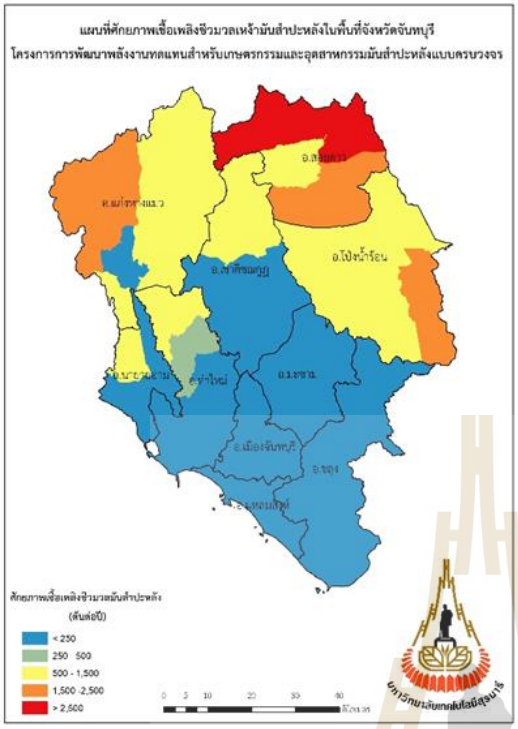
[6] ปริมาณวัสดุเหลือทิ้งจากมันสำปะหลัง (ตัน/ปี) = ผลรวมผลผลิตมันสำปะหลัง (ตัน/ปี) x CRR (0.112)

ตามตารางที่ 4-3 จังหวัดจันทบุรี ระยอง ชลบุรี สระแก้ว ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี และตราด มีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 78,133 81,790 250,427 603,684 247,146 268,387 และ 6 ไร่ ตามลำดับ ซึ่งมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออกทั้ง 7 จังหวัดรวม 1,529,576 ไร่ โดยที่มีพื้นที่ปลูกมากที่สุดที่จังหวัดสระแก้วที่ 603,684 และน้อยที่สุดในพื้นที่จังหวัดตราด ที่ 6 ไร่ และเมื่อพิจารณาอัตราผลผลิตเฉลี่ยย้อนหลัง 3 ปีล่าสุดที่ 3.24 4.40 4.02 3.29 3.38 3.36 และ 3.62 ตันต่อไร่ต่อปี ที่สัดส่วนผลผลิตต่อเหง้ามันสำปะหลังเหลือทิ้ง (crop residual ratio: CRR) 0.112 พบว่า จังหวัดจันทบุรี ระยอง ชลบุรี สระแก้ว ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี และตราดมีปริมาณชีวมวลเหลือทิ้ง ที่ 30,125.08 42,825.35 119,889.07 236,444 99,436 107,280 และ 2 ตันต่อปีตามลำดับ โดยที่จังหวัดสระแก้วมีปริมาณชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังเหลือทิ้งสูงที่สุดที่ 236,444 ตันต่อไร่ เนื่องจากมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังมากที่สุด และจังหวัดตราดมีปริมาณชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังเหลือทิ้งน้อยที่สุดที่ 2 ตันต่อไร่ เนื่องจากจังหวัดตราดมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังน้อยที่สุดเพราะพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพืชที่ใช้ประโยชน์สำหรับการปลูกผลไม้ ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของจังหวัดตราด

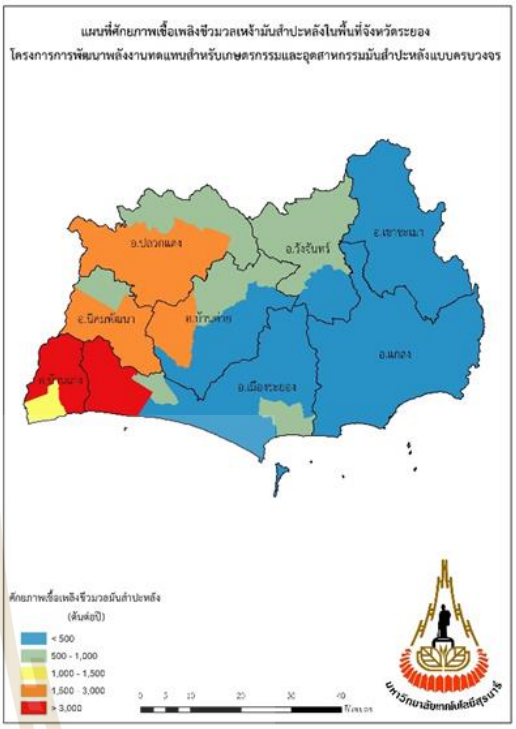


ก) ศักยภาพเหง้ามันสำปะหลังจังหวัดปราจีนบุรี ข)ศักยภาพเหง้ามันสำปะหลังจังหวัดฉะเชิงเทรา

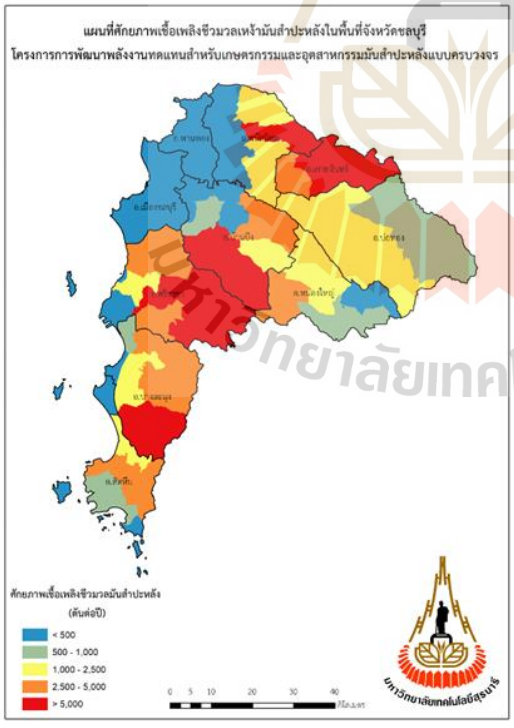
รูปที่ 4-2 แผนที่ศักยภาพเหง้ามันสำปะหลังรายตำบลในพื้นที่ภาคตะวันออก



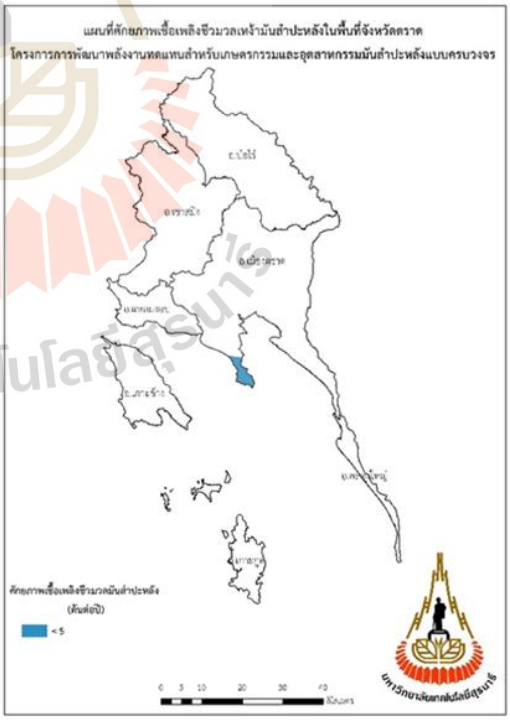
ค) ศักยภาพเหง้ามันสำปะหลังจังหวัดจันทบุรี



ง) ศักยภาพเหง้ามันสำปะหลังจังหวัดระยอง

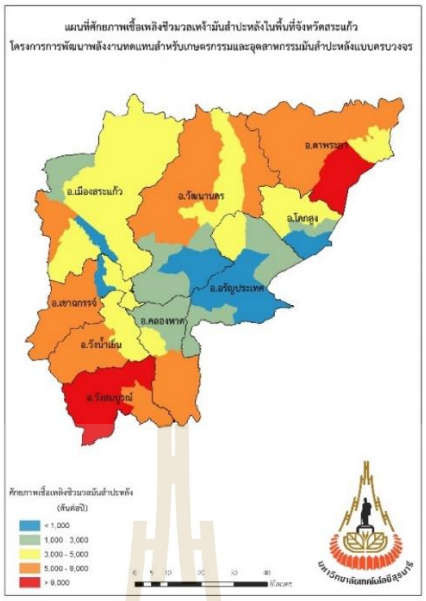


จ) ศักยภาพเหง้ามันสำปะหลังจังหวัด ชลบุรี



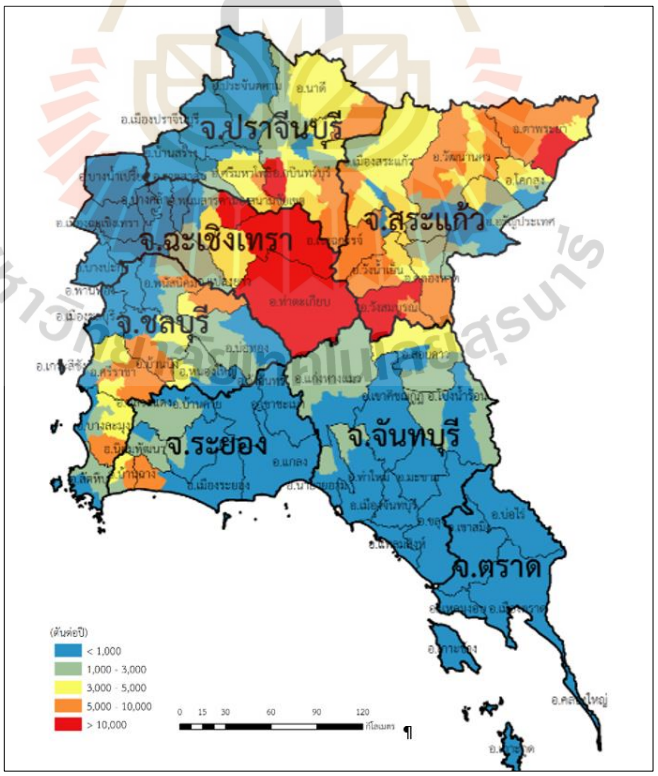
ฉ) ศักยภาพเหง้ามันสำปะหลังจังหวัดตราด

รูปที่ 4-2 แผนที่ศักยภาพเหง้ามันสำปะหลังรายตำบลในพื้นที่ภาคตะวันออก (ต่อ)



ช) ศักยภาพเหง้ามันสำปะหลังจังหวัดสระแก้ว

รูปที่ 4-2 แผนที่ศักยภาพเหง้ามันสำปะหลังรายตำบลในพื้นที่ภาคตะวันออก



รูปที่ 4-3 ศักยภาพเชิงปริมาณของชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังเชิงพื้นที่ภาคตะวันออก

ตามข้อมูลศักยภาพอัตราการเกิดชีวมวลต่อไร่ในตารางที่ ข 1 ถึง ข 7 ในภาคผนวก ข และตารางที่ 4-3 แล้วพิจารณาอัตราการเกิดชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในระดับตำบลของพื้นที่ภาคตะวันออก โดยแบ่งอัตราการเกิดชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังออกเป็น 5 ช่วงความหนาแน่น คือ ที่ระดับความหนาแน่นน้อยกว่า 1,000 ตันต่อปี ช่วงความหนาแน่นระหว่าง 1,000 - 3,000 ตันต่อปี ช่วงความหนาแน่นระหว่าง 3,000 - 5,000 ตันต่อปี ช่วงความหนาแน่นระหว่าง 5,000 - 10,000 ตันต่อปี และช่วงความหนาแน่นมากกว่า 10,000 ตันต่อปี ตามศักยภาพเชิงปริมาณของชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังเชิงพื้นที่ภาคตะวันออกในรูปที่ 4-2 และรูปที่ 4-3 จากความหนาแน่นน้อยที่สุด สีฟ้า สีเขียว สีเหลือง สีส้ม ไปสู่ความหนาแน่นมากที่สุด สีแดง ตามลำดับ ซึ่งผลจากการแบ่งระดับความหนาแน่น พบว่า ทั้งหมดของอำเภอท่าตะเกียบ อำเภอสนามชัย จังหวัดฉะเชิงเทรา บางส่วนของอำเภอวังสมบูรณ์ อำเภอวังสมบูรณ์ จังหวัดสระแก้ว ซึ่งเป็นโซนพื้นที่ใกล้เคียง เป็นพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของอัตราเกิดชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังสูงที่สุดมากกว่า 10,000 ตันต่อปี และพื้นที่รอบนอกโซนสีฟ้ามีอัตราการเกิดชีวมวลสำปะหลังในระดับตำบลน้อยที่สุดที่น้อยกว่า 1,000 ตันต่อปี

4.2.2 ศักยภาพเชิงคุณภาพของเหง้ามันสำปะหลัง

1) คุณสมบัติทางกายภาพของเหง้ามันสำปะหลัง ศักยภาพเชิงคุณภาพด้วยการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ (quantity) และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ (quality) ของเหง้ามันสำปะหลัง ที่สามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทน ในรูปเชื้อเพลิงชีวมวล โดยการศึกษาสมบัติของเชื้อเพลิงชีวมวลทาง กายภาพ ได้แก่ ขนาดและการกระจายตัวของขนาด (Size distribution) ความชื้น (Moisture Content) ความหนาแน่น (Appearance Density) รวมทั้งการวิเคราะห์สมบัติแบบประมาณ (Proximate Analysis) และวิเคราะห์องค์ประกอบแบบของธาตุ (Ultimate Analysis)

สมบัติทางกายภาพของเหง้ามันสำปะหลังในตารางที่ 4-4 (ขนาด ความหนาแน่น และความชื้น) พบว่าเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลังมีขนาดและรูปร่างไม่แน่นอนดังรูปที่ 4-4 ซึ่งรูปร่างของเหง้ามันสำปะหลังขึ้นอยู่กับ ชนิด สายพันธุ์ วิธีการเก็บเกี่ยว เช่น เก็บเกี่ยวด้วย เครื่องจักร หรือ เก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน ซึ่งการที่เชื้อเพลิงชีวมวลมีขนาดที่ไม่ แน่นอนดังกล่าว ทำให้ความหนาแน่นต่ำ (Bulk Density) นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับเชื้อเพลิง ชีวมวลไม่เชิงพาณิชย์ทุกชนิด ที่หลังจากทำการเก็บเกี่ยวแล้วจะมีความชื้นสูง (40-70%) ทำให้ไม่คุ้มค่าในการขนส่ง

ตารางที่ 4-4 คุณสมบัติทางกายภาพของเหง้ามันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออก

ประเภทชีวมวล	ความชื้น (%wb)	ความหนาแน่น (kg /m^3)	ลักษณะทั่วไป
เหง้ามันสำปะหลัง	53.40	193	เป็นท่อนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1-2 นิ้ว มีแง่ง ตรงปลาย

รูปที่ 4-4 ลักษณะทางกายภาพของเหง้ามันสำปะหลัง

2) สมบัติทางเคมีของเหง้ามันสำปะหลัง เมื่อศึกษาองค์ประกอบแบบประมาณ (Proximate Value) เป็นสมบัติเฉพาะตัวของเชื้อเพลิงชีวมวล ที่แสดงถึงสัดส่วนของ ปริมาณความชื้น (Moisture Content) ปริมาณสารที่ระเหยได้ (Volatile Matter) ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) และปริมาณเถ้า (Ash Content) ด้วยวิธีการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D 1762-84 เป็นสมบัติที่นิยมใช้ประกอบการพิจารณาในการเลือกใช้เชื้อเพลิงของโรงงานอุตสาหกรรม ในส่วนของปริมาณเถ้า ซึ่งเป็นของเสียที่ เกิดขึ้นจากการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง

ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง แสดงถึงปริมาณ พลังงานที่ถูกปลดปล่อยออกมาขณะเผาไหม้เชื้อเพลิงต่อหน่วยน้ำหนักในรูปของ ความร้อน ซึ่งค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลแต่ละชนิดจะมีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่ กับสมบัติและองค์ประกอบของเชื้อเพลิง จากการทบทวนเอกสารงานวิจัยพบว่า ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการเปลี่ยนคาร์บอนและ ไฮโดรเจนในเชื้อเพลิงชีวมวลไปเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำซึ่งจะเห็นได้ว่า ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลขึ้นอยู่สมบัติแบบแยกธาตุ (Ultimate analysis) ซึ่งค่าต่าง ๆ เหล่านี้มีความแตกต่างกันโดยขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของชีวมวลแต่ ละชนิด (Senelwa และ Sims, 1999) สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Demirbas , (2007) ซึ่งได้ทำการศึกษากับวัสดุชีวมวลถึง 16 ชนิด นอกจากนี้ Demirbas (2007) ยังได้ทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความชื้น กับค่าความร้อน โดย พบว่า ค่าความชื้นในวัสดุชีวมวลเป็นผลทำให้ค่าความร้อนลดลง เพราะความชื้นใน เชื้อเพลิงชีวมวลจะอยู่ระหว่างช่องว่างในเซลล์ที่ตาย และผนัง

เซลล์ เมื่อเชื้อเพลิงชีวมวลถูกเผาไหม้ความชื้นจะเป็นตัวดูดซับความร้อนบางส่วน ทำให้พลังงานที่ปลดปล่อยออกมาลดลง ค่าความร้อนสามารถแบ่งเป็นค่าความร้อนสูงและค่าความร้อนต่ำ หาค่าดังกล่าวโดยใช้ เครื่อง Bomb Calorimeter ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้สำหรับการหาค่าความร้อนภายใต้สภาวะที่เกิดการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ ตามมาตรฐาน ASTM D 2015 โดยค่าความร้อนของเชื้อเพลิงแห้ง (ความชื้น 0%) ถือได้ว่าเป็นค่าความร้อนสูง (HHV) ส่วนค่าความร้อนที่วัดได้เมื่อเชื้อเพลิงมีค่า ความชื้นต่าง ๆ จากเครื่อง Bomb Calorimeter จะเป็นค่าความร้อนต่ำ (LHV)

จากการทดลองหาค่าความร้อน ของเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลัง เพื่อทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับความชื้น โดยทำการ วิเคราะห์หาค่าความร้อน ของตัวอย่างชีวมวลที่ความชื้นต่าง ๆ ซึ่งสรุปได้ว่า ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเหง้า มันสำปะหลัง แปรผกผันกับความชื้น ทั้งนี้ หากพิจารณาความชื้นของเหง้ามันสำปะหลัง ที่ความชื้น 53.40 % จะมีค่าความร้อนต่ำ (LHV) เท่ากับ 8.19 MJ/kg (ซึ่งจะใช้เป็นค่าความร้อนใช้งานที่นำไปใช้ทำนาย ศักยภาพการผลิตพลังงานในรูปความร้อน หรือไฟฟ้าต่อไป) อย่างไรก็ดี หากลดความชื้นของเหง้ามัน สำปะหลัง ให้มีความชื้นต่ำลงมาก คือ 10.17 % ก็จะส่งผลให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างมากคือ 12.5 MJ/kg ดังแสดงผลในตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 สมบัติทางเคมีของเหง้ามันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออก

องค์ประกอบแบบประมาณ (Proximate Value)					
Moisture Content	**Proximate Value**			**Heating Value**	
	Volatile Matter	**Ash Content**	**Fixed Carbon**	**Low Heating Value, LHV**	**Hight Heating Value, HHV**
(%)	(%)	(%)	(%)	(kJ/kg)	(kJ/kg)
10.17	80.00	2.73	13.00	8,190	12.50
องค์ประกอบแบบแยกธาตุ (Ultimate Value)					
สัดส่วนของธาตุ (ร้อยละ)					
C	H	N	S	O	
46.12	7.55	1.13	0.03	54.83	

4.2.3 ศักยภาพด้านการผลิตพลังงาน

จากพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 2,447,321,979 ตารางกิโลเมตร หรือ 1,529,576 ไร่ มีอัตราผลผลิตเฉลี่ย 3 ปีย้อนหลังเฉลี่ย 3.62 ตันต่อไร่ และหากประเมินสัดส่วนอัตราผลผลิตต่อการเกิดชีวมวล

เหง้ามันสำปะหลังที่ 0.112 พบว่า พื้นที่ภาคตะวันออกมีการเกิดชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในแปลงปลูก 636,003 ตันต่อปี และจากผลการวิเคราะห์เหง้ามันสำปะหลังมีค่าความร้อน 12.5 กิโลจูลต่อกิโลกรัม (kJ/kg) นั้น ทั้งภาคตะวันออกมีศักยภาพของเหง้ามันสำปะหลังเหลือทิ้งที่สามารถผลิตพลังงานได้ 9.27 x 10^9 เมกะจูลต่อปี

แต่เมื่อพิจารณาถึงการเตรียมเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลังสำหรับพร้อมใช้งานนั้น จำเป็นต้องมีกระบวนการลดความชื้นจาก ความชื้นจาก 53.40 % เหลือ 10.17% คิดเป็นการสูญเสียน้ำหนัก 80% (กระทรวงพลังงาน, 2557) และการสูญเสีย จากการสูญเสียในกระบวนการเก็บรวบรวม การแปรรูป สับย่อย อบแห้ง และอัดแท่ง คิดเป็น 30% (กระทรวงพลังงาน, 2557) จะพบว่ามีปริมาณชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังเหลือทิ้งในพื้นที่ภาคตะวันออกที่สามารถนำไปเป็นเชื้อเพลิงพร้อมใช้สำหรับโรงไฟฟ้าได้ดังแสดงในตารางที่ 16 โดยที่ในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี ระยอง ชลบุรี สระแก้ว ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี และตราด มีศักยภาพการผลิตพลังงานที่ 52,718.89 74,944.36 209,805.88 413,777.52 174,014.38 187,740.09 และ 4.74 จิกะจูลต่อปี เทียบเท่าการใช้เป็นพลังงานทดแทนน้ำมันดิบ 1,259.11 1,789.93 5,010.89 9,882.43 4,156.06 4,483.88 และ 0.11 toe

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4-6 ศักยภาพด้านการผลิตพลังงานของเหง้ามันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออก

จังหวัด	ปริมาณชีวมวลเหลือทิ้ง [6]	อัตราการสูญเสียเชื้อเพลิง ลดความชื้น 80% [7]	อัตราการสูญเสียเชื้อเพลิง การผลิต 30% [8]	ค่าความร้อน[9]	ศักยภาพการผลิตพลังงาน Biomass Energy potoentail [10]	Energy potoentail [11]	Potential on Electricity Generation [12]	Potential on Electricity Generation [13]	Power Plant capacity [14]	Power Plant capacity [15]
	(ตัน/ปี)	(Ton/Year)	(Ton/Year)	(MJ/kg)	(MJ/Year)	toe	(kWh/Year)	(MWh/Year)	(MW)	(kW)
จันทบุรี	30,125.08	6,025.02	4,217.51	12.50	52,718.89	1,259.11	2,928,827.11	2,928.83	0.418	417.93
ระยอง	42,825.35	8,565.07	5,995.55	12.50	74,944.36	1,789.93	4,163,575.48	4,163.58	0.594	594.12
ชลบุรี	119,889.07	23,977.81	16,784.47	12.50	209,805.88	5,010.89	11,655,882.17	11,655.88	1.663	1,663.23
สระแก้ว	236,444.30	47,288.86	33,102.20	12.50	413,777.52	9,882.43	22,987,640.08	22,987.64	3.280	3,280.20
ฉะเชิงเทรา	99,436.79	19,887.36	13,921.15	12.50	174,014.38	4,156.06	9,667,465.63	9,667.47	1.379	1,379.49
ปราจีนบุรี	107,280.05	21,456.01	15,019.21	12.50	187,740.09	4,483.88	10,430,004.86	10,430.00	1.488	1,488.30
ตราด	2.71	0.54	0.38	12.50	4.74	0.11	263.22	0.26	0.000	0.04

หมายเหตุ

[6] = CASSAVA _Residual (Ton/Year) ปริมาณวัสดุเหลือทิ้งจากมันสำปะหลัง (ตัน/ปี) = ผลรวมผลผลิตมันสำปะหลัง (ตัน/ปี) x CRR (0.112) คิดปริมาณวัสดุเหลือทิ้งจากมันสำปะหลัง (ตัน/ปี) = โดยหัก % ความชื่นลดลงหลังการแปรรูปจาก 53.40% เหลือ 10.17% (คิดเป็นการลดลง 80%) อ้างอิง กระทรวพลังงานทดแทน.

[7] = Loss moisture _Residual 80% (Ton/Year) อ้างอิงจากโรงงานแปรรูปเชื้อเพลิง และโรงไฟฟ้าจากเหง้ามันสำปะหลัง

[8] = Loss produced _Residual 30% (Ton/Year) ประเมินจากปริมาณวัสดุเหลือทิ้งจากมันสำปะหลัง (ตัน/ปี) = โดยหัก % loss จากกระบวนการเตรียมเชื้อเพลิง 30%อ้างอิง กระทรวพลังงานทดแทน. คู่มือการลงทุนโรงงานแปรรูปเชื้อเพลิง และโรงไฟฟ้าจากเหง้ามันสำปะหลัง

[9] = Heating Value MJ/kg หรือ ค่าความร้อนที่ความชื่น 10.17% มีค่าความร้อนเท่ากับ 12.5 MJ/kg อ้างอิง กระทรวพลังงานทดแทน. คู่มือการลงทุนโรงงานแปรรูปเชื้อเพลิง และโรงไฟฟ้าจากเหง้ามันสำปะหลัง

[10] = Biomass Energy potoentail (GJ/Year)ค่าพลังงานความร้อนชีวมวลทั้งหมด (GJ) = ชีวมวลเหลือทิ้งทั้งหมด (ตัน/ปี) x ค่าความร้อน 12.5 MJ/kg

[11] = Energy potoentail (Ton of Oil Equivalent, toe) หรือ ค่าพลังงานความร้อน เมื่อคิดพลังงานเทียบเท่าน้ำมันดิบ = 1 toe เท่ากับ 41.87 GJ อ้างอิง กระทรวพลังงานทดแทน. คู่มือการลงทุนโรงงานแปรรูปเชื้อเพลิง และโรงไฟฟ้าจากเหง้ามันสำปะหลัง

[12] = Potential on Electricity Generation (kWh/Year) หรือ ศักยภาพการผลิตกระไฟฟ้า (kWh) = (ค่าพลังงานความร้อน (GJ) x 1000)/ Net Plant Heat Rate คือ 18 MJ/kWh อ้างอิง กระทรวพลังงานทดแทน. คู่มือการลงทุนโรงงานแปรรูปเชื้อเพลิง และโรงไฟฟ้าจากเหง้ามันสำปะหลัง

[13] = Potential on Electricity Generation (MWh/Year) หรือ ศักยภาพการผลิตกระไฟฟ้า (MWh) = ค่าพลังงานความร้อน (GJ) / Net Plant Heat Rate คือ 18 MJ/kWh

[14] = Power Plant capacity (MW) หรือ ขนาดโรงไฟฟ้า (MW) = ศักยภาพการผลิตไฟฟ้า (MWh/year)/เวลาการผลิตไฟฟ้าต่อปี (7008 hr/year) อ้างอิง กระทรวพลังงานทดแทน. คู่มือการลงทุนโรงงานแปรรูปเชื้อเพลิง และโรงไฟฟ้าจากเหง้ามันสำปะหลัง

[15] = Power Plant capacity (kW) หรือ ขนาดโรงไฟฟ้า (kW) = (ศักยภาพการผลิตไฟฟ้า (MWh/year)/เวลาการผลิตไฟฟ้าต่อปี (7008 hr/year)) x 1000

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.3 ระบบขนส่งชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังที่เหมาะสมในพื้นที่ภาคตะวันออก

4.3.1 โรงไฟฟ้าชีวมวลในพื้นที่ภาคตะวันออก

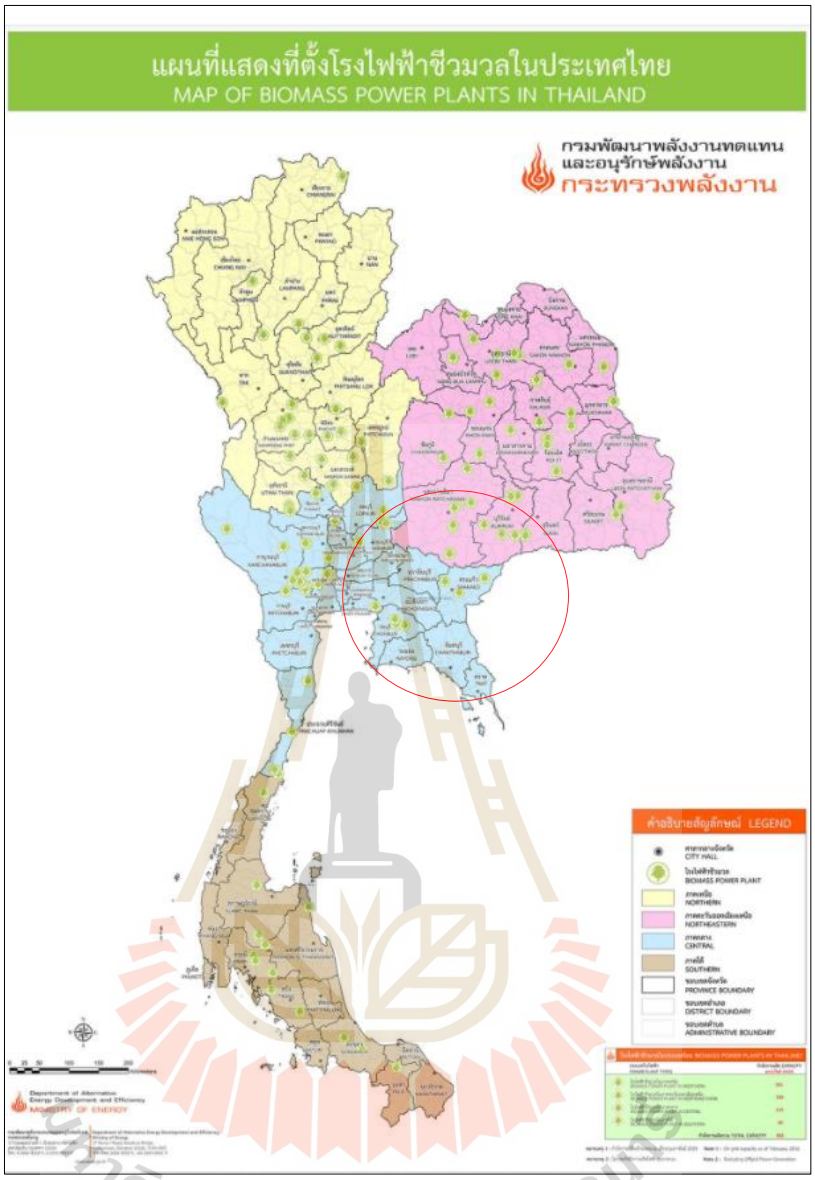
จากข้อมูลของ คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน กฟผ. กฟน. กฟภ. และ พพ. ณ เดือน ธันวาคม 2561 ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน พบว่าประเทศไทยมีจำนวณโรงไฟฟ้าชีวมวลที่จ่ายไฟเข้าระบบแล้ว (COD) ทั้งหมด 177 แห่งกระจายอยู่ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2561) ดังแสดงตำแหน่งและที่ตั้งของโรงไฟฟ้าชีวมวลในตารางที่ 4-7 และเมื่อพิจารณาเฉพาะในพื้นที่ภาคตะวันออกพบว่า มีโรงไฟฟ้าชีวมวลในพื้นที่ภาคตะวันออกทั้งหมด 7 แห่ง ตั้งอยู่ในเขตจังหวัด ฉะเชิงเทรา ชลบุรี ระยอง และจังหวัดสระแก้วมีกำลังการผลิตติดตั้งรวม 78 MW และกำลังการผลิตขยาย 27.6 MW ดังรายละเอียดตำแหน่งที่ตั้งของโรงไฟฟ้าชีวมวลในพื้นที่ภาคตะวันออกในรูปที่ 4-5

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4-7 โรงไฟฟ้าชีวมวลในพื้นที่ภาคตะวันออก

รายการ	พิกัด	ตำแหน่งและที่ตั้ง			กำลังการผลิต (MW)		ประเภทเชื้อเพลิงที่ใช้
		ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ติดตั้ง	ขยาย	
บริษัท บีดับบลิว พาวเวอร์ซัพพลาย จำกัด	13.5410815 X ,100.9585822 Y	บางสมัคร	บางปะกง	ฉะเชิงเทรา	3.0	1.8	แกลบเศษไม้ยูคาลิปตัส
บริษัท แอ๊ดวานซ์ คลีน เพาเวอร์ จำกัด	13.5616659 X,100.9462359 Y	หนองอิรุณ	บ้านบึง	ชลบุรี	9.9	8.0	เปลือกไม้,เศษไม้และน้ำมันยางน้ำ,น้ำมันยางดำ
บริษัท น้ำตาลระยอง จำกัด	13.2898141 X, 101.339744 Y	ธาตุทอง	บ่อทอง	ชลบุรี	18.0	6.0	ชานอ้อย ไม้สับ
บริษัท น้ำตาลนิวกว้างสุ้นหลี จำกัด	13.4064915 X,101.1549048 Y	หมอนนาง	พนัสนิคม	ชลบุรี	14.5	3.0	ชานอ้อย ไม้สับ
บริษัท พลังงานเพื่อการอนุรักษ์และสิ่งแวดล้อม จำกัด	12.7162402 X,101.1288924 Y	ท่าประดู่	เมือง	ระยอง	1.0	0.8	แกลบ, เปลือกไม้,เศษไม้
บริษัท น้ำตาลและอ้อยตะวันออก จำกัด	13.6091948 X,100.8034018 Y	ห้วยโจด	วัฒนานคร	สระแก้ว	22.0	8.0	ชานอ้อย ไม้สับ
บริษัท แก้วลำดวน เพาเวอร์ซัพพลาย จำกัด	13.607939 X,100.8033555 Y	โคกปี่ฆ้อง	เมือง	สระแก้ว	9.600	8.0	แกลบ, เปลือกไม้,เศษไม้
รวมทั้งสิ้น					**78**	**27.6**	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4-5 ตำแหน่งและที่ตั้งของโรงไฟฟ้าชีวมวลของประเทศไทย

4.3.2 ระบบขนส่งชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออก

4.3.2.1 การแบ่งพื้นที่บริการจากแปลงปลูกมันสำปะหลังไปยังโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใกล้ที่สุด

ประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการออกแบบเส้นทางขนส่งเหง้ามันสำปะหลังจากแปลงปลูกในพื้นที่ภาคตะวันออกไปยังโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใกล้ที่สุด โดยใช้วิธีการวิเคราะห์โครงข่ายเพื่อคำนวณหาเส้นทางการจัดส่งที่สั้นที่สุด ผลการศึกษา พบว่า ระบบสารสนเทศภูม

ศาสตร์สามารถวิเคราะห์เส้นทางขนส่งที่เหมาะสมได้อย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับสภาพการขนส่งจริง

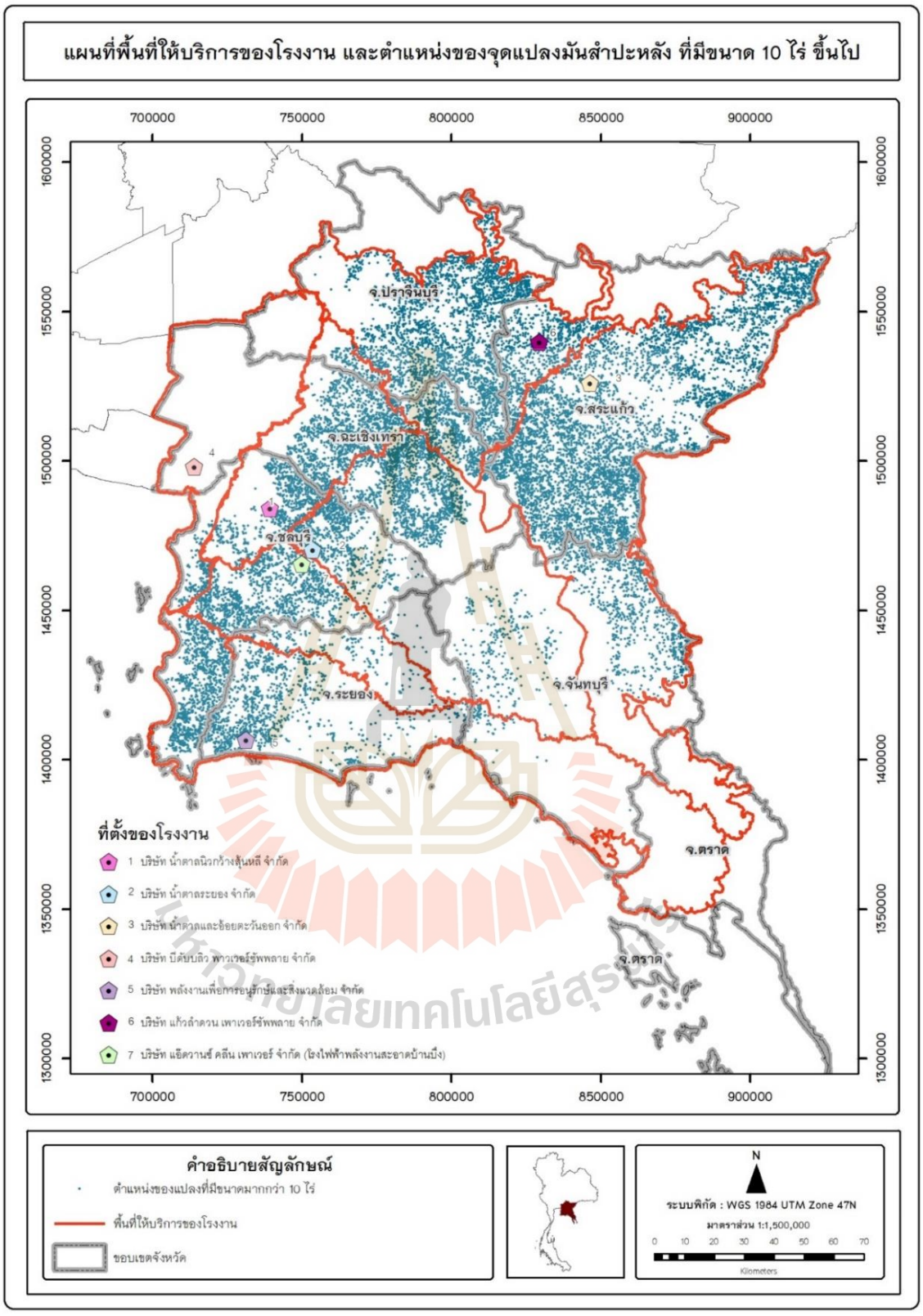
โดยผลการวิเคราะห์มีดังนี้ จากตำแหน่งไร่มันสำปะหลังพบว่ามีไร่มันกระจายอยู่ในเกือบทุกจังหวัดในภาคตะวันออก น้อยที่สุดในจังหวัดตราดจำนวน 1 แปลง จึงไม่ขอนำมาพิจารณา โดยพบไร่มันสำปะหลังมากที่สุดที่จังหวัดสระแก้ว จำนวน 6,642 แปลง หรือคิดเป็นร้อย 28.42 ของแปลงทั้งหมดในภาคตะวันออก รองลงมาได้แก่จังหวัดชลบุรี ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี ระยอง และจันทบุรี โดยมีจำนวนแปลงคิดเป็นร้อยละ 24.49 17.46 15.25 7.53 6.43 ตามลำดับ (ตารางที่ 4-8 และรูปที่ 4-6) และเส้นทางจากรายแปลง (ไร่มันสำปะหลัง) ไปยังโรงงานต่าง ๆ (รูปที่ 4-6) โดยในรูปที่ 4-6 และ รูปที่ 17 จะเป็นภาพรวมในระดับภาค (ภาคตะวันออก) ให้เห็นภาพโดยรวมของทั้งหมด และรูปในลำดับที่ จ-3 ถึง รูปในลำดับที่ จ-8 ในภาคผนวก จ (จังหวัดสระแก้ว ชลบุรี ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี ระยอง และจันทบุรี ตามลำดับ) จะเป็นการแสดงแผนที่ในระดับจังหวัดเรียงตามไร่มันสำปะหลังที่พบมากที่สุดไปยังน้อยที่สุด โดยแสดงระยะทางจากไร่มันสำปะหลังไปยังโรงงานเป็นเส้นตรง (การกระจัด) เพื่อง่ายต่อความเข้าใจ ส่วนภาพที่ จ-9 ถึง ภาพที่ จ-14 เป็นแผนที่เส้นทางจริงจากไร่มันสำปะหลังไปยังโรงงานในระดับจังหวัดเรียงจากจังหวัดสระแก้ว ชลบุรี ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี ระยอง และจันทบุรี ตามลำดับ

ในการวิเคราะห์ด้านโรงงานจะพบว่ามีโรงงานทั้งสิ้น 7 โรงงานด้วยกันกระจายตัวไปในพื้นที่ โดยมีบริษัท น้ำตาลและอ้อยตะวันออก จำกัด รับผลผลิตจากไร่มันสำปะหลังมากที่สุด (พิจารณาในด้านการวิเคราะห์ Service Area) รวม 6,806 แปลง หรือคิดเป็นร้อยละ 29.55 ของแปลงทั้งหมดที่ส่งโรงงาน ครอบคลุมไร่มันสำปะหลังในจังหวัดสระแก้วเป็นส่วนใหญ่ (5,712 แปลง) ที่เหลือเป็นไร่มันสำปะหลังจากจังหวัดจันทบุรี (1,012 แปลง) และจังหวัดฉะเชิงเทรา (82 แปลง) ดังแสดงในตารางที่ 4-8 และในรูปที่ 4-6 ถึง 4-8 ขณะที่ถ้าพิจารณาโรงงานที่รับผลผลิตมันสำปะหลังครอบคลุมจังหวัดมากที่สุดจะได้แก่บริษัท น้ำตาลระยอง จำกัด ครอบคลุมทุกจังหวัดที่มีการปลูกมันสำปะหลัง รวม 3,779 แปลงหรือคิดเป็นร้อยละ 16.41 ของแปลงทั้งหมดที่ส่งโรงงาน ในอีกด้านหนึ่งจากทำเลที่ตั้งของโรงงานเมื่อเทียบกับแปลงไร่มันสำปะหลังจะพบว่า บริษัท บีดับบลิว พาวเวอร์ซัพพลาย จำกัด รับผลผลิตเพียง 194 แปลงหรือคิดเป็นร้อยละ 0.84 ของแปลงทั้งหมดที่ส่งโรงงาน จากทำเลที่ตั้งที่ถูกขนาบด้วยโรงงานอื่น ๆ และในพื้นที่ใกล้เคียงมีแปลงมันสำปะหลังน้อย จากทำเลที่ตั้งดังกล่าวอาจนำไปใช้ในการวางแผนบริหารจัดการการตั้งโรงงานในอนาคตให้มีความเหมาะสมและกระจายตัวตามแปลงปลูกมันสำปะหลังเพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่งและเพิ่มรายได้ให้กับภาคเกษตรกรได้มากยิ่งขึ้น จากการวิเคราะห์การขนส่งมันสำปะหลังจากแปลงไปยังโรงงานทำให้เห็นภาพของการขนส่งความถี่ ปริมาณการเข้าถึงและการกระจายตัวของแปลง โรงงานที่มีทั้งการกระจายตัวและกระจุกตัวในบางบริเวณ ซึ่งอาจทำให้นำไปใช้ในการวางแผนบริการจัดการในอนาคตได้อย่างเหมาะสมและเป็นประโยชน์ต่อไป

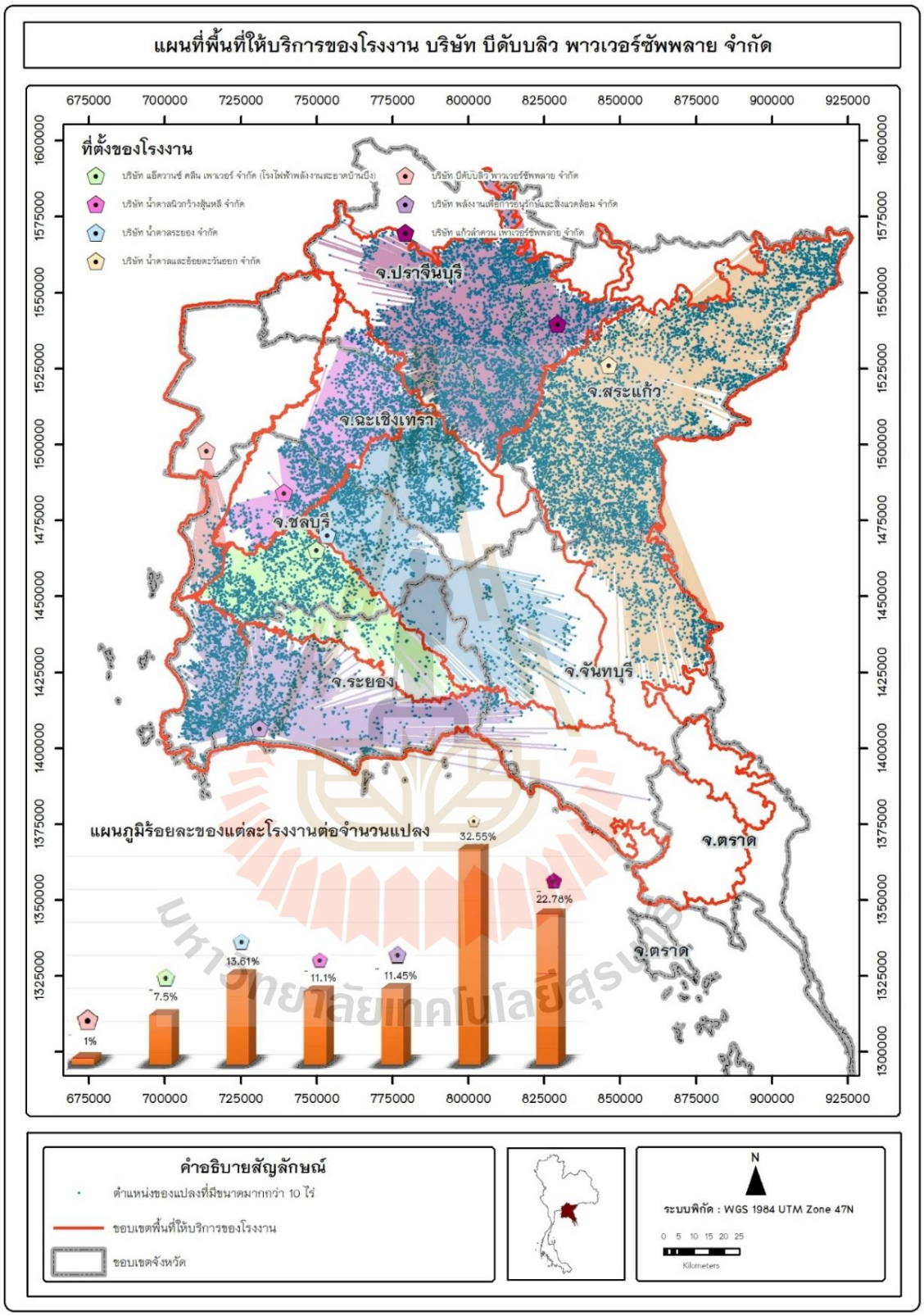
ตารางที่ 4-8 แปลงปลูกมันสำปะหลังจำแนกตามจังหวัดและโรงงานที่รับผลผลิตในภาคตะวันออก

โรงงาน	จังหวัด							รวมแปลงโรงงาน	ร้อยละโรงงาน
	จันทบุรี	ฉะเชิงเทรา	ชลบุรี	ตราด	ปราจีนบุรี	ระยอง	สระแก้ว		
บริษัท บีดับบลิว พาวเวอร์ซัพพลาย จำกัด	-	1	193	-	-	-	-	194	0.84
บริษัท แอ๊ดวานซ์ คลีน เพาเวอร์ จำกัด (โรงไฟฟ้าพลังงานสะอาดบ้านบึง)	-	-	1,633	-	-	257	-	1,890	8.21
บริษัท น้ำตาลระยอง จำกัด	393	1,674	1,634	-	9	55	14	3,779	16.41
บริษัท น้ำตาลนิวกว้างสุ้นหลี จำกัด	-	1,490	997	-	173	-	-	2,660	11.55
บริษัท พลังงานเพื่อการอนุรักษ์และสิ่งแวดล้อม จำกัด	75	-	1,182	-	-	1,422	-	2,679	11.63
บริษัท น้ำตาลและอ้อยตะวันออก จำกัด	1,012	82	-	--	-	-	5,712	6,806	29.55
บริษัท แก้วลำดวน เพาเวอร์ซัพพลาย จำกัด	-	775	-	-	3,331	-	916	5,022	21.81
รวมแปลงในจังหวัด	1,480	4,022	5,639	-	3,513	1,734	6,642	23,030	100.00
เปอร์เซ็น/จังหวัด	6.43	17.46	24.49	0.00	15.25	7.53	28.84	100	

