การศึกษาประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าชีวมวล โดยใช้พลวัตระบบของโรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่ง

โดย
นายกิตติศักดิ์ แสนฉลาด

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การศึกษาประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าชีวมวล โดยใช้พลวัตระบบของโรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่ง

โดย
นายกิตติศักดิ์ แสนฉลาด

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

A STUDY OF BIOMASS ELECTRICITY GENERATION USING SYSTEM DYNAMICS OF A SAMPLE SUGAR MILL

By

MR. Kittisak SAENCHALAD

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for Master of Engineering (ENGINEERING MANAGEMENT)
Department of INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANAGEMENT
Graduate School, Silpakorn University
Academic Year 2018

Copyright of Graduate School, Silpakorn University

หัวข้อ	การศึกษาประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าชีวมวล โดยใช้พลวัตระบบของโรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่ง
โดย	กิตติศักดิ์ แสนฉลาด
สาขาวิชา	การจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชูศักดิ์ พรสิงห์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ประจวบ กล่อมจิตร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชูศักดิ์ พรสิงห์)

..... ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทองแท่ง ทองลิ่ม)

60405301 : การจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต
คำสำคัญ : การผลิตไฟฟ้าชีวมวล, พลวัตระบบ, แบบจำลองสถานการณ์

นาย กิตติศักดิ์ แสนฉลาด: การศึกษาประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าชีวมวล โดยใช้พลวัตระบบของโรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่ง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชูศักดิ์ พรสิงห์

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์คือ ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้าชีวมวลของโรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่ง และออกแบบโดยใช้พลวัตระบบในการหาประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้าชีวมวลจากการเลือกชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า กระบวนการผลิตน้ำตาลในฤดูหีบอ้อย และกระบวนการผลิตไฟฟ้า ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตไฟฟ้าเพื่อส่งขายการไฟฟ้าแห่งประเทศไทย ตั้งแต่ กระบวนการเลือกชนิด ปริมาณ อัตราส่วน และ ราคาขายของเชื้อเพลิงชีวมวลแต่ละประเภท ปริมาณการใช้ไอน้ำและไฟฟ้าของโรงงานน้ำตาล ในการผลิตน้ำตาลในฤดูหีบอ้อย กระบวนการผลิตไฟฟ้า ภายใต้สภาวะต่าง ๆ โดยใช้หลักทฤษฎีทางสถิติวิศวกรรม และระบบฐานข้อมูล นำมาสร้างเป็น พลวัตระบบ ออกแบบจำลองสถานการณ์ ในการหาประสิทธิภาพสูงสุดของการผลิตไฟฟ้า และการวางแผนการเดินเครื่องจักรภายใต้สภาวะ ปัจจัยต่าง ๆ ในการภายในโรงงาน เพื่อให้ได้ผลตอบแทนในการผลิตไฟฟ้าชีวมวล ให้ได้รายได้สูงสุด

จากผลการวิจัยพบว่ามีปัจจัย 9 ปัจจัยที่มีผลต่อการขายไฟฟ้า คือ ปริมาณอ้อยเข้าหีบ, ปริมาณชานอ้อยต่อปริมาณอ้อย, เวลาในการขายไฟฟ้า ออนพีค ออฟพีค, ประสิทธิภาพเครื่องจักร, ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในฤดูหีบอ้อยโรงงานน้ำตาลต่อตันการหีบอ้อย, ปริมาณการใช้พลังงานไอน้ำฤดูหีบอ้อยโรงงานน้ำตาลต่อตันการหีบอ้อย, ปริมาณการละลายน้ำตาลในฤดูละลาย, ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในฤดูละลายโรงงานน้ำตาลต่อตันละลายน้ำตาล และปริมาณการใช้พลังงานไอน้ำฤดูละลายโรงงานน้ำตาลต่อตันละลายน้ำตาล โดยปัจจัยทั้งหมดนี้มีผลต่อต่อการผลิตไฟฟ้าเพื่อส่งขายการไฟฟ้าแห่งประเทศไทย

60405301 : Major (ENGINEERING MANAGEMENT)
Keyword : Biomass Electricity Generation, System Dynamics, Simulation model

MR. KITTISAK SAENCHALAD : A STUDY OF BIOMASS ELECTRICITY GENERATION USING SYSTEM DYNAMICS OF A SAMPLE SUGAR MILL THESIS ADVISOR : ASSISTANT PROFESSOR DR. CHOOSAK PORNSING

The purpose of the present study was to optimize the process for production of Biomass Electricity Generation from a Sample Sugar Mill and designed using system dynamics to find the efficiency of Biomass Electricity Generation. The Fuel type, sugar production methods and Electricity Generation System were assessed for factors that affect electricity production such as type, quantity, ratio and price of each type of biomass fuel, consumption of steam and electricity in sugar production and electricity generation system. Each of these components was consider by theory of statistical engineering and database system to develop and validated the System Dynamics and Simulation model to determine the optimal conditions for the biomass electricity generation production and income.

The results showed that there are 9 factors that affect the sale of electricity, Ton cane crushed, Bagasse % Cane, Time to sell electricity On Peak Off Peak, Mechanical Efficiency, Electricity consumption in cane crushing season, Steam consumption in cane crushing season, Ton sugar remelt, Electricity consumption in remelt season, Steam consumption in remelt season. All of these factors have an effect on the electricity production to sell electricity of Thailand.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่าน โดยเฉพาะอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูศักดิ์ พรสิงห์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงที่ให้คำแนะนำให้กำลังใจ ตรวจทานวิทยานิพนธ์ ตลอดจนแก้ไขข้อผิดพลาดต่างๆ นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ กล่อมจิตร และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทองแท่ง ทองลิ่ม ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบและแนะนำแนวทางที่เป็นประโยชน์อย่างมากในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

กราบขอบพระคุณคณะอาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนและให้คำแนะนำเกี่ยวกับการศึกษาด้วยดีมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ กราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณ เพื่อน พี่ และน้องๆ ที่เป็นกำลังใจและช่วยเหลือจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

กิตติศักดิ์ แสนฉลาด

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

บทที่ 1 1

บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 กรอบแนวคิดในการวิจัย 5

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 5

1.4 ขอบเขตงานวิจัย 5

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6

บทที่ 2 7

ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพลังงานชีวมวล 7

2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการใช้พลังงานในการผลิตน้ำตาลทรายและผลิตไฟฟ้า 11

2.3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับหม้อไอน้ำ 19

2.4 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกังหันไอน้ำ 28

2.5 ทฤษฎีพลวัตระบบ (System Dynamics) 31

2.6 แบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) 35

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 43

บทที่ 3 46

วิธีดำเนินการวิจัย 46
3.1 กำหนดวัตถุประสงค์งานวิจัย 47
3.2 การคัดเลือกข้อมูล 47
3.3 สร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) 48
3.4 วิเคราะห์ประสิทธิภาพ 48
3.5 สรุปผลงานวิจัย 48
บทที่ 4 49
ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผลการวิจัย 49
4.1 การจัดเตรียมข้อมูล 49
4.2 การสร้างต้นแบบพลวัตระบบ (System Dynamics) 51
4.3 การสร้างต้นแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) 52
4.4 การวิเคราะห์ข้อมูล 53
บทที่ 5 60
สรุปผลผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 60
5.1 สรุปผลการวิจัย 60
5.2 ข้อเสนอแนะ 61
ภาคแผนก 62
ภาคแผนก ก ข้อมูลการผลิตที่ใช้ทำวิจัย 63
ภาคผนวก ข ผลการทดลองข้อมูลแต่ละปัจจัย 71
ภาคผนวก ค การพัฒนาตนเอง 86
รายการอ้างอิง 90
ประวัติผู้เขียน 92

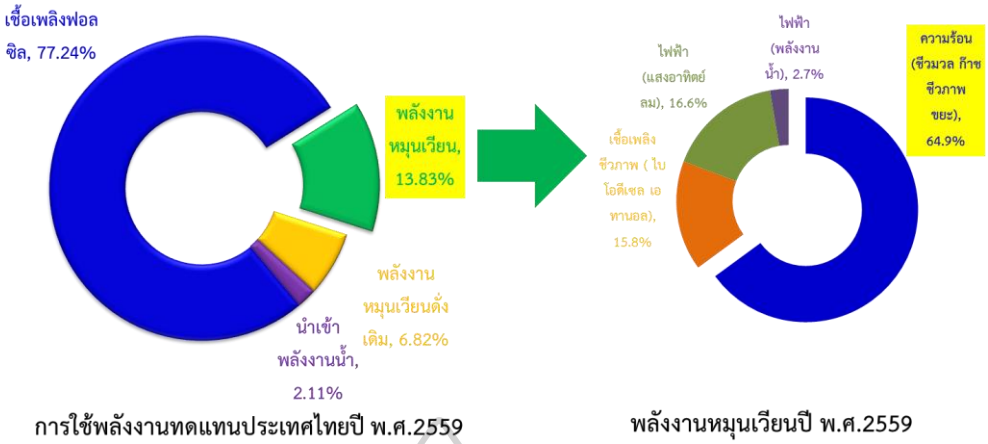
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม และมีผลผลิตทางการเกษตรรวมถึงผลผลิตเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีศักยภาพสูงสามารถใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ เช่น อ้อย มันสำปะหลัง ปาล์มน้ำมัน ข้าว ข้าวโพด เป็นต้น ชีวมวลเหล่านี้มีคุณสมบัติในการเป็นเชื้อเพลิงอย่างดีและให้ค่าพลังงานความร้อนในระดับที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และเนื่องจากภาวะถดถอยของแหล่งพลังงานจึงได้มีการเสาะแสวงหาแหล่งพลังงานทดแทนที่มีศักยภาพและมีปริมาณที่มากพอ พลังงานชีวมวลจึงเป็นเป้าหมายสำคัญที่ถูกพิจารณาเพื่อเป็นทางเลือกของแหล่งพลังงานใหม่ การใช้ประโยชน์จากพลังงานชีวมวลสามารถนำไปเป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานความร้อนไอน้ำหรือผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า ดังนั้นการนำชีวมวลมาใช้จึงช่วยลดการสูญเสียเงินตราต่างประเทศในการนำเข้าเชื้อเพลิง และสร้างรายได้ให้กับผู้ประกอบการ นอกจากนี้การผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิงชีวมวลด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสมเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจสำหรับการใช้เป็นพลังงานหลักทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล

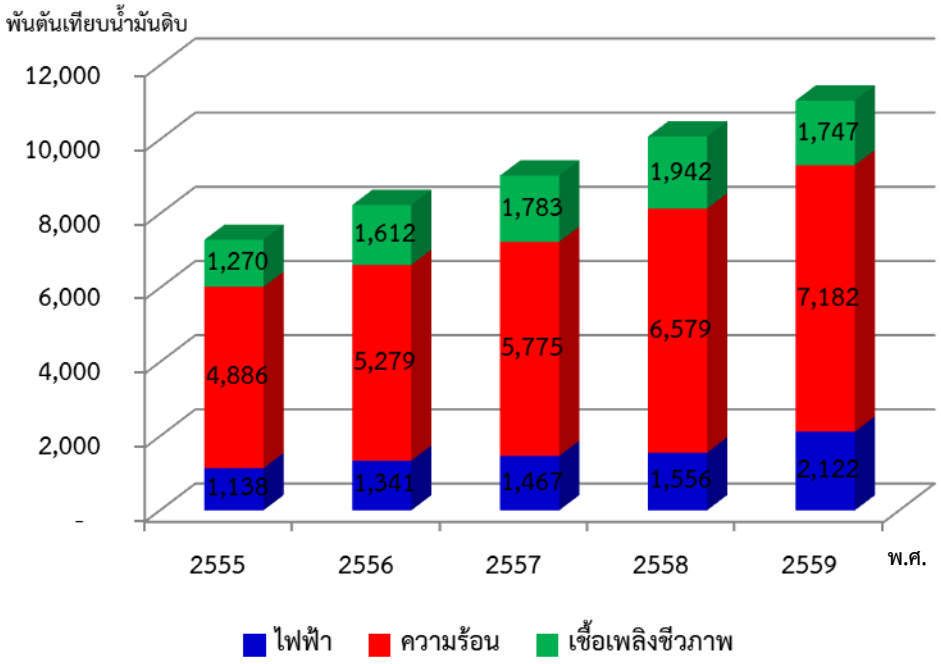
จากนโยบายการพัฒนาพลังงานทดแทน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2559a) ที่มีเป้าหมายการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นในทุกภาคส่วนของสังคมนอกจากเป็นการลดใช้พลังงานฟอสซิลแล้ว ยังเป็นลดนำเข้าพลังงานจากต่าง ประเทศด้วย เนื่องจากกพลังงานทดแทนของประเทศไทยในปัจจุบันจะใช้เชื้อเพลิงที่ผลิตในประเทศเป็นหลัก ประกอบด้วยแสงอาทิตย์ ลม พลังน้ำขนาดเล็ก พลังน้ำขนาดใหญ่ ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ ขยะ และเชื้อเพลิงชีวภาพ (เอทานอล และไบโอดีเซล) โดยการใช้พลังงานทดแทนดังกล่าวจะอยู่ในรูปของ ไฟฟ้า ความร้อน และเชื้อเพลิงชีวภาพ ในปี พ.ศ.2559 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานทดแทน 11,051 พันตันน้ำมันดิบ เพิ่มจากปีก่อนร้อยละ 9.7 คิดเป็นร้อยละ 13.83 ของพลังงานขั้นสุดท้าย ส่งผลให้มีการลดการนำเข้าพลังงานคิดเป็นมูลค่า 118,292 ล้านบาท ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 33.89 ล้านตัน



รูปที่ 1.1 การใช้พลังงานทดแทนของประเทศไทย ปี พ.ศ.2559

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, **แผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี**, เข้าถึงเมื่อ 4 กรกฎาคม พ.ศ.2561,เข้าถึงได้จาก http://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=42079

ด้วยเหตุนี้กระทรวงพลังงาน ได้กำหนดแผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2559b) โดยมอบหมายให้กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ดำเนินการจัดทำแผนปฏิบัติการตามกรอบแผน พัฒนาพลังงานทดแทน เพื่อให้สามารถดำเนินการพัฒนาพลังงานทดแทนด้านต่าง ๆ ให้สามารถผลิตไฟฟ้ารวมสะสมถึงปี พ.ศ.2565 จำนวน 5,604 เมกะวัตต์ ซึ่งก่อให้เกิดสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนได้ 20% ของปริมาณการใช้บริโภคของประเทศในปี พ.ศ.2565 การวิจัย พัฒนา และการสร้าง องค์ความรู้ในการบริหารจัดการเทคโนโลยีของการผลิตไฟฟ้า จากแหล่งพลังงานชีวมวลจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งยวดในการสนับสนุนให้ประเทศมีความมั่นคงทางพลังงาน ตามแผนพัฒนาดังกล่าวซึ่งแนวโน้มการใช้พลังงานชีวมวลโดยเฉพาะการใช้พลังงานชีวมวลเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้ามีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี



รูปที่ 1.2 การใช้พลังงานชีวมวลประเทศไทยปี พ.ศ.2555-2559

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, **แผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี**, เข้าถึงเมื่อ 4 กรกฎาคม พ.ศ.2561,เข้าถึงได้จาก http://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=42079

งานวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยจึงได้มุ่งศึกษาเพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานชีวมวลในการผลิตไฟฟ้าในโรงงานน้ำตาลซึ่งอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของประเทศผลผลอยได้ของการผลิตน้ำตาลสามารถนำมาพัฒนาประเทศได้ โดยได้เลือกศึกษาโรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่ง กำลังการหีบอ้อย 15,000 ตันต่อวัน การผลิตน้ำตาลทรายขาว 600 ตันต่อวัน เริ่มก่อตั้งมาตั้งแต่ พ.ศ.2517 โดยเริ่มแรกมีวัตถุประสงค์เพื่อนำพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนหมุนเวียนกลับมาใช้ในโรงงานและมีการขายไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายในการไฟฟ้าแห่งประเทศไทย 4.0 เมกะวัตต์ต่อชั่วโมง ต่อมาได้มีการปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตจนสามารถผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้ 16.0 เมกะวัตต์ต่อชั่วโมง ใช้เทคโนโลยีแบบพลังความร้อนร่วม (Co-generation) ที่ใช้พลังงานจากชีวมวล โดยใช้เชื้อเพลิงเช่น ชานอ้อย ใบอ้อย เศษไม้สับ ฯลฯ เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า โดยลำเลียงผ่านระบบสายพานลำเลียง เข้าสู่กระบวนการเป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้ในหม้อไอน้ำ โดยหม้อไอน้ำที่ใช้เป็นระบบความดันต่ำและความดันสูงถ่ายความร้อนให้หม้อไอน้ำจนกลายเป็นไอน้ำที่ร้อนจัด และมีความดันสูง ซึ่งไอน้ำจะไปปั่นกังหันที่ต่ออยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าออกมา สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ตลอดทั้งปี กระบวนการผลิตไฟฟ้ามีความสามารถในการผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายให้การไฟฟ้าแห่งประเทศไทย

100 ล้านเมกะวัตต์ต่อปี แต่เนื่องจากเชื้อเพลิงหลักที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าคือ ชานอ้อย ที่ได้มาจากการหีบสกัดอ้อย มีปริมาณเชื้อเพลิงในแต่ละปีไม่เพียงพอและมีความผันผวนตามผลผลิตทางการเกษตรที่ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศในแต่ละปี ซึ่งยังมีปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้าดังนี้

ปัจจัยด้านเชื้อเพลิง ด้วยปริมาณทางด้านเชื้อเพลิง ไม่เพียงพอและมีความผันผวน ต้องมีการรับซื้อแหล่งพลังงานชีวมวลอื่น ๆ เช่น ใบอ้อย เศษไม้สับ มาเสริมทำให้ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าสูงขึ้น ซึ่งคุณสมบัติของเชื้อเพลิงชีวมวลชนิดอื่น ที่ไม่ใช่ชานอ้อยนั้นแต่จะปัจจัยทั้งในส่วนของราคาเชื้อเพลิงในแต่ละช่วงเวลาที่การผันผวน ปริมาณ ความร้อนของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดที่ไม่เท่ากัน สัดส่วนปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด ปัจจัยเหล่านี้ มีผลกระทบต่อปริมาณการขายไฟฟ้า

ปัจจัยราคาขายไฟฟ้าแต่ละช่วงเวลา (On Peak – Off Peak) การคิดค่าไฟฟ้าในช่วงเวลา On Peak ค่าไฟจะสูง เพราะเป็นช่วงที่ระบบมีความต้องการใช้ไฟฟ้ามาก เนื่องจากการไฟฟ้าต้องเดินเครื่องโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงทุกชนิด เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการ ช่วง Off Peak เป็นช่วงที่ระบบมีความต้องการใช้ไฟฟ้าน้อย (Off Peak) ค่าไฟจึงมีราคาต่ำอัตราค่าไฟฟ้าที่แตกต่างกันตามช่วงเวลาของการใช้ TOU (Time of Use Rate)

ปัจจัยด้านปริมาณการใช้ไอน้ำในกระบวนการผลิตน้ำตาล ทั้งในส่วนของฤดูการหีบอ้อย ช่วงเดือน ธันวาคม – เมษายน ของทุกปี ที่ต้องใช้ปริมาณไอน้ำ ในการผลิตน้ำตาลทรายดิบและน้ำตาลทรายขาว และในช่วงฤดูละลายน้ำตาล เดือน เมษายน – ตุลาคม ของทุกปี ที่มีการนำน้ำตาลทรายดิบ เข้ากระบวนการผลิตน้ำตาลทรายขาว ซึ่งต้องใช้ไอน้ำจาก เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อใช้ในการผลิตน้ำตาล

การควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ทั้งทางด้านเชื้อเพลิง การบวนการผลิตน้ำตาล และการผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายให้การไฟฟ้าแห่งประเทศไทย นั้นมีความซับซ้อนและยุ่งยากในการบริการจัดการ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาและหาองค์ความรู้ในการจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับปัญหา และสภาพของโรงงานไฟฟ้าชีวมวลแห่งหนึ่ง เพื่อให้สามารถเดินเครื่องจักรได้เต็มประสิทธิภาพ โดยการใช้พลวัตระบบ (System Dynamics) เพื่อหาวิธีการสำหรับใช้ศึกษาและจัดการกับระบบที่มีความซับซ้อน ของข้อมูลและวิเคราะห์ปัญหาของระบบที่ปัจจัย และตัวแปรต่าง ๆ มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาหรือมีการเปลี่ยนแปลงไม่หยุดนิ่ง โดยศึกษาโครงสร้างพื้นฐานและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในระบบ รวมทั้งปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบ และนำมาสร้างเป็น แบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) ในการวางแผนการเดินเครื่องจักร ภายใต้สภาวะและปัจจัยต่าง ๆ ในการภายในโรงงานเพื่อให้ได้ผลตอบแทนในการขายไฟฟ้าได้รายได้สูงสุด และไม่มีความยุ่งยากในการประยุกต์ใช้งานกับปัญหาทางวิศวกรรมและการจัดการ ในอุตสาหกรรมจริง

1.2 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตไฟฟ้าเพื่อส่งขายการไฟฟ้าแห่งประเทศไทย ตั้งแต่ กระบวนการเลือกชนิด ปริมาณ อัตราส่วน และ ราคาขาย ของเชื้อเพลิงชีวมวลแต่ละประเภท ปริมาณการใช้ไอน้ำและไฟฟ้า ในการผลิตน้ำตาลทั้งในฤดูหีบอ้อยและฤดูละลายน้ำตาล กระบวนการผลิตและราคาขายไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายให้การไฟฟ้าแห่งประเทศไทย โดยใช้พลวัตระบบ (System Dynamics) ภายใต้สภาวะต่าง ๆ โดยใช้หลักทฤษฎีทางสถิติวิศวกรรม และระบบฐานข้อมูล

ตัวแปรต้น	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	ตัวแปรตาม
- ปัจจัยด้านเชื้อเพลิง ● ปริมาณเชื้อเพลิง ● ราคาเชื้อเพลิง ● อัตราส่วนเชื้อเพลิง -ปัจจัยด้านการขายไฟฟ้า ● ปริมาณขายไฟฟ้า ● ราคาขายไฟฟ้า ● ประสิทธิภาพการผลิต -ปัจจัยด้านการผลิตน้ำตาล ● ปริมาณการใช้ไอน้ำ ● ปริมาณการใช้ไฟฟ้า ● ปริมาณการผลิตน้ำตาล	- สถิติวิศวกรรม - พลวัตระบบ (System dynamics)	- ทราบปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้าจากวัตถุดิบชีวมวล -นำไปใช้เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ในการปฏิบัติงาน

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.3.1 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้าจากวัตถุดิบชีวมวลของโรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่ง

1.3.2 เพื่อออกแบบและใช้พลวัตระบบในการหาประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้าชีวมวล

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการศึกษาเฉพาะ ภายในโรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่งโดยใช้ข้อมูลการผลิตเดือน ธันวาคม พ.ศ.2560 – เดือน ตุลาคม พ.ศ.2561 ตั้งแต่กระบวนการเลือกชนิดเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า กระบวนการผลิตน้ำตาลทั้งในฤดูหีบอ้อยและฤดูละลายน้ำตาล และกระบวนการผลิตไฟฟ้า ขอบเขตงานวิจัยจะไม่พิจารณาเรื่องผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมเหตุด้วยเนื่องจากจำนวนข้อมูลในการวิจัยที่จำกัด และต้องใช้เทคโนโลยีในการวัดหาประสิทธิภาพแต่โรงงาน

ดังกล่าวได้ปฏิบัติตามระเบียบและกฎหมายทางด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นมาตรฐานโรงงานเป็นอย่างดีอยู่แล้ว

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถบริหารจัดการเชื้อเพลิงชีวมวลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.5.2 เพิ่มรายได้จากการขายไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายให้การไฟฟ้าแห่งประเทศไทย

1.5.3 สามารถประยุกต์ใช้การบริหารจัดการการขายไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายให้การไฟฟ้าแห่งประเทศไทยที่มีลักษณะงานใกล้เคียงกัน

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 2

ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาบนพื้นฐานของแนวคิดที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นแนวทางข้อมูลสำหรับทำการวิจัย โดยมีสาระสำคัญดังนี้

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพลังงานชีวมวล

2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการใช้พลังงานในการผลิตน้ำตาลทรายและขายไฟฟ้า

2.3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับหม้อไอน้ำ

2.4 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกังหันไอน้ำ

2.5 ทฤษฎีพลวัตระบบ (System Dynamics)

2.6 การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model)

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพลังงานชีวมวล

ชีวมวล หมายถึง สิ่งที่ได้จากสิ่งมีชีวิตหรือสารอินทรีย์ที่สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานได้ โดยรวมถึงวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรต่าง ๆ เช่น ฟางข้าว แกลบ ชานอ้อย ทะลายปาล์ม เศษไม้ มูลสัตว์ ของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตผลทางการเกษตร และของเสียจากชุมชน ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเท่านั้น กากใยปาล์ม ไม้ฟืน ซังข้าวโพด เหง้ามันสำปะหลัง กะลามะพร้าว แกลบ

รูปที่ 2.1 ชีวมวลในประเทศไทย

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กลุ่มพลังงานชีวมวลสำนักวิจัยค้นคว้าพลังงาน , **พลังงานชีวมวล** , พ.ศ.2559

ศักยภาพชีวมวล จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลผลิตและการใช้ชีวมวล(กลุ่มพลังงานชีวมวลสำนักวิจัยค้นคว้าพลังงาน, 2559) พบว่าชีวมวลบางประเภทที่มีการใช้อย่างกว้างขวางและมีปริมาณคงเหลือไม่มากหรือบางชนิดขาดแคลน อาทิเช่น แกลบ ชานอ้อย ซึ่งชีวมวลเหล่านี้เป็นประเภทที่เกิดขึ้นที่โรงงานอุตสาหกรรม ผู้ประกอบการได้หาแนวทางในการใช้กำจัดและลดต้นทุนในการผลิตด้วยการใช้แทนเชื้อเพลิงเชิงพาณิชย์ จนปัจจุบันเชื้อเพลิงเหล่านี้มีการซื้อขายและมีกลไกด้านการตลาดจนครบวงจรแล้วหรืออาจกล่าวได้ว่าเป็น ชีวมวลประเภทที่เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลเชิงพาณิชย์ ส่วนชีวมวลอีกหลายประเภทพบว่ามีปริมาณคงเหลืออยู่เป็นจำนวนมาก เนื่องจากมีการใช้อยู่ในวงจำกัดหรือบางประเภทยังไม่ได้มีการนำไปใช้อย่างเป็นรูปธรรม อาทิเช่น ยอดและใบอ้อย ฟางข้าว เหง้ามันสำปะหลัง ทะลายปาล์มเปล่า ทางใบและก้านปาล์ม เป็นต้น

2.1.1 ชีวมวลจากข้าว

2.1.1.1 แกลบ จากข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรของสานักงานเศรษฐกิจการเกษตรในปีเพาะปลูก มีปริมาณการผลิตข้าวทั้งประเทศเท่ากับ 28.61 ล้านตัน และคิดเป็นปริมาณแกลบเท่ากับ 3.95 ล้านตัน โดยมีการนำแกลบเหล่านี้มาใช้งาน คิดเป็นปริมาณรวม 0.86 ล้านตัน หากนำปริมาณแกลบคงเหลือดังกล่าวมาหักด้วยปริมาณการสูญเสียของแกลบที่เกิดจากการขัดสี และการฟุ้งกระจายทั้งในระหว่างกระบวนการต่าง ๆ และการขนส่ง ดังนั้นปริมาณแกลบคงเหลือที่สามารถนำมาใช้งานได้จะมีค่าสุทธิเท่ากับ 3.09 ล้านตัน และคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเทียบเท่า 843 Ktoe มีประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 320 MW

2.1.1.2 ฟางข้าว จากข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรของกรมส่งเสริมการเกษตรปีเพาะปลูก สามารถประเมินปริมาณฟางข้าวเท่ากับ 34.04 ล้านตัน เมื่อนำมาคิดปริมาณที่เก็บรวบรวมได้ (ฟางข้าวมีประสิทธิภาพในการเก็บรวบรวม 10%) ปริมาณฟางข้าวคงเหลือที่สามารถนำมาใช้งานได้จะมีค่าสุทธิเท่ากับ 3.40 ล้านตัน และคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ 926.10 Ktoe คิดเป็นประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 352 MW

2.1.2 ชีวมวลจากข้าวโพด ซังข้าวโพดจากข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรของกรมส่งเสริมการเกษตร ในปีเพาะปลูก มีปริมาณการผลิตข้าวโพดทั้งประเทศเท่ากับ 4.40 ล้านตัน และคิดเป็นปริมาณซังข้าวโพดเท่ากับ 0.84 ล้านตัน โดยมีการนำชีวมวลเหล่านี้มาใช้ในภาคต่าง ๆ คิดเป็นปริมาณรวม 74,000 ตัน ทำให้ปริมาณชีวมวลคงเหลือมีค่าเท่ากับ 0.43 ล้านตัน คิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ 124.6 Ktoe คิดเป็นประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 47.31 MW

2.1.3 ชีวมวลจากสำปะหลัง

2.1.3.1 ลำต้นมันสำปะหลัง จากข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรของกรมส่งเสริมการเกษตร มีปริมาณการผลิตมันสำปะหลังทั้งประเทศเท่ากับ 17.6 ล้านตัน และคิดเป็นปริมาณลำต้นมันสำปะหลัง 2.11 ล้านตัน เมื่อนาปริมาณชีวมวลคงเหลือดังกล่าวมาคิดประสิทธิภาพในการเก็บรวบรวม (40%) จะมีปริมาณชีวมวลสุทธิเท่ากับ 0.84 ล้านตัน และคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเทียบเท่า 198 Ktoe และคิดเป็นประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 75 MW

2.1.3.2 เหง้ามันสำปะหลัง จากข้อมูลผลผลิตเหง้ามันสำปะหลัง สามารถประเมินปริมาณเหง้ามันได้เท่ากับ 1.76 ล้านตัน เมื่อนาปริมาณชีวมวลคงเหลือดังกล่าวมาคิดประสิทธิภาพในการเก็บรวบรวม (40%) จะมีปริมาณชีวมวลสุทธิเท่ากับ 0.7 ล้านตัน และคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเทียบเท่า 131 Ktoe และคิดเป็นประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 50 MW ในปัจจุบันแทบไม่มีการนำเอาเหง้ามันสำปะหลังมาใช้ผลิตพลังงาน เนื่องจากการเก็บรวบรวมมีความยากลำบากและต้นทุนการขนส่งสูง

2.1.4 ชีวมวลจากปาล์มน้ำมัน

2.1.4.1 ทางใบและก้านปาล์ม จากข้อมูลผลผลิตของกรมส่งเสริมการเกษตรในปีเพาะปลูก มีปริมาณการผลิตปาล์มน้ำมันทั้งประเทศเท่ากับ 8.75 ล้านตัน และคิดเป็นปริมาณทางใบและก้านเท่ากับ 2.36 ล้านตัน เมื่อคิดประสิทธิภาพในการเก็บรวบรวม (65%) และการนำไปใช้ประโยชน์ จะมีปริมาณชีวมวลคงเหลือสุทธิ 1.54 ล้านตัน คิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเทียบเท่า 481 Ktoe และคิดเป็นประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 183 MW

2.1.4.2 กากใยปาล์ม จากข้อมูลผลผลิตปาล์มน้ำมัน มีปริมาณของกากใยปาล์มที่ได้เท่ากับ 1.31 ล้านตัน โดยชีวมวลประเภทนี้จะถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม เมื่อหักปริมาณที่ถูกใช้งานออกจะมีชีวมวลคงเหลือสุทธิ 0.23 ล้านตัน คิดเป็นค่าพลังงานความร้อน 81.3 Ktoe และคิดเป็นประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 31 MW

2.1.4.3 กะลาปาล์ม จากข้อมูลผลผลิตปาล์มน้ำมัน สามารถประเมินปริมาณกะลาปาล์มได้เท่ากับ 0.53 ล้านตัน โดยมีการใช้ชีวมวลประเภทนี้ในภาคอุตสาหกรรมเพื่อเป็นเชื้อเพลิง คิดเป็นปริมาณรวม 18,000 ตัน และใช้ในประเภทอื่น ๆ 147,000 ตัน ดังนั้นจะมีชีวมวลคงเหลือสุทธิ 0.31 ล้านตัน คิดเป็นค่าพลังงานความร้อน 114 Ktoe และและคิดเป็นประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 43 MW

2.1.4.4 ทะลายปาล์ม จากข้อมูลผลผลิตปาล์มน้ำมัน สามารถประเมินปริมาณของทะลายปาล์มได้เท่ากับ 2.01 ล้านตัน โดยมีการนำชีวมวลประเภทนี้ถูกนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้า คิดเป็นปริมาณรวม 80,000 ตัน และใช้ในประเภทอื่น ๆ เช่น ทำปุ๋ยและเพาะเห็ด คิดเป็นปริมาณ 160,000 ตัน ดังนั้นจะมีชีวมวลคงเหลือสุทธิ 1.13 ล้านตัน คิดเป็นค่าพลังงานความร้อน 385 Ktoe และคิดเป็นประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 146 MW

2.1.5 ชีวมวลจากไม้ยางพารา ขี้เลื่อยและเศษไม้ยางพารา จากรายงานของสถาบันวิจัยยางพารา ทำให้ทราบว่าในแต่ละปีจะต้นยางพาราที่มีอายุเกิน 25 ปี ซึ่งครบรอบที่จะต้องทำการตัดฟัน คิดเป็นพื้นที่ยางพาราที่ถูกตัดฟัน 500,000 ไร่ต่อปี จะได้ปริมาณของไม้ยางพารา 200 ล้านตัน ซึ่งไม้ยางพาราที่ถูกตัดจะนำไปเข้ากระบวนการแปรรูปไม้เพื่อผลิตเฟอร์นิเจอร์ ดังนั้นจะมีชีวมวลที่ได้ภายหลังกระบวนการผลิต คิดเป็นเศษไม้ 3.6 ล้านตัน และขี้เลื่อย 8 ล้านตัน เมื่อหักปริมาณที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ จะมีเศษไม้คงเหลือ 3.55 ล้านตัน คิดเป็นพลังงานความร้อน 1,862 ktoe และพลังงานไฟฟ้า 707 MW ในส่วนของขี้เลื่อยจะมีปริมาณคงเหลือ 1,037 ktoe และพลังงานไฟฟ้า 394 MW

2.1.6 ชีวมวลที่ได้จากไม้ยูคาลิปตัส ไม้ยูคาลิปตัสจะถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษเป็นส่วนใหญ่ โดยผลผลิตของไม้ยูคาลิปตัสทั้งประเทศ มีปริมาณรวม 6.8 ล้านตันต่อปี มีชีวมวลเกิดขึ้น คือ ไม้ฟืนและเปลือกไม้ โดยไม้ฟืนจะถูกนำไปใช้ในการผลิตไฟฟ้า สำหรับเปลือกไม้จะนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการให้ความร้อน แต่ยังมีปริมาณการใช้งานน้อย เมื่อประเมินจำนวนของชีวมวลคงเหลือพบว่าจะมีไม้ฟืนคงเหลือเท่ากับ 0.57 ล้านตัน คิดเป็นพลังงานความร้อน 167 ktoe และพลังงานไฟฟ้า 63.5 MW สำหรับเปลือกไม้ยูคาลิปตัสมีปริมาณคงเหลือ 0.61 ล้านตัน คิดเป็นพลังงานความร้อน 186 ktoe และพลังงานไฟฟ้า 70.5 MW