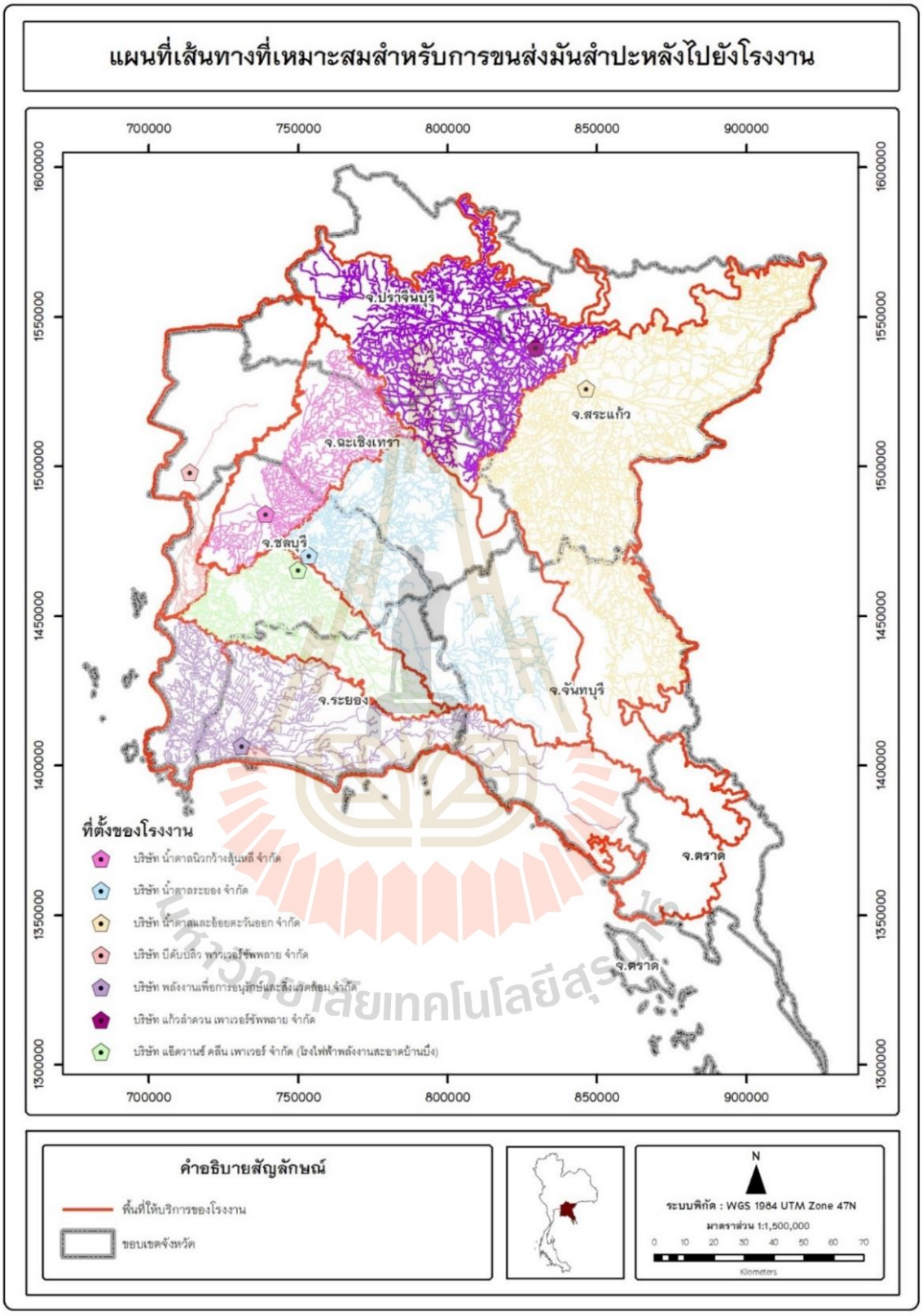
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4-6 แผนที่พื้นที่ให้บริการของโรงงานและตำแหน่งไร่มันสำปะหลัง



รูปที่ 4-7 แผนที่พื้นที่ให้บริการของโรงงาน



รูปที่ 4-8 แผนที่เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับการขนส่งมันสำปะหลังไปยังโรงงาน

4.3.2.2 ตำแหน่งจุดรวบรวมเก็บขน

จากผลการสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลของปริมาณผลผลิตและแหล่งกำเนิดเหง้ามันสำปะหลังจากแปลงปลูกขนาดตั้งแต่ 10 ไร่ขึ้นไป พบว่ามีพิกัดกระจายตัวอยู่ทั่วพื้นที่ภาคตะวันออก แต่ด้วยลักษณะทางกายภาพของเหง้ามันสำปะหลังมีลักษณะเป็นท่อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1-2 นิ้ว มีแง่ง ตรงปลาย มีความหนาแน่น 193 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยหากใช้รถบรรทุก 10 ล้อขนาดปริมาตรมาตรฐานบรรทุก กว้าง 2.5 เมตร ยาว 6 เมตร สูง 1.6 เมตร ที่นิยมใช้ในกิจกรรมขนส่งวัสดุทางการเกษตรในปัจจุบัน เช่น อ้อย มันสำปะหลัง มาช่วยในการขนส่งเหง้ามันสำปะหลังจะพบว่าสามารถบรรทุกเหง้ามันสำปะหลัง 4,608 กิโลกรัม หรือ 4.6 ตัน ต่อ 1 เที่ยวเก็บขน อีกทั้งระยะทางระหว่างโรงไฟฟ้าชีวมวล ที่อยู่ใกล้ที่สุดจากแปลงปลูกมันสำปะหลังเฉลี่ยมีค่ามากกว่า 60 กิโลเมตรคิดเป็นเที่ยวไป-กลับ 120 กิโลเมตร/เที่ยว สูญเสียค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 20 บาทต่อกิโลเมตร นั่นคือหากเกษตรกรที่มีรถบรรทุก 10 ล้อ มีความประสงค์จะขายเหง้ามันสำปะหลังที่เกิดขึ้นในแปลงปลูกให้กับโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใกล้ที่สุด ที่ราคารับซื้อชีวมวลเฉลี่ย 1,200 บาทต่อตัน จะมีรายได้อยู่ที่ 5,520 บาทต่อ 1 เที่ยว แต่จะมีต้นทุนในการขนส่งอยู่ที่ 2,400 บาท ซึ่งไม่รวมต้นทุนอื่นใด นับเป็นต้นทุนที่สูงมากและไม่มีความคุ้มทุนและแรงจูงใจให้เกษตรกรดำเนินการในกิจกรรมดังกล่าว การละทิ้งเศษชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในแปลงปลูก และการเผาทิ้งจึงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดสำหรับเกษตรกรในปัจจุบัน

แต่หากมีจุดรวบรวมและแปรรูปชีวมวลเหง้ามันสำปะหลัง เพื่อเตรียมเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลังให้พร้อมใช้ดังรูปที่ 4-9 โดยการลดความชื้นและเพิ่มความหนาแน่นของเหง้ามันสำปะหลังให้มีสมบัติดังตารางที่ 4-9 ซึ่งหากมีการเตรียมเชื้อเพลิงในลักษณะของการลดความชื้นและการสับเพื่อลดขนาดเป็นเหง้ามันสับจะทำให้มีค่าความร้อนเพิ่มขึ้นเป็น 14.591 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ความหนาแน่นเพิ่มขึ้นที่ 332 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และหากมีการเตรียมเชื้อเพลิงโดยการลดความชื้น การสับย่อย และการอัดเชื้อเพลิงในรูปเหง้ามันอัด จะทำให้มีค่าความร้อนเพิ่มขึ้นเป็น 15.120 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ความหนาแน่นเพิ่มขึ้นที่ 552 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร นั่นคือจะทำให้เพิ่มปริมาณการบรรทุกได้ถึง 1.7 เท่าของเชื้อเพลิงในรูปเหง้ามันสับ และ2.8 เท่าของเหง้ามันอัด

ก) เหง้ามันสำปะหลังสับ ข) เหง้ามันสำปะหลังอัด

รูปที่ 4-9 ลักษณะของเชื้อเพลิงชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ในการผลิตพลังงาน

ตารางที่ 4-9 เหง้ามันคงเหลือและศักยภาพการผลิตพลังงาน

ประเภทเชื้อเพลิงชีวมวล เหง้ามันสำปะหลัง	ความชื้น (%)	ความหนาแน่น (kg/m^3)	ความร้อน (MJ/kg)
เหง้ามันสับ	10-12	332	14.591
เหง้ามันอัด	10-12	552	15.120

4.3.3 ระบบขนส่งชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออก กรณี มีจุดรับซื้อชีวมวลย่อยของโรงงาน

4.3.3.1 การกำหนดจุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลัง

1) จุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในระดับตำบล เพื่อลดปัญหาการเข้าถึงเหง้ามันสำปะหลังในแปลงปลูกของเกษตรกรแต่ละแห่ง และปัญหาต้นทุนการขนส่งเหง้ามันสำปะหลังไปยังโรงไฟฟ้าชีวมวล ในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดจุดรวบรวมและเตรียมชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ ให้มี 1 ตำบล 1 จุดเก็บขน จะพบว่าจะมีจุดรวบรวมชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังทั้งหมด 272 จุด กระจายอยู่ทั่วพื้นที่ภาคตะวันออกดังรูปที่ 20 ประกอบด้วย จังหวัดจันทบุรีจำนวน 35 จุด จังหวัดระยอง 55 จุด จังหวัดชลบุรี 60 จุด จังหวัดสระแก้ว 59 จุด จังหวัดฉะเชิงเทรา 18 จุด จังหวัดปราจีนบุรี 44 จุด และจังหวัดตราด 1 จุด

โดยธรรมชาติของเกษตรกรแล้ว ในการขนส่งผลผลิตทางการเกษตรเข้าสู่โรงงาน อาทิ มันสำปะหลัง อ้อย ข้าวโพด จะทำการขนส่งและจำหน่ายผลผลิตให้กับโรงงานที่อยู่ใกล้ที่สุด ในการศึกษาครั้งนี้จึงพิจารณาแบ่งกลุ่มจุดรวบรวมในระดับตำบล ไปยังโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใกล้ที่สุด โดยตรวจสอบระยะทางจริงจากฐานข้อมูลของกรมการขนส่ง ซึ่งจากการแบ่งกลุ่ม พบว่า

(1) บริษัท บีดับบลิว พาวเวอร์ซัพพลาย จำกัด ต.บางสมัคร อ.บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา มีจุดรวบรวมจำนวน 11 จุด ประกอบด้วยเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ จำนวน 3,433 ตัน

(2) บริษัท น้ำตาลนิวกว้างสุ้นหลี จำกัด ตั้งอยู่ที่ ต.หมอนนาง อ. พนัสนิคม จ.ชลบุรี มีจุดรวบรวมจำนวน 20 จุด ประกอบด้วยเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ โดยประมาณจำนวน 4,846 ตัน

(3) บริษัท แอ๊ดวานซ์ คลีน เพาเวอร์ จำกัด ต.หนองอิรุณ อ.บ้านบึง จ.ชลบุรีมีจุดรวบรวมจำนวน 32 จุดประกอบด้วยเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ จำนวน 8,936 ตัน

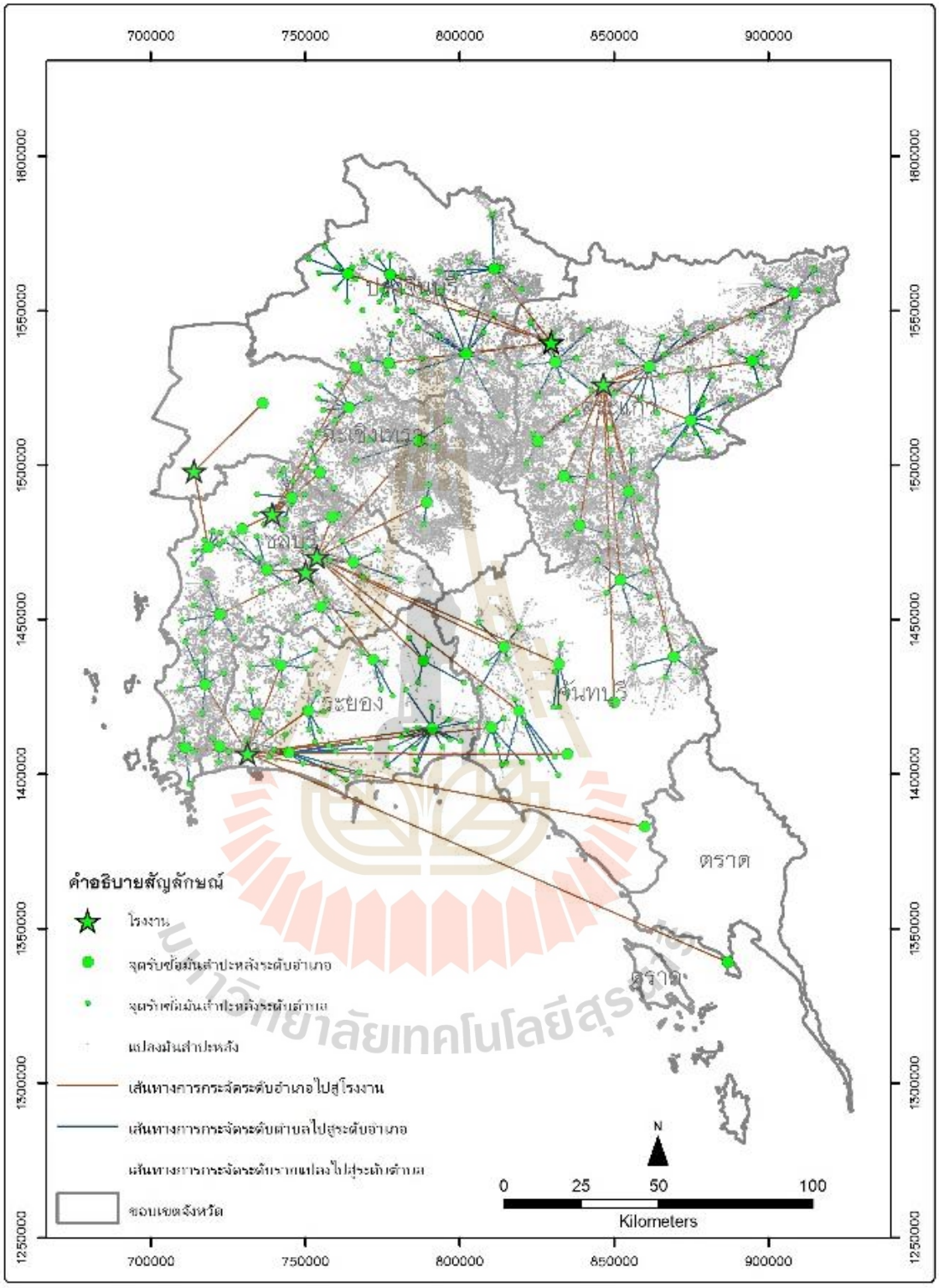
(4) บริษัท น้ำตาลระยอง จำกัด ตั้งอยู่ที่ ต.ธาตุทอง อ.บ่อทอง จ.ชลบุรี มีจุดรวบรวมจำนวน 59 จุดประกอบด้วยเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ จำนวน 14,786 ตัน

(5) บริษัท พลังงานเพื่อการอนุรักษ์และสิ่งแวดล้อม จำกัด ตั้งอยู่ที่ ต.ท่าประดู่ อ.เมืองระยอง จ.ระยองมีจุดรวบรวมจำนวน 44 จุด ประกอบด้วยเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ จำนวน 7,810.20 ตัน

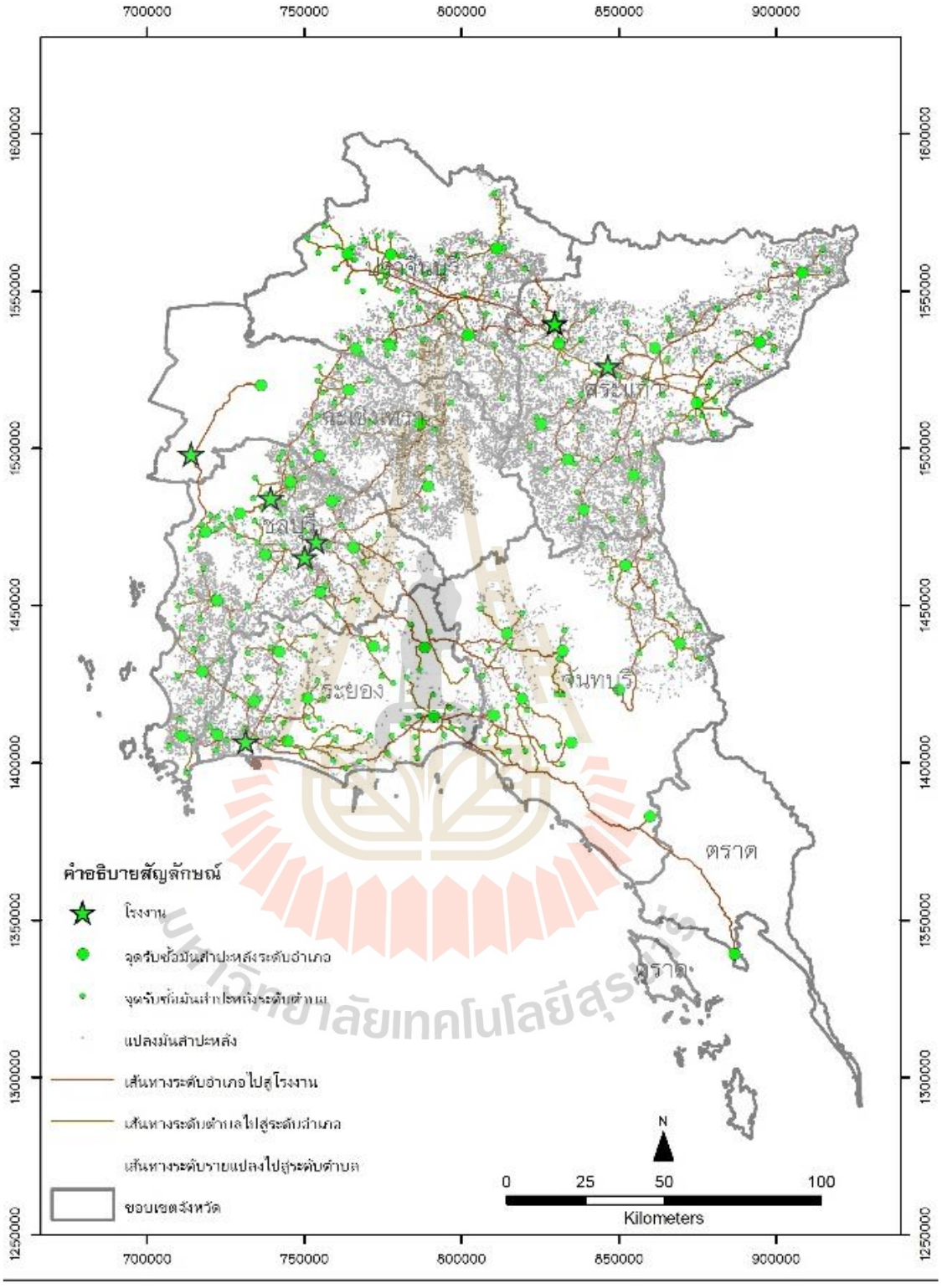
(6) บริษัท น้ำตาลและอ้อยตะวันออก จำกัด ต.ห้วยโจด อ.วัฒนานคร จ.สระแก้ว มีจุดรวบรวมจำนวน 54 จุดประกอบด้วยเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ จำนวน 30,345 ตัน

(7) บริษัท แก้วลำดวน เพาเวอร์ซัพพลาย จำกัด มีจุดรวบรวมจำนวน 49 จุดประกอบด้วยเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ จำนวน 17,776 ตัน

2) จุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในระดับอำเภอ หากมีการกำหนดจุดรวบรวมและรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังระดับอำเภอ โดยใช้หลักการขนส่งชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังที่เกิดขึ้นในระดับตำบลเข้าสู่จุดรวบรวมในระดับอำเภอ โดยใช้ระยะทางขนส่งที่สั้นที่สุด พบว่า พื้นที่ภาคตะวันออกมีจุดรวบรวมและเก็บขนชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังทั้งหมด 47 จุด มีชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังรวมทั้งหมด 87,932 ตัน ดังแสดงรูปเส้นทางขนส่งดังรูปที่ 4-10 และรูปที่ 4-11 แบ่งเป็น บริษัท บีดับบลิว พาวเวอร์ซัพพลาย จำกัด (A) ต.บางสมัคร อ.บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา มีจุดรวบรวมจำนวน 3 จุด ประกอบด้วยเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ จำนวน 3,968.80 ตัน บริษัท น้ำตาลนิวกว้างสุ้นหลี จำกัด (B) ตั้งอยู่ที่ ต.หมอนนาง อ. พนัสนิคม จ.ชลบุรี มีจุดรวบรวมจำนวน 5 จุด ประกอบด้วยเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ โดยประมาณจำนวน 11,365.00 ตัน บริษัท แอ๊ดวานซ์ คลีนเพาเวอร์ จำกัด (C) ต.หนองอิรุณ อ.บ้านบึง จ.ชลบุรีมีจุดรวบรวมจำนวน 15 จุดประกอบด้วยเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ จำนวน 9,749.68 ตัน บริษัท น้ำตาลระยอง จำกัด (D) ตั้งอยู่ที่ ต.ธาตุทอง อ.บ่อทอง จ.ชลบุรี มีจุดรวบรวมจำนวน 6 จุดประกอบด้วยเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ จำนวน 12,110.85 ตัน บริษัทพลังงานเพื่อการอนุรักษ์และสิ่งแวดล้อม จำกัด (E) ตั้งอยู่ที่ ต.ท่าประดู่ อ.เมืองระยอง จ.ระยองมีจุดรวบรวมจำนวน 2 จุด ประกอบด้วยเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ จำนวน 2,457.45 ตัน บริษัท น้ำตาลและอ้อยตะวันออก จำกัด (F) ต.ห้วยโจด อ.วัฒนานคร จ.สระแก้ว มีจุดรวบรวมจำนวน 3 จุด ประกอบด้วยเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ จำนวน 6,809.38 ตัน และบริษัท แก้วลำดวน เพาเวอร์ซัพพลาย จำกัด (G) มีจุดรวบรวมจำนวน 13 จุดประกอบด้วยเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ จำนวน 44,494.15 ตัน



รูปที่ 4-10 ตำแหน่งสถานีรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังจากการระบุตำแหน่ง



รูปที่ 4-11 เส้นทางขนส่งเหง้ามันสำปะหลังจากการระบุตำแหน่งจุดรวบรวมและเก็บขน

4.3.3.2 การขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า บีดับบลิว พาวเวอร์ซัพพลาย จำกัด

1) กรณีที่ 1 มีจุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในระดับตำบล บริษัท บีดับบลิว พาวเวอร์ซัพพลาย จำกัด ต.บางสมัคร อ.บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา มีจุดรวบรวมจำนวน 11 จุด ประกอบด้วยเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ จำนวน 3,433 ตัน มีระยะทางเฉลี่ยระหว่างจุดเก็บขน ไปยังโรงไฟฟ้า บริษัท บีดับบลิว พาวเวอร์ซัพพลาย จำกัด 23 กิโลเมตร แล้วเมื่อทำการสร้างเมตริกของระยะทางดังตารางที่ ช-1 กรณีมีรถบรรทุกเก็บขน 1 คันออกจากโรงไฟฟ้าชีวมวลโดยมีเส้นทางการเดินรถทางเดียว เพื่อรับเหง้ามันสำปะหลัง จะมีเส้นทางเดินรถที่สั้นที่สุดรวมระยะทางสะสม 258 กิโลเมตร คือ รถบรรทุกออกจากโรงไฟฟ้า (A0)ไปยังจุดเก็บขน

- ตำบลสำนักบก (A10) มีระยะทาง 25 กิโลเมตร มีปริมาณชีวมวลเหง้าจำนวน 1 ตัน
- ตำบลห้วยกะปิ (A11) มีระยะทาง 16 กิโลเมตร มีปริมาณชีวมวลเหง้า 23 ตัน
- ตำบลแปลงยาว (A9) มีระยะทาง 56 กิโลเมตร มีปริมาณชีวมวลเหง้า 283 ตัน
- ตำบลปากน้ำ (A1) มีระยะทาง 16 กิโลเมตร มีปริมาณชีวมวลเหง้า 0.3 ตัน
- ตำบลพนมสารคาม (A4) มีระยะทาง 19 กิโลเมตร มีปริมาณชีวมวลเหง้า 8 ตัน
- ตำบลหนองยาว (A5) มีระยะทาง 5 กิโลเมตร มีปริมาณชีวมวลเหง้า 4 ตัน
- ตำบลท่าถ่าน (A6) มีระยะทาง 8 กิโลเมตร มีปริมาณชีวมวลเหง้า 54 ตัน
- ตำบลเกาะขนุน (A2) มีระยะทาง 5 กิโลเมตร มีปริมาณชีวมวลเหง้า 662 ตัน
- ตำบลหนองแหน (A7) มีระยะทาง 10 กิโลเมตร มีปริมาณชีวมวลเหง้า 327 ตัน
- ตำบลบ้านซ่อง (A3) มีระยะทาง 15 กิโลเมตร มีปริมาณชีวมวลเหง้า 212 ตัน
- และเขาหินซ้อน (A8) มีระยะทาง 17 กิโลเมตร มีปริมาณชีวมวลเหง้า 1,858 ตัน

แต่ด้วยปริมาณเหง้ามันสำปะหลังที่ต้องเก็บขนมีทั้งหมด 3,433 ตันโดยประมาณ และบางสถานีเก็บขน มีปริมาณไม่เพียงพอหรือเกินความจุของรถบรรทุกในแต่ละเที่ยว จึงมีรูปแบบการเก็บขนดังตารางที่ 20 มีรูปแบบการเก็บขนอยู่ 6 เส้นทาง เก็บขนเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้จำนวน 11 ตำแหน่ง น้ำหนักรวม 3,433 ตัน กรณีมีรถบรรทุก 1 คันของโรงไฟฟ้าเก็บขนในอัตรา 25 ตันต่อเที่ยว ใช้ระยะทางรวม 18,240 กิโลเมตร ฉะนั้นมีจำนวนเที่ยวเก็บขนเฉลี่ย 138 เที่ยว และระยะทางโดยเฉลี่ย 133 กิโลเมตรต่อเที่ยว (ไป-กลับ) หากมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถบรรทุก 20 บาท/กิโลเมตร ดังนั้นการขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า บีดับบลิว พาวเวอร์ซัพพลาย จำกัด มีต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 2,643 บาทต่อเที่ยว คิดเป็นต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงในการขนส่ง 106 บาทต่อตัน

2) กรณีที่ 2 มีจุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในระดับอำเภอ ในกรณีที่บริษัท บีดับบลิว พาวเวอร์ซัพพลาย จำกัด ต.บางสมัคร อ.บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา มีการจัดตั้งชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในระดับอำเภอนั้น จะมีจำนวนจุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังจำนวน 2 จุดเก็บขน ประกอบด้วยเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ จำนวน 3,969 ตัน มีระยะทางเฉลี่ยระหว่างจุดเก็บขน ไปยัง

โรงไฟฟ้า บริษัท บีดับบลิว พาวเวอร์ซัพพลาย จำกัด 43 กิโลเมตร แล้วเมื่อทำการสร้างเมตริกของระยะทางดังตารางที่ ช-1 กรณีมีรถบรรทุกเก็บขน 1 คันออกจากโรงไฟฟ้าชีวมวลโดยมีเส้นทางการเดินรถทางเดียว เพื่อรับเหง้ามันสำปะหลัง จะมีเส้นทางเดินรถที่สั้นที่สุด จะพบว่ามีเส้นทางการเดินรถออกจากโรงไฟฟ้าไปยังตำแหน่ง a0>a1>a2>a3 รวมระยะทางสะสม 227 กิโลเมตร

ซึ่งปริมาณชีวมวลหง้ามันสำปะหลังที่ต้องเก็บขนมีทั้งหมด 3,969 ตันจากการประเมินและบางสถานีเก็บขน มีปริมาณไม่เพียงพอหรือเกินความจุของรถบรรทุกในแต่ละเที่ยว จึงมีรูปแบบการเก็บขนดังตารางที่ 4-11 คือมีรูปแบบการเก็บขนใน 3 เส้นทาง เก็บขนเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้จำนวน 2 ตำแหน่ง น้ำหนักรวม 3,969 ตัน กรณีมีรถบรรทุก 1 คันของโรงไฟฟ้าเก็บขนในอัตรา 25 ตันต่อเที่ยว ใช้ระยะทางรวม 2,828 กิโลเมตร ฉะนั้นจึงมีจำนวนเที่ยวเก็บขน 158 เที่ยว และระยะทางโดยเฉลี่ย 18 กิโลเมตรต่อเที่ยว (ไป-กลับ) หากมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถบรรทุก 20 บาท/กิโลเมตร ดังนั้นการขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า บีดับบลิว พาวเวอร์ซัพพลาย จำกัด มีต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 356 บาทต่อเที่ยว คิดเป็นต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงในการขนส่ง 14 บาทต่อตัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4-10 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า (บริษัท บีดับบลิว พาวเวอร์ซัพพลาย จำกัด) กรณีที่ 1

เส้นทางการเก็บขนที่สั้นที่สุด – กรณีเดินรถทางเดียว A10>A11>A9>A1>A4>A5>A2 >A7>A3>A8		
รูปแบบการเก็บขน – กรณีเดินรถเที่ยวกลับ	**ปริมาณ (ตัน)**	**ระยะทาง (km)**
(1) A0>A10>A11>((A9<A0) *12)	(1) A0+A10 (1) +A11 (23) +A9 (276) = 300	(1) A0+A10 (25) +A11 (16) + A9 (56) +A0 (37 *2*11) +37 = 1,008
(2) A0>A9>A1>A4>A5>((A6<A0) *2)	(2) A0+A9 (8) +A1 (0) +A4 (8) +A5 (4) +A6 (34) = 50	(2) A0+A9 (37) +A1 (16) +A4 (19) +A5 (5) +A6 (8) +A0 (55*2) = 270
(3) A0>A6>((A2<A0) *27)	(3) A0+A6 (24) +A2 (626) = 650	(3) A0+A6 (55) +A2 (5) +A0 (57 *2*26) +57= 2,970
(4) A0>A2>((A7<A0) *13)	(4) A0+A2 (37) +A7 (313) = 350	(4) A0+A2 (57) +A7 (10) + A0 (50*2*12) +50 = 1,554
(5) A0>A7>((A3<A0) *9)	(5) A0+A7 (13) +A3 (187) = 200	(5) A0+ A7 (50) + A3 (15) +A0 (64*2*8) +64 = 1,026
(6) A0>A3>((A8<A0) *75)	(6) A0+A3 (25) +A8 (1858) = 1,883	(6) A0+A3 (64) +A8(17) +A0 (75*2*74) +75= 11,412
รวมทั้งสิ้น	**3,433 ตัน**	**18,240 กิโลเมตร**

ตารางที่ 4-11 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า (บริษัท บีดับบลิว พาวเวอร์ซัพพลาย จำกัด) กรณีที่ 2

เส้นทางการเก็บขนที่สั้นที่สุด – กรณีเดินรถทางเดียว a0>a1>a2>a3		
รูปแบบการเก็บขน – กรณีเดินรถเที่ยวกลับ	**ปริมาณ (ตัน)**	**ระยะทาง (km)**
1) a0>((a1<a0)*6)	1) a0+a1(150) = 150	1) a0+a1(25) +a0(25*2*5) + 25= 300
2) a0>a1>((a2<a0)*152)	2) a0+a1(16) + a2 (3784) = 3800	2) a0+a1(25) + a2(26) + a0(246*2*151)+246 = 2,350
3) a0>((a2<a0)*1)	3) a0+a2 (18) = 18.00	3) a0+a3(43) + a0 (43) = 344
รวมทั้งสิ้น	**3,968.00 ตัน**	**2,828 กิโลเมตร**

4.3.3.3 การขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้าของบริษัท น้ำตาลนิวกว้างสุ้นหลี จำกัด

1) กรณีที่ 1 มีจุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในระดับตำบล โรงไฟฟ้าชีวมวลของ บริษัท น้ำตาลนิวกว้างสุ้นหลี จำกัด ตั้งอยู่ที่ ต.หมอนนาง อ. พนัสนิคม จ.ชลบุรี มีจุดรวบรวมจำนวน 20 จุด ประกอบด้วยเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้โดยประมาณจำนวน 4,846 ตัน เมื่อทำการสร้างเมตริกของระยะทางดังตารางที่ ช-2 กรณีมีรถบรรทุกเก็บขน 1 คันออกจากโรงไฟฟ้าชีวมวลในกรณีมีการเดินรถทางเดียวจะพบว่ามีเส้นทางการเดินรถออกจากโรงไฟฟ้าไปยังตำแหน่ง B13>B11>B12>B14>B15>B16>B10>B9>B6>B4>B3>B2B1>B7>B8>B5>B17>B19>B20>B18 และกลับโรงไฟฟ้า ซึ่งมีระยะทางรวม 358 กิโลเมตร ปริมาณชีวมวลหง้ามันสำปะหลังที่ต้องเก็บขนมีทั้งหมด 4,846 ตันโดยประมาณ และบางสถานีเก็บขน มีปริมาณไม่เพียงพอหรือเกินความจุของรถบรรทุกในแต่ละเที่ยว จึงมีรูปแบบการเก็บขนอยู่ 15 เส้นทาง ดังตารางที่ 21 เก็บขนเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้จำนวน 20 ตำแหน่ง น้ำหนักรวม 4,846 ตัน กรณีมีรถบรรทุก 1 คันของโรงไฟฟ้าเก็บขนในอัตรา 25 ตันต่อเที่ยว ใช้ระยะทางรวม 8,792 กิโลเมตร ฉะนั้นมีจำนวนเที่ยวเก็บขนเฉลี่ย 176 เที่ยว และระยะทางโดยเฉลี่ย 50 กิโลเมตรต่อเที่ยว (ไป-กลับ) หากมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถบรรทุก 20 บาท/กิโลเมตร ดังนั้นการขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า ของบริษัท น้ำตาลนิวกว้างสุ้นหลี จำกัด มีต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 1,000 บาทต่อเที่ยว คิดเป็นต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิง 40 บาทต่อตันเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้

2) กรณีที่ 2 มีจุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในระดับอำเภอ ในกรณีที่บริษัท น้ำตาลนิวกว้างสุ้นหลี จำกัด ตั้งอยู่ที่ ต.หมอนนาง อ. พนัสนิคม จ.ชลบุรี มีการจัดตั้งจุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในระดับอำเภอนั้น จะมีจำนวนจุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังจำนวน 6 จุด ประกอบด้วยเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ จำนวน 16,177 ตัน เมื่อทำการสร้างเมตริกของระยะทางดังตารางที่ ช-2 กรณีมีรถบรรทุกเก็บขน 1 คันออกจากโรงไฟฟ้าชีวมวลโดยมีเส้นทางการเดินรถทางเดียว เพื่อรับเหง้ามันสำปะหลัง จะมีเส้นทางเดินรถ ที่สั้นที่สุดรวมระยะทางสะสม 165 กิโลเมตร คือ รถบรรทุกออกจากโรงไฟฟ้า (b0)ไปยังจุดเก็บขน b0>b2>b3>b1>b4>b5 แต่เนื่องด้วยปริมาณชีวมวลหง้ามันสำปะหลังที่ต้องเก็บขนมีทั้งหมด 11,365 ตันจาการประเมิน และบางสถานีเก็บขน มีปริมาณไม่เพียงพอหรือเกินความจุของรถบรรทุกในแต่ละเที่ยว จึงมีรูปแบบการเก็บขนดังตารางที่ 4-11 คือมีรูปแบบการเก็บขนใน 5 เส้นทาง เก็บขนเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้จำนวน 5 ตำแหน่ง น้ำหนักรวม 11,365 ตัน กรณีมีรถบรรทุก 1 คันของโรงไฟฟ้าเก็บขนในอัตรา 25 ตันต่อเที่ยว ใช้ระยะทางรวม 81,456 กิโลเมตร ฉะนั้นจึงมีจำนวนเที่ยวเก็บขน 908 เที่ยว และระยะทางโดยเฉลี่ย 90 กิโลเมตรต่อเที่ยว (ไป-กลับ) หากมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถบรรทุก 20 บาท/กิโลเมตร ดังนั้นการขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้าบริษัท น้ำตาลนิวกว้างสุ้นหลี จำกัด มีต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 1,792 บาทต่อเที่ยว คิดเป็นต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงในการขนส่ง 72 บาทต่อตัน

ตารางที่ 4-12 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า (บริษัท นิวกว้างสุ้นหลี จำกัด) กรณีที่ 1

เส้นทางการเก็บขนที่สั้นที่สุด – กรณีเดินรถทางเดียว B13>B11>B12>B14>B15>B16>B10>B9>B6>B4>B3>B2>B1>B7>B8>B5>B17>B19>B20>B18>0		
รูปแบบการเก็บขน – กรณีเดินรถเที่ยวกลับ	**ปริมาณ (ตัน)**	**ระยะทาง (km)**
1) B0>((B13<B0)*6)	1) B0+B13 (150) = 150	1) B0+B13 (4) + B0(4*2*5) + 4 = 80
2) B0>B13>B11>B12>B14>((B15<B0)*3)	2) B0+B13(14) +B11(4) +B12(10) +B14(2) +B15 (20) = 50	2) B0 + B13 (4) + B11(9) + B12(5) +B14(6) +B15(7) + B0(11*2) = 84
3) B0>B15>((B16<B0)*2)	3) B0+B15(36) +B16 (14) = 50	3) B0+B15(11) +B16(9) +B0(16*2) = 72
4) B0>B16>((B10<B0)*8)	4) B0+B16(45) +B10 (155) = 200	4) B0 + B16(16) + B10(16) + B0 (6*2*7) +6 = 212
5) B0>B10>((B9<B0)*19)	5) B0+B10 (32) + B9 (468) = 500	5) B0 + B10(6) + B9(6) + B0 (12*2*18) + 12 = 408
6) B0>B9>((B6<B0)*36)	6) B0+B9 (6) +B6 894) = 900	6) B0 + B9(12) + B6(6) + B0 (18*2*35) + 18 = 1,296
7) B0>B6>((B4<B0)*33)	7) B0+B6 (15) + B4 (785) = 800	7) B0 + B6(18) + B4(15) + B0 (16*2*32) +16 = 1,058
8) B0>B4>((B3<B0)*9)	8) B0 + B4 (36) + B3 (214) = 250	8) B0+ B4(16) + B3(5) + B0 (18*2*8) +15 = 1,058
9) B0>B3>((B2<B0)*9)	9) B0 + B3 (18) + B2 (182) = 200	9) B0 + B3 (18) + B2(10) + B0 (20*2*8) + 20 = 400
10) B0>B2>((B1<B0)*11)	10) B0 + B2 (38) + B1(262) = 300	10) B0 + B2(20) + B1(6) + B0(22*2*10) +22 = 536
11) B0>B1>B7>((B8<B0)*12)	11) B0 + B1(8) + B7 (1) + B8 (291) = 300	11) B0 + B1(22) + B7(14) + B8(3) + B0(6*2*11) + 6 = 210
12) B0>B8>B5>((B17<B0)*2)	12) B0 + B8 (23) +B5 (1) +B17 (26) = 50	12) B0 + B8(6) + B5(8) + B17(31) + B0(39*2) = 168
13) B0>B17>((B19<B0)*24)	13) B0 + B17 (34) + B19 (566) = 600	13) B0 + B17(29) + B19(32) + B0(60*23) = 1,562
14) B0>B19>((B20<B0)*14)	14) B0 + B19 (37) + B20 (313) = 350	14) B0 + B19 (60) + B20(64) + B0(72*13) = 1,256
15) B0>B20>((B18<B0)*6)	15) B0 + B20 (28) + B18 (118) = 146	15) B0 + B20 (42) + B18 (39) + B0 (52*5) = 370
รวมทั้งสิ้น	**4,846 ตัน**	**8,792 กิโลเมตร**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4-13 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า (บริษัท นิวกว้างสุ้นหลี จำกัด) กรณีที่ 2

เส้นทางการเก็บขนที่สั้นที่สุด – กรณีเดินรถทางเดียว b0>b2>b3>b1>b4>b5					
รูปแบบการเก็บขน – กรณีเดินรถเที่ยวกลับ		**ปริมาณ (ตัน)**		**ระยะทาง (km)**	
1)	b0>((b2<b0)*88)	1)	b0+b2(2,200) = 2,200	1)	b0 + b2(17) + b0(17*2*87) + 17 = 2,938
2)	b0>b2>((b3<b0)*49)	2)	b0+b2(6) + b3 (1,194) = 1,200	2)	b0+b2(17) + b3(24) + b0(20*2*48) +20 = 1,962
3)	b0>b3>((b1<b0)*47)	3)	b0+b3(28)+b1(1,172) = 1,200	3)	b0+b3(20) + b1(33) +b0(31*2*46) + 31 = 3,020
4)	b0>b1>((b4<b0)*125)	4)	b0+b1(13)+b4(3,087) = 3,100	4)	b0+b1(31) + b4(70) + b0(55*2*124) + 55 = 13,732
5)	b0>b4>((b5<b0)*146)	5)	b0+b4 (38)+b5(3,627) = 3,665	5)	b0+b4(55) + b5(22) + b0(77*2*145)+77 = 19,096
รวมทั้งสิ้น		**11,365 ตัน**		**40,728 กิโลเมตร**	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.3.3.4 การขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า บริษัท แอ๊ดวานซ์ คลีน เพาเวอร์ จำกัด

1) กรณีที่ 1 มีจุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในระดับตำบล โรงไฟฟ้าชีวมวล ของบริษัท แอ๊ดวานซ์ คลีน เพาเวอร์ จำกัด ต.หนองอิรุณ อ.บ้านบึง จ.ชลบุรี มีจุดรวบรวมจำนวน 32 จุด ประกอบด้วยชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ โดยประมาณจำนวน 8,936 ตัน เมื่อทำการสร้างเมตริกของระยะทางดังตารางที่ ช-3 กรณีมีรถบรรทุกเก็บขน 1 คันออกจากโรงไฟฟ้าชีวมวลในกรณีมีการเดินรถทางเดียวจะพบว่ามีเส้นทางการเดินรถออกจากโรงไฟฟ้าไปยังตำแหน่ ง C9>C10>C13>C5>C3>C16>C18>C23>C21>C2>C6>C7>C4>C1>C11>C15>C17>C8>C12>C24>C19>C25>C20>C22>C14>C30>C28>C31>C29>C32>>C26>C27>C33 และกลับโรงไฟฟ้า ซึ่งมีระยะทางรวม 676 กิโลเมตร ปริมาณหง้ามันสำปะหลังที่ต้องเก็บขนมีทั้งหมด 8,936 ตัน โดยประมาณ และบางสถานีเก็บขน มีปริมาณไม่เพียงพอหรือเกินความจุของรถบรรทุกในแต่ละเที่ยว จึงมีรูปแบบการเก็บขนดังตารางที่ 4-12 มีรูปแบบการเก็บขนอยู่ 28 เส้นทาง เก็บขนเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้จำนวน 32 ตำแหน่ง น้ำหนักรวม 8,936 ตัน กรณีมีรถบรรทุก 1 คันของโรงไฟฟ้าเก็บขนในอัตรา 25 ตันต่อเที่ยว ใช้ระยะทางรวม 43,050 กิโลเมตร ฉะนั้นมีจำนวนเที่ยวเก็บขนเฉลี่ย 356 เที่ยว และระยะทางโดยเฉลี่ย 120 กิโลเมตรต่อเที่ยว (ไป-กลับ) หากมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถบรรทุก 20 บาท/กิโลเมตร ดังนั้นการขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า ของบริษัท บริษัท แอ๊ดวานซ์ คลีน เพาเวอร์ จำกัด มีต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 96 บาทต่อเที่ยว

2) กรณีที่ 2 มีจุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในระดับอำเภอ ในกรณีที่บริษัท แอ๊ดวานซ์ คลีน เพาเวอร์ จำกัด ต.หนองอิรุณ อ.บ้านบึง จ.ชลบุรี มีการจัดตั้งจุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในระดับอำเภอนั้น จะมีจำนวนจุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังจำนวน 14 จุดประกอบด้วยเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ จำนวน 8,936 ตัน เมื่อทำการสร้างเมตริกของระยะทางดังตารางที่ ช-3 กรณีมีรถบรรทุกเก็บขน 1 คันออกจากโรงไฟฟ้าชีวมวลโดยมีเส้นทางการเดินรถทางเดียว เพื่อรับเหง้ามันสำปะหลัง จะมีเส้นทางเดินรถ ที่สั้นที่สุดรวมระยะทางสะสม 578 กิโลเมตร คือ รถบรรทุกออกจากโรงไฟฟ้า (c0)ไปยังจุดเก็บขน c10>c9>c8>c12> c6>c3>c1>c7> c4>c2>c5> c11>c13>c14>c15

แต่เนื่องด้วยปริมาณหง้ามันสำปะหลังที่ต้องเก็บขนมีทั้งหมด 8,936 ตันจากการประเมินและบางสถานีเก็บขน มีปริมาณไม่เพียงพอหรือเกินความจุของรถบรรทุกในแต่ละเที่ยว จึงมีรูปแบบการเก็บขนดังตารางที่ 4-13 คือมีรูปแบบการเก็บขนใน 15 เส้นทาง เก็บขนเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้จำนวน 15 ตำแหน่ง น้ำหนักรวม 8,936 ตัน กรณีมีรถบรรทุก 1 คันของโรงไฟฟ้าเก็บขนในอัตรา 25 ตันต่อเที่ยว ใช้ระยะทางรวม 45,434 กิโลเมตร ฉะนั้นจึงมีจำนวนเที่ยวเก็บขน 358 เที่ยว และระยะทางโดยเฉลี่ย 127 กิโลเมตรต่อเที่ยว (ไป-กลับ) หากมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถบรรทุก 20 บาท/กิโลเมตร ดังนั้นการขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า บริษัท น้ำตาลนิวกว้างสุ้นหลี จำกัด มีต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 2,409 บาทต่อเที่ยว คิดเป็นต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงในการขนส่ง 96 บาทต่อตัน

ตารางที่ 4-14 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า (บริษัท แอ๊ดว้านคลีนเพาเวอร์ จำกัด) กรณีที่ 1

เส้นทางการเก็บขนที่สั้นที่สุด – กรณีเดินรถทางเดียว

C9>C10>C13>C5>C3>C16>C18>C23>C21>C2>C6>C7>C4>C1>C11>C15>C17>C8>C12>C24>C19>C25>C20>C22>C14>C30>C28>C31>C29>C32>C26>C27>C33>0

รูปแบบการเก็บขน – กรณีเดินรถเที่ยวกลับ	**ปริมาณ (ตัน)**	**ระยะทาง (km)**
1) C0>((C9<C0)*10)	1) C0 + C9 (250) = 250	1) C0+C9(11) + C0(11*2*9) +11 = 220
2) C0>C9>((C10<C0)*11)	2) C0+C9(8) +C10(242) = 250	2) C0+C9(11) + C10(5) + C0(13*2*10) +13 = 266
3) C0>C10>((C13<C0)*12)	3) C0+C10 (46) +C13 (254) + = 300	3) C0+C10(13) + C13(7) + C0(22*2*11) +22 = 260
4) C0>C13>((C5<C0)*6)	4) C0+C13 (29) +C5(121) = 150	4) C0+C13(22) + C5(6) + C0(19*2*5) +19 = 246
5) C0>C5>((C3<C0)*3)	5) C0 + C5 (43) + C3 (57) = 100	5) C0+C5(19) + C3(8) + C0(27*2*5) +27 = 216
6) C0>C3>((C16<C0)*8)	6) C0+ C3 (16) + C16 (184) = 200	6) C0+C3(27) + C16(28) + C0(5*2*2) +5 = 180
7) C0>C16>((C18<C0)*20)	7) C0+C16 (2) +C18 (498) = 500	7) C0+C16(5) + C18 (18) +C0(21*2*19) +21 = 844
8) C0>C18>((C23<C0)*6)	8) C0+C18 (12) + C23(138) = 150	8) C0+C18(21) + C23(10) + C0(19*2*5) +19 = 353
9) C0>C23>C21>C2>((C6<C0)*2)	9) C0+C23(1) +C21(48) + C2 (0) +C6(1) = 50	9) C0+C23(19) + C21(6) + C2(9) + C6(5) + C0(33 *2) = 144
10) C0>C6>((C7<C0)*2)	10) C0+C6 (37) +C7 (13) = 50	10) C0+C6(33) + C7(2) + C0(35*2) = 140
11) C0>C7>C4>((C1<C0)*2)	11) C0+C7 (37) +C4 (2) + C1(11) = 50	11) C0+C7(35) + C4(8) + C1(8) + C0(21*7) = 172
12) C0>C1>((C11<C0)*4)	12) C0+C1 (7) +C11 (93) = 100	12) C0+C1(21) + C11(22) + C0 (28*2*47) +28 = 154
13) C0>C11>((C15<C0)*48)	13) C0+C11 (17) +C15 (1183) = 1200	13) C0+C11 (28) +C15 (2) + C0) (27*2*6) +27 = 2,398
14) C0>C15>((C17<C0)*7)	14) C0+C15 (25) +C17(125) = 150	14) C0+C15(27) + C17+C0 (14*2*20) +14 = 1,622
15) C0>C17>((C8<C0)*21)	15) C0+C17 (38) +C8 (512) =550	15) C0+C17 (14) +C8 (8) + C (17*2*2) +17 = 458
16) C0>C8>((C12<C0)*2)	16) C0+C8 (8) +C12 (42) = 50	16) C0+C8 (17) +C12 (5) + C0(20*2) = 98

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4-14 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า (บริษัท แอ๊ดว้านคลีนเพาเวอร์ จำกัด) กรณีที่ 1 (ต่อ)

เส้นทางการเก็บขนที่สั้นที่สุด – กรณีเดินรถทางเดียว **C9>C10>C13>C5>C3>C16>C18>C23>C21>C2>C6>C7>C4>C1>C11>C15>C17>C8>C12>C24>C19>C25>C20>C22>C14>C30>C28>C31>C29>C32>C26>C27>C33>0**		
รูปแบบการเก็บขน – กรณีเดินรถเที่ยวกลับ	**ปริมาณ (ตัน)**	**ระยะทาง (km)**
17) C0>C12>((C24<C0)*20)	17) C0+ C12 (9)+ C24 (491)= 500	17) C0+C12 (20) +C24 (10) +C(28*2*19)+28 = 1,124
18) C0>C24>((C19<C0)*30)	18) C0+ C24 (38) + C19 (712) = 750	18) C0+C24 (28) +C19 (24) + C0(34*2*29) +34 = 2,076
19) C0>C19>((C25<C0)*36)	19) C0+ C19 (5) + C25 (895) = 900	19) C0+C19 (34) +C25 (12) +C0(39*2*35) +39 = 2,822
17) C0>C25>((C20<C0)*10)	20) C0+C25 (12) + C20 (231) = 250	20) C0+C25 (39) +C20 (19) +C0(48*2*9) +48 = 880
18) C0>C20>C22>C14>((C30<C0)*28)	21) C0+ C20 (0) + C22 (22) + C14 (10) +	21) C0+C20 (48) +C22 (11) +C14(29) +C30 (225)
19) C0>C30>((C28<C0)*4)	C30 (668)	+C0(127*2*27) +127 = 7,484
20) C0>C28>((C31<C0)*14)	= 700	22) C0+C30 (14) +C28 (15) + C0(141*2*13) +141 = 904
21) C0>C31>((C29<C0)*26)	22) C0+ C30 (14) + C28 (86) = 100	23) C0+C28 (141) + C31(1) + C0(141*2*25) +141 = 3,974
22) C0>C29>((C32<C0)*10)	23) C0+C28 (23) + C31 (327) = 350	24) C0+C31(141) + C29 (13) +C0(138*2*9) + 138 = 7,208
23) C0>C32>((C26<C0)*6)	24) C0+ C31 (6) + C29 (644) = 650	25) C0+C29 (138) + C32(12) +C0(149*2*5) +149 = 2,982
24) C0>C26>((C27<C0)*8)	25) C0+ C29 (31) + C32 (219) = 250	26) C0+C32 (149) + C26 (6) +C0(163*2*7) + 163 = 1,940
25) C0>C27>((C33<C0)*2)	26) C0+ C32 (49) + C26(101) = 150	27) C0+C26 (163) + C27 (15) +C0(168*2*2) +168 = 2,708
	27) C0+ C26 (6)+ C27(294) = 300	28) C0+C27 (168) +C33 (99) +C0(22*2) = 578
	28) C0+ C27 (2)+ C33 (34)= 36	
รวมทั้งสิ้น	**8,936 ตัน**	**43,050 กิโลเมตร**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4-15 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า (บริษัท แอ๊ดว๊านคลีนเพาเวอร์ จำกัด) กรณีที่ 2

เส้นทางการเก็บขนที่สั้นที่สุด - กรณีเดินรถทางเดียว

c0 > c10 > c9 > c8>c12>c6>c3>c1>c7>c4>c2>c5>c11>c13>c14>c15

รูปแบบการเก็บขน – กรณีเดินรถเที่ยวกลับ	**ปริมาณ (ตัน)**	**ระยะทาง (km)**
1) c0>((c10<c0)*22)	1) c0+c10(550) = 550	1) c0+c10(4) + c0(4*2*21) +4 = 176
2) c0>c10>((c9<c0)*9)	2) c0 + c10(17) + c9(183) = 200	2) c0 + c10(4) + c9(35) + c0(30*2*8) + 30 = 1,540
3) c0>c9>((c8<c0)*9)	3) c0 + c9(48) + c8(202) = 250	3) c0 + c9(35) + c8(25) + c0(47*2*8) + 47= 778
4) c0>c8>((c12<c0)*3)	4) c0 + c8(24) + c12(26) = 50	4) c0 + c8(47) + c12(25) + c0(44*2*2) +44 = 936
5) c0>c12>((c6<c0)*7)	5) c0 + c12(49) + c6(151) = 200	5) c0 + c12 (44) +c6(43) + c0(76*6) = 326
6) C0>C6>((C3<C0)*10)	6) C0+C6 (76) + C3() = 250	6) C0 + C6 (76)+ C3(18) + C0(87*2*9) +87 = 1,232
7) C0>C3>C1>((C7<C0)*7)	7) C0+C3(22)+C1(1)+C7 (127)= 150	7) C0 + C3 (87)+ C1(27) + C7(25) + C0(109*2*6)+109 =1,368
8) C0>C7>C4>C2>((C5<C0)*27)	8) C0+C7(32)+C4(1)+C2(4)+C5(663)	8) C0 + C7(109) + C4(25) + C2 (29)+ C5(109) + C0(80*2*26)+80 =4,864
9) C0>C5>((C11<C0)*62)	= 700	9) C0 + C5 (80)+ C11(97)+ C0(22*2*62)+22 =3,038
10) C0>C11>((C13<C0)*34)	9) C0+C5(7)+C11(1543) = 1550	10) C0 + C11(22) + C13(35) + C0(37*2*33)+37 =2,556
11) C0>C13>((C14<C0)*140)	10) C0+C11(22)+C13(282) =850	11) C0 + C13(37) + C14(39)+ C0(75*2*139)+75 =21,002
12) C0>C14>((C15<C0)*45)	11) C0+C13(45)+C14(3455)=3500	12) C0 + C14(75) + C15(39) + C0(82*2*44) +82= 7,608
	12) C0+C14(41)+C15(1098) = 1139	
รวมทั้งสิ้น	**9,200 ตัน**	**45,434 กิโลเมตร**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.3.3.5 การขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า บริษัท น้ำตาลระยอง จำกัด

1) กรณีที่ 1 มีจุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในระดับตำบล โรงไฟฟ้าชีวมวลของ บริษัท น้ำตาลระยอง จำกัด ตั้งอยู่ที่ ต.ธาตุทอง อ.บ่อทอง จ.ชลบุรี มีจุดรวบรวมจำนวน 59 จุด ประกอบด้วยเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ โดยประมาณจำนวน 14,786 ตัน เมื่อทำการสร้างเมตริกของระยะทางดังตารางที่ ช-4 กรณีมีรถบรรทุกเก็บขน 1 คันออกจากโรงไฟฟ้าชีวมวลในกรณีมีการเดินรถทางเดียวจะพบว่ามีเส้นทางการเดินรถออกจากโรงไฟฟ้าไปยังตำแหน่ง D38>D37>D39>D49 >D50>D13>D12>D10>>D14>D15>D13>D28>D30>D29>D32>D31>D27>>D19>D17>D20> D3>D4>D16>D18>D5>D2>D21>D21>D21>D6>D22>D23>D9>D7>D1>D8>D11>D34>D47> D48>D45>D42>D43>D44>D40>D41>D36>D59>D58>D52>D53>D51>D54>D57>D55>D56 และกลับโรงไฟฟ้า ซึ่งมีระยะทางรวม 1,314 กิโลเมตร ปริมาณหง้ามันสำปะหลังที่ต้องเก็บขนมีทั้งหมด 14,786 ตันโดยประมาณ และบางสถานีเก็บขน มีปริมาณไม่เพียงพอหรือเกินความจุของรถบรรทุกในแต่ละเที่ยว จึงมีรูปแบบการเก็บขนดังตารางที่ 23 มีรูปแบบการเก็บขนอยู่ 35 เส้นทาง เก็บขนเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้จำนวน 59 ตำแหน่ง น้ำหนักรวม 14,786 ตัน กรณีมีรถบรรทุก 1 คันของโรงไฟฟ้าเก็บขนในอัตรา 25 ตันต่อเที่ยว ใช้ระยะทางรวม 61,516 กิโลเมตร ฉะนั้นมีจำนวนเที่ยวเก็บขนเฉลี่ย 518 เที่ยว และระยะทางโดยเฉลี่ย 208 กิโลเมตรต่อเที่ยว (ไป-กลับ) หากมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถบรรทุก 20 บาท/กิโลเมตร ดังนั้นการขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า ของบริษัท น้ำตาลระยอง จำกัด มีต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 2,085 บาทต่อเที่ยว คิดเป็น 84 บาทต่อตัน

2) กรณีที่ 2 มีจุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในระดับอำเภอ ในกรณีที่บริษัท น้ำตาลระยอง จำกัด ตั้งอยู่ที่ ต.ธาตุทอง อ.บ่อทอง จ.ชลบุรี มีการจัดตั้งจุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในระดับอำเภอนั้น จะมีจำนวนจุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังจำนวน 6 จุด ประกอบด้วยเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ จำนวน 16,177 ตัน เมื่อทำการสร้างเมตริกของระยะทางดังตารางที่ ช-4 กรณีมีรถบรรทุกเก็บขน 1 คันออกจากโรงไฟฟ้าชีวมวลโดยมีเส้นทางการเดินรถทางเดียว เพื่อรับเหง้ามันสำปะหลัง จะมีเส้นทางเดินรถ ที่สั้นที่สุดรวมระยะทางสะสม 136 กิโลเมตร คือ รถบรรทุกออกจากโรงไฟฟ้า (d0)ไปยังจุดเก็บขน d1>d3>d2>d6>d5>d4 แต่เนื่องด้วยปริมาณหง้ามันสำปะหลังที่ต้องเก็บขนมีทั้งหมด 16,177 ตันจากการประเมิน และบางสถานีเก็บขนมีปริมาณไม่เพียงพอหรือเกินความจุของรถบรรทุกในแต่ละเที่ยว จึงมีรูปแบบการเก็บขนดังตารางที่ 23 คือมีรูปแบบการเก็บขนใน 6 เส้นทาง เก็บขนเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้จำนวน 6 ตำแหน่ง น้ำหนักรวม 16,177 ตัน กรณีมีรถบรรทุก 1 คันของโรงไฟฟ้าเก็บขนในอัตรา 25 ตันต่อเที่ยว ใช้ระยะทางรวม 30,252 กิโลเมตร ฉะนั้นจึงมีจำนวนเที่ยวเก็บขน 648 เที่ยว และระยะทางโดยเฉลี่ย 74 กิโลเมตรต่อเที่ยว (ไป-กลับ) หากมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถบรรทุก 20 บาท/กิโลเมตร

ดังนั้นการขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า บริษัท น้ำตาลระยอง จำกัด มีต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 1,482 บาทต่อเที่ยว คิดเป็นต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงในการขนส่ง 60 บาทต่อตัน

ตารางที่ 4-16 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า (บริษัท น้ำตาลระยอง จำกัด) กรณีที่ 1

เส้นทางการเก็บขนที่สั้นที่สุด – กรณีเดินรถทางเดียว

D38>D37>D39>D49>D50>D13>D12>D10>D14>D15>D13>D28>D30>D29>D46>D25>D24>D35>D33>D32>D31>D27>D19>D17>D20>D3>D4>D16>D18>D5>D2>D21>>D21>D6>D22>D23>D9>D7>D1>D8>D11>D34>D47>D48>D45>D42>>D43>D44>D40>D41>D36>D59>D58>D52>D53>D51>D54>D57>D55>D56>0

รูปแบบการเก็บขน – กรณีเดินรถเที่ยวกลับ	ปริมาณ (ตัน)	ระยะทาง (km)
1) D0>((D38<D0)*5)	1) D0+D38(100) = 100	1) D0+D38 (12) + D0(12*2*4) + 12 = 96
2) D0>D38((D37<D0)*2)	2) D0+D38 (28) + D37 (22) = 50	2) D0+D38 (12) + D37 (8) + D0 (14*1) = 68
3) D0>D37>D39>((D49<D0)*10)	3) D0+D37 (32) +D39 (10) +D49 (208) = 250	3) D0+D37 (14) + D39(6) + D49 (25) + D0 (33*2*9) +25 = 668
4) D0>D49((D50<D0)*13)	4) D0+D49 (45) + D50 (305) = 350	4) D0+D49 (33) + D50 (13) + D0 (30*2*12) +30 = 872
5) D0>D50((D13<D0)*12)	5) D0+D50 (15) + D13 (285) = 300	5) D0+D50 (30) + D13 (9) + D0 (74*2*11) +74 = 818
6) D0>D13>D12>((D10<D0)*5)	6) D0+D13 (19) +D12 (22) +D10 (59) = 100	6) D0+D13 (74) + D12(7) + D10(7) + D0(73*2*4) + 73 = 614
7) D0>D10((D14<D0)*6)	7) D0+D10 (27) + D14 (73) = 100	7) D0+D10 (73) + D14(12) + D0(77*2*5) +77 = 1,264
8) D0>D14((D15<D0)*12)	8) D0+ D14 (25) + D15(125) = 150	8) D0+D14(77) + D15 (14) + D0(67*2*11) +67 = 852
9) D0>D15((D13<D0)*2)	9) D0+D15 (19) + D13 (281) = 300	9) D0+D15(67) +D13(26) +D0(74*2*1) +74 = 1,814
10)D0>D13>D28>D30>D29>D46>D25 >((D24<D0)*2)	10) D0+D13(24) +D28 (4) +D30(1) +D29 (1) +D46(7) +D25 (4) +D24 (9) = 50	10) D0+D13(74) +D28(7) +D30(6) +D29(11) +D46(7) +D25(16)+D24(12) +D0(40*2) = 346
11)D0>D24>D35>((D33<D0)*4)	11) D0+D24 (15) +D35 (4) + D33 (81) = 100	11) D0+D24(40) +D35(10) +D33(8) +D0(25*2*3) +25= 266
12)D0>D33>D32>D31>((D27<D0)*1)	12) D0+D33 (21) + D32 (4) +D31 (22) +D27(53) = 100	12) D0+D33(25) +D32(12) +D31(16) +D27(34) +D0(62*2*3) +62= 546
13)D0>D27>D19>D17>D20>D3>((D4 <D0)*	13) D0+D27 (1) +D19 (4) +D17 (1) +D20 (20) +D3 (0) +D4 (25) = 50	13) D0+D27(62)+D19(15)+D17(10)+D20(10)+D3(10)+D4(5) +D0(88*5) = 400

ตารางที่ 4-16 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า (บริษัท น้ำตาลระยอง จำกัด) กรณีที่ 1 (ต่อ)

เส้นทางการเก็บขนที่สั้นที่สุด – กรณีเดินรถทางเดียว

D38>D37>D39>D49>D50>D13>D12>D10>D14>D15>D13>D28>D30>D29>D46>D25>D24>D35>D33>D32>D31>D27>D19>D17>D20>D3>D4>D16>D18>D5>D2>D21>>D21>D6>D22>D23>D9>D7>D1>D8>D11>D34>D47>D48>D45>D42>>D43>D44>D40>D41>D36>D59>D58>D52>D53>D51>D54>D57>D55>D56>0

รูปแบบการเก็บขน – กรณีเดินรถเที่ยวกลับ	ปริมาณ (ตัน)	ระยะทาง (km)
14) D0>D4>D16>D5>D2>D21>((D6<D0)*4)	14) D0+D4 (22) +D16 (0) D18 (3) +D5 (2) +D2 (1) +D21 (10) +D6 (162) = 200	14) D0+D4(88)+D16(9)+D5(8)+D2(22)+D21(27)+D6(32)+D0 (95*2*3)+95 = 1,448
15) D0>D6>D22>((D23<D0)*5)	15) D0+D6 (32) +D22(7) +D23(61) = 100	15) D0+D6(95)+D22(23)+D23(12)+D0(96*2*5)+96 = 836
16) D0>D23>D9>((D7<D0)*7)	16) D0+D23 (48) +D9(1) +D7 (151) = 200	16) D0+D23(96)+D9(51)+D7(19)+D0(150*2*7)+150 = 6,232
17) D0>D7>D1>((D8<D0)*4)	17) D0+D7 (3) +D1(4) +D8 (93) = 100	17) D0+D7(150)+D1(58)+D8(60)+D0(156*2*4)+156 = 1,472
18) D0>D8>((D11<D0)*6)	18) D0+D8 (36) +D11(114) = 150	18) D0+D8(156)+D11(100)+D0(84*2*6) + 84 = 1,352
19) D0>D11>((D34<D0)*3)	19) D0+D11 (45) +D34 (105) = 150	19) D0+D11(84)+D34(71)+D0(25*2*2) +25 = 560
20) D0>D34>D47>((D48<D0)*12)	20) D0+D34 (16) +D47(8) +D48 (26) = 50	20) D0+D34(25)+D47(29)+D48(9)+D0 (54*2*11)+54 = 666
21) D0>D48>((D45<D0)*5)	21) D0+D48 (22) +D45 (78) = 100	21) D0+D48(54)+D45(58)+D0(17*2*4)+17 = 326
22) D0>D45>((D42<D0)*11)	22) D0+D45 (43) +D42 (257) = 300	22) D0+D45(17)+D42(11)+D0(46*2*11) + 46 = 1,068
23) D0>D42>((D43<D0)*16)	23) D0+D42 (10) +D43 (490) = 500	23) D0+D42(46)+D43(11)+D0(22*2*15)+22 = 774
24) D0>D43>((D44<D0)*15)	24) D0+D43 (13) +D44 (337) = 350	24) D0+D43(22)+D44(10)+D0(32*2*14) + 32 = 896
25) D0>D44>((D40<D0)*11)	25) D0+D44 (48) +D40 (252) = 300	25) D0+D44(32)+D40(4)+D0(28*2*10)+28 = 688
26) D0>D40>((D41<D0)*5)	26) D0+D40 (20) +D41(180) = 100	26) D0+D40(28)+D41(12)+D0(32*2*4)+32 = 272
27) D0>D41>D36>((D59<D0)*58)	27) D0+D41 (37) +D36(3) +D59 (1410) = 1,450	27) D0+D41(32)+D36(37)+D59(112)+D0(94*2*57)+94 = 11,078
28) D0>D59>((D58<D0)*96)	28) D0+D59 (44) +D58 = 2,356	28) D0+D59(94)+D58(16)+D0(90*2*95)+90 = 17,320
29) D0>D58>((D52<D0)*115)	29) D0+D58 (40) +D52 (2860) = 2900	29) D0+D58(90)+D52(35)+D0(84*2*114)+84 = 19,570

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4-16 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า (บริษัท น้ำตาลระยอง จำกัด) กรณีที่ 1 (ต่อ)

เส้นทางการเก็บขนที่สั้นที่สุด – กรณีเดินรถทางเดียว

D38>D37>D39>D49>D50>D13>D12>D10>D14>D15>D13>D28>D30>D29>D46>D25>D24>D35>D33>D32>D31>D27>D19>D17>D20>D3>D4>D16>D18>D5>D2>D21>>D21>D6>D22>D23>D9>D7>D1>D8>D11>D34>D47>D48>D45>D42>>D43>D44>D40>D41>D36>D59>D58>D52>D53>D51>D54>D57>D55>D56>0

รูปแบบการเก็บขน – กรณีเดินรถเที่ยวกลับ	ปริมาณ (ตัน)	ระยะทาง (km)
30) D0>D52>((D53<D0)*64)	31) D0+D52 (15) +D53 (1,835) = 1850	31) D0+D52(84)+D53(14)+D0(101*2*63) +101 = 14,942
31) D0>D53>((D51<D0)*22)	32) D0+D53 (13) +D51 (537) = 550	32) D0+D53(101)+D51(32)+D0(68*2*21) + 68 = 2,850
32) D0>D51>((D54<D0)*21)	33) D0+D51 (0) +D54 (500) = 500	33) D0+D51(68)+D54(14)+D0(68*2*20)+68 = 2,748
33) D0>D54>((D57<D0)*13)	34) D0+D54 (48) +D57 (16) = 50	34) D0+D54(68)+D57(14)+D0(52*2*12)+52 = 1,561
34) D0>D57>((D55<D0)*13)	35) D0+D57 (16) +D55 (284) = 300	35) D0+D57(52)+D55(10)+D0(44*2*12)+44 = 1,092
35) D0>D55>((D56<D0)*9)	36) D0+D55 (42) +D56 (210) = 252	36) D0+D55(44)+D56(9)+D0(50*2*8)+50 = 1,206
รวมทั้งสิ้น	**14,786 ตัน**	**61,516 กิโลเมตร**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4-17 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า (บริษัท น้ำตาลระยอง จำกัด) กรณีที่ 2

เส้นทางการเก็บขนที่สั้นที่สุด - กรณีเดินรถทางเดียว **D0>D1>D3>D2>D6>D5>D4**		
รูปแบบการเก็บขน – กรณีเดินรถเที่ยวกลับ	**ปริมาณ (ตัน)**	**ระยะทาง (km)**
1) d0>(d1<d0)*88)	1) d0 + d1(2,200) = 2,200	1) d0+d1(4) + d0(4*2*87)+4 = 176
2) d0>d1>d3>(d2<d0)*56)	2) d0+d1(25)+d3(2)+d2(1373) = 1,400	2) d0+d1(4)+d3(17)+d2(42)+d0(27*2*55) +27 =3,096
3) d0>d2>(d6<d0)*45)	3) d0+d2(10)+d6(1090) = 1100	3) d0+d2(27)+d6(19)+d0(32*2*44)+32 = 2,844
4) d0>d6>(d5<d0)*233)	4) d0+d6(47)+d5(5803) =5,850	4) d0+d6(32)+d5(20)+d0(51*2*232)+51 = 23,970
5) d0>d5>(d4<d0)*1)	5) d0+d5(6)+d4(1) = 6	5) d0+d5 (51)+d4(33)+d0(49*2) = 266
รวมทั้งสิ้น	**16,177 ตัน**	**30,252 กิโลเมตร**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.3.3.6 การขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า บริษัท พลังงานเพื่อการอนุรักษ์และสิ่งแวดล้อม จำกัด

1) กรณีที่ 1 มีจุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในระดับตำบล โรงไฟฟ้าชีวมวลของ บริษัท พลังงานเพื่อการอนุรักษ์และสิ่งแวดล้อม จำกัด ตั้งอยู่ที่ ต.ท่าประดู่ อ.เมืองระยอง จ.ระยอง มีจุดรวบรวมจำนวน 44 จุด ประกอบด้วยเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ จำนวน 7,810 ตัน เมื่อทำการสร้างเมตริกของระยะทางดังตารางที่ ช-5 กรณีมีรถบรรทุกเก็บขน 1 คันออกจากโรงไฟฟ้าชีวมวลในกรณีมีการเดินรถทางเดียวจะพบว่ามีเส้นทางการเดินรถออกจากโรงไฟฟ้าไปยังตำแหน่ง E21>E39>E15>E24>E38 >E37 >E20 > E19 >E16 >E23>E25 >E12 >E13 >E11 >E9 >E8 >E10 >E27 >E29>E28 > E14 >E5 >E6 >E4 >E3 >E2 >E17 >E22 >E18 >E26 >E36 >E30 >E31 >E35 >E32 >E34 >E33 >E43 >E42>E41 >E40 >E7 >E44 >E1 และกลับโรงไฟฟ้า ซึ่งมีระยะทางรวม 7,460 กิโลเมตร ปริมาณหง้ามันสำปะหลังที่ต้องเก็บขนมีทั้งหมด 7,810 ตันโดยประมาณและบางสถานีเก็บขน มีปริมาณไม่เพียงพอหรือเกินความจุของรถบรรทุกในแต่ละเที่ยว จึงมีรูปแบบการเก็บขนดังตารางที่ 4-17 มีรูปแบบการเก็บขนอยู่ 25 เส้นทาง เก็บขนเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้จำนวน 44 ตำแหน่ง น้ำหนักรวม 7,810 ตัน กรณี มีรถบรรทุก 1 คันของโรงไฟฟ้าเก็บขนในอัตรา 25 ตันต่อเที่ยว ใช้ระยะทางรวม 22,214 กิโลเมตร ฉะนั้นมีจำนวนเที่ยวเก็บขนเฉลี่ย 312 เที่ยว และระยะทางโดยเฉลี่ย 71 กิโลเมตรต่อเที่ยว (ไป-กลับ) หากมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถบรรทุก 20 บาท/กิโลเมตร ดังนั้นการขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า ของบริษัท พลังงานเพื่อการอนุรักษ์และสิ่งแวดล้อม จำกัด จำกัด มีต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 1,423 บาทต่อเที่ยว คิดเป็น 56 บาทต่อตัน

2) กรณีที่ 2 มีจุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในระดับอำเภอ ในกรณีที่บริษัท พลังงานเพื่อการอนุรักษ์และสิ่งแวดล้อม จำกัด ตั้งอยู่ที่ ต.ท่าประดู่ อ.เมืองระยอง จ.ระยอง มีการจัดตั้งจุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในระดับอำเภอนั้น จะมีจำนวนจุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังจำนวน 2 จุด ประกอบด้วยเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ จำนวน 2,457 ตัน เมื่อทำการสร้างเมตริกของระยะทางดังตารางที่ ช-5 กรณีมีรถบรรทุกเก็บขน 1 คันออกจากโรงไฟฟ้าชีวมวลโดยมีเส้นทางการเดินรถทางเดียว เพื่อรับเหง้ามันสำปะหลัง จะมีเส้นทางเดินรถ ที่สั้นที่สุดรวมระยะทางสะสม 27 กิโลเมตร คือ รถบรรทุกออกจากโรงไฟฟ้า (e0)ไปยังจุดเก็บขน e1>e2

แต่เนื่องด้วยปริมาณชีวมวลหง้ามันสำปะหลังที่ต้องเก็บขนมีทั้งหมด 2,457 ตันจากการประเมิน และบางสถานีเก็บขน มีปริมาณไม่เพียงพอหรือเกินความจุของรถบรรทุกในแต่ละเที่ยว จึงมีรูปแบบการเก็บขนดังตารางที่ 4-18 คือมีรูปแบบการเก็บขนใน 2 เส้นทาง เก็บขนเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้จำนวน 2 ตำแหน่ง น้ำหนักรวม 2,457 ตัน กรณีมีรถบรรทุก 1 คันของโรงไฟฟ้าเก็บขนในอัตรา 25 ตันต่อเที่ยว ใช้ระยะทางรวม 22,214 กิโลเมตร ฉะนั้นจึงมีจำนวนเที่ยวเก็บขน 198 เที่ยว และระยะทางโดยเฉลี่ย 32 กิโลเมตรต่อเที่ยว (ไป-กลับ) หากมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถบรรทุก 20

บาท/กิโลเมตร ดังนั้นการขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า บริษัท พลังงานเพื่อการอนุรักษ์และสิ่งแวดล้อม จำกัด มีต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 639 บาทต่อเที่ยว คิดเป็นต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงในการขนส่ง 52 บาทต่อตัน

ตารางที่ 4-18 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวล (บริษัท พลังงานเพื่อการอนุรักษ์และสิ่งแวดล้อม จำกัด)

เส้นทางการเก็บขนที่สั้นที่สุด - กรณีเดินรถทางเดียว

E21 >E39 >E15 >E24 >E38 >E37 >E20 >E19 >E16 >E23 >E25 >E12 >E13 >E11 >E9 >E8 >E10 >E27 >E29 > >E28 > E14 >E5 >E6 >E4 >E3 >E2 >E17 >E22 >E18 >E26 >E36 >E30 >E31 >E35 >E32 >E34 >E33 >E43 >E42 >E41 >E40 >E7 >E44 >E1 >0

รูปแบบการเก็บขน – กรณีเดินรถเที่ยวกับ	ปริมาณ (ตัน)	ระยะทาง (km)
1) E0>E21>E39>E15>E24>E38>((E37<E0) *15)	1) E0+E21(6)+E39(5)+E15(2)+E24(1)+E38(30)+E37 (306) = 350	1) E0+E21(1)+E39(2)+E15(5)+E24(4)+E38(5)+E37(5) +E0(20*2*14)+20 = 564
	2) E0+E37(32)+E20 (18) = 50	2) E0+E37(20)+E20(13)+E0(19*2) = 204
2) E0>E37>((E20<E0)*2)	3) E0+E20(2)+E19(15)+E16(13)+E23(70) = 100	3) E0+E20(19)+E19(3)+E16(8)+E23(15)+E0(6*2*3) +6 = 126
3) E0>E20>E19>E16>((E23<E0)*4)	4) E0+E23(8)+E25(792) =800	
4) E0>E23>((E25<E0)*33)	5) E0+E25(40)+E12 (360) = 400	4) E0+E23(6)+E25(10)+E0(7*2*32) +7= 466
5) E0>E25>((E12<E0)*16)	6) E0+E12(26) +E13 (374) = 400	5) E0+E25(7)+E12(24)+E0(53*2*32)+53 = 1,622
6) E0>E12>((E13<E0)*15)	7) E0+E13(2)+E11 (398) = 400	6) E0+E12(58)+E13(11)+E0(38*2*14) +38= 1,278
7) E0>E13>((E11<E0)*16)	8) E0+E11(45)+E9 (1205) = 1,250	7) E0+E13(38)+E11(13)+E0(40*2*15) +40= 1,302
8) E0>E11>((E9<E0)*50)	9) E0+E9 (40)+E8 (10) = 50	8) E0+E11(40)+E9(15)+E0(42*2*49)+42= 4,226
9) E0>E9>((E8<E0)*1)	10)E0+E8 (8)+E10 (292) = 300	9) E0+E9(42)+E8(12)+E0(53*1) = 107
10) E0>E8>((E10<E0)*8)	11)E0+E10 (17)+E27(433) = 450	10) E0+E8(53)+E10(14)+E0(42*2*7)+42 = 890
11) E0>E10>((E27<E0)*18)	12)E0+E27(20)+E29(80) = 100	11) E0+E10(42)+E27(21)+E0(28*2*17)+28 = 1,078
12) E0>E27>((E29<E0)*29)	13)E0+E29(36)+E28(164) = 200	12) E0+E27(28)+E29(13)+E0(17*2*28)+17 = 148
13) E0>E29>((E28<E0)*7)	14)E0+E28(16)+E14(32)+E5(552) =600	13) E0+E29(17)+E28(5)+E0(22*2*6)+22 = 208
14) E0>E28>E14>((E5<E0)*25)	15)E0+E5(49)+E6(551) = 600	14) E0+E28(22)+E14(23)+E5+E0(39*2*24)+39 = 1,728
15) E0>E5>((E6<E0)*24)	16)E0+E6(49)+E4(201) = 250	15) E0+E5(39)+E6(10)+E0(29*2*23)+29 = 1,43

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4-18 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวล (บริษัท พลังงานเพื่อการอนุรักษ์และสิ่งแวดล้อม จำกัด) (ต่อ)

เส้นทางการเก็บขนที่สั้นที่สุด - กรณีเดินรถทางเดียว

E21 >E39 >E15 >E24 >E38 >E37 >E20 >E19 >E16 >E23 >E25 >E12 >E13 >E11 >E9 >E8 >E10 >E27 >E29 > >E28 > E14 >E5 >E6 >E4 >E3 >E2 >E17 >E22 >E18 >E26 >E36 >E30 >E31 >E35 >E32 >E34 >E33 >E43 >E42 >E41 >E40 >E7 >E44 >E1 >0

รูปแบบการเก็บขน – กรณีเดินรถเที่ยวกับ	ปริมาณ (ตัน)	ระยะทาง (km)
16) E0>E6>((E4<E0)*10)	17) E0+E4(30)+E3(220) = 250	16) E0+E5(39)+E6(10)+E0(29*2*23)+29 = 1,432
17) E0>E4>((E3<E0)*10)	18) E0+E3(26)+E2 (424) = 450	17) E0+E4(47)+E3(4)+E0(51*2*9)+51 = 1,020
18) E0>E3>((E2<E0)*17)	19) E0+E2(22)+E17(26)+E22(2) = 50	18) E0+E3(51)+E2(5)+E0(55*2*16)+55 = 1,254
19) E0>E2>E17>((E22<E0)*2)	20) E0+E22(11)+E18(79)+E26(10) = 100	19) E0+E2(55)+E17(73)+E22(16)+E0(44*2) = 276
20) E0>E22>E18>((E26<E0)*4)	21) E0+E26(14)+E36(10)+E30(17)+E31(9) = 50	20) E0+E22(42)+E18(6)+E26(18)+E0(42*3) = 216
21) E0>E26>E36>E30>((E31<E0)*2)	22) E0+E31(8)+E35(23)+E32(2)+E34(7)+E33(2)	21) E0+E26(42)+E36(21)+E30(9)+E31(9)+E0(55*2) =
22) E0>E31>E35>E32>E34>E33>E43>E42>((E41<	+E43(7)+E42(1)+E41(202) = 250	272
E0)*10)	23) E0+E41(13)+E40(137) = 150	22) E0+E31(55)+E35(5)+E32(5)+E34(8)+E33(6)+E43(6
23) E0>E41>((E40<E0)*6)	24) E0+E7(300) = 300	5)+E42
24) E0>((E7<E0)*13)	25) E0+E7(39)+E44 (2)= 41	+E41(136)+E0(25*2*9)+25 = 1,044
25) E0>E7>((E44<E0)*1)		23) E0+E41(25)+E40(57)+E0(29*2*5)+29 = 454
		24) E0+E7(29)+E0(11*2*12)+11 = 520
		25) E0+E7(11)+E44(236)+E0(78*1) = 325

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4-19 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวล (บริษัท พลังงานเพื่อการอนุรักษ์และสิ่งแวดล้อจำกัด) กรณีที่ 2

เส้นทางการเก็บขนที่สั้นที่สุด - กรณีเดินรถทางเดียว **E0>E1>E2**		
รูปแบบการเก็บขน – กรณีเดินรถเที่ยวกลับ	**ปริมาณ (ตัน)**	**ระยะทาง (km)**
1) e0+e1<e0)*44)	1) e0+e1(1,100) = 1,100	1) e0+e1(4) + e0(4*2*43) +4 = 552
2) e0+e1>(e2<e0)*56)	2) e0+e1(9) + e2(1,248) = 1,357	2) e0+e1(4) + e2(26) + e0(23*2*55) +23= 2,590
รวมทั้งสิ้น	**2,457.0 ตัน**	**2,142 กิโลเมตร**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.3.3.7 การขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า บริษัท อ้อยและน้ำตาลตะวันออก จำกัด

1) กรณีที่ 1 มีจุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในระดับตำบล โรงไฟฟ้าชีวมวลของ บริษัท น้ำตาลและอ้อยตะวันออก ต.ห้วยโจด อ.วัฒนานคร จ.สระแก้ว มีจุดรวบรวมจำนวน 54 จุด ประกอบด้วยเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ จำนวน 30,345 ตัน เมื่อทำการสร้างเมตริกของระยะทางดังตารางที่ ช-6 กรณีมีรถบรรทุกเก็บขน 1 คันออกจากโรงไฟฟ้าชีวมวลในกรณีมีการเดินรถทางเดียวจะพบว่ามีเส้นทางการเดินรถออกจากโรงไฟฟ้าไปยังตำแหน่ง F30>F2>F1>F3>F18>F44>F16>F53>F5>F8>F4>F21>F10>F37>F6>F7>F20>F46>F45>F47>F17>F19>F52>F15>F11>F13>F14>F12>F34>F40>F48>F50>F33>F26>F24>F25>F27>F28>F29>F23>F35>F42>F32>F43>F41>F38>F36>F31>F39>F49>F51>F9>F54>F22>0 และกลับโรงไฟฟ้า ซึ่งมีระยะทางรวม 1,178 กิโลเมตร ปริมาณชีวมวลหง้ามันสำปะหลังที่ต้องเก็บขนมีทั้งหมด 30,345 ตัน โดยประมาณ และบางสถานีเก็บขน มีปริมาณไม่เพียงพอหรือเกินความจุของรถบรรทุกในแต่ละเที่ยว จึงมีรูปแบบการเก็บขนดังตารางที่ 4-19 มีรูปแบบการเก็บขนอยู่ 51 เส้นทาง เก็บขนเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้จำนวน 54 ตำแหน่ง น้ำหนักรวม 30,345 ตัน กรณีมีรถบรรทุก 1 คันของโรงไฟฟ้าเก็บขนในอัตรา 25 ตันต่อเที่ยว ใช้ระยะทางรวม 122,676 กิโลเมตร ฉะนั้นมีจำนวนเที่ยวเก็บขนเฉลี่ย 1,214 เที่ยว และระยะทางโดยเฉลี่ย 101 กิโลเมตรต่อเที่ยว (ไป-กลับ) หากมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถบรรทุก 20 บาท/กิโลเมตร ดังนั้นการขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า บริษัท อ้อยและน้ำตาลตะวันออก จำกัด มีต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 2,020 บาทต่อเที่ยว คิดเป็น 80 บาทต่อตัน

2) กรณีที่ 2 มีจุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในระดับอำเภอ ในกรณีที่บริษัท น้ำตาลและอ้อยตะวันออก ต.ห้วยโจด อ.วัฒนานคร จ.สระแก้ว มีการจัดตั้งจุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในระดับอำเภอนั้น จะมีจำนวนจุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังจำนวน 3 จุด ประกอบด้วยเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ จำนวน 6,809 ตัน เมื่อทำการสร้างเมตริกของระยะทางดังตารางที่ ช-6 กรณีมีรถบรรทุกเก็บขน 1 คันออกจากโรงไฟฟ้าชีวมวลโดยมีเส้นทางการเดินรถทางเดียว เพื่อรับเหง้ามันสำปะหลัง จะมีเส้นทางเดินรถ ที่สั้นที่สุดรวมระยะทางสะสม 203 กิโลเมตร คือ รถบรรทุกออกจากโรงไฟฟ้า (f0)ไปยังจุดเก็บขน f3>f2>f1 แต่เนื่องด้วยปริมาณหง้ามันสำปะหลังที่ต้องเก็บขนมีทั้งหมด 6,809 ตันจาการประเมิน และบางสถานีเก็บขน มีปริมาณไม่เพียงพอหรือเกินความจุของรถบรรทุกในแต่ละเที่ยว จึงมีรูปแบบการเก็บขนดังตารางที่ 4-20 คือมีรูปแบบการเก็บขนใน 3 เส้นทาง เก็บขนเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้จำนวน 3 ตำแหน่ง น้ำหนักรวม 6,809 ตัน กรณีมีรถบรรทุก 1 คันของโรงไฟฟ้าเก็บขนในอัตรา 25 ตันต่อเที่ยว ใช้ระยะทางรวม 54,372 กิโลเมตร ฉะนั้นจึงมีจำนวนเที่ยวเก็บขน 272 เที่ยว และระยะทางโดยเฉลี่ย 200 กิโลเมตรต่อเที่ยว (ไป-กลับ) หากมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถบรรทุก 20 บาท/กิโลเมตร ดังนั้นการขนชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า บริษัท อ้อยและ

น้ำตาลตะวันออก จำกัด มีต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 3,993 บาทต่อเที่ยว คิดเป็นต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงในการขนส่ง 160 บาทต่อตัน

ตารางที่ 4-20 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวล บริษัท อ้อยและน้ำตาลตะวันออก จำกัด กรณีที่ 1

เส้นทางการเก็บขนที่สั้นที่สุด – กรณีเดินรถทางเดียว

F30>F2>F1>F3>F18>F44>F16>F53>F5>F8>F4>F21>F10>F37>F6>F7>F20>F46>F45>F47>F17>F19>F52>

F15>F11>F13>F14>F12>F34>F40>F48>F50>F33>F26>F24>F25>F27>F28>F29>F23>F35>F42>F32>F43>F41>F38>F36>F31>F39>F49>F51>F9>F54>F22>0

รูปแบบการเก็บ ขน – กรณีเดินรถเที่ยวกับ	ปริมาณ (ตัน)	ระยะทาง (km)
1) F0>((F30<F0)*14)	1) F0+F30 (350) = 350	1) F0+F30(7)+F0(7*2*13)+7 = 196
2) F0>F30>((F2<F0)*20)	2) F0+F30(7)+F2 (493)= 500	2) F0+F30(7)+F2(10)+F0(6*2*19)+6 = 262
3) F0>F2>((F1<F0)*4)	3) F0+F2(17)+F1(83)=100	3) F0+F2(6)+F1(13)+F0(17*2*3)+17 = 140
4) F0>F1>((F3<F0)*28)	4) F0+F1(40)+F3(660)=700	4) F0+F1(17)+F3(6)+F0(23*2*27)+23 = 1,288
5) F0>F3>((F18<F0)*20)	5) F0+F3(4)+F18(496)=500	5) F0+F3(23)+F18(29)+F0(34*2*19)+34= 1,396
6) F0>F18>((F44<F0)*4)	6) F0+F18(3)+F44(97)=100	6) F0+F18(34)+F44(6)+F0(33*2*3)+33= 278
7) F0>F44>((F16<F0)*20)	7) F0+F44(38)+F16(462)=500	7) F0+F44(33)+F16(21)+F0(48*2*19)+48= 1,932
8) F0>F16>((F53<F0)*74)	8) F0+F16(43)+F53 (1707)=1850	8) F0+F16(48)+F53(9)+F0(61*2*73)+61 = 4,628
9) F0>F53>((F5<F0)*36)	9) F0+F53(17)+F5(883) =900	9) F0+F53(61)+F5(9)+F0(60*2*35) +60= 4,340
10) F0>F5>((F8<F0)*38)	10) F0+F5(15)+F8 (935)=950	10) F0+F5(60)+F8(8)+F0(33*2*37)+33 = 2,578
11) F0>F8>((F4<F0)*36)	11) F0+F8(25)+F4(885) =900	11) F0+F8(33)+F4(10)+F0(59*2*35)+59 = 390
12) F0>F4>((F21<F0)*16)	12) F0+F4(49)+F21(351) =400	12) F0+F4(59)+F21(4)+F0(22*2*15) +22= 786
13) F0>F21>((F10<F0)*7)	13) F0+F21(3)+F10(146) =150	13) F0+F21(22)+F10(12)+F0(31*2*6)+31 = 372
14) F0>F10>((F37<F0)*10)	14) F0+F10(40)+F37(210) =250	14) F0+F10(31)+F37(11)+F0(42*2*9) +42= 840
15) F0>F37>((F6<F0)*22)	15) F0+F37(45)+F6(505) =550	15) F0+F37(42)+F6(14)+F0(47*2*21)+47 = 2,086
16) F0>F6>((F7<F0)*15)	16) F0+F6(33)+F7(367)=400	16) F0+F6(47)+F7(14)+F0(60*2*14) +60= 1,922

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4-20 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวล บริษัท อ้อยและน้ำตาลตะวันออก จำกัด กรณีที่ 1 (ต่อ)

เส้นทางการเก็บขนที่สั้นที่สุด – กรณีเดินรถทางเดียว

F30>F2>F1>F3>F18>F44>F16>F53>F5>F8>F4>F21>F10>F37>F6>F7>F20>F46>F45>F47>F17>F19>F52>

F15>F11>F13>F14>F12>F34>F40>F48>F50>F33>F26>F24>F25>F27>F28>F29>F23>F35>F42>F32>F43>F41>F38>F36>F31>F39>F49>F51>F9>F54>F22>0

รูปแบบการเก็บ ขน – กรณีเดินรถเที่ยวกับ	ปริมาณ (ตัน)	ระยะทาง (km)
17) F0>F7>((F20<F0)*3)	17) F0+F7(20)+F20 (30)=50	17) F0+F7(60)+F20(18)+F0(16*2) = 188
18) F0>F20>((F46<F0)*29)	18) F0+F20(41)+F46 (709)=750	18) F0+F20(16)+F46(15)+F0(67*2*28)+67 = 2,848
19) F0>F46>((F45<F0)*42)	19) F0+F46(10)+F45(1040) =1050	19) F0+F46(67)+F45(12)+F0(38*2*41) +38= 3,274
20) F0>F45>((F47<F0)*18)	20) F0+F45(28)+F47 (422)=450	20) F0+F45(38)+F47(33)+F0(27*2*17) +27= 1,060
21) F0>F47>((F17<F0)*30)	21) F0+F47(5)+F17(845) =850	21) F0+F47(27)+F17(33)+F0(49*2*29) +49= 2,842
22) F0>F30>((F19<F0)*38)	22) F0+F30(34)+F19 (916)=950	22) F0+F30(49)+F19(10)+F0(51*2*37)+51 = 3,892
23) F0>F19>((F52<F0)*46)	23) F0+F19(29)+F52(1121) =1150	23) F0+F19(51)+F52(43)+F0(72*2*45)+72 = 6,668
24) F0>F52>((F15<F0)*34)	24) F0+F52(43)+F15(807) =850	24) F0+F52(72)+F15(13)+F0(67*2*33) +67= 4,592
25) F0>F15>((F11<F0)*88)	25) F0+F15(35)+F11(2185) =2200	25) F0+F15(67)+F11(12)+F0(83*2*87) +83= 14,600
26) F0>F11>((F13<F0)*46)	26) F0+F11(21)+F13(1129) =1150	26) F0+F11(83)+F13(11)+F0(83*2*45) +83= 7,658
27) F0>F13>((F14<F0)*38)	27) F0+F13(48)+F14 (902)=950	27) F0+F13(83)+F14(8)+F0(93*2*37)+93 = 7,064
28) F0>F14>((F12<F0)*26)	28) F0+F14(43)+F12(607) =650	28) F0+F14(93)+F12(8)+F0(83*2*25) +83= 4,352
29) F0>F12>((F34<F0)*6)	29) F0+F12(48)+F34(102) =150	29) F0+F12(83)+F34(58)+F0(50*2*5)+50 = 782
30) F0>F34>((F40<F0)*11)	30) F0+F34(2)+F40 (248)=250	30) F0+F34(50)+F40(9)+F0(48*2*4) +48= 982
31) F0>F30>((F49<F0)*4)	31) F0+F30(31)+F48 (119) =150	31) F0+F30(48)+F48(14)+F0(54*2*3)+54 =664

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4-20 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวล บริษัท อ้อยและน้ำตาลตะวันออก จำกัด กรณีที่ 1 (ต่อ)

เส้นทางการเก็บขนที่สั้นที่สุด – กรณีเดินรถทางเดียว

F30>F2>F1>F3>F18>F44>F16>F53>F5>F8>F4>F21>F10>F37>F6>F7>F20>F46>F45>F47>F17>F19>F52>

F15>F11>F13>F14>F12>F34>F40>F48>F50>F33>F26>F24>F25>F27>F28>F29>F23>F35>F42>F32>F43>F41>F38>F36>F31>F39>F49>F51>F9>F54>F22>0

รูปแบบการเก็บ ขน – กรณีเดินรถเที่ยวกับ	ปริมาณ (ตัน)	ระยะทาง (km)
32) F0>F48>((F50<F0)*24)	32) F0+F48(35)+F50(565) =600	32) F0+F48(54)+F50(3)+F0(24*2*23)+24 = 1,218
33) F0>F50>((F53<F0)*22)	33) F0+F50(7)+F53 (450)=500	33) F0+F50(24)+F33(15)+F0(61*2*21) +61= 2,396
34) F0>F33>((F26<F0)*8)	34) F0+F33(50)+F26(200) =250	34) F0+F33(61)+F26(15)+F0(24*2*7) +24= 584
35) F0>F26>((F24<F0)*26)	35) F0+F26(20)+F24(530) =850	35) F0+F26(24)+F24(8)+F0(35*2*25) +35= 1,814
36) F0>F24>((F25<F0)*24)	36) F0+F24(8)+F25 (592)=600	36) F0+F24(35)+F25(8)+F0(41*2*23) +41= 1,972
37) F0>F25>((F27<F0)*32)	37) F0+F25(40)+F27 (760)=800	37) F0+F25(41)+F27(9)+F0(46*2*31) +46= 2,952
38) F0>F27>((F28<F0)*46)	38) F0+F27(40)+F28 (1123)=1150	38) F0+F27(46)+F28(175)+F0(36*2*45) +36= 3,682
39) F0>F28>((F29<F0)*29)	39) F0+F28(49)+ F29 (701) =750	39) F0+F28(36)+ F29(31)+F0(26*2*28)+26 = 1,642
40) F0>F29>((F33<F0)*32)	40) F0+F29(2)+F33(798) =800	40) F0+F29(26)+F23(29)+F0(42*2*31)+42 = 2,714
41) F0>F23>F35>E42>((F32<F0)*4)	41) F0+F23(2)+F35(12)+E42(24)+F32(52) =100	41) F0+F23(42)+F35(22)+E42(10)+F32(6)+F0(37*2*3)+37
42) F0>F32>((F43<F0)*5)	42) F0+F32(27)+F43(123) =150	=382
43) F0>F43>((F41<F0)*4)	43) F0+F43(2)+F41(98) =100	42) F0+F32(37)+F43(8)+F0(47*2*4) +47= 560
44) F0>F41>((F38<F0)*2)	44) F0+F41(11)+F38(49) =50	43) F0+F43(47)+F41(18)+F0(33*2*3) +33= 328
45) F0>F38>((F36<F0)*13)	45) F0+F38(19)+F36 (281)=300	44) F0+F41(33)+F38(20)+F0(38*2) = 182
46) F0>F36>F31>((F39<F0)*8)	46) F0+F36(37)+F31+F39 = 200	45) F0+F38(38)+F36(12)+F0(47*2*12)+47 = 1,134
		46) F0+F36(47)+F31(16)+F39(25)+F0(45*2*7)+45 = 806

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4-20 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวล บริษัท อ้อยและน้ำตาลตะวันออก จำกัด กรณีที่ 1 (ต่อ)

เส้นทางการเก็บขนที่สั้นที่สุด – กรณีเดินรถทางเดียว **F30>F2>F1>F3>F18>F44>F16>F53>F5>F8>F4>F21>F10>F37>F6>F7>F20>F46>F45>F47>F17>F19>F52>F15>F11>F13>F14>F12>F34>F40>F48>F50>F33>F26>F24>F25>F27>F28>F29>F23>F35>F42>F32>F43>F41>F38>F36>F31>F39>F49>F51>F9>F54>F22>0**		
รูปแบบการเก็บ ขน – กรณีเดินรถเที่ยวกับ	**ปริมาณ (ตัน)**	**ระยะทาง (km)**
47) F0>F39>((F49<F0)*19)	47) F0+F39(29)+F49 (321)=450	47) F0+F39(45)+F49(42)+F0(63*2*18)+63 = 2,316
48) F0>F49>((F51<F0)*4)	48) F0+F49(50)+F51 =150	48) F0+F49(63)+F51(20)+F0(64*2*3)+64 = 806
49) F0>F51>((F9<F0)*49	49) F0+F51(8)+F9 (192)=200	49) F0+F51(64)+F9(84)+F0(39*2*48) +39= 842
50) F0>F9>((F54<F0)*72)	50) F0+F9 (34)+F54 (1766) =1800	50) F0+F9(39)+F54(21)+F0(68*2*71) +68= 9,776
51) F0>F54>((F22<F0)*4)	51) F0+F54(44)+F22(101) =145	51) F0+F54(68)+F22(74)+F0(28*2*3)+28= 564
รวมทั้งสิ้น	**30,345 ตัน**	**61,338 กิโลเมตร**