2.1.7 ชีวมวลจากอ้อย

2.1.7.1 ยอดและใบอ้อย จากข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรของกรมส่งเสริมการเกษตร มีปริมาณการผลิตอ้อยทั้งประเทศเท่ากับ 70 ล้านตัน คิดเป็นชีวมวลประเภท ยอดและใบอ้อย เท่ากับ 16.8 ล้านตัน เมื่อนำมาคิดประสิทธิภาพในการเก็บรวบรวม (40%) จะมีชีวมวลคงเหลือสุทธิ 6.72 ล้านตัน คิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ 1,935.7 Ktoe คิดเป็นประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 735 MW

2.1.7.2 ชานอ้อย จากข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรของกรมส่งเสริมการเกษตร สามารถประเมินปริมาณของชานอ้อยเท่ากับ 21 ล้านตัน ชีวมวลประเภทนี้มีการนำไปใช้อย่างกว้างขวางในภาคอุตสาหกรรม โดยปัจจุบันได้ถูกแปรไปเป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานความร้อนในโรงงานผลิตน้ำตาลและบางโรงงานนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า จึงทำให้ชีวมวลประเภทนี้หมดไปกับการใช้ในโรงงานเป็นหลัก แม้แต่มีความต้องการใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอื่น ๆ แต่ก็ไม่มีวัตถุดิบมาป้อน รวมทั้งโรงงานผลิตน้ำตาลหรือโรงผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อยหลายโรงได้เริ่มเสาะหาเชื้อเพลิงประเภทอื่น ๆ มาใช้ร่วมกับชานอ้อยเนื่องจากภาวะขาดแคลนของชานอ้อย เช่น ชีวมวลจากไม้สับ แกลบ และ ใบอ้อย เป็นต้น

2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการใช้พลังงานในการผลิตน้ำตาลทรายและผลิตไฟฟ้า

รายงานการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานพลังงาน , 2559) ในรอบปี พ.ศ.2558 ที่ผ่านมาโรงงานน้ำตาลในประเทศไทยสามารถผลิตชานอ้อยเพื่อป้อนเป็นเชื้อเพลิงเข้าสู่ระบบการผลิตไฟฟ้า ได้สูงถึง 2,710 กว่าล้านหน่วยตามบันทึกปริมาณไฟฟ้าที่ขายให้การไฟฟ้า ดังแสดงในตารางที่ 2.1 โดยมีสัญญาขายไฟทั้งหมด 896.82 MW จากสถานภาพการพัฒนาพลังงานทดแทนจากชีวมวลในการผลิตไฟฟ้าที่ดำเนินการในปี พ.ศ. 2558 ทั้งหมด 2,451.82 MW ข้อมูลจากแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558-2579 หรือเทียบเป็นสัดส่วนระหว่าง ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเชื้อเพลิงชานอ้อยต่อไฟฟ้าที่ผลิตได้จากชีวมวล 1 ต่อ 2.73 หรือคิดเป็นร้อยละ 36.58

ตารางที่ 2.1 แสดงกำลังการผลิตติดตั้ง-สัญญาขายไฟฟ้า และปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตจากเชื้อเพลิงชีวมวลชานอ้อย

ข้อมูล	โรงไฟฟ้าในโรงงานน้ำตาล	โรงไฟฟ้านอกโรงงานน้ำตาล	รวม	หน่วย
กำลังการผลิตไฟฟ้ารวม	760.40	1,024.10	1,784.10	**MW**
สัญญาขายไฟฟ้ารวม	275.30	621.52	896.82	**MW**
ปริมาณไฟฟ้าที่ขายให้การไฟฟ้า	685,001,705	2,025,710,352	2,710,712,057	**kWh**

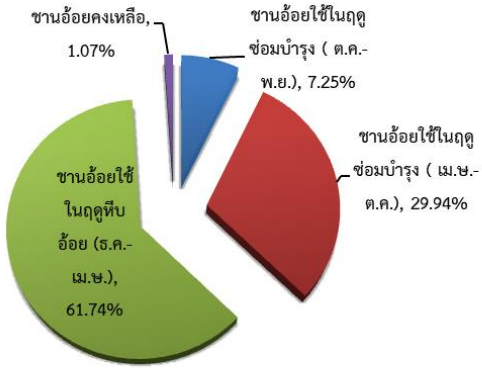
ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, **การผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย**, พ.ศ.2559

ดังนั้นอ้อยจึงนับเป็นแหล่งพืชพลังงานทดแทนที่สำคัญชนิดหนึ่ง ประเทศไทยของเราจึงมีแหล่งพลังงานจากธรรมชาติประเภทที่สร้างทดแทนใหม่ได้เป็นประจำทุกปี โรงงานน้ำตาลแบ่งฤดูการทำงานตามฤดูของการปลูกอ้อย แบ่งช่วงการทำงานเป็น 3 ฤดู ได้แก่ ฤดูเปิดหีบอ้อยฤดูละลายและฤดูซ่อมบำรุงฤดูเปิดหีบอ้อย มีระยะเวลายาวนานประมาณ 4-5 เดือน ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคมของทุกปี เป็นช่วงเวลาแปรสภาพอ้อยให้เป็นน้ำตาลในฤดูนี้จะมีน้ำตาลบางส่วนที่จะถูกเก็บไว้เพื่อดำเนินการผลิตต่อในฤดูที่ 2 ซึ่งก็คือ ฤดูละลาย ฤดูนี้มีระยะเวลายาวนานประมาณ 4-8 เดือน ระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนพฤศจิกายนของทุกปี เป็นช่วงที่มีกิจกรรมหลักคือ นำน้ำตาลทรายดิบที่ผลิตได้ในฤดูหีบนำมาละลายแล้วดำเนินการผลิตน้ำตาลทราย ไม่มีการหีบอ้อยในฤดูนี้สำหรับในช่วงเดือนที่เหลือก่อนการเปิดหีบครั้งต่อไป โรงงานน้ำตาลต้องมีการเตรียมความพร้อมเพื่อการผลิตในฤดูเก็บเกี่ยวถัดไปหรือฤดูที่ 3 ฤดูซ่อมบำรุง โรงงานจะดำเนินการซ่อมแซมเครื่องจักรทั้งหมดเพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการผลิต ตลอดทั้งปีโดยไม่มีการหีบอ้อยเช่นเดียวกันกับฤดูละลาย

ฤดูการทำงานของโรงงานน้ำตาลทั้ง 3 ฤดู มีรูปแบบของปริมาณความต้องการของการผลิตความร้อนในรูปแบบไอน้ำและพลังงานไฟฟ้าที่แตกต่างกันและอุตสาหกรรมน้ำตาลเป็นอุตสาหกรรมที่ต้องการพลังงานสูงเพื่อใช้ในการผลิตโดยเฉพาะพลังงานความร้อน ดังนั้นในช่วงฤดูการผลิตทั้ง 3 ฤดูของโรงงานน้ำตาลจึงมีปริมาณความต้องการการใช้พลังงานและคุณลักษณะการผลิตพลังงานจากชานอ้อยที่แตกต่างกันอย่างมาก

ฤดูเปิดหีบอ้อยเป็นช่วงเวลาการเกิดชานอ้อย ช่วงเวลานี้เป็นช่วงเวลาของการเก็บเกี่ยวอ้อยที่ปลูกโดยชาวไร่อ้อยฤดูนี้ จึงเป็นฤดูที่จะมีปริมาณชานอ้อยเกิดขึ้นเป็นปริมาณมากซึ่งเกิดจากกระบวนการหีบอ้อยเพื่อให้ได้น้ำอ้อย ปริมาณการเกิดชานอ้อยเฉลี่ยที่ร้อยละ 27-30 ของปริมาณอ้อยสดที่ถูกหีบ ปัจจุบันโรงงานน้ำตาลทุกแห่งได้ทำการพัฒนาเพื่อนำชานอ้อยไปใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุด มีการพัฒนาการผลิตไฟฟ้าเพื่อการขายไฟฟ้าเชิงพาณิชย์รวมทั้งมีการบริหารจัดการ

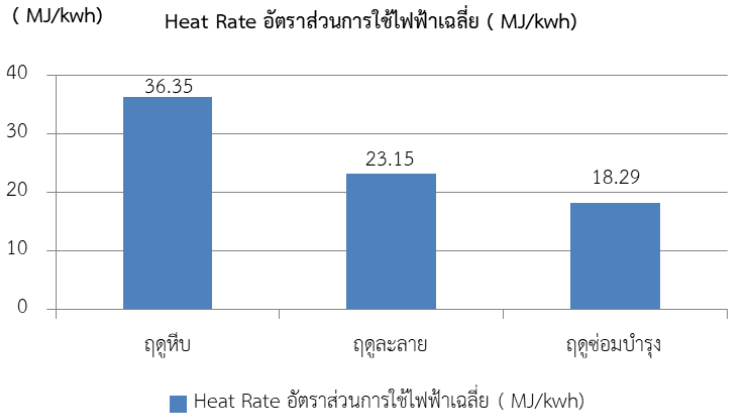
ปริมาณชานอ้อยที่เกิดขึ้นในระยะเวลาสั้น ๆ ให้สามารถนำมาใช้ได้ตลอดทั้งปีเมื่อศึกษาข้อมูลสัดส่วนการใช้ชานอ้อยตลอดทั้งปีของโรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่ง พบว่าฤดูหีบเป็นฤดูที่ใช้ชานอ้อยในปริมาณสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 61.74 ของชานอ้อยทั้งหมดที่เกิดขึ้นในฤดูหีบ (ข้อมูลฤดูปลูกอ้อย 56/57ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2556 – เดือนมีนาคม พ.ศ.2557) สำหรับฤดูละลายใช้ปริมาณชานอ้อยคิดเป็นร้อยละ 29.94 ส่วนในฤดูซ่อมบำรุงปริมาณชานอ้อยที่ใช้คิดเป็นร้อยละ 7.25 และมีปริมาณชานอ้อยคงเหลือในโรงงานคิดเป็นร้อยละ 1.07 ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงสัดส่วนการใช้ชานอ้อยตลอดทั้งปี

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, **การผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย**, พ.ศ.2559

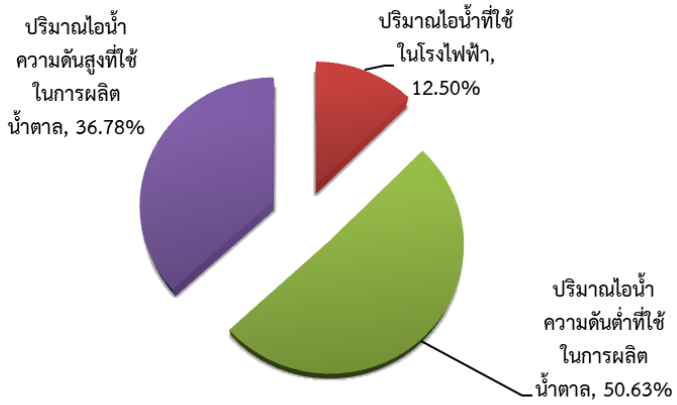
เมื่อชานอ้อยเป็นแหล่งให้พลังงานสำคัญของการผลิตน้ำตาลในโรงงานน้ำตาลทั้งสำหรับผลิตพลังงานความร้อน และพลังงานไฟฟ้าเพื่อการผลิตน้ำตาลรวมทั้งเพื่อส่งขายในเชิงพาณิชย์ควบคู่กันไป อัตราส่วนชานอ้อยต่อการผลิตไฟฟ้า (Heat Rate) จึงเป็นดัชนีที่สำคัญสำหรับการบริหารจัดการการใช้ชานอ้อยให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุด หากทำการเปรียบเทียบอัตราส่วนชานอ้อยต่อการผลิตไฟฟ้า (Heat Rate) ของทั้ง 3 ฤดูในโรงงานน้ำตาลพบว่า ฤดูหีบเป็นฤดูที่มีอัตราส่วนชานอ้อยต่อการผลิตไฟฟ้า (Heat Rate) สูงสุดใน 3 ฤดูการผลิตดังแสดงในรูปที่ 2.3 แสดงอัตราส่วนชานอ้อยต่อการผลิตไฟฟ้า (Heat Rate) ของแต่ละฤดูในโรงงานน้ำตาล คิดค่าความร้อนของชานอ้อยที่ 7.53 MJ/kg



รูปที่ 2.3 อัตราส่วนชานอ้อยต่อการผลิตไฟฟ้าเฉลี่ย (Heat Rate)แต่ละฤดูในโรงงานน้ำตาล
ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, **การผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย**,พ.ศ.2559

ฤดูหีบเป็นฤดูที่มีอัตราส่วนชานอ้อยต่อการผลิตไฟฟ้า (Heat Rate) สูงสุดใน 3 ฤดูการผลิต เฉลี่ยที่ 36.35 MJ/kWh นั่นหมายถึงต้องใช้ปริมาณชานอ้อยสูงที่สุดสำหรับการผลิตไฟฟ้า แต่เมื่อพิจารณากายภาพอื่น ๆ ประกอบ จะพบว่าปริมาณชานอ้อยที่ใช้ในฤดูนี้มีความต้องการแฝงของการใช้ไอน้ำเพื่อการผลิตน้ำตาลซ่อนอยู่ ซึ่งในฤดูนี้มีความต้องการใช้ไอน้ำเพื่อการผลิตน้ำตาลทั้งที่ความดันสูงและความดันต่ำ โดยไอน้ำความดันสูง (High-pressure steam) ความดันระหว่าง 20-30 bar อุณหภูมิประมาณ 350-370 องศาเซลเซียส จะถูกใช้ไปในอุปกรณ์ต้นกำลัง เช่น กังหันไอน้ำเพื่อผลิตกำลังกลขับชุดใบมีดตัดอ้อยและลูกหีบนอกเหนือจากใช้สำหรับกังหันผลิตไฟฟ้า เป็นต้นสำหรับไอน้ำความดันต่ำ (Low-pressure steam) ก็จะมีความดันประมาณ 1.5 bar โดยส่วนใหญ่ไอน้ำความดันต่ำจะเกิดจากไอน้ำความดันสูงที่ถูกใช้งานแล้วและลดคุณภาพลงเพื่อใช้ที่หม้อต้มและหม้อเคี่ยว

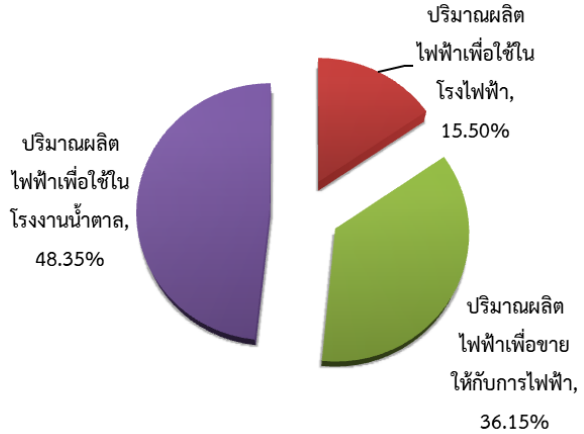
โดยมีโรงไฟฟ้าที่อยู่ในเครือที่จดทะเบียนพาณิชย์แยกจากโรงงานน้ำตาลทำการผลิตไอน้ำและไฟฟ้าเพื่อขายกลับมายังโรงงานน้ำตาล ดังนั้นไอน้ำที่ผลิตได้ทั้งหมดจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนอย่างชัดเจน ประกอบด้วยไอน้ำความดันสูงที่ใช้สำหรับลูกหีบผลิตน้ำตาล ไอน้ำความดันต่ำที่ใช้สำหรับผลิตน้ำตาล (ออกจากกังหันปั่นไฟ) และไอน้ำที่ใช้เองในโรงงานไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 สัดส่วนของปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้ในฤดูหีบ

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, **การผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย**, พ.ศ.2559

เมื่อพิจารณาสัดส่วนไอน้ำจากรูปที่ 2.4 พบว่า ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นในฤดูนี้จึงเกิดจากไอน้ำเพียง 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนพลังงานไอน้ำความดันต่ำที่ใช้สำหรับผลิตน้ำตาล (ออกจากกังหันปั่นไฟ) และ ส่วนพลังงานไอน้ำที่ใช้เองในโรงงานไฟฟ้าเท่านั้นเมื่อพิจารณาปริมาณพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ผลิตขึ้นในฤดูนี้ เกือบครึ่งหนึ่งของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นทั้งหมดถูกส่งไปใช้เพื่อการผลิตน้ำตาลในโรงงานน้ำตาลคิดเป็นร้อยละ 48.35 และสามารถผลิตเพื่อส่งขายให้กับการไฟฟ้าได้เพียงร้อยละ 36.15 ในส่วนที่เหลือถูกใช้เพื่อผลิตไฟฟ้าร้อยละ 15.50 ดังแสดงในรูปที่ 2.5

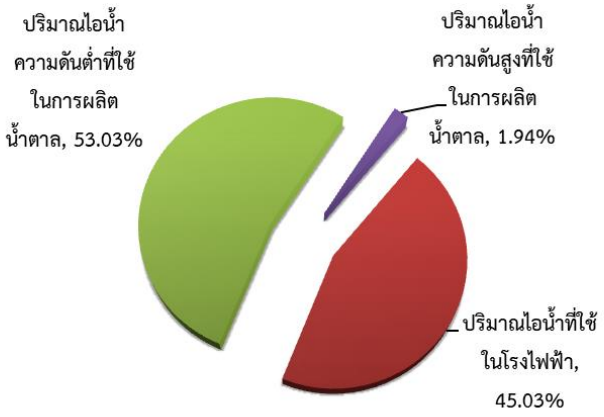


รูปที่ 2.5 แสดงสัดส่วนของปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าฤดูหีบ

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, **การผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย**, พ.ศ.2559

เช่นเดียวกันเมื่อพิจารณาอัตราส่วนชานอ้อยต่อการผลิตไฟฟ้า (Heat Rate) ในฤดูละลายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.15 MJ/kWh แม้ว่าจะไม่มีการหีบอ้อยในฤดูนี้ แต่ปริมาณชานอ้อยที่ใช้ฤดูนี้มี

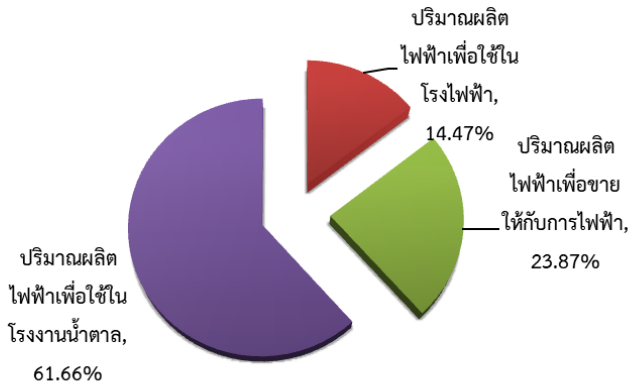
ความต้องการแฝงของการใช้ไอน้ำเพื่อการผลิตน้ำตาลซ่อนอยู่เช่นเดียวกัน แม้จะไม่มากนักปริมาณไอน้ำส่วนใหญ่ที่โรงงานน้ำตาลต้องการคือไอน้ำความดันต่ำเพื่อใช้ในการละลายน้ำตาลดิบสำหรับทำน้ำตาลทราย มีความต้องการใช้ปริมาณไอน้ำความดังสูงอยู่เพียงเล็กน้อยคิดเป็นร้อยละ 1.94 ดังแสดงในรูปที่ 2.6 อาจกล่าวได้ว่า อัตราส่วนชานอ้อยต่อการผลิตไฟฟ้า (Heat Rate) ในฤดูละลายนี้ก็ยังไม่ใช่ค่าที่แท้จริงของศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าของชีวมวลชานอ้อย แม้ว่าอัตราส่วนชานอ้อยต่อการผลิตไฟฟ้า (Heat Rate) จะมีค่าที่ดีขึ้นซึ่งหมายถึงการใช้ชานอ้อยในการผลิตไฟฟ้าลดลงก็ตาม



รูปที่ 2.6 สัดส่วนของปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้ในฤดูละลาย

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, **การผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย**, พ.ศ.2559

ปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้เกือบทั้งหมดในฤดูนี้ใช้ในการผลิตไฟฟ้า โรงงานน้ำตาลก็มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในสัดส่วนที่ลดลง ดังนั้นสัดส่วนพลังงานไฟฟ้าที่ขายให้กับการไฟฟ้าจึงสูงขึ้น แม้สัดส่วนการขายไฟฟ้าที่แสดงในรูปที่ 2.7 จะสูงถึงร้อยละ 61.66 แต่ไม่ได้หมายความว่าปริมาณไฟฟ้าที่ถูกส่งขายให้กับการไฟฟ้านั้นจะมีปริมาณหน่วยไฟที่เพิ่มขึ้น ด้วยข้อจำกัดของสัญญาขายไฟที่ทำขึ้นระหว่างโรงงานกับการไฟฟ้า กล่าวคือทุกโรงงานที่ต้องการขายไฟให้กับการไฟฟ้า เมื่อทำสัญญาขายไฟที่ขนาดเท่าใดก็ตามจะต้องส่งไฟฟ้าขายตามปริมาณไม่มากกว่าที่ทำสัญญาไว้ด้วยข้อจำกัดหลายด้าน อาทิเช่น ข้อจำกัดของสายส่งของการไฟฟ้าและความสามารถในการผลิตไฟฟ้าขายอย่างสม่ำเสมอของโรงงานต้องคำนึงถึงความสามารถในการบริหารจัดการชานอ้อยเพื่อใช้ในโรงงานให้ได้ตลอดทั้งปีอีกด้วย



รูปที่ 2.7 สัดส่วนของปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าฤดูละลาย

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, **การผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย**, พ.ศ.2559

ความชัดเจนของอัตราส่วนชานอ้อยต่อการผลิตไฟฟ้า (Heat Rate) ที่แท้จริงของชีวมวลชานอ้อยจะปรากฏขึ้นในฤดูซ่อมบำรุงค่าเฉลี่ยที่ 18.29 MJ/kWh ไอน้ำทั้งหมดที่ผลิตได้ในฤดูนี้จะใช้ในโรงไฟฟ้าเพื่อการผลิตไฟฟ้า แต่ไฟฟ้าที่ได้ทั้งหมดก็ยังคงต้องส่งให้กับโรงงานน้ำตาลสำหรับการบำรุงรักษาและซ่อมแซมเครื่องจักรเพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการผลิตน้ำตาลในฤดูที่จะมาถึง

เมื่อทำการแปรสัดส่วนอัตราส่วนชานอ้อยต่อการผลิตไฟฟ้า (Heat Rate) ที่ 18.29 MJ/kWh ในฤดูซ่อมบำรุง เป็นปริมาณน้ำหนักของชานอ้อยที่ต้องใช้เพื่อการผลิตไฟฟ้า จะได้ว่าชานอ้อยจำนวน 2.43 kg สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 1 kWh ที่ค่าความร้อนชานอ้อย7.53 MJ/kg จึงนับได้ว่าเป็นต้นทุนราคาพลังงานชีวมวลชานอ้อยที่น่าสนใจมากทีเดียว เพื่อให้เห็นภาพชัดเจนขึ้นจึงได้นำสัดส่วนพลังงานไอน้ำและสัดส่วนพลังงานไฟฟ้าของทั้ง 3 ฤดู มาสรุปไว้ในตารางเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงสัดส่วนปริมาณพลังงานของโรงงานน้ำตาล (ไอน้ำและไฟฟ้า)

ฤดูกาล	สัดส่วนพลังงานไอน้ำที่ผลิตได้ทั้งหมด			สัดส่วนพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งหมด		
	ปริมาณไอน้ำแรงดันสูงที่ใช้สำหรับการผลิตน้ำตาล	ปริมาณไอน้ำแรงดันต่ำที่ใช้สำหรับการผลิตน้ำตาล	ปริมาณไอน้ำที่ใช้ในโรงไฟฟ้า	ปริมาณไฟฟ้าเพื่อขายให้กับการไฟฟ้า	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในโรงงานน้ำตาล	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในโรงฟ้า
	%	%	%	%	%	%
ฤดูหีบ	36.78	50.64	12.59	36.15	48.35	15.5
ฤดูละลาย	1.94	53.03	45.03	61.66	23.87	14.47
ฤดุซ่อมบำรุง	0	0	100	77.66	4.98	17.36

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, การผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย, พ.ศ.2559

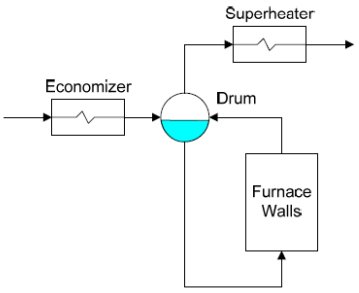
การผลิตไฟฟ้าให้ได้มากที่สุดด้วยพลังงานต้นกำเนิดที่ใช้ผลิตให้น้อยที่สุดคือแนวทางที่ดีที่สุด หากแต่ในความที่สุดนั้น คงต้องพิจารณาถึงการได้มาซึ่งแนวทางที่ดีที่สุดอันเป็นปัจจัยประกอบร่วมด้วย ทั้งปัจจัยภายในโรงงานน้ำตาลเอง และปัจจัยภายนอกโรงงาน ถ้ากล่าวถึงปัจจัยภายในโรงงานน้ำตาล โรงงานต้องค้นหาจุดเหมาะสมที่ทำให้เกิดสมดุลรอบด้าน ระหว่างปริมาณการหีบอ้อย ปริมาณการผลิตน้ำตาล ปริมาณการใช้ไอน้ำเพื่อใช้ผลิตน้ำตาลและผลิตไฟฟ้า ปริมาณการผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ในการผลิตน้ำตาลและขายเชิงพาณิชย์ ตลอดจนประสิทธิภาพของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในโรงงานร่วมกับเทคโนโลยีที่ทันสมัย และสิ่งที่สำคัญที่สุดคือการใช้พลังงานทั้งหมดที่ผลิตได้ให้คุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุด

มหาวิทยาลัยศิลปากร

2.3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับหม้อไอน้ำ

หม้อไอน้ำ (กฤษสอาดใจ) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำให้เป็นไอน้ำ เป็นอุปกรณ์ที่ผลิตไอน้ำแล้วจ่ายป้อนให้กับกังหันไอน้ำในโรงไฟฟ้าการไหลของน้ำ และไอน้ำในหม้อน้ำจะเป็นวงจรเพื่อที่จะทำให้ได้ปริมาณไอน้ำ ที่มีความดันและอุณหภูมิตามต้องการ การไหลของน้ำและไอน้ำอย่างต่อเนื่องจะทำให้เกิดมีตัวกลางอยู่ในท่อตลอดเวลา ทำให้ท่อที่จุดใดจุดหนึ่งไม่ร้อนจัดจนเกินไป โดยทั่วไปจะแบ่ง หม้อไอน้ำตามการไหลออกเป็น 3 ชนิด คือ

1) แบบไหลเวียนตามธรรมชาติ (Natural Circulation)

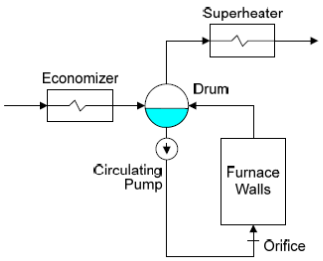


รูปที่ 2.8 Natural Circulation Boiler

ที่มา : สมนัส กฤษสอาดใจ, **ความรู้พื้นฐานสำหรับช่างและวิศวกรโรงไฟฟ้า1**

ในหม้อน้ำ แบบไหลเวียนตามธรรมชาติ รูปที่ 2.8 น้ำ ส่วนหนึ่งจะกลายเป็นไอน้ำ น้ำส่วนที่เหลือกับน้ำที่เติมเข้ามา (Make-up) จะไหลวนกลับไปยังท่อผนังเตา (Furnace Wall) เพื่อรับความร้อนต่อไป ดรัมจะต้องมีปริมาตรเพียงพอสำหรับการแยกไอน้ำออกจากน้ำ การไหลวนของน้ำเกิดจากความแตกต่างระหว่างความหนาแน่นของน้ำ ยิ่งยวด (Sub-Cooled Water) ที่ไหลลงมาที่ท่อรับน้ำหลักกับส่วนผสมของน้ำ กับไอน้ำ ในท่อที่มีความหนาแน่นเฉลี่ยน้อยกว่า จึงทำให้เกิดแรงดันไหลเวียนขึ้น และเมื่อความร้อนที่ให้กับหม้อน้ำมากขึ้น อัตราการไหลเวียน (Circulation Ratio) ก็จะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงอัตราการไหลสูงสุด แต่ถ้าเพิ่มความร้อนเข้าไปอีก จะทำให้เกิดการสูญเสียความดันในท่อที่รับความร้อน ที่ไม่สอดคล้องกับความแตกต่างของความดันที่เพิ่มขึ้น เป็นผลทำให้อัตราการเกิดไอน้ำลดลง หม้อไอน้ำแบบไหลวนตามธรรมชาติ จะทำงานในทำงานในย่านที่ถ้าเพิ่มความร้อน ปริมาณที่ผลิตไอน้ำจะเพิ่มขึ้นตามที่การเดินเครื่องในทุกสภาพ

2) แบบควบคุมการไหลเวียน (Controlled Circulation) หม้อไอน้ำแบบที่มีการควบคุมการไหลเวียน รูปที่ 2.9 จะใช้เครื่องสูบน้ำช่วยในการหมุนเวียนความดันของเครื่องสูบน้ำ จะมากกว่าความดันที่สูญเสียในวงจรการไหล

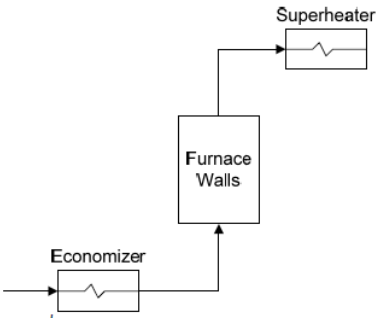


รูปที่ 2.9 Forced or Controlled Recirculation

ที่มา : สมนัส กฤษสอาดใจ, **ความรู้พื้นฐานสำหรับช่างและวิศวกรโรงไฟฟ้า1**

หม้อไอน้ำแบบนี้อัตราการไหลเวียนจะไม่ขึ้นกับปริมาณความร้อนที่มีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากการต้านทานการไหลส่วนใหญ่ในท่อของหม้อน้ำจะเกิดจากอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อทำให้เกิดการไหลสม่ำเสมอซึ่งตามปกติจะใช้แผ่นรูเปิด (Orifice) ติดตั้งที่ตำแหน่งต้นทางของวงจร เพื่อควบคุมปริมาณการไหลทำให้เกิดความสมดุลในวงจร การไหลเวียนของหม้อน้ำแบบนี้จะดีกว่าหม้อน้ำแบบไหลเวียนตามธรรมชาติไอน้ำที่เกิดขึ้นจะอยู่ที่ประมาณ 10-20% ของส่วนผสมของน้ำกับไอน้ำเวลาที่ใช้ในการเริ่มการเดินเครื่อง (Start-up) จะเร็วกว่า ส่วนใหญ่จะเป็นหม้อน้ำที่มีความดันสูง ๆ หรือต้องการอัตราการไหลสูง ๆ

3) แบบไหลครั้งเดียว (Once-Through) หม้อไอน้ำแบบนี้จะยุ่งยากขึ้น เนื่องจากไม่มีดรัมจึงไม่มีการไหลเวียนของน้ำ และไอน้ำโดยที่น้ำทั้งหมดจะเปลี่ยนไปเป็นไอน้ำแต่ในระหว่างเริ่มการเดินเครื่องจะต้องป้องกันไม่ให้ท่อร้อนจัดเกินไป จึงต้องทำให้เกิดการไหลอย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 2.10 : Once-Through Boiler

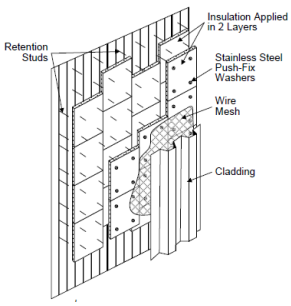
ที่มา : สมนัส กฤษสอาดใจ, **ความรู้พื้นฐานสำหรับช่างและวิศวกรโรงไฟฟ้า1**

2.3.1 ส่วนประกอบของหม้อน้ำ (Boiler Components)

หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำที่ใช้กันอยู่ในโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำ จะเป็นหม้อไอน้ำความดันที่จะเปลี่ยนแปลงน้ำ ให้กลายเป็นไอน้ำโดยใช้ความร้อน หม้อไอน้ำ จะมีท่อน้ำเป็นจำนวนมากประกอบกันขึ้นและมีหน้าที่ต่าง ๆ กันและออกแบบให้มีพื้นที่ที่จะได้รับความร้อนได้มากที่สุด

2.3.1.1 เตาเผาไหม้ (Furnace) ท่อน้ำที่ประกอบกันขึ้น เป็นช่องว่างสำหรับการเผาไหม้เชื้อ เพลิงเรียกว่าเตาเผาไหม้ โดยที่ท่อน้ำ จะเป็นผนังเตา (Furnace Wall หรือ Water Wall) น้ำ ที่ไหลผ่านท่อจะได้รับความร้อนมากกว่า 50% ซึ่งสามารถทำให้เกิดไอน้ำ เป็นบางส่วนในน้ำ ที่ไหลผ่านท่อ ในการออกแบบเตาเผาไหม้จะมีการคำนึงถึงการถ่ายเทความร้อนไปให้กับน้ำ ที่อยู่ในท่อ ผนังเตาท่อน้ำที่ประกอบกันขึ้น เป็นผนังเตาส่วนใหญ่จะมีลักษณะตั้งตรงต่ออยู่กับท่อรวม (Headers) ที่อยู่ทั้งด้านบนและด้านล่าง ท่อรวมด้านล่าง (Lower Headers) จะรับน้ำจากท่อน้ำหลัก (Down comers) จากดรัม และจ่ายให้กับท่อน้ำผนังเตาเพื่อที่จะรับความร้อนจากการเผาไหม้ภายในเตา น้ำร้อนและไอน้ำจะลอยขึ้น ด้านบนไปรวมกันที่ท่อรวมด้านบน (Upper Headers) และจะมีท่อต่อขึ้น (Risers) ต่อจากท่อรวมด้านบนไปยังดรัมอีกทีหนึ่ง

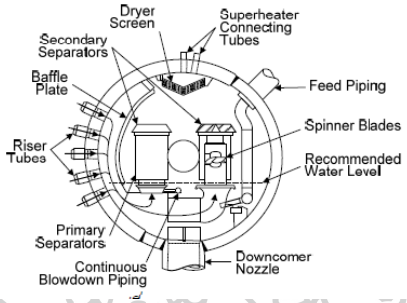
นอกจากนั้นผนังเตาจะต้องมีการหุ้มฉนวนกันความร้อนภายนอกให้เหมาะสม เพื่อที่จะไม่ให้มีการสูญเสียความร้อนออกไปด้านนอก ความหนาของฉนวนกันความร้อนจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิภายในเตาเผาไหม้ ถ้าเป็นเตาเผาไหม้ที่ติดตั้งภายนอกจะต้องหุ้มแผ่นโลหะ (Lagging หรือ Cladding) เพื่อป้องกันสภาพอากาศ เช่น สภาวะฝนตก หรือความเสียหายอื่น ๆ จากภายนอกให้ได้