ตารางที่ 4-21 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวล บริษัท อ้อยและน้ำตาลตะวันออก จำกัด กรณีที่ 2

เส้นทางการเก็บขนที่สั้นที่สุด - กรณีเดินรถทางเดียว **f0>f3>f2>f1**		
รูปแบบการเก็บขน – กรณีเดินรถเที่ยวกลับ	**ปริมาณ (ตัน)**	**ระยะทาง (km)**
1) f0>(f3<f0)*152)	1) f0+f3(3,800) = 3,800	1) f0+f3(59)+f0(59*2*151)+59 = 17,936
2) f0>f3>(f2<f0)*84)	2) f0+f3(49)+f2(2,051) = 2,100	2) f0+f3(59)+f2(85)+f0(87*2*83)+87 = 14,730
3) f0>f2>(f1<f0)*38)	3) f0+f2(17)+f1(893) = 910	3) f0+f2(87)+f1(59)+f0(129*2*37) +129= 21,706
รวมทั้งสิ้น	**6,809 ตัน**	**54,372 กิโลเมตร**

4.3.3.8 การขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า (บริษัท แก้วลำดวน เพาเวอร์ซัพพลาย จำกัด)

1) กรณีที่ 1 มีจุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในระดับตำบลโรงไฟฟ้าชีวมวล บริษัท แก้วลำดวน เพาเวอร์ซัพพลาย จำกัด มีจุดรวบรวมจำนวน 49 จุดประกอบด้วยเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ จำนวน 17,776 ตันโดยประมาณ เมื่อทำการสร้างเมตริกของระยะทางดังตารางที่ ฉ-7 กรณีมีรถบรรทุกเก็บขน 1 คันออกจากโรงไฟฟ้าชีวมวลในกรณีมีการเดินรถทางเดียวจะพบว่ามีเส้นทางการเดินรถออกจากโรงไฟฟ้าไปยังตำแหน่ง G4>G47>>G48>G49>G45>G26>G27>G25>G18>G19>G11 >G24>G23>G9>G12>G8>G15>G14 >G38>G30>G29>>G37>G41>G43>G44>G40>G36>G42>G39 >G5>G6>G3>G1>G4>G2>G34>G33>G35>G28>G31>G10>G20>G21>G17>G16>G22>G13 และกลับโรงไฟฟ้า ซึ่งมีระยะทางรวม 779 กิโลเมตร ด้วยมีปริมาณชีวมวลหง้ามันสำปะหลังที่ต้องเก็บขนมีทั้งหมด 17,776 ตันโดยประมาณ และบางสถานีเก็บขน มีปริมาณไม่เพียงพอหรือเกินความจุของรถบรรทุกในแต่ละเที่ยว จึงมีรูปแบบการเก็บขนดังตารางที่ 4-21 มีรูปแบบการเก็บขนอยู่ 39 เส้นทาง เก็บขนเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้จำนวน 49 ตำแหน่ง น้ำหนักรวม 17,776 ตัน กรณีมีรถบรรทุก 1 คันของโรงไฟฟ้าเก็บขนในอัตรา 25 ตันต่อเที่ยว ใช้ระยะทางรวม 64,124 กิโลเมตร ฉะนั้นมีจำนวนเที่ยวเก็บขนเฉลี่ย 712 เที่ยว และระยะทางโดยเฉลี่ย 90 กิโลเมตรต่อเที่ยว (ไป-กลับ) หากมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถบรรทุก 20 บาท/กิโลเมตร ดังนั้นการขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า ของบริษัท บริษัท แอ๊ดวานซ์ คลีน เพาเวอร์ จำกัด มีต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 1,800 บาทต่อเที่ยว คิดเป็นต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงในการขนส่ง 94 บาทต่อตัน

2) กรณีที่ 2 มีจุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในระดับอำเภอ ในกรณีที่บริษัท แก้วลำดวน เพาเวอร์ซัพพลาย จำกัด มีการจัดตั้งจุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในระดับอำเภอนั้น จะมีจำนวนจุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังจำนวน 10 จุด ประกอบด้วยเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้จำนวน 44,494 ตัน เมื่อทำการสร้างเมตริกของระยะทางดังตารางที่ ช-7 กรณีมีรถบรรทุกเก็บขน 1 คันออกจากโรงไฟฟ้าชีวมวลโดยมีเส้นทางการเดินรถทางเดียวเพื่อรับเหง้ามันสำปะหลัง จะมีเส้นทางเดินรถ ที่สั้นที่สุดรวมระยะทางสะสม 515 กิโลเมตร คือ รถบรรทุกออกจากโรงไฟฟ้า (g0)ไปยังจุดเก็บขน g6>g8>g3>g5>g1>g7>g4>g2>g11>g12>g13 >g10 แต่เนื่องด้วยปริมาณหง้ามันสำปะหลังที่ต้องเก็บขนมีทั้งหมด 44,494 ตันจาการประเมิน และบางสถานีเก็บขน มีปริมาณไม่เพียงพอหรือเกินความจุของรถบรรทุกในแต่ละเที่ยว จึงมีรูปแบบการเก็บขนดังตารางที่ 2-22 คือมีรูปแบบการเก็บขนใน 13 เส้นทาง เก็บขนเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้จำนวน 10 ตำแหน่ง น้ำหนักรวม 44,494 ตัน กรณีมีรถบรรทุก 1 คันของโรงไฟฟ้าเก็บขนในอัตรา 25 ตันต่อเที่ยว ใช้ระยะทางรวม 208,820 กิโลเมตร ฉะนั้นจึงมีจำนวนเที่ยวเก็บขนเฉลี่ย 1,790 เที่ยว และระยะทางโดยเฉลี่ย 117 กิโลเมตรต่อเที่ยว (ไป-กลับ) หากมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถบรรทุก 20 บาท/กิโลเมตร ดังนั้นการขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้า

บริษัท แก้วลำดวน เพาเวอร์ซัพพลาย จำกัด มีต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 2,347 บาทต่อเที่ยว คิดเป็นต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงในการขนส่ง 94 บาทต่อตัน

ตารางที่ 4-22 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวล (บริษัท แก้วลำดวน เพาเวอร์ซัพพลาย จำกัด) กรณีที่ 1

เส้นทางการเก็บขนที่สั้นที่สุด - กรณีเดินรถทางเดียว

G46>G47>>G48>G49>G45>G26>G27>G25>G18>G19>G11>G24>G23>G9>G12>G8>G15>G14>G38>G30>G29>G37>G41>G43>G44>G40>>G36>G42>G39>G32>G7>G5>G6>G3>G1>G4>G2>G34>G33>G35>>G28>G31>G10>G20>G21>G17>G16>G22>G13>0

รูปแบบการเก็บขน – กรณีเดินรถเที่ยวกับ	ปริมาณ (ตัน)	ระยะทาง (km)
1) G0>((G46<G0)*31)	1) G0+G46(750) = 750	1) G0+G46(12)+G0(12*2*30)+12 = 720
2) G0>G46>((G47<G0)*26)	2) G0+G46(28)+G47(622) =650	2) G0+G46(12)+G47(9)+G0(16*2*25)+16 = 842
3) G0>G47>((G48<G0)*26)	3) G0+G47(18)+G48(632) =650	3) G0+G47(16)+G48(9)+G0(24*2*25)+24 = 1,250
4) G0>G48>((G49<G0)*20)	4) G0+G48(6)+G49(452) =500	4) G0+G48(24)+G49(6)+G0(26*2*19)+26 = 1,048
5) G0>G49>((G45<G0)*8)	5) G0+G49(19)+G45(181) =200	5) G0+G49(26)+G45(29)+G0(20*2*7)+20 = 390
6) G0>G45>((G46<G0)*38)	6) G0+G45(7)+G46(943) =950	6) G0+G45(20)+G26(17)+G0(40*2*37)+40 = 3,034
7) G0>G26>((G27<G0)*24	7) G0+G26(19)+G27(631) =600	7) G0+G26(40)+G27(21)+G0(72*2*23)+72 = 3,434
8) G0>G27>((G25<G0)*18)	8) G0+G27(7)+G25(443) =450	8) G0+G27(72)+G25(14)+G0(66*2*17)+66 = 2,416
9) G0>G25>((G18<G0)*20)	9) G0+G25(12)+G18(488) =500	9) G0+G25(66)+G18(14)+G0(65*2*19)+65 = 2,620
10) G0>G18>((G19<G0)*10)	10) G0+G18(38)+G19(212) =250	10) G0+G18(65)+G19(13)+G0(55*2*9)+55 = 1,146
11) G0>G19>((G21<G0)*12)	11) G0+G19(11)+G21(289) =300	11) G0+G19(55)+G11(6)+G0(47*2*11)+47 = 1,056
12) G0>G11>((G24<G0)*8)	12) G0+G11(12)+G24 (238)=250	12) G0+G11(47)+G24(13)+G0(58*2*7)+58 = 932
13) G0>G14>((G23<G0)*6)	13) G0+G14(15)+G23(235) =300	13) G0+G14(58)+G23(14)+G0(54*2*5)+54 = 684
14) G0>G23>((G9<G0)*2)	14) G0+G23(19)+G9(31) =50	14) G0+G23(54)+G9(19)+G0(43*2) = 232
15) G0>G9>((G12<G0)*28)	15) G0+G9(45)+G12(605) =650	15) G0+G9(43)+G12(4)+G0(46*2*27)+46 = 2,578

ตารางที่ 4-22 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวล (บริษัท แก้วลำดวน เพาเวอร์ซัพพลาย จำกัด) กรณีที่ 1 (ต่อ)

เส้นทางการเก็บขนที่สั้นที่สุด - กรณีเดินรถทางเดียว

G46>G47>>G48>G49>G45>G26>G27>G25>G18>G19>G11>G24>G23>G9>G12>G8>G15>G14>G38>G30>G29>G37>G41>G43>G44>

G40>>G36>G42>G39>G32>G7>G5>G6>G3>G1>G4>G2>G34>G33>G35>>G28>G31>G10>G20>G21>G17>G16>G22>G13>0

รูปแบบการเก็บขน – กรณีเดินรถเที่ยวกับ	ปริมาณ (ตัน)	ระยะทาง (km)
16) G0>G12>((G8<G0)*17)	16) G0+G12(12)+G8(438) =450	16) G0+G12(46)+G8(5)+G0(42*2*8)+42 = 1,530
17) G0>G8>((G15<G0)*67)	17) G0+G8(48)+G15(1652) =1700	17) G0+G8(42)+G15(9)+G0(49*2*66)+49 = 6,668
18) G0>G15>((G14<G0)*7)	18) G0+G15(65)+G14(85) = 150	18) G0+G15(49)+G14(9)+G0(58*2*6)+58 = 698
19) G0>G14>G38>((G30<G0)*4)	19) G0+G14(29)+G38(3)+G30(68) = 100	19) G0+G14(58)+G38(16)+G30(11)+G0(68*2*3)+68 = 578
20) G0>G30>G29>G27>((G41<G0)*22)	20) G0+ G30(43)+G29(8)+G27(0)+G41(499) =550	20) G0+G30(68)+G29(5)+G27(12)+G41(19)+G0(73*2*22)+73 =6,548
21) G0>G41>((G43<G0)*6)	21) G0+G41(45)+G43(55) =100	21) G0+G41(73)+G43(15)+G0(74*2*17)+74 =916
22) G0>G43>((G44<G0)*12)	22) G0+G43(35)+G44(265) =300	22) G0+G43(74)+G44(10)+G0(64*2*11)+64 =1,576
23) G0>G44>((G40<G0)*18)	23) G0+G44(31)+G40(419) =450	23) G0+G44(64)+G40(21)+G0(62*2*42)+62 =2,278
24) G0>G40>((G36<G0)*27)	24) G0+G40(35)+G36(665) =700	24) G0+G40(62)+G36(10)+G0(73*2*26)+73= 4,086
25) G0>G36>((G42<G0)*43)	25) G0+G36(13)+G42 (987)=1000	25) G0+G36(73)+G42(12)+G0(77*2*42)+77 = 4,086
26) G0>G42>((G39<G0)*9)	26) G0+G42(34)+G39(416) =450	26) G0+G42(77)+G39(4)+G0(59*2*8)+59=2,168
27) G0>G39>((G32<G0)*3)	27) G0+G39(26)+G32(674) =700	27) G0+G39(59)+G32(18)+G0(69*2*2)+69 =568
28) G0>G32>((G7<G0)*3)	28) G0+G32(12)+G7(38) =50	28) G0+G32(69)+G7(22)+G0(76*2) = 234
29) G0>G7>((G5<G0)*2)	29) G0+G7(26)+G5(24) =50	29) G0+G7(76)+G5(4)+G0(80*7) = 32

ตารางที่ 4-22 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวล (บริษัท แก้วลำดวน เพาเวอร์ซัพพลาย จำกัด) กรณีที่ 1 (ต่อ)

เส้นทางการเก็บขนที่สั้นที่สุด - กรณีเดินรถทางเดียว **G46>G47>>G48>G49>G45>G26>G27>G25>G18>G19>G11>G24>G23>G9>G12>G8>G15>G14>G38>G30>G29>G37>G41>G43>G44>** **G40>>G36>G42>G39>G32>G7>G5>G6>G3>G1>G4>G2>G34>G33>G35>>G28>G31>G10>G20>G21>G17>G16>G22>G13>0**		
รูปแบบการเก็บขน – กรณีเดินรถเที่ยวกับ	**ปริมาณ (ตัน)**	**ระยะทาง (km)**
30) G0>G5>G6>G3>G1>G4>G2>((G34<G0)*2)	30) G0+G34(18)+G33(182) =200	30) G0+G5(80)+G6(10)+G3(9)+G1(6)+G4(10)
31) G0>G34>((G33<G0)*8)	31) G0+G33(22)+G35(28) =50	31) +G2(24)+G0(75*2) = 428
32) G0>G33>((G35<G0)*2)	32) G0+G35(2)+G28(1)+G31(10)+G10	32) G0+G34(75)+G33(6)+G0(70*2*7) +70 = 1,142
33) G0>G35>G28>G31>((G10<G0)*13)	(287)=300	33) G0+G33(70)+G35(5)+G0(73*2) = 592
34) G0>G10>((G20<G0)*27)	33) G0+G10(24)+G20 (626)=650	34) G0+G35(73)+G28(7)+G31(7)+G10(12)
35) G0>G20>((G21<G0)*44)	34) G0+G20(28)+G21(972) =1000	35) +G0(43*2*12)+43 =1,144
36) G0>G21>((G17<G0)*13)	35) G0+G21(34)+G17(316) =350	36) G0+G10(43)+G20(35)+G0(26*2*26) = 1,402
37) G0>G17>((G16<G0)*19)	36) G0+G17(16)+G16 (484)=500	37) G0+G20(26)+G21(19)+G0(11*2*43)+ = 926
38) G0>G16>((G32<G0)*24)	37) G0+G16(1)+G32 (549) =550	38) G0+G21(11)+G17(25)+G0(33*2*12) +33= 930
39) G0>G22>((G13<G0)*36)	38) G0+G22(32)+G13(880)=916	39) G0+G17(33)+G16(4)+G0(31*2*18)+31 = 1,252
	39) G0+G22(32)+G13(880)=916	40) G0+G16(31)+G32(30)+G0(59*2*10)+59 = 2,600
		41) G0+G22(59)+G13(120)+G0(28*2*35) +28= 2,430
รวมทั้งสิ้น	**17,776**	**64,124**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4-23 รูปแบบการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวล (บริษัท แก้วลำดวน เพาเวอร์ซัพพลาย จำกัด) กรณีที่ 2

เส้นทางการเก็บขนที่สั้นที่สุด - กรณีเดินรถทางเดียว

G0 > G6 > G8> G3> G5> G1> G7> G4> G9> G2> G11> G12> G13> G10

รูปแบบการเก็บขน – กรณีเดินรถเที่ยวกลับ	**ปริมาณ (ตัน)**	**ระยะทาง (km)**
1) g0+(g6+g0)*152)	1) g0+g6 (2,100) = 2,100	1) g0+g6(8)+g0(8*2*151) + 75 = 2,588
2) g0+g6+(g8+g0)*52)	2) g0+g6(8) + g8(1,282) = 1,300	2) g0+g6(8)+g8(47)+g0(82*2*51) +25 = 8,360
3) g0+g8+(g3+g0)*232)	3) g0+g8(12) + g3(5,793) = 5,800	3) g0+g8(82)+g3(47)+g0(101*2*231) +101 = 46,920
4) g0+g3+(g5+g0)*234)	4) g0+g3(18) + g5(5,793) = 5,800	4) g0+g3(101)+g5(58)+g0(48*2*232)+116 = 22,822
5) g0+g5+(g1+g0)*162)	5) g0+g5(3) + g1(3,997) = 4,000	5) g0+g5(48)+g1(53)+g0(17*2*161)+17 = 5,676
6) g0+g1+(g7+g0)*94)	6) g0+g1(6) + g7(2,294) = 2,300	6) g0+g1(17)+g7(30)+g0(46*2*93) +46 = 14,906
7) g0+g7+(g4+g0)*108)	7) g0+g7(5) + g4(2,695) = 2,700	7) g0+g7(46)+g4(34)+g0(61*2*107)+53 = 8,654
8) g0+g4+(g9+g0)*192)	8) g0+g4(33) +g9 (4,797) = 4,830	8) g0+g4(61)+g9(22)+g0(76*2*191)+96 = 29,542
9) g0+g9+(g2+g0)*166)	9) g0+g9(32) +g2(4,120) = 4,150	9) g0+g9(76)+g2(36)+g0(74*2*165) + 82 = 24,660
10) g0+g2+(g11+g0)*312)	10) g0+g2(2) + g11(7,778) = 7,800	10) g0+g2(74)+g11(94)+g0(47*2*311) +155 = 29,786
11) g0+g11+(g12+g0)*118)	11) g0+g11(12) + g12 (2,988) = 2,950	11) g0+g11(47)+g12(41)+g0(56*2*117)+58 = 13,284
12) g0+g12+(g13+g0)*20)	12) g0+g12(24) + g13(476) = 500	12) g0+g12(56)+g13(38)+g0(67*2*19)+10 = 2,620
13) g0+g13+(g10+g0)*6)	13) g0+g13(13) + g10(87) = 100	13) g0+g13(67)+g10(19)+g0(85*2*5) +85= 1,022
รวมทั้งสิ้น	**44,494 ตัน**	**208,820 กิโลเมตร**

4.4 สรุปผลการศึกษา

1) ศักยภาพเชิงปริมาณและคุณภาพของเหง้ามันสำปะหลัง

จากผลวิเคราะห์คุณสมบัติของเหง้ามันสำปะหลังเพื่อประเมินสมบัติเชิงคุณภาพพบว่า มีลักษณะทางกายภาพที่มีรูปร่างไม่แน่นอน มีลักษณะเป็นแหง่ง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5-4.5 มิลลิเมตร มีความชื้นร้อยละ 53.40 และความหนาแน่น 193 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และจากผลวิเคราะห์สมบัติทางเคมีจากการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบประมาณ (Proximate Value) ของเหง้ามันสำปะหลัง พบว่า มีค่าความร้อนต่ำ (Low Heating Value: LHV) เท่ากับ 8.19 MJ/kg และค่าความร้อนสูง (Hight Heating Value: HHV) เท่ากับ 12.50 MJ/kg ประกอบด้วยร้อยละ 4.27 ของความชื้น ร้อยละ 80 ของสารอินทรีย์ระเหย ร้อยละ 2.73 ของเถ้า และร้อยละ 13 ของคาร์บอนคงตัว และจากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบแยกธาตุ พบว่า เหง้ามันสำปะหลัง มีปริมาณธาตุคาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ไนโตรเจน (N) ซัลเฟอร์ (S) และออกซิเจน (O) ในสัดส่วนร้อยละ 46.12 , 7.55, 1.13, 0.03 และ 54.83 ตามลำดับและจากการประเมินศักยภาพเชิงปริมาณของเหง้ามันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออก ครอบคลุมพื้นที่ 34,380.50 ตารางกิโลเมตร ใน 7 จังหวัด ได้แก่ ปราจีนบุรี ฉะเชิงเทรา ชลบุรี ระยอง จันทบุรี ตราด และสระแก้ว โดยใช้ชุดข้อมูลพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง จากแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินรายจังหวัดในพื้นที่ภาคตะวันออก (กรมพัฒนาที่ดิน, 2561) พบว่า ในจังหวัดจันทบุรี ระยอง ชลบุรี สระแก้ว ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี และตราดมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 78,133 81,790 250,427 603,684 247,146 268.378 และ 6 ไร่ ตามลำดับ คิดเป็นพื้นที่รวมทั้งหมด 1,529,576 ไร่ และจากอัตราผลผลิตมันสำปะหลังต่อไร่เฉลี่ย 3 ปีย้อนหลัง จากข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ปี 2558-2560 พบว่า ในจังหวัดจันทบุรี ระยอง ชลบุรีสระแก้ว ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี และตราดมีอัตราผลผลิตมันสำปะหลังต่อไร่เฉลี่ย 3.24 4.40 4.02 3.29 3.38 3.36 และ 3.62 ตันต่อไร่ตามลำดับ และจากผลอ้างอิงการศึกษาสัดส่วนเหง้ามันสำปะหลังต่อหัวมันสำปะหลังสด ภายใต้การดำเนินโครงการศึกษาแนวทางบริหารจัดการเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนระดับชุมชนในปี 2553 โดยการเก็บข้อมูลในแปลงเกษตรกรใน เขตอำเภอเมืองนครราชสีมา แบบสุ่ม อำเภอละ 3 แปลงโดยไม่ซ้ำสายพันธุ์กัน แต่ละแปลงทำการเก็บข้อมูล 18 ซ้ำ สำหรับการเก็บน้ำหนักหัวมันสด น้ำหนักเหง้ามันสด สรุปได้ว่า สัดส่วนเหง้ามันสำปะหลังต่อหัวมันสำปะหลังสด มีสัดส่วนเหง้ามันเฉลี่ยที่ 0.112 หรือคิดเป็นร้อยละ 12 ของปริมาณผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2553) นั่นคือในพื้นที่ภาคตะวันออกมีปริมาณเหง้ามันสำปะหลังเกิดขึ้นในแปลงปลูก 636,003 ตัน โดยจังหวัดจันทบุรี ระยอง ชลบุรี สระแก้ว ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี และตราด มีปริมาณเหง้ามันสำปะหลังเหลือทิ้งในแปลงปลูกเกิดขึ้น 30,125 42,825 119,889 236,444 99,436 107,280 และ 2 ตันต่อปี มีศักยภาพในการผลิตพลังงาน 52,718.89 74,944.36 209,805.88 413,777.52 174,014.38 187,740.09

และ 4.74 จิกะจูลต่อปี หรือเทียบเท่าการใช้เป็นพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลังทดแทนน้ำมันดิบ 1,259.11 1,789.93 5,010.89 9,882.43 4,156.06 4,483.88 และ 0.11 toe

2) การขนส่งเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวลในพื้นที่ภาคตะวันออก

การขนส่งเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวล 7 แห่งในพื้นที่ภาคตะวันออก ประกอบด้วย บริษัท บีดับบลิว พาวเวอร์ซัพพลาย จำกัด บริษัท แอ๊ดวานซ์ คลีน เพาเวอร์ จำกัด บริษัท น้ำตาลระยอง จำกัด บริษัท น้ำตาลนิวกว้างสุ้นหลี จำกัด บริษัท พลังงานเพื่อการอนุรักษ์และสิ่งแวดล้อม จำกัด บริษัท น้ำตาลและอ้อยตะวันออก จำกัด และบริษัท แก้วลำดวน เพาเวอร์ซัพพลาย จำกัด โดยประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการออกแบบเส้นทางขนส่งเหง้ามันสำปะหลังจากแปลงปลูกในพื้นที่ภาคตะวันออกไปยังโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใกล้ที่สุด โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์โครงข่ายเพื่อคำนวณหาเส้นทางการจัดส่งที่สั้นที่สุด (Network Analysis) บนระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เพื่อหาระยะทางที่สั้นที่สุดในการขนส่งเหง้ามันสำปะหลังจากแปลงเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใกล้ที่สุด (Single Source Shortest Paths) ผลการศึกษาพบว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถวิเคราะห์เส้นทางขนส่งที่เหมาะสมได้อย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับสภาพการขนส่งจริงดังแสดงรายละเอียดข้างต้น โดยพบว่าในพื้นที่ภาคตะวันออกมีจำนวนแปลงปลูกมันสำปะหลังขนาดพื้นที่ตั้งแต่ 10 ไร่ ขึ้นไป จำนวน 23,030 แปลง กระจายอยู่ทั่วทุกพื้นที่ในภาคตะวันออก แบ่งเป็น จำนวน 194 แปลงขนส่งเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่ บริษัท บีดับบลิว พาวเวอร์ซัพพลาย จำกัด จำนวน 1,890 แปลง ขนส่งเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่บริษัทแอ๊ดวานซ์ คลีน เพาเวอร์ จำกัด จำนวน 3,779 แปลง ขนส่งเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่ บริษัทน้ำตาลระยอง จำกัด จำนวน 2,660 แปลง ขนส่งเข้าสู่บริษัท น้ำตาลนิวกว้างสุ้นหลี จำกัด จำนวน 2,679 แปลง ขนส่งเข้าสู่บริษัทพลังงานเพื่อการอนุรักษ์และสิ่งแวดล้อมจำกัด จำนวน 6,806 แปลง ขนส่งเข้าสู่บริษัท น้ำตาลและอ้อยตะวันออก จำกัด และจำนวน 5,022 แปลง ขนส่งเข้าสู่บริษัทแก้วลำดวน เพาเวอร์ซัพพลาย จำกัด

อย่างไรก็ดีในกรณีมีการเก็บขนจริงหากมีการกระจายตัวของแปลงสูง อีกทั้งอัตราการเกิดชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในแปลง 0.112 ต่ออัตราผลผลิต นั่นคือในพื้นที่ภาคตะวันออกมีอัตราผลผลิตหัวมันสำปะหลัง 3.62 ตันต่อไร่ นั่นคือจะเกิดชีวมวล 0.43 ตันต่อไร่ นั่นคือมีความเป็นไปได้น้อยที่จะมีเกษตรกรเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังในแปลงและขนส่งเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวลโดยตรงโดยใช้รถบรรทุกเที่ยวไป-กลับ ในการศึกษาครั้งนี้จึงศึกษาในกรณีมีแหล่งรับซื้อชีวมวลและเตรียมเชื้อเพลิงชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ในระดับตำบลก่อนขนส่งไปยังโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใกล้ที่สุด โดยจากการแบ่งจุดเก็บขนในระดับตำบลทั้งหมด 272 จุด (1 ตำบล 1 จุดเก็บขน) ประกอบด้วย บริษัท บีดับบลิว พาวเวอร์ซัพพลาย จำกัด จำนวน 11 จุด บริษัท แอ๊ดวานซ์ คลีน เพาเวอร์ จำกัด จำนวน 32 จุด บริษัท น้ำตาลระยอง จำกัด จำนวน 59 จุด บริษัท น้ำตาลนิวกว้างสุ้นหลี จำกัด จำนวน 20 จุด บริษัท พลังงานเพื่อการอนุรักษ์และสิ่งแวดล้อม จำกัด จำนวน 44 จุด บริษัท น้ำตาลและอ้อยตะวันออก จำกัด จำนวน 54 จุด

และบริษัท แก้วลำดวน เพาเวอร์ซัพพลาย จำนวน 49 จุด และมีการจัดเส้นทางเดินรถเก็บขนชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังของแต่ละโรงไฟฟ้า โดยประยุกต์ใช้การวิธีการจัดเส้นทางเดินรถแบบประหยัด (Saving algorithm) กรณีมีรถบรรทุก1 คัน ของแต่ละโรงไฟฟ้า สามารถเก็บขนได้ในอัตราเก็บขนชีวมวลเหง้ามันสำปะหลัง 25 ตันต่อเที่ยวดังแสดงในตารางที่ 4-23 ซึ่งจากผลการศึกษา พบว่า พื้นที่ภาคตะวันออกมีจำนวน 272 ตำบล หรือ 272 จุดรับซื้อและเตรียมชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ มีปริมาณชีวมวลพร้อมใช้รวม 89,040 ตัน ซึ่งหากเก็บขนในอัตรา 25 ตันต่อเที่ยว จะมีเที่ยวการเก็บขนทั้งหมด 3,517 เที่ยว มีระยะทางรวม 340,612 กิโลเมตร (ไป-กลับ) ระยะทางเก็บขนเฉลี่ย 97 กิโลเมตรต่อเที่ยว (ไป-กลับ) รวมต้นทุนค่าเชื้อเพลิงรถบบรทุกเก็บขนอัตรา 20 บาทต่อกิโลเมตร คิดเป็นค่าเชื้อเพลิงเฉลี่ย 1,914 บาทต่อเที่ยว หรือ 76 บาทต่อตันชีวมวลเหง้ามันสำปะหลัง ในการเก็บขนชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังของแต่ละโรงไฟฟ้าชีวมวล กรณีมีจุดเก็บขนระดับอำเภอดังตารางที่ 4-24 นั้น พบว่า พื้นที่ภาคตะวันออกมีจำนวน 43 อำเภอ หรือ 43 จุดรับซื้อและเตรียมชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ มีปริมาณชีวมวลพร้อมใช้รวม 89,040 ตัน ซึ่งหากเก็บขนในอัตรา 25 ตันต่อเที่ยว จะมีเที่ยวการเก็บขนทั้งหมด 2,562 เที่ยว มีระยะทางรวม 385,576 กิโลเมตร (ไป-กลับ) ระยะทางเก็บขนเฉลี่ย 108 กิโลเมตรต่อเที่ยว (ไป-กลับ) รวมต้นทุนค่าเชื้อเพลิงรถบบรทุกเก็บขนอัตรา 20 บาทต่อกิโลเมตร คิดเป็นค่าเชื้อเพลิงเฉลี่ย 2,165 บาทต่อเที่ยว หรือ 86 บาทต่อตันชีวมวลเหง้ามันสำปะหลัง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4-24 สรุปการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังของแต่ละโรงไฟฟ้าชีวมวล (จุดเก็บขนระดับตำบล)

รายการ	ปริมาณ	จำนวน	จำนวน	ระยะทาง (กิโลเมตร)		ต้นทุนเชื้อเพลิง (บาท)	
	(ตัน)	(จุด)	(เที่ยว)	(รวม)	(เฉลี่ย/เที่ยว)	(บาท/เที่ยว)	(บาท/ตัน)
บริษัท บีดับบลิว พาวเวอร์ซัพพลาย จำกัด	3,433	11	138	18,240	133	2,643	106
บริษัท น้ำตาลนิวกว้างสุ้นหลี จำกัด	4,846	20	176	8,792	50	1,000	40
บริษัท แอ๊ดวานซ์ คลีน เพาเวอร์ จำกัด	8,936	32	356	43,050	120	2,400	96
บริษัท น้ำตาลระยอง จำกัด	14,786	59	518	61,516	208	2,085	84
บริษัท พลังงานเพื่อการอนุรักษ์และสิ่งแวดล้อม จำกัด	7,810	44	312	22,214	71	1,423	56
บริษัท น้ำตาลและอ้อยตะวันออก จำกัด	30,345	54	1,214	122,676	101	2,020	80
บริษัท แก้วลำดวน เพาเวอร์ซัพพลาย	17,776	49	712	64,124	90	1,800	94
รวมทั้งสิ้น	**87,939**	**272**	**3,517**	**340,612**	**97**	**1,914**	**76**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4-25 สรุปการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังของแต่ละโรงไฟฟ้าชีวมวล (จุดเก็บขนระดับอำเภอ)

รายการ	ปริมาณ	จำนวน	จำนวน	ระยะทาง (กิโลเมตร)		ต้นทุนเชื้อเพลิง (บาท)	
	(ตัน)	(จุด)	(เที่ยว)	รวม	เฉลี่ย/เที่ยว	บาท/เที่ยว	บาท/ตัน
บริษัท บีดับบลิว พาวเวอร์ซัพพลาย จำกัด	3969	2	158	2,828	18	356	14
บริษัท น้ำตาลนิวกว้างสุ้นหลี จำกัด	11,365	5	454	40,728	90	1,792	72
บริษัท แอ๊ดวานซ์ คลีน เพาเวอร์ จำกัด	9,390	15	376	45,434	121	2,419	96
บริษัท น้ำตาลระยอง จำกัด	10,556	6	422	30,252	72	1,433	58
บริษัท พลังงานเพื่อการอนุรักษ์และสิ่งแวดล้อม จำกัด	2,457	2	98	3,142	32	639	26
บริษัท น้ำตาลและอ้อยตะวันออก จำกัด	6,809	3	272	54,372	200	3,993	160
บริษัท แก้วลำดวน เพาเวอร์ซัพพลาย	44,494	10	1780	208,820	117	2,347	94
รวมทั้งสิ้น	**89,040**	**43**	**3,560**	**385,576**	**108**	**2,165**	**86**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

อย่างไรก็ดีจากผลการศึกษาสำหรับการแบ่งพื้นที่บริการจัดสรรวัตถุดิบเข้าสู่โรงไฟฟ้าแต่ละโรงงานนั้น ใช้หลักการพิจารณาการขนเหง้ามันสำปะหลังสู่โรงไฟฟ้าที่ใกล้ที่สุด ทำให้มีปริมาณชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่ในแต่ละโรงไฟฟ้าและแต่ละสถานีรวบรวมและเก็บขนย่อย มีปริมาณพื้นที่บริการ และอัตราการเกิดผลผลิตของเหง้ามันสำปะหลังเชิงพื้นที่มีความหนาแน่นไม่เท่ากัน จึงพบปัญหาของพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังที่มีอยู่อย่างกระจัดกระจาย ทำให้ปริมาณชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในแต่ละสถานีเก็บขนนั้นมีปริมาณแตกต่างกันมาก คือจากการศึกษาในครั้งนี้ มีปริมาณชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังน้อยที่สุด ที่ตำบล สัมพันธ์ อำเภอศรีมหาโพธิจังหวัดปราจีนบุรี ในปริมาณ 0.112 ตันและมีปริมาณมากที่สุดที่ตำบลท่ากระดาน อำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 2,874.94 ตัน ในกรณีมีจุดรวบรวมและเก็บขนชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังระดับตำบล แต่เมื่อพิจารณากรณีมีจุดเก็บขนระดับอำเภอ ทำให้มีปริมาณชีวมวลเหง้ามันสำปะหลัง ณ จุดรวบรวมและเก็บขนเพิ่มขึ้น แต่ก็ยังพบปัญหาความเหลื่อมล้ำของปริมาณชีวมวลเหง้ามันสำปะหลัง ในแต่ละสถานีเก็บขนแตกต่างกันมาก ซึ่งในขั้นตอนของการเก็บขนจริงนั้น อาจจำเป็นต้องพิจารณารอบของการเก็บขน อาทิ อาจละเว้นการเก็บขนในสถานีที่มีจำนวนเชื้อเพลงชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังน้อยมาก โดยสามารถรอให้รวบรวมชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังได้อย่างเพียงพอจึงทำการเก็บขน หรือ กลไกลการเพิ่มราคารับซื้อที่สูงขึ้นเพื่อสร้างแรงจูงใจในการขายเชื้อเพลิงชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังของเกษตรกร เป็นต้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษาความเป็นไปได้ของเส้นทางขนส่งเหง้ามันสำปะหลังที่เหมาะสมเพื่อป้อนเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวลในพื้นที่ภาคตะวันออกของประเทศไทยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณ และศักยภาพเชิงพลังงาน ของเชื้อเพลิงชีวมวลเหลือทิ้งจากการเพาะปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออก และออกแบบเส้นทางขนส่งชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออก เข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวลด้วยวิธีวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis) โดยคำนวณหาเส้นทางการขนส่งที่สั้นที่สุด จากโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems :GIS) สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

5.1.1 การประเมินศักยภาพชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในพื้นภาคตะวันออก

การประเมินศักยภาพชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในพื้นภาคตะวันออก ประกอบด้วยการประเมินศักยภาพเชิงปริมาณและศักยภาพการผลิตพลังงานในรูปเชื้อเพลิงชีวมวลแปรรูป พบว่า พื้นที่ภาคตะวันออก มีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 1,529,576ไร่ มีสัดส่วนเหง้ามันสำปะหลังต่อหัวมันสำปะหลังสด (Crop Residual Ratio : CRR) เท่ากับ 0.112 อัตราผลผลิตเฉลี่ยหัวมันสำปะหลัง 3.62 ตันต่อไร่ คิดเป็นปริมาณชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังเกิดขึ้น 636,003 ตัน หรือเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ 89,040 ตัน คิดเป็นศักยภาพการผลิตพลังงาน เท่ากับ 113.01 GJ/ปี เทียบเท่าน้ำมันดิบ 26.58 ktoe สามารถนำมาผลิตไฟฟ้าได้ 61.8 GWh หรือป้อนเข้าสู่โรงไฟฟ้าได้เท่ากับ 8.8 MW

5.1.2 การขนส่งชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวลในพื้นที่ภาคตะวันออก

การออกแบบเส้นทางขนส่งชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออกเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวลด้วยวิธีวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis) เพื่อคำนวณหาเส้นทางการขนส่งที่สั้นที่สุด จากโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic information systems :GIS) จากผลการศึกษาพบว่า ภาคตะวันออกมีโรงไฟฟ้าชีวมวล 7 แห่ง กำลังการผลิตรวม 118 MW คิดเป็นความสามารถในการรับเชื้อเพลิงชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังได้ 73,000,000 ตัน ซึ่งจากข้อมูลพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออก 1,529,576ไร่ มีปริมาณชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังเกิดขึ้น 636,003 ตัน คิดเป็นความหนาแน่นเฉลี่ย 3.62 ตันต่อไร่ คิดเป็นชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังพร้อมใช้ 89,040 ตัน สามารถออกแบบโครงข่ายเส้นทางขนส่งชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังจากแปลงปลูก เข้าสู่

โรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใกล้ที่สุด มีระยะทางเก็บขนรวม 170,306 กิโลเมตรและต้นทุนการขนส่งเฉลี่ย 76 บาทต่อตัน ในกรณีมีสถานีรวบรวมและเก็บขนระดับตำบล และ มีระยะทางเก็บขนรวม 192,788 และต้นทุนการขนส่งเฉลี่ย 86 บาทต่อตัน ในกรณีมีสถานีรวบรวมและเก็บขนระดับอำเภอ

อ้างอิงข้อมูลการประเมินต้นทุนการรวบรวมและแปรรูปชีวมวลเหง้ามันสำปะหลัง ภายใต้โครงการศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างต้นแบบการผลิตไฟฟ้าเชิงพาณิชย์จากเหง้ามันสำปะหลังในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา สำนักงานพลังงานจังหวัดนครราชสีมา กระทรวงพลังงาน ปี 2557 พบว่าต้นทุนการรวบรวมและแปรรูปชีวมวลสำปะหลังพร้อมใช้ มีต้นทุน 1,531-1,821 บาทต่อตันในกรณีการอัดแท่งเชื้อเพลิง นั่นคือหากรวมต้นทุนการขนส่งจากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า ต้นทุนการเก็บขนส่งเหง้ามันสำปะหลังที่รวมต้นทุนการรวบรวมเก็บขน และแปรรูปชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังอัดแท่งในพื้นที่ภาคตะวันออกจากการประเมินอยู่ในช่วง 1,607-1,897 บาทต่อตัน ในกรณีมีจุดเก็บขนระดับตำบล และมีต้นทุนการเก็บขนชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังอยู่ในช่วง 1,617-1,907 บาทต่อตัน ในกรณีมีจุดเก็บขนระดับอำเภอ ซึ่งในการรวบรวมและเก็บขนชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังทั้ง 2 กรณียังมีต้นทุนที่สูงกว่า ราคาเชื้อเพลิงไม้สับที่ใช้ในปัจจุบัน (ที่ความชื้น ไม่เกิน 25-30 % ค่าและความร้อน 11.9 MJ/kg มีราคารับซื้อในปัจจุบันที่ 1,300 –1,350 บาท/ตัน) แต่หากมีการสร้างแรงจูงใจและสร้างความเชื่อมันให้เกิดการยอมรับของผู้ซื้อและผู้ขายชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังจากภาครัฐ เช่น การประกันราคาซื้อขาย เพื่อสนับสนุนภาคเกษตรในการบริหารจัดการเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลัง หรือนโยบายผลักทำให้เกิดการสร้างโอกาสในการนำวัสดุเหง้ามันสำปะหลังในกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ให้สามารถแข่งขันด้านราคาได้ ตลอดจนแนวทางการสร้างแรงจูงใจเพื่อการยอมรับการนำชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังมาใช้เป็นพลังงานทดแทน ของโรงงานอุตสาหกรรมในราคาและคุณภาพใกล้เคียง กับเชื้อเพลิงไม้สับที่ใช้ในอยู่ปัจจุบัน นับเป็นการส่งเสริมความเป็นไปได้ของการเกิดตลาดซื้อและขายชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังเชิงพาณิชย์ของประเทศ ซึ่งเป็นการสร้างรายได้กลับมาสู่ชุมชน และลดความขาดแคลนของเชื้อเพลิงชีวมวลของภาคอุตสาหกรรมต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

ด้วยข้อจำกัดขอบเขตด้านพื้นที่ของการวิจัย ทำให้ไม่สามารถลงรายละเอียดสอบทานข้อมูลจริงกับผลการประเมินได้ ได้แก่ไม่สามารถประเมินระยะทาง ณ ตำแหน่งแปลงปลูกมันสำปะหลังถึงจุดรวบรวมระดับตำบลได้ เนื่องจากแปลงปลูกมันสำปะหลังบางแห่งไม่มีถนนสาธารณเข้าถึง จึงไม่มีข้อมูลระยะทางที่แน่นอน และข้อมูลผู้ปลูกมันสำปะหลังที่แท้จริงเพื่อประกอบการประเมิน จึงสามารถเมินได้เพียงข้อมูลการเก็บขนระดับตำบลได้เท่านั้น ซึ่งไม่สามารถประเมินได้ในระดับแปลงปลูก ซึ่งเป็นข้อจำกัดของงานวิจัยที่ไม่สามารถวิเคราะต้นทุนขนส่งจากแปลงปลูกถึงโรงไฟฟ้าชีว

มวล โดยไม่มีจุดเก็บขนได้ หากมีการศึกษาในอนาคต หากลงรายละเอียดและเก็บข้อมูลจริงภาคสนามในพื้นที่ เพื่อใช้สอบทานผลการประเมินเปรียบเทียบการขนส่งชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังจริงของแต่ละโรงไฟฟ้าจะทำให้สามารถสอบทานผลการประเมินได้ถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

รายการอ้างอิง

มานพ วราภักดิ์ (2551). การวิจัยดำเนินงาน. **ศูนย์ผลิตตำราเรียน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. กรุงเทพฯ.**

ใกล้รุ่ง พรอนันต์ (2557). การศึกษาแบบจำลองต้นทุนการขนส่งวัตถุดิบสำหรับการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล (กรณีศึกษา:เหง้ามันสำปะหลัง). **วิทยานิพนธ์บัณฑิตวิทยาลัย หลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยนเรศวร.**

กรมพัฒนาพลังงานทดแทน (2553). **รายงานการศึกษาศักยภาพชีวมวลของประเทศไทยปี พ.ศ. 2553 กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน**

กรมพัฒนาพลังงานทดแทน (2555). **รายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทยปี 2555 กรุงเทพมหานคร: กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน**

ธนัญชัย ลีภักดิ์ปรีดา (2543) การหาค่าเหมาะสมที่สุด หลักการพื้นฐานและขั้นตอนวิธีการ, **สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. กรุงเทพมหานคร**. 1-9

นัฐนนท์ บุญญา (2556). การใช้เหง้ามันสำปะหลังเป็นเชื้อเพลิงสำหรับอบแห้งมันเส้น.**การศึกษาอิสระปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ.2556**

มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลัง แห่งประเทศไทย.(2555) **https://www.tapiocathai.org/Mainpage.html**

วีรชัย อาจหาญ (2548). การประเมินวัตถุดิบและเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลัง. นครราชสีมา: **อุทยานวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี**

วีรชัย อาจหาญ (2552). การพัฒนากระบวนการผลิตวัตถุดิบจากมันสำปะหลังสำหรับอุตสาหกรรมเอทานอล.เชียงใหม่: **ศูนย์นวัตกรรมหลังการเก็บเกี่ยว.**

วัลลภา อินทรวงค์ (2555). การวิเคราะห์ความเหมาะสมเพื่อการอนุรักษ์พันธ์ข้าวสังข์หยดจังหวัดพัทลุง. **วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทนาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์สาสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**

สาวิตตรี คำหอม. วีรชัย อาจหาญ (2551). การศึกษาผลกระทบของสมบัติเชื้อเพลิงชีวมวลต่อค่าความร้อน. **การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย.ครั้งที่ 9. ประจำปี 2551.** 192-193

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.(2555). รายงานสถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนมโน้มปี 2555 **สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์**

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2560). รายงานตัวชี้วัดเศรษฐกิจการเกษตรของประเทศไทย ปี 2560 .**ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์**

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2561) รายงานตัวชี้วัดเศรษฐกิจการเกษตรของประเทศไทย ปี 2561 .**ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์**

สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ (2530). การตรวจสอบวัตถุดิบอาหารสัตว์.พิมพ์ครั้งที่ 1. **ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมการเลี้ยงกุกรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน**

สุเพชร จิรขจรกุล (2551). เรียนรู้ระบบภูมิสารสนเทศด้วยโปรแกรม ArcGIS Desktop 9.2: ครั้งที่ 1. **บริษัท เอส อาร์ พรินติ้ง แมสโปรดักส์ จำกัด**

สุวรรณ์ แสงเพ็ชร์ (2542). การผลิตไฟฟ้าด้วยเหง้ามันสำปะหลัง. รายงานโครงการเฉลิงพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวเนื่องในวโรกาสพระราชพิธีมหามงคงเฉลิงพระชนมพรรษา 6 รอบ 5 ธันวาคม 2542 **ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.** 27-48

Anderson, D.R., Sweeney, D.J. and Williams, T.A., (2003). **An Introduction to Management Science: QuantitativeApproaches to Decision Making**. Thomson: South-Western, Kentucky: 1 – 149.

Dondo C. and Rivett U. (2004). Spatial Information Systems in Managing Public Transport Information. **South African Journal of Information Management**.

Erath A., Van Eggermond M., Fourie P., and Chakirov A. (2013). Decision Support Tools in Transport Planning: From Research to Practice. **Proceeding of the Eastern Asia Society for Transportation Studies.**

G. Clark and J. W. Wright, "Scheduling of vehicles from a central depot to a number of deliverry point" **operation research,** Vol.12.,: 568-581,1964

Gen, M. and Cheng, R. (1997). Genetic algorithms and engineering design. John Wiley&Son, **United Stated of America.**

Geographic Information System Working Group, Phrae Province. (2014). Geographic Information Systems Phrae Province. Information and Communication Section. **Phrae Province (In Thai).**

Fredrick, S. Hillier.(2010). Introduction to operation research ,(9 th ed), **Boston: McGraw-Hill.**

Ladda Tanwanichkul. (2015). Geographic Information Systems for Civil Engineering. Department of Civil Engineering. **Faculty of Engineering. Khon Kaen University. (In Thai)**

L. Devi, P. J. Krzysztof, J. J. J. G. Frans. (2003). "A review of the primary measures for tar elimination in biomass gasification processes". **Biomass and Bioenergy.** 24:125-140 (2003).

L. García, M. L. Salvador, J. Arauzo, R. Bilbao. (1999). "Catalytic steam gasification of pine sawdust. Effect of catalyst weight/biomass flow rate and steam/biomass ratios on gas production and composition". **Energy & Fuels**. 13: 851-859, (1999).

Lv. Pengmei, J. Chang, T. Wang, Y. Fu, Y. Chen, Y. Zhu. (2004). "Hydrogen–rich gas production from biomass catalytic gasification". **Energy & Fuel.** 18: 228–233, (2004).

Nakorn Chaiwongsakda, Prawet Ananaue, Niwest Jeenaboonrueang et al. (2015) "Vehicle Routing by Using a Saving Algorithm and the Traveling Salesman Problem: A Case Study of a Drinking Water Factory". **Thai Journal of Operational Research.** Vol.3 (No.1) (January - June 2015): 51-61. (In Thai).

Oliveira T., Painho M., and Heniques R. (2012). A Spatial Decision Support System for the Portuguese Public Transportation Sector. Proceeding of the Third ACM SIGSPATIAL International Workshop on GeoStreaming: 84-90.

Pichitr Uppathum (2014). The study of suitable route for waste collection: a case study of thasala subdistrict administrative organization, Manchakiri district, Khon Kean province. Master of engineering. School of construction and infrastructure management. Suranaree University of technology. (In Thai)

Sea-lee, P. and Ritviroo, A. (2014) Amixed-Integer Linear Programming Model for Workforce Planning in the Pickled-Ginger Production. Naresuan University Engineering Journal,9(2) : 48-54. (in thai)

Sea-lee, P. and Ritviroo;, A. (2014) An interger Linear Programming Model for herbal Cosmetic Production planning. **KMUTT Reseach and Development Journal**. 37(4): 347 – 360 (in thai)

Suphan Sodsoon, Adisak Singsangtham, Charawut Noitarong and Yongyuth Junrong. (2015). "Ant Colony System (ACS) Algorithm for Fleet Size and Mix Vehicle Routing Problem with Time Windows (FSMVRPTW)". The Journal of Industrial Technology. Vol.11 (No.3) (September – December 2015). (In Thai).

Sutthipong Meeyai. (2006). Routing for distribution by Geographic Information System. Master of Science. **Chulalongkorn University. (In Thai)**

Winston, W.L., Venkataramanan, M. (2003), Introduction to Mathematical Programming, **4e, Thomson:Brooks/Cole.**

ภาคผนวก ก

บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายชื่อบทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

Mananya Saengsaior, Weerachai Arjharn, Pansa Liplab, Thipsupin Hinsui, (2020) A Study on the potential of Electricity generation from cassava rhizome in eastern region area of Thailand. International Conference on Renewable and Clean Energy (ICRCE 2020) July 19-21, 2020 in Kogakuin University, Tokyo, Japan

มนันญา แสงสายออ, ทิพย์สภินทร หินซุย, พรรษา ลิบลับ, และ วีรชัย อาจหาญ. (2561) การศึกษาศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าเชิงพาณิชย์จากเหง้ามันสำปะหลังในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา. การนำเสนอผลงานการประชุมวิศวกรรมฟาร์มและระบบควบคุมอัตโนมัติ ครั้งที่ 5 ในวันที่ 14 ธันวาคม 2561 ณ เจริญธานี จังหวัดขอนแก่น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ข

รายการคำนวณการประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลังเชิงพื้นที่ภาคตะวันออก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายการคำนวณการประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลังเชิงพื้นที่ของภาคตะวันออก

1) สัดส่วนชีวมวลต่อผลผลิต (Crop residue ratio; CRR)

(1) สัดส่วนเหง้ามันสำปะหลังจากการสุ่มตัวอย่าง = 436.25 กก/ไร่ (ค่าเฉลี่ย)

(2) ปริมาณมันสำปะหลัง = 3,665.99 กก/ไร่ (ค่าเฉลี่ยจังหวัดนครราชสีมา)
(กรมพัฒนาเศรษฐกิจการเกษตร, 2556)

= (436.25 กก/ไร่) / (3,665.99 กก/ไร่)

(3) CRR = 0.119

2) ปริมาณวัสดุเหลือทิ้งชีวมวล = [พื้นที่เพาะปลูก (ไร่/ปี) x ผลผลิตเฉลี่ย (ตัน/ไร่] x CRR

= [1,529,576 (ไร่/ปี) x 3.62 (ตัน/ไร่)] x 0.112

ปริมาณวัสดุเหลือทิ้งชีวมวล = 636,003 ตัน/ปี

3) ปริมาณวัสดุเหลือทิ้งชีวมวล หลังจากหักค่าความชื้นหลังการแปรรูป

= ความชื้นจาก 53.40% เหลือ 10.17% คิดเป็นการสูญเสียน้ำหนัก 80% (คู่มือการลงทุนผลิตไฟฟ้าจากเหง้ามัน)

= ปริมาณวัสดุเหลือทิ้งชีวมวล (ตัน/ปี) x 0.2

= 636,003 ตัน/ปี x 0.2

ปริมาณวัสดุเหลือทิ้งชีวมวลคงเหลือ = 127,200.67 ตัน/ปี

4) ปริมาณวัสดุเหลือทิ้งชีวมวล โดยคิด % loss จากกระบวนการเตรียมเชื้อเพลิง

= % loss คิดเป็น 30% จากการสูญเสียในกระบวนการเก็บรวบรวม การแปรรูป สับย่อย อบแห้ง และอัดแท่ง (คู่มือการลงทุนผลิตไฟฟ้าจากเหง้ามัน)

= ปริมาณวัสดุเหลือทิ้งชีวมวล (ตัน/ปี) x 0.7

= 127,200.67 ตัน/ปี x 0.7

ปริมาณวัสดุเหลือทิ้งชีวมวลคงเหลือ = 89,040.47 ตัน/ปี

5) ค่าความร้อนวัสดุเหลือทิ้งชีวมวล = ค่าความร้อนที่ความชื้น 10.17% มีค่าความร้อนเท่ากับ 12 MJ/kg (คู่มือการลงทุนผลิตไฟฟ้าจากเหง้ามัน

= ปริมาณวัสดุเหลือทิ้งชีวมวล (ตัน/ปี) x 12.5 MJ/kg

= 89,040.47 ตัน/ปี x 12.5 MJ/kg

= 1,113,005.85 MJ/year

ค่าความร้อนวัสดุเหลือทิ้งชีวมวลทั้งหมด = 1,113,005.85 GJ/year

6) ศักยภาพพลังงานเทียบเท่าน้ำมันดิบ = 1 ตันน้ำมันดิบ (toe, Ton of Oil Equivalent) เทียบเท่า ค่าความร้อน 41.87 GJ

= (ค่าความร้อนวัสดุเหลือทิ้งชีวมวลทั้งหมด /ค่าความร้อน 41.87 GJ) / 1 toe

= (1,113,005.85 (GJ/year) / 41.87 GJ) / 1 toe

ศักยภาพพลังงานเทียบเท่าน้ำมันดิบ = 26,582.42 toe

7) ศักยภาพการผลิตไฟฟ้า = ค่าพลังงาน (เมกะจูล/ปี) / Net Plant Heat Rate

= 1,113,005.85 (GJ/year) / 18 (MJ/kWh)

= 61,833,658.57 kWh/year

ศักยภาพการผลิตไฟฟ้า = 61,833.66 MWh/year

8) ขนาดโรงไฟฟ้า = โรงไฟฟ้าผลิตไฟฟ้า 7,008 ชั่วโมง/ปี หรือ Plant Factor 0.8 (คู่มือการลงทุนผลิตไฟฟ้าเหง้ามัน)

= [ศักยภาพการผลิตไฟฟ้า (เมกกะวัตต์ ชั่วโมง/ปี) / เวลาการผลิตไฟฟ้าต่อปี (ชั่วโมง/ปี)]

= [61,833.66 (MWh/year) / 7,008 (hr/year)]

= 8.823 MW

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ค

ผลการประเมินศักยภาพเชิงปริมาณของเหง้ามันสำปะหลังเชิงพื้นที่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ค-1 ผลการประเมินศักยภาพเชิงปริมาณของเหง้ามันสำปะหลังระดับตำบลในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	ผลผลิตเฉลี่ย [1]	พื้นที่ปลูก [2]		ผลผลิตรวม [4]	CRR [5]	เหง้ามันสำปะหลังเหลือทิ้ง [6]
			(ตัน/ไร่)	(ตารางกิโลเมตร)	(ไร่)	(ตันต่อปี)	(Ton_{re}/Ton_{ro})	(ตัน)
1	ต.แสลง	อ.เมืองจันทบุรี	3.24	28,500	17.81	57.71	0.112	6.87
2	ต.ซึ้ง	อ.ขลุง	3.24	118,303	73.93915713	239.56	0.112	28.51
3	ต.เขาวัว	อ.ท่าใหม่	3.24	20,559	12.85	41.63	0.112	4.95
4	ต.เขาบายศรี	อ.ท่าใหม่	3.24	197,059	123.1615673	399.04	0.112	47.49
5	ต.สองพี่น้อง	อ.ท่าใหม่	3.24	11,587	7.24173375	23.46	0.112	2.79
6	ต.ทุ่งเบญจา	อ.ท่าใหม่	3.24	1,364,988	853.1176425	2,764.10	0.112	328.93
7	ต.รำพัน	อ.ท่าใหม่	3.24	47,408	29.63020181	96.00	0.112	11.42
8	ต.เขาแก้ว	อ.ท่าใหม่	3.24	5,758,700	3599.187592	11,661.37	0.112	1,387.70
9	ต.ทับไทร	อ.โป่งน้ำร้อน	3.24	4,580,445	2862.778091	9,275.40	0.112	1,103.77
10	ต.โป่งน้ำร้อน	อ.โป่งน้ำร้อน	3.24	3825221.058	2390.763161	7,746.07	0.112	921.78
11	ต.หนองตาคง	อ.โป่งน้ำร้อน	3.24	3153203.213	1970.752008	6,385.24	0.112	759.84
12	ต.เทพนิมิต	อ.โป่งน้ำร้อน	3.24	5814435.922	3634.022451	11,774.23	0.112	1,401.13
13	ต.คลองใหญ่	อ.โป่งน้ำร้อน	3.24	9066662.432	5666.66402	18,359.99	0.112	2,184.84
14	ต.ฉมัน	อ.มะขาม	3.24	28371.4293	17.73214331	57.45	0.112	6.84
15	ต.ปะตง	อ.สอยดาว	3.24	3241171.088	2025.73193	6,563.37	0.112	781.04
16	ต.ทุ่งขนาน	อ.สอยดาว	3.24	20020342.05	12512.71378	40,541.19	0.112	4,824.40

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ค-1 ผลการประเมินศักยภาพเชิงปริมาณของเหง้ามันสำปะหลังระดับตำบลในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	ผลผลิตเฉลี่ย [1]	พื้นที่ปลูก [2]		ผลผลิตรวม [4]	CRR [5]	เหง้ามันสำปะหลังเหลือทิ้ง [6]
			(ตัน/ไร่)	(ตารางกิโลเมตร)	(ไร่)	(ตันต่อปี)	(Ton_{re}/Ton_{ro})	(ตัน)
17	ต.ทับช้าง	อ.สอยดาว	3.24	20216265.59	12635.166	40,937.94	0.112	4,871.61
18	ต.ทรายขาว	อ.สอยดาว	3.24	9852122.196	6157.576373	19,950.55	0.112	2,374.12
19	ต.สะตอน	อ.สอยดาว	3.24	7957326.229	4973.328893	16,113.59	0.112	1,917.52
20	ต.แก่งหางแมว	อ.แก่งหางแมว	3.24	2558492.718	1599.057948	5,180.95	0.112	616.53
21	ต.ขุนซ่อง	อ.แก่งหางแมว	3.24	4702233.496	2938.895935	9,522.02	0.112	1,133.12
22	ต.สามพี่น้อง	อ.แก่งหางแมว	3.24	658633.7819	411.6461137	1,333.73	0.112	158.71
23	ต.พวา	อ.แก่งหางแมว	3.24	9014485.614	5634.053509	18,254.33	0.112	2,172.27
24	ต.เขาวงกต	อ.แก่งหางแมว	3.24	2909763.428	1818.602143	5,892.27	0.112	701.18
25	ต.นายายอาม	อ.นายายอาม	3.24	4265295.642	2665.809776	8,637.22	0.112	1,027.83
26	ต.วังโตนด	อ.นายายอาม	3.24	2625.9737	1.64123356	5.32	0.112	0.63
27	ต.กระแจะ	อ.นายายอาม	3.24	38848.5829	24.28036431	78.67	0.112	9.36
28	ต.สนามไชย	อ.นายายอาม	3.24	93297.2052	58.31075325	188.93	0.112	22.48
29	ต.ช้างข้าม	อ.นายายอาม	3.24	125908.1702	78.69260637	254.96	0.112	30.34
30	ต.วังใหม่	อ.นายายอาม	3.24	579696.8504	362.3105315	1,173.89	0.112	139.69
31	ต.ชากไทย	อ.เขาคิชฌกูฏ	3.24	21292.0362	13.30752262	43.12	0.112	5.13
32	ต.พลวง	อ.เขาคิชฌกูฏ	3.24	293495.3792	183.434612	594.33	0.112	70.73
33	ต.ตะเคียนทอง	อ.เขาคิชฌกูฏ	3.24	206643.7963	129.1523727	418.45	0.112	49.80
34	ต.คลองพลู	อ.เขาคิชฌกูฏ	3.24	1017379.874	635.8624211	2,060.19	0.112	245.16

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ค-1 ผลการประเมินศักยภาพเชิงปริมาณของเหง้ามันสำปะหลังระดับตำบลในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	ผลผลิตเฉลี่ย [1]	พื้นที่ปลูก [2]		ผลผลิตรวม [4]	CRR [5]	เหง้ามันสำปะหลังเหลือทิ้ง [6]
			(ตัน/ไร่)	(ตารางกิโลเมตร)	(ไร่)	(ตันต่อปี)	(Ton_{re}/Ton_{ro})	(ตัน)
35	ต.จันทเขลม	อ.เขาคิชฌกูฏ	3.24	3222532.457	2014.082786	6,525.63	0.112	776.55
	รวม		3.24	125,013,295.53	78,133.31	253,151.92	0.112	30,125.08

ตารางที่ ค-2 ผลการประเมินศักยภาพเชิงปริมาณของเหง้ามันสำปะหลังระดับตำบลในพื้นที่จังหวัดระยอง

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	ผลผลิตเฉลี่ย [1]	พื้นที่ปลูก [2]		ผลผลิตรวม [4]	CRR [5]	เหง้ามันสำปะหลังเหลือทิ้ง [6]
			(ตัน/ไร่)	(ตารางกิโลเมตร)	(ไร่)	(ตันต่อปี)	(Ton_{re}/Ton_{ro})	(ตัน)
1	ต.เชิงเนิน	อ.เมืองระยอง	4.40	45,805	29	125.96	0.112	14.99
2	ต.ตะพง	อ.เมืองระยอง	4.40	292,112	183	803.31	0.112	95.59
3	ต.เพ	อ.เมืองระยอง	4.40	568,848	356	1,564.33	0.112	186.16
4	ต.แกลง	อ.เมืองระยอง	4.40	1,727,681	1,080	4,751.12	0.112	565.38
5	ต.บ้านแลง	อ.เมืองระยอง	4.40	319,122	199	877.59	0.112	104.43
6	ต.นาตาขวัญ	อ.เมืองระยอง	4.40	437,076	273	1,201.96	0.112	143.03
7	ต.เนินพระ	อ.เมืองระยอง	4.40	127,554	80	350.77	0.112	41.74
8	ต.กะเฉด	อ.เมืองระยอง	4.40	286,434	179	787.69	0.112	93.74
9	ต.ทับมา	อ.เมืองระยอง	4.40	1707708.655	1067.317909	4,696.20	0.112	558.85

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ค-2 ผลการประเมินศักยภาพเชิงปริมาณของเหง้ามันสำปะหลังระดับตำบลในพื้นที่จังหวัดระยอง

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	ผลผลิตเฉลี่ย [1]	พื้นที่ปลูก [2]		ผลผลิตรวม [4]	CRR [5]	เหง้ามันสำปะหลังเหลือทิ้ง [6]
			(ตัน/ไร่)	(ตารางกิโลเมตร)	(ไร่)	(ตันต่อปี)	(Ton_{re}/Ton_{ro})	(ตัน)
10	ต.น้ำคอก	อ.เมืองระยอง	4.40	31433.0249	19.64564056	86.44	0.112	10.29
11	ต.มาบตาพุด	อ.เมืองระยอง	4.40	18145537.99	11340.96124	49,900.23	0.112	5,938.13
12	ต.สำนักทอง	อ.เมืองระยอง	4.40	512292.5257	320.1828286	1,408.80	0.112	167.65
13	ต.สำนักท้อน	อ.บ้านฉาง	4.40	9868147.312	6167.59207	27,137.41	0.112	3,229.35
14	ต.พลา	อ.บ้านฉาง	4.40	3924089.082	2452.555676	10,791.24	0.112	1,284.16
15	ต.บ้านฉาง	อ.บ้านฉาง	4.40	15644800.62	9778.000385	43,023.20	0.112	5,119.76
16	ต.ทางเกวียน	อ.แกลง	4.40	363766.339	227.3539619	1,000.36	0.112	119.04
17	ต.วังหว้า	อ.แกลง	4.40	380394.2125	237.7463828	1,046.08	0.112	124.48
18	ต.ชากโดน	อ.แกลง	4.40	38011.1777	23.75698606	104.53	0.112	12.44
19	ต.เนินฆ้อ	อ.แกลง	4.40	35166.9379	21.97933619	96.71	0.112	11.51
20	ต.กร่ำ	อ.แกลง	4.40	143722.6058	89.82662862	395.24	0.112	47.03
21	ต.ชากพง	อ.แกลง	4.40	511481.6888	319.6760555	1,406.57	0.112	167.38
22	ต.กระแสบน	อ.แกลง	4.40	515486.1006	322.1788129	1,417.59	0.112	168.69
23	ต.บ้านนา	อ.แกลง	4.40	95425.5551	59.64097194	262.42	0.112	31.23
24	ต.ทุ่งควายกิน	อ.แกลง	4.40	837525.9043	523.4536902	2,303.20	0.112	274.08
25	ต.กองดิน	อ.แกลง	4.40	1183355.708	739.5973176	3,254.23	0.112	387.25
26	ต.คลองปูน	อ.แกลง	4.40	82434.8331	51.52177069	226.70	0.112	26.98

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ค-2 ผลการประเมินศักยภาพเชิงปริมาณของเหง้ามันสำปะหลังระดับตำบลในพื้นที่จังหวัดระยอง (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	ผลผลิตเฉลี่ย [1]	พื้นที่ปลูก [2]		ผลผลิตรวม [4]	CRR [5]	เหง้ามันสำปะหลังเหลือทิ้ง [6]
			(ตัน/ไร่)	(ตารางกิโลเมตร)	(ไร่)	(ตันต่อปี)	(Ton_{re}/Ton_{ro})	(ตัน)
27	ต.พังราด	อ.แกลง	4.40	26370.8844	16.48180275	72.52	0.112	8.63
28	ต.ปากน้ำกระแส	อ.แกลง	4.40	24629.4573	15.39341081	67.73	0.112	8.06
29	ต.ห้วยยาง	อ.แกลง	4.40	485420.5073	303.3878171	1,334.91	0.112	158.85
30	ต.สองสลึง	อ.แกลง	4.40	220992.5599	138.1203499	607.73	0.112	72.32
31	ต.วังจันทร์	อ.วังจันทร์	4.40	81847.6041	51.15475256	225.08	0.112	26.78
32	ต.ชุมแสง	อ.วังจันทร์	4.40	2210376.514	1381.485321	6,078.54	0.112	723.35
33	ต.ป่ายุบใน	อ.วังจันทร์	4.40	2644122.566	1652.576604	7,271.34	0.112	865.29
33	ต.ป่ายุบใน	อ.วังจันทร์	4.40	2644122.566	1652.576604	7,271.34	0.112	865.29
34	ต.พลงตาเอี่ยม	อ.วังจันทร์	4.40	94124.8769	58.82804806	258.84	0.112	30.80
35	ต.บ้านค่าย	อ.บ้านค่าย	4.40	71648.2152	44.7801345	197.03	0.112	23.45
38	ต.ตาขัน	อ.บ้านค่าย	4.40	114347.1827	71.46698919	314.45	0.112	37.42
39	ต.บางบุตร	อ.บ้านค่าย	4.40	1173937.844	733.7111528	3,228.33	0.112	384.17
40	ต.หนองบัว	อ.บ้านค่าย	4.40	2791878.816	1744.92426	7,677.67	0.112	913.64
41	ต.ชากบก	อ.บ้านค่าย	4.40	214441.1571	134.0257232	589.71	0.112	70.18
42	ต.ปลวกแดง	อ.ปลวกแดง	4.40	5939957.895	3712.473685	16,334.88	0.112	1,943.85
43	ต.ตาสิทธิ์	อ.ปลวกแดง	4.40	2550827.134	1594.266959	7,014.77	0.112	834.76

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ค-2 ผลการประเมินศักยภาพเชิงปริมาณของเหง้ามันสำปะหลังระดับตำบลในพื้นที่จังหวัดระยอง (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	ผลผลิตเฉลี่ย [1]	พื้นที่ปลูก [2]		ผลผลิตรวม [4]	CRR [5]	เหง้ามันสำปะหลังเหลือทิ้ง [6]
			(ตัน/ไร่)	(ตารางกิโลเมตร)	(ไร่)	(ตันต่อปี)	(Ton_{re}/Ton_{ro})	(ตัน)
44	ต.ละหาร	อ.ปลวกแดง	4.40	5831232.703	3644.52044	16,035.89	0.112	1,908.27
45	ต.แม่น้ำคู้	อ.ปลวกแดง	4.40	8796004.837	5497.503023	24,189.01	0.112	2,878.49
46	ต.มาบยางพร	อ.ปลวกแดง	4.40	8394875.844	5246.797402	23,085.91	0.112	2,747.22
47	ต.หนองไร่	อ.ปลวกแดง	4.40	2647992.562	1654.995351	7,281.98	0.112	866.56
48	ต.น้ำเป็น	อ.เขาชะเมา	4.40	158923.9241	99.32745256	437.04	0.112	52.01
49	ต.ห้วยทับมอญ	อ.เขาชะเมา	4.40	168847.8996	105.5299373	464.33	0.112	55.26
50	ต.ชำฆ้อ	อ.เขาชะเมา	4.40	1052806.104	658.0038151	2,895.22	0.112	344.53
51	ต.เขาน้อย	อ.เขาชะเมา	4.40	263910.4262	164.9440164	725.75	0.112	86.36
52	ต.นิคมพัฒนา	อ.นิคมพัฒนา	4.40	5527628.293	3454.767683	15,200.98	0.112	1,808.92
53	ต.มาบข่า	อ.นิคมพัฒนา	4.40	6981542.974	4363.464359	19,199.24	0.112	2,284.71
54	ต.พนานิคม	อ.นิคมพัฒนา	4.40	1880567.82	1175.354887	5,171.56	0.112	615.42
55	ต.มะขามคู่	อ.นิคมพัฒนา	4.40	4681448.841	2925.905525	12,873.98	0.112	1,532.00
รวม			**4.40**	**130,864,317**	**81,790**	**359,877**	**0.112**	**42,825.35**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ค-3 ผลการประเมินศักยภาพเชิงปริมาณของเหง้ามันสำปะหลังระดับตำบลในพื้นที่จังหวัดชลบุรี

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	ผลผลิตเฉลี่ย [1]	พื้นที่ปลูก [2]		ผลผลิตรวม [4]	CRR [5]	เหง้ามันสำปะหลังเหลือทิ้ง [6]
			(ตัน/ไร่)	(ตารางกิโลเมตร)	(ไร่)	(ตันต่อปี)	(Ton_{re}/Ton_{ro})	(ตัน)
1	ต.สระสี่เหลี่ยม	อ.พนัสนิคม	4.02	6434895.7651	4021.80985319	16,179.74	0.112	1,925.39
2	ต.หัวถนน	อ.พนัสนิคม	4.02	5264739.078	3290.46192375	13,237.53	0.112	1,575.27
3	ต.หนองปรือ	อ.พนัสนิคม	4.02	5520611.2841	3450.38205256	13,880.89	0.112	1,651.83
4	ต.หนองเหียง	อ.พนัสนิคม	4.02	19608097.1829	12255.06073931	49,302.11	0.112	5,866.95
5	ต.หน้าพระธาตุ	อ.พนัสนิคม	4.02	25107.9021	15.69243881	63.13	0.112	7.51
6	ต.เกาะจันทร์	อ.เกาะจันทร์	4.02	21698800.7223	13561.75045144	54,558.92	0.112	6,492.51
7	ต.บ้านช้าง	อ.พนัสนิคม	4.02	25288.0022	15.80500138	63.58	0.112	7.57
8	ต.นาวังหิน	อ.พนัสนิคม	4.02	7506508.0557	4691.56753481	18,874.18	0.112	2,246.03
9	ต.ท่าบุญมี	อ.เกาะจันทร์	4.02	11317483.9409	7073.42746306	28,456.40	0.112	3,386.31
12	ต.หนองขยาด	อ.พนัสนิคม	4.02	233962.7032	146.22668950	588.27	0.112	70.00
13	ต.หมอนนาง	อ.พนัสนิคม	4.02	3925483.9869	2453.42749181	9,870.14	0.112	1,174.55
14	ต.หนองหงษ์	อ.พานทอง	4.02	48317.6835	30.19855219	121.49	0.112	14.46
15	ต.นาป่า	อ.เมืองชลบุรี	4.02	410903.995	256.81499688	1,033.17	0.112	122.95
16	ต.สำนักบก	อ.เมืองชลบุรี	4.02	22402.5199	14.00157494	56.33	0.112	6.70
17	ต.เกษตรสุวรรณ	อ.บ่อทอง	4.02	1742586.2461	1089.11640381	4,381.52	0.112	521.40
18	ต.มาบไผ่	อ.บ้านบึง	4.02	1334137.0794	833.83567462	3,354.52	0.112	399.19

ตารางที่ ค-3 ผลการประเมินศักยภาพเชิงปริมาณของเหง้ามันสำปะหลังระดับตำบลในพื้นที่จังหวัดชลบุรี (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	ผลผลิตเฉลี่ย [1]	พื้นที่ปลูก [2]		ผลผลิตรวม [4]	CRR [5]	เหง้ามันสำปะหลังเหลือทิ้ง [6]
			(ตัน/ไร่)	(ตารางกิโลเมตร)	(ไร่)	(ตันต่อปี)	(Ton_{re}/Ton_{ro})	(ตัน)
19	ต.บ้านสวน	อ.เมืองชลบุรี	4.02	70595.6483	44.12228019	177.50	0.112	21.12
20	ต.หนองบอนแดง	อ.บ้านบึง	4.02	1401225.6207	875.76601294	3,523.21	0.112	419.26
21	ต.วัดสุวรรณ	อ.บ่อทอง	4.02	3937417.9826	2460.88623913	9,900.15	0.112	1,178.12
22	ต.หนองซ้ำซาก	อ.บ้านบึง	4.02	918461.1828	574.03823925	2,309.36	0.112	274.81
23	ต.หนองรี	อ.เมืองชลบุรี	4.02	1182721.9385	739.20121156	2,973.81	0.112	353.88
24	ต.หนองอิรุณ	อ.บ้านบึง	4.02	12427143.3811	7766.96461319	31,246.50	0.112	3,718.33
25	ต.บ่อกวางทอง	อ.บ่อทอง	4.02	6161341.7274	3850.83857963	15,491.92	0.112	1,843.54
26	ต.ธาตุทอง	อ.บ่อทอง	4.02	6865598.3897	4290.99899356	17,262.69	0.112	2,054.26
27	ต.บ้านบึง	อ.บ้านบึง	4.02	2642469.4027	1651.54337669	6,644.16	0.112	790.65
28	ต.หนองข้างคอก	อ.เมืองชลบุรี	4.02	1430868.4992	894.29281200	3,597.74	0.112	428.13
29	ต.ห้วยกะปิ	อ.เมืองชลบุรี	4.02	552713.969	345.44623063	1,389.73	0.112	165.38
30	ต.หนองชาก	อ.บ้านบึง	4.02	1211838.9604	757.39935025	3,047.02	0.112	362.60
31	ต.บ่อทอง	อ.บ่อทอง	4.02	6751984.4204	4219.99026275	16,977.02	0.112	2,020.27
32	ต.พลวงทอง	อ.บ่อทอง	4.02	2832352.4771	1770.22029819	7,121.60	0.112	847.47
33	ต.เหมือง	อ.เมืองชลบุรี	4.02	292958.9219	183.09932619	736.61	0.112	87.66
34	ต.คลองกิ่ว	อ.บ้านบึง	4.02	28826381.8155	18016.48863469	72,480.33	0.112	8,625.16

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ค-3 ผลการประเมินศักยภาพเชิงปริมาณของเหง้ามันสำปะหลังระดับตำบลในพื้นที่จังหวัดชลบุรี (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	ผลผลิตเฉลี่ย [1]	พื้นที่ปลูก [2]		ผลผลิตรวม [4]	CRR [5]	เหง้ามันสำปะหลังเหลือทิ้ง [6]
			(ตัน/ไร่)	(ตารางกิโลเมตร)	(ไร่)	(ตันต่อปี)	(Ton_{re}/Ton_{ro})	(ตัน)
35	ต.ห้างสูง	อ.หนองใหญ่	4.02	4423351.8278	2764.59489238	11,121.97	0.112	1,323.51
36	ต.บางพระ	อ.ศรีราชา	4.02	14385982.2033	8991.23887706	36,171.75	0.112	4,304.44
37	ต.หนองไผ่แก้ว	อ.บ้านบึง	4.02	3891950.956	2432.46934750	9,785.82	0.112	1,164.51
38	ต.หนองใหญ่	อ.หนองใหญ่	4.02	8137315.3283	5085.82208019	20,460.26	0.112	2,434.77
39	ต.หนองขาม	อ.ศรีราชา	4.02	18846794.2548	11779.24640925	47,387.91	0.112	5,639.16
40	ต.หนองเสือช้าง	อ.หนองใหญ่	4.02	12190576.4318	7619.11026988	30,651.68	0.112	3,647.55
41	ต.เขาคันทรง	อ.ศรีราชา	4.02	17123817.9238	10702.38620237	43,055.70	0.112	5,123.63
42	ต.สุรศักดิ์	อ.ศรีราชา	4.02	5682910.0576	3551.81878600	14,288.97	0.112	1,700.39
43	ต.คลองพลู	อ.หนองใหญ่	4.02	1114343.6207	696.46476294	2,801.88	0.112	333.42
44	ตำบลแหลมฉบัง	อ.ศรีราชา	4.02	462003.0951	288.75193444	1,161.65	0.112	138.24
45	ต.เขาซก	อ.หนองใหญ่	4.02	3305399.8983	2065.87493644	8,311.01	0.112	989.01
46	ต.บึง	อ.ศรีราชา	4.02	12621298.7287	7888.31170544	31,734.68	0.112	3,776.43
47	ต.บ่อวิน	อ.ศรีราชา	4.02	21649513.2600	13530.94578750	54,434.99	0.112	6,477.76
48	ทต.บางละมุง	อ.บางละมุง	4.02	1892320.2249	1182.70014056	4,758.00	0.112	566.20
49	ต.ตะเคียนเตี้ย	อ.บางละมุง	4.02	10640934.2959	6650.58393494	26,755.30	0.112	3,183.88
50	ต.หนองปลาไหล	อ.บางละมุง	4.02	5517072.2324	3448.17014525	13,871.99	0.112	1,650.77

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ค-3 ผลการประเมินศักยภาพเชิงปริมาณของเหง้ามันสำปะหลังระดับตำบลในพื้นที่จังหวัดชลบุรี (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	ผลผลิตเฉลี่ย [1]	พื้นที่ปลูก [2]		ผลผลิตรวม [4]	CRR [5]	เหง้ามันสำปะหลังเหลือทิ้ง [6]
			(ตัน/ไร่)	(ตารางกิโลเมตร)	(ไร่)	(ตันต่อปี)	(Ton_{re}/Ton_{ro})	(ตัน)
51	ต.เขาไม้แก้ว	อ.บางละมุง	4.02	14342970.2437	8964.35640231	36,063.61	0.112	4,291.57
52	ต.โป่ง	อ.บางละมุง	4.02	14011424.4158	8757.14025987	35,229.98	0.112	4,192.37
53	ต.หนองปรือ	อ.บางละมุง	4.02	6920611.5184	4325.38219900	17,401.01	0.112	2,070.72
54	พัทยา	อ.บางละมุง	4.02	428716.4277	267.94776731	1,077.95	0.112	128.28
55	ต.ห้วยใหญ่	อ.บางละมุง	4.02	29712337.5539	18570.21097119	74,707.96	0.112	8,890.25
56	ต.นาจอมเทียน	อ.สัตหีบ	4.02	5007449.3758	3129.65585987	12,590.61	0.112	1,498.28
57	ต.บางเสร่	อ.สัตหีบ	4.02	9372567.1509	5857.85446931	23,566.15	0.112	2,804.37
58	ต.พลูตาหลวง	อ.สัตหีบ	4.02	9235295.4847	5772.05967794	23,221.00	0.112	2,763.30
59	ต.สัตหีบ	อ.สัตหีบ	4.02	1825756.3385	1141.09771156	4,590.64	0.112	546.29
60	ต.แสมสาร	อ.สัตหีบ	4.02	754351.1565	471.46947281	1,896.72	0.112	225.71
	รวม		4.02	400684547.1211	250427.8420	1007471.2082	0.112	119,889.07

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ค-4 ผลการประเมินศักยภาพเชิงปริมาณของเหง้ามันสำปะหลังระดับตำบลในพื้นที่จังหวัดสระแก้ว

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	ผลผลิตเฉลี่ย [1]	พื้นที่ปลูก [2]		ผลผลิตรวม [4]	CRR [5]	เหง้ามันสำปะหลังเหลือทิ้ง [6]
			(ตัน/ไร่)	(ตารางกิโลเมตร)	(ไร่)	(ตันต่อปี)	(Ton_{re}/Ton_{ro})	(ตัน)
1	ต.สระแก้ว	อ.เมืองสระแก้ว	3.29	3,609,693.88	2,256.05868	7,425.44	0.112	883.63
2	ต.บ้านแก้ง	อ.เมืองสระแก้ว	3.29	5,489,146.87	3,430.71679	11,291.63	0.112	1,343.70
3	ต.ศาลาลำดวน	อ.เมืองสระแก้ว	3.29	22,711,460.50	14,194.66281	46,719.37	0.112	5,559.60
4	ต.โคกปี่ฆ้อง	อ.เมืองสระแก้ว	3.29	18,654,199.68	11,658.87480	38,373.24	0.112	4,566.42
5	ต.ท่าแยก	อ.เมืองสระแก้ว	3.29	18,637,682.25	11,648.55141	38,339.27	0.112	4,562.37
6	ต.ท่าเกษม	อ.เมืองสระแก้ว	3.29	14,878,934.38	9,299.33399	30,607.21	0.112	3,642.26
7	ต.สระขวัญ	อ.เมืองสระแก้ว	3.29	19,349,844.02	12,093.65251	39,804.24	0.112	4,736.70
8	ต.หนองบอน	อ.เมืองสระแก้ว	3.29	14,945,530.01	9,340.95625	30,744.20	0.112	3,658.56
9	ต.คลองหาด	อ.คลองหาด	3.29	26955685.13	16847.30321	55,450.09	0.112	6,598.56
10	ต.ไทยอุดม	อ.คลองหาด	3.29	26210194.38	16381.37149	53,916.55	0.112	6,416.07
11	ต.ซับมะกรูด	อ.คลองหาด	3.29	15703948.26	9814.967663	32,304.33	0.112	3,844.22
12	ต.ไทรเดี่ยว	อ.คลองหาด	3.29	11286955.86	7054.347414	23,218.21	0.112	2,762.97
13	ต.คลองไก่เถื่อน	อ.คลองหาด	3.29	28020060.14	17512.53759	57,639.60	0.112	6,859.11
14	ต.เบญจขร	อ.คลองหาด	3.29	6589707.702	4118.567314	13,555.58	0.112	1,613.11
15	ต.ไทรทอง	อ.คลองหาด	3.29	5465486.416	3415.92901	11,242.96	0.112	1,337.91
16	ต.ตาพระยา	อ.ตาพระยา	3.29	63767057	39854.41062	131,174.15	0.112	15,609.72

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ค-4 ผลการประเมินศักยภาพเชิงปริมาณของเหง้ามันสำปะหลังระดับตำบลในพื้นที่จังหวัดสระแก้ว (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	ผลผลิตเฉลี่ย [1]	พื้นที่ปลูก [2]		ผลผลิตรวม [4]	CRR [5]	เหง้ามันสำปะหลังเหลือทิ้ง [6]
			(ตัน/ไร่)	(ตารางกิโลเมตร)	(ไร่)	(ตันต่อปี)	(Ton_{re}/Ton_{ro})	(ตัน)
17	ต.ทัพเสด็จ	อ.ตาพระยา	3.29	19109468.44	11943.41777	39,309.77	0.112	4,677.86
18	ต.ทัพราช	อ.ตาพระยา	3.29	34345034.05	21465.64628	70,650.60	0.112	8,407.42
19	ต.ทัพไทย	อ.ตาพระยา	3.29	27584623.83	17240.38989	56,743.87	0.112	6,752.52
20	ต.โคคลาน	อ.ตาพระยา	3.29	24587371.74	15367.10734	50,578.27	0.112	6,018.81
21	ต.วังน้ำเย็น	อ.วังน้ำเย็น	3.29	14724652.51	9202.90782	30,289.84	0.112	3,604.49
22	ต.ตาหลังใน	อ.วังน้ำเย็น	3.29	22724570	14202.85625	46,746.33	0.112	5,562.81
23	ต.คลองหินปูน	อ.วังน้ำเย็น	3.29	14579605.34	9112.253335	29,991.46	0.112	3,568.98
24	ต.ทุ่งมหาเจริญ	อ.วังน้ำเย็น	3.29	27574448.04	17234.03003	56,722.94	0.112	6,750.03
25	ต.วัฒนานคร	อ.วัฒนานคร	3.29	2085725.314	1303.578321	4,290.51	0.112	510.57
26	ต.ท่าเกวียน	อ.วัฒนานคร	3.29	10307646.38	6442.278985	21,203.69	0.112	2,523.24
27	ต.ผักขะ	อ.วัฒนานคร	3.29	2957920.441	1848.700276	,084.69	0.112	724.08
28	ต.โนนหมากเค็ง	อ.วัฒนานคร	3.29	23350235.21	14593.89701	48,033.38	0.112	5,715.97
29	ต.หนองน้ำใส	อ.วัฒนานคร	3.29	18617328.2	11635.83013	38,297.40	0.112	4,557.39
30	ต.ช่องกุ่ม	อ.วัฒนานคร	3.29	18438514.65	11524.07166	37,929.56	0.112	4,513.62
31	ต.หนองแวง	อ.วัฒนานคร	3.29	6436825.733	4023.016083	13,241.09	0.112	1,575.69
32	ต.แซร์ออ	อ.วัฒนานคร	3.29	23331407.94	14582.12996	47,994.65	0.112	5,711.36

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ค-4 ผลการประเมินศักยภาพเชิงปริมาณของเหง้ามันสำปะหลังระดับตำบลในพื้นที่จังหวัดสระแก้ว (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	ผลผลิตเฉลี่ย [1] (ตัน/ไร่)	พื้นที่ปลูก [2] (ตารางกิโลเมตร)	พื้นที่ปลูก [2] (ไร่)	ผลผลิตรวม [4] (ตันต่อปี)	CRR [5] (Ton_{re}/Ton_{ro})	เหง้ามันสำปะหลังเหลือทิ้ง [6] (ตัน)
33	ต.หนองหมากฝ้าย ต.หนองตะเคียน	อ.วัฒนานคร	3.29	33822412.57	21139.00785	69,575.52	0.112	8,279.49
34	บอน	อ.วัฒนานคร	3.29	20513322.1	12820.82632	42,197.61	0.112	5,021.52
35	ต.ห้วยโจด	อ.วัฒนานคร	3.29	10410372.07	6506.482545	21,415.00	0.112	2,548.39
36	ต.อรัญประเทศ	อ.อรัญประเทศ	3.29	241293.8166	150.8086354	496.36	0.112	59.07
37	ต.เมืองไผ่	อ.อรัญประเทศ	3.29	2593171.326	1620.732079	5,334.37	0.112	634.79
38	ต.หันทราย	อ.อรัญประเทศ	3.29	15844340.14	9902.712586	32,593.13	0.112	3,878.58
39	ต.คลองน้ำใส	อ.อรัญประเทศ	3.29	3047217.893	1904.511183	6,268.38	0.112	745.94
40	ต.ท่าข้าม	อ.อรัญประเทศ	3.29	338085.7477	211.3035923	695.47	0.112	82.76
41	ต.ป่าไร่	อ.อรัญประเทศ	3.29	9298180.532	5811.362832	19,127.13	0.112	2,276.13
42	ต.ทับพริก	อ.อรัญประเทศ	3.29	7443583.926	4652.239954	15,312.07	0.112	1,822.14
43	ต.บ้านใหม่หนองไทร	อ.อรัญประเทศ	3.29	1691147.898	1056.967437	3,478.83	0.112	413.98
44	ต.ผ่านศึก	อ.อรัญประเทศ	3.29	5361836.419	3351.147762	11,029.74	0.112	1,312.54
45	ต.หนองสังข์	อ.อรัญประเทศ	3.29	8118711.14	5074.194463	16,700.87	0.112	1,987.40
46	ต.คลองทับจันทร์	อ.อรัญประเทศ	3.29	3180339.236	1987.712022	6,542.22	0.112	778.52

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ค-4 ผลการประเมินศักยภาพเชิงปริมาณของเหง้ามันสำปะหลังระดับตำบลในพื้นที่จังหวัดสระแก้ว (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	ผลผลิตเฉลี่ย [1]	พื้นที่ปลูก [2]		ผลผลิตรวม [4]	CRR [5]	เหง้ามันสำปะหลังเหลือทิ้ง [6]
			(ตัน/ไร่)	(ตารางกิโลเมตร)	(ไร่)	(ตันต่อปี)	(Ton_{re}/Ton_{ro})	(ตัน)
47	ต.ฟากห้วย	อ.อรัญประเทศ	3.29	701412.0941	438.3825588	1,442.86	0.112	171.70
48	ต.บ้านด่าน	อ.อรัญประเทศ	3.29	3648863.179	2280.539487	7,506.02	0.112	893.22
49	ต.เขาฉกรรจ์	อ.เขาฉกรรจ์	3.29	3938045.806	2461.278628	8,100.89	0.112	964.01
50	ต.หนองหว้า	อ.เขาฉกรรจ์	3.29	31159002.44	19474.37652	64,096.66	0.112	7,627.50
51	ต.พระเพลิง	อ.เขาฉกรรจ์	3.29	20977527.57	13110.95473	43,152.52	0.112	5,135.15
52	ต.เขาสามสิบ	อ.เขาฉกรรจ์	3.29	12452510.03	7782.818772	25,615.85	0.112	3,048.29
53	ต.หนองม่วง	อ.โคกสูง	3.29	13725387.63	8578.367266	28,234.27	0.112	3,359.88
54	ต.หนองแวง	อ.โคกสูง	3.29	16671360.97	10419.6006	34,294.38	0.112	4,081.03
55	ต.โนนหมากมุ่น	อ.โคกสูง	3.29	3150023.199	1968.7645	6,479.86	0.112	771.10
56	ต.วังสมบูรณ์	อ.วังสมบูรณ์	3.29	33963686.3	21227.30394	69,866.13	0.112	8,314.07
57	ต.วังใหม่	อ.วังสมบูรณ์	3.29	53227514.87	33267.1968	109,493.43	0.112	13,029.72
59	ต.วังทอง	อ.วังสมบูรณ์	3.29	52830369.82	33018.98114	108,676.47	0.112	12,932.50
รวม			**3.29**	**965,895,178.60**	**603,684.49**	**1,986,926.87**	**0.112**	**236,444.30**

ตารางที่ ค-5 ผลการประเมินศักยภาพเชิงปริมาณของเหง้ามันสำปะหลังระดับตำบลในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	ผลผลิตเฉลี่ย [1]	พื้นที่ปลูก [2]		ผลผลิตรวม [4]	CRR [5]	เหง้ามันสำปะหลังเหลือทิ้ง [6]
			(ตัน/ไร่)	(ตารางกิโลเมตร)	(ไร่)	(ตันต่อปี)	(Ton_{re}/Ton_{ro})	(ตัน)
1	ต.ปากน้ำ	อ.บางคล้า	3.38	10,533.349	6.5833433	22.26	0.112	2.65
2	ต.เกาะขนุน	อ.พนมสารคาม	3.38	18,811,656.955	11,757.2855968	39,751.38	0.112	4,730.41
3	ต.บ้านซ่อง	อ.พนมสารคาม	3.38	6,009,711.984	3,756.0699898	12,699.27	0.112	1,511.21
4	ต.พนมสารคาม	อ.พนมสารคาม	3.38	221,717.451	138.5734069	468.52	0.112	55.75
5	ต.หนองยาว	อ.พนมสารคาม	3.38	127,287.024	79.5543902	268.97	0.112	32.01
6	ต.ท่าถ่าน	อ.พนมสารคาม	3.38	1536779.939	960.4874616	3,247.41	0.112	386.44
7	ต.หนองแหน	อ.พนมสารคาม	3.38	9282372.899	5801.483062	19,614.81	0.112	2,334.16
8	ต.เขาหินซ้อน	อ.พนมสารคาม	3.38	52778339	32986.46188	111,527.23	0.112	13,271.74
9	ต.คู้ยายหมี	อ.สนามชัยเขต	3.38	15276836.65	9548.022904	32,281.87	0.112	3,841.54
10	ต.ท่ากระดาน	อ.สนามชัยเขต	3.38	81663714.45	51039.82153	172,565.64	0.112	20,535.31
11	ต.ทุ่งพระยา	อ.สนามชัยเขต	3.38	52484378.16	32802.73635	110,906.05	0.112	13,197.82
12	ต.ลาดกระทิง	อ.สนามชัยเขต	3.38	15563912.01	9727.445009	32,888.49	0.112	3,913.73
13	ต.แปลงยาว	อ.แปลงยาว	3.38	8052178.493	5032.611558	17,015.26	0.112	2,024.82
14	ต.วังเย็น	อ.แปลงยาว	3.38	9263180.337	5789.487711	19,574.26	0.112	2,329.34
15	ต.หัวสำโรง	อ.แปลงยาว	3.38	5978725.473	3736.703421	12,633.79	0.112	1,503.42
16	ต.หนองไม้แก่น	อ.แปลงยาว	3.38	9019539.117	5637.211948	19,059.41	0.112	2,268.07
17	ต.ท่าตะเกียบ	อ.ท่าตะเกียบ	3.38	68061724.64	42538.5779	143,822.93	0.112	17,114.93

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ค-5 ผลการประเมินศักยภาพเชิงปริมาณของเหง้ามันสำปะหลังระดับตำบลในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	ผลผลิตเฉลี่ย [1]	พื้นที่ปลูก [2]		ผลผลิตรวม [4]	CRR [5]	เหง้ามันสำปะหลังเหลือทิ้ง [6]
			(ตัน/ไร่)	(ตารางกิโลเมตร)	(ไร่)	(ตันต่อปี)	(Ton_{re}/Ton_{ro})	(ตัน)
18	ต.คลองตะเกรา	อ.ท่าตะเกียบ	3.38	41292264.32	25807.6652	87,255.72	0.112	10,383.43
รวม			**3.38**	**395,434,852.242**	**247,146.783**	**835,603.272**	**0.112**	**99,436.79**

ตารางที่ ค-6 ผลการประเมินศักยภาพเชิงปริมาณของเหง้ามันสำปะหลังระดับตำบลในพื้นที่จังหวัดปราจีนบุรี

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	ผลผลิตเฉลี่ย [1]	พื้นที่ปลูก [2]		ผลผลิตรวม [4]	CRR [5]	เหง้ามันสำปะหลังเหลือทิ้ง [6]
			(ตัน/ไร่)	(ตารางกิโลเมตร)	(ไร่)	(ตันต่อปี)	(Ton_{re}/Ton_{ro})	(ตัน)
1	ต.บางบริบูรณ์	อ.เมืองปราจีนบุรี	3.36	3,912.6589	2.445	8.21	0.112	0.98
2	ต.ดงพระราม	อ.เมืองปราจีนบุรี	3.36	102,853.4950	64.283	215.93	0.112	25.70
3	ต.บ้านพระ	อ.เมืองปราจีนบุรี	3.36	43,437.9138	27.149	91.19	0.112	10.85
4	ต.โคกไม้ลาย	อ.เมืองปราจีนบุรี	3.36	194,027.1654	121.267	407.34	0.112	48.47
5	ต.ดงขี้เหล็ก	อ.เมืองปราจีนบุรี	3.36	792,613.4305	495.383	1,663.99	0.112	198.02
6	ต.เนินหอม	อ.เมืองปราจีนบุรี	3.36	815380.1004	509.6125628	1,711.79	0.112	203.70
7	ต.โนนห้อม	อ.เมืองปราจีนบุรี	3.36	1810599.774	1131.624859	3,801.13	0.112	452.33
8	ต.กบินทร์	อ.กบินทร์บุรี	3.36	12454684.22	7784.17764	26,147.05	0.112	3,111.50

ตารางที่ ค-6 ผลการประเมินศักยภาพเชิงปริมาณของเหง้ามันสำปะหลังระดับตำบลในพื้นที่จังหวัดปราจีนบุรี (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	ผลผลิตเฉลี่ย [1]	พื้นที่ปลูก [2]		ผลผลิตรวม [4]	CRR [5]	เหง้ามันสำปะหลังเหลือทิ้ง [6]
			(ตัน/ไร่)	(ตารางกิโลเมตร)	(ไร่)	(ตันต่อปี)	(Ton_{re}/Ton_{ro})	(ตัน)
9	ต.เมืองเก่า	อ.กบินทร์บุรี	3.36	2189658.004	1368.536252	4,596.91	0.112	547.03
10	ต.วังดาล	อ.กบินทร์บุรี	3.36	8384269.415	5240.168385	17,601.73	0.112	2,094.61
11	ต.นนทรี	อ.กบินทร์บุรี	3.36	8598316.215	5373.947635	18,051.09	0.112	2,148.08
12	ต.ย่านรี	อ.กบินทร์บุรี	3.36	19062894.88	11914.3093	40,020.16	0.112	4,762.40
13	ต.วังตะเคียน	อ.กบินทร์บุรี	3.36	25081705.93	15676.0662	52,655.91	0.112	6,266.05
14	ต.หาดนางแก้ว	อ.กบินทร์บุรี	3.36	4686856.435	2929.285272	9,839.47	0.112	1,170.90
15	ต.ลาดตะเคียน	อ.กบินทร์บุรี	3.36	47683586.32	29802.24145	100,105.73	0.112	11,912.58
16	ต.บ้านนา	อ.กบินทร์บุรี	3.36	13884451.85	8677.782404	29,148.67	0.112	3,468.69
17	ต.บ่อทอง	อ.กบินทร์บุรี	3.36	9487461.124	5929.663202	19,917.74	0.112	2,370.21
18	ต.หนองกี่	อ.กบินทร์บุรี	3.36	15061003.78	9413.127363	31,618.69	0.112	3,762.62
19	ต.นาแขม	อ.กบินทร์บุรี	3.36	6382184.444	3988.865278	13,398.60	0.112	1,594.43
20	ต.เขาไม้แก้ว	อ.กบินทร์บุรี	3.36	18705361.25	11690.85078	39,269.57	0.112	4,673.08
21	ต.วังท่าช้าง	อ.กบินทร์บุรี	3.36	31627432.53	19767.14533	66,397.84	0.112	7,901.34
22	ต.นาดี	อ.นาดี	3.36	16610367.17	10381.47948	34,871.39	0.112	4,149.70
23	ต.สำพันตา	อ.นาดี	3.36	4388021.447	2742.513404	9,212.10	0.112	1,096.24
24	ต.สะพานหิน	อ.นาดี	3.36	5806847.601	3629.279751	12,190.75	0.112	1,450.70