รูปที่ 2.11 Furnace Wall Insulation

ที่มา : สมนัส กฤษสอาดใจ, **ความรู้พื้นฐานสำหรับช่างและวิศวกรโรงไฟฟ้า1**

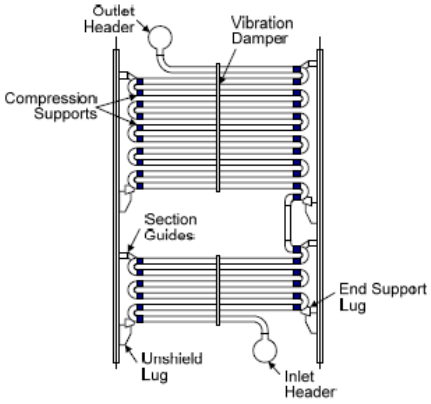
2.3.1.2 ดรัม (Drum) ดรัมสำหรับหม้อไอน้ำ จะมีหน้าที่อยู่ 2 ประการคือ แยกไอน้ำออกจากส่วนผสมของน้ำกับไอน้ำ และทำให้ไอน้ำที่แยกออกมาแห้ง ปริมาณน้ำในดรัมที่ระดับขณะเดินเครื่องจะมีจำนวนน้อยมากเมื่อเทียบกับกำลังผลิตของไอน้ำ ดังนั้นปริมาณน้ำในดรัมจึงไม่สำคัญเท่ากับปริมาตรที่ต้องการในส่วนที่ว่างที่จะทำให้ไอน้ำ แยกตัวออกจากส่วนผสมของน้ำและไอน้ำได้ เส้นผ่าศูนย์กลางของดรัมและความยาว จะต้องเพียงพอที่จะสามารถเข้าไปติดตั้งหรือตรวจสอบอุปกรณ์ภายในได้ โดยทั่วไปความยาวของดรัมจะขึ้น อยู่กับความกว้างของเตา



รูปที่ 2.12 Drum Internals

ที่มา : สมนัส กฤษอาดใจ, **ความรู้พื้นฐานสำหรับช่างและวิศวกรโรงไฟฟ้า1**

2.3.1.3 ขดท่ออีโคโนไมเซอร์ (Economizer Coils) ขดท่ออีโคโนไมเซอร์ จะช่วยให้ประสิทธิภาพของหม้อน้ำดีขึ้น โดยนำความร้อนของแก๊สที่ผ่านจากขดท่อซูเปอร์ฮีตเตอร์ขดสุดท้ายก่อนที่จะปล่อยทิ้งออกปล่องมาอุ่นน้ำป้อนเข้าดรัมที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดอิ่มตัวของดรัมให้ร้อนเสียก่อนทุก ๆ 22°C ที่อุณหภูมิของแก๊สร้อนที่ลดลงที่ขดท่ออีโคโนไมเซอร์หรือที่อุปกรณ์อุ่นอากาศ (Air Heater) จะทำให้ประสิทธิภาพของหม้อน้ำเพิ่มขึ้น ประมาณ 1% ส่วนใหญ่การออกแบบขดท่ออีโคโนไมเซอร์ จะเป็นการออกแบบให้มีการไหลกลับทางกัน (Counter Flow) ระหว่างแก๊สร้อนที่อยู่นอกท่อกับน้ำที่อยู่ในท่อ โดยให้มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยแตกต่าง (Mean Temperature Difference) สูงที่สุดน้ำที่ไหลขึ้นจะช่วยไม่ให้เกิดการกระแทกของน้ำ (Water Hammer) ที่อาจจะเกิดขึ้นได้ และเพื่อกันไม่ให้เกิดไอน้ำขึ้นในขดท่ออีโคโนไมเซอร์อุณหภูมิของน้ำที่ออกจากขดท่ออีโคโนไมเซอร์จะต้องต่ำกว่าอุณหภูมิไอน้ำ อิ่มตัวขณะเดินเครื่องตามปกติ



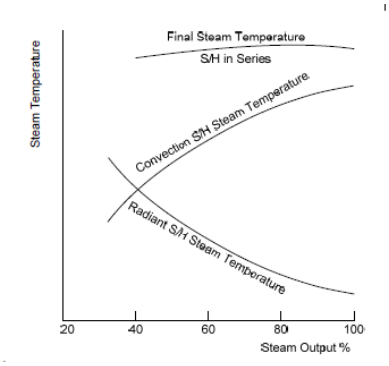
รูปที่ 2.13 Economizer Arrangement and Water Wall Supports

ที่มา : สมนัส กฤษสอาดใจ, **ความรู้พื้นฐานสำหรับช่างและวิศวกรโรงไฟฟ้า1**

2.3.1.4 ขดท่อซูเปอร์ฮีตเตอร์และรีฮีตเตอร์ (Superheater and Reheater Coils) ไอน้ำแห้งที่ได้จาก ดรัมก่อนจะเข้ากังหันไอน้ำจะถูกทำให้เป็นไอน้ำซูเปอร์ฮีตเสียก่อน โดยจะไหลเข้าขดท่อซูเปอร์ฮีตเตอร์เพื่อทำให้ไอน้ำกลายเป็นไอซูเปอร์ฮีต การทำให้ไอน้ำเป็นไอซูเปอร์ฮีตหรือมีอุณหภูมิมากกว่าอุณหภูมิไอน้ำอิ่มตัวจะทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ขดท่อซูเปอร์ฮีตเตอร์จะมี 2 ชนิด ขึ้น อยู่กับความต้องการในการถ่ายเทความร้อนจากแก๊สร้อน คือ

2.3.4.1 ขดท่อซูเปอร์ฮีตเตอร์แบบการพาความร้อน (Convection Superheater) ใช้สำหรับที่ ๆ การถ่ายเทความร้อนแบบการแผ่รังสีมีค่าน้อย แบบนี้อุณหภูมิของไอน้ำที่ได้จะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณไอน้ำที่หม้อไอน้ำผลิตได้ (Boiler Output) เพิ่มขึ้น เนื่องจากเปอร์เซ็นต์ที่ผนังเตารับความร้อนจะน้อยลงนั่นเอง ทำให้ขดท่อซูเปอร์ฮีตเตอร์ได้รับความร้อนมากขึ้น อัตราการถ่ายเทความร้อนเกือบจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราการไหลของแก๊สร้อน ผลที่เกิดขึ้นนี้เองทำให้ต้องติดตั้งขดท่อซูเปอร์ฮีตเตอร์ไว้ไกลออกไปหรือนอกเตาเผาไหม้หรือในบริเวณที่แก๊สร้อนมีอุณหภูมิที่ต่ำลง

2.3.4.2 ขดท่อซูเปอร์ฮีตเตอร์แบบการแผ่รังสี (Radiant Superheater) จะรับความร้อนส่วนใหญ่จากการแผ่รังสีจากเตาเผาไหม้โดยที่มีการพาความร้อนเพียงเล็กน้อยตามปกติ จะมีระยะห่างด้านข้างระหว่างท่อที่กว้างมาก ทำเป็นปีกของผนังเตา (Wing Walls) หรือทำเป็นแบบแผงแขวน (Pendant Superheat Platens) ติดตั้งอยู่ภายในส่วนของเตาเผาไหม้เนื่องจากการรับความร้อนจะไม่ได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อปริมาณไอน้ำที่หม้อน้ำ ผลิตได้เพิ่มขึ้นอุณหภูมิที่ได้จากขดท่อซูเปอร์ฮีตเตอร์แบบนี้จะลดลง ดังแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 Convection and Radiant Temperature Characteristic

ที่มา : สมนัส กฤษสอาดใจ, **ความรู้พื้นฐานสำหรับช่างและวิศวกรโรงไฟฟ้า1**

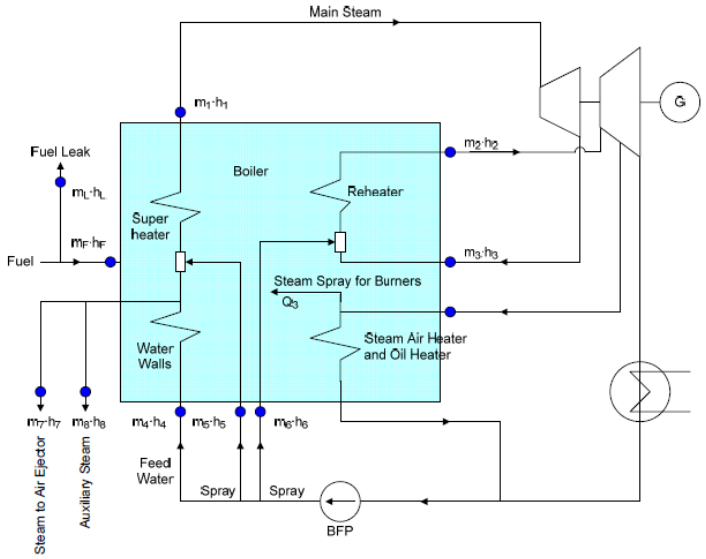
2.3.2. ประสิทธิภาพของหม้อน้ำ (Boiler Efficiency) ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำจะมีผลกระทบกับต้นทุนการผลิตไฟฟ้าเป็นอย่างมาก ประสิทธิภาพของหม้อน้ำจะขึ้นอยู่กับประเภทของการเผาไหม้และชนิดของหม้อน้ำตลอดจนเชื้อเพลิงที่ใช้ แต่นอกเหนือจากนั้นจะเกิดจากวิธีการเดินเครื่องของพนักงานเดินเครื่องเป็นสำคัญ โดยทั่วไปการคำนวณประสิทธิภาพจะคำนวณได้ 2 วิธี คือ วิธีหาความร้อนสูญเสีย (Heat Loss Method) ซึ่งเป็นเรื่องยุ่งยากพอสมควรและต้องใช้เครื่องมือพิเศษบางอย่าง อีกวิธีหนึ่งจะเป็นการหาแบบความร้อนเข้าและออก (Heat Input and Output Method) ซึ่งเป็นวิธีที่ตรงไปตรงมามีความแม่นยำน้อยกว่าวิธีแรก แต่ก็สามารถทำได้ง่ายและรวดเร็วและข้อสำคัญไม่มีค่าใช้จ่ายมากนัก โดยที่สูตรเริ่มต้นของประสิทธิภาพแบบนี้จะเป็น

$$\eta_{\beta} = \frac{Qo}{Qi} \qquad (2.1)$$

เมื่อ

Qo = พลังงานความร้อนที่ได้จากหม้อน้ำ

Qi = พลังงานความร้อนที่ให้กับหม้อน้ำ



รูปที่ 2.15 Boiler Heat Input and Output

ที่มา : สมนัส กฤษสอาดใจ, **ความรู้พื้นฐานสำหรับช่างและวิศวกรโรงไฟฟ้า1**

Q_1 = พลังงานความร้อนทั้งหมดของไอน้ำที่ออกจากหม้อน้ำ

$$= m_1h_1 + m_2h_2 + m_7h_7 + m_8h_8 \quad (2.2)$$

Q_2 = พลังงานความร้อนทั้งหมดของไอน้ำที่กลับเข้าหม้อน้ำ

$$= m_3h_3 + m_4h_4 + m_5h_5 + m_6h_6 \quad (2.3)$$

Q_3 = พลังงานความร้อนที่ใช้ไปในการทำให้อากาศน้ำมันร้อนขึ้น และใช้ที่หัวเผาเชื้อเพลิงหรือพลังงานความร้อนที่ได้รับจากหม้อน้ำที่เป็นไอน้ำ จะเท่ากับ

$$Q_o = Q_1 - Q_2 - Q_3 \quad (2.4)$$

พลังงานความร้อนที่ให้กับหม้อไอน้ำจะเป็นพลังงานที่ได้จากเชื้อเพลิง ถ้ามีการสูญเสียเชื้อเพลิงไปในระบบให้นำมาหักออกด้วย พลังงานความร้อนที่หม้อน้ำได้รับจะเท่ากับ

$$Q_i = m_f h_f + m_l h_l \quad (2.5)$$

ดังนั้น ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ จะเท่ากับ

$$\eta_{\beta} = \frac{Q_1 - Q_2 - Q_3}{m_f h_f + m_l h_l} \qquad (2.6)$$

เมื่อ

m_1 = มวลของไอน้ำที่เข้ากังหันไอน้ำ ความดันสูง (Main Stream Flow)

m_2 = มวลของไอน้ำที่ออกจากรีฮีตเตอร์กลับเข้ากังหันไอน้ำ (Reheater Outlet)

m_3 = มวลของไอน้ำที่เข้ารีฮีตเตอร์จากกังหันไอน้ำ (Reheater Inlet)

m_4 = มวลของไอน้ำที่เข้าหม้อน้ำ (Feedwater Flow)

m_5 = มวลของไอน้ำที่พ่นลดอุณหภูมิที่ซูเปอร์ฮีตเตอร์ (Superheater Spray)

m_6 = มวลของไอน้ำที่พ่นลดอุณหภูมิที่รีฮีตเตอร์ (Reheater Spray)

m_7 = มวลของไอน้ำที่ใช้ทำสุญญากาศ (Ejector Steam Flow)

m_8 = มวลของไอน้ำที่ใช้กับอุปกรณ์ย่อยอื่น ๆ (Auxiliary Steam)

m_f = มวลของเชื้อเพลิงที่ใช้ (Fuel Consumption)

m_l = มวลของเชื้อเพลิงที่มีการสูญเสีย (Fuel Leak or Loss)

$h_1 - h_8$ = เอนทัลปีของไอน้ำ ตรงจุดที่สอดคล้องกับ $m_1 - m_8$

h_f = ค่าความร้อนค่าสูงของเชื้อ เพลิง (Higher Heating Value of Fuel)

h_i = ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่สูญเสียหรือรั่วไหล

ความจริงแล้วประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำจะเปลี่ยนตามปัจจัยต่าง ๆ มากมาย ปัจจัยเหล่านั้นจะทำให้ค่าพลังงานความร้อนที่ได้รับหรือที่ให้กับหม้อไอน้ำเปลี่ยนแปลงไปด้วยประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำที่มีการเผาไหม้แบบเชื้อเพลิงกองจะอยู่ที่ประมาณ 80-85% ในขณะที่หม้อน้ำที่มีการเผาไหม้แบบเชื้อเพลิงลอยตัวจะมีประสิทธิภาพอยู่ที่ประมาณ 85-90% ส่วนหม้อไอน้ำที่มีการเผาไหม้แบบเชื้อเพลิงพ่นจุดต่อเนื่อง จะมีประสิทธิภาพมากที่สุดคืออยู่ระหว่าง 90-92% การหาประสิทธิภาพของหม้อน้ำจะต้องทำด้วยวิธีหาความร้อนสูญเสียซึ่งความร้อนที่สูญเสียที่สำคัญจะประกอบด้วย 6 อย่าง ดังนี้

1. ความร้อนที่สูญเสียไปกับแก๊ส (Dry Flue Gas Loss)

2. ความร้อนที่สูญเสียเนื่องจากความชื้นในเชื้อเพลิง (Moisture Loss due to Fuel)

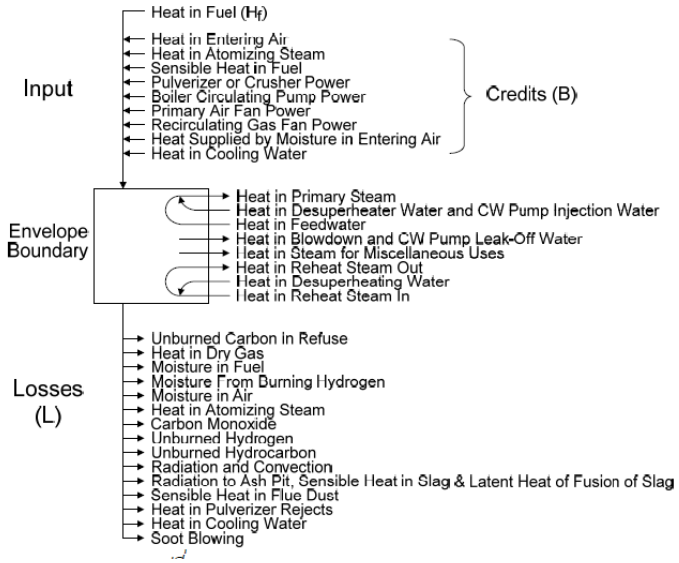
3. ความร้อนที่สูญเสียเนื่องจากความชื้นในอากาศ (Moisture Loss in Combustion Air)

4. ความร้อนที่สูญเสียเนื่องจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ (Incomplete Combustion Loss)

5. ความร้อนที่สูญเสียเนื่องจากคาร์บอนที่เผาไม่หมด (Unburned Carbon Loss)

6. ความร้อนที่สูญเสียเนื่องจากการแผ่รังสีและที่วัดไม่ได้ (Radiation and Unaccounted Loss)

ความร้อนที่ให้กับหม้อและความร้อนต่าง ๆ ที่สูญเสียในหม้อไอน้ำ ตามมาตรฐานของสมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งสหรัฐอเมริกา (ASME PTC 4.1) สามารถดูได้จากรูป 2.16



รูปที่ 2.16 Heat Balance of Steam Generator

ที่มา : สมนัส กฤษสอาดใจ, **ความรู้พื้นฐานสำหรับช่างและวิศวกรโรงไฟฟ้า1**

เนื่องจาก $$Output = Input - Losses \quad (2.7)$$

และประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ $$\eta_{\beta} = \frac{Output}{Inut} * 100 = \frac{Input - L}{H_f + B} * 100 \quad (2.8)$$

หรือ $$\eta_{\beta} = (1 - \frac{L}{H_f + B} * 100) \quad (2.9)$$

2.4 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกังหันไอน้ำ

2.4.1 ชนิดของกังหันไอน้ำ (Turbine Types) (กฤษสอาดใจ) กังหันไอน้ำ ที่ใช้งานมีอยู่หลายชนิดแล้วแต่ความต้องการของการใช้งาน โดยทั่วไปแบ่งออกได้เป็น 5ชนิดใหญ่ ๆ คือ

2.4.1.1 กังหันแบบควบแน่น (Condensing Turbine) กังหันแบบนี้ไอน้ำที่ออกจากกังหัน (Exhaust Steam) จะถูกควบแน่นด้วยเครื่องควบแน่นที่มีความดันต่ำกว่าบรรยากาศ โดยไอน้ำจะขยายตัวหรือลดความดันให้ต่ำลง ส่วนใหญ่ใช้ในโรงไฟฟ้าทั่วไปหรือโรงงานที่ต้องการนำความร้อนไปใช้งาน (Heat Recovery Plant) กังหันแบบนี้ต้องการน้ำหล่อเย็นเพื่อที่จะทำให้ไอน้ำที่ออกกลั่นตัวเป็นน้ำ

2.4.1.2 กังหันแบบแยกไอน้ำ (Regenerating Cycle Turbine หรือ Extraction Turbine) กังหันแบบนี้จะแยกไอน้ำออกจากส่วนที่มีความดันปานกลางของกังหันแบบควบแน่นออกไปเพื่อให้ความร้อนกับน้ำที่จะป้อนเข้าหม้อน้ำ หรือนำไอน้ำไปใช้ในกระบวนการผลิตในโรงงาน แบบนี้จะให้ประสิทธิภาพสูงขึ้นเป็นกังหันที่มีขนาดเล็กถึงปานกลาง ต้องมีน้ำหล่อเย็นเหมือนกับแบบแรกใช้งานสำหรับโรงไฟฟ้าทั่วไป

2.4.1.3 กังหันแบบนำไอน้ำไปให้ความร้อนใหม่ (Reheating Cycle Turbine) กังหันแบบนี้จะนำไอน้ำ จากชุดความดันกลางกลับไปรับความร้อนเพิ่มเติมแล้วไหลวนกลับมาที่กังหันเพื่อใช้งานต่อไปเป็นกังหันที่มีประสิทธิภาพสูงและให้พลังงานไฟฟ้าสูง โดยทั่วไปจะมีไอน้ำบางส่วนแยกออกไปเพื่อให้ความร้อนกับน้ำที่จะป้อนเข้าหม้อน้ำด้วย กังหันแบบนี้จะใช้กับโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่

2.4.1.4 กังหันแบบความดันส่วนหลังหรือแบบไม่ควบแน่น (Back Pressure Turbine หรือ Non-Condensing Turbine) กังหันแบบความดันส่วนหลังนี้จะนำไอน้ำ ที่ออกไปใช้งานในโรงงานหรือปล่อยออกสู่บรรยากาศไปเลยก็ได้ กังหันแบบนี้จะใช้เมื่อต้องการปริมาณไอน้ำมาก ๆ เพื่อนำไปใช้งานและจะใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าควบคู่กันไปด้วย แต่ต้องแบ่งการใช้งานให้เหมาะสม โดยทั่วไปจะใช้สำหรับโรงงานที่ต้องการใช้ไอน้ำมากกว่าและการผลิตไฟฟ้าเป็นผลพลอยได้

2.4.1.5 กังหันแบบนำไอน้ำจากที่อื่นมาใช้งาน (Induction Turbine) กังหันแบบนี้จะนำไอน้ำที่มีความดันต่ำเข้ามาที่ชุดที่มีความดันปานกลาง (Intermediate Stage) ของชุดกังหันเพื่อผลิตไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้น

2.4.2 ประสิทธิภาพของกังหัน (Turbine Efficiency) โดยปกติประสิทธิภาพของกังหันจะสูงมากกว่า 95% แต่อย่างไรก็ตามจะต้องมีการพิจารณาครบทั้ง วงจรของกังหัน (Turbine Cycle) โดยดูความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความร้อนที่ให้กับวงจรของกังหัน แล้วนำไปเปรียบเทียบกับพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ค่าความสัมพันธ์นี้เรียกว่าอัตราการใช้ความร้อนต่อหน่วย (Heat Rate) มีหน่วยเป็นเมกกะจูลต่อกำลังไฟฟ้าหนึ่งหน่วย (MJ/kWh) หรือเขียน

เป็นสมการได้ดังนี้

$$Heat_rate = \frac{Energy_Out}{Energy_In} \qquad (2.10)$$

จะเห็นว่าอัตราการใช้ความร้อนต่อหน่วยจะเป็นส่วนกลับของประสิทธิภาพ สำหรับกังหันขนาดใหญ่ที่ทันสมัย มีประสิทธิภาพประมาณ 42% ความสูญเสียประมาณ 58% จะแยกเป็น

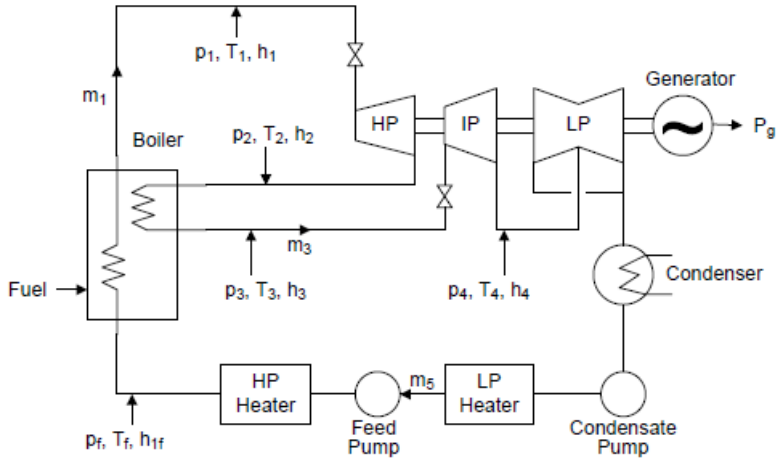
- ความสูญเสียทางกล (Mechanical Loss) ประมาณ 5-6%

- ความสูญเสียทางไฟฟ้า (Electrical Loss) ประมาณ 1.25-1.5%

- ความสูญเสียทางความร้อน (Thermal Loss) ที่เครื่องควบแน่นอีกประมาณ 50%

ความร้อนที่สูญเสียไปกับเครื่องควบแน่นมีค่ามาก นั่นคือน้ำหล่อเย็นจะเป็นตัวดึงเอาความร้อนแฝง (Latent Heat) ออกไปจากไอน้ำที่ออกมาจากกังหัน ความร้อนแฝงของไอน้ำจะอยู่ที่ 2,326 kJ/kg ประสิทธิภาพของกังหันสามารถปรับปรุงให้สูงขึ้น ด้วยการนำไอน้ำออกจากกังหันไปให้ความร้อนกับน้ำที่จะป้อนเข้าหม้อน้ำ โดยทั่วไปจะใช้ประมาณ 30% ของไอน้ำ ที่เข้ากังหันเพื่ออุ่นน้ำป้อนดังกล่าว เป็นการถ่ายเทความร้อนแฝงให้กับอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อน ทำให้ไม่สูญเสียความร้อนแฝงไปที่เครื่องควบแน่นหรือความสูญเสียความร้อนที่เครื่องควบแน่นน้อยลง ข้อจำกัดอีกอย่างหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพของกังหันก็คือ ไม่สามารถเพิ่มอุณหภูมิของไอน้ำ ซูปเปอร์ฮีตให้สูงขึ้นกว่า 565°C ในปัจจุบันได้ โดยข้อจำกัดนั้นถูกกำหนดโดยความแข็ง (Strength) ของวัสดุที่ใช้ทำกังหัน อย่างไรก็ตามก็สามารถเพิ่มพลังงานความร้อนให้กับไอน้ำ ได้โดยการนำกลับไปให้ความร้อนใหม่ได้ ประโยชน์อีกอย่างหนึ่งก็คือทำให้ไอน้ำที่จะเข้ากังหันมีความแห้งมากขึ้น เพราะน้ำที่ปนมากับไอน้ำจะทำความเสียหายให้กับส่วนต่าง ๆ ของกังหันโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับใบพัดชุดสุดท้ายความเปียก (Wetness) ของไอน้ำสูงสุดที่ยอมรับได้จะอยู่ที่ประมาณ 12% การเพิ่มค่าความเป็นสุญญากาศก็เป็น

อีกทางหนึ่งที่ทำให้ประสิทธิภาพของกังหันเพิ่มขึ้นหรือลดความดันของไอน้ำ ที่จะเข้าเครื่องควบแน่น ลงนั่นเองจะทำให้ไอน้ำที่ผ่านกังหันทำงานได้มากขึ้น และสุญญากาศของเครื่องควบแน่นจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นเป็นอย่างมาก ส่วนอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นก็จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศที่ใช้แลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำหล่อเย็นอีกต่อหนึ่ง



รูปที่ 2.17 Cycle Used for Derivation of Heat Rate

ที่มา : สมนัส กฤษสอาดใจ, **ความรู้พื้นฐานสำหรับช่างและวิศวกรโรงไฟฟ้า1**

จากรูป 2.17 จะได้อัตราการใช้ความร้อนต่อหน่วยสำหรับวงจรไอน้ำที่มีการนำไอน้ำไปรับความร้อนใหม่ 1 ชุด และมีการแยกไอน้ำ ออกไปเพื่ออุ่นน้ำป้อนจะได้ดังสมการ

$$H.R. = \frac{Heat_Input_FromBoiler}{Electrical_Output_fromGernerator} \qquad (2.11)$$

หรือ $$H.R. = \frac{m_1 * (h_1 - h_f) + m_8 (h_8 - h_2)}{P_g} \qquad (2.12)$$

หรือจะได้ประสิทธิภาพเป็น $$\eta_{th} = \frac{3600}{H.R.} * 100 \qquad (2.13)$$

2.5 ทฤษฎีพลวัตระบบ (System Dynamics)

พลวัตระบบ (System Dynamics) (โต๊ะหะ., 2556) เป็นระเบียบวิธีการศึกษาและทำความเข้าใจปัญหาที่มีความสลับซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงตามเวลา เช่น ด้านธุรกิจและด้านสังคม ซึ่งพัฒนาขึ้นจากวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับระบบ (System Science) โดยเฉพาะได้รับการพัฒนำมาจากวิชา Cybernetics ซึ่งมี Norbert Weiner เป็นผู้คิดค้นซึ่งวิชา Cybernetic ถูกควบคุมและบังคับใช้อย่างไร สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบสมการอย่างง่ายดังนี้ (จุติพร โต๊ะหะ, 2556) [7]

System Dynamic = State Dynamic + Structural Dynamic

โดยที่ ; State Dynamic = การเปลี่ยนแปลงได้ขององค์ประกอบในระบบ

Structural Dynamic = การเปลี่ยนแปลงได้ของโครงสร้างและความสัมพันธ์

Jay W.Forrester (1961) แห่งสถาบันเทคโนโลยีแมสซาจูเสท (MIT) ได้นำเอาหลักการที่ Norbert Weiner เสนอไว้ไปศึกษาระบบอุตสาหกรรมและสรุปผลงานไว้ในหนังสือชื่อว่า พลวัตทางอุตสาหกรรม (Industrial Dynamics) งานเขียนเล่มนี้เขียนถึงการศึกษาถึงระเบียบวิธีการจัดการปัญหาในภาคอุตสาหกรรม เช่น ปัญหาการผลิตที่มีลักษณะไม่แน่นอน ปัญหาการลดต่ำลงของส่วนแบ่งการตลาด (Market Share) เป็นต้น ผลจากการใช้แนวคิดด้าน Industrial Dynamics ศึกษาปัญหาดังกล่าว คือ ได้แนวทางนโยบายขององค์กรต่อการแก้ไขปัญหานั้น ๆ ผลของการศึกษาการแก้ปัญหาในภาคอุตสาหกรรมด้วยแนวทางนี้เป็นเหตุให้ Jay W.Forrester ขยายวงในการใช้แนวทางนี้และได้เปลี่ยนชื่อจาก Industrial Dynamics มาเป็น System Dynamics นับเป็นวิธีการใหม่สำหรับจำลองพฤติกรรมของระบบเศรษฐศาสตร์และสังคมที่ซับซ้อนโดยมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการควบคุมแบบข้อมูลป้อนกลับ (Information Feedback) ซึ่งทำให้ตระหนักถึงสถานะปัจจุบันและสามารถเปรียบเทียบสถานะปัจจุบันกับสถานะที่พึงพอใจ ระบบจึงสามารถควบคุมตัวเองได้ (Control Theory) (อุ่นเอมใจ, 2548)

Forrester (1961) ให้คำจำกัดความว่า “พลวัตทางอุตสาหกรรม คือ การติดตามพฤติกรรมในการจัดการของระบบ โดยใช้คุณสมบัติของการป้อนกลับของข้อมูลและการใช้แบบจำลอง (Model) สำหรับการออกแบบเพื่อปรับปรุงรูปแบบการจัดการระบบและเป็นแนวทางในการกำหนดนโยบาย”(โต๊ะหะ., 2556)

Richardson and Pugh (1981) ให้คำจำกัดความว่า “พลวัตของระบบ คือ วิธีการที่ใช้ในการทำความเข้าใจปัญหาที่มีความซับซ้อน โดยประกอบด้วยลักษณะสำคัญ 2 ประการ คือ ปัญหาที่

ศึกษาเป็นปัญหาที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาและถูกมองในลักษณะของวงจรป้อนกลับ ”(โต๊ะหะ., 2556)

Clark (1988) ให้คำจำกัดความว่า “พลวัตของระบบ คือ วิธีการสำหรับวิเคราะห์ปัญหาของระบบ ซึ่งเป็นโครงสร้างแบบการสะสมและการไหล (Stocks and flow) มีการออกแบบการจำลองระบบที่ประกอบไปด้วยตัวแปรหลายตัว และมีการป้อนกลับระหว่างตัวแปร เหล่านั้น’’ (โต๊ะหะ., 2556)

Wolstenholme (1990) ให้คำจำกัดความว่า “พลวัตของระบบ คือ วิธีการที่แม่นยำสำหรับการอธิบายเชิงคุณภาพ การสำรวจและวิเคราะห์ระบบที่มีความซับซ้อนในรูปแบบของกระบวนการข้อมูล โครงสร้าง และกลยุทธ์ ที่ซึ่งมีการจำลองแบบปัญหาเชิงปริมาณ และวิเคราะห์เพื่อออกแบบโครงสร้างระบบและพฤติกรรม’’ (โต๊ะหะ., 2556)

Coyle (1996) ให้คำจำกัดความว่า “พลวัตของระบบ คือ วิธีการวิเคราะห์ปัญหาซึ่งมีเวลาเป็นปัจจัยสำคัญและเป็นการศึกษาว่า ทำอย่างไรระบบจึงจะสามารถดำรงอยู่ได้ หรือทำให้เกิดรูปแบบที่ได้รับประโยชน์เมื่อมีสภาวะภายนอกมากระทบ” หรือ “พลวัตของระบบ คือ สาขาวิชาของทฤษฎีควบคุมที่เกี่ยวข้องกับระบบเศรษฐศาสตร์สังคม และเป็นสาขาของวิชาวิทยาศาสตร์การจัดการที่เกี่ยวข้องกับปัญหาสามารถควบคุมได้”(โต๊ะหะ., 2556)

จากคำจำกัดความที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า “พลวัตของระบบ (System Dynamics) คือ วิธีการสำหรับใช้ศึกษาและจัดการกับระบบที่มีความซับซ้อน มีการป้อนกลับของข้อมูล และวิเคราะห์ปัญหาของระบบที่ปัจจัย ตัวแปรมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาหรือมีการเปลี่ยนแปลงไม่หยุดนิ่ง เช่น ระบบอุตสาหกรรม, เกษตรกรรม, สังคม เป็นต้น โดยศึกษาโครงสร้างพื้นฐานและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในระบบ รวมทั้งปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบ และนำมาสร้างเป็นแบบจำลอง (Model) ทางคอมพิวเตอร์ เพื่อจำลองพฤติกรรมของระบบเมื่อเวลาผ่านไปและนำไปสู่การปรับปรุงโครงสร้าง และนโยบายที่มีประสิทธิภาพต่อไป โดยโครงสร้างหมายถึงองค์ประกอบของระบบ ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบรวมทั้งข่าวสารที่เกี่ยวข้อง ส่วนนโยบายหมายถึงกฎระเบียบข้อบังคับต่าง ๆ ที่ช่วยในการตัดสินใจ (อุ่นเอมใจ, 2548)

2.5.1 คุณลักษณะของพลวัตระบบ

เมื่อพิจารณาถึงคุณลักษณะของ พลวัตระบบ ส่วนที่สำคัญของแนวความคิดนี้ คือกาตระหนักว่าปัญหานั้นเป็นปัญหาที่มีลักษณะพลวัต (Dynamics problem) และความจำเป็นในการใช้แบบจำลองปัญหาที่มีลักษณะพลวัตคือปัญหานั้นมีลักษณะพลวัต หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าปัญหาจะ

เกี่ยวข้องกับปริมาณที่เปลี่ยนแปลงไปตามเงื่อนไขเวลา โดยอาจอธิบายในรูปแผนภูมิของตัวแปรกับเวลา (โต๊ะหะ., 2556)

โครงสร้างของแบบจำลองที่สามารถแสดงวัตถุประสงค์หลายประการได้อย่างประสบผลสำเร็จนั้น จะต้องมีลักษณะคือ สามารถอธิบายความสัมพันธ์ที่เป็นเหตุเป็นผลกันได้ มีรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจ และสามารถที่จะเพิ่มจำนวนตัวแปรได้โดยไม่มีข้อจำกัดทางคอมพิวเตอร์

แบบจำลองของพลวัตของระบบจะประกอบด้วยลักษณะที่สำคัญ 4 อย่าง คือ

2.5.1.1 ระดับ (Level) แสดงการสะสมของทรัพยากรที่ไหลในระบบ เป็นการอธิบายสถานภาพของระบบที่เวลาเฉพาะหนึ่งๆ โดยทรัพยากรในที่นี้อาจเป็นการสะสมที่มีตัวตนสามารถสัมผัสได้ เช่น การสะสมของสินค้าคงคลัง หรืออาจเป็นการสะสมของสิ่งที่ไม่มีตัวตน ไม่อาจสัมผัสได้ เช่น ความชอบ ความต้องการ เป็นต้น

2.5.1.2 อัตราการไหล (Flow rate) อัตราการไหล คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงซึ่งเป็นตัวบอกความเร็วของการเปลี่ยนแปลงของระดับในระบบ