ตารางที่ ค-6 ผลการประเมินศักยภาพเชิงปริมาณของเหง้ามันสำปะหลังระดับตำบลในพื้นที่จังหวัดปราจีนบุรี (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	ผลผลิตเฉลี่ย [1]	พื้นที่ปลูก [2]		ผลผลิตรวม [4]	CRR [5]	เหง้ามันสำปะหลังเหลือทิ้ง [6]
			(ตัน/ไร่)	(ตารางกิโลเมตร)	(ไร่)	(ตันต่อปี)	(Ton_{re}/Ton_{ro})	(ตัน)
25	ต.ทุ่งโพธิ์	อ.นาดี	3.36	13001032.84	8125.645524	27,294.04	0.112	3,247.99
26	ต.แก่งดินสอ	อ.นาดี	3.36	27527683.22	17204.80201	57,790.93	0.112	6,877.12
27	ต.บุพราหมณ์	อ.นาดี	3.36	17348874.55	10843.04659	36,421.79	0.112	4,334.19
28	ต.ประจันตคาม	อ.ประจันตคาม	3.36	21213.8726	13.25867037	44.54	0.112	5.30
29	ต.เกาะลอย	อ.ประจันตคาม	3.36	224187.5413	140.1172133	470.65	0.112	56.01
30	ต.บ้านหอย	อ.ประจันตคาม	3.36	3186728.372	1991.705233	6,690.14	0.112	796.13
31	ต.หนองแสง	อ.ประจันตคาม	3.36	867124.2761	541.9526726	1,820.42	0.112	216.63
32	ต.ดงบัง	อ.ประจันตคาม	3.36	2472625.187	1545.390742	5,190.97	0.112	617.73
33	ต.คำโตนด	อ.ประจันตคาม	3.36	5686966.986	3554.354366	11,939.08	0.112	1,420.75
34	ต.บุฝ้าย	อ.ประจันตคาม	3.36	672898.8919	420.5618074	1,412.67	0.112	168.11
35	ต.หนองแก้ว	อ.ประจันตคาม	3.36	844170.6351	527.6066469	1,772.23	0.112	210.90
36	ต.ศรีมหาโพธิ	อ.ศรีมหาโพธิ	3.36	19383670.24	12114.7939	40,693.59	0.112	4,842.54
37	ต.สัมพันธ์	อ.ศรีมหาโพธิ	3.36	3361.8895	2.10118094	7.06	0.112	0.84
38	ต.บ้านทาม	อ.ศรีมหาโพธิ	3.36	63112.4972	39.44531075	132.50	0.112	15.77
39	ต.ท่าตูม	อ.ศรีมหาโพธิ	3.36	12641248.6	7900.780375	26,538.72	0.112	3,158.11
40	ต.หนองโพรง	อ.ศรีมหาโพธิ	3.36	12979272.64	8112.045398	27,248.36	0.112	3,242.55

ตารางที่ ค-6 ผลการประเมินศักยภาพเชิงปริมาณของเหง้ามันสำปะหลังระดับตำบลในพื้นที่จังหวัดปราจีนบุรี (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	ผลผลิตเฉลี่ย [1]	พื้นที่ปลูก [2]		ผลผลิตรวม [4]	CRR [5]	เหง้ามันสำปะหลังเหลือทิ้ง [6]
			(ตัน/ไร่)	(ตารางกิโลเมตร)	(ไร่)	(ตันต่อปี)	(Ton_{re}/Ton_{ro})	(ตัน)
41	ต.หัวหว้า	อ.ศรีมหาโพธิ	3.36	15548482.12	9717.801324	32,642.09	0.112	3,884.41
42	ต.กรอกสมบูรณ์	อ.ศรีมหาโพธิ	3.36	30630912.28	19144.32018	64,305.77	0.112	7,652.39
43	ต.โคกปีบ	อ.ศรีมโหสถ	3.36	4012299.541	2507.687213	8,423.32	0.112	1,002.38
44	ต.โคกไทย	อ.ศรีมโหสถ	3.36	8445927.07	5278.704419	17,731.17	0.112	2,110.01
รวม			**3.36**	**429,419,720.3902**	**268,387.3252**	**901,513.0255**	**0.112**	**107,280.05**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ค-7 ผลการประเมินศักยภาพเชิงปริมาณของเหง้ามันสำปะหลังระดับตำบลในพื้นที่จังหวัดตราด

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	ผลผลิตเฉลี่ย [1]	พื้นที่ปลูก [2]		ผลผลิตรวม [4]	CRR [5]	เหง้ามันสำปะหลังเหลือทิ้ง [6]
			(ตัน/ไร่)	(ตารางกิโลเมตร)	(ไร่)	(ตันต่อปี)	(Ton_{re}/Ton_{ro})	(ตัน)
1	ต.อ่าวใหญ่	อ.เมืองตราด	3.62	10,068	6.29	22.75	0.112	2.71
รวม			**3.62**	**10,068**	**6.29**	**22.75**	**0.112**	**2.71**

หมายเหตุ

[1] ค่าเฉลี่ยผลผลิต (ตัน/ไร่) ของปี พ.ศ. 58-60 อ้างอิงข้อมูล สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2558-2560. มันสำปะหลังโรงงาน : เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ปีเพาะปลูก 2558-2560. แหล่งที่มา:

[2] พื้นที่เพาะปลูก อ้างอิงข้อมูล กรมพัฒนาที่ดิน. 2560-2561. ชุดแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use)

[3] พื้นที่เพาะปลูก อ้างอิงข้อมูล กรมพัฒนาที่ดิน. 2560-2561. ชุดแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use)

[4] ผลรวมผลผลิตมันสำปะหลัง (ตัน/ปี) = ผลผลิตเฉลี่ยปี พ.ศ. 58-60 (ตัน/ไร่) x พื้นที่เพาะปลูก (ไร่/ปี)

[5] Crop Residual Ratio (CRR) อ้างอิง กระทรวพลังงานทดแทน. คู่มือการลงทุนโรงงานแปรรูปเชื้อเพลิง และโรงไฟฟ้าจากเหง้ามันสำปะหลัง

[6] ปริมาณวัสดุเหลือทิ้งจากมันสำปะหลัง (ตัน/ปี) = ผลรวมผลผลิตมันสำปะหลัง (ตัน/ปี) x CRR (0.119)

ภาคผนวก ง

ผลการประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลังเชิงพื้นที่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง-1 ผลการประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลังในระดับตำบลของจังหวัดจันทบุรี

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]
1	ต.แสลง	อ.เมืองจันทบุรี	6.87	1.37	0.96	12.50	12.02	0.29	667.71	0.67	0.00	0.10
2	ต.ซึ้ง	อ.ขลุง	28.51	5.70	3.99	12.50	49.89	1.19	2,771.61	2.77	0.00	0.40
3	ต.เขาวัว	อ.ท่าใหม่	4.95	0.99	0.69	12.50	8.67	0.21	481.67	0.48	0.00	0.07
4	ต.เขาบายศรี	อ.ท่าใหม่	47.49	9.50	6.65	12.50	83.10	1.98	4,616.71	4.62	0.00	0.66
5	ต.สองพี่น้อง	อ.ท่าใหม่	2.79	0.56	0.39	12.50	4.89	0.12	271.46	0.27	0.00	0.04
6	ต.ทุ่งเบญจา	อ.ท่าใหม่	328.93	65.79	46.05	12.50	575.62	13.75	31,979.11	31.98	0.00	4.56
7	ต.รำพัน	อ.ท่าใหม่	11.42	2.28	1.60	12.50	19.99	0.48	1,110.69	1.11	0.00	0.16
8	ต.เขาแก้ว	อ.ท่าใหม่	1,387.70	277.54	194.28	12.50	2,428.48	58.00	134,915.55	134.92	0.02	19.25
9	ต.ทับไทร	อ.โป่งน้ำร้อน	1,103.77	220.75	154.53	12.50	1,931.60	46.13	107,311.24	107.31	0.02	15.31
10	ต.โป่งน้ำร้อน	อ.โป่งน้ำร้อน	921.78	184.36	129.05	12.50	1,613.12	38.53	89,617.76	89.62	0.01	12.79
11	ต.หนองตาคง	อ.โป่งน้ำร้อน	759.84	151.97	106.38	12.50	1,329.73	31.76	73,873.64	73.87	0.01	10.54
12	ต.เทพนิมิต	อ.โป่งน้ำร้อน	1,401.13	280.23	196.16	12.50	2,451.98	58.56	136,221.33	136.22	0.02	19.44
13	ต.คลองใหญ่	อ.โป่งน้ำร้อน	2,184.84	436.97	305.88	12.50	3,823.47	91.32	212,414.90	212.41	0.03	30.31
14	ต.ฉมัน	อ.มะขาม	6.84	1.37	0.96	12.50	11.96	0.29	664.69	0.66	0.00	0.09
15	ต.ปะตง	อ.สอยดาว	781.04	156.21	109.35	12.50	1,366.82	32.64	75,934.56	75.93	0.01	10.84
16	ต.ทุ่งขนาน	อ.สอยดาว	4,824.40	964.88	675.42	12.50	8,442.70	201.64	469,039.08	469.04	0.07	66.93
17	ต.ทับช้าง	อ.สอยดาว	4,871.61	974.32	682.03	12.50	8,525.33	203.61	473,629.20	473.63	0.07	67.58
18	ต.ทรายขาว	อ.สอยดาว	2,374.12	474.82	332.38	12.50	4,154.70	99.23	230,816.75	230.82	0.03	32.94
19	ต.สะตอน	อ.สอยดาว	1,917.52	383.50	268.45	12.50	3,355.65	80.14	186,425.23	186.43	0.03	26.60
20	ต.แก่งหางแมว	อ.แก่งหางแมว	616.53	123.31	86.31	12.50	1,078.93	25.77	59,940.69	59.94	0.01	8.55

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง-1 ผลการประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลังในระดับตำบลของจังหวัดจันทบุรี (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]
21	ต.ขุนซ่อง	อ.แก่งหางแมว	1,133.12	226.62	158.64	12.50	1,982.96	47.36	110,164.51	110.16	0.02	15.72
22	ต.สามพี่น้อง	อ.แก่งหางแมว	158.71	31.74	22.22	12.50	277.75	6.63	15,430.55	15.43	0.00	2.20
23	ต.พวา	อ.แก่งหางแมว	2,172.27	434.45	304.12	12.50	3,801.46	90.79	211,192.50	211.19	0.03	30.14
24	ต.เขาวงกต	อ.แก่งหางแมว	701.18	140.24	98.17	12.50	1,227.07	29.31	68,170.30	68.17	0.01	9.73
25	ต.นายายอาม	อ.นายายอาม	1,027.83	205.57	143.90	12.50	1,798.70	42.96	99,927.88	99.93	0.01	14.26
26	ต.วังโตนด	อ.นายายอาม	0.63	0.13	0.09	12.50	1.11	0.03	61.52	0.06	0.00	0.01
27	ต.กระแจะ	อ.นายายอาม	9.36	1.87	1.31	12.50	16.38	0.39	910.15	0.91	0.00	0.13
28	ต.สนามไชย	อ.นายายอาม	22.48	4.50	3.15	12.50	39.34	0.94	2,185.78	2.19	0.00	0.31
29	ต.ช้างข้าม	อ.นายายอาม	30.34	6.07	4.25	12.50	53.10	1.27	2,949.79	2.95	0.00	0.42
30	ต.วังใหม่	อ.นายายอาม	139.69	27.94	19.56	12.50	244.46	5.84	13,581.21	13.58	0.00	1.94
31	ต.ชากไทย	อ.เขาคิชฌกูฏ	5.13	1.03	0.72	12.50	8.98	0.21	498.83	0.50	0.00	0.07
32	ต.พลวง	อ.เขาคิชฌกูฏ	70.73	14.15	9.90	12.50	123.77	2.96	6,876.05	6.88	0.00	0.98
33	ต.ตะเคียนทอง	อ.เขาคิชฌกูฏ	49.80	9.96	6.97	12.50	87.14	2.08	4,841.28	4.84	0.00	0.69
34	ต.คลองพลู	อ.เขาคิชฌกูฏ	245.16	49.03	34.32	12.50	429.04	10.25	23,835.30	23.84	0.00	3.40
35	ต.จันทเขลม	อ.เขาคิชฌกูฏ	776.55	155.31	108.72	12.50	1,358.96	32.46	75,497.89	75.50	0.01	10.77
รวมทั้งสิ้น			**30,125**	**6,025**	**4,217**	**12.50**	**52,718**	**1,259**	**2,928,827**	**2,928**	**0.42**	**417**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง-2 ผลการประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลังในระดับตำบลของจังหวัดระยอง

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]
1	ต.เชิงเนิน	อ.เมืองระยอง	14.99	3.00	2.10	12.50	26.23	0.63	1,457.32	1.46	0.00	0.21
2	ต.ตะพง	อ.เมืองระยอง	95.59	19.12	13.38	12.50	167.29	4.00	9,293.83	9.29	0.00	1.33
3	ต.เพ	อ.เมืองระยอง	186.16	37.23	26.06	12.50	325.77	7.78	18,098.45	18.10	0.00	2.58
4	ต.แกลง	อ.เมืองระยอง	565.38	113.08	79.15	12.50	989.42	23.63	54,967.84	54.97	0.01	7.84
5	ต.บ้านแลง	อ.เมืองระยอง	104.43	20.89	14.62	12.50	182.76	4.36	10,153.18	10.15	0.00	1.45
6	ต.นาตาขวัญ	อ.เมืองระยอง	143.03	28.61	20.02	12.50	250.31	5.98	13,906.01	13.91	0.00	1.98
7	ต.เนินพระ	อ.เมืองระยอง	41.74	8.35	5.84	12.50	73.05	1.74	4,058.26	4.06	0.00	0.58
8	ต.กะเฉด	อ.เมืองระยอง	93.74	18.75	13.12	12.50	164.04	3.92	9,113.19	9.11	0.00	1.30
9	ต.ทับมา	อ.เมืองระยอง	558.85	111.77	78.24	12.50	977.98	23.36	54,332.41	54.33	0.01	7.75
10	ต.น้ำคอก	อ.เมืองระยอง	10.29	2.06	1.44	12.50	18.00	0.43	1,000.07	1.00	0.00	0.14
11	ต.มาบตาพุด	อ.เมืองระยอง	5,938.13	1,187.63	831.34	12.50	10,391.72	248.19	577,317.93	577.32	0.08	82.38
12	ต.สำนักทอง	อ.เมืองระยอง	167.65	33.53	23.47	12.50	293.38	7.01	16,299.08	16.30	0.00	2.33
13	ต.สำนักท้อน	อ.บ้านฉาง	3,229.35	645.87	452.11	12.50	5,651.36	134.97	313,964.70	313.96	0.04	44.80
14	ต.พลา	อ.บ้านฉาง	1,284.16	256.83	179.78	12.50	2,247.28	53.67	124,848.71	124.85	0.02	17.82
15	ต.บ้านฉาง	อ.บ้านฉาง	5,119.76	1,023.95	716.77	12.50	8,959.58	213.99	497,754.54	497.75	0.07	71.03
16	ต.ทางเกวียน	อ.แกลง	119.04	23.81	16.67	12.50	208.32	4.98	11,573.58	11.57	0.00	1.65
17	ต.วังหว้า	อ.แกลง	124.48	24.90	17.43	12.50	217.85	5.20	12,102.61	12.10	0.00	1.73
18	ต.ชากโดน	อ.แกลง	12.44	2.49	1.74	12.50	21.77	0.52	1,209.36	1.21	0.00	0.17
19	ต.เนินฆ้อ	อ.แกลง	11.51	2.30	1.61	12.50	20.14	0.48	1,118.87	1.12	0.00	0.16
20	ต.กร่ำ	อ.แกลง	47.03	9.41	6.58	12.50	82.31	1.97	4,572.67	4.57	0.00	0.65

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง-2 ผลการประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลังในระดับตำบลของจังหวัดระยอง (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]
21	ต.ชากพง	อ.แกลง	167.38	33.48	23.43	12.50	292.92	7.00	16,273.29	16.27	0.00	2.32
22	ต.กระแสบน	อ.แกลง	168.69	33.74	23.62	12.50	295.21	7.05	16,400.69	16.40	0.00	2.34
23	ต.บ้านนา	อ.แกลง	31.23	6.25	4.37	12.50	54.65	1.31	3,036.06	3.04	0.00	0.43
24	ต.ทุ่งควายกิน	อ.แกลง	274.08	54.82	38.37	12.50	479.64	11.46	26,646.70	26.65	0.00	3.80
25	ต.กองดิน	อ.แกลง	387.25	77.45	54.22	12.50	677.69	16.19	37,649.61	37.65	0.01	5.37
26	ต.คลองปูน	อ.แกลง	26.98	5.40	3.78	12.50	47.21	1.13	2,622.74	2.62	0.00	0.37
27	ต.พังราด	อ.แกลง	8.63	1.73	1.21	12.50	15.10	0.36	839.02	0.84	0.00	0.12
28	ต.ปากน้ำกระแส	อ.แกลง	8.06	1.61	1.13	12.50	14.10	0.34	783.61	0.78	0.00	0.11
29	ต.ห้วยยาง	อ.แกลง	158.85	31.77	22.24	12.50	277.99	6.64	15,444.13	15.44	0.00	2.20
30	ต.สองสลึง	อ.แกลง	72.32	14.46	10.12	12.50	126.56	3.02	7,031.09	7.03	0.00	1.00
31	ต.วังจันทร์	อ.วังจันทร์	26.78	5.36	3.75	12.50	46.87	1.12	2,604.06	2.60	0.00	0.37
32	ต.ชุมแสง	อ.วังจันทร์	723.35	144.67	101.27	12.50	1,265.85	30.23	70,325.28	70.33	0.01	10.03
33	ต.ป่ายุบใน	อ.วังจันทร์	865.29	173.06	121.14	12.50	1,514.26	36.17	84,125.33	84.13	0.01	12.00
34	ต.พลงตาเอี่ยม	อ.วังจันทร์	30.80	6.16	4.31	12.50	53.90	1.29	2,994.67	2.99	0.00	0.43
35	ต.บ้านค่าย	อ.บ้านค่าย	23.45	4.69	3.28	12.50	41.03	0.98	2,279.56	2.28	0.00	0.33
36	ต.หนองละลอก	อ.บ้านค่าย	2,408.09	481.62	337.13	12.50	4,214.15	100.65	234,119.46	234.12	0.03	33.41
37	ต.หนองตะพาน	อ.บ้านค่าย	212.60	42.52	29.76	12.50	372.05	8.89	20,669.17	20.67	0.00	2.95
38	ต.ตาขัน	อ.บ้านค่าย	37.42	7.48	5.24	12.50	65.49	1.56	3,638.07	3.64	0.00	0.52
39	ต.บางบุตร	อ.บ้านค่าย	384.17	76.83	53.78	12.50	672.30	16.06	37,349.97	37.35	0.01	5.33
40	ต.หนองบัว	อ.บ้านค่าย	913.64	182.73	127.91	12.50	1,598.87	38.19	88,826.34	88.83	0.01	12.67

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง-2 ผลการประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลังในระดับตำบลของจังหวัดระยอง (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]
41	ต.ชากบก	อ.บ้านค่าย	70.18	14.04	9.82	12.50	122.81	2.93	6,822.65	6.82	0.00	0.97
42	ต.ปลวกแดง	อ.ปลวกแดง	1,943.85	388.77	272.14	12.50	3,401.74	81.25	188,985.54	188.99	0.03	26.97
43	ต.ตาสิทธิ์	อ.ปลวกแดง	834.76	166.95	116.87	12.50	1,460.83	34.89	81,157.05	81.16	0.01	11.58
44	ต.ละหาร	อ.ปลวกแดง	1,908.27	381.65	267.16	12.50	3,339.47	79.76	185,526.34	185.53	0.03	26.47
45	ต.แม่น้ำคู้	อ.ปลวกแดง	2,878.49	575.70	402.99	12.50	5,037.36	120.31	279,853.45	279.85	0.04	39.93
46	ต.มาบยางพร	อ.ปลวกแดง	2,747.22	549.44	384.61	12.50	4,807.64	114.82	267,091.14	267.09	0.04	38.11
47	ต.หนองไร่	อ.ปลวกแดง	866.56	173.31	121.32	12.50	1,516.47	36.22	84,248.46	84.25	0.01	12.02
48	ต.น้ำเป็น	อ.เขาชะเมา	52.01	10.40	7.28	12.50	91.01	2.17	5,056.32	5.06	0.00	0.72
49	ต.ห้วยทับมอญ	อ.เขาชะเมา	55.26	11.05	7.74	12.50	96.70	2.31	5,372.06	5.37	0.00	0.77
50	ต.ชำฆ้อ	อ.เขาชะเมา	344.53	68.91	48.23	12.50	602.93	14.40	33,496.05	33.50	0.00	4.78
51	ต.เขาน้อย	อ.เขาชะเมา	86.36	17.27	12.09	12.50	151.14	3.61	8,396.57	8.40	0.00	1.20
52	ต.นิคมพัฒนา	อ.นิคมพัฒนา	1,808.92	361.78	253.25	12.50	3,165.60	75.61	175,866.87	175.87	0.03	25.10
53	ต.มาบข่า	อ.นิคมพัฒนา	2,284.71	456.94	319.86	12.50	3,998.24	95.49	222,124.58	222.12	0.03	31.70
54	ต.พนานิคม	อ.นิคมพัฒนา	615.42	123.08	86.16	12.50	1,076.98	25.72	59,832.09	59.83	0.01	8.54
55	ต.มะขามคู่	อ.นิคมพัฒนา	1,532.00	306.40	214.48	12.50	2,681.01	64.03	148,944.85	148.94	0.02	21.25
รวมทั้งสิ้น			**42,825.35**	**8,565.07**	**5,995.55**	**12.50**	**74,944.36**	**1,789.93**	**4,163,575.48**	**4,163.58**	**0.59**	**594.12**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง-3 ผลการประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลังในระดับตำบลของจังหวัดชลบุรี

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]
1	ต.สระสี่เหลี่ยม	อ.พนัสนิคม	1,925.39	385.08	269.55	12.50	3,369.43	80.47	187,190.62	187.19	0.03	26.71
2	ต.หัวถนน	อ.พนัสนิคม	1,575.27	315.05	220.54	12.50	2,756.72	65.84	153,150.85	153.15	0.02	21.85
3	ต.หนองปรือ	อ.พนัสนิคม	1,651.83	330.37	231.26	12.50	2,890.69	69.04	160,594.15	160.59	0.02	22.92
4	ต.หนองเหียง	อ.พนัสนิคม	5,866.95	1,173.39	821.37	12.50	10,267.16	245.22	570,398.02	570.40	0.08	81.39
5	ต.หน้าพระธาตุ	อ.พนัสนิคม	7.51	1.50	1.05	12.50	13.15	0.31	730.39	0.73	0.00	0.10
6	ต.เกาะจันทร์	อ.เกาะจันทร์	6,492.51	1,298.50	908.95	12.50	11,361.90	271.36	631,216.42	631.22	0.09	90.07
7	ต.บ้านช้าง	อ.พนัสนิคม	7.57	1.51	1.06	12.50	13.24	0.32	735.63	0.74	0.00	0.10
8	ต.นาวังหิน	อ.พนัสนิคม	2,246.03	449.21	314.44	12.50	3,930.55	93.88	218,363.73	218.36	0.03	31.16
9	ต.ท่าบุญมี	อ.เกาะจันทร์	3,386.31	677.26	474.08	12.50	5,926.05	141.53	329,224.72	329.22	0.05	46.98
10	ต.นาเริก	อ.พนัสนิคม	1,334.62	266.92	186.85	12.50	2,335.59	55.78	129,754.80	129.75	0.02	18.52
11	ต.ทุ่งขวาง	อ.พนัสนิคม	30.40	6.08	4.26	12.50	53.20	1.27	2,955.83	2.96	0.00	0.42
12	ต.หนองขยาด	อ.พนัสนิคม	70.00	14.00	9.80	12.50	122.51	2.93	6,805.96	6.81	0.00	0.97
13	ต.หมอนนาง	อ.พนัสนิคม	1,174.55	234.91	164.44	12.50	2,055.46	49.09	114,192.02	114.19	0.02	16.29
14	ต.หนองหงษ์	อ.พานทอง	14.46	2.89	2.02	12.50	25.30	0.60	1,405.56	1.41	0.00	0.20
15	ต.นาป่า	อ.เมืองชลบุรี	122.95	24.59	17.21	12.50	215.16	5.14	11,953.17	11.95	0.00	1.71
16	ต.สำนักบก	อ.เมืองชลบุรี	6.70	1.34	0.94	12.50	11.73	0.28	651.69	0.65	0.00	0.09
17	ต.เกษตรสุวรรณ	อ.บ่อทอง	521.40	104.28	73.00	12.50	912.45	21.79	50,691.70	50.69	0.01	7.23
18	ต.มาบไผ่	อ.บ้านบึง	399.19	79.84	55.89	12.50	698.58	16.68	38,809.94	38.81	0.01	5.54
19	ต.บ้านสวน	อ.เมืองชลบุรี	21.12	4.22	2.96	12.50	36.97	0.88	2,053.62	2.05	0.00	0.29
20	ต.หนองบอนแดง	อ.บ้านบึง	419.26	83.85	58.70	12.50	733.71	17.52	40,761.54	40.76	0.01	5.82

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง-3 ผลการประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลังในระดับตำบลของจังหวัดชลบุรี (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]
21	ต.วัดสุวรรณ	อ.บ่อทอง	1,178.12	235.62	164.94	12.50	2,061.71	49.24	114,539.18	114.54	0.02	16.34
22	ต.หนองซ้ำซาก	อ.บ้านบึง	274.81	54.96	38.47	12.50	480.92	11.49	26,717.96	26.72	0.00	3.81
23	ต.หนองรี	อ.เมืองชลบุรี	353.88	70.78	49.54	12.50	619.30	14.79	34,405.29	34.41	0.00	4.91
24	ต.หนองอิรุณ	อ.บ้านบึง	3,718.33	743.67	520.57	12.50	6,507.08	155.41	361,504.63	361.50	0.05	51.58
25	ต.บ่อกวางทอง	อ.บ่อทอง	1,843.54	368.71	258.10	12.50	3,226.19	77.05	179,232.95	179.23	0.03	25.58
26	ต.ธาตุทอง	อ.บ่อทอง	2,054.26	410.85	287.60	12.50	3,594.95	85.86	199,719.72	199.72	0.03	28.50
27	ต.บ้านบึง	อ.บ้านบึง	790.65	158.13	110.69	12.50	1,383.65	33.05	76,869.23	76.87	0.01	10.97
28	ต.หนองข้างคอก	อ.เมืองชลบุรี	428.13	85.63	59.94	12.50	749.23	17.89	41,623.85	41.62	0.01	5.94
29	ต.ห้วยกะปิ	อ.เมืองชลบุรี	165.38	33.08	23.15	12.50	289.41	6.91	16,078.41	16.08	0.00	2.29
30	ต.หนองชาก	อ.บ้านบึง	362.60	72.52	50.76	12.50	634.54	15.16	35,252.30	35.25	0.01	5.03
31	ต.บ่อทอง	อ.บ่อทอง	2,020.27	404.05	282.84	12.50	3,535.46	84.44	196,414.70	196.41	0.03	28.03
32	ต.พลวงทอง	อ.บ่อทอง	847.47	169.49	118.65	12.50	1,483.07	35.42	82,392.91	82.39	0.01	11.76
33	ต.เหมือง	อ.เมืองชลบุรี	87.66	17.53	12.27	12.50	153.40	3.66	8,522.15	8.52	0.00	1.22
34	ต.คลองกิ่ว	อ.บ้านบึง	8,625.16	1,725.03	1,207.52	12.50	15,094.03	360.50	838,557.19	838.56	0.12	119.66
35	ต.ห้างสูง	อ.หนองใหญ่	1,323.51	264.70	185.29	12.50	2,316.15	55.32	128,674.96	128.67	0.02	18.36
36	ต.บางพระ	อ.ศรีราชา	4,304.44	860.89	602.62	12.50	7,532.77	179.91	418,487.10	418.49	0.06	59.72
37	ต.หนองไผ่แก้ว	อ.บ้านบึง	1,164.51	232.90	163.03	12.50	2,037.90	48.67	113,216.55	113.22	0.02	16.16
38	ต.หนองใหญ่	อ.หนองใหญ่	2,434.77	486.95	340.87	12.50	4,260.85	101.76	236,713.87	236.71	0.03	33.78
39	ต.หนองขาม	อ.ศรีราชา	5,639.16	1,127.83	789.48	12.50	9,868.53	235.69	548,251.77	548.25	0.08	78.23
40	ต.หนองเสือช้าง	อ.หนองใหญ่	3,647.55	729.51	510.66	12.50	6,383.21	152.45	354,622.92	354.62	0.05	50.60

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง-3 ผลการประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลังในระดับตำบลของจังหวัดชลบุรี (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]
41	ต.เขาคันทรง	อ.ศรีราชา	5,123.63	1,024.73	717.31	12.50	8,966.35	214.15	498,130.53	498.13	0.07	71.08
42	ต.สุรศักดิ์	อ.ศรีราชา	1,700.39	340.08	238.05	12.50	2,975.68	71.07	165,315.41	165.32	0.02	23.59
43	ต.คลองพลู	อ.หนองใหญ่	333.42	66.68	46.68	12.50	583.49	13.94	32,416.17	32.42	0.00	4.63
44	เทศบาลตำบลแหลมฉบัง	อ.ศรีราชา	138.24	27.65	19.35	12.50	241.91	5.78	13,439.63	13.44	0.00	1.92
45	ต.เขาซก	อ.หนองใหญ่	989.01	197.80	138.46	12.50	1,730.77	41.34	96,153.82	96.15	0.01	13.72
46	ต.บึง	อ.ศรีราชา	3,776.43	755.29	528.70	12.50	6,608.75	157.84	367,152.59	367.15	0.05	52.39
47	ต.บ่อวิน	อ.ศรีราชา	6,477.76	1,295.55	906.89	12.50	11,336.09	270.74	629,782.65	629.78	0.09	89.87
48	ทต.บางละมุง	อ.บางละมุง	566.20	113.24	79.27	12.50	990.85	23.67	55,047.45	55.05	0.01	7.85
49	ต.ตะเคียนเตี้ย	อ.บางละมุง	3,183.88	636.78	445.74	12.50	5,571.79	133.07	309,543.95	309.54	0.04	44.17
50	ต.หนองปลาไหล	อ.บางละมุง	1,650.77	330.15	231.11	12.50	2,888.84	69.00	160,491.20	160.49	0.02	22.90
51	ต.เขาไม้แก้ว	อ.บางละมุง	4,291.57	858.31	600.82	12.50	7,510.25	179.37	417,235.88	417.24	0.06	59.54
52	ต.โป่ง	อ.บางละมุง	4,192.37	838.47	586.93	12.50	7,336.64	175.22	407,591.24	407.59	0.06	58.16
53	ต.หนองปรือ	อ.บางละมุง	2,070.72	414.14	289.90	12.50	3,623.76	86.55	201,320.05	201.32	0.03	28.73
54	เขตการปกครองพิเศษพัทยา	อ.บางละมุง	128.28	25.66	17.96	12.50	224.48	5.36	12,471.33	12.47	0.00	1.78
55	ต.ห้วยใหญ่	อ.บางละมุง	8,890.25	1,778.05	1,244.63	12.50	15,557.93	371.58	864,329.58	864.33	0.12	123.33
56	ต.นาจอมเทียน	อ.สัตหีบ	1,498.28	299.66	209.76	12.50	2,621.99	62.62	145,666.31	145.67	0.02	20.79
57	ต.บางเสร่	อ.สัตหีบ	2,804.37	560.87	392.61	12.50	4,907.65	117.21	272,647.25	272.65	0.04	38.91
58	ต.พลูตาหลวง	อ.สัตหีบ	2,763.30	552.66	386.86	12.50	4,835.77	115.49	268,654.02	268.65	0.04	38.34
59	ต.สัตหีบ	อ.สัตหีบ	546.29	109.26	76.48	12.50	956.00	22.83	53,111.11	53.11	0.01	7.58
60	ต.แสมสาร	อ.สัตหีบ	225.71	45.14	31.60	12.50	394.99	9.43	21,944.02	21.94	0.00	3.13

ตารางที่ ง-3 ผลการประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลังในระดับตำบลของจังหวัดชลบุรี (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]
	รวมทั้งสิ้น		119,889.07	23,977.81	16,784.47	12.50	209,805.8	5,010.89	11,655,882.	11,655.88	1.66	1,663.23

ตารางที่ ง-4 ผลการประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลังในระดับตำบลของจังหวัดสระแก้ว

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]
1	ต.สระแก้ว	อ.เมือง	883.63	176.73	123.71	12.50	1,546.35	36.93	85,908.23	85.91	0.01	12.26
2	ต.บ้านแก้ง	อ.เมือง	1,343.70	268.74	188.12	12.50	2,351.48	56.16	130,637.92	130.64	0.02	18.64
3	ต.ศาลาลำดวน	อ.เมือง	5,559.60	1,111.92	778.34	12.50	9,729.31	232.37	540,517.12	540.52	0.08	77.13
4	ต.โคกปี่ฆ้อง	อ.เมือง	4,566.42	913.28	639.30	12.50	7,991.23	190.86	443,957.11	443.96	0.06	63.35
5	ต.ท่าแยก	อ.เมือง	4,562.37	912.47	638.73	12.50	7,984.15	190.69	443,564.00	443.56	0.06	63.29
6	ต.ท่าเกษม	อ.เมือง	3,642.26	728.45	509.92	12.50	6,373.95	152.23	354,108.39	354.11	0.05	50.53
7	ต.สระขวัญ	อ.เมือง	4,736.70	947.34	663.14	12.50	8,289.23	197.98	460,512.96	460.51	0.07	65.71
8	ต.หนองบอน	อ.เมือง	3,658.56	731.71	512.20	12.50	6,402.48	152.91	355,693.32	355.69	0.05	50.76
9	ต.คลองหาด	อ.คลองหาด	6,598.56	1,319.71	923.80	12.50	11,547.48	275.79	641,526.74	641.53	0.09	91.54
10	ต.ไทยอุดม	อ.คลองหาด	6,416.07	1,283.21	898.25	12.50	11,228.12	268.17	623,784.58	623.78	0.09	89.01
11	ต.ซับมะกรูด	อ.คลองหาด	3,844.22	768.84	538.19	12.50	6,727.38	160.67	373,743.15	373.74	0.05	53.33
12	ต.ไทรเดี่ยว	อ.คลองหาด	2,762.97	552.59	386.82	12.50	4,835.19	115.48	268,621.78	268.62	0.04	38.33
13	ต.คลองไก่เถื่อน	อ.คลองหาด	6,859.11	1,371.82	960.28	12.50	12,003.45	286.68	666,858.14	666.86	0.10	95.16
14	ต.เบญจขร	อ.คลองหาด	1,613.11	322.62	225.84	12.50	2,822.95	67.42	156,830.51	156.83	0.02	22.38
15	ต.ไทรทอง	อ.คลองหาด	1,337.91	267.58	187.31	12.50	2,341.35	55.92	130,074.81	130.07	0.02	18.56
16	ต.ตาพระยา	อ.ตาพระยา	15,609.72	3,121.94	2,185.36	12.50	27,317.02	652.42	1,517,612.04	1,517.61	0.22	216.55

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง-4 ผลการประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลังในระดับตำบลของจังหวัดสระแก้ว (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]
17	ทัพเสด็จ	ตาพระยา	4,677.86	935.57	654.90	12.50	8,186.26	195.52	454,792.19	454.79	0.06	64.90
18	ทัพราช	ตาพระยา	8,407.42	1,681.48	1,177.04	12.50	14,712.99	351.40	817,388.16	817.39	0.12	116.64
19	ทัพไทย	ตาพระยา	6,752.52	1,350.50	945.35	12.50	11,816.91	282.23	656,495.05	656.50	0.09	93.68
20	โคคลาน	ตาพระยา	6,018.81	1,203.76	842.63	12.50	10,532.93	251.56	585,162.52	585.16	0.08	83.50
21	วังน้ำเย็น	วังน้ำเย็น	3,604.49	720.90	504.63	12.50	6,307.86	150.65	350,436.59	350.44	0.05	50.01
22	ตาหลังใน	วังน้ำเย็น	5,562.81	1,112.56	778.79	12.50	9,734.92	232.50	540,829.12	540.83	0.08	77.17
23	คลองหินปูน	วังน้ำเย็น	3,568.98	713.80	499.66	12.50	6,245.72	149.17	346,984.57	346.98	0.05	49.51
24	ทุ่งมหาเจริญ	วังน้ำเย็น	6,750.03	1,350.01	945.00	12.50	11,812.55	282.12	656,252.87	656.25	0.09	93.64
25	วัฒนานคร	วัฒนานคร	510.57	102.11	71.48	12.50	893.50	21.34	49,638.83	49.64	0.01	7.08
26	ท่าเกวียน	วัฒนานคร	2,523.24	504.65	353.25	12.50	4,415.67	105.46	245,314.89	245.31	0.04	35.00
27	ผักขะ	วัฒนานคร	724.08	144.82	101.37	12.50	1,267.14	30.26	70,396.47	70.40	0.01	10.05
28	โนนหมากเค็ง	วัฒนานคร	5,715.97	1,143.19	800.24	12.50	10,002.95	238.90	555,719.52	555.72	0.08	79.30
29	หนองน้ำใส	วัฒนานคร	4,557.39	911.48	638.03	12.50	7,975.43	190.48	443,079.59	443.08	0.06	63.22
30	ช่องกุ่ม	วัฒนานคร	4,513.62	902.72	631.91	12.50	7,898.83	188.65	438,823.95	438.82	0.06	62.62
31	หนองแวง	วัฒนานคร	1,575.69	315.14	220.60	12.50	2,757.46	65.86	153,192.02	153.19	0.02	21.86
32	แซร์ออ	วัฒนานคร	5,711.36	1,142.27	799.59	12.50	9,994.89	238.71	555,271.44	555.27	0.08	79.23
33	หนองหมาก	วัฒนานคร	8,279.49	1,655.90	1,159.13	12.50	14,489.10	346.05	804,950.13	804.95	0.11	114.86
34	หนองตะเคียน	วัฒนานคร	5,021.52	1,004.30	703.01	12.50	8,787.65	209.88	488,202.94	488.20	0.07	69.66
35	ห้วยโจด	วัฒนานคร	2,548.39	509.68	356.77	12.50	4,459.67	106.51	247,759.69	247.76	0.04	35.35

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง-4 ผลการประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลังในระดับตำบลของจังหวัดสระแก้ว (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]
36	อรัญประเทศ	อรัญประเทศ	59.07	11.81	8.27	12.50	103.37	2.47	5,742.63	5.74	0.00	0.82
37	เมืองไผ่	อรัญประเทศ	634.79	126.96	88.87	12.50	1,110.88	26.53	61,715.69	61.72	0.01	8.81
38	หันทราย	อรัญประเทศ	3,878.58	775.72	543.00	12.50	6,787.52	162.11	377,084.38	377.08	0.05	53.81
39	คลองน้ำใส	อรัญประเทศ	745.94	149.19	104.43	12.50	1,305.39	31.18	72,521.69	72.52	0.01	10.35
40	ท่าข้าม	อรัญประเทศ	82.76	16.55	11.59	12.50	144.83	3.46	8,046.21	8.05	0.00	1.15
41	ป่าไร่	อรัญประเทศ	2,276.13	455.23	318.66	12.50	3,983.23	95.13	221,290.29	221.29	0.03	31.58
42	ทับพริก	อรัญประเทศ	1,822.14	364.43	255.10	12.50	3,188.74	76.16	177,152.17	177.15	0.03	25.28
43	บ้านใหม่หนองไทร	อรัญประเทศ	413.98	82.80	57.96	12.50	724.47	17.30	40,248.16	40.25	0.01	5.74
44	ผ่านศึก	อรัญประเทศ	1,312.54	262.51	183.76	12.50	2,296.94	54.86	127,608.01	127.61	0.02	18.21
45	หนองสังข์	อรัญประเทศ	1,987.40	397.48	278.24	12.50	3,477.96	83.07	193,219.73	193.22	0.03	27.57
46	คลองทับจันทร์	อรัญประเทศ	778.52	155.70	108.99	12.50	1,362.42	32.54	75,689.88	75.69	0.01	10.80
47	ฟากห้วย	อรัญประเทศ	171.70	34.34	24.04	12.50	300.48	7.18	16,693.12	16.69	0.00	2.38
48	บ้านด่าน	อรัญประเทศ	893.22	178.64	125.05	12.50	1,563.13	37.33	86,840.43	86.84	0.01	12.39
49	เขาฉกรรจ์	เขาฉกรรจ์	964.01	192.80	134.96	12.50	1,687.01	40.29	93,722.78	93.72	0.01	13.37
50	หนองหว้า	เขาฉกรรจ์	7,627.50	1,525.50	1,067.85	12.50	13,348.13	318.80	741,562.80	741.56	0.11	105.82
51	พระเพลิง	เขาฉกรรจ์	5,135.15	1,027.03	718.92	12.50	8,986.51	214.63	499,250.71	499.25	0.07	71.24
52	เขาสามสิบ	เขาฉกรรจ์	3,048.29	609.66	426.76	12.50	5,334.50	127.41	296,361.16	296.36	0.04	42.29
53	โคกสูง	โคกสูง	1,105.12	221.02	154.72	12.50	1,933.95	46.19	107,441.89	107.44	0.02	15.33
54	หนองม่วง	โคกสูง	3,359.88	671.98	470.38	12.50	5,879.79	140.43	326,654.77	326.65	0.05	46.61
55	หนองแวง	โคกสูง	4,081.03	816.21	571.34	12.50	7,141.80	170.57	396,766.91	396.77	0.06	56.62

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง-4 ผลการประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลังในระดับตำบลของจังหวัดสระแก้ว (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]
56	ต.โนนหมากมุ่น	อ.โคกสูง	771.10	154.22	107.95	12.50	1,349.43	32.23	74,968.38	74.97	0.01	10.70
57	ต.วังสมบูรณ์	อ.วังสมบูรณ์	8,314.07	1,662.81	1,163.97	12.50	14,549.62	347.50	808,312.34	808.31	0.12	115.34
58	ต.วังใหม่	อ.วังสมบูรณ์	13,029.72	2,605.94	1,824.16	12.50	22,802.01	544.59	1,266,778.2	1,266.78	0.18	180.76
59	ต.วังทอง	อ.วังสมบูรณ์	12,932.50	2,586.50	1,810.55	12.50	22,631.88	540.53	1,257,326.4	1,257.33	0.18	179.41
รวมทั้งสิ้น			**236,444.30**	**47,288.86**	**33,102.20**	**12.50**	**413,777.5**	**9,882.43**	**22,987,640.**	**22,987.64**	**3.28**	**3,280.2**

ตารางที่ ง-5 ผลการประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลังในระดับตำบลของจังหวัดฉะเชิงเทรา

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]
1	ต.ปากน้ำ	อ.บางคล้า	2.65	0.53	0.37	12.50	4.64	0.11	257.52	0.26	0.00	0.04
2	ต.เกาะขนุน	อ.พนมสารคาม	4,730.41	946.08	662.26	12.50	8,278.23	197.71	459,901.41	459.90	0.07	65.63
3	ต.บ้านซ่อง	อ.พนมสารคาม	1,511.21	302.24	211.57	12.50	2,644.62	63.16	146,923.53	146.92	0.02	20.97
4	ต.พนมสารคาม	อ.พนมสารคาม	55.75	11.15	7.81	12.50	97.57	2.33	5,420.48	5.42	0.00	0.77
5	ต.หนองยาว	อ.พนมสารคาม	32.01	6.40	4.48	12.50	56.01	1.34	3,111.87	3.11	0.00	0.44
6	ต.ท่าถ่าน	อ.พนมสารคาม	386.44	77.29	54.10	12.50	676.27	16.15	37,570.71	37.57	0.01	5.36
7	ต.หนองแหน	อ.พนมสารคาม	2,334.16	466.83	326.78	12.50	4,084.79	97.56	226,932.50	226.93	0.03	32.38
8	ต.เขาหินซ้อน	อ.พนมสารคาม	13,271.74	2,654.35	1,858.04	12.50	23,225.55	554.71	1,290,308.06	1,290.31	0.18	184.12
9	ต.คู้ยายหมี	อ.สนามชัยเขต	3,841.54	768.31	537.82	12.50	6,722.70	160.56	373,483.25	373.48	0.05	53.29
10	ต.ท่ากระดาน	อ.สนามชัยเขต	20,535.31	4,107.06	2,874.94	12.50	35,936.79	858.29	1,996,488.55	1,996.49	0.28	284.89
11	ต.ทุ่งพระยา	อ.สนามชัยเขต	13,197.82	2,639.56	1,847.69	12.50	23,096.19	551.62	1,283,121.40	1,283.12	0.18	183.09
12	ต.ลาดกระทิง	อ.สนามชัยเขต	3,913.73	782.75	547.92	12.50	6,849.03	163.58	380,501.58	380.50	0.05	54.30

ตารางที่ ง-5 ผลการประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลังในระดับตำบลของจังหวัดฉะเชิงเทรา (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]
13	ต.แปลงยาว	อ.แปลงยาว	2,024.82	404.96	283.47	12.50	3,543.43	84.63	196,857.10	196.86	0.03	28.09
14	ต.วังเย็น	อ.แปลงยาว	2,329.34	465.87	326.11	12.50	4,076.34	97.36	226,463.29	226.46	0.03	32.31
15	ต.หัวสำโรง	อ.แปลงยาว	1,503.42	300.68	210.48	12.50	2,630.99	62.84	146,165.98	146.17	0.02	20.86
16	ต.หนองไม้แก่น	อ.แปลงยาว	2,268.07	453.61	317.53	12.50	3,969.12	94.80	220,506.83	220.51	0.03	31.47
17	ต.ท่าตะเกียบ	อ.ท่าตะเกียบ	17,114.93	3,422.99	2,396.09	12.50	29,951.13	715.34	1,663,951.42	1,663.95	0.24	237.44
18	ต.คลองตะเกรา	อ.ท่าตะเกียบ	10,383.43	2,076.69	1,453.68	12.50	18,171.00	433.99	1,009,500.16	1,009.50	0.14	144.05
รวมทั้งสิ้น			**99,436.79**	**19,887.36**	**13,921.15**	**12.50**	**174,014**	**4,156.06**	**9,667,465**	**9,667.47**	**1.38**	**1,379.5**

ตารางที่ ง-6 ผลการประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลังในระดับตำบลของจังหวัดปราจีนบุรี

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]
1	ต.บางบริบูรณ์	อ.เมืองปราจีนบุรี	0.98	0.20	0.14	12.50	1.71	0.04	95.03	0.10	0.00	0.01
2	ต.ดงพระราม	อ.เมืองปราจีนบุรี	25.70	5.14	3.60	12.50	44.97	1.07	2,498.17	2.50	0.00	0.36
3	ต.บ้านพระ	อ.เมืองปราจีนบุรี	10.85	2.17	1.52	12.50	18.99	0.45	1,055.05	1.06	0.00	0.15
4	ต.โคกไม้ลาย	อ.เมืองปราจีนบุรี	48.47	9.69	6.79	12.50	84.83	2.03	4,712.65	4.71	0.00	0.67
5	ต.ดงขี้เหล็ก	อ.เมืองปราจีนบุรี	198.02	39.60	27.72	12.50	346.53	8.28	19,251.47	19.25	0.00	2.75
6	ต.เนินหอม	อ.เมืองปราจีนบุรี	203.70	40.74	28.52	12.50	356.48	8.51	19,804.44	19.80	0.00	2.83
7	ต.โนนห้อม	อ.เมืองปราจีนบุรี	452.33	90.47	63.33	12.50	791.58	18.91	43,976.94	43.98	0.01	6.28
8	ต.กบินทร์	อ.กบินทร์บุรี	3,111.50	622.30	435.61	12.50	5,445.12	130.05	302,506.87	302.51	0.04	43.17
9	ต.เมืองเก่า	อ.กบินทร์บุรี	547.03	109.41	76.58	12.50	957.31	22.86	53,183.73	53.18	0.01	7.59

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง-6 ผลการประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลังในระดับตำบลของจังหวัดปราจีนบุรี (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]
10	ต.วังดาล	กบินทร์บุรี	2,094.61	418.92	293.24	12.50	3,665.56	87.55	203,642.19	203.64	0.03	29.06
11	นนทรี	กบินทร์บุรี	2,148.08	429.62	300.73	12.50	3,759.14	89.78	208,841.08	208.84	0.03	29.80
12	ย่านรี	กบินทร์บุรี	4,762.40	952.48	666.74	12.50	8,334.20	199.05	463,011.07	463.01	0.07	66.07
13	วังตะเคียน	กบินทร์บุรี	6,266.05	1,253.21	877.25	12.50	10,965.59	261.90	609,199.58	609.20	0.09	86.93
14	หาดนางแก้ว	กบินทร์บุรี	1,170.90	234.18	163.93	12.50	2,049.07	48.94	113,837.19	113.84	0.02	16.24
15	ลาดตะเคียน	กบินทร์บุรี	11,912.58	2,382.52	1,667.76	12.50	20,847.02	497.90	1,158,167.67	1,158.17	0.17	165.26
16	บ้านนา	กบินทร์บุรี	3,468.69	693.74	485.62	12.50	6,070.21	144.98	337,233.93	337.23	0.05	48.12
17	บ่อทอง	กบินทร์บุรี	2,370.21	474.04	331.83	12.50	4,147.87	99.07	230,437.17	230.44	0.03	32.88
18	หนองกี่	กบินทร์บุรี	3,762.62	752.52	526.77	12.50	6,584.59	157.26	365,810.73	365.81	0.05	52.20
19	นาแขม	กบินทร์บุรี	1,594.43	318.89	223.22	12.50	2,790.26	66.64	155,014.34	155.01	0.02	22.12
20	เขาไม้แก้ว	กบินทร์บุรี	4,673.08	934.62	654.23	12.50	8,177.89	195.32	454,327.08	454.33	0.06	64.83
21	วังท่าช้าง	กบินทร์บุรี	7,901.34	1,580.27	1,106.19	12.50	13,827.35	330.24	768,186.13	768.19	0.11	109.62
22	นาดี	นาดี	4,149.70	829.94	580.96	12.50	7,261.97	173.44	403,442.60	403.44	0.06	57.57
23	สำพันตา	นาดี	1,096.24	219.25	153.47	12.50	1,918.42	45.82	106,578.91	106.58	0.02	15.21
24	สะพานหิน	นาดี	1,450.70	290.14	203.10	12.50	2,538.72	60.63	141,040.21	141.04	0.02	20.13
25	ทุ่งโพธิ์	นาดี	3,247.99	649.60	454.72	12.50	5,683.98	135.75	315,776.92	315.78	0.05	45.06
26	แก่งดินสอ	อ.นาดี	6,877.12	1,375.42	962.80	12.50	12,034.96	287.44	668,608.95	668.61	0.10	95.41
27	บุพราหมณ์	นาดี	4,334.19	866.84	606.79	12.50	7,584.84	181.15	421,379.92	421.38	0.06	60.13
28	จันตคาม	จันตคาม	5.30	1.06	0.74	12.50	9.27	0.22	515.26	0.52	0.00	0.07
29	เกาะลอย	จันตคาม	56.01	11.20	7.84	12.50	98.01	2.34	5,445.20	5.45	0.00	0.78

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง-6 ผลการประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลังในระดับตำบลของจังหวัดปราจีนบุรี (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]
30	บ้านหอย	จันตคาม	796.13	159.23	111.46	12.50	1,393.22	33.27	77,401.18	77.40	0.01	11.04
31	หนองแสง	ประจันตคาม	216.63	43.33	30.33	12.50	379.10	9.05	21,061.24	21.06	0.00	3.01
32	ดงบัง	ประจันตคาม	617.73	123.55	86.48	12.50	1,081.02	25.82	60,056.61	60.06	0.01	8.57
33	คำโตนด	ประจันตคาม	1,420.75	284.15	198.91	12.50	2,486.31	59.38	138,128.48	138.13	0.02	19.71
34	บุฝ้าย	ประจันตคาม	168.11	33.62	23.54	12.50	294.19	7.03	16,343.77	16.34	0.00	2.33
35	หนองแก้ว	ประจันตคาม	210.90	42.18	29.53	12.50	369.07	8.81	20,503.72	20.50	0.00	2.93
36	ศรีมหาโพธิ	ศรีมหาโพธิ	4,842.54	968.51	677.96	12.50	8,474.44	202.40	470,802.26	470.80	0.07	67.18
37	สัมพันธ์	ศรีมหาโพธิ	0.84	0.17	0.12	12.50	1.47	0.04	81.66	0.08	0.00	0.01
38	บ้านทาม	ศรีมหาโพธิ	15.77	3.15	2.21	12.50	27.59	0.66	1,532.91	1.53	0.00	0.22
39	ท่าตูม	ศรีมหาโพธิ	3,158.11	631.62	442.14	12.50	5,526.69	132.00	307,038.26	307.04	0.04	43.81
40	หนองโพรง	ศรีมหาโพธิ	3,242.55	648.51	453.96	12.50	5,674.47	135.53	315,248.39	315.25	0.04	44.98
41	หัวหว้า	ศรีมหาโพธิ	3,884.41	776.88	543.82	12.50	6,797.72	162.35	377,650.90	377.65	0.05	53.89
42	กรอกสมบูรณ์	ศรีมหาโพธิ	7,652.39	1,530.48	1,071.33	12.50	13,391.68	319.84	743,982.05	743.98	0.11	106.16
43	โคกปีบ	ศรีมโหสถ	1,002.38	200.48	140.33	12.50	1,754.16	41.90	97,453.15	97.45	0.01	13.91
44	โคกไทย	ศรีมโหสถ	2,110.01	422.00	295.40	12.50	3,692.52	88.19	205,139.76	205.14	0.03	29.27
รวมทั้งสิ้น			**107,280**	**21,456**	**15,019**	**12.50**	**187,740**	**4,483**	**10,430,004**	**10,430.00**	**1.49**	**1,488**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง-7 ผลการประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลังในระดับตำบลของจังหวัดตราด

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]
1	ต.อ่าวใหญ่	อ.เมืองตราด	2.71	0.54	0.38	12.50	4.74	0.11	263.22	0.26	0.00	0.04
รวมทั้งสิ้น			**2.71**	**0.54**	**0.38**	**12.50**	**4.74**	**0.11**	**263.22**	**0.26**	**0.00**	**0.04**

หมายเหตุ

[6] = CASSAVA _Residual (Ton/Year) ปริมาณวัสดุเหลือทิ้งจากมันสำปะหลัง (ตัน/ปี) = ผลรวมผลผลิตมันสำปะหลัง (ตัน/ปี) x CRR (0.12) คิดปริมาณวัสดุเหลือทิ้งจากมันสำปะหลัง (ตัน/ปี) = โดยหัก % ความชื้นลดลงหลังการแปรรูปจาก 53.40% เหลือ 10.17% (คิดเป็นการลดลง 80%) อ้างอิง กระทรวพลังงานทดแทน.

[7] = Loss moisture _Residual 80% (Ton/Year) อ้างอิงจากโรงงานแปรรูปเชื้อเพลิง และโรงไฟฟ้าจากเหง้ามันสำปะหลัง

[8] = Loss produced _Residual 30% (Ton/Year) ประเมินจากปริมาณวัสดุเหลือทิ้งจากมันสำปะหลัง (ตัน/ปี) = โดยหัก % loss จากกระบวนการเตรียมเชื้อเพลิง 30% อ้างอิง กระทรวพลังงานทดแทน. คู่มือการลงทุนโรงงานแปรรูปเชื้อเพลิง และโรงไฟฟ้าจากเหง้ามันสำปะหลัง

[9] = Heating Value MJ/kg หรือ ค่าความร้อนที่ความชื้น 10.17% มีค่าความร้อนเท่ากับ 12.5 MJ/kg อ้างอิง กระทรวพลังงานทดแทน. คู่มือการลงทุนโรงงานแปรรูปเชื้อเพลิง และโรงไฟฟ้าจากเหง้ามันสำปะหลัง

[10] = Biomass Energy potoentail (GJ/Year)ค่าพลังงานความร้อนชีวมวลทั้งหมด (GJ) = ชีวมวลเหลือทิ้งทั้งหมด (ตัน/ปี) x ค่าความร้อน 12.5 MJ/kg

[11] = Energy potoentail (Ton of Oil Equivalent, toe) หรือ ค่าพลังงานความร้อน เมื่อคิดพลังงานเทียบเท่าน้ำมันดิบ = 1 toe เท่ากับ 41.87 GJ อ้างอิง กระทรวพลังงานทดแทน. คู่มือการลงทุนโรงงานแปรรูปเชื้อเพลิง และโรงไฟฟ้าจากเหง้ามันสำปะหลัง

[12] = Potential on Electricity Generation (kWh/Year) หรือ ศักยภาพการผลิตกระไฟฟ้า (kWh) = (ค่าพลังงานความร้อน (GJ) x 1000)/ Net Plant Heat Rate คือ 18 MJ/kWh อ้างอิง กระทรวพลังงานทดแทน. คู่มือการลงทุนโรงงานแปรรูปเชื้อเพลิง และโรงไฟฟ้าจากเหง้ามันสำปะหลัง

[13] = Potential on Electricity Generation (MWh/Year) หรือ ศักยภาพการผลิตกระไฟฟ้า (MWh) = ค่าพลังงานความร้อน (GJ) / Net Plant Heat Rate คือ 18 MJ/kWh

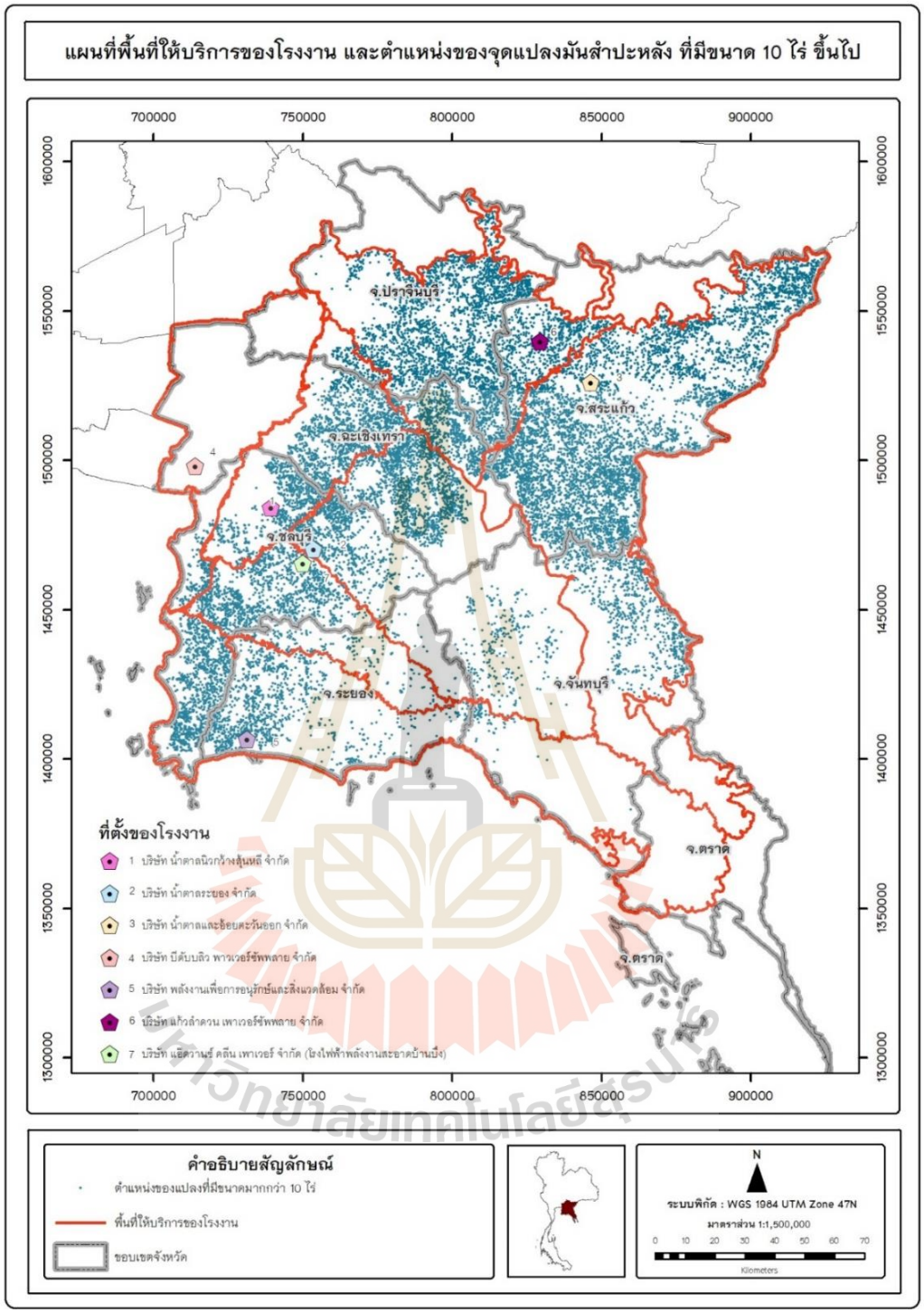
[14] = Power Plant capacity (MW) หรือ ขนาดโรงไฟฟ้า (MW) = ศักยภาพการผลิตไฟฟ้า (MWh/year)/เวลาการผลิตไฟฟ้าต่อปี (7008 hr/year) อ้างอิง กระทรวพลังงานทดแทน. คู่มือการลงทุนโรงงานแปรรูปเชื้อเพลิง และโรงไฟฟ้าจากเหง้ามันสำปะหลัง

[15] = Power Plant capacity (kW) หรือ ขนาดโรงไฟฟ้า (kW) = (ศักยภาพการผลิตไฟฟ้า (MWh/year)/เวลาการผลิตไฟฟ้าต่อปี (7008 hr/year)) x 1000

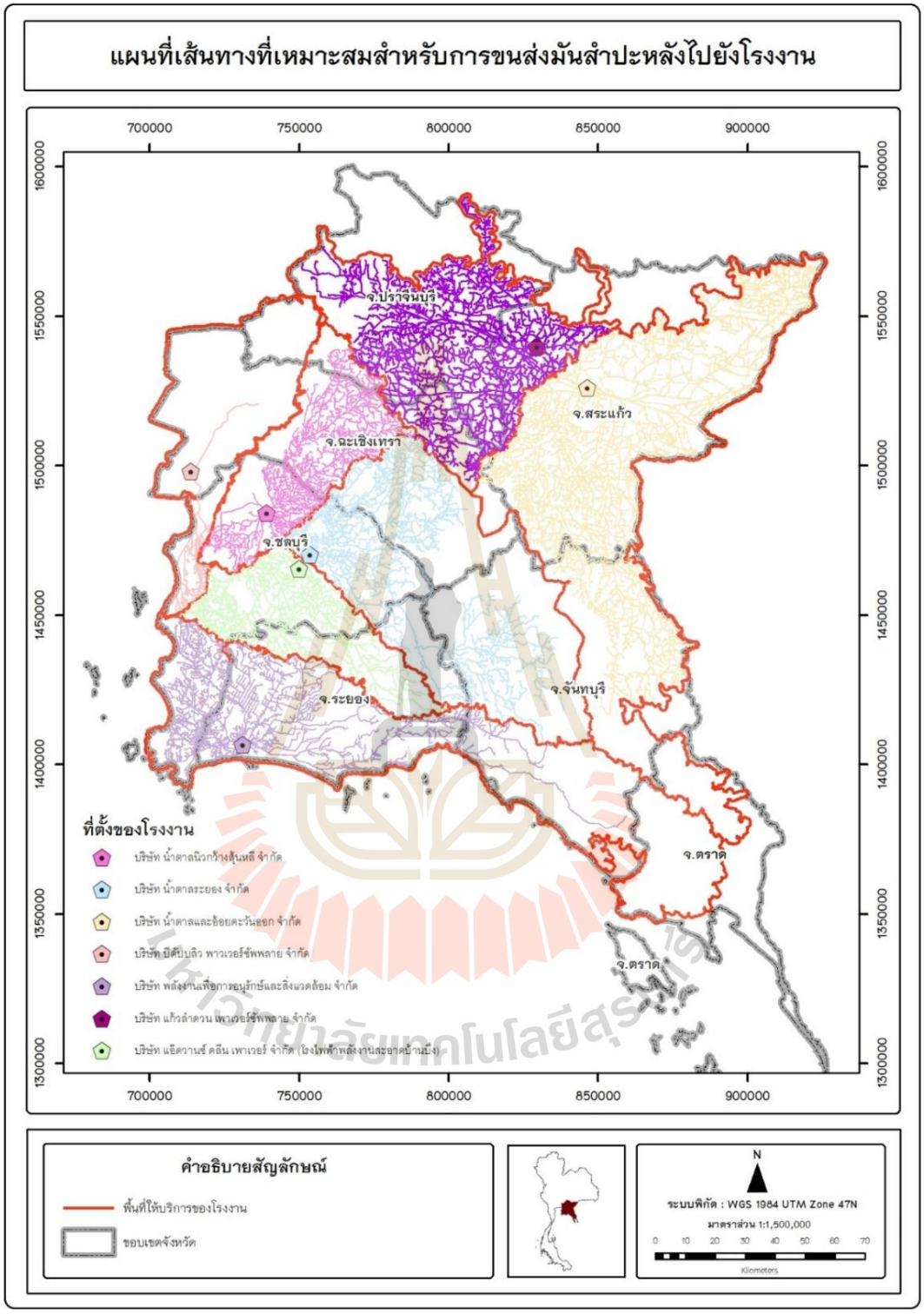
ภาคผนวก จ

เส้นทางขนส่งเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใกล้ที่สุด

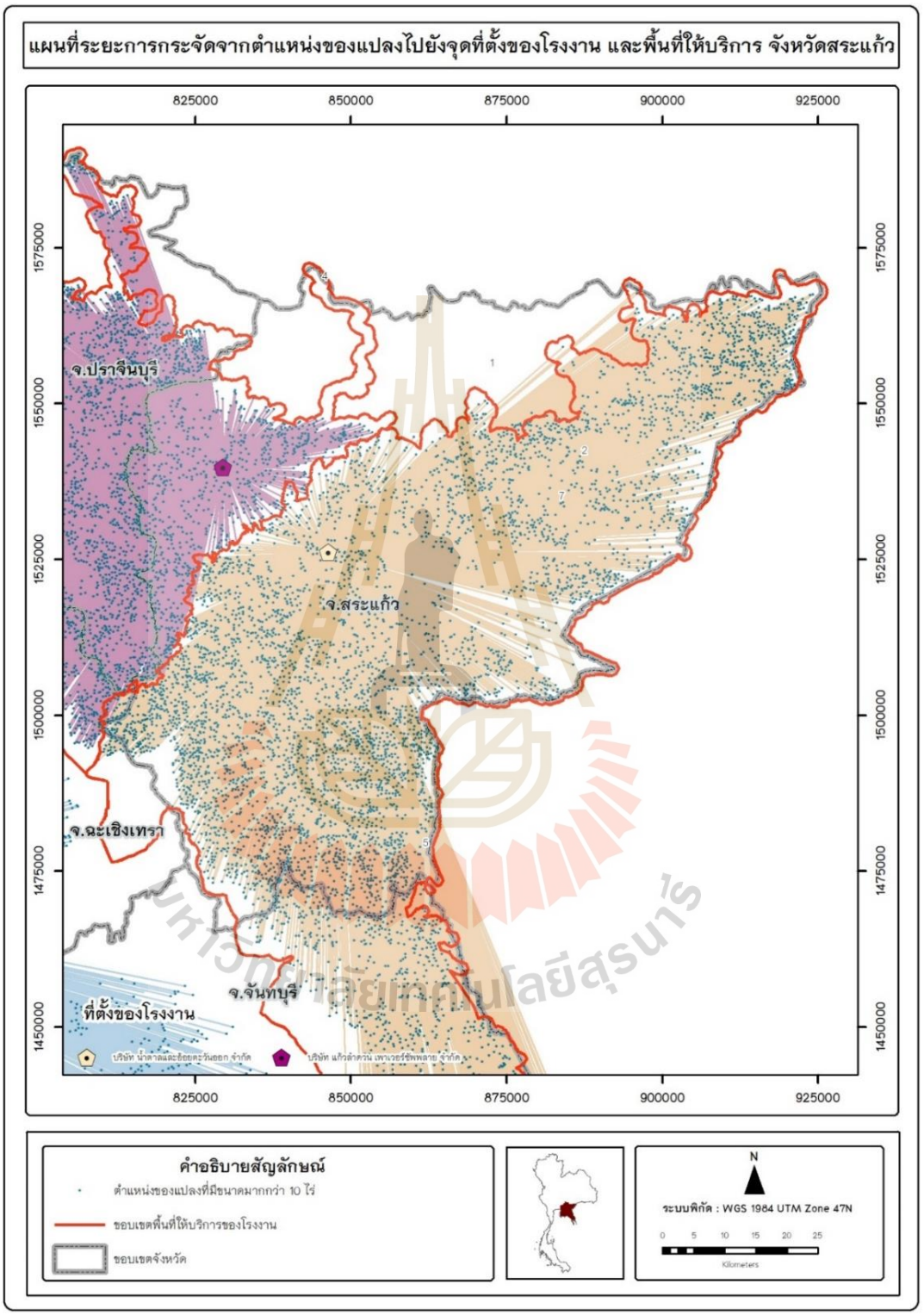
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



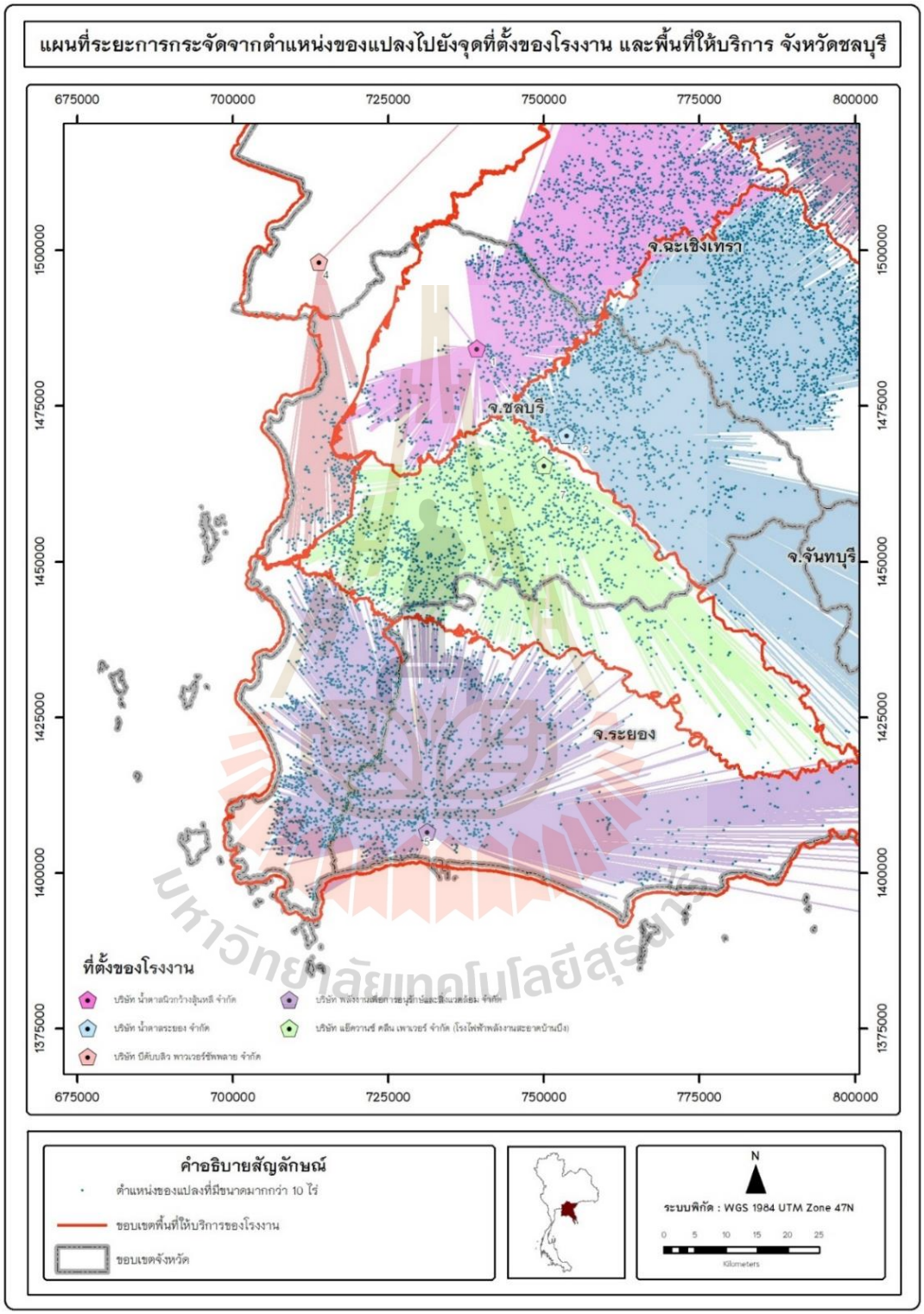
ภาพที่ จ-1 แผนที่พื้นที่ให้บริการของโรงงานและตำแหน่งไร่มันสำปะหลัง



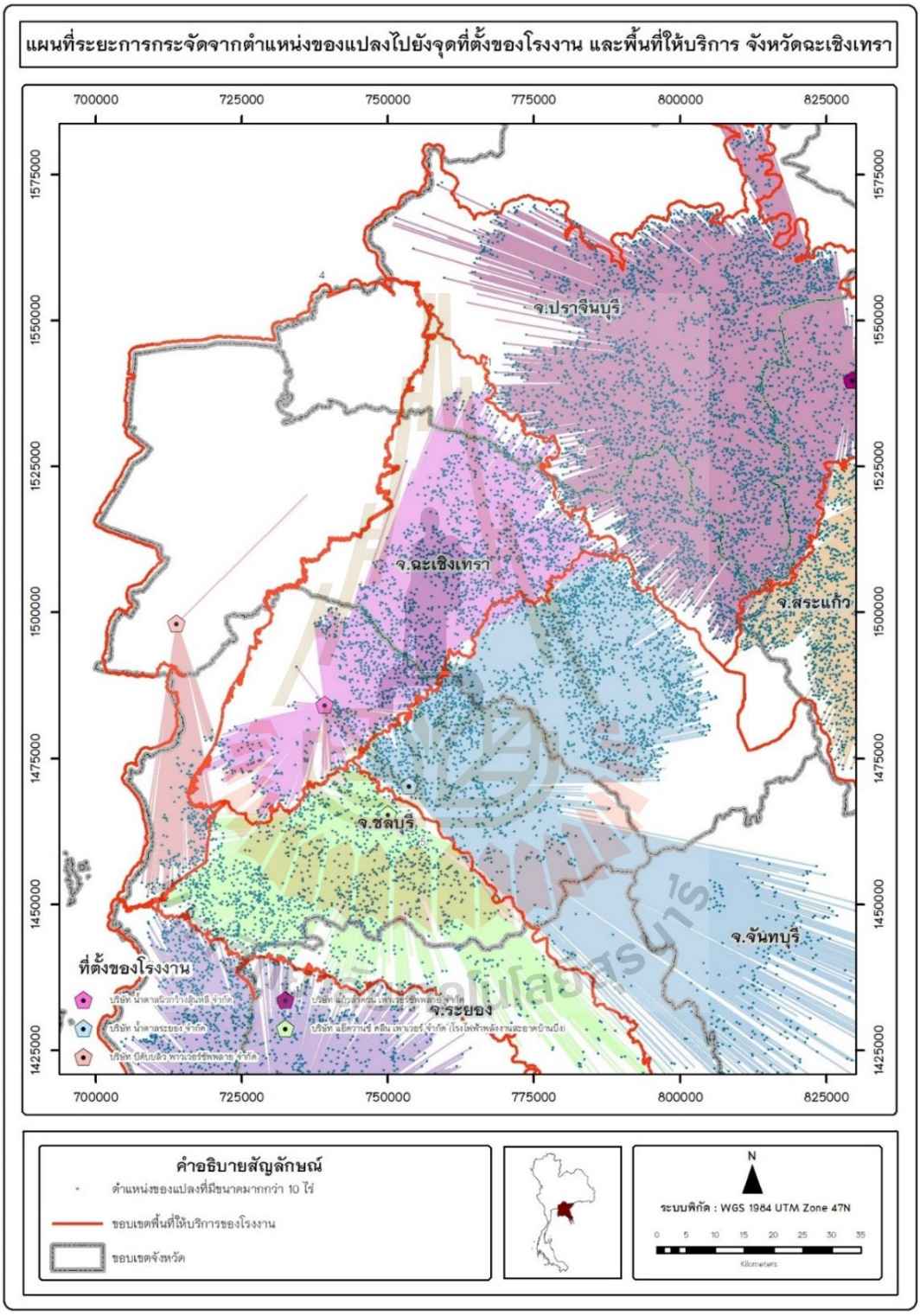
ภาพที่ จ-2 แผนที่เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับการขนส่งมันสำปะหลังไปยังโรงงาน



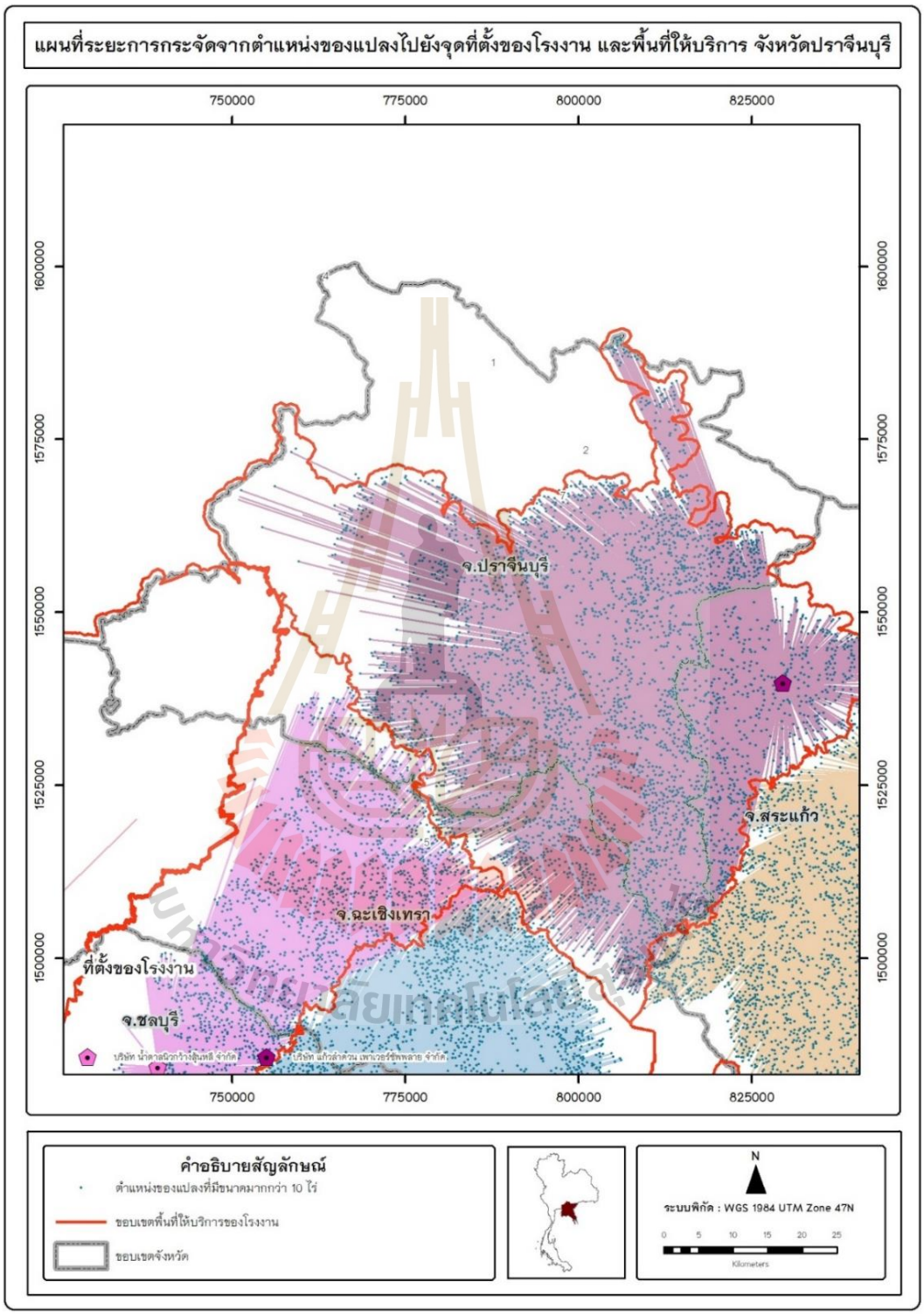
ภาพที่ จ-3 แผนที่ระยะการกระจัดจากตำแหน่งของแปลงไปยังจุดที่ตั้งโรงงาน จังหวัดสระแก้ว



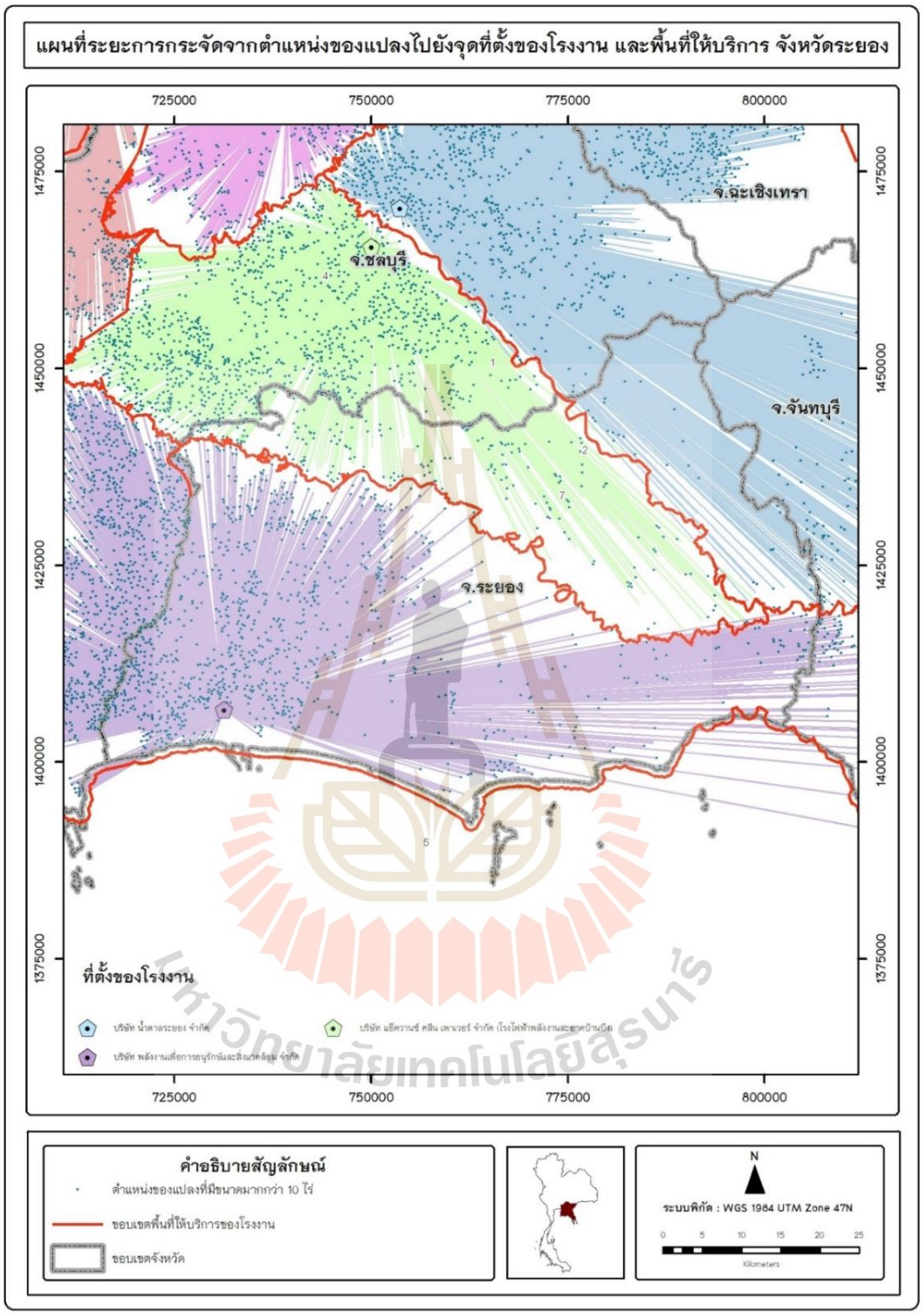
ภาพที่ จ-4 แผนที่ระยะการกระจัดจากตำแหน่งของแปลงไปยังจุดที่ตั้งโรงงาน จังหวัดชลบุรี



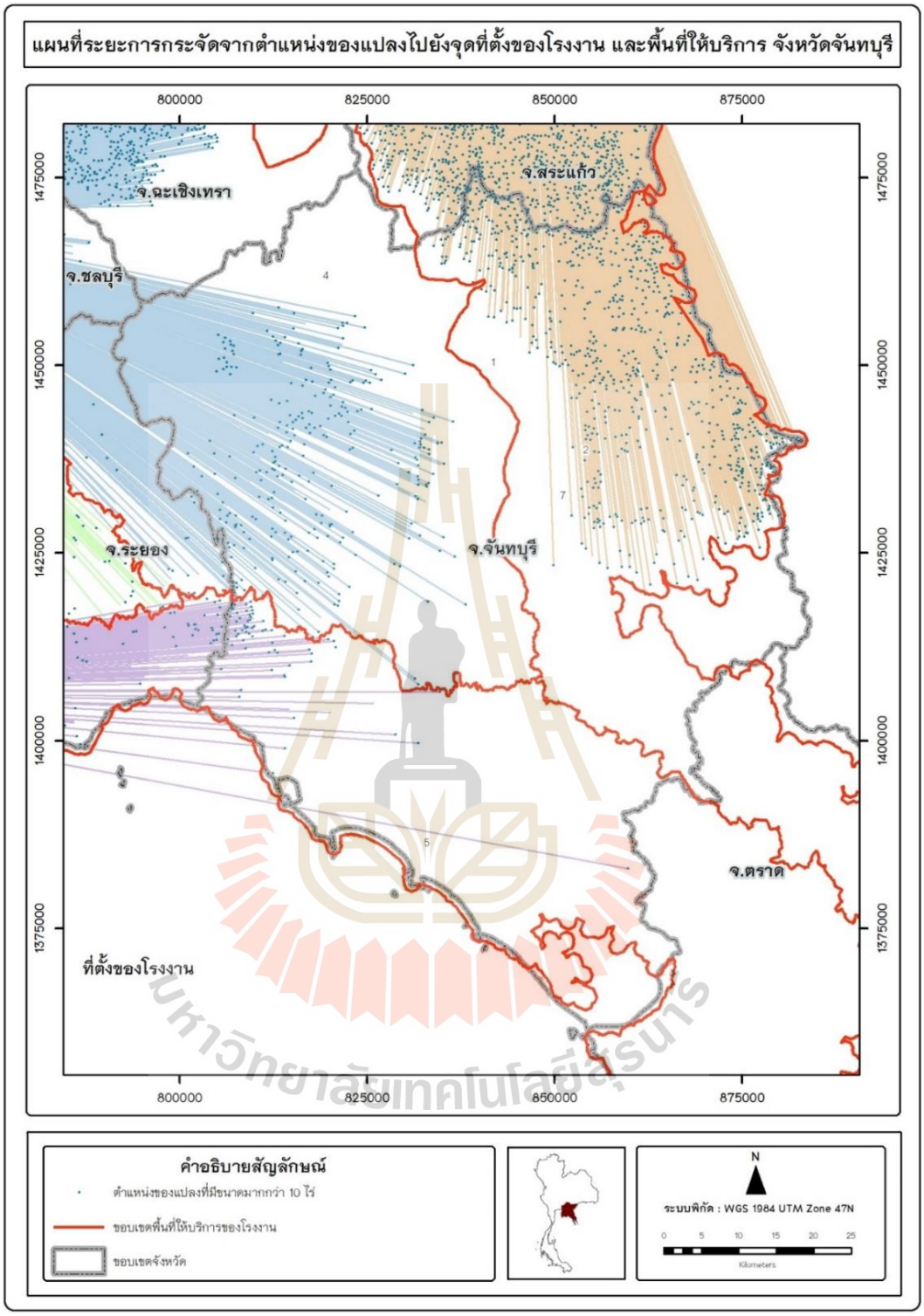
ภาพที่ จ-5 แผนที่ระยะการกระจัดจากตำแหน่งของแปลงไปยังจุดที่ตั้งโรงงาน จังหวัดฉะเชิงเทรา



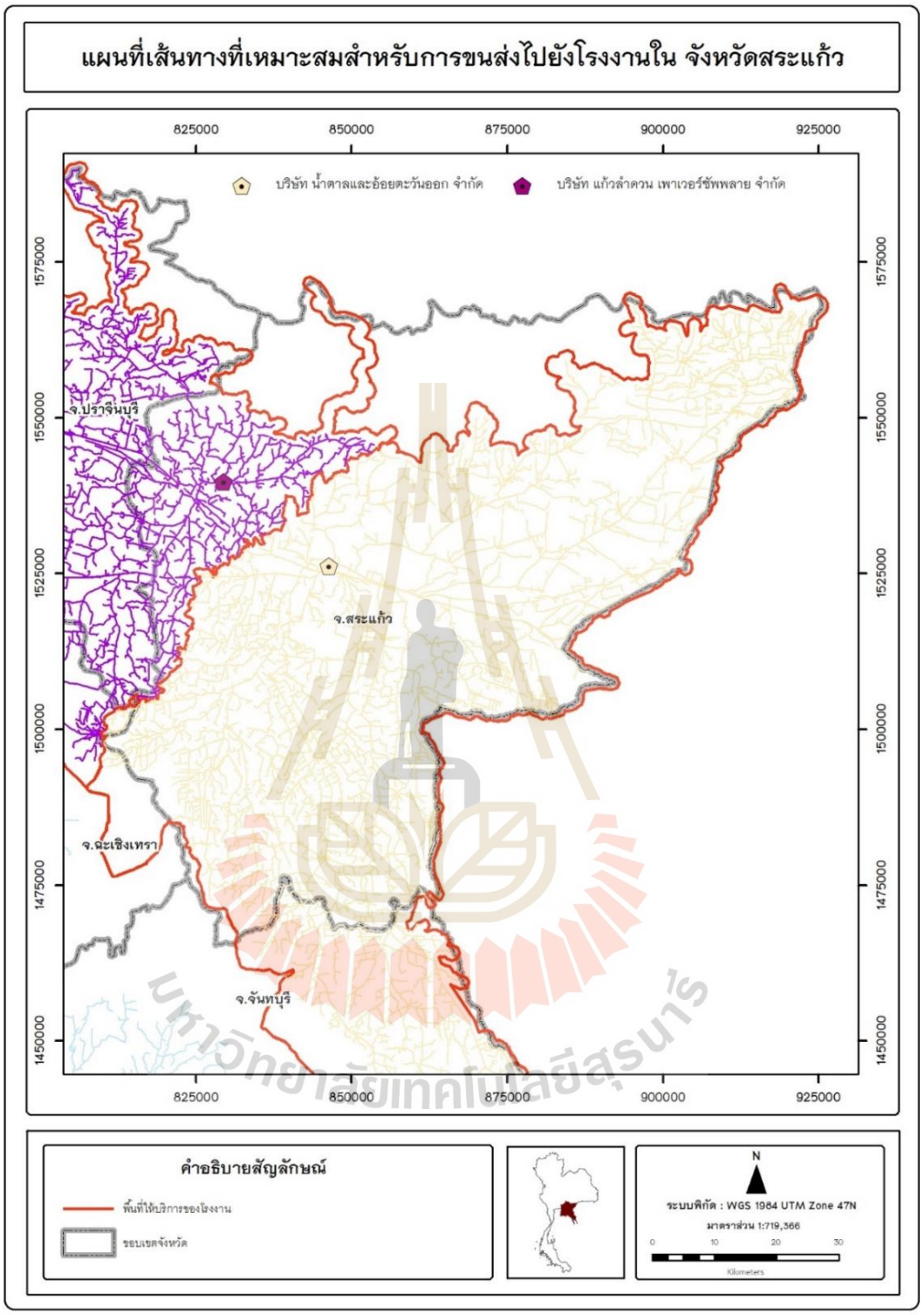
ภาพที่ จ-6 แผนที่ระยะการกระจัดจากตำแหน่งของแปลงไปยังจุดที่ตั้งโรงงาน จังหวัดปราจีนบุรี



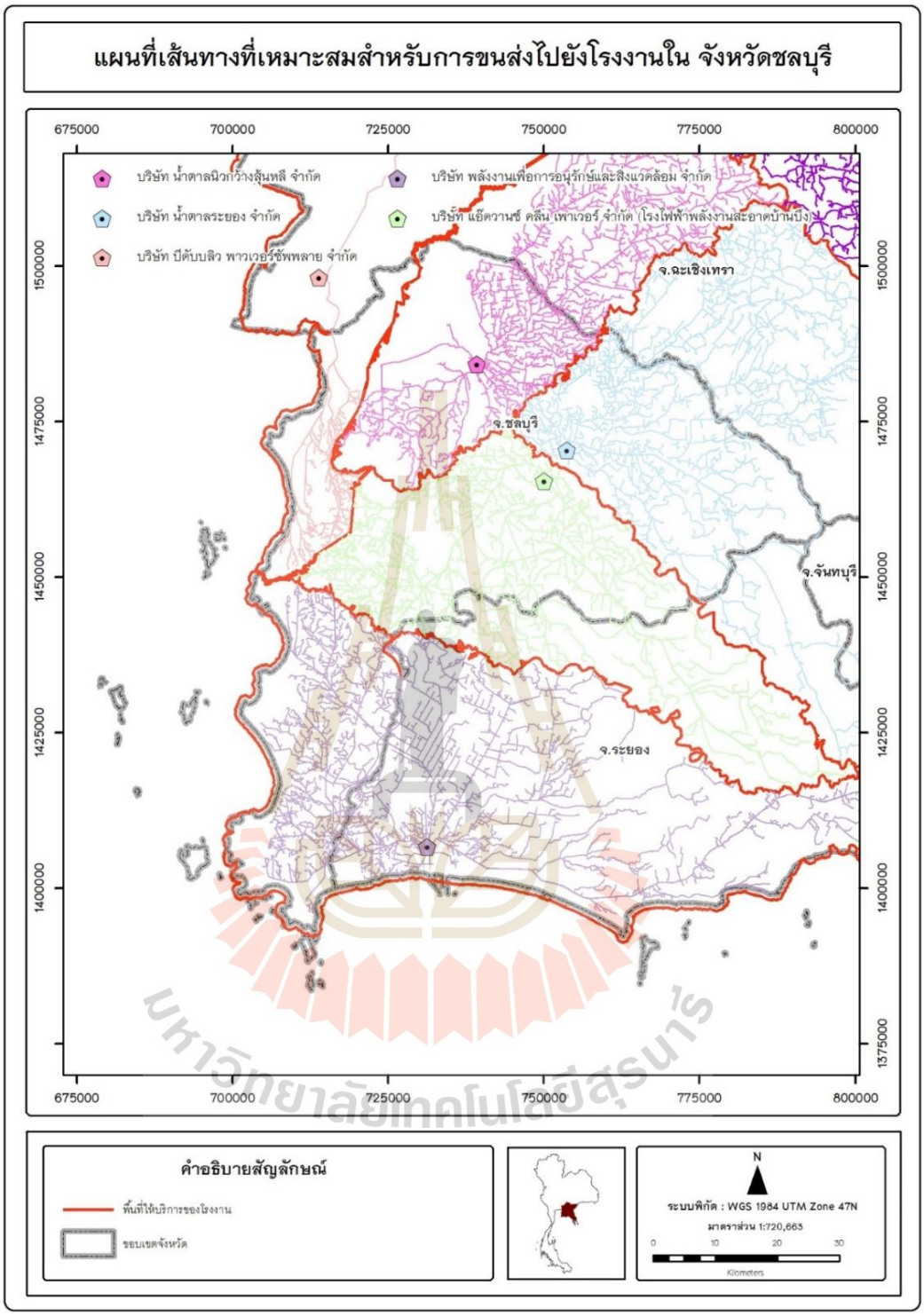
ภาพที่ จ-7 แผนที่ระยะการกระจัดจากตำแหน่งของแปลงไปยังจุดที่ตั้งโรงงาน จังหวัดระยอง