2.5.1.3 ฟังก์ชั่นการตัดสินใจ (Decision function หรือ Rate equation) ฟังก์ชั่นการตัดสินใจของระบบประกอบด้วย 4 ส่วน คือ เป้าหมายหรือสถานภาพที่ต้องการ สถานภาพที่ศึกษาความแตกต่างของสถานภาพทั้งสอง และปฏิกิริยาซึ่งขึ้นกับความแตกต่างของสถานภาพ และการตัดสินใจจะทำให้เกิดการกระทำที่จะเกิดขึ้นและควบคุมอัตราการไหลอีกที

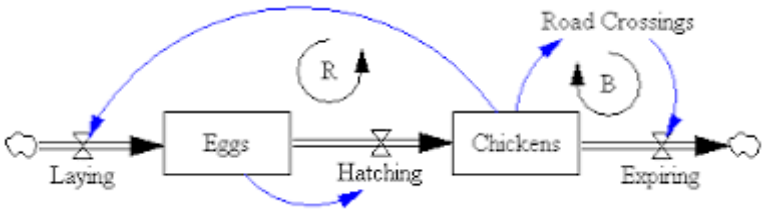
2.5.1.4 ข้อมูลเพื่อช่วยในการตัดสินใจ (Information as a basic for decision) ข้อมูลเพื่อช่วยในการตัดสินใจช่วยทำให้เกิดการตัดสินใจครั้งใหม่

2.5.2 แผนผังที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองพลวัตของระบบ

โดยทั่วไป แผนผังที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองของพลวัตของระบบ จะมีอยู่ 2 ชนิด คือ

2.5.2.1 Stocks and Flows เป็นแผนภูมิแสดงการไหลของส่วนประกอบปัจจัยหรือพลวัตของระบบ (System Dynamics) องค์ประกอบพื้นฐานของระบบ คือ Stock ซึ่งก็คือระดับหรือสภาพขององค์ประกอบที่มองเห็นหรือชี้วัดได้ในเวลาหนึ่ง ๆ ระดับของ Stock นี้จะเปลี่ยนไปตาม Flow หรือการไหลเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบอื่น ๆ ที่เชื่อมโยงกับ Stock ตัวอย่างเช่น ระบบของการขุดเหมือง Stock หลัก คือแร่ที่ขุดมาได้ แร่นี้จะได้มาจากการขุดซึ่งทำให้เกิดอัตราการไหลเข้าของแร่ ในขณะเดียวกัน แร่ที่ขุดได้ก็จะถูกใช้ไปในอีกอัตราหนึ่ง ถ้าอัตราการนำเข้ามากกว่าส่งออก Stock

ก็จะโตขึ้นเรื่อย ๆ แต่ถ้าส่งออกมากกว่านำเข้า Stock ก็จะหมดลงเรื่อย ๆ ส่วนถ้าพอดีกัน ก็จะเกิดภาวะสมดุลที่เรียกว่า Dynamic equilibrium



รูปที่ 2.18 แผนภูมิแสดงการไหล

ความคิดเชิงระบบ (Systems thinking) (จงแก้ววัฒนา, 2561), เข้าถึงเมื่อ 2 สิงหาคม พ.ศ. 2561, เข้าถึงได้จาก kmcenter.rid.go.th/kcffd/.../Systems%20Thinking%201.doc

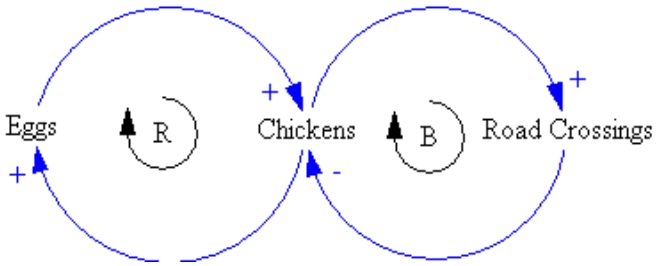
2.5.2.2 Causal Loop Diagrams วงรอบเหตุและผล เป็นแผนภูมิวงรอบอย่างง่ายที่ชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ ที่ถูกตั้งสมมุติฐานขึ้นระหว่างส่วนประกอบ/ปัจจัยของระบบLoop คือการไหลของ Stock ที่ส่งผลต่อ Flow ต้นทาง ทำให้ Stock ตัวนั้นเองเพิ่มหรือลดขนาด ดังนั้น Loop จึงมักจะเป็นตัวกำหนดพฤติกรรมหลักของระบบ โดยมี 2 ประเภทหลัก ๆ ได้แก่

1) Balancing feedback loop: Loop ที่รักษาระดับของ Stock เอาไว้เสมอ ยกตัวอย่างเช่น ระบบการกินเพื่อรักษาระดับพลังงานของร่างกาย การกินเป็น Flow ที่นำไปสู่พลังงานสะสมของร่างกายซึ่งเป็น Stock พอพลังงานสะสมมีน้อยลง ร่างกายจะส่งสัญญาณให้เริ่มกิน นั่นคือการเพิ่มอัตรา Flow ที่เติม Stock พลังงาน เมื่อพลังงานเพียงพอแล้ว ร่างกายก็จะสั่ง Flow ให้หยุดกิน เป็นเช่นนี้เรื่อย ๆ ระดับของ Stock ก็จะคงที่เสมอ

2) Reinforcement loop: Loop ที่เพิ่มหรือลดระดับของ Stock เรื่อย ๆ ถ้าเป็น Loop ที่เพิ่มระดับ Stock เรียกว่า Positive reinforcement loop ตัวอย่างเช่น ดอกเบี้ยเงินฝาก ยิ่งที่เงินฝาก (Stock) มากเท่าไร ก็จะได้ดอกเบี้ยมากเป็นทวีคูณเมื่อเทียบกับระยะเวลา (ดอกเบี้ยทบต้น) ซึ่งเป็นการเพิ่ม Flow ของเงินที่เข้าบัญชีมากขึ้นไปเรื่อย ๆ โดยไม่มีวันจบสิ้น แต่ในทางกลับกัน ก็มีระบบที่วงจรนั้นเป็นวงจรหมุนลง เรียกว่า Negative reinforcement loop

ระบบต่าง ๆ ที่มีโครงสร้าง Feedback loop เหมือนกัน ก็มักจะมีพฤติกรรมเหมือนกันด้วย ดังนั้น การทำความเข้าใจโครงสร้าง Feedback loop ในระบบ จะทำให้เข้าใจพฤติกรรมของระบบได้ง่ายขึ้น โดยเฉพาะเมื่อค้นพบระบบที่มีรูปแบบต่าง ๆ แล้ว

วงรอบเหตุและผล (Causal Loop Diagram: CLD) [9] จะทำให้มองเห็นความสัมพันธ์ และปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่อาจจะเกิดขึ้นได้ประกอบด้วยหลายองค์ประกอบดังนี้



รูปที่ 2.19 วงรอบเหตุและผล
ความคิดเชิงระบบ (Systems thinking) (จงแก้ววัฒนา, 2561), เข้าถึงเมื่อ 2 สิงหาคม พ.ศ.2561, เข้าถึงได้จาก kmcenter.rid.go.th/kcffd/.../Systems%20Thinking%201.doc

1. วงรอบการป้อนกลับ 1 วงรอบ หรือมากกว่า ซึ่งเป็นทั้งกระบวนการเสริมแรงและกระบวนการสร้างความสมดุล
2. ความสัมพันธ์ของเหตุและผลกระทบระหว่างตัวแปรต่าง ๆ
3. ความหน่วงของเวลา(Delays)คือ มีปัญหา(input)เข้ามา

การวาดปัญหาออกมาเป็นแผนภูมิ จะทำให้มองถึงผลกระทบระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

S = Same หรือ + (Positive)
O = Opposite หรือ – (Negative)
R = Reinforcing Loop วงรอบเสริมแรง
B = Balancing Loop วงจรปรับสมดุล

2.6 แบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model)

ปัจจุบันการออกแบบและพัฒนาระบบงานส่วนใหญ่นั้น อาศัยแบบจำลองเป็นเครื่องมือช่วยในการพิจารณาและวิเคราะห์งานก่อนที่จะนำไปใช้กับระบบงานจริง จะเห็นได้จากการพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อจำลองระบบงาน หรือช่วยในการออกแบบตัวต้นแบบที่มีจำนวนมากขึ้น รวมทั้งการพัฒนาภาษาสำหรับใช้งานด้านการจำลองระบบโดยเฉพาะ ส่วนมากระบบงานจริงมักจะมีขนาดใหญ่และมีความยุ่งยากซับซ้อนอีกทั้งยังไม่สะดวกต่อการทดสอบและแก้ไข เมื่อเกิดปัญหาขึ้นกับระบบงาน หากเราต้องการตรวจสอบหรือแก้ไขจึงเป็นไปได้ยาก ดังนั้นแบบจำลองจึงเป็นเครื่องมือสำคัญที่เราสามารถนำมาใช้เพื่อวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบงานจริงหรือเพื่อพัฒนาการดำเนินงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2.6.1 ความหมายของการจำลองแบบปัญหา

Shannon (1975) (Shannon & Johannes, 1976) ได้กล่าวไว้ว่า การจำลองแบบปัญหาหมายถึง กระบวนการการออกแบบและสร้างตัวแบบจำลอง (Model) ที่เลียนแบบขั้นตอนของการดำเนินงานหรือระบบการทำงานของระบบงานจริง เพื่อเรียนรู้พฤติกรรม (Behavior) ของระบบงานจริงหรือเพื่อประเมินผลการใช้กลยุทธ์ (Strategies) ต่าง ๆ ในการดำเนินงานของระบบภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้ในการจำลองแบบปัญหา เราสามารถใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาทำการเลียนแบบหรือจำลองขั้นตอนต่าง ๆ ของการทำงานในระบบ งานจริง โดยเราจะตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับการทำงานที่เราสนใจหรือต้องการตรวจสอบ หลังจากนั้นสมมติฐานต่าง ๆ เหล่านั้นจะถูกแทนในรูปความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์หรือตรรกศาสตร์ เพื่อนำไปศึกษาวิเคราะห์และทำความเข้าใจถึงพฤติกรรมการทำงานของระบบและหาแนวทางในการพัฒนาให้ดีขึ้นหรือแก้ไขระบบงานให้เป็นไปตามที่ต้องการ การจำลองแบบปัญหาจัดเป็นระเบียบวิธี (Methodology) ที่จำเป็นในการหาแนวทางแก้ไขปัญหาสำหรับปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับระบบงานจริง ตัวอย่างของการประยุกต์ใช้การจำลองแบบปัญหาในงานด้านต่าง ๆ การสร้างจำลองแบบปัญหานั้นจำเป็นที่ผู้ออกแบบต้องเข้าใจในระบบงานจริงอย่างชัดเจน รวมถึงส่วนประกอบต่าง ๆ อันได้แก่ ระบบงาน ตัวแบบจำลองเหตุการณ์ ตัวแปรสถานะของระบบ องค์ประกอบ และลักษณะเฉพาะเป็นต้น

2.6.2. ระบบงานและตัวแบบจำลอง

2.6.2.1 ระบบงาน (System) (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่) หมายถึง กลุ่มขององค์ประกอบ (Collection of entities or elements) ที่มีความสัมพันธ์และดำเนินงานร่วมกันก่อให้เกิดผลสำเร็จของงาน ในทางปฏิบัติแล้ว ความหมายของระบบ งานจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการศึกษาเฉพาะระบบงาน แต่ละองค์ประกอบของงานประกอบด้วยลักษณะเฉพาะ (Attributes) และกิจกรรม (Activities) ต่าง ๆ ในการพิจารณาระบบงานจริงเพื่อสร้างแบบจำลองนั้นจะต้องพิจารณาความสัมพันธ์ของลักษณะงานว่า มีลักษณะเฉพาะเป็นอย่างไรและมีกิจกรรมใดบ้างในระบบ กลุ่มขององค์ประกอบที่ก่อให้เกิดเป็นระบบอาจประกอบเป็นระบบงานหนึ่งระบบ หรือเป็นระบบงานย่อยของระบบงานอื่นก็ได้ เช่น ถ้าเราพิจารณาระบบสินค้าคงคลัง องค์ประกอบของระบบสินค้าคงคลังจะรวมเป็นหนึ่งระบบงาน ขณะเดียวกันระบบสินค้าคงคลังสามารถเป็นส่วนหนึ่งขององค์ประกอบของระบบการผลิตสินค้า ดังนั้นองค์ประกอบของระบบสินค้าคงคลังจึงเป็นเพียงระบบงานย่อยของระบบการผลิตสินค้า

ในเบื้องต้น เราสามารถวิเคราะห์ระบบงานอย่างง่าย ๆ เพื่อกำหนดขอบเขตของระบบงานสำหรับจะสร้างตัวแบบจำลอง ได้ดังนี้

1.) กำหนดองค์ประกอบของระบบงาน

2.) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ

3.) กำหนดองค์ประกอบอื่น ๆ ที่อยู่นอกระบบ (System environment) ซึ่งมีผลกระทบต่อการทำงานของระบบงาน

2.6.3 ประเภทของระบบงาน (Types of system) สามารถพิจารณาตามการเปลี่ยนสถานภาพของระบบ (State of system) ได้ดังนี้

2.6.3.1 ระบบแบบต่อเนื่องและระบบแบบไม่ต่อเนื่อง (Continuous system and discrete system) ระบบแบบต่อเนื่อง หมายถึงระบบงานที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา โดยปกติจะพบว่าสถานภาพของการเปลี่ยนแปลงของระบบแบบนี้สามารถอธิบายได้ด้วยสมการอนุพันธ์ (Differential equations) เช่น ระดับของน้ำในระบบระบายน้ำของเขื่อนเมื่อมีการเปิดเขื่อนระบบงานแบบไม่ต่อเนื่องหรือแบบเป็นช่วง หมายถึงระบบงานที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบแบบเป็นช่วงระยะเวลาใดระยะเวลาหนึ่ง เช่น ปริมาณสินค้าในโกดังสินค้าของระบบสินค้าคงคลัง

2.6.3.2 ระบบที่แน่นอนตายตัวและระบบที่ไม่แน่นอน (Deterministic system and stochastic system) ระบบที่แน่นอนตายตัว หมายถึงระบบที่การเปลี่ยนแปลงสถานภาพที่ระดับใหม่สามารถระบุได้ชัดเจนแน่นอนว่าจะเป็นอย่างไร จากสถานภาพและกิจกรรมของระบบที่ระดับก่อนหน้า เช่น ระบบธนาคารที่มีการตรวจสอบจำนวนลูกค้าที่เข้ามาทุก ๆ 15 นาที ระบบที่ไม่แน่นอน หมายถึงระบบที่การเปลี่ยนสถานภาพที่ระดับใหม่ไม่สามารถระบุได้หรือเป็นแบบสุ่ม (Random) หรือบางครั้งสามารถคำนวณเป็นค่าความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสภานภาพที่ระดับใหม่

2.6.3.3 ระบบสถิตย์และระบบพลวัต (Static system and Dynamic system) ระบบสถิตย์ หมายถึงระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบไม่เกี่ยวข้องกับเวลา เช่น แบบจำลองมอนติคาร์โล ระบบพลวัตหมายถึงระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบที่มีความเกี่ยวข้องกับเวลา

2.6.4 ตัวแบบจำลอง (Model) หมายถึง หุ่น ตัวแทนวัตถุ ระบบ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ หรือเครื่องมือที่แทนองค์ประกอบต่าง ๆ ของระบบ ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาระบบการทำงานของระบบงานจริง โดยตัวแบบจำลองที่สร้างขึ้นนั้นสามารถนำไปใช้งานได้หลายลักษณะเช่น เป็นเครื่องมือช่วยสอนและฝึกอบรม เป็นเครื่องมือสำหรับการทำนาย เพื่อคาดคะเนผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบ หรือเป็นเครื่องมือสำหรับการทดลองและทดสอบงานสำหรับประเภทของตัวแบบจำลองนั้นจะแบ่งได้ตามประเภทของระบบงาน

2.6.5 ประเภทของแบบจำลอง สามารถจำแนกประเภทตามคุณลักษณะเฉพาะได้ดังนี้

2.6.5.1 แบบจำลองทางกายภาพ (Physical or Iconic Models) เป็นการจำลองรูปแบบหรือสร้างต้นแบบ (Prototype) ของระบบงานที่ต้องการ โดยอาจมีขนาดเท่าของจริงหรือใหญ่กว่า

2.6.5.2 แบบจำลองอนาลอก (Analog Models) เป็นแบบจำลองที่แสดงการทำงานของระบบงานจริง โดยแสดงเป็นผังอธิบาย หรือใช้ไฟฟ้าเป็นแบบชี้แสดง เช่น แผงวงจรแสดงเส้นทางจราจรและความหนาแน่นของรถบนถนนในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง หรือการใช้ผังอธิบายแผนดำเนินการผลิต หรือการแทนแผนภูมิการจัดองค์กรโดยการใช้ตัวแบบจำลองแทนข้อมูล

2.6.5.3 แบบจำลองเพื่อการบริหาร (Management Models) เป็นแบบจำลองเพื่อการตัดสินใจในกิจการต่าง ๆ บางครั้งเรียกว่า Decision Models ใช้สำหรับค้นหาข้อมูลเพื่อนำไปใช้สนับสนุนการตัดสินใจ

2.6.5.4 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Models) บางครั้งเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Symbolic Models เป็นแบบจำลองที่ใช้สัญลักษณ์และฟังก์ชั่นทางคณิตศาสตร์แทนระบบงานจริง

2.6.5.5 แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Models) เป็นแบบจำลองที่อยู่ในรูปของการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งก่อนที่จะเขียนเป็นโปรแกรมนั้นอาจอยู่ในรูปแบบของแบบจำลองใด ๆ ในข้างต้นนี้

2.6.7 โครงสร้างของตัวแบบจำลอง

โดยทั่วไป โครงสร้างของตัวแบบจำลอง (Structure of simulation model) อาจเขียนในรูปความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์เป็น

$$E = f(x_i y_i) \qquad (3.1)$$

ซึ่ง E คือ ผลของการปฏิบัติการของระบบ

x_i คือ ตัวแปรและพารามิเตอร์ที่เราสามารถควบคุมได้

y_i คือ ตัวแปรและพารามิเตอร์ที่เราไม่สามารถควบคุมได้

f คือ ความสัมพันธ์ระหว่าง x_i และ y_i ที่ส่งผลให้เกิด E

จากรูปแบบความสัมพันธ์แสดงให้เห็นว่าผลของการปฏิบัติการของระบบงานนั้น เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและพารามิเตอร์ต่าง ๆ ทั้งที่ควบคุมได้และควบคุมไม่ได้ อย่างไรก็ตามระบบทุกระบบที่จะนำมาศึกษานั้นจะต้องมีขอบเขตที่จำกัดและวัตถุประสงค์ของการศึกษา เพื่อให้สามารถกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ได้ทำให้เห็นได้ว่าโครงสร้างของตัวแบบจำลองควรจะประกอบด้วย

2.6.7.1 องค์ประกอบ (Components) จากข้างต้นได้กล่าวแล้วว่า ระบบงานจริงนั้นจะประกอบด้วยกลุ่มขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่ทำให้ระบบสามารถดำเนินงานได้ ดังนั้นตัวแบบจำลองที่ใช้แทนระบบงานจึงจะต้องประกอบไปด้วยองค์ประกอบที่จำเป็นสำหรับการดำเนินงานของระบบงาน

2.6.7.2 ตัวแปรและพารามิเตอร์ (Variables and parameters) ค่าทั้งสองนี้ทำหน้าที่เป็นตัวแปรสถานะเพื่อแสดงเงื่อนไขหรือสถานภาพขององค์ประกอบต่าง ๆ ในระบบ พารามิเตอร์คือค่าคงที่ซึ่งกำหนดจากผู้ใช้ตัวแบบจำลอง อันอาจเป็นค่าที่กำหนดขึ้นมาเองเพื่อศึกษาผลของค่าเหล่านั้น หรือเป็นค่าที่วัดหรือประเมินได้จากข้อมูลที่มีอยู่ ตัวแปรคือค่าที่ผันแปรได้ขึ้นอยู่กับสภาวะจริงของการใช้งาน สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทได้แก่

1) ตัวแปรภายนอก (Exogenous variables) หมายถึงตัวแปรจากภายนอกระบบที่เข้ามามีผลกระทบต่อสมรรถนะการทำงานของระบบ หรือเป็นตัวแปรที่เป็นผลเนื่องมาจากปัจจัยภายนอกระบบ หรืออยู่ในลักษณะของตัวแปรนำเข้า (Input variables)

2) ตัวแปรภายใน (Endogenous variables) หมายถึงตัวแปรที่เกิดขึ้นภายในระบบอาจอยู่ในลักษณะของตัวแปรสถานภาพ (Status variables) ซึ่งใช้เป็นตัวบอกสภาพหรือเงื่อนไขของระบบ หรืออยู่ในลักษณะของตัวแปรนำออก (Output variables) นั่นคือผลที่ได้จากการใช้งานของระบบ ในทางคณิตศาสตร์ตัวแปรภายนอกคือตัวแปรอิสระ (Independent variables) และตัวแปรภายในคือตัวแปรตาม (Dependent variables)

2.6.7.3 ฟังก์ชั่นความสัมพันธ์ (Relational function) คือฟังก์ชั่นที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและพารามิเตอร์ ซึ่งฟังก์ชั่นความสัมพันธ์นี้อาจอยู่ในลักษณะแน่นอนตายตัวหรือไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับระบบงานและฟังก์ชั่นเหล่านี้อาจหาได้จากสมมติฐาน หรือการประเมินจากข้อมูลของระบบงานจริง

2.6.7.4 ข้อจำกัด (Constraints) คือข้อจำกัดของค่าตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นข้อจำกัดของระบบงานโดยธรรมชาติ เช่น ปริมาณสินค้าที่นำออกจากโกดังต้องไม่มากกว่าปริมาณสินค้าที่มีอยู่ในโกดัง หรืออาจเป็นข้อจำกัดที่กำหนดโดยผู้ใช้ตัวแบบจำลอง เช่น ข้อจำกัดของปริมาณสินค้าที่กำหนดให้ผลิตได้ ข้อจำกัดของเวลาที่ให้บริการแก่ลูกค้า

2.6.7.5 ฟังก์ชั่นเป้าหมาย (Criterion function) หมายถึงข้อความหรือสมมติฐานที่ระบุบอกถึงเป้าหมาย หรือวัตถุประสงค์ของระบบงาน และวิธีประเมินผลตามเป้าหมาย ฟังก์ชั่นเป้าหมายอาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภท

1) ฟังก์ชั่นที่มีเป้าหมายเพื่อคงสภาพของระบบงาน (Retentive) ซึ่งมีวัตถุประสงค์ที่จะทำให้ระบบคงสภาพการใช้ทรัพยากร เช่น ความชำนาญของบุคลากร เวลาการผลิต หรือคงสถานะของระบบ เช่น ความปลอดภัย คุณภาพ

2) ฟังก์ชั่นที่มีเป้าหมายเพื่อการแสวงหา (Acquisitive) ซึ่งมีวัตถุประสงค์ที่จะทำให้ระบบสามารถเพิ่มทรัพยากรต่าง ๆ เช่น กำไร ลูกค้า หรือเปลี่ยนสถานภาพของระบบ เช่น ได้ส่วนแบ่งตลาดเพิ่มขึ้น

2.6.8 กระบวนการและขั้นตอนในการสร้างแบบจำลอง

ขั้นตอนการศึกษาการจำลองแบบปัญหาแม้ว่าการจำลองแบบปัญหา ไม่จำเป็นต้องอาศัยคอมพิวเตอร์ในการแก้ปัญหาเสมอไป แต่ปัจจุบันปัญหาส่วนใหญ่มักมีความยุ่งยากซับซ้อน และการพัฒนาประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์ที่เป็นไปอย่างรวดเร็ว ทำให้มีการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการคำนวณหาข้อมูลต่าง ๆ ที่ต้องการวิเคราะห์หาวิธีการแก้ปัญหา ดังนั้น ขั้นตอนการศึกษาการจำลองแบบปัญหา (Steps in a simulation study) สำหรับการจำลองแบบปัญหาที่อาศัยคอมพิวเตอร์มาช่วยในการคำนวณนั้นมีขั้นตอน ดังนี้

2.6.8.1 การกำหนดรูปแบบของปัญหาและแบบแผนของการศึกษาระบบ (Problem formulation and plan the study) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการกำหนดลักษณะของปัญหาว่ามีอะไรบ้างรวมถึงกำหนดวัตถุประสงค์ของระบบงาน กำหนดขอบเขต ข้อจำกัดต่าง ๆ และวิธีการวัดผลของระบบ เพื่อเป็นแนวทางของการศึกษาระบบ

2.6.8.2 การกำหนดตัวแบบจำลอง (Model formulation) เป็นการกำหนดตัวแบบจำลองที่จะสร้างขึ้นจากลักษณะของระบบงาน และที่สำคัญคือตัวแบบจำลองที่เขียนขึ้นนั้นต้องสามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบงานตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา

2.6.8.3 การจัดเตรียมข้อมูล (Data preparation) เป็นการวิเคราะห์หาข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับตัวแบบจำลอง และจัดเตรียมให้อยู่ในรูปแบบที่จะนำไปใช้งานกับตัวแบบจำลอง ซึ่งหมายถึงตัวแปรของระบบทั้งหมดที่จะเป็นข้อมูลที่จะต้องทำการเก็บรวบรวม

2.6.8.4 การแปรรูปตัวแบบจำลองหรือการลงรหัส (Model translation or Coding) เป็นการเปลี่ยนตัวแบบจำลองไปอยู่ในรูปของโปรแกรมภาษาทางคอมพิวเตอร์

2.6.8.5 การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม (Verification) เป็นขั้นตอนที่ทำการตรวจสอบว่าโปรแกรมสามารถทำงานได้ถูกต้องตามที่ระบุไว้ในภาษาหรือไม่

2.6.8.6 การตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบจำลอง (Validation) เป็นการตรวจสอบว่าตัวแบบจำลองนั้นสามารถใช้แทนระบบงานจริงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาได้ คือโปรแกรมสามารถทำงานได้และให้ผลลัพธ์ถูกต้องตามเป้าหมายของการจำลองระบบ

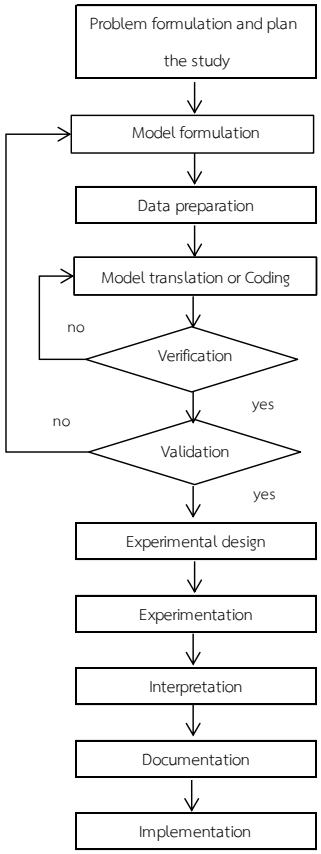
2.6.8.7 การวางแผนการทดลอง (Experimental design) เป็นการวางแผนที่จะนำตัวแบบจำลองไปใช้งาน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ได้ นั่นคือวางแผนว่าจะใช้ตัวแบบจำลองอย่างไร และจำนวนเท่าใดเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่จะใช้ในการวิเคราะห์

2.6.8.8 การดำเนินการทดลอง (Experimentation) เป็นการคำนวณหาข้อมูลต่าง ๆ ที่ต้องการเพื่อจะได้ทำการทดสอบข้อมูลตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ หรือจำลองข้อมูลตามที่ต้องการทดสอบ

2.6.8.9 การตีความผลการทดลอง (Interpretation) เป็นการวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้จากตัวแบบจำลอง เพื่อนำไปใช้พิจารณาผลลัพธ์ของการจำลองระบบ

2.6.8.10 การจัดทำเอกสารประกอบ (Documentation) เป็นการบันทึกกิจกรรมในการจัดทำตัวแบบจำลอง โครงสร้างแบบจำลอง วิธีการใช้งานและผลที่ได้จากการใช้งาน ซึ่งการจัดทำเอกสารนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่จะนำตัวแบบจำลองไปใช้งาน รวมทั้งสามารถปรับปรุงเปลี่ยนแปลงตัวแบบจำลองเมื่อระบบงานจริงมีการปรับเปลี่ยน

2.6.8.11 การนำไปใช้งาน (Implementation) เป็นการนำผลสำเร็จที่ดีที่สุดที่ได้จากตัวแบบจำลองไปใช้งาน



รูปที่ 2.20 ขั้นตอนการศึกษาการจำลองแบบปัญหา

2.6.9 ซอฟต์แวร์ที่ใช้ดำเนินงานพลวัตของระบบ

การจำลองแบบปัญหา (Simulation) เป็นกระบวนการสร้างแบบจำลองของระบบงานจริงแล้วทำการทดสอบแบบจำลองนั้นเพื่อศึกษาและเข้าใจพฤติกรรมของระบบงาน และสามารถนำแบบจำลองไปใช้วิเคราะห์ด้านต่าง ๆ และปรับปรุงระบบงานจริงได้

ซอฟท์แวร์เริ่มแรกที่ใช้ดำเนินงานพลวัตของระบบคือ DYNAMO (Dynamic Model) ถูกนำมาใช้ในปี ค.ศ.1960 จากซอฟท์แวร์ DYNAMO ได้มีการพัฒนาจนมาเป็น DYSMAP2 (1970) และ COSMIC (1984) นอกจากนี้ยังมีซอฟท์แวร์ ITHINK และ Powersim เป็นซอฟท์แวร์ที่ใช้หลักการ

พื้นฐานของแผนผังการไหล (Flow Diagram) ของ Forresterซอฟท์แวร์ที่ใช้ดำเนินงานพลวัตของระบบ ได้มีการแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม (อุ่นเอมใจ, 2548)

โดยแต่ละกลุ่มจะมีความแตกต่างกัน ดังนี้

2.6.9.1 DYNAMO/DYSMAP/COSMIC จะมีวิวัฒนาการจากแนวความคิดของการเขียนสมการโดยการใช้บรรณาธิการข้อความ (Text Editor)

2.6.9.2 STELLA/Powersim จะเป็นการใช้สัญลักษณ์รูปเล็ก ๆ สำหรับการวาดเป็นแผนผัง ระดับ/อัตรา (Level/Rate Diagram) จากลักษณะนี้ สมการบางสมการจะถูกเขียนขึ้นมาโดยอัตโนมัติตามสัญลักษณ์เหล่านั้น

2.6.9.3 Vensim จะมีความแตกต่างจากทั้งสองกลุ่มข้างต้น เพราะเป็นวิธีการที่มาจากบรรณาธิการข้อความ (Text Editor) แต่มีการจำลองแบบที่มีการใช้สัญลักษณ์รูปเป็นระบบสนับสนุนด้วย

การพิจารณาที่จะนำซอฟท์แวร์เหล่านี้มาใช้ในการดำเนินงานพลวัตของระบบควรที่จะทำการศึกษาคู่มือการใช้เพราะซอฟท์แวร์แต่ละอย่างมีลักษณะที่แตกต่างกันไปโดยทั่วไปซอฟท์แวร์ที่ใช้ดำเนินงานพลวัตของระบบ ควรมีลักษณะดังนี้ มีการใช้ทฤษฎีพลวัตของระบบเป็นพื้นฐาน ผู้ใช้สามารถเข้าใจและใช้ได้ง่าย มีระบบสนับสนุนในการสร้างแบบจำลอง มีระบบอำนวยความสะดวกในการแก้ไขจุดบกพร่องของแบบจำลอง ทำการทดลองและให้ผลที่ออกมา (Output) ได้ง่าย มีขอบเขตในการออกแบบนโยบายและสามารถทำการขยายแบบจำลองได้

ซอฟท์แวร์ที่ผู้วิจัยเลือกสำหรับออกแบบระบบและพัฒนาแบบจำลองครั้งนี้ คือ Microsoft Excel ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) ซึ่งจะใช้เป็นเครื่องมือในการสร้างแบบจำลองและอธิบายความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ ว่ามีผลต่อการผลิตไฟฟ้าเพื่อขายไฟฟ้าของโรงงานน้ำตาลตัวอย่างให้การไฟฟ้าแห่งประเทศไทยอย่างไร และใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการวิเคราะห์ผลของข้อมูล

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(Assili, DB, & Ghazi, 2008) ได้ศึกษาการใช้ การใช้แบบจำลองพลวัตของระบบ (Systems Dynamics) ในการวางแผนผลิตไฟฟ้า การหาปัจจัยที่เปลี่ยนแปลงแล้วส่งผลกระทบต่อการผลิตไฟฟ้าเพื่อขายในตลาดอุตสาหกรรมการผลิตไฟฟ้า เป็นตัวช่วยแยกปัจจัยทั้ง ปริมาณการผลิตไฟฟ้า ปริมาณการใช้ไฟฟ้า ราคาเชื้อเพลิง ราคาขาย ประสิทธิภาพการผลิต เพื่อให้ทราบถึงแนวโน้มในการผลิตไฟฟ้าเพื่อขาย โดยเลือกใช้ Causal loop diagram แยกออกเป็น 3 วงรอบ คือ ผลกระทบของประสิทธิภาพของการผลิตเทียบกับต่อขายไฟฟ้า ,การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีที่ทำให้กำลังการผลิตเพิ่มขึ้นต่อการขายไฟฟ้า และการศึกษาผลของเงินอุดหนุนสำหรับเงินสำรองเสถียรภาพและความเชื่อถือได้ในระยะยาว ว่าเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป ปัจจัยแต่ละปัจจัยจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร

(Savious & De Vries, 2018) ได้ศึกษาแบบจำลองพลวัตของระบบเชิงผกผัน (Spatial system Dynamics model, SSDM) ของระบบอุตสาหกรรมอ้อยที่โดยใช้แบบจำลองไปสู่แนวทางบูรณาการเพื่อจำลองระบบโรงไฟฟ้าชีวมวล เพื่อแนะนำทิศทางสำหรับชานอ้อยและของเหลือในกระบวนการผลิตน้ำตาล แบบจำลองนี้แสดงถึงความซับซ้อนในการสร้างพลังงานชีวมวล ตั้งแต่การผลิตอ้อย การเก็บเกี่ยว และการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยใช้ระบบการป้อนข้อมูลสำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินและการผลิตอ้อย โดยแบบจำลองนี้มาจากการตรวจวัด และการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ เพื่อจำลองทางเลือกของชานอ้อยและเหลือในกระบวนการผลิตน้ำตาล รวมกับการปรับปรุงเครื่องจักรกลและประสิทธิภาพของเทคโนโลยีให้ประสิทธิภาพสูงสุดในแง่ของการผลิตไฟฟ้าและหลีกเลี่ยงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเมื่อเทียบกับธุรกิจตามสถานการณ์ปกติหรือกรณีฐาน SSDM ที่ใช้แสดงให้เห็นว่าการสร้างแบบจำลองของกระบวนการพลวัตของระบบ (Systems Dynamics) แบบ feedback-based และพื้นที่ให้ข้อมูลเชิงลึกสำหรับการตัดสินใจ แบบจำลองนี้เป็นรากฐานสำหรับการศึกษาสำหรับการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์จากการผลิตไฟฟ้าจากระบบอุตสาหกรรมอ้อย

(Patill, Yarnal, & Puranik, 2008) ได้ทำการศึกษาพลวัตของระบบ (Systems Dynamics) เพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อนแบบไดนามิกของอุตสาหกรรมการจัดการพลังงานในระบบน้ำตาลโดยใช้ Dynamics loop เพื่อตรวจสอบพฤติกรรมของระบบเมื่อเวลาผ่านไป ปัจจัยการผลิตที่ใช้พลวัตของระบบ (Systems Dynamics) เพื่อหาพารามิเตอร์ประสิทธิภาพขั้นพื้นฐาน สำหรับพลังงานสำหรับการจัดการในองค์กร โดยพิจารณาอุตสาหกรรมน้ำตาลทั้งระบบทั้งโดยใช้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์เพื่อจำลองพฤติกรรมของระบบซอฟต์แวร์จะจำลองรูปแบบระบบด้วยพลวัตของระบบ (Systems Dynamics) ในบทความนี้ผู้เขียนได้พยายามที่จะดูว่าระบบพลวัตของระบบ (Systems Dynamics) สามารถใช้สำหรับการจัดการพลังงานในอุตสาหกรรมน้ำตาลได้อย่างมีประสิทธิภาพอย่างไร

(Qudrat-Ullah, 2013) เป็นการศึกษาแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองของระบบของการผลิตไฟฟ้าของประเทศแคนาดา โดยศึกษาว่าเมื่อเวลาที่เปลี่ยนไปการซับซ้อนของระบบพลังงาน ระบบอุปสงค์และอุปทานของกระแสไฟฟ้าในประเทศแคนาดาที่มีความซับซ้อนและมีพลวัตระบบในธรรมชาติ โดยใช้ความเข้าใจความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างจำนวนตัวแปรเกือบทั้งหมดของระบบและรูปแบบที่มีอยู่ในระบบไฟฟ้าของประเทศแคนาดา ที่มีความสำคัญต่อนโยบายที่เป็นระบบและยั่งยืนและการตัดสินใจ จากการศึกษาแบบจำลองพลศาสตร์ของระบบจากการใช้แบบจำลองพลวัตของระบบที่ได้รับการพัฒนาและตรวจสอบแล้ว ผลการวิจัยพบว่านอกเหนือจากวิธีการปรับแบบดั้งเดิม การลงทุนเพิ่มสำหรับการผลิตไฟฟ้า และการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตเพื่อให้เกิดกระแสไฟฟ้าที่สมดุลและยั่งยืนในประเทศแคนาดา

(Tang & Rehme, 2017) ได้ทำการศึกษาการผลิตไฟฟ้าในประเทศสวีเดนครั้งนี้โดยใช้วิธีพลศาสตร์ของระบบ (Systems Dynamics) และนำเสนอโมเดลเพื่อรวมการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ทั้งสอง เช่นการขยายกำลังการผลิต การเลิกจ้างและการดำเนินงานคุณลักษณะต่าง ๆ เช่นความสุ่มและปัจจัยตามฤดูกาลในการผลิตกระแสไฟฟ้า รูปแบบที่ซับซ้อนและปฏิกิริยาไม่เชิงเส้นของปัจจัยสำคัญในภาคไฟฟ้า ผลการศึกษาระบุว่านโยบายด้านพลังงานไม่ควรนำมาใช้อย่างโดดเดี่ยว แต่ต้องรวมแรงจูงใจของแหล่งพลังงานทดแทนด้วยการตัดสินใจอื่น ๆ ด้วย นอกจากนี้การศึกษาครั้งนี้คาดการณ์การเพิ่มขึ้นที่จะเกิดขึ้นในการผลิตไฟฟ้าราคาเช่นเดียวกับราคาผันผวนมากขึ้นหลังจากที่รายละเอียดกำลังการผลิตมีการเปลี่ยนแปลงและ อุปสงค์และอุปทาน โดยการผลิตไฟฟ้าจาก น้ำ, ชีวมวล และลม การศึกษาครั้งนี้เป็นแนวทางสำหรับผู้กำหนดนโยบายและผู้บริหารในการตัดสินใจสำหรับการพัฒนาของธุรกิจของของอุตสาหกรรมไฟฟ้าทั้งหมด

(Mutanga, De Vries, Mbohwa, Kumar, & Rogner, 2016) เป็นการศึกษาแบบจำลองพลวัตของระบบ (Systems Dynamics) ได้รับการพัฒนาขึ้นสำหรับภาคพลังงานของประเทศมอริเชียส ซึ่งรวบรวมช่วงของปฏิสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่างด้าน เศรษฐศาสตร์ สังคม และสิ่งแวดล้อมของเศรษฐกิจของประเทศโดยให้ความสำคัญกับบทบาทของพลังงานภายในประเทศ แบบจำลองนี้ได้รับการตรวจสอบโดยการจำลองแนวโน้มทางของตัวชี้วัดการพัฒนาที่สำคัญ (GDP) และผลลัพธ์ของมันถูกเปรียบเทียบกับประมาณการของสาธารณูปโภคแห่งชาติ กระบวนการตรวจสอบแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองนี้แสดงการเป็นตัวแทนที่ของภาคไฟฟ้าที่ของประเทศมอริเชียส และสามารถปรับเปลี่ยนได้โดยง่ายเพื่อใช้สมมติฐานที่แตกต่างกัน บทความนี้อธิบายถึงลักษณะสำคัญของแบบจำลองและผลการเปรียบเทียบกับการคาดการณ์ความต้องการไฟฟ้าที่ถึงปี ค.ศ.2022

(โต๊ะหะ., 2556) ได้ศึกษาปัจจัยหลักทางกายภาพและเคมี และศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยดังกล่าวกับการเปลี่ยนแปลงของ ค่าออกซิเจนละลายน้ำในคลองอู่ตะเภาโดยประยุกต์ใช้แบบจำลองพลวัตระบบเพื่อทำนายการเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนละลายน้ำ ในแต่ละสถานการณ์ตามเงื่อนไขที่แตกต่างกัน โดยนำสมการความสัมพันธ์ของปัจจัยหลักและออกซิเจนละลายน้ำ รวมถึง สมการที่พัฒนาจากปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง โดยอาศัยโปรแกรมสเตลล่าเป็นเครื่องมือในการสร้างแบบจำลอง

(อุ่นเอมใจ, 2548) ได้ศึกษาการประยุกต์รวมแนวคิดลีนซิกซ์ซิกมาเข้ากับมาตรฐานซีเอ็มเอ็มไอ เพื่อประเมินวัดระดับความสามารถขององค์กรขณะปัจจุบันว่าอยู่ในระดับใดตาม มาตรฐานซีเอ็มเอ็มไอ และเป็นแนวทางสำหรับการวัดผลในการดำเนินงานการผลิตขององค์กร โดยทำการประยุกต์ลีนซิกซ์ซิกมาเข้ากับกลุ่มกระบวนการหลัก (PAs) ของมาตรฐานซีเอ็มเอ็มไอ ซึ่งมีทั้งหมด 25 กลุ่มโดยจัดแบ่งกลุ่มออกเป็น 5 ระดับ จากนั้นจัดทำแบบทดสอบสำหรับการประเมินระดับความสามารถขึ้นและเพื่อแก้ไขลักษณะที่หยุดนิ่ง (Static) ของระบบการวัดผลการดำเนินงานด้วย แบบทดสอบที่จัดทำขึ้น งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมโดยผู้ทำวิจัยได้ระบุเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์การวัดพร้อมทั้งตัววัดสำหรับการผลิตแบบลีน และนำเสนอออกมาในรูปแบบของแบบจำลองพลวัตของระบบ (Systems Dynamics) การผลิตขององค์กรอุตสาหกรรม

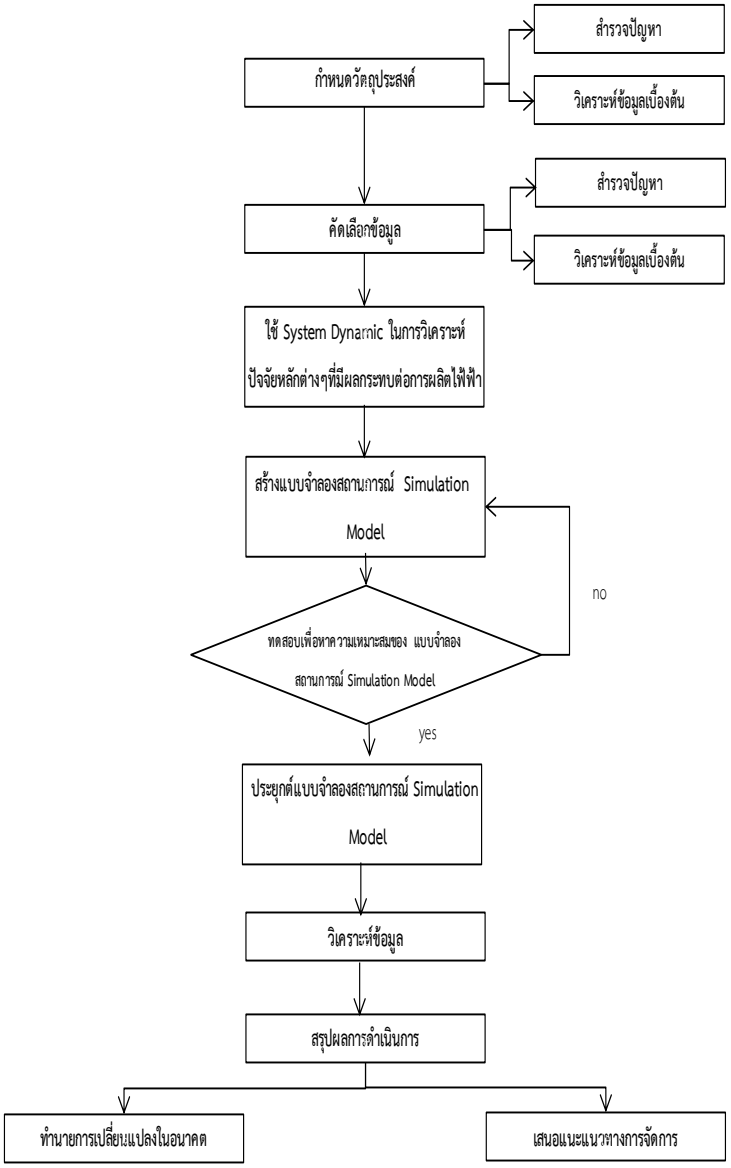
(จอมทอง, 2559) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสาเร็จของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กที่จ่ายไฟฟ้าเข้าระบบขนาด 10-90 เมกะวัตต์ ให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยปัจจัยที่ใช้ในการศึกษามี 6 ด้าน คือ ด้านเทคโนโลยี ด้านการเงิน ด้านกฎหมายและนโยบาย ด้านชุมชนและสิ่งแวดล้อม ด้านการบริหารจัดการภายในองค์กร และด้านวัตถุดิบ

(สุนทรอนุรักษ์, ธาราเวชรักษ์, & พรสิงห์, 2561) ได้ศึกษาสถานการณ์และทิศทางการหมุนเวียนของพลังงานทดแทนสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตไฟฟ้าในประเทศไทย โดยเก็บรวบรวมข้อมูล และใช้แบบจำลองพลวัตระบบในการวิเคราะห์ผล คือ กำลังการผลิตจากไฟฟ้าทดแทน ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน จำนวนรายได้จากการขายไฟฟ้า ผลประกอบการที่เกิดขึ้นในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยเรื่อง ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตไฟฟ้าชีวมวล โดยใช้พลวัตของระบบ (System Dynamics) กรณี ศึกษา โรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่ง มีขั้นตอนการดำเนินงานตามรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

จากรูปที่ 3.1 แสดงถึงรายละเอียดต่าง ๆ ของขั้นตอนในการทำงานวิจัยนี้เพื่อให้มองเห็นภาพรวมของการทำวิจัย โดยผู้ทำวิจัยได้จัดแบ่งออกมาเป็นลำดับขั้นตอน เพื่อความสะดวกและง่ายต่อการปฏิบัติพร้อมกับสามารถวัดผลการดำเนินงานตามแผนงานที่วางไว้ เนื่องจากในงานวิจัยนี้มีการนำเสนอออกมาในรูปแบบของแบบจำลองพลวัต ผู้ทำวิจัยได้ทำการสร้างแบบจำลองพลวัตขึ้นมา โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ที่ใช้ในการสร้าง ดังนั้นหากแบบจำลองที่สร้างขึ้นไม่ถูกต้องโปรแกรมจะแสดงข้อความออกมาพร้อมกับเสนอวิธีการแก้ไข การดำเนินการแก้ไขจึงมีความสำคัญยิ่งเพราะถ้าหากไม่ทำการแก้ไขแบบจำลองโปรแกรมจะไม่สามารถดำเนินการประมวลผลได้ ดั่งจะเห็นได้ในรูปที่ 3.1 ว่ามีการแสดงการย้อนกลับของขั้นตอนเมื่อแบบจำลองมีข้อบกพร่อง และเมื่อสามารถทำการแก้ไขแบบจำลองจนกระทั่ง แบบจำลองนั้นถูกต้องแล้วจะสามารถทำการจำลองสถานการณ์ (Simulate) ได้ และเมื่อมีการป้อนใส่ข้อมูลเข้าไปภายในแบบจำลองตัวโปรแกรมจะทำการประมวลผลและแสดงผลลัพธ์ออกมาเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ในขั้นต่อไปขั้นตอนการทำวิจัย แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนหลัก แสดงได้ดังรูปที่ 3.1 ดังนี้

3.1 กำหนดวัตถุประสงค์งานวิจัย

ในขั้นตอนแรกนี้ ทางผู้วิจัยจะทำการศึกษาแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยถึงการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง เพื่อดูว่าในข่ายงานที่ต้องการวิจัย มีการศึกษาหรือวิจัยในส่วนใดไปแล้วบ้างในรูปแบบไหนมีข้อเสนอแนะเป็นอย่างไร จากนั้นทำการศึกษาสภาพปัจจุบันของโรงงงานน้ำตาลตัวอย่างทั้งกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย กระบวนการผลิตไฟฟ้า ทั้งในด้านเทคโนโลยีที่ใช้เชื้อเพลิงในการใช้ ขั้นตอนในการผลิต การการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ของโรงงานน้ำตาลแห่งนี้ จากนั้นศึกษาพารามิเตอร์และตัวแปรต่าง ๆ ทั้งชุดข้อมูลนำเข้าข้อมูลส่งออกเพื่อทำการบ่งชี้พารามิเตอร์ และตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าเพื่อขายไฟฟ้าในทางวิศวกรรม ทำการศึกษาพลวัตระบบ (System Dynamics) และแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) เพื่อให้ทราบถึงเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ต้องพิจารณาในการปัจจัยในแต่ละรูปแบบต่าง ๆ ขั้นตอนในผลิตไฟฟ้า ข้อจำกัดในการผลิตไฟฟ้า เพื่อให้ได้กำไรในการผลิตไฟฟ้าเพื่อขายให้การไฟฟ้าสูงสุด

3.2 การคัดเลือกข้อมูล

คัดเลือกข้อมูลการผลิตของโรงงานน้ำตาลตัวอย่าง วิเคราะห์ข้อมูลจากปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการผลิตไฟฟ้าเพื่อขายให้การไฟฟ้าแห่งประเทศไทย โดยดูปัจจัยด้านเชื้อเพลิง ปัจจัยราคาขายไฟฟ้าแต่ละช่วงเวลา ปัจจัยด้านปริมาณการใช้ไอน้ำในกระบวนการผลิตน้ำตาล ตั้งแต่กระบวนการเลือกชนิด ปริมาณ ความชื้น อัตราส่วน และ ราคาขาย ของเชื้อเพลิงชีวมวลแต่ละประเภท ปริมาณ

การใช้ไอน้ำและไฟฟ้า ในการผลิตน้ำตาลทั้งในฤดูหีบอ้อยและฤดูละลายน้ำตาล กระบวนการผลิตและราคาขายไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายให้การไฟฟ้าแห่งประเทศไทย โดยใช้พลวัตระบบ (System Dynamics) ในการวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อกำไรในการการผลิตไฟฟ้าเพื่อขายให้การไฟฟ้าแห่งประเทศไทย

3.3 สร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model)

เมื่อได้ข้อมูลสำหรับปัจจัยต่าง ๆ ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการผลิตไฟฟ้าเพื่อขายให้การไฟฟ้าแห่งประเทศไทย จะทำการหาแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) โดย แยกประเภทในการผลิตไฟฟ้าเพื่อขายให้การไฟฟ้าแห่งประเทศไทย ออกเป็น 2 ฤดูกาลผลิตคือ ฤดูหีบอ้อย และฤดูกาลละลายน้ำตาล โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการ สร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) และหารูปแบบในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้ได้กำไรจากการขายไฟฟ้าเทียบกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากการวิเคราะโดยใช้พลวัตระบบ (System Dynamics) หลังจากนั้น ใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการวิเคราะห์ผลของข้อมูล

3.4 วิเคราะห์ประสิทธิภาพ

ในงานวิจัยนี้จะผลของแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการผลิตไฟฟ้าเพื่อขายให้การไฟฟ้าแห่งประเทศไทย โดยเทียบกับแผนการผลิตประจำปีของโรงงานน้ำตาลตัวอย่าง เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) กับการผลิตไฟฟ้าเพื่อขายให้การไฟฟ้าแห่งประเทศไทยในปัจจุบันของโรงงานน้ำตาลตัวอย่าง โดยแสดงเป็นกราฟเปรียบเทียบระหว่างปัจจัยการผลิตกับเวลา

3.5 สรุปผลงานวิจัย

จากนั้นนำเสนอผลงานวิจัยในส่วนของแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) พร้อมข้อเสนอแนะในการประยุกต์ใช้ข้อมูลจากการวิเคราะห์ และวิธีการใช้งานเพื่อให้เกิดประโยชน์ในการการผลิตไฟฟ้าเพื่อขายให้การไฟฟ้าแห่งประเทศไทย ทั้งผู้ปฏิบัติงานในโรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่งและผู้ที่เกี่ยวข้อง จากนั้นจึงจัดทำรูปเล่มรายงานการวิจัย

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผลการวิจัย

จากบทที่ 3 เป็นการนำเสนอขั้นตอนการดำเนินการวิจัยในแต่ละลำดับขั้น ในบทนี้จะเป็นผลการดำเนินงาน ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผลการวิจัย เป็นลำดับดังต่อไปนี้

4.1 การจัดเตรียมข้อมูล

ในการคัดเลือกข้อมูลที่จะนำมาใช้วิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกข้อมูลการผลิตของโรงไฟฟ้าชีวมวลแห่งหนึ่ง ในช่วงเวลาตั้งแต่ เดือน ธันวาคม พ.ศ.2560 – เดือน ตุลาคม พ.ศ.2561 เฉพาะวันที่ทำการผลิต โดยใช้ข้อมูล 2 ช่วงฤดูกาลคือ ฤดูกาลหีบอ้อย ตั้งแต่วันที่ 7 ธันวาคม พ.ศ.2560 ถึง 17 พฤษภาคม พ.ศ.2561 จำนวน 139 วัน และ ฤดูละลายน้ำตาล ตั้งแต่วันที่ 19 พฤษภาคม พ.ศ.2561 ถึง 20 ตุลาคม พ.ศ.2561 จำนวน 147 วัน รวมข้อมูลทั้งสิ้น 286 วัน โดยเก็บข้อมูลเป็นรายวันตามตัวแปรที่เกี่ยวข้องส่งผลกระทบต่อการผลิตไฟฟ้าเพื่อส่งขายการไฟฟ้าแห่งประเทศไทย ตั้งแต่ กระบวนการเลือกชนิด ปริมาณ อัตราส่วน และราคาขาย ของเชื้อเพลิงชีวมวลแต่ละประเภท ปริมาณการใช้ไอน้ำและไฟฟ้า ในการผลิตน้ำตาลทั้งในฤดูหีบอ้อยและฤดูละลายน้ำตาล

จากข้อมูลและตัวแปร ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตไฟฟ้าของโรงงานน้ำตาลชีวมวลแห่งหนึ่ง ทั้งทางด้านเชื้อเพลิง ปริมาณการหีบอ้อย การละลายน้ำตาลในฤดูละลาย ปริมาณชานอ้อยต่อปริมาณอ้อย ทางราคาขายไฟฟ้าแต่ละช่วงเวลา (On Peak – Off Peak) การคิดค่าไฟฟ้าในช่วงเวลา On Peak ค่าไฟจะสูง เพราะเป็นช่วงที่ระบบมีความต้องการใช้ไฟฟ้ามาก ช่วง Off Peak เป็นช่วงที่ระบบมีความต้องการใช้ไฟฟ้าน้อย (Off Peak) ค่าไฟจึงมีราคาต่ำ ทางด้านปริมาณการใช้ไอน้ำในกระบวนการผลิตน้ำตาล ทั้งในส่วนของฤดูการหีบอ้อย ช่วงเดือนธันวาคม – เดือนเมษายน ของทุกปี ที่ต้องใช้ปริมาณไอน้ำ ในการผลิตน้ำตาลทรายดิบและน้ำตาลทรายขาว และในช่วงฤดูละ ลายน้ำตาล เดือนเมษายน – เดือนตุลาคม ของทุกปี เพื่อใช้ในการผลิตน้ำตาลขาว ผู้วิจัยได้นำข้อมูลในทางวิศวกรรม ไปปรึกษาและระดมสมองกับพนักงานและผู้บริหารของโรงงานชีวมวลแห่งหนึ่ง เพื่อให้ได้พารามิเตอร์และตัวแปรที่มีความสำคัญในการนำมาเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้าดังนี้

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าและการผลิตน้ำตาล ในฤดูการหีบอ้อยของโรงงานชีวมวลแห่งหนึ่ง

ลำดับ	ข้อมูล	ข้อมูลใน Report	หน่วยการวัด
1	ปริมาณการหีบอ้อย	TONS CANE CRUSHED	Tons
2	ร้อยละชานอ้อย	BAGASSE % CANE	%
3	ประสิทธิภาพเครื่องจักรโรงงาน	MECHANICAL EFFICIENCY Overall plant	%
4	ประสิทธิภาพเครื่องจักรกระบวนการผลิตน้ำตาล	MECHANICAL EFFICIENCY Sugar plant	%
5	ประสิทธิภาพเครื่องจักรกระบวนการผลิตไฟฟ้า	MECHANICAL EFFICIENCY Power plant	%
6	ปริมาณการใช้ไอน้ำกระบวนการผลิตน้ำตาล	TONS STEAM FOR SUGAR PLANT	Tons
7	ปริมาณการใช้ไอน้ำต่อปริมาณหีบอ้อย	OVERALL STEAM KGS / TON CANE	Kg/Tons Cane
8	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าการผลิตน้ำตาล	KWH. USED IN PROCESS	Kwh
9	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าการผลิตน้ำตาลต่อปริมาณหีบอ้อย	KWH. USED / TON CANE	Kwh
10	ปริมาณการผลิตไอน้ำ	TONS STEAM PRODUCED	Kwh
11	ปริมาณการใช้ไอน้ำในการผลิตไฟฟ้า	TONS STEAM FOR POWER PLANT	Tons
12	ปริมาณการผลิตไฟฟ้า	KWH. GENERATED	Kwh
13	ปริมาณการผลิตไฟฟ้า Block 1	KWH. GENERATED (Block1)	Kwh
14	ปริมาณการผลิตไฟฟ้า Block 3	KWH. GENERATED (Block3)	Kwh
15	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการผลิตไฟฟ้า	KWH. USED IN POWER PLANT	Kwh
16	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการผลิตไฟฟ้าต่อปริมาณหีบอ้อย	KWH. USED / TON CANE	Kwh
17	ปริมาณการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	KWH. FOR PEA. (Block1)	Kwh
18	ปริมาณการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยเฉลี่ยต่อชั่วโมง	AVG.POWER (MW.) FOR PEA.	Mw
19	ปริมาณการขายไฟฟ้า On Peak Off Peak	KWH. Onpeak Of Peak	Kwh

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าและการผลิตน้ำตาล ในฤดูการละลายน้ำตาล ของโรงงานชีวมวลแห่งหนึ่ง

ลำดับ	ข้อมูล	ข้อมูลใน Report	หน่วยการวัด
1	ปริมาณการละลายน้ำตาล	TONS SUGAR REMELT : WEIGHT	Tons
2	ประสิทธิภาพเครื่องจักรโรงงาน	MECHANICAL EFFICIENCYE Overall plant	%
3	ปริมาณการใช้ไอน้ำกระบวนการละลายน้ำตาล	TONS STEAM FOR SUGAR PLANT	Tons
4	ปริมาณการใช้ไอน้ำต่อปริมาณการละลายน้ำตาล	OVR.STEAM(Tons.)/TON SUGAR REMELT	Tons Steam / Ton Sugar Remelt
5	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าการละลายน้ำตาล	KWH. USED IN PROCESS	KWH
6	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าการผลิตน้ำตาลต่อปริมาณการละลายน้ำตาล	KWH.USED : PER TON SUGAR REMELT	KWH
7	ปริมาณการผลิตไอน้ำทั้งหมด	TONS STEAM PRODUCED	KWH
8	ปริมาณการใช้ไอน้ำกระบวนการผลิตไฟฟ้า	TONS STEAM FOR POWER PLANT	Tons
9	ปริมาณการผลิตไฟฟ้า	KWH. GENERATED	KWH
10	ปริมาณการผลิตไฟฟ้า Block 1	KWH. GENERATED (Block1)	KWH
11	ปริมาณการผลิตไฟฟ้า Block 3	KWH. GENERATED (Block3)	KWH
12	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการผลิตไฟฟ้า	KWH. USED IN POWER PLANT	KWH
13	ปริมาณการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	KWH. FOR PEA. (Block1)	KWH
14	ปริมาณการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยเฉลี่ยต่อชั่วโมง	AVG.POWER (MW.) FOR PEA.	Mw
15	ปริมาณการขายไฟฟ้า On Peak Off Peak	KWH. Onpeak Of Peak	Kwh

4.2 การสร้างต้นแบบพลวัตระบบ (System Dynamics)

จากข้อมูลดังกล่าวผู้วิจัยได้นำมาเขียน พลวัตของระบบ อันประกอบด้วยเครื่องมือที่ช่วยสร้างแบบจำลองพลวัตระบบ (Sterman, 2000) ด้วยแผนภาพ 3 ลักษณะคือ

1. Feedback Structure ซึ่งเป็นโครงสร้างย่อยๆ ที่ประกอบขึ้นมาเป็นระบบ

2. Causal Loop diagram เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการอธิบายและทดสอบความเข้าใจระบบ

3. Stock and Flow Diagram เป็นเครื่องมือที่ช่วยอธิบายพฤติกรรมของระบบที่ซับซ้อนที่ Causal Loop diagram ไม่สามารถทำได้ โดยมี Stock คือการสะสมของการไหล (Flow) ซึ่งแทนผลต่างของการไหลเข้าและการไหลออกการสร้าง Causal Loop diagram แสดงกระบวน

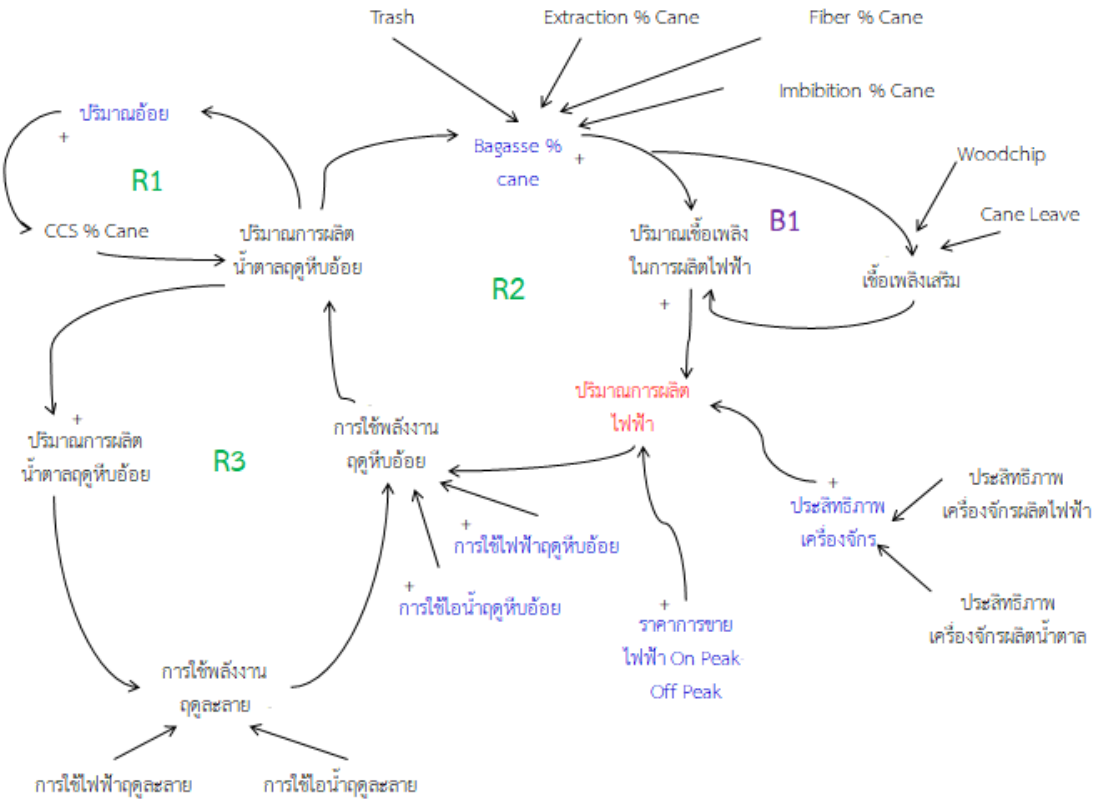
วิธีการดำเนินงานวิจัย โดยใช้ตัวแบบพลวัตของระบบเป็นตัวแบบในการศึกษา โดยเริ่มจากการสร้าง Causal Loop diagram โดยมีวงรอบ 4 วงรอบดังรูปที่ 1 ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้คือ

วงรอบ R1 ปริมาณการผลิตน้ำตาลฤดูหีบอ้อย

วงรอบ R2 ปริมาณการผลิตไฟฟ้าในฤดูหีบอ้อย

วงรอบ R3 ปริมาณการผลิตน้ำตาลในฤดูละลาย

วงรอบ B1 ปริมาณเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า



รูปที่ 4.1 Causal Loop Diagram การผลิตไฟฟ้าชีวมวลของโรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่ง

4.3 การสร้างต้นแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model)

การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) เมื่อได้ข้อมูลสำหรับปัจจัยต่าง ๆ ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการผลิตไฟฟ้าเพื่อขายให้การไฟฟ้าแห่งประเทศไทย จะทำการหาแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) โดยแยกประเภทในการผลิตไฟฟ้าเพื่อขายให้การไฟฟ้าแห่งประเทศไทย ออกเป็น 2 ฤดูกาลผลิตคือ ฤดูหีบอ้อยและฤดูละลายน้ำตาล โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการ สร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) และหารูปแบบในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้ได้กำไรจากการขายไฟฟ้าเทียบกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากการวิเคราะโดยใช้พลวัตระบบ (System Dynamics) ทั้ง 9 ปัจจัยคือ

4.3.1 ปริมาณอ้อยเข้าหีบ

4.3.2 ปริมาณชานอ้อยต่อปริมาณอ้อย (Bagasse % Cane)

4.3.3 เวลาในการขายไฟฟ้า On Peak Off Peak

4.3.4 ประสิทธิภาพเครื่องจักร (Mechanical Efficiency)

4.3.5 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในฤดูหีบอ้อยโรงงานน้ำตาลต่อตันการหีบอ้อย

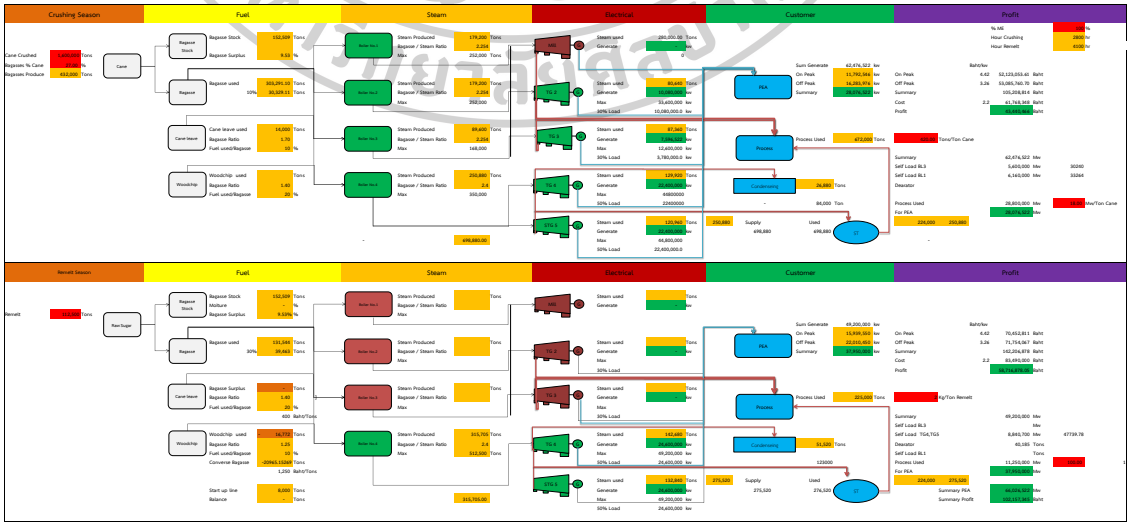
4.3.6 ปริมาณการใช้พลังงานไอน้ำฤดูหีบอ้อยโรงงานน้ำตาลต่อตันการหีบอ้อย

4.3.7 ปริมาณการละลายน้ำตาลในฤดูละลาย

4.3.8 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในฤดูละลายโรงงานน้ำตาลต่อตันละลายน้ำตาล

4.3.9 ปริมาณการใช้พลังงานไอน้ำฤดูละลายโรงงานน้ำตาลต่อตันละลายน้ำตาล

หลังจากนั้น ใช้โปรแกรม Microsoft Excel เก็บผลข้อมูลและแสดงผลเป็นกราฟเชิงเส้นเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลของข้อมูล



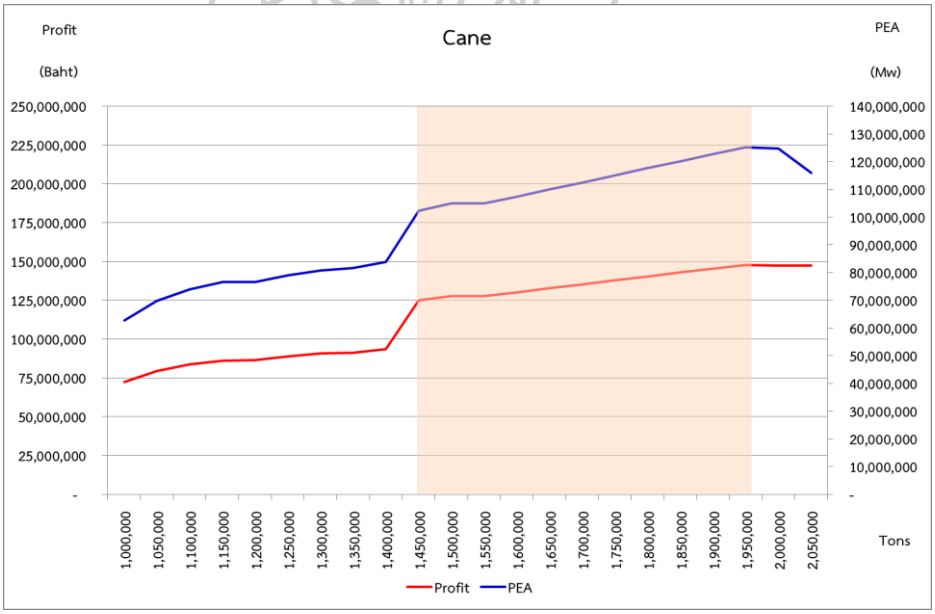
รูปที่ 4.2 ต้นแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) การผลิตไฟฟ้าชีวมวลของโรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่ง

4.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

จากการนำข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) การผลิตไฟฟ้า จากวัตถุดิบชีวมวลของโรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่ง โดยการใช้ข้อมูลการผลิต เดือน ธันวาคม พ.ศ.2560 – เดือน ตุลาคม พ.ศ.2561 ซึ่งมีปัจจัย 9 ปัจจัย คือ

โดยวิเคราะห์ข้อมูลออกมาเป็นรูปกราฟเชิงเส้น เปรียบเทียบกับปริมาณหน่วยการขายไฟฟ้า และกำไรที่ได้จากกการขายไฟฟ้า ดังนี้

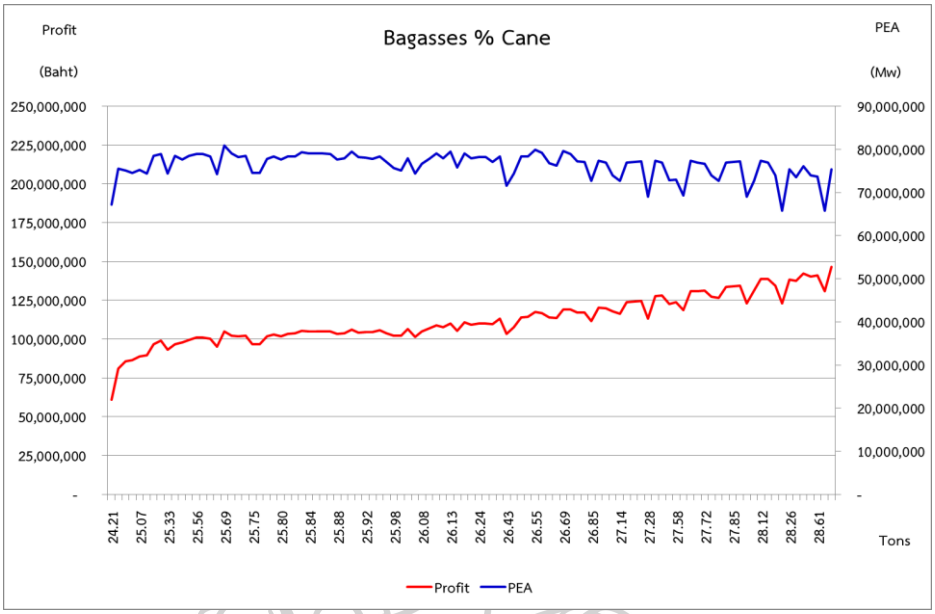
4.4.1 ปริมาณอ้อยเข้าหีบ ปริมาณอ้อยเข้าหีบช่วง 1,000,000 -1,450,000 ตันอ้อยต้องใช้ปริมาณปริมาณใช้เชื้อเพลิงเสริมใบอ้อย 14,000 ตัน และปริมาณเชื้อเพลิงเสริมไม้สับ 18,095 ตัน เพื่อที่ขายไฟฟ้าได้ปริมาณ 10,012,043 – 24,372,173 หน่วย กำไรจากการขายไฟฟ้า 72,552,613 - 93,723,548 ล้านบาท ยังมีปริมาณขายไฟฟ้าไม่เต็มกำลังการผลิตและกำไรลดลงเนื่องจากเชื้อเพลิงเสริมราคาแพง ปริมาณอ้อยที่เหมาะสมต่อการขายไฟฟ้าอยู่ช่วง 1,450,000-1,950,000 ตันอ้อยจะทำให้กำไรในการผลิต 125,117,646 - 147,852,814 ล้านบาท ปริมาณอ้อยมากกว่า 1,950,000 ตันอ้อย จะไม่สามารถขายไฟฟ้าเพิ่มขึ้นได้เนื่องจากเต็มความสามารถในการผลิต ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ปัจจัยปริมาณอ้อยเข้าหีบเทียบกับการผลิตไฟฟ้า

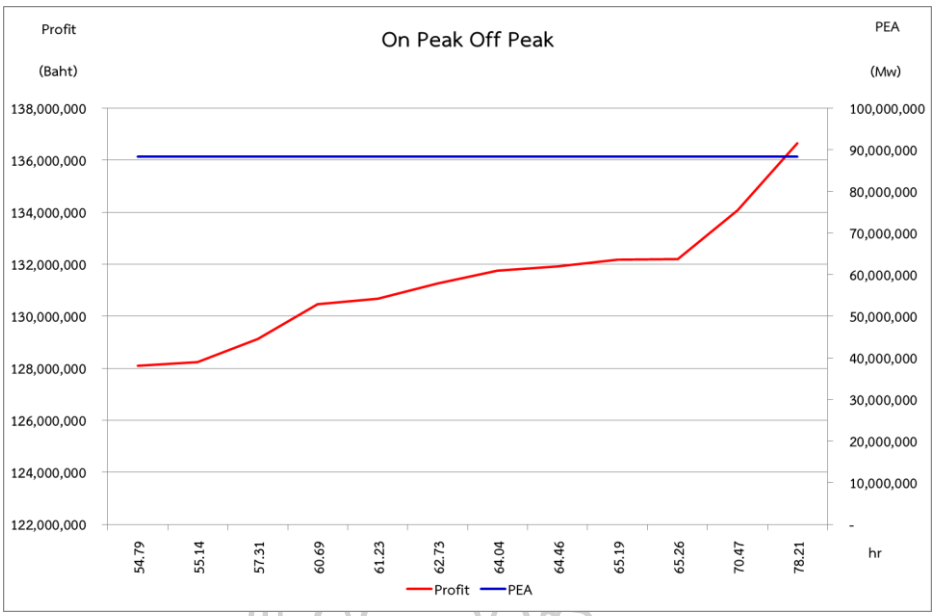
4.4.2 ปริมาณชานอ้อยต่อปริมาณอ้อย (Bagasse % Cane) ปริมาณชานอ้อยต่อปริมาณอ้อยไม่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้าเพื่อขายไฟฟ้า แต่มีผลต่อกำไรจากการขายไฟฟ้า โดยการลดต้นทุนการราคาซื้อเชื้อเพลิงเสริมไม้สับได้ 1,250 บาท/ตัน ให้พลังงานความร้อนมากกว่าชานอ้อย 1.25 เท่าถ้าเทียบเป็นชานอ้อยเท่ากับราคา 1,000 บาท/ตัน ส่วนราคาซื้อใบอ้อย 1,000 บาท/ตัน ให้พลังงาน

ความร้อนมากกว่าชานอ้อย 1.40 เท่า เทียบเป็นชานอ้อยเท่ากับราคา 714 บาท/ตัน เทียบกับต้นทุนเชื้อเพลิงชานอ้อย 400 บาท/ตัน ปริมาณชานอ้อยต่อปริมาณอ้อย (Bagasse % Cane) ที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง ทำให้กำไรจากการขายไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 4.4



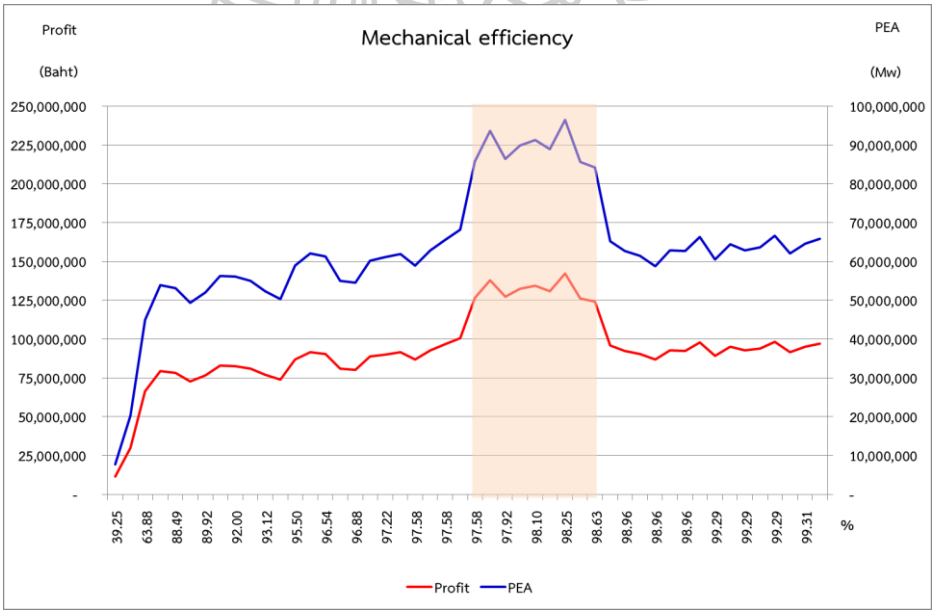
รูปที่ 4.4 ปัจจัย Bagasse % Cane เทียบกับการผลิตไฟฟ้า

4.4.3 เวลาในการขายไฟฟ้า On Peak Off Peak ไม่มีผลต่อปริมาณการผลิตไฟฟ้าเพื่อขายไฟฟ้า แต่มีผลต่อกำไรจากการผลิตไฟฟ้า โดยช่วงเวลา On Peak 09.00-22.00 น. ของวันจันทร์- วันศุกร์ราคาขาย 4.42 บาท/MW ช่วงเวลา Off Peak ราคาขาย 3.26 บาท/MW ซึ่งการขายไฟฟ้าควรวางแผนในการขายไฟฟ้าในช่วง On Peak ให้เต็มกำลังการผลิตและใบอนุญาตขายไฟฟ้า 15.8 MWH ดังรูปที่ 4.5



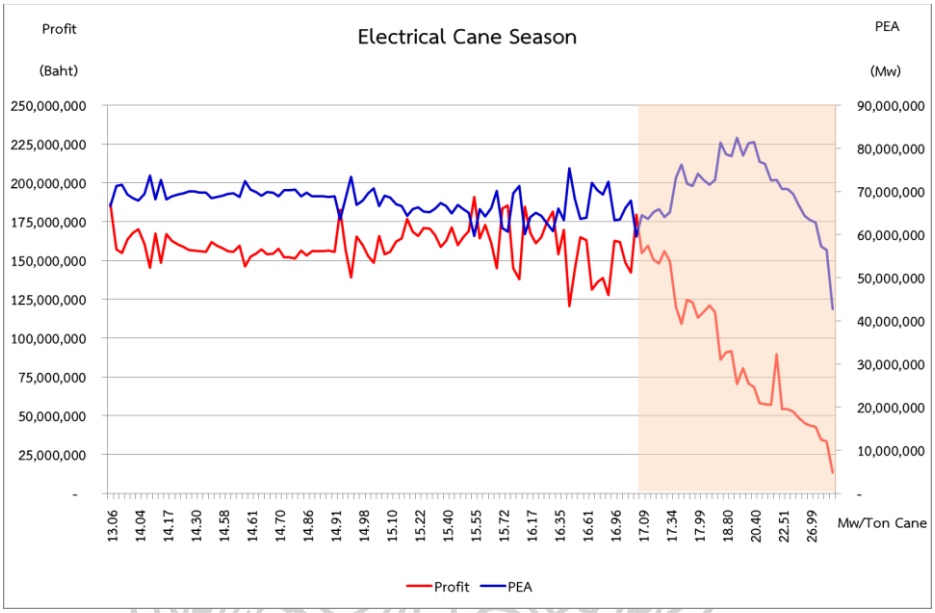
รูปที่ 4.5 ปัจจัยการขายไฟฟ้าช่วงเวลา On Peak และ Off Peak เทียบกับการผลิตไฟฟ้า

4.4.4 ประสิทธิภาพเครื่องจักร (Mechanical Efficiency) ประสิทธิภาพที่เหมาะสมเครื่องจักรอยู่ที่ 97.58 – 98.63 % โดยประสิทธิภาพเครื่องจักรต่ำกว่า 97.58% จะทำให้ปริมาณการขายไฟฟ้าไม่เต็มกำลังการผลิตและประเครื่องจักรภาพเครื่องจักรเกิน 98.63 % จะทำให้ต้องซื้อเชื้อเพลิงเสริมไม้สับและใบอ้อยเพิ่มเติมซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 4.6



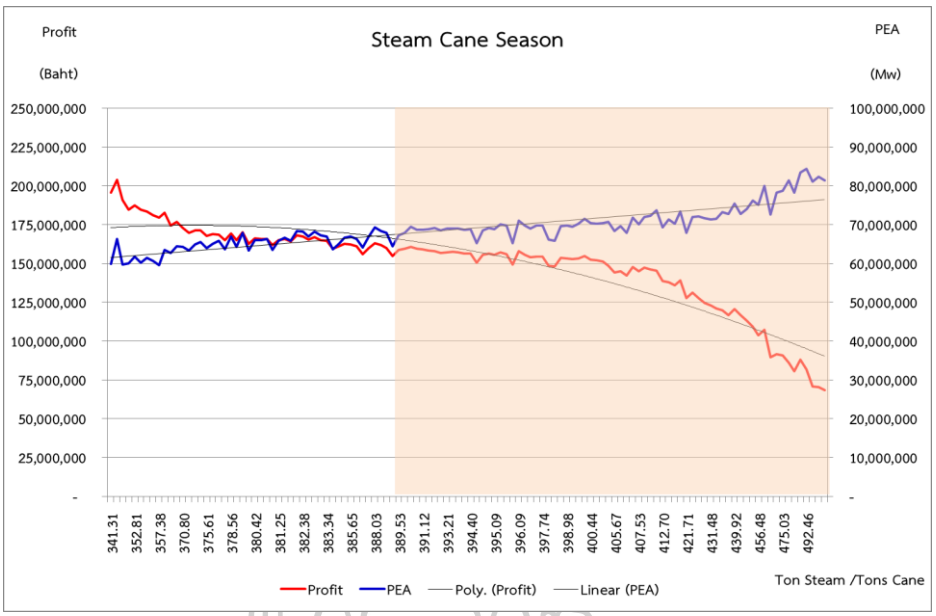
รูปที่ 4.6 ปัจจัยประสิทธิภาพเครื่องจักรเทียบกับการผลิตไฟฟ้า

4.4.5 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในฤดูหีบอ้อยโรงงานน้ำตาลต่อตันการหีบอ้อย ปริมาณการใช้ไฟฟ้าโรงงานน้ำตาลไม่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้าในช่วง 13.06-17.09 MW/Ton Cane ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในฤดูหีบอ้อยโรงงานน้ำตาลมากกว่า 17.09 MW/Ton Cane มีผลต่อกำไรการผลิตลง เนื่องจากต้องจ่ายไฟฟ้าให้โรงงานน้ำตาลเพิ่มปริมาณการขายไฟฟ้าลดลง และต้องซื้อเชื้อเพลิงเสริมไม้สับและใบอ้อยทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 4.7



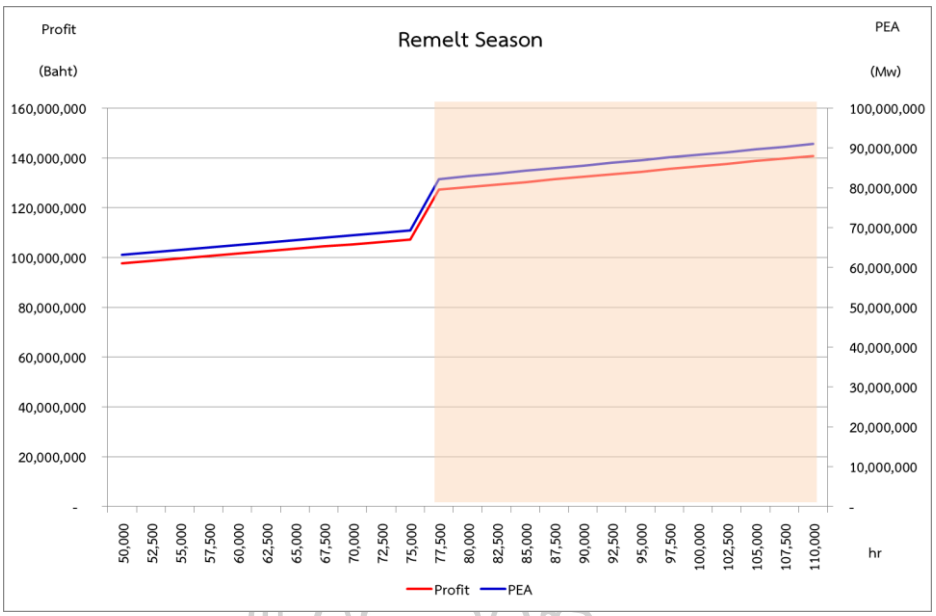
รูปที่ 4.7 ปัจจัยการใช้พลังงานไฟฟ้าโรงงานน้ำตาลตาลต่อตันการหีบอ้อยเทียบกับการผลิตไฟฟ้า

4.4.6 ปริมาณการใช้พลังงานไอน้ำโรงงานน้ำตาลต่อตันการหีบอ้อย ปริมาณการใช้ไฟฟ้าโรงงานน้ำตาลไม่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้า 341.31-389.53 Kg. Steam /Ton Cane ปริมาณการใช้พลังงานไอน้ำโรงงานน้ำตาลมากกว่า 389.53 Kg. Steam /Ton Cane มีผลต่อกำไรการผลิตลงลง เนื่องจากต้องจ่ายไอน้ำให้โรงงานน้ำตาลเพิ่มขึ้น ปริมาณการไอน้ำที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าลดลง และต้องซื้อเชื้อเพลิงเสริมไม้สับและใบอ้อยทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 4.8



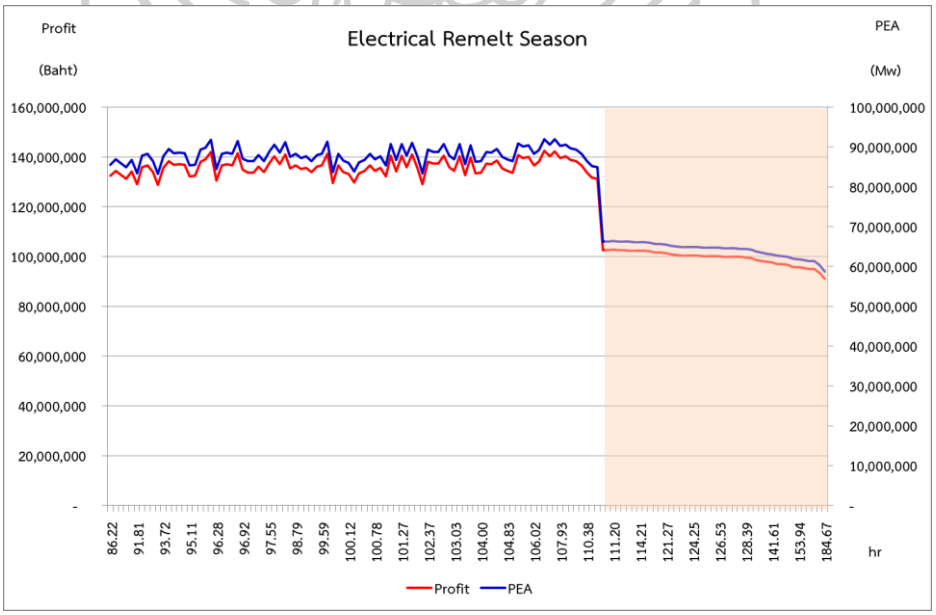
รูปที่ 4.8 ปัจจัยการใช้พลังงานไอน้ำโรงงานน้ำตาลเทียบกับการผลิตไฟฟ้า

4.4.7 ปริมาณการละลายน้ำตาลในฤดูละลาย ปริมาณการละลายน้ำตาล 50,000-75,000 ตันน้ำตาลจะทำให้ปริมาณการผลิตไฟฟ้าไม่เต็มกำลังการผลิตเนื่องจากการขายไฟฟ้าแบบ Co-Generator จะมีการ Generator แบบ Extraction ปริมาณการละลายที่ลดลงจะทำให้ Generator แบบ Extraction เดินได้ไม่เต็มกำลังการผลิตทำให้ปริมาณการขายไฟฟ้าลดลงในฤดูละลายน้ำตาล และทำให้กำไรในการขายไฟฟ้าลดลง ปริมาณการละลายน้ำตาลในฤดูละลาย ที่เหมาะสมต่อการขายไฟฟ้าอยู่ช่วง 75,000-110,000 ตันน้ำตาลละลาย ทำให้กำไรในการผลิตสูงสุด ปริมาณการละลายน้ำตาลในฤดูละลาย ไม่สามารถดำเนินการได้เนื่องจากเต็มกำลังการผลิตน้ำตาลในฤดูละลาย ดังรูปที่ 4.9



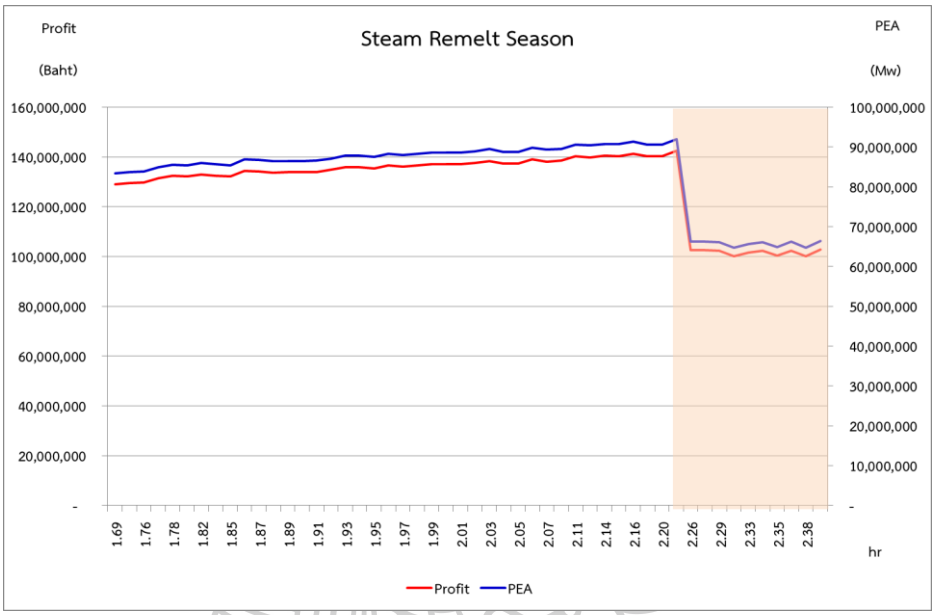
รูปที่ 4.9 ปัจจัยการละลายน้ำตาลฤดูละลายเทียบกับการผลิตไฟฟ้า

4.4.8 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในฤดูละลายโรงงานน้ำตาลต่อตันละลายน้ำตาล ปริมาณการใช้ไฟฟ้าโรงงานน้ำตาลไม่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้าในช่วง 86.22-111.20 kwh/Ton Remelt ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในฤดูละลายโรงงานน้ำตาล 111.20 kwh/Ton Remelt มีผลต่อกำไรการผลิตลง เนื่องจากต้องจ่ายไฟฟ้าให้โรงงานน้ำตาลเพิ่มปริมาณการขายไฟฟ้าลดลง และต้องซื้อเชื้อเพลิงเสริมไม้สับและใบอ้อยทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 ปัจจัยการใช้พลังงานไฟฟ้าโรงงานน้ำตาลฤดูละลายเทียบกับการผลิตไฟฟ้า

4.4.9 ปริมาณการใช้พลังงานไอน้ำฤดูละลายโรงงานน้ำตาลต่อตันละลายน้ำตาล ปริมาณการใช้ไฟฟ้าโรงงานน้ำตาลไม่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้า 1.69-2.20 Ton Steam /Ton Remelt โดยที่ปริมาณการใช้พลังงานไอน้ำฤดูฤดูละลายโรงงานน้ำตาลมากกว่า 2.20 Tons Steam /Ton Remelt มีผลต่อกำไรการผลิตลงลง เนื่องจากต้องจ่ายไอน้ำให้โรงงานน้ำตาลเพิ่มขึ้น ปริมาณการไอน้ำที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าลดลง และต้องซื้อเชื้อเพลิงเสริมไม้สับและใบอ้อยทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 ปัจจัยการใช้พลังงานไอน้ำโรงงานน้ำตาลฤดูละลายเทียบกับการผลิตไฟฟ้า

บทที่ 5

สรุปผลผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอ การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตไฟฟ้าชีวมวล โดยใช้พลวัตของระบบ (System Dynamics) กรณีศึกษา โรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่ง โดยเริ่มจากปัจจัย 4 วงรอบได้กำหนดพารามิเตอร์เพื่อใช้เป็นข้อมูลสร้างแบบ จำลองสถานการณ์ (Simulation Model) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการวิเคราะห์ผลของข้อมูลการผลิตไฟฟ้าเพื่อขายไฟฟ้าในฤดูหีบอ้อยออก มาเป็นรูปกราฟเชิงเส้น เปรียบเทียบกับปริมาณหน่วยการขายไฟฟ้า พบว่ามี 9 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการผลิตไฟฟ้าและกำไรในการขายไฟฟ้า โดยแต่ละปัจจัยมีผลกระทบต่อกำไรในการขายไฟฟ้าแตกต่างกันออกไป ซึ่งข้อมูลดังกล่าว สามารถนำมาวางแผนแผนในการผลิตและการจัดการเพื่อผลิตไฟฟ้าชีวมวล ให้ได้กำไร และประสิทธิภาพสูงสุดของการผลิตไฟฟ้าชีวมวล อีกทั้งยังสามารถตัดสินใจดำเนินกลยุทธ์ให้สอดคล้องกับสภาพความจริงของระบบในการเลือกปัจจัยไปใช้ปรับปรุงกระบวนผลิตและการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และงานวิจัยต่อไป

ปัจจัยทางด้านเชื้อเพลิง ปริมาณการหีบอ้อยในแต่ล่ะปี ส่งผลถึงปริมาณเชื้อเพลิงของการผลิตไฟฟ้าเพื่อขายให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ปริมาณการหีบอ้อย 1,450,000-1,950,000 ตัน ลดปริมาณการซื้อเชื้อเพลิงเสริม รวมถึงประสิทธิภาพเครื่องจักร (Mechanical Efficiency) 97.58 – 98.63 % ทำให้เครื่องจักรเดินได้ตามแผนกระบวนการการผลิตน้ำตาลและกระบวนการผลิตไฟฟ้า จะส่งผลถึงต้นทุนในการผลิตเหมาะสมกับการผลิตไฟฟ้า ส่งผลให้กำไรในการผลิตไฟฟ้าเพื่อขายให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งแห่งประเทศไทยสูงสุด

ปัจจัยราคาขายไฟฟ้าแต่ละช่วงเวลา (On Peak – Off Peak) มีผลต่อปริมาณการผลิตไฟฟ้าเพื่อขายไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งแห่งประเทศไทย แต่มีผลต่อกำไรจากการผลิตไฟฟ้า ดังนั้นการวางแผนการผลิตควรมีการขายไฟฟ้าสูงสุดตามสัญญาในการขายไฟฟ้า 15.8 Mwh ในช่วง On Peak เพื่อให้ได้ราคาขายสูงสุด และปรับการขายไฟฟ้าในช่วง Off Peak ตามปริมาณการใช้ไฟฟ้าและไอน้ำของกระบวนการผลิตน้ำตาลและปริมาณเชื้อเพลิงในแต่ล่ะปี

ปัจจัยการใช้ไอน้ำและไฟฟ้าของกระบวนการผลิตน้ำตาล ทั้งฤดูหีบและฤดูละลายน้ำตาล ส่งผลต่อการผลิตไฟฟ้าเพื่อขายให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งแห่งประเทศไทย การลดปริมาณการใช้ปริมาณไอน้ำและไฟฟ้าฤดูหีบและฤดูละลายน้ำตาล จะไม่ส่งผลต่อการขายไฟฟ้า เนื่องจากยังสามารถ

ขายไฟฟ้าผ่านระบบ Condensing Unit ได้ แต่การเพิ่มปริมาณการใช้งานไอน้ำและไฟฟ้าฤดูหีบและฤดูละลายน้ำตาล จะส่งผลต่อปริมาณเชื้อเพลิง ทำให้ต้องซื้อเชื้อเพลิงเสริมมากขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตมากขึ้น มีผลต่อกำไรในการผลิตไฟฟ้าเพื่อขายไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งแห่งประเทศไทยลดลง

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการวิเคราะห์ครั้งนี้ ได้ใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าชีวมวลเพื่อขายไฟฟ้าเฉพาะโรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่ง เป็นข้อมูลและปัจจัยเฉพาะโรงงาน ซึ่งการประยุกค์ใช้งานต้องศึกษาปัจจัยและออกแบบโมเดลของโรงงานที่ต้องการศึกษา และปรับปรุงโมเดลให้เข้ากับโรงงงานที่ศึกษา อีกทั้งงานวิจัยยังขาดปัจจัยบางปัจจัยซึ่งในระบบอุตสาหกรรมการผลิตการผลิตไฟฟ้า เช่น คุณภาพเชื้อเพลิง ชนิดต่างๆของเชื้อเพลิง ประสิทธิภาพโรงไฟฟ้า (Power Plant Efficiency) ในลักษณะที่แตกต่างกันไป ดังนั้นในการทำการทดลองครั้งใหม่ต้องมีการเก็บข้อมูลเพิ่มเติม

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาคแผนก

ภาคแผนก ก ข้อมูลการผลิตที่ใช้ทำวิจัย

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลการผลิตฤดูหีบอ้อย

		Tons	%	%	%	%	Tons		KWH	KWH	KWH	Tons	KWH	KWH	KWH	KWH	KWH	KWH	Mw
No.	Date	TONS CANE CRUSHED	BAGASSE % CANE	MECHANICAL EFFICIENCYE Overall plant	MECHANICAL EFFICIENCYE Sugar plant	MECHANICAL EFFICIENCYE Power plant	TONS STEAM FOR SUGAR PLANT	OVERALL STEAM KGS / TON CANE	KWH. USED IN PROCESS	KWH. USED / TON CANE	TONS STEAM PRODUCED	TONS STEAM FOR POWER PLANT	KWH. GENERATED	KWH. GENERATED (Block1)	KWH. GENERATED (Block3)	KWH. USED IN POWER PLANT	KWH. USED / TON CANE	KWH. FOR PEA. (Block1)	AVG.POWER (MW.) FOR PEA.
1	7/12/2017	7,166.84	24.21	88.49	88.49	100.00	3349	467.29	154,712	21.59	3709	360	373,272	265,982	107,290	41,680	5.82	176,880	8.42
2	8/12/2017	12,502.44	26.18	98.63	100.00	98.63	4696	375.61	202,199	16.17	5431	735	548,938	405,428	143,510	52,499	4.20	294,240	12.26
3	9/12/2017	12,092.87	27.13	89.92	89.92	100.00	4789	396.02	209,714	17.34	5344	555	503,816	344,662	159,154	48,222	3.99	245,880	10.25
4	10/12/2017	14,806.72	26.80	97.92	97.92	100.00	5224	352.81	228,061	15.40	5926	702	607,939	455,668	152,271	53,838	3.64	326,040	13.59
5	11/12/2017	15,305.80	26.11	100.00	100.00	100.00	5224	341.31	228,061	14.90	5926	702	607,939	455,668	152,271	53,838	3.52	326,040	13.59
6	12/12/2017	15,461.65	26.08	100.00	100.00	100.00	5505	356.04	243,001	15.72	6299	794	630,099	470,125	159,974	55,058	3.56	332,040	13.84
7	13/12/2017	14,324.66	25.01	100.00	100.00	93.75	5451	380.53	238,001	16.61	6103	652	562,765	394,630	168,135	49,484	3.45	275,280	13.11
8	14/12/2017	15,006.62	26.05	100.00	100.00	100.00	5293	352.71	242,161	16.14	5852	559	599,497	475,915	123,582	56,496	3.76	300,840	12.54
9	15/12/2017	15,054.23	25.87	96.88	96.88	99.29	5376	357.11	246,008	16.34	5911	535	592,234	449,011	143,223	55,946	3.72	290,280	12.10
10	16/12/2017	15,352.44	25.98	100.00	100.00	100.00	5818	378.96	249,774	16.27	6317	499	642,459	458,674	183,785	56,445	3.68	336,240	14.01
11	17/12/2017	15,409.11	25.19	99.29	99.29	100.00	5826	378.09	255,828	16.60	6443	617	647,917	468,467	179,450	57,529	3.73	334,560	13.94
12	18/12/2017	15,202.14	25.75	97.57	97.57	100.00	6054	398.23	258,775	17.02	6733	679	661,616	459,605	202,011	56,041	3.69	346,800	14.45
13	19/12/2017	15,429.04	26.43	97.22	97.22	100.00	5514	357.38	263,211	17.06	6216	702	658,748	443,353	215,395	55,577	3.60	339,960	14.17
14	20/12/2017	15,317.03	26.07	99.30	99.30	100.00	5963	389.31	261,834	17.09	6717	754	666,955	448,842	218,113	56,761	3.71	348,360	14.52
15	21/12/2017	15,435.66	25.86	97.22	97.22	100.00	5927	383.98	250,567	16.23	6660	733	643,906	431,412	212,494	56,499	3.66	336,840	14.04
16	22/12/2017	13,696.71	26.42	100.00	100.00	100.00	5776	421.71	257,837	18.82	6423	647	647,398	435,654	211,744	56,201	4.10	333,360	13.89
17	23/12/2017	15,316.64	26.24	100.00	100.00	100.00	6045	394.67	262,911	17.17	6607	562	627,576	405,913	221,663	48,585	3.17	316,080	13.17
18	24/12/2017	15,515.90	25.68	100.00	100.00	100.00	6014	387.60	266,632	17.18	6734	720	671,135	451,087	220,046	58,661	3.78	345,840	14.41
19	25/12/2017	15,512.90	25.33	100.00	100.00	100.00	5948	383.42	265,355	17.11	6679	731	673,561	450,787	222,774	55,886	3.60	352,320	14.68
20	26/12/2017	15,528.74	25.76	100.00	100.00	100.00	6320	406.99	264,537	17.04	6996	676	666,737	446,280	220,457	55,160	3.55	347,040	14.46
21	2/1/2018	9,402.97	24.66	93.12	93.12	97.92	3503	372.54	153,731	16.35	4016	513	384,426	310,750	73,676	37,495	3.99	193,200	11.36
22	3/1/2018	13,656.47	24.84	98.10	98.10	100.00	5014	367.15	222,229	16.27	5655	641	575,346	470,310	105,036	55,517	4.07	297,600	12.40
23	4/1/2018	15,427.15	25.07	100.00	100.00	100.00	5445	352.95	244,603	15.86	6164	719	615,302	479,157	136,145	57,019	3.70	313,680	13.07
24	5/1/2018	15,495.20	25.11	97.58	97.58	100.00	5885	379.80	262,862	16.96	6656	771	658,362	492,879	165,483	56,620	3.65	338,880	14.12
25	6/1/2018	15,459.29	25.07	98.96	98.96	100.00	5889	380.94	262,289	16.97	6510	621	602,963	413,727	189,236	49,434	3.20	291,240	13.87
26	7/1/2018	15,530.06	25.84	100.00	100.00	100.00	5935	382.16	217,136	13.98	6684	749	631,607	424,695	206,912	96,591	6.22	317,880	13.25
27	8/1/2018	15,401.79	26.69	100.00	100.00	100.00	6024	391.12	219,247	14.24	6734	710	657,296	472,975	184,321	104,209	6.77	333,840	13.91
28	9/1/2018	15,443.84	25.74	100.00	100.00	99.29	6115	395.95	224,002	14.50	6851	736	668,876	467,753	201,123	102,874	6.66	342,000	14.25
29	10/1/2018	15,444.09	25.55	100.00	100.00	100.00	6120	396.27	224,209	14.52	6840	720	673,461	477,222	196,239	105,212	6.81	344,040	14.34
30	11/1/2018	15,587.14	25.69	100.00	100.00	100.00	6049	388.08	221,366	14.20	6768	719	659,432	474,072	185,360	101,586	6.52	336,480	14.02
31	12/1/2018	15,404.59	25.56	100.00	100.00	98.96	6092	395.47	219,834	14.27	6747	655	633,538	429,427	204,111	96,784	6.28	316,920	13.78
32	13/1/2018	15,455.26	26.65	100.00	100.00	100.00	6177	399.67	213,927	13.84	6854	677	668,602	468,650	199,952	105,955	6.86	348,720	14.53
33	14/1/2018	15,495.01	25.89	100.00	100.00	100.00	5925	382.38	219,268	14.15	6709	784	637,069	448,051	189,018	100,881	6.51	316,920	13.21
34	15/1/2018	15,518.39	26.04	100.00	100.00	100.00	5884	379.16	217,876	14.04	6655	771	628,282	435,335	192,947	100,086	6.45	310,320	12.93
35	16/1/2018	15,590.29	25.85	100.00	100.00	100.00	5970	382.93	220,949	14.17	6751	781	649,650	460,510	189,140	101,701	6.52	327,000	13.63
36	17/1/2018	15,578.23	25.82	99.29	99.29	100.00	6114	392.47	227,296	14.59	6957	843	673,309	485,084	188,225	102,933	6.61	343,080	14.30
37	18/1/2018	15,655.67	25.87	100.00	100.00	100.00	6201	396.09	223,952	14.30	6987	786	663,584	475,154	188,430	103,512	6.61	336,120	14.01
38	19/1/2018	15,525.19	25.96	100.00	100.00	100.00	6175	397.74	227,109	14.63	6942	767	666,667	473,797	192,870	104,758	6.75	334,800	13.95
39	20/1/2018	15,424.93	25.62	97.58	97.58	100.00	6071	393.58	226,016	14.65	6807	736	614,955	414,365	200,590	96,859	6.28	292,080	13.28
40	21/1/2018	15,118.65	25.70	97.92	97.92	100.00	6022	398.32	221,907	14.68	6738	716	620,291	426,604	193,687	96,584	6.39	301,800	14.17
41	22/1/2018	15,198.30	25.53	97.58	97.58	100.00	6157	405.11	228,279	15.02	6973	816	671,383	476,440	194,943	103,864	6.83	339,240	14.14
42	23/1/2018	15,336.56	25.89	100.00	100.00	100.00	6119	398.98	227,936	14.86	6968	849	663,617	468,040	195,577	102,201	6.66	333,480	13.90
43	24/1/2018	15,517.25	26.46	100.00	100.00	100.00	6051	389.95	226,370	14.59	6890	839	647,606	456,850	190,756	102,156	6.58	319,080	13.30
44	25/1/2018	15,520.26	25.79	100.00	100.00	100.00	6215	400.44	226,974	14.62	7084	869	661,481	471,016	190,465	102,467	6.60	332,040	13.84
45	26/1/2018	15,515.52	26.25	100.00	100.00	100.00	6170	397.67	227,872	14.69	7021	851	666,623	473,927	192,696	104,671	6.75	334,080	13.92
46	27/1/2018	15,481.37	25.91	100.00	100.00	100.00	6204	400.74	228,169	14.74	6989	785	639,852	446,587	193,265	102,083	6.59	309,600	13.34
47	28/1/2018	15,253.72	26.58	95.83	95.83	100.00	5958	390.59	215,279	14.11	6760	802	626,189	443,629	182,560	104,550	6.85	306,360	12.77
48	29/1/2018	4,833.62	25.50	100.00	100.00	100.00	3635	752.02	130,439	26.99	3943	308	307,836	157,092	150,744	56,677	11.73	120,720	12.07
49	30/1/2018	15,263.14	25.89	98.63	98.63	100.00	5233	342.85	167,558	10.98	5424	191	300,149	109,501	190,648	58,311	3.82	74,280	10.61
50	31/1/2018	15,481.34	25.61	100.00	100.00	100.00	6086	393.12	220,638	14.25	6865	779	650,140	465,339	184,801	99,262	6.41	330,240	13.76

		Tons	%	%	%	%	Tons		KWH	KWH	KWH	Tons	KWH	KWH	KWH	KWH	KWH	KWH	Mw
No.	Date	TONS CANE CRUSHED	BAGASSE % CANE	MECHANICAL EFFICIENCY'E Overall plant	MECHANICAL EFFICIENCY'E Sugar plant	MECHANICAL EFFICIENCY'E Power plant	TONS STEAM FOR SUGAR PLANT	OVERALL STEAM KGS / TON CANE	KWH. USED IN PROCESS	KWH. USED / TON CANE	TONS STEAM PRODUCED	TONS STEAM FOR POWER PLANT	KWH. GENERATED	KWH. GENERATED (Block1)	KWH. GENERATED (Block3)	KWH. USED IN POWER PLANT	KWH. USED / TON CANE	KWH. FOR PEA (Block1)	AVG.POWER (MW.) FOR PEA.
51	1/2/2018	15,622.48	25.90	100.00	100.00	100.00	6062	388.03	217,802	13.94	6898	836	662,795	484,338	178,457	103,353	6.62	341,640	14.24
52	2/2/2018	15,231.55	25.39	97.58	97.58	100.00	5911	388.08	221,268	14.53	6740	829	653,822	469,021	184,801	98,714	6.48	333,840	13.91
53	3/2/2018	15,506.65	25.83	98.25	98.25	100.00	6157	397.06	211,865	13.66	6854	697	670,641	477,470	193,171	108,016	6.97	350,760	14.62
54	4/2/2018	15,293.52	25.86	97.21	97.21	100.00	6311	412.66	216,165	14.13	6919	608	671,439	478,216	193,223	101,874	6.66	353,400	14.73
55	5/2/2018	11,918.87	26.07	80.88	80.88	100.00	5488	460.45	192,114	16.12	5959	471	546,750	356,310	190,440	91,956	7.72	262,680	13.83
56	6/2/2018	15,348.21	26.22	98.25	98.25	100.00	6262	408.00	217,271	14.16	6766	504	628,920	432,460	196,460	98,089	6.39	313,560	13.63
57	7/2/2018	15,628.00	26.32	99.29	99.29	100.00	6407	409.97	228,298	14.61	7018	611	676,831	484,771	192,060	100,653	6.44	347,880	14.50
58	8/2/2018	15,704.24	26.32	100.00	100.00	100.00	6396	407.28	229,024	14.58	7072	676	679,155	491,307	187,848	99,731	6.35	350,400	14.60
59	9/2/2018	15,531.74	25.89	100.00	100.00	100.00	6498	418.37	232,457	14.97	7208	710	685,515	479,862	205,653	98,698	6.35	354,360	14.77
60	10/2/2018	15,463.23	25.87	99.29	99.29	100.00	6210	401.60	228,771	14.79	6954	744	659,167	465,446	193,721	99,436	6.43	330,960	13.79
61	11/2/2018	13,980.62	26.48	100.00	100.00	100.00	5030	359.78	208,915	14.94	5784	754	606,660	501,293	105,367	88,505	6.33	309,240	12.89
62	12/2/2018	15,513.88	25.96	100.00	100.00	100.00	6197	399.45	226,384	14.59	6992	795	673,576	476,560	197,016	102,552	6.61	344,640	14.36
63	13/2/2018	15,516.48	25.83	100.00	100.00	100.00	6066	390.94	226,479	14.60	6823	757	649,682	458,169	191,513	99,323	6.40	323,880	13.50
64	14/2/2018	15,663.52	25.72	100.00	100.00	100.00	6159	393.21	230,319	14.70	6947	788	669,098	478,829	190,269	100,739	6.43	338,040	14.09
65	15/2/2018	15,481.34	26.05	100.00	100.00	100.00	6114	394.93	230,628	14.90	6930	816	671,024	485,871	185,153	100,436	6.49	339,960	14.17
66	16/2/2018	15,481.34	26.05	100.00	100.00	100.00	6114	394.93	230,628	14.90	6930	816	671,024	485,871	185,153	100,436	6.49	339,960	14.17
67	17/2/2018	15,636.14	25.96	100.00	100.00	100.00	6160	393.96	232,961	14.90	6933	773	679,938	485,417	194,521	101,737	6.51	345,240	14.39
68	18/2/2018	15,393.93	25.88	100.00	100.00	100.00	6112	397.04	232,029	15.07	6917	805	654,754	461,894	192,860	102,325	6.65	320,400	13.35
69	19/2/2018	15,431.91	25.80	97.92	97.92	100.00	6092	394.77	232,959	15.10	6950	858	679,057	489,668	189,389	102,898	6.67	343,200	14.30
70	20/2/2018	15,257.64	26.13	99.31	99.31	100.00	5819	381.38	229,579	15.05	6649	830	654,920	483,246	171,674	102,661	6.73	322,680	13.45
71	21/2/2018	15,526.23	25.94	100.00	100.00	100.00	6043	389.21	232,521	14.98	6930	887	672,208	476,530	195,678	101,527	6.54	338,160	14.09
72	22/2/2018	15,523.13	26.23	100.00	100.00	100.00	6133	395.09	231,467	14.91	6910	777	663,315	474,546	188,769	102,568	6.61	329,280	13.72
73	23/2/2018	15,575.53	25.92	98.96	98.96	100.00	6143	394.40	231,023	14.83	6981	838	679,032	484,188	194,844	103,369	6.64	344,640	14.36
74	24/2/2018	15,594.05	25.77	100.00	100.00	100.00	6137	393.55	233,271	14.96	6959	822	684,431	481,749	202,682	104,240	6.68	346,920	14.46
75	25/2/2018	15,077.97	26.09	100.00	100.00	97.58	5775	383.01	223,359	14.81	6497	722	598,394	392,829	205,565	95,675	6.35	279,360	11.64
76	26/2/2018	15,304.23	26.09	100.00	100.00	100.00	6107	399.04	229,716	15.01	6924	817	654,608	451,405	203,203	101,252	6.62	323,640	14.07
77	27/2/2018	10,037.58	26.82	88.75	88.75	100.00	5214	519.45	205,119	20.44	5932	718	623,339	443,389	179,950	99,020	9.86	319,200	13.30
78	28/2/2018	602.05	26.78	100.00	100.00	100.00	2125	3,529.61	91,137	151.38	2188	63	178,828	67,432	111,396	57,571	95.62	30,120	13.10
79	3/3/2018	15,335.91	25.69	100.00	100.00	100.00	5531	360.66	200,260	13.06	6064	535	481,568	302,398	179,170	85,948	5.60	195,360	12.21
80	4/3/2018	15,030.83	26.10	100.00	100.00	100.00	5690	378.56	218,723	14.55	6381	691	571,301	376,543	194,758	97,818	6.51	254,760	12.74
81	5/3/2018	15,148.46	26.10	98.96	98.96	100.00	5842	385.65	230,121	15.19	6609	767	648,794	466,553	182,241	104,633	6.91	314,040	13.09
82	6/3/2018	15,176.53	25.97	98.96	98.96	100.00	5786	381.25	234,462	15.45	6607	821	649,834	471,868	177,966	105,532	6.95	309,840	12.91
83	7/3/2018	15,142.31	26.55	100.00	100.00	100.00	5767	380.85	230,490	15.22	6471	704	602,330	420,582	181,748	100,760	6.65	271,080	12.32
84	8/3/2018	15,213.27	26.22	97.58	97.58	100.00	5900	387.82	234,649	15.42	6710	810	667,887	474,223	193,664	105,878	6.96	327,360	13.64
85	9/3/2018	14,024.89	26.62	100.00	100.00	95.50	5707	406.92	224,026	15.97	6392	685	613,107	432,059	181,048	103,481	7.38	285,600	11.90
86	10/3/2018	14,165.99	26.51	100.00	100.00	100.00	5773	407.53	222,570	15.71	6555	782	644,996	459,662	185,334	106,226	7.50	316,200	13.18
87	11/3/2018	15,575.47	26.09	100.00	100.00	100.00	5957	382.46	233,129	14.97	6704	747	656,584	469,458	187,126	103,655	6.66	319,800	13.33
88	12/3/2018	15,517.18	26.55	98.96	98.96	100.00	5903	380.42	237,970	15.34	6741	838	657,679	471,280	186,399	104,349	6.72	315,360	13.14
89	13/3/2018	15,110.38	26.81	96.54	96.54	100.00	5886	389.53	231,930	15.35	6641	755	629,504	440,094	189,410	101,534	6.72	296,040	12.87
90	14/3/2018	15,353.85	26.32	98.25	98.25	100.00	5906	384.66	236,018	15.37	6773	867	665,441	468,249	197,192	104,463	6.80	324,960	13.54
91	15/3/2018	15,593.11	26.74	100.00	100.00	100.00	5841	374.59	239,009	15.33	6699	858	636,919	448,931	187,988	103,550	6.64	294,360	12.27
92	16/3/2018	15,409.85	27.24	100.00	100.00	100.00	5756	373.53	237,305	15.40	6630	874	671,643	455,171	216,472	103,738	6.73	330,600	13.78
93	17/3/2018	15,041.62	26.98	100.00	100.00	100.00	5801	385.66	235,337	15.65	6634	833	693,990	470,200	223,790	105,493	7.01	353,160	14.72
94	18/3/2018	11,843.76	27.14	100.00	100.00	98.63	5140	433.98	214,813	18.14	5905	765	618,379	446,195	172,184	102,366	8.64	301,200	12.55
95	19/3/2018	14,036.41	27.23	100.00	100.00	100.00	4858	346.10	218,203	15.55	5857	999	629,433	487,183	142,250	103,550	7.38	307,680	12.82
96	20/3/2018	15,138.67	26.96	100.00	100.00	100.00	5695	376.19	235,302	15.54	6544	849	674,265	470,056	204,209	105,243	6.95	333,720	13.91
97	21/3/2018	15,102.46	26.62	97.58	97.58	100.00	5600	370.80	236,063	15.63	6488	888	679,594	476,604	202,990	105,011	6.95	338,520	14.11
98	22/3/2018	15,135.75	27.28	98.96	98.96	100.00	5780	381.88	235,492	15.56	6633	853	681,466	476,056	205,410	107,094	7.08	338,880	14.12
99	23/3/2018	15,470.78	26.85	100.00	100.00	100.00	5681	367.21	235,150	15.20	6556	875	684,082	478,054	206,028	107,292	6.94	341,640	14.24
100	24/3/2018	13,409.33	27.42	91.67	91.67	100.00	5534	412.70	226,257	16.87	6251	717	663,345	453,675	209,670	105,528	7.87	331,560	13.82

		Tons	%	%	%	%	Tons		KWH	KWH	KWH	Tons	KWH	KWH	KWH	KWH	KWH	KWH	Mw
No.	Date	TONS CANE CRUSHED	BAGASSE % CANE	MECHANICAL EFFICIENCYE Overall plant	MECHANICAL EFFICIENCYE Sugar plant	MECHANICAL EFFICIENCYE Power plant	TON S STEAM FOR SUGAR PLANT	OVERALL STEAM KGS / TON CANE	KWH. USED IN PROCESS	KWH. USED / TON CANE	TON S STEAM PRODUCED	TON S STEAM FOR POWER PLANT	KWH. GENERATED	KWH. GENERATED (Block1)	KWH. GENERATED (Block3)	KWH. USED IN POWER PLANT	KWH. USED / TON CANE	KWH. FOR PEA. (Block1)	AVG.POWER (MW.) FOR PEA.
100	24/3/2018	13,409.33	27.42	91.67	91.67	100.00	5534	412.70	226,257	16.87	6251	717	663,345	453,675	209,670	105,528	7.87	331,560	13.82
101	25/3/2018	13,375.40	27.50	92.00	92.00	99.29	5426	405.67	221,485	16.56	6272	846	639,984	437,015	202,969	105,419	7.88	313,080	13.05
102	26/3/2018	14,258.81	27.63	95.50	95.50	100.00	5466	383.34	216,678	15.20	6025	559	536,664	321,758	214,906	93,666	6.57	226,320	11.91
103	27/3/2018	12,242.60	28.17	90.29	90.29	100.00	5357	437.57	214,687	17.54	6109	752	643,937	436,445	207,492	104,530	8.54	324,720	13.53
104	28/3/2018	14,979.76	27.25	100.00	100.00	100.00	5655	377.51	227,807	15.21	6508	853	667,755	452,160	215,595	106,348	7.10	333,600	13.90
105	29/3/2018	11,259.10	26.85	100.00	100.00	100.00	4956	440.18	204,326	18.15	5707	751	613,108	413,161	199,947	102,902	9.14	305,880	13.30
106	30/3/2018	10,454.82	27.68	100.00	100.00	100.00	4950	473.47	197,373	18.88	5619	669	582,937	386,699	196,238	103,324	9.88	282,240	12.27
107	31/3/2018	10,545.61	27.52	100.00	100.00	100.00	4638	439.80	190,913	18.10	5067	429	446,927	239,417	207,510	80,934	7.67	175,080	13.47
108	1/4/2018	8,456.91	27.91	100.00	100.00	100.00	4512	533.53	179,990	21.28	5118	606	486,561	311,706	174,855	102,691	12.14	203,880	9.71
109	2/4/2018	9,109.40	27.60	100.00	100.00	100.00	4544	498.83	184,397	20.24	5288	744	560,174	388,964	171,210	99,177	10.89	276,600	12.57
110	3/4/2018	10,357.54	28.12	100.00	100.00	100.00	4728	456.48	194,055	18.74	5422	694	534,580	356,298	178,282	97,645	9.43	242,880	12.14
111	4/4/2018	11,478.99	27.58	100.00	100.00	100.00	4953	431.48	206,171	17.96	5751	798	619,699	424,345	195,354	105,488	9.19	308,040	12.84
112	5/4/2018	10,976.97	27.85	100.00	100.00	100.00	4891	445.57	197,454	17.99	5515	624	529,411	327,276	202,135	96,277	8.77	235,680	11.61
113	6/4/2018	7,973.53	27.73	100.00	100.00	100.00	4379	549.19	179,758	22.54	5240	861	609,566	433,159	176,407	103,288	12.95	326,520	13.61
114	7/4/2018	9,243.09	27.72	100.00	100.00	100.00	4481	484.79	187,102	20.24	5296	815	574,141	391,186	182,955	104,439	11.30	282,600	11.78
115	8/4/2018	8,957.44	28.16	100.00	100.00	100.00	4488	501.04	176,588	19.71	5206	718	538,937	350,100	188,837	95,709	10.68	266,640	12.70
116	9/4/2018	9,887.85	28.08	100.00	100.00	100.00	4697	475.03	185,920	18.80	5513	816	601,584	411,796	189,788	107,624	10.88	308,040	12.84
117	10/4/2018	8,152.41	28.22	100.00	100.00	100.00	4441	544.75	183,509	22.51	5287	846	592,340	413,670	178,670	104,151	12.78	304,680	12.70
118	18/4/2018	9,155.00	27.84	99.10	99.10	96.17	4426	483.45	166,278	18.16	5158	732	526,257	385,511	140,746	98,499	10.76	261,480	11.37
119	19/4/2018	8,707.36	29.21	100.00	100.00	100.00	4367	501.53	177,615	20.40	5075	708	517,894	362,322	155,572	99,079	11.38	241,200	10.05
120	20/4/2018	11,056.57	29.52	98.74	98.74	100.00	4732	427.98	187,495	16.96	5463	731	534,155	374,558	159,597	94,420	8.54	252,240	11.47
121	21/4/2018	11,023.33	28.61	100.00	100.00	100.00	4991	452.77	193,352	17.54	5807	816	592,446	431,200	161,246	101,494	9.21	297,600	12.40
122	22/4/2018	11,593.23	28.40	96.51	96.51	100.00	4992	430.60	204,480	17.64	5783	791	582,665	423,321	159,344	100,985	8.71	277,200	11.55
123	23/4/2018	11,233.59	28.47	100.00	100.00	98.96	4678	416.43	180,281	16.05	5380	702	506,934	342,794	164,140	90,733	8.08	235,920	9.83
124	24/4/2018	10,697.34	28.26	97.93	97.93	100.00	4706	439.92	176,041	16.46	5476	770	519,478	354,342	165,136	94,197	8.81	249,240	10.39
125	25/4/2018	11,084.67	28.69	100.00	100.00	100.00	4703	424.28	184,181	16.62	5499	796	559,298	396,008	163,290	95,877	8.65	279,240	11.64
126	26/4/2018	2,797.08	29.36	100.00	100.00	100.00	2702	966.01	111,569	39.89	2903	201	244,886	109,705	135,181	61,077	21.84	72,240	10.32
127	27/4/2018	6,658.42	28.52	94.87	94.87	74.29	3279	492.46	115,606	17.36	3428	149	209,231	67,808	141,423	46,585	7.00	47,040	9.41
128	2/5/2018	4,971.78	27.11	96.56	96.56	100.00	3154	634.38	131,138	26.38	3460	306	313,032	161,812	151,220	64,294	12.93	117,600	11.76
129	3/5/2018	6,142.84	27.42	100.00	100.00	100.00	3877	631.14	152,400	24.81	4528	651	488,712	337,072	151,640	97,392	15.85	238,920	10.39
130	4/5/2018	6,673.69	28.32	100.00	100.00	100.00	4018	602.07	209,213	31.35	4766	748	525,946	376,506	149,440	53,333	7.99	263,400	10.98
131	5/5/2018	6,837.61	27.62	100.00	100.00	100.00	3931	574.91	158,659	23.20	4502	571	449,876	284,956	164,920	81,817	11.97	209,400	12.32
132	6/5/2018	8,663.47	27.78	100.00	100.00	100.00	4480	517.11	181,006	20.89	5140	660	479,690	323,802	155,888	92,644	10.69	206,040	9.37
133	8/5/2018	7,585.20	28.78	93.04	93.04	73.96	3724	490.96	129,420	17.06	3760	36	184,882	20,877	164,005	43,342	5.71	12,120	6.06
134	9/5/2018	11,649.02	29.43	99.29	99.29	100.00	4573	392.57	190,446	16.35	5166	593	454,075	291,054	163,021	94,429	8.11	169,200	7.69
135	10/5/2018	12,210.39	29.98	100.00	100.00	100.00	4863	398.27	209,640	17.17	5589	726	543,505	379,633	163,872	109,465	8.96	224,400	9.35
136	11/5/2018	10,460.17	27.87	97.92	97.92	88.21	4364	417.20	175,623	16.79	4766	402	373,320	214,007	159,313	65,937	6.30	131,760	9.41
137	12/5/2018	6,874.18	31.14	44.79	44.79	100.00	3853	560.50	188,419	27.41	4514	661	514,092	354,824	159,268	100,073	14.56	225,600	9.40
138	13/5/2018	5,747.81	35.67	63.88	63.88	100.00	4032	701.48	177,183	30.83	4621	589	463,182	303,144	160,038	95,919	16.69	190,080	7.92
139	14/5/2018	3,245.69	35.64	39.25	39.25	100.00	3422	1,054.32	165,616	51.03	3964	542	447,723	288,209	159,514	95,267	29.35	186,840	7.79

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลการผลิตฤดูการละลายน้ำตาล

	Unit	Tons	%	Tons		KWH	KWH	KWH	Tons	KWH	KWH	KWH	KWH	Mw
No.	Date	TONS SUGAR REMELT : WEIGHT	MECHANICAL EFFICIENCYE Overall plant	TONS STEAM FOR SUGAR PLANT	OVR.STEAM(Tons)/TON SUGAR REMELT	KWH. USED IN PROCESS	KWH.USED : PER TON SUGAR REMELT	TONS STEAM PRODUCED	TONS STEAM FOR POWER PLANT	KWH. GENERATED	KWH. GENERATED (Block1)	KWH. USED IN POWER PLANT	KWH. FOR PEA. (Block1)	AVG.POWER (MW.) FOR PEA.
1	19/5/2018	160.10	100.00	991	6.19	23,386	146.07	1,320	329	220,260	220,260	30,554	166,320	6.93
2	20/5/2018	511.02	100.00	1,533	3.00	65,180	127.55	2,236	703	444,678	444,678	57,058	322,440	13.44
3	21/5/2018	620.84	100.00	1,595	2.57	104,635	168.54	2,304	709	455,335	455,335	56,700	294,000	12.25
4	22/5/2018	635.40	100.00	1,618	2.55	77,545	122.04	2,342	724	465,478	465,478	56,973	330,960	13.79
5	23/5/2018	599.88	100.00	1,599	2.67	73,963	123.30	2,359	760	470,492	470,492	55,129	341,400	14.23
6	24/5/2018	637.05	100.00	1,563	2.45	70,352	110.43	2,320	757	459,491	459,491	58,059	331,080	13.80
7	25/5/2018	391.43	67.33	1,158	2.96	50,039	127.84	1,694	536	321,600	321,600	41,521	230,040	9.59
8	26/5/2018	211.75	47.92	1,500	7.08	62,756	296.37	2,276	776	448,612	448,612	56,696	329,160	13.72
9	27/5/2018	178.01	50.00	1,573	8.84	60,495	339.84	2,366	793	473,160	473,160	56,625	356,040	14.84
10	28/5/2018	249.37	57.29	1,591	6.38	57,720	231.46	2,403	812	478,968	478,968	54,918	366,330	15.26
11	29/5/2018	194.72	48.25	1,542	7.92	57,520	295.40	2,332	790	460,822	460,822	56,862	346,440	14.44
12	30/5/2018	543.79	100.00	1,609	2.96	68,805	126.53	2,401	792	479,040	479,040	56,835	353,400	14.73
13	31/5/2018	650.46	100.00	1,578	2.43	70,587	108.52	2,339	761	461,557	461,557	57,250	333,720	13.91
14	1/6/2018	116.97	47.58	1,299	11.11	52,683	450.40	1,874	575	317,123	317,123	46,640	217,800	9.08
15	2/6/2018	261.33	58.67	1,655	6.33	58,514	223.91	2,421	766	476,559	476,559	56,845	361,200	15.05
16	3/6/2018	12.15	39.25	1,479	121.73	64,678	5323.29	2,212	733	430,067	430,067	53,629	311,760	12.99
17	4/6/2018	212.44	66.67	863	4.06	39,231	184.67	1,655	792	476,097	476,097	67,866	369,000	15.38
18	5/6/2018	238.00	78.13	924	3.88	54,060	227.14	1,729	805	478,222	478,222	65,122	359,040	14.96
19	6/6/2018	252.53	87.50	1,454	5.76	57,590	228.05	2,177	723	422,098	422,098	53,348	311,160	12.97
20	7/6/2018	408.92	100.00	1,506	3.68	62,700	153.33	2,298	792	455,584	455,584	57,964	334,920	13.96
21	8/6/2018	635.17	100.00	1,376	2.17	68,207	107.38	2,146	770	423,553	423,553	56,426	298,920	12.46
22	9/6/2018	675.59	100.00	1,337	1.98	65,213	96.53	2,087	750	403,227	403,227	56,854	281,160	11.72
23	10/6/2018	628.32	100.00	1,339	2.13	66,328	105.56	2,074	735	403,818	403,818	55,970	281,520	11.73
24	11/6/2018	604.13	100.00	1,375	2.28	66,686	110.38	2,125	750	416,514	416,514	56,188	293,640	12.24
25	12/6/2018	385.98	86.46	1,292	3.35	61,245	158.67	2,003	711	376,635	376,635	52,710	262,680	10.95
26	13/6/2018	591.99	100.00	1,387	2.34	68,637	115.94	2,117	730	410,031	410,031	56,394	285,000	11.88
27	14/6/2018	310.15	82.63	1,319	4.25	64,430	207.74	2,077	758	401,438	401,438	55,608	281,400	11.73
28	15/6/2018	652.38	100.00	1,402	2.15	67,311	103.18	2,117	715	410,996	410,996	57,005	286,680	11.95
29	16/6/2018	677.22	100.00	1,432	2.11	66,311	97.92	2,142	710	416,322	416,322	57,331	292,680	12.20
30	17/6/2018	656.97	100.00	1,414	2.15	63,529	96.70	2,149	735	420,627	420,627	56,258	300,840	12.54
31	18/6/2018	486.85	89.58	1,268	2.60	63,400	130.22	2,021	753	373,431	373,431	55,991	254,040	10.59
32	19/6/2018	384.26	84.38	1,169	3.04	59,153	153.94	1,873	704	353,088	353,088	49,375	244,560	10.19
33	20/6/2018	674.78	100.00	1,179	1.75	67,377	99.85	2,077	898	398,702	398,702	56,285	275,040	11.46
34	21/6/2018	674.78	100.00	1,179	1.75	67,377	99.85	2,077	898	398,702	398,702	56,285	275,040	11.46
35	22/6/2018	633.63	93.75	1,219	1.92	63,739	100.59	2,008	789	377,386	377,386	53,607	260,040	10.84
36	23/6/2018	638.64	100.00	1,320	2.07	65,377	102.37	2,110	790	411,214	411,214	790	290,040	12.09
37	24/6/2018	556.50	100.00	1,294	2.33	64,558	116.01	2,031	737	391,118	391,118	737	269,520	11.23
38	25/6/2018	605.76	100.00	1,415	2.34	67,570	111.55	1,933	518	272,230	272,230	518	151,440	6.31
39	26/6/2018	584.40	92.71	1,191	2.04	60,941	104.28	1,852	661	340,331	340,331	661	228,480	9.52
40	27/6/2018	603.14	100.00	1,354	2.24	64,696	107.27	2,051	697	394,866	394,866	697	274,800	11.45
41	28/6/2018	698.63	100.00	1,371	1.96	65,218	93.35	2,098	727	395,633	395,633	727	274,440	11.44
42	29/6/2018	578.98	83.67	1,195	2.06	55,441	95.76	1,813	618	343,805	343,805	618	241,200	10.05
43	30/6/2018	500.09	89.92	1,262	2.52	61,973	123.92	1,928	666	363,164	363,164	666	250,800	10.45
44	1/7/2018	501.81	85.75	1,225	2.44	56,528	112.65	1,810	585	328,552	328,552	585	224,160	9.34
45	2/7/2018	716.80	98.63	1,390	1.94	67,182	93.72	2,072	682	393,600	393,600	682	270,360	11.27

	Unit	Tons	%	Tons		KWH	KWH	KWH	Tons	KWH	KWH	KWH	KWH	Mw
No.	Date	TONS SUGAR REMELT : WEIGHT	MECHANICAL EFFICIENCYE Overall plant	TONS STEAM FOR SUGAR PLANT	OVR.STEAM(Tons.)/TON SUGAR REMELT	KWH. USED IN PROCESS	KWH.USED : PER TON SUGAR REMELT	TONS STEAM PRODUCED	TONS STEAM FOR POWER PLANT	KWH. GENERATED	KWH. GENERATED (Block1)	KWH. USED IN POWER PLANT	KWH. FOR PEA. (Block1)	AVG.POWER (MW.) FOR PEA.
46	3/7/2018	706.44	100.00	1,402	1.98	67,164	95.07	2,067	665	396,953	396,953	665	274,440	11.44
47	4/7/2018	707.02	100.00	1,408	1.99	67,079	94.88	2,060	652	396,078	396,078	652	271,800	11.33
48	5/7/2018	691.84	100.00	1,387	2.00	66,810	96.57	2,112	725	413,430	413,430	725	289,440	12.06
49	6/7/2018	689.34	100.00	1,364	1.98	65,142	94.50	2,103	739	410,236	410,236	739	287,520	11.98
50	7/7/2018	728.48	99.29	1,353	1.86	64,189	88.11	2,074	721	395,869	395,869	721	274,680	11.45
51	8/7/2018	685.65	100.00	1,390	2.03	65,423	95.42	2,144	754	419,639	419,639	754	297,720	12.41
52	9/7/2018	663.32	100.00	1,429	2.15	68,121	102.70	2,139	710	414,096	414,096	710	288,480	12.02
53	10/7/2018	702.74	100.00	1,426	2.03	66,013	93.94	2,134	708	410,734	410,734	708	288,360	12.02
54	11/7/2018	670.36	100.00	1,445	2.16	66,870	99.75	2,147	702	416,069	416,069	702	291,960	12.17
55	12/7/2018	468.51	81.25	1,253	2.67	56,814	121.27	1,934	681	368,754	368,754	681	261,840	10.91
56	13/7/2018	586.60	100.00	1,388	2.37	64,930	110.69	2,185	797	429,657	429,657	797	308,400	12.85
57	14/7/2018	646.50	100.00	1,387	2.15	63,718	98.56	2,172	785	423,616	423,616	785	302,160	12.59
58	15/7/2018	652.73	100.00	1,415	2.17	62,827	96.25	2,148	733	417,147	417,147	733	296,520	12.36
59	16/7/2018	586.96	95.13	1,315	2.24	63,158	107.60	2,057	742	402,637	402,637	742	283,920	11.83
60	17/7/2018	511.62	81.25	1,172	2.29	56,893	111.20	1,735	563	314,263	314,263	563	211,320	8.81
61	18/7/2018	643.09	100.00	1,309	2.04	66,011	102.65	2,009	700	384,212	384,212	700	262,200	10.93
62	19/7/2018	661.68	100.00	1,415	2.14	66,846	101.02	2,142	727	415,365	415,365	727	291,600	12.15
63	20/7/2018	618.43	100.00	1,407	2.28	67,768	109.58	2,200	793	430,701	430,701	793	305,760	12.74
64	21/7/2018	729.29	100.00	1,324	1.82	65,506	89.82	2,076	752	402,944	402,944	752	279,720	11.66
65	22/7/2018	644.10	100.00	1,394	2.16	65,420	101.57	2,041	647	388,100	388,100	647	265,560	11.07
66	23/7/2018	613.17	87.50	1,328	2.17	64,621	105.39	1,990	662	366,032	366,032	662	244,800	10.20
67	24/7/2018	726.50	100.00	1,400	1.93	66,735	91.86	2,147	747	420,046	420,046	747	296,400	12.35
68	25/7/2018	651.03	100.00	1,362	2.09	67,982	104.42	2,129	767	419,130	419,130	767	295,200	12.30
69	28/7/2018	626.97	100.00	1,349	2.15	66,439	105.97	2,104	755	409,899	409,899	755	285,600	11.90
70	29/7/2018	667.75	100.00	1,350	2.02	65,139	97.55	2,100	750	401,948	401,948	750	278,880	11.62
71	30/7/2018	640.53	100.00	1,310	2.05	66,791	104.27	2,066	756	399,962	399,962	756	274,800	11.45
72	31/7/2018	668.68	100.00	1,295	1.94	66,254	99.08	1,968	673	375,900	375,900	673	252,960	10.54
73	1/8/2018	511.92	93.04	1,303	2.55	65,725	128.39	1,983	680	373,765	373,765	680	250,560	10.44
74	2/8/2018	706.80	100.00	1,349	1.91	70,685	100.01	2,048	699	397,127	397,127	699	267,600	11.15
75	3/8/2018	743.82	100.00	1,323	1.78	64,135	86.22	2,050	727	396,803	396,803	727	273,720	11.41
76	4/8/2018	668.96	99.29	1,341	2.00	64,864	96.96	2,046	705	395,518	395,518	705	273,000	11.38
77	5/8/2018	657.54	100.00	1,317	2.00	65,681	99.89	2,051	734	397,011	397,011	734	273,240	11.39
78	6/8/2018	666.71	96.88	1,267	1.90	66,300	99.44	1,930	663	365,088	365,088	663	241,680	10.07
79	7/8/2018	537.41	100.00	1,403	2.61	68,240	126.98	2,103	700	407,612	407,612	700	280,680	11.70
80	8/8/2018	683.94	100.00	1,374	2.01	67,400	98.55	2,087	713	400,700	400,700	713	275,040	11.46
81	9/8/2018	690.21	100.00	1,293	1.87	63,360	91.80	1,956	663	377,100	377,100	663	255,360	10.64
82	10/8/2018	645.74	100.00	1,251	1.94	66,533	103.03	1,947	696	375,843	375,843	696	251,760	10.49
83	11/8/2018	663.99	100.00	1,227	1.85	67,006	100.91	1,937	710	369,836	369,836	710	243,040	10.13
84	12/8/2018	702.37	100.00	1,288	1.83	66,940	95.31	1,992	704	387,100	387,100	704	262,320	10.93
85	13/8/2018	651.49	100.00	1,281	1.97	65,712	100.86	2,023	742	393,413	393,413	742	270,000	11.25
86	14/8/2018	607.59	92.38	1,270	2.09	64,974	106.94	1,970	700	375,663	375,663	700	255,600	10.65
87	15/8/2018	596.20	100.00	1,290	2.16	70,566	118.36	2,026	736	392,317	392,317	736	264,240	11.01
88	16/8/2018	667.51	100.00	1,281	1.92	69,424	104.00	2,006	725	387,047	387,047	725	258,480	10.77
89	17/8/2018	541.78	100.00	1,289	2.38	67,766	125.08	2,021	732	390,531	390,531	732	264,600	11.03
90	18/8/2018	606.39	100.00	1,311	2.16	66,865	110.27	2,012	701	392,577	392,577	701	268,440	11.19

	Unit	Tons	%	Tons		KWH	KWH	KWH	Tons	KWH	KWH	KWH	KWH	Mw
No.	Date	TONS SUGAR REMELT : WEIGHT	MECHANICAL EFFICIENCYE Overall plant	TONS STEAM FOR SUGAR PLANT	OVR.STEAM(Tons.)/TON SUGAR REMELT	KWH. USED IN PROCESS	KWH.USED : PER TON SUGAR REMELT	TONS STEAM PRODUCED	TONS STEAM FOR POWER PLANT	KWH. GENERATED	KWH. GENERATED (Block1)	KWH. USED IN POWER PLANT	KWH. FOR PEA. (Block1)	AVG.POWER (MW.) FOR PEA.
91	22/8/2018	190.41	54.79	799	4.20	30,289	159.07	1,282	483	224,911	224,911	483	158,160	6.59
92	23/8/2018	281.51	88.88	1,206	4.28	60,495	214.89	1,946	740	380,999	380,999	740	262,920	10.96
93	24/8/2018	489.30	100.00	1,308	2.67	69,288	141.61	1,829	521	263,020	263,020	521	138,720	5.78
94	25/8/2018	678.54	100.00	1,276	1.88	67,934	100.12	1,972	696	385,735	385,735	696	261,480	10.90
95	26/8/2018	679.24	100.00	1,314	1.93	68,451	100.78	2,020	706	397,791	397,791	706	271,560	11.32
96	27/8/2018	604.68	100.00	1,328	2.20	68,620	113.48	2,019	691	400,089	400,089	691	273,960	11.42
97	28/8/2018	679.94	100.00	1,303	1.92	68,780	101.16	1,974	671	389,800	389,800	671	263,760	10.99
98	29/8/2018	641.94	100.00	1,238	1.93	67,620	105.34	1,932	694	376,600	376,600	694	252,480	10.52
99	30/8/2018	659.09	100.00	1,298	1.97	67,220	101.99	2,010	712	393,900	393,900	712	270,000	11.25
100	31/8/2018	459.18	95.50	1,320	2.87	67,353	146.68	2,034	714	402,637	402,637	714	278,280	11.60
101	1/9/2018	382.65	75.00	1,030	2.69	47,273	123.54	1,596	566	299,148	299,148	566	208,680	8.70
102	2/9/2018	674.13	100.00	1,331	1.97	65,372	96.97	2,006	675	375,653	375,653	675	252,600	10.53
103	3/9/2018	674.45	100.00	1,336	1.98	67,133	99.54	2,036	700	401,415	401,415	700	276,480	11.52
104	4/9/2018	650.63	100.00	1,329	2.04	66,700	102.52	2,010	681	398,680	398,680	681	275,280	11.47
105	5/9/2018	674.08	100.00	1,181	1.75	68,805	102.07	1,766	585	334,725	334,725	585	209,400	8.73
106	6/9/2018	731.31	100.00	1,296	1.77	66,775	91.31	1,952	656	379,985	379,985	656	256,200	10.68
107	7/9/2018	637.77	100.00	1,241	1.95	66,860	104.83	1,904	663	363,859	363,859	663	240,120	10.01
108	8/9/2018	392.93	75.71	978	2.49	49,100	124.96	1,649	671	311,691	311,691	671	219,960	9.17
109	9/9/2018	560.29	100.00	1,206	2.15	63,992	114.21	2,060	854	408,013	408,013	854	286,560	11.94
110	10/9/2018	656.86	100.00	1,235	1.88	67,788	103.20	2,075	840	409,407	409,407	840	284,880	11.87
111	11/9/2018	570.14	93.42	1,177	2.06	63,274	110.98	1,955	778	370,615	370,615	778	255,960	10.67
112	12/9/2018	676.19	95.13	1,187	1.76	67,727	100.16	2,025	838	394,169	394,169	838	271,680	11.32
113	13/9/2018	715.99	100.00	1,212	1.69	65,736	91.81	2,036	824	404,632	404,632	824	282,720	11.78
114	14/9/2018	480.50	91.33	1,178	2.45	66,219	137.81	2,017	839	398,329	398,329	839	276,480	11.52
115	15/9/2018	677.22	100.00	1,234	1.82	64,410	95.11	2,094	860	415,447	415,447	860	295,560	12.32
116	16/9/2018	674.37	100.00	1,334	1.98	65,182	96.66	2,297	963	458,455	458,455	963	336,840	14.04
117	17/9/2018	576.98	100.00	1,402	2.43	68,041	117.93	2,380	978	474,020	474,020	978	351,480	14.65
118	18/9/2018	652.43	100.00	1,396	2.14	66,070	101.27	2,384	988	473,450	473,450	988	347,400	14.48
119	19/9/2018	651.10	100.00	1,384	2.13	67,210	103.23	2,343	959	464,580	464,580	959	339,960	14.17
120	20/9/2018	603.51	100.00	1,361	2.26	66,210	109.71	2,334	973	465,680	465,680	973	342,000	14.25
121	21/9/2018	673.42	100.00	1,348	2.00	67,063	99.59	2,309	961	458,224	458,224	961	334,800	13.95
122	22/9/2018	528.04	86.13	1,349	2.55	66,180	125.33	2,311	962	458,800	458,800	962	335,280	13.97
123	23/9/2018	644.19	100.00	1,256	1.95	63,520	98.60	2,157	901	427,290	427,290	901	307,440	12.81
124	24/9/2018	606.24	94.79	1,200	1.98	63,348	104.49	2,031	831	394,399	394,399	831	277,440	11.56
125	25/9/2018	685.80	100.00	1,298	1.89	68,964	100.56	2,175	877	434,803	434,803	877	308,880	12.87
126	26/9/2018	655.79	100.00	1,252	1.91	68,036	103.75	2,162	910	427,157	427,157	910	302,640	12.61
127	27/9/2018	649.76	100.00	1,259	1.94	70,131	107.93	2,168	909	431,290	431,290	909	304,080	12.67
128	28/9/2018	636.94	93.96	1,202	1.89	70,629	110.89	2,062	860	396,590	396,590	860	270,240	11.26
129	29/9/2018	705.59	100.00	1,251	1.77	67,937	96.28	2,120	869	421,693	421,693	869	298,440	12.44
130	30/9/2018	635.64	100.00	1,245	1.96	80,528	126.69	2,121	876	419,845	419,845	876	278,280	11.60
131	1/10/2018	669.52	100.00	1,333	1.99	68,786	102.74	2,016	683	393,882	393,882	683	269,160	11.22
132	2/10/2018	678.36	100.00	1,342	1.98	68,765	101.37	2,104	762	416,275	416,275	762	291,360	12.14
133	3/10/2018	152.91	22.92	509	3.33	22,642	148.07	743	234	124,905	124,905	234	85,320	3.56
134	4/10/2018	443.67	93.04	1,359	3.06	59,844	134.88	2,111	752	417,190	417,190	752	297,360	12.39
135	5/10/2018	679.12	100.00	1,358	2.00	68,403	100.72	2,112	754	420,787	420,787	754	297,840	12.41

	Unit	Tons	%	Tons		KWH	KWH	KWH	Tons	KWH	KWH	KWH	KWH	Mw
No.	Date	TONS SUGAR REMELT : WEIGHT	MECHANICAL EFFICIENCYE Overall plant	TONS STEAM FOR SUGAR PLANT	OVR.STEAM(Tons)./TON SUGAR REMELT	KWH. USED IN PROCESS	KWH.USED : PER TON SUGAR REMELT	TONS STEAM PRODUCED	TONS STEAM FOR POWER PLANT	KWH. GENERATED	KWH. GENERATED (Block1)	KWH. USED IN POWER PLANT	KWH. FOR PEA. (Block1)	AVG.POWER (MW.) FOR PEA.
136	6/10/2018	683.81	100.00	1,313	1.92	66,275	96.92	2,054	741	411,012	411,012	741	290,400	12.10
137	7/10/2018	705.80	100.00	1,318	1.87	66,103	93.66	2,034	716	405,743	405,743	716	284,520	11.86
138	8/10/2018	700.42	100.00	1,327	1.89	68,300	97.51	1,964	637	387,206	387,206	637	265,200	11.05
139	9/10/2018	637.48	100.00	1,295	2.03	67,586	106.02	1,921	626	376,796	376,796	626	255,480	10.65
140	10/10/2018	691.51	100.00	1,299	1.88	67,050	96.96	1,882	583	365,000	365,000	583	244,200	10.18
141	11/10/2018	346.81	76.75	1,078	3.11	54,140	156.11	1,488	410	266,790	266,790	410	169,800	7.08
142	12/10/2018	709.71	100.00	1,283	1.81	66,496	93.69	1,908	625	376,185	376,185	625	255,480	10.65
143	13/10/2018	529.02	84.04	1,244	2.35	65,730	124.25	1,850	606	361,100	361,100	606	240,840	10.04
144	14/10/2018	410.44	69.42	1,031	2.51	45,875	111.77	1,340	309	250,609	250,609	309	168,120	7.01
145	15/10/2018	34.82	14.58	318	9.13	12,450	357.59	452	134	64,620	64,620	134	42,000	1.75
146	16/10/2018	473.30	100.00	1,285	2.72	66,387	140.27	1,908	623	373,753	373,753	623	253,440	10.56
147	17/10/2018	546.36	100.00	1,254	2.30	68,283	124.98	1,879	625	366,217	366,217	625	244,080	10.17

ภาคผนวก ข ผลการทดลองข้อมูลแต่ละปัจจัย

ตารางที่ ข.1 แสดงผลปริมาณ Bagasse % Cane ในกระบวนการผลิตน้ำตาลต่อกำไรการขายไฟฟ้า

Bagasses % Cane	Cane Season				Remelt Season				Summary	
	Unit			Profit	Unit			Profit		
	On Peak	Off Peak	Summary	Profit	On Peak	Off Peak	Summary	Profit	PEA	Profit
(%)	(Mw)	(Mw)	(Mw)	(Baht)	(Mw)	(Mw)	(Mw)	(Baht)	(Baht)	(Baht)
24.21	10,002,404	18,004,328	28,006,732	41,289,925	14,000,000	25,200,000	39,200,000	19,862,935	67,206,732	61,152,860
24.66	12,995,549	23,391,988	36,387,536	53,645,625	14,000,000	25,200,000	39,200,000	27,194,460	75,587,536	80,840,085
24.84	12,843,789	23,118,821	35,962,610	53,019,163	14,000,000	25,200,000	39,200,000	32,740,450	75,162,610	85,759,613
25.01	12,644,180	22,759,523	35,403,703	52,195,173	14,000,000	25,200,000	39,200,000	34,372,685	74,603,703	86,567,858
25.07	12,850,868	23,131,563	35,982,432	53,048,385	14,000,000	25,200,000	39,200,000	35,662,867	75,182,432	88,711,252
25.07	12,563,409	22,614,135	35,177,544	51,861,751	14,000,000	25,200,000	39,200,000	37,837,203	74,377,544	89,698,953
25.11	14,036,827	25,266,288	39,303,115	57,944,021	14,000,000	25,200,000	39,200,000	38,797,355	78,503,115	96,741,376
25.19	14,183,258	25,529,864	39,713,122	58,548,488	14,000,000	25,200,000	39,200,000	40,572,527	78,913,122	99,121,015
25.33	12,563,409	22,614,135	35,177,544	51,861,751	14,000,000	25,200,000	39,200,000	41,374,031	74,377,544	93,235,782
25.39	14,036,827	25,266,288	39,303,115	57,944,021	14,000,000	25,200,000	39,200,000	38,797,355	78,503,115	96,741,376
25.53	13,755,058	24,759,104	38,514,161	56,780,878	14,000,000	25,200,000	39,200,000	41,064,784	77,714,161	97,845,662
25.55	14,036,827	25,266,288	39,303,115	57,944,021	14,000,000	25,200,000	39,200,000	41,576,347	78,503,115	99,520,368
25.56	14,194,018	25,549,233	39,743,251	58,592,908	14,000,000	25,200,000	39,200,000	42,245,636	78,943,251	100,838,544
25.61	14,194,018	25,549,233	39,743,251	58,592,908	14,000,000	25,200,000	39,200,000	42,245,636	78,943,251	100,838,544
25.62	13,965,018	25,137,033	39,102,051	57,647,595	14,000,000	25,200,000	39,200,000	42,463,827	78,302,051	100,111,423
25.68	12,518,268	22,532,883	35,051,151	51,675,412	14,000,000	25,200,000	39,200,000	43,488,773	74,251,151	95,164,184
25.69	14,876,107	26,776,993	41,653,101	61,408,571	14,000,000	25,200,000	39,200,000	43,552,964	80,853,101	104,961,535
25.70	14,222,623	25,600,721	39,823,343	58,710,986	14,000,000	25,200,000	39,200,000	43,552,964	79,023,343	102,263,950
25.72	13,935,548	25,083,986	39,019,534	57,525,941	14,000,000	25,200,000	39,200,000	44,149,003	78,219,534	101,674,944
25.74	14,049,781	25,289,606	39,339,387	57,997,497	14,000,000	25,200,000	39,200,000	44,320,207	78,539,387	102,317,704
25.75	12,610,932	22,699,678	35,310,611	52,057,929	14,000,000	25,200,000	39,200,000	44,482,887	74,510,611	96,540,816
25.76	12,603,480	22,686,264	35,289,744	52,027,165	14,000,000	25,200,000	39,200,000	44,752,203	74,489,744	96,779,368
25.77	13,789,964	24,821,935	38,611,898	56,924,970	14,000,000	25,200,000	39,200,000	44,752,203	77,811,898	101,677,173
25.79	13,981,182	25,166,127	39,147,309	57,714,319	14,000,000	25,200,000	39,200,000	45,159,442	78,347,309	102,873,761
25.80	13,711,713	24,681,083	38,392,796	56,601,951	14,000,000	25,200,000	39,200,000	45,302,475	77,592,796	101,904,426
25.82	14,000,448	25,200,807	39,201,256	57,793,851	14,000,000	25,200,000	39,200,000	45,611,306	78,401,256	103,405,157
25.83	13,997,341	25,195,215	39,192,556	57,781,026	14,000,000	25,200,000	39,200,000	45,810,991	78,392,556	103,592,016
25.83	14,348,416	25,827,148	40,175,564	59,230,260	14,000,000	25,200,000	39,200,000	45,939,240	79,375,564	105,169,501
25.84	14,239,540	25,631,172	39,870,712	58,780,822	14,000,000	25,200,000	39,200,000	46,118,240	79,070,712	104,899,061
25.85	14,239,540	25,631,172	39,870,712	58,780,822	14,000,000	25,200,000	39,200,000	46,118,240	79,070,712	104,899,061
25.86	14,239,540	25,631,172	39,870,712	58,780,822	14,000,000	25,200,000	39,200,000	46,273,461	79,070,712	105,054,282
25.87	14,163,734	25,494,721	39,658,454	58,467,893	14,000,000	25,200,000	39,200,000	46,419,885	78,858,454	104,887,777
25.88	13,724,949	24,704,908	38,429,856	56,656,588	14,000,000	25,200,000	39,200,000	46,663,943	77,629,856	103,320,532
25.89	13,845,224	24,921,403	38,766,627	57,153,085	14,000,000	25,200,000	39,200,000	46,758,977	77,966,627	103,912,061
25.90	14,371,315	25,868,367	40,239,682	59,324,789	14,000,000	25,200,000	39,200,000	46,891,420	79,439,682	106,216,209
25.91	13,916,079	25,048,943	38,965,022	57,445,576	14,000,000	25,200,000	39,200,000	46,891,420	78,165,022	104,336,996
25.92	13,862,265	24,952,078	38,814,343	57,223,432	14,000,000	25,200,000	39,200,000	47,184,604	78,014,343	104,408,036
25.94	13,780,241	24,804,434	38,584,675	56,884,835	14,000,000	25,200,000	39,200,000	47,554,938	77,784,675	104,439,773
25.96	13,978,839	25,161,911	39,140,750	57,704,649	14,000,000	25,200,000	39,200,000	47,928,668	78,340,750	105,633,318
25.97	13,509,941	24,317,894	37,827,835	55,769,037	14,000,000	25,200,000	39,200,000	48,038,676	77,027,835	103,807,713
25.98	13,041,183	23,474,130	36,515,313	53,834,004	14,000,000	25,200,000	39,200,000	48,233,574	75,715,313	102,067,578
26.04	12,843,789	23,118,821	35,962,610	53,019,163	14,000,000	25,200,000	39,200,000	49,130,164	75,162,610	102,149,326
26.05	13,824,298	24,883,736	38,708,033	57,066,701	14,000,000	25,200,000	39,200,000	49,285,250	77,908,033	106,351,951
26.07	12,569,771	22,625,589	35,195,360	51,888,017	14,000,000	25,200,000	39,200,000	49,639,203	74,395,360	101,527,219
26.08	13,357,164	24,042,895	37,400,059	55,138,373	14,000,000	25,200,000	39,200,000	49,791,661	76,600,059	104,930,034
26.09	13,784,989	24,812,981	38,597,970	56,904,436	14,000,000	25,200,000	39,200,000	49,964,037	77,797,970	106,868,473
26.10	14,251,747	25,653,145	39,904,893	58,831,213	14,000,000	25,200,000	39,200,000	50,117,793	79,104,893	108,949,006
26.11	13,845,224	24,921,403	38,766,627	57,153,085	14,000,000	25,200,000	39,200,000	50,388,672	77,966,627	107,541,757
26.13	14,371,315	25,868,367	40,239,682	59,324,789	14,000,000	25,200,000	39,200,000	50,705,931	79,439,682	110,030,720
26.18	13,096,368	23,573,462	36,669,829	54,061,805	14,000,000	25,200,000	39,200,000	51,415,064	75,869,829	105,476,869

Bagasses % Cane	Cane Season				Remelt Season				Summary	
	Unit			Profit	Unit			Profit		
	On Peak	Off Peak	Summary	Profit	On Peak	Off Peak	Summary	Profit	PEA	Profit
(%)	(Mw)	(Mw)	(Mw)	(Baht)	(Mw)	(Mw)	(Mw)	(Baht)	(Baht)	(Baht)
26.22	14,248,740	25,647,732	39,896,472	58,818,799	14,000,000	25,200,000	39,200,000	52,023,444	79,096,472	110,842,243
26.23	13,817,328	24,871,191	38,688,519	57,037,931	14,000,000	25,200,000	39,200,000	52,245,632	77,888,519	109,283,563
26.24	13,945,553	25,101,995	39,047,548	57,567,242	14,000,000	25,200,000	39,200,000	52,476,003	78,247,548	110,043,246
26.25	13,945,553	25,101,995	39,047,548	57,567,242	14,000,000	25,200,000	39,200,000	52,591,188	78,247,548	110,158,430
26.32	13,553,993	24,397,187	37,951,179	55,950,882	14,000,000	25,200,000	39,200,000	53,601,766	77,151,179	109,552,648
26.42	14,004,473	25,208,051	39,212,525	57,810,465	14,000,000	25,200,000	39,200,000	55,264,092	78,412,525	113,074,557
26.43	11,580,952	20,845,714	32,426,667	47,806,171	14,000,000	25,200,000	39,200,000	55,411,363	71,626,667	103,217,534
26.46	12,589,687	22,661,436	35,251,123	51,970,228	14,000,000	25,200,000	39,200,000	55,878,114	74,451,123	107,848,342
26.48	14,001,776	25,203,197	39,204,973	57,799,332	14,000,000	25,200,000	39,200,000	56,182,767	78,404,973	113,982,099
26.51	13,997,341	25,195,215	39,192,556	57,781,026	14,000,000	25,200,000	39,200,000	56,689,478	78,392,556	114,470,503
26.55	14,530,592	26,155,066	40,685,658	59,982,285	14,000,000	25,200,000	39,200,000	57,345,053	79,885,658	117,327,338
26.58	14,273,261	25,691,870	39,965,131	58,920,022	14,000,000	25,200,000	39,200,000	57,765,006	79,165,131	116,685,028
26.62	13,406,089	24,130,960	37,537,049	55,340,335	14,000,000	25,200,000	39,200,000	58,503,010	76,737,049	113,843,344
26.65	13,210,236	23,778,425	36,988,661	54,531,854	14,000,000	25,200,000	39,200,000	58,881,084	76,188,661	113,412,938
26.69	14,428,418	25,971,152	40,399,569	59,560,508	14,000,000	25,200,000	39,200,000	59,676,159	79,599,569	119,236,667
26.74	14,203,578	25,566,441	39,770,019	58,632,371	14,000,000	25,200,000	39,200,000	60,415,836	78,970,019	119,048,207
26.78	13,579,159	24,442,487	38,021,646	56,054,770	14,000,000	25,200,000	39,200,000	60,990,571	77,221,646	117,045,341
26.80	13,536,499	24,365,698	37,902,196	55,878,667	14,000,000	25,200,000	39,200,000	61,368,162	77,102,196	117,246,829
26.85	11,967,856	21,542,140	33,509,995	49,403,308	14,000,000	25,200,000	39,200,000	62,150,220	72,709,995	111,553,528
26.96	13,652,449	24,574,407	38,226,856	56,357,308	14,000,000	25,200,000	39,200,000	63,955,412	77,426,856	120,312,719
26.98	13,456,160	24,221,087	37,677,247	55,547,027	14,000,000	25,200,000	39,200,000	64,195,623	76,877,247	119,742,650
27.13	12,428,258	22,370,865	34,799,123	51,303,850	14,000,000	25,200,000	39,200,000	66,708,573	73,999,123	118,012,423
27.14	11,973,812	21,552,862	33,526,674	49,427,897	14,000,000	25,200,000	39,200,000	66,721,023	72,726,674	116,148,920
27.23	13,454,807	24,218,653	37,673,460	55,541,444	14,000,000	25,200,000	39,200,000	68,296,952	76,873,460	123,838,396
27.24	13,538,183	24,368,729	37,906,912	55,885,618	14,000,000	25,200,000	39,200,000	68,343,081	77,106,912	124,228,699
27.25	13,567,078	24,420,740	37,987,818	56,004,897	14,000,000	25,200,000	39,200,000	68,486,777	77,187,818	124,491,674
27.28	10,660,767	19,189,381	29,850,148	44,007,647	14,000,000	25,200,000	39,200,000	69,067,498	69,050,148	113,075,145
27.42	13,652,449	24,574,407	38,226,856	56,357,308	14,000,000	25,200,000	39,200,000	71,232,546	77,426,856	127,589,853
27.50	13,456,160	24,221,087	37,677,247	55,547,027	14,000,000	25,200,000	39,200,000	72,617,303	76,877,247	128,164,330
27.52	11,993,038	21,587,469	33,580,507	49,507,262	14,000,000	25,200,000	39,200,000	72,959,748	72,780,507	122,467,010
27.58	12,074,696	21,734,452	33,809,148	49,844,343	14,000,000	25,200,000	39,200,000	73,773,263	73,009,148	123,617,606
27.60	10,770,805	19,387,449	30,158,254	44,461,883	14,000,000	25,200,000	39,200,000	74,144,320	69,358,254	118,606,203
27.63	13,654,481	24,578,066	38,232,548	56,365,699	14,000,000	25,200,000	39,200,000	74,579,403	77,432,548	130,945,102
27.68	13,456,160	24,221,087	37,677,247	55,547,027	14,000,000	25,200,000	39,200,000	75,517,579	76,877,247	131,064,606
27.72	13,397,524	24,115,543	37,513,067	55,304,979	14,000,000	25,200,000	39,200,000	76,099,917	76,713,067	131,404,896
27.73	12,428,258	22,370,865	34,799,123	51,303,850	14,000,000	25,200,000	39,200,000	76,190,963	73,999,123	127,494,813
27.78	11,973,812	21,552,862	33,526,674	49,427,897	14,000,000	25,200,000	39,200,000	77,057,529	72,726,674	126,485,426
27.84	13,454,807	24,218,653	37,673,460	55,541,444	14,000,000	25,200,000	39,200,000	77,982,476	76,873,460	133,523,920
27.85	13,538,183	24,368,729	37,906,912	55,885,618	14,000,000	25,200,000	39,200,000	78,095,806	77,106,912	133,981,424
27.87	13,567,078	24,420,740	37,987,818	56,004,897	14,000,000	25,200,000	39,200,000	78,439,995	77,187,818	134,444,892
27.91	10,660,767	19,189,381	29,850,148	44,007,647	14,000,000	25,200,000	39,200,000	79,129,715	69,050,148	123,137,362
28.08	11,967,856	21,542,140	33,509,995	49,403,308	14,000,000	25,200,000	39,200,000	81,800,806	72,709,995	131,204,114
28.12	13,652,449	24,574,407	38,226,856	56,357,308	14,000,000	25,200,000	39,200,000	82,534,330	77,426,856	138,891,638
28.16	13,456,160	24,221,087	37,677,247	55,547,027	14,000,000	25,200,000	39,200,000	83,123,969	76,877,247	138,670,996
28.17	12,428,258	22,370,865	34,799,123	51,303,850	14,000,000	25,200,000	39,200,000	83,261,847	73,999,123	134,565,697
28.22	9,475,202	17,055,364	26,530,566	39,113,634	14,000,000	25,200,000	39,200,000	84,037,464	65,730,566	123,151,098
28.26	12,934,244	23,281,639	36,215,883	53,392,559	14,000,000	25,200,000	39,200,000	84,746,025	75,415,883	138,138,584
28.40	12,259,181	22,066,525	34,325,706	50,605,898	14,000,000	25,200,000	39,200,000	86,947,042	73,525,706	137,552,940
28.47	13,167,436	23,701,385	36,868,821	54,355,177	14,000,000	25,200,000	39,200,000	88,042,668	76,068,821	142,397,844
28.52	12,416,621	22,349,918	34,766,539	51,255,812	14,000,000	25,200,000	39,200,000	88,931,064	73,966,539	140,186,876
28.61	12,314,942	22,166,895	34,481,836	50,836,079	14,000,000	25,200,000	39,200,000	90,342,159	73,681,836	141,178,238
28.69	9,475,202	17,055,364	26,530,566	39,113,634	14,000,000	25,200,000	39,200,000	91,637,002	65,730,566	130,750,636
28.78	12,934,244	23,281,639	36,215,883	53,392,559	14,000,000	25,200,000	39,200,000	93,034,116	75,415,883	146,426,675

ตารางที่ ข.2 แสดงผลปริมาณการใช้ไอน้ำในกระบวนการผลิตน้ำตาลต่อกำไรการขายไฟฟ้า

Steam Cane Season	Cane Season				Remelt Season				Summary	
	Unit			Profit	Unit			Profit		
	On Peak	Off Peak	Summary	Profit	On Peak	Off Peak	Summary	Profit	PEA	Profit
kg/Ton Cane	(Mw)	(Mw)	(Mw)	(Baht)	(Mw)	(Mw)	(Mw)	(Baht)	(Baht)	(Baht)
341.31	7,366,501	13,259,701	20,626,202	30,408,915	14,000,000	25,200,000	39,200,000	165,345,923	59,826,202	195,754,838
342.85	9,716,307	17,489,353	27,205,661	40,108,917	14,000,000	25,200,000	39,200,000	163,811,908	66,405,661	203,920,826
346.10	7,338,282	13,208,907	20,547,189	30,292,427	14,000,000	25,200,000	39,200,000	160,584,314	59,747,189	190,876,741
352.71	7,472,532	13,450,557	20,923,089	30,846,611	14,000,000	25,200,000	39,200,000	154,014,266	60,123,089	184,860,877
352.81	8,074,679	14,534,422	22,609,102	33,332,275	14,000,000	25,200,000	39,200,000	153,913,125	61,809,102	187,245,400
352.95	7,489,545	13,481,180	20,970,725	30,916,840	14,000,000	25,200,000	39,200,000	153,777,565	60,170,725	184,694,405
356.04	7,950,804	14,311,447	22,262,251	32,820,918	14,000,000	25,200,000	39,200,000	150,703,753	61,462,251	183,524,671
357.11	7,669,807	13,805,653	21,475,461	31,660,965	14,000,000	25,200,000	39,200,000	149,643,654	60,675,461	181,304,619
357.38	7,278,743	13,101,737	20,380,480	30,046,651	14,000,000	25,200,000	39,200,000	149,376,222	59,580,480	179,422,873
359.78	8,659,883	15,587,790	24,247,674	35,747,999	14,000,000	25,200,000	39,200,000	146,985,442	63,447,674	182,733,441
367.15	8,390,292	15,102,525	23,492,817	34,635,124	14,000,000	25,200,000	39,200,000	139,662,985	62,692,817	174,298,109
367.21	9,004,359	16,207,847	25,212,206	37,169,995	14,000,000	25,200,000	39,200,000	139,606,939	64,412,206	176,776,935
370.80	8,936,491	16,085,684	25,022,175	36,889,836	14,000,000	25,200,000	39,200,000	136,037,108	64,222,175	172,926,944
372.54	8,612,792	15,503,025	24,115,816	35,553,603	14,000,000	25,200,000	39,200,000	134,306,576	63,315,816	169,860,179
373.53	9,204,078	16,567,341	25,771,419	37,994,436	14,000,000	25,200,000	39,200,000	133,327,242	64,971,419	171,321,677
374.59	9,430,339	16,974,610	26,404,949	38,928,439	14,000,000	25,200,000	39,200,000	132,272,635	65,604,949	171,201,074
375.61	8,865,585	15,958,054	24,823,639	36,597,137	14,000,000	25,200,000	39,200,000	131,260,797	64,023,639	167,857,934
376.19	9,254,309	16,657,756	25,912,065	38,201,787	14,000,000	25,200,000	39,200,000	130,682,170	65,112,065	168,883,957
377.51	9,511,602	17,120,884	26,632,487	39,263,895	14,000,000	25,200,000	39,200,000	129,369,911	65,832,487	168,633,806
378.09	8,743,383	15,738,089	24,481,472	36,092,685	14,000,000	25,200,000	39,200,000	128,794,864	63,681,472	164,887,549
378.56	9,938,456	17,889,220	27,827,676	41,025,944	14,000,000	25,200,000	39,200,000	128,330,517	67,027,676	169,356,462
378.96	8,977,153	16,158,875	25,136,028	37,057,687	14,000,000	25,200,000	39,200,000	127,925,761	64,336,028	164,983,448
379.16	10,261,090	18,469,962	28,731,052	42,357,780	14,000,000	25,200,000	39,200,000	127,726,523	67,931,052	170,084,303
379.80	8,625,107	15,525,193	24,150,300	35,604,443	14,000,000	25,200,000	39,200,000	127,098,460	63,350,300	162,702,903
380.42	9,582,797	17,249,035	26,831,832	39,557,786	14,000,000	25,200,000	39,200,000	126,480,297	66,031,832	166,038,083
380.53	9,588,538	17,259,368	26,847,906	39,581,484	14,000,000	25,200,000	39,200,000	126,365,483	66,047,906	165,946,967
380.85	9,669,836	17,405,705	27,075,541	39,917,084	14,000,000	25,200,000	39,200,000	126,046,683	66,275,541	165,963,767
380.94	8,676,871	15,618,367	24,295,238	35,818,122	14,000,000	25,200,000	39,200,000	125,964,586	63,495,238	161,782,708
381.25	9,505,620	17,110,117	26,615,737	39,239,201	14,000,000	25,200,000	39,200,000	125,655,940	65,815,737	164,895,141
381.38	9,795,993	17,632,788	27,428,782	40,437,861	14,000,000	25,200,000	39,200,000	125,520,651	66,628,782	165,958,512
381.88	9,528,080	17,150,544	26,678,624	39,331,915	14,000,000	25,200,000	39,200,000	125,029,084	65,878,624	164,360,998
382.16	10,429,219	18,772,595	29,201,814	43,051,817	14,000,000	25,200,000	39,200,000	125,029,084	68,401,814	168,080,901
382.38	10,357,586	18,643,654	29,001,240	42,756,113	14,000,000	25,200,000	39,200,000	124,528,390	68,201,240	167,284,503
382.46	9,895,373	17,811,672	27,707,045	40,848,101	14,000,000	25,200,000	39,200,000	124,449,680	66,907,045	165,297,780
382.93	10,372,682	18,670,828	29,043,510	42,818,432	14,000,000	25,200,000	39,200,000	123,982,312	68,243,510	166,800,744
383.01	10,010,090	18,018,162	28,028,252	41,321,651	14,000,000	25,200,000	39,200,000	123,904,338	67,228,252	165,225,989
383.34	9,908,637	17,835,546	27,744,182	40,902,852	14,000,000	25,200,000	39,200,000	123,573,576	66,944,182	164,476,428
383.42	8,721,006	15,697,812	24,418,818	36,000,314	14,000,000	25,200,000	39,200,000	123,493,198	63,618,818	159,493,512
383.98	9,247,282	16,645,107	25,892,388	38,172,778	14,000,000	25,200,000	39,200,000	122,938,504	65,092,388	161,111,282
384.66	9,773,026	17,591,447	27,364,473	40,343,052	14,000,000	25,200,000	39,200,000	122,264,484	66,564,473	162,607,536
385.65	9,925,596	17,866,074	27,791,670	40,972,862	14,000,000	25,200,000	39,200,000	121,280,096	66,991,670	162,252,958
385.66	9,666,447	17,399,604	27,066,051	39,903,093	14,000,000	25,200,000	39,200,000	121,266,696	66,266,051	161,169,788
387.60	8,883,547	15,990,384	24,873,930	36,671,280	14,000,000	25,200,000	39,200,000	119,339,591	64,073,930	156,010,872
387.82	9,900,312	17,820,561	27,720,873	40,868,487	14,000,000	25,200,000	39,200,000	119,124,015	66,920,873	159,992,503
388.03	10,734,970	19,322,946	30,057,917	44,313,957	14,000,000	25,200,000	39,200,000	118,914,064	69,257,917	163,228,022
388.08	10,425,641	18,766,154	29,191,796	43,037,048	14,000,000	25,200,000	39,200,000	118,868,863	68,391,796	161,905,910
388.08	10,225,516	18,405,928	28,631,443	42,210,928	14,000,000	25,200,000	39,200,000	117,739,666	67,831,443	159,950,594
389.21	9,019,663	16,235,393	25,255,056	37,233,169	14,000,000	25,200,000	39,200,000	117,647,326	64,455,056	154,880,494
389.53	10,028,314	18,050,965	28,079,279	41,396,880	14,000,000	25,200,000	39,200,000	117,420,429	67,279,279	158,817,309
389.95	10,272,048	18,489,686	28,761,734	42,403,014	14,000,000	25,200,000	39,200,000	117,003,470	67,961,734	159,406,484
390.59	10,787,153	19,416,876	30