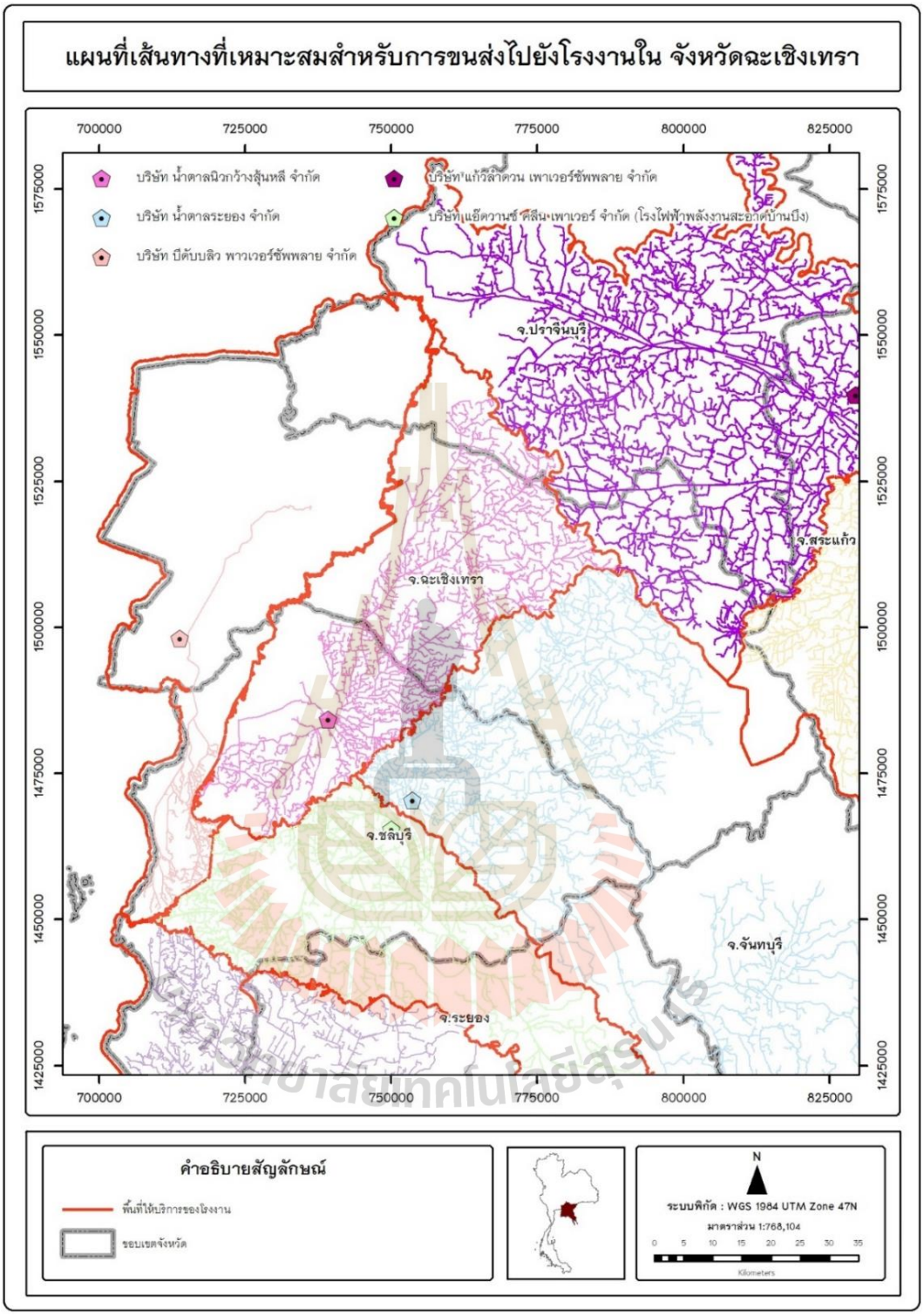
ภาพที่ จ-8 แผนที่ระยะการกระจัดจากตำแหน่งของแปลงไปยังจุดที่ตั้งโรงงาน จังหวัดจันทบุรี



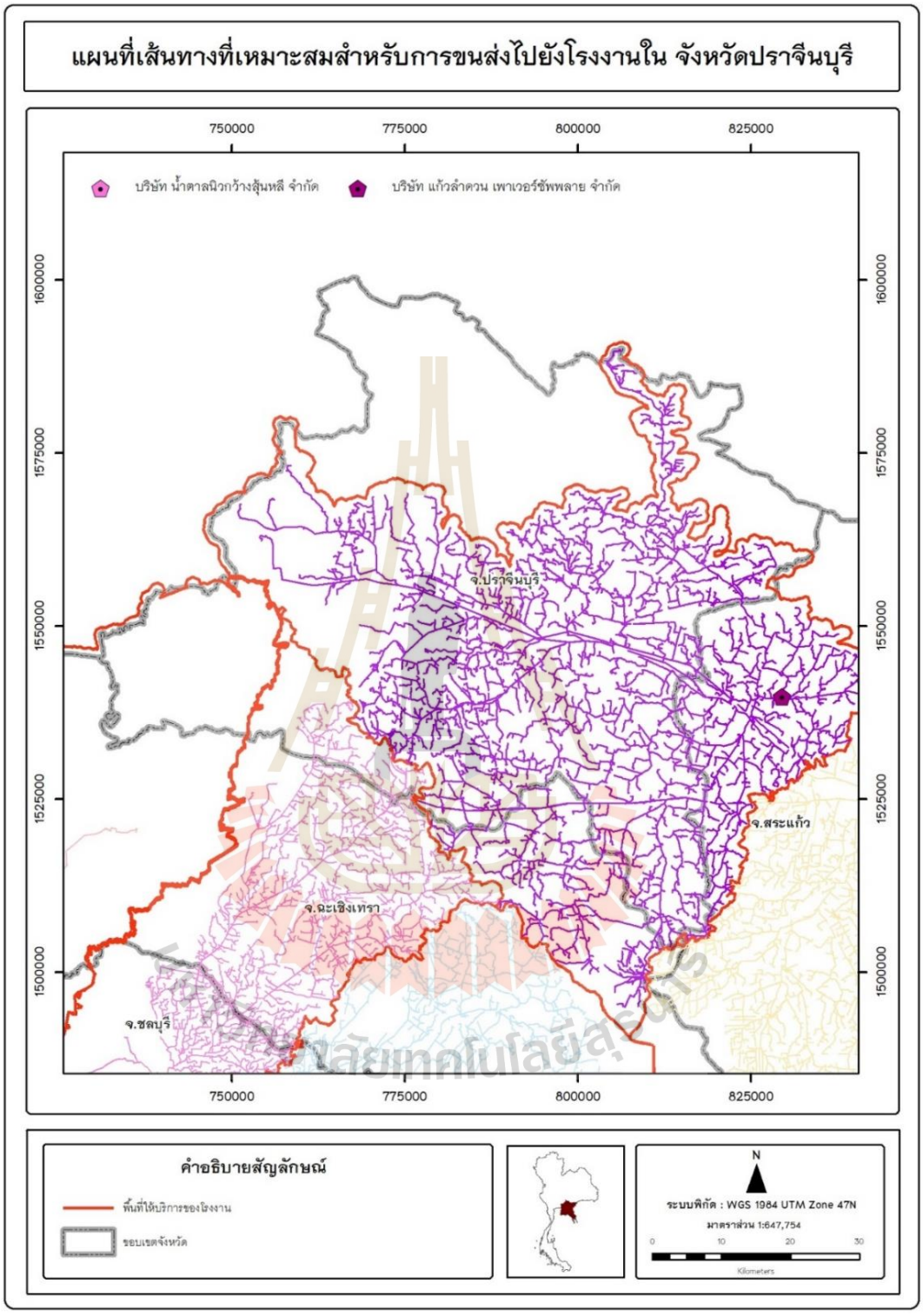
ภาพที่ จ-9 แผนที่เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับการขนส่งไปยังโรงงานในจังหวัดสระแก้ว



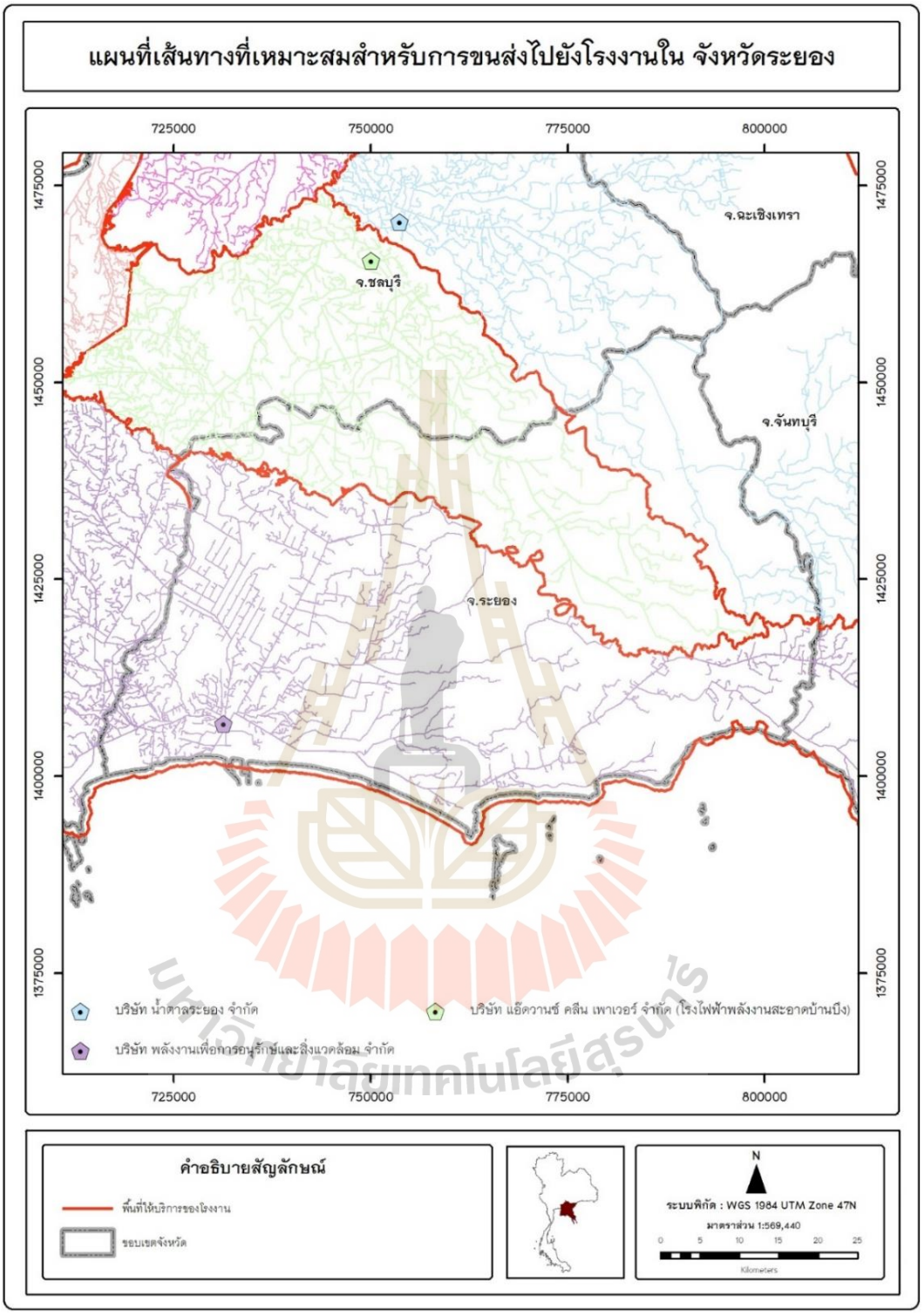
ภาพที่ จ-10 แผนที่เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับการขนส่งไปยังโรงงานในจังหวัดชลบุรี



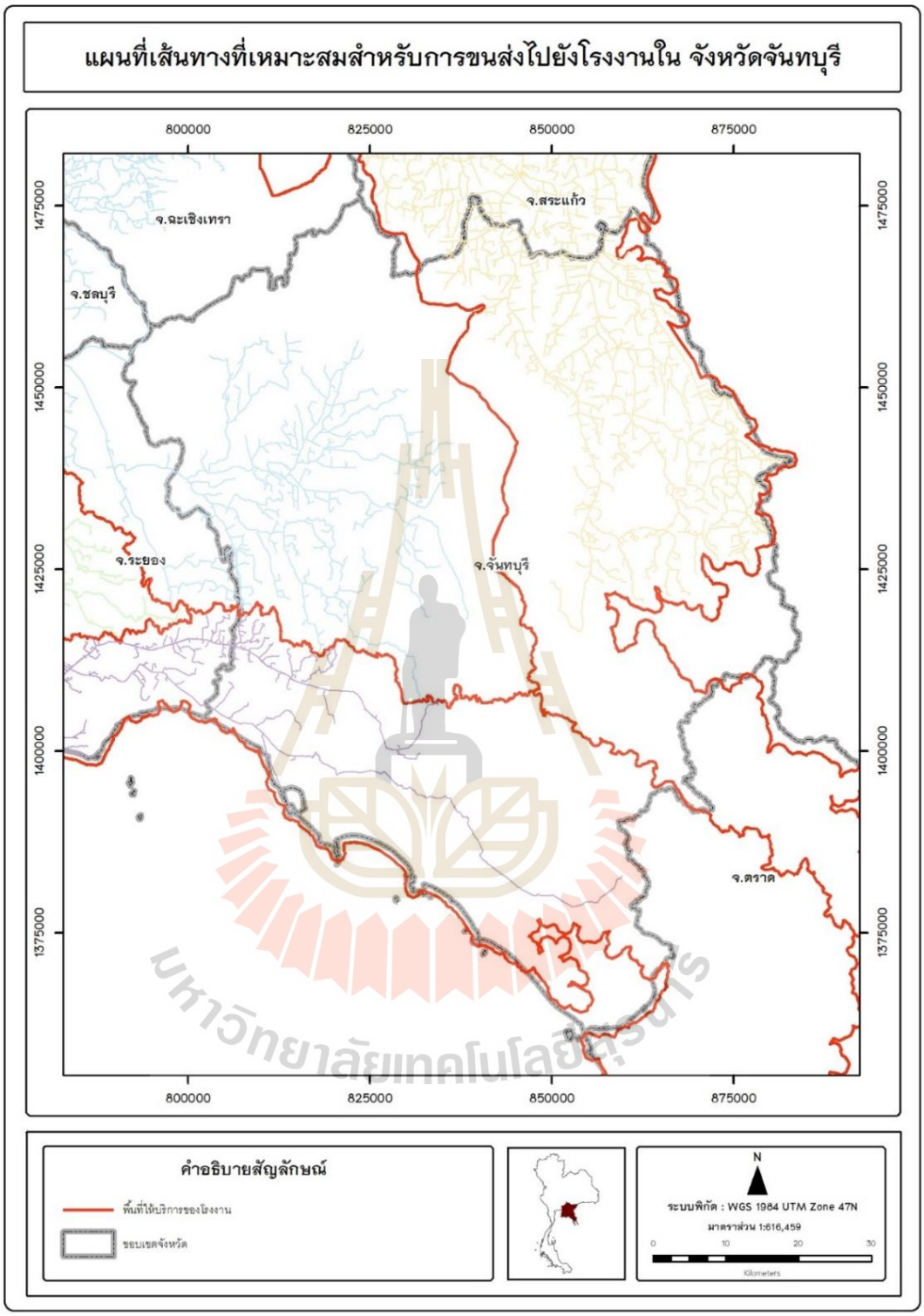
ภาพที่ จ-11 แผนที่เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับการขนส่งไปยังโรงงานในจังหวัดฉะเชิงเทรา



ภาพที่ จ-12 แผนที่เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับการขนส่งไปยังโรงงานในจังหวัดปราจีนบุรี



ภาพที่ จ-13 แผนที่เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับการขนส่งไปยังโรงงานในจังหวัดระยอง



ภาพที่ จ-14 แผนที่เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับการขนส่งไปยังโรงงานในจังหวัดจันทบุรี

ภาคผนวก ฉ

รายการเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ฉ-1 ความเป็นไปได้ของการขนส่งเหง้ามันสำปะหลังเข้าโรงไฟฟ้าชีวมวล (บริษัท บีดับบลิว พาวเวอร์ซัพพลาย จำกัด) ต.บางสมัคร อ.บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ระยะทางจากจุดเก็บขนถึงโรงไฟฟ้า (กิโลเมตร)	ปริมาณ Biomass (ตัน)
A1	ปากน้ำ	บางคล้า	ฉะเชิงเทรา	45.1	0.37
A2	เกาะขนุน	พนมสารคาม	ฉะเชิงเทรา	57.3	662.26
A3	บ้านซ่อง	พนมสารคาม	ฉะเชิงเทรา	63.7	211.57
A4	พนมสารคาม	พนมสารคาม	ฉะเชิงเทรา	53.4	7.81
A5	หนองยาว	พนมสารคาม	ฉะเชิงเทรา	58	4.48
A6	ท่าถ่าน	พนมสารคาม	ฉะเชิงเทรา	54.7	54.10
A7	หนองแหน	พนมสารคาม	ฉะเชิงเทรา	50.3	326.78
A8	เขาหินซ้อน	พนมสารคาม	ฉะเชิงเทรา	74.5	1,858.04
A9	แปลงยาว	แปลงยาว	ฉะเชิงเทรา	37.2	283.47
A10	สำนักบก	เมืองชลบุรี	ชลบุรี	25.1	0.94
A11	ห้วยกะปิ	เมืองชลบุรี	ชลบุรี	40.1	23.15
		รวมทั้งสิ้น			**3,433**

ตารางที่ ฉ-2 ความเป็นไปได้ของการขนส่งเหง้ามันสำปะหลังเข้าโรงไฟฟ้าชีวมวล (บริษัท น้ำตาลนิวกว้างสุ้นหลี จำกัด) ต.หมอนนาง อ. พนัสนิคม จ.ชลบุรี

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ระยะทางจากจุดเก็บขนถึงโรงไฟฟ้า (กิโลเมตร)	ปริมาณ Biomass (ตัน)
B1	สระสี่เหลี่ยม	พนัสนิคม	ฉะเชิงเทรา	21.6	269.55
B2	หัวถนน	พนัสนิคม	ฉะเชิงเทรา	19.7	220.54
B3	หนองปรือ	พนัสนิคม	ฉะเชิงเทรา	17.6	231.26
B4	หนองเหียง	พนัสนิคม	ฉะเชิงเทรา	13.5	821.37
B5	หน้าพระธาตุ	พนัสนิคม	ฉะเชิงเทรา	10.7	1.05
B6	เกาะจันทร์	เกาะจันทร์	ฉะเชิงเทรา	18	908.95
B7	บ้านช้าง	พนัสนิคม	ฉะเชิงเทรา	7.5	1.06
B8	นาวังหิน	พนัสนิคม	ฉะเชิงเทรา	5.9	314.44
B9	ท่าบุญมี	เกาะจันทร์	ฉะเชิงเทรา	12.4	474.08

ตารางที่ ฉ-2 ความเป็นไปได้ของการขนส่งเหง้ามันสำปะหลังเข้าโรงไฟฟ้าชีวมวล (บริษัท น้ำตาลนิวกว้างสุ้นหลี จำกัด) ต.หมอนนาง อ. พนัสนิคม จ.ชลบุรี (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ระยะทางจากจุดเก็บขนถึงโรงไฟฟ้า (กิโลเมตร)	ปริมาณ Biomass (ตัน)
B10	นาเริก	พนัสนิคม	ฉะเชิงเทรา	6.1	186.85
B11	ทุ่งขวาง	พนัสนิคม	ฉะเชิงเทรา	15.1	4.26
B12	หนองขยาด	พนัสนิคม	ฉะเชิงเทรา	13.1	9.80
B13	หมอนนาง	พนัสนิคม	ฉะเชิงเทรา	4.3	164.44
B14	หนองหงษ์	พานทอง	ฉะเชิงเทรา	23.1	2.02
B15	มาบไผ่	บ้านบึง	ชลบุรี	24.7	55.89
B16	หนองบอนแดง	บ้านบึง	ชลบุรี	16.1	58.70
B17	หนองข้างคอก	เมืองชลบุรี	ชลบุรี	28.9	59.94
B18	พลวงทอง	บ่อทอง	ชลบุรี	52.4	118.65
B19	บางพระ	ศรีราชา	ชลบุรี	60.1	602.62
B20	หนองใหญ่	หนองใหญ่	ชลบุรี	42.3	340.87
	รวมทั้งสิ้น		**4,846.33**	**รวมทั้งสิ้น**	**4,846.33**

ตารางที่ ฉ-3 ความเป็นไปได้ของการขนส่งเหง้ามันสำปะหลังเข้าโรงไฟฟ้าชีวมวล (บริษัท แอ๊ดวานซ์ คลีน เพาเวอร์ จำกัด) ต.หนองอิรุณ อ.บ้านบึง จ.ชลบุรี

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ระยะทางจากจุดเก็บขนถึงโรงไฟฟ้า (กิโลเมตร)	ปริมาณ Biomass (ตัน)
C1	นาป่า	เมืองชลบุรี	ชลบุรี	21	17.21
C2	สำนักบก	เมืองชลบุรี	ชลบุรี	37.6	0.94
C3	เกษตรสุวรรณ	บ่อทอง	ชลบุรี	27.2	73.00
C4	บ้านสวน	เมืองชลบุรี	ชลบุรี	45.1	2.96
C5	วัดสุวรรณ	บ่อทอง	ชลบุรี	18.7	164.94
C6	หนองซ้ำซาก	บ้านบึง	ชลบุรี	32.9	38.47
C7	หนองรี	เมืองชลบุรี	ชลบุรี	35.2	49.54
C8	หนองอิรุณ	บ้านบึง	ชลบุรี	17.1	520.57
C9	บ่อกวางทอง	บ่อทอง	ชลบุรี	10.7	258.10
C10	ธาตุทอง	บ่อทอง	ชลบุรี	12.8	287.60
C11	บ้านบึง	บ้านบึง	ชลบุรี	28.3	110.69

ตารางที่ ฉ-3 ความเป็นไปได้ของการขนส่งเหง้ามันสำปะหลังเข้าโรงไฟฟ้าชีวมวล (บริษัท แอ๊ดวานซ์ คลีน เพาเวอร์ จำกัด) ต.หนองอิรุณ อ.บ้านบึง จ.ชลบุรี (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ระยะทางจากจุดเก็บขนถึงโรงไฟฟ้า (กิโลเมตร)	ปริมาณ Biomass (ตัน)
C12	หนองชาก	บ้านบึง	ชลบุรี	20.1	50.76
C13	บ่อทอง	บ่อทอง	ชลบุรี	21.9	282.84
C14	เหมือง	เมืองชลบุรี	ชลบุรี	50.4	12.27
C15	คลองกิ่ว	บ้านบึง	ชลบุรี	26.5	1,207.52
C16	ห้างสูง	หนองใหญ่	ชลบุรี	5.1	185.29
C17	หนองไผ่แก้ว	บ้านบึง	ชลบุรี	14	163.03
C18	หนองเสือช้าง	หนองใหญ่	ชลบุรี	21.3	510.66
C19	เขาคันทรง	ศรีราชา	ชลบุรี	33.7	717.31
C20	สุรศักดิ์	ศรีราชา	ชลบุรี	48	238.05
C21	คลองพลู	หนองใหญ่	ชลบุรี	22.5	17.21
C22	เทศบาลตำบลแหลมฉบัง	ศรีราชา	ชลบุรี	56.7	46.68
C23	เขาซก	หนองใหญ่	ชลบุรี	29.2	19.35
C24	บึง	ศรีราชา	ชลบุรี	28.3	138.46
C25	บ่อวิน	ศรีราชา	ชลบุรี	38.8	528.70
C26	หนองตาคง	โป่งน้ำร้อน	ชลบุรี	163	906.89
C27	เทพนิมิต	โป่งน้ำร้อน	ชลบุรี	168	106.38
C28	ปะตง	สอยดาว	จันทบุรี	141	196.16
C29	ทุ่งขนาน	สอยดาว	จันทบุรี	138	109.35
C30	ทับช้าง	สอยดาว	จันทบุรี	127	675.42
C31	ทรายขาว	สอยดาว	จันทบุรี	141	682.03
C32	สะตอน	สอยดาว	จันทบุรี	149	332.38
C33	คลองพลู	เขาคิชฌกูฏ	จันทบุรี	21.7	268.45
		รวมทั้งสิ้น			**8,936.30**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ฉ-4 ความเป็นไปได้ของการขนส่งเหง้ามันสำปะหลังเข้าโรงไฟฟ้าชีวมวล (บริษัท น้ำตาลระยอง จำกัด) ต.ธาตุทอง อ.บ่อทอง จ.ชลบุรี

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ระยะทางจากจุดเก็บขนถึงโรงไฟฟ้า (กิโลเมตร)	ปริมาณ Biomass (ตัน)
D1	ซึ้ง	ขลุง	จันทบุรี	141	3.99
D2	เขาวัว	ท่าใหม่	จันทบุรี	97.3	0.69
D3	สองพี่น้อง	ท่าใหม่	จันทบุรี	87.9	0.39
D4	ทุ่งเบญจา	ท่าใหม่	จันทบุรี	87.7	46.05
D5	รำพัน	ท่าใหม่	จันทบุรี	88.9	1.6
D6	เขาแก้ว	ท่าใหม่	จันทบุรี	94.8	194.28
D7	ทับไทร	โป่งน้ำร้อน	จันทบุรี	150	154.53
D8	โป่งน้ำร้อน	โป่งน้ำร้อน	จันทบุรี	156	129.05
D9	ฉมัน	มะขาม	จันทบุรี	131	0.96
D10	แก่งหางแมว	แก่งหางแมว	จันทบุรี	72.8	86.31
D11	ขุนซ่อง	แก่งหางแมว	จันทบุรี	84.4	158.64
D12	สามพี่น้อง	แก่งหางแมว	จันทบุรี	59.6	22.22
D13	พวา	แก่งหางแมว	จันทบุรี	73.6	304.12
D14	เขาวงกต	แก่งหางแมว	จันทบุรี	77.2	98.17
D15	นายายอาม	นายายอาม	จันทบุรี	66.5	143.9
D16	วังโตนด	นายายอาม	จันทบุรี	84.5	0.09
D17	กระแจะ	นายายอาม	จันทบุรี	84.9	1.31
D18	สนามไชย	นายายอาม	จันทบุรี	83.9	3.15
D19	ช้างข้าม	นายายอาม	จันทบุรี	71.2	4.25
D20	วังใหม่	นายายอาม	จันทบุรี	84.9	19.56
D21	พลวง	เขาคิชฌกูฏ	จันทบุรี	113	9.9
D22	ตะเคียนทอง	เขาคิชฌกูฏ	จันทบุรี	100	6.97
D23	จันทเขลม	เขาคิชฌกูฏ	จันทบุรี	95.8	108.72
D24	กระแสบน	แกลง	ระยอง	39.5	23.62
D25	บ้านนา	แกลง	ระยอง	48.1	4.37
D26	ทุ่งควายกิน	แกลง	ระยอง	54.6	38.37
D27	กองดิน	แกลง	ระยอง	62.2	54.22
D28	คลองปูน	แกลง	ระยอง	58.5	3.78
D29	พังราด	แกลง	ระยอง	64.7	1.21
D30	ปากน้ำกระแส	แกลง	ระยอง	64.1	1.13

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ฉ-4 ความเป็นไปได้ของการขนส่งเหง้ามันสำปะหลังเข้าโรงไฟฟ้าชีวมวล (บริษัท น้ำตาลระยอง จำกัด) ต.ธาตุทอง อ.บ่อทอง จ.ชลบุรี (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ระยะทางจากจุดเก็บขนถึงโรงไฟฟ้า (กิโลเมตร)	ปริมาณ Biomass (ตัน)
D31	ห้วยยาง	แกลง	ระยอง	35.9	22.24
D32	วังจันทร์	วังจันทร์	ระยอง	32.4	3.75
D33	ชุมแสง	วังจันทร์	ระยอง	24.8	101.27
D34	ป่ายุบใน	วังจันทร์	ระยอง	24.9	121.14
D35	พลงตาเอี่ยม	วังจันทร์	ระยอง	30.4	4.31
D36	บ้านค่าย	บ้านค่าย	ระยอง	18.8	3.28
D37	บางบุตร	บ้านค่าย	ระยอง	14.3	53.78
D38	หนองบัว	บ้านค่าย	ระยอง	12.1	127.91
D39	ชากบก	บ้านค่าย	ระยอง	19.5	9.82
D40	ปลวกแดง	ปลวกแดง	ระยอง	28.2	272.14
D41	ตาสิทธิ์	ปลวกแดง	ระยอง	31.9	116.87
D42	ละหาร	ปลวกแดง	ระยอง	45.7	267.16
D43	แม่น้ำคู้	ปลวกแดง	ระยอง	22.1	402.99
D44	มาบยางพร	ปลวกแดง	ระยอง	31.9	384.61
D45	หนองไร่	ปลวกแดง	ระยอง	16.8	121.32
D46	น้ำเป็น	เขาชะเมา	ระยอง	62.9	7.28
D47	ห้วยทับมอญ	เขาชะเมา	ระยอง	44.4	7.74
D48	ชำฆ้อ	เขาชะเมา	ระยอง	53.5	48.23
D49	นิคมพัฒนา	นิคมพัฒนา	ระยอง	32.6	253.25
D50	มาบข่า	นิคมพัฒนา	ระยอง	29.9	319.86
D51	คู้ยายหมี	สนามชัยเขต	ฉะเชิงเทรา	67.8	537.82
D52	ท่ากระดาน	สนามชัยเขต	ฉะเชิงเทรา	83.5	2,874.94
D53	ทุ่งพระยา	สนามชัยเขต	ฉะเชิงเทรา	101	1,847.69
D54	ลาดกระทิง	สนามชัยเขต	ฉะเชิงเทรา	67.6	547.92
D55	วังเย็น	แปลงยาว	ฉะเชิงเทรา	44.2	326.11
D56	หัวสำโรง	แปลงยาว	ฉะเชิงเทรา	50.4	210.48
D57	หนองไม้แก่น	แปลงยาว	ฉะเชิงเทรา	52.4	317.53
D58	ท่าตะเกียบ	ท่าตะเกียบ	ฉะเชิงเทรา	89.7	2,396.09
D59	คลองตะเกรา	ท่าตะเกียบ	ฉะเชิงเทรา	93.8	1,453.68
		รวมทั้งสิ้น			**14,786.73**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ฉ-5 ความเป็นไปได้ของการขนส่งเหง้ามันสำปะหลังเข้าโรงไฟฟ้าชีวมวล (บริษัท พลังงานเพื่อการอนุรักษ์และสิ่งแวดล้อม จำกัด) ต.ท่าประดู่ อ.เมืองระยอง จ.ระยอง

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ระยะทางจากจุดเก็บขนถึงโรงไฟฟ้า	ปริมาณ Biomass
				(กิโลเมตร)	(ตัน)
E1	อ่าวใหญ่	เมืองตราด	ตราด	212	0.38
E2	บางละมุง	บางละมุง	ชลบุรี	54.9	79.27
E3	ตะเคียนเตี้ย	บางละมุง	ชลบุรี	50.6	445.74
E4	หนองปลาไหล	บางละมุง	ชลบุรี	47.1	231.11
E5	เขาไม้แก้ว	บางละมุง	ชลบุรี	39.3	600.82
E6	โป่ง	บางละมุง	ชลบุรี	42.9	586.93
E7	หนองปรือ	บางละมุง	ชลบุรี	10.5	289.90
E8	พัทยา	บางละมุง	ชลบุรี	53.1	17.96
E9	ห้วยใหญ่	บางละมุง	ชลบุรี	41.9	1244.63
E10	นาจอมเทียน	สัตหีบ	ชลบุรี	41.6	209.76
E11	บางเสร่	สัตหีบ	ชลบุรี	39.9	392.61
E12	พลูตาหลวง	สัตหีบ	ชลบุรี	29.4	386.86
E13	สัตหีบ	สัตหีบ	ชลบุรี	38.5	76.48
E14	แสมสาร	สัตหีบ	ชลบุรี	39.9	31.60
E15	เชิงเนิน	เมืองระยอง	ระยอง	12.0	2.10
E16	ตะพง	เมืองระยอง	ระยอง	17	13.38
E17	ต.เพ	อ.เมืองระยอง	ระยอง	27.8	26.06
E18	ต.แกลง	อ.เมืองระยอง	ระยอง	34.8	79.15
E19	ต.บ้านแลง	อ.เมืองระยอง	ระยอง	16.9	14.62
E20	ต.นาตาขวัญ	อ.เมืองระยอง	ระยอง	18.5	20.02
E21	ต.เนินพระ	อ.เมืองระยอง	ระยอง	1.4	5.84

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ฉ-5 ความเป็นไปได้ของการขนส่งเหง้ามันสำปะหลังเข้าโรงไฟฟ้าชีวมวล (บริษัท พลังงานเพื่อการอนุรักษ์และสิ่งแวดล้อม จำกัด) ต.ท่าประดู่ อ.เมืองระยอง จ.ระยอง (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ระยะทางจากจุดเก็บขนถึงโรงไฟฟ้า (กิโลเมตร)	ปริมาณ Biomass (ตัน)
E22	ต.กะเฉด	อ.เมืองระยอง	ระยอง	43.8	13.12
E23	ต.ทับมา	อ.เมืองระยอง	ระยอง	5.5	78.24
E24	ต.น้ำคอก	อ.เมืองระยอง	ระยอง	10.4	1.44
E25	ต.มาบตาพุด	อ.เมืองระยอง	ระยอง	7.3	831.34
E26	ต.สำนักทอง	อ.เมืองระยอง	ระยอง	41.6	23.47
E27	ต.สำนักท้อน	อ.บ้านฉาง	ระยอง	28.1	452.11
E28	ต.พลา	อ.บ้านฉาง	ระยอง	21.6	179.78
E29	ต.บ้านฉาง	อ.บ้านฉาง	ระยอง	16.8	716.77
E30	ต.ทางเกวียน	อ.แกลง	ระยอง	64.8	16.67
E31	ต.วังหว้า	อ.แกลง	ระยอง	54.9	17.43
E32	ต.ชากโดน	อ.แกลง	ระยอง	69	1.74
E33	ต.เนินฆ้อ	อ.แกลง	ระยอง	58.2	1.61
E34	ต.กร่ำ	อ.แกลง	ระยอง	58.5	6.58
E35	ต.ชากพง	อ.แกลง	ระยอง	51	23.43
E36	ต.สองสลึง	อ.แกลง	ระยอง	46.1	10.12
E37	ต.หนองละลอก	อ.บ้านค่าย	ระยอง	20.3	337.13
E38	ต.หนองตะพาน	อ.บ้านค่าย	ระยอง	16.7	29.76
E39	ต.ตาขัน	อ.บ้านค่าย	ระยอง	17.3	5.24
E40	ต.พนานิคม	อ.นิคมพัฒนา	ระยอง	29.1	86.16
E41	ต.มะขามคู่	อ.นิคมพัฒนา	ระยอง	24.9	214.48
E42	ต.แสลง	อ.เมืองจันทบุรี	จันทบุรี	121	0.96
E43	ต.เขาบายศรี	อ.ท่าใหม่	จันทบุรี	115	6.65
E44	ต.ชากไทย	อ.เขาคิชฌกูฏ	จันทบุรี	77.6	0.72
		รวมทั้งสิ้น			**7,810.20**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ฉ-5 ความเป็นไปได้ของการขนส่งเหง้ามันสำปะหลังเข้าโรงไฟฟ้าชีวมวล (บริษัท น้ำตาลและอ้อยตะวันออก จำกัด) ต.ห้วยโจด อ.วัฒนานคร จ.สระแก้ว

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ระยะทางจากจุดเก็บขนถึงโรงไฟฟ้า (กิโลเมตร)	ปริมาณ Biomass (ตัน)
F1	สระแก้ว	เมืองสระแก้ว	สระแก้ว	17.3	123.71
F2	ท่าเกษม	เมืองสระแก้ว	สระแก้ว	5.9	509.92
F3	สระขวัญ	เมืองสระแก้ว	สระแก้ว	23.1	663.14
F4	คลองหาด	คลองหาด	สระแก้ว	58.7	923.80
F5	ไทยอุดม	คลองหาด	สระแก้ว	60	898.25
F6	ซับมะกรูด	คลองหาด	สระแก้ว	46.6	538.19
F7	ไทรเดี่ยว	คลองหาด	สระแก้ว	59.7	386.82
F8	คลองไก่เถื่อน	คลองหาด	สระแก้ว	32.7	960.28
F9	เบญจขร	คลองหาด	สระแก้ว	39.3	225.84
F10	ไทรทอง	คลองหาด	สระแก้ว	31.1	187.31
F11	ตาพระยา	ตาพระยา	สระแก้ว	83.2	2,185.36
F12	ทัพเสด็จ	ตาพระยา	สระแก้ว	83	654.90
F13	ทัพราช	ตาพระยา	สระแก้ว	83	1,177.04
F14	ทัพไทย	ตาพระยา	สระแก้ว	92.5	945.35
F15	โคคลาน	ตาพระยา	สระแก้ว	66.5	842.63
F16	วังน้ำเย็น	วังน้ำเย็น	สระแก้ว	47.8	504.63
F17	ตาหลังใน	วังน้ำเย็น	สระแก้ว	48.6	778.79
F18	คลองหินปูน	วังน้ำเย็น	สระแก้ว	33.5	499.66
F19	ทุ่งมหาเจริญ	วังน้ำเย็น	สระแก้ว	50.5	945.00
F20	วัฒนานคร	วัฒนานคร	สระแก้ว	15.7	71.48
F21	ท่าเกวียน	วัฒนานคร	สระแก้ว	21.7	353.25
F22	ผักขะ	วัฒนานคร	สระแก้ว	27.7	101.37
F23	โนนหมากเค็ง	วัฒนานคร	สระแก้ว	15	800.24
F24	หนองน้ำใส	วัฒนานคร	สระแก้ว	34.9	638.03
F25	ช่องกุ่ม	วัฒนานคร	สระแก้ว	40.9	631.91
F26	หนองแวง	วัฒนานคร	สระแก้ว	23.9	220.60
F27	แซร์ออ	วัฒนานคร	สระแก้ว	45.8	799.59
F28	หนองหมากฝ้าย	วัฒนานคร	สระแก้ว	35.8	1,159.13
F29	หนองตะเคียนบอน	วัฒนานคร	สระแก้ว	26.1	703.01
F30	ห้วยโจด	วัฒนานคร	สระแก้ว	7.4	356.77

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ฉ-5 ความเป็นไปได้ของการขนส่งเหง้ามันสำปะหลังเข้าโรงไฟฟ้าชีวมวล
(บริษัท น้ำตาลและอ้อยตะวันออก จำกัด) ต.ห้วยโจด อ.วัฒนานคร จ.สระแก้ว (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ระยะทางจากจุดเก็บขนถึงโรงไฟฟ้า (กิโลเมตร)	ปริมาณ Biomass (ตัน)
F32	เมืองไผ่	อรัญประเทศ	สระแก้ว	37.3	88.87
F33	หันทราย	อรัญประเทศ	สระแก้ว	42.3	543.00
F34	คลองน้ำใส	อรัญประเทศ	สระแก้ว	50.4	104.43
F35	ท่าข้าม	อรัญประเทศ	สระแก้ว	43.1	11.59
F36	ป่าไร่	อรัญประเทศ	สระแก้ว	47	318.66
F37	ทับพริก	อรัญประเทศ	สระแก้ว	42.3	255.10
F38	บ้านใหม่หนองไทร	อรัญประเทศ	สระแก้ว	37.6	57.96
F39	ผ่านศึก	อรัญประเทศ	สระแก้ว	44.6	183.76
F40	หนองสังข์	อรัญประเทศ	สระแก้ว	48	278.24
F41	คลองทับจันทร์	อรัญประเทศ	สระแก้ว	32.6	108.99
F42	ฟากห้วย	อรัญประเทศ	สระแก้ว	38.9	24.04
F43	บ้านด่าน	อรัญประเทศ	สระแก้ว	47	125.05
F44	เขาฉกรรจ์	เขาฉกรรจ์	สระแก้ว	32.8	134.96
F45	หนองหว้า	เขาฉกรรจ์	สระแก้ว	38	1,067.85
F46	พระเพลิง	เขาฉกรรจ์	สระแก้ว	35.3	718.92
F47	เขาสามสิบ	เขาฉกรรจ์	สระแก้ว	27	426.76
F48	โคกสูง	โคกสูง	สระแก้ว	54.1	154.72
F49	หนองม่วง	โคกสูง	สระแก้ว	63	470.38
F50	หนองแวง	โคกสูง	สระแก้ว	23.9	571.34
F51	โนนหมากมุ่น	โคกสูง	สระแก้ว	63.9	107.95
F52	วังสมบูรณ์	วังสมบูรณ์	สระแก้ว	72.2	1,163.97
F53	วังใหม่	วังสมบูรณ์	สระแก้ว	61.2	1,824.16
F54	วังทอง	วังสมบูรณ์	สระแก้ว	68.2	1,810.55
		รวมทั้งสิ้น			**30,345.51**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ฉ-7 ความเป็นไปได้ของการขนส่งเหง้ามันสำปะหลังเข้าโรงไฟฟ้าชีวมวล (บริษัท แก้ว ลำดวน เพาเวอร์ซัพพลาย จำกัด) ต.โคกปี่ฆ้อง อ.เมืองสระแก้ว จ.สระแก้ว

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ระยะทางจากจุดเก็บขนถึงโรงไฟฟ้า (กิโลเมตร)	ปริมาณ Biomass (ตัน)
G1	บางบริบูรณ์	เมืองปราจีนบุรี	ปราจีนบุรี	83.5	0.14
G2	ดงพระราม	เมืองปราจีนบุรี	ปราจีนบุรี	79.2	3.60
G3	บ้านพระ	เมืองปราจีนบุรี	ปราจีนบุรี	89.3	1.52
G4	โคกไม้ลาย	เมืองปราจีนบุรี	ปราจีนบุรี	93.3	6.79
G5	ดงขี้เหล็ก	เมืองปราจีนบุรี	ปราจีนบุรี	80.3	27.72
G6	เนินหอม	เมืองปราจีนบุรี	ปราจีนบุรี	90.7	28.52
G7	โนนห้อม	เมืองปราจีนบุรี	ปราจีนบุรี	76	63.33
G8	กบินทร์	กบินทร์บุรี	ปราจีนบุรี	42.3	435.61
G9	เมืองเก่า	กบินทร์บุรี	ปราจีนบุรี	43.2	76.58
G10	วังดาล	กบินทร์บุรี	ปราจีนบุรี	43.3	293.24
G11	นนทรี	กบินทร์บุรี	ปราจีนบุรี	47.2	300.73
G12	ย่านรี	กบินทร์บุรี	ปราจีนบุรี	45.8	666.74
G13	วังตะเคียน	กบินทร์บุรี	ปราจีนบุรี	27.6	877.25
G14	หาดนางแก้ว	กบินทร์บุรี	ปราจีนบุรี	58	163.93
G15	ลาดตะเคียน	กบินทร์บุรี	ปราจีนบุรี	49.1	1,667.76
G16	บ้านนา	กบินทร์บุรี	ปราจีนบุรี	30.9	485.62
G17	บ่อทอง	กบินทร์บุรี	ปราจีนบุรี	32.7	331.83
G18	หนองกี่	กบินทร์บุรี	ปราจีนบุรี	65.1	526.77
G19	นาแขม	กบินทร์บุรี	ปราจีนบุรี	54.6	223.22
G20	เขาไม้แก้ว	กบินทร์บุรี	ปราจีนบุรี	25.6	654.23
G21	วังท่าช้าง	กบินทร์บุรี	ปราจีนบุรี	11.3	1,106.19
G22	นาดี	นาดี	ปราจีนบุรี	60.8	580.96
G23	สำพันตา	นาดี	ปราจีนบุรี	53.5	153.47
G24	สะพานหิน	นาดี	ปราจีนบุรี	61.5	203.10
G25	ทุ่งโพธิ์	นาดี	ปราจีนบุรี	65.7	454.72
G26	แก่งดินสอ	นาดี	ปราจีนบุรี	40.2	962.80
G27	บุพราหมณ์	นาดี	ปราจีนบุรี	72.3	606.79
G28	ประจันตคาม	ประจันตคาม	ปราจีนบุรี	71.2	0.74

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ฉ-7 ความเป็นไปได้ของการขนส่งเหง้ามันสำปะหลังเข้าโรงไฟฟ้าชีวมวล (บริษัท แก้ว ลำดวน เพาเวอร์ซัพพลาย จำกัด) ต.โคกปี่ฆ้อง อ.เมืองสระแก้ว จ.สระแก้ว (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ระยะทางจากจุดเก็บขนถึงโรงไฟฟ้า (กิโลเมตร)	ปริมาณ Biomass (ตัน)
G31	หนองแสง	ประจันตคาม	ปราจีนบุรี	69.5	30.33
G32	ดงบัง	ประจันตคาม	ปราจีนบุรี	68.6	86.48
G33	คำโตนด	ประจันตคาม	ปราจีนบุรี	69.6	198.91
G34	บุฝ้าย	ประจันตคาม	ปราจีนบุรี	74.9	23.54
G35	หนองแก้ว	ประจันตคาม	ปราจีนบุรี	73.1	29.53
G36	ศรีมหาโพธิ	ศรีมหาโพธิ	ปราจีนบุรี	73	677.96
G37	สัมพันธ์	ศรีมหาโพธิ	ปราจีนบุรี	55.3	0.12
G38	บ้านทาม	ศรีมหาโพธิ	ปราจีนบุรี	66.4	2.21
G39	ท่าตูม	ศรีมหาโพธิ	ปราจีนบุรี	59.3	442.14
G40	หนองโพรง	ศรีมหาโพธิ	ปราจีนบุรี	61.9	453.96
G41	หัวหว้า	ศรีมหาโพธิ	ปราจีนบุรี	72.7	543.82
G42	กรอกสมบูรณ์	ศรีมหาโพธิ	ปราจีนบุรี	76.7	1,071.33
G43	โคกปีบ	ศรีมโหสถ	ปราจีนบุรี	73.5	140.33
G44	โคกไทย	ศรีมโหสถ	ปราจีนบุรี	63.6	295.40
G45	บ้านแก้ง	เมืองสระแก้ว	เมืองสระแก้ว	19.7	188.12
G46	ศาลาลำดวน	เมืองสระแก้ว	เมืองสระแก้ว	12.3	778.34
G47	โคกปี่ฆ้อง	เมืองสระแก้ว	เมืองสระแก้ว	15.5	639.30
G48	ท่าแยก	เมืองสระแก้ว	เมืองสระแก้ว	23.7	638.73
G49	หนองบอน	เมืองสระแก้ว	เมืองสระแก้ว	25.6	512.20
		รวมทั้งสิ้น			**17775.95**

ภาคผนวก ช

ระบบเก็บขนเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวลแต่ละแห่ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ช-1 ระบบขนส่งเหง้ามันสำปะหลังเข้าโรงไฟฟ้าชีวมวล (บริษัท บีดับบลิว พาวเวอร์ซัพพลาย จำกัด)

ต.บางสมัคร อ.บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา (กรณีที่ 1 มีจุดรับซื้อชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังระดับตำบล)

From		To											
		โรงไฟฟ้า A	ต.ปากน้ำ	ต.เกาะขนุน	ต.บ้านช่อง	ต.พนมสารคาม	ต.หนองยาว	ต.ท่าถ่าน	ต.หนองแหน	ต.เขาหินซ้อน	ต.แปลงยาว	ต.สำนักบก	ต.ห้วยกะปิ
		0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11
โรงไฟฟ้า A	0	0	45	57	64	53	58	55	50	75	37	25	40
ต.ปากน้ำ	A1	45	0	23	30	19	21	29	30	42	17	63	78
ต.เกาะขนุน	A2	57	23	0	14	6	9	4	10	21	30	76	91
ต.บ้านช่อง	A3	64	29	14	0	12	11	14	20	17	36	92	97
ต.พนมสารคาม	A4	53	19	6	12	0	5	6	12	23	27	73	88
ต.หนองยาว	A5	58	21	9	11	6	0	8	14	25	30	76	91
ต.ท่าถ่าน	A6	55	23	5	14	4	8	0	6	25	28	74	89
ต.หนองแหน	A7	50	23	5	15	4	8	6	0	30	14	58	85
ต.เขาหินซ้อน	A8	75	38	21	14	21	23	23	29	0	39	76	106
ต.แปลงยาว	A9	37	16	28	35	24	29	26	23	45	0	45	77
ต.สำนักบก	A10	25	57	66	76	66	70	67	57	77	41	0	16
ต.ห้วยกะปิ	A11	40	72	81	90	80	85	81	71	93	56	16	0

เส้นทาง	0	A10	A11	A9	A1	A4	A5	A6	A2	A7	A3	A8
ระยะทาง	0	25	16	56	16	19	5	8	5	10	15	17
ระยะทางสะสม	0	25	42	97	113	132	138	146	151	161	176	193
น้ำหนัก	0	1	23	283	0	8	4	54	662	327	212	1858
น้ำหนักสะสม	0	1	24	308	308	316	320	374	1037	1363	1575	3433
A0>A10>A11>((A9<A0)*12)				8	8	16	20	74	737	1063	1275	3133
A0>A9>A1>A4>A5>((A6<A0)*2)								24	687	1013	1225	3083
A0>A6>((A2<A0)*27)									12	338	550	2408
A0>A2>((A7<A0)*13)										13	225	2083
A0>A7>((A3<A0)*9)											0	1858
A0>A3>((A8<A0)*75)												-17

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน

นางสาวมนันญา แสงสายออ เกิดเมื่อวันที่ 11 กรกฎาคม พ.ศ. 2530 เริ่มศึกษาชั้นประถมที่ 1-6 ณ โรงเรียนบ้านถนนหัก และมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 ที่โรงเรียนโนนไทยคุรุอุปภัมภ์ และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปีพ.ศ.2553 และปี พ.ศ.2560 เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลและระบบกระบวนการ และระหว่างการศึกษาได้นำเสนอบทความวิชาการ ได้แก่ การประชุมวิชาการระดับนานาชาติ (International Conference on Power, Energy and Electrical Engineering: CPEEE 2020) ครั้งที่ 10 ในหัวข้อ A Study on the potential of Electricity generation from cassava rhizome in eastern region area of Thailand. การนำเสนอผลงานการประชุมสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยครั้งที่ 20 ในหัวข้อ การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดเม็ดกากตะกอนจากระบบบำบัด น้ำเสียอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง การนำเสนอผลงานการประชุมวิศวกรรมฟาร์มและระบบควบคุมอัตโนมัติ ครั้งที่ 5 ในหัวข้อ ศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าเชิงพาณิชย์จากเหง้ามันสำปะหลังในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา และการศึกษาศักยภาพการผลิตแก๊สไบโอมีเทนอัด (compressed bio-methane gas : CBG) จากหญ้าเนเปียร์ในพื้นที่เขตพัฒนาเศรษฐกิจพิเศษตาก.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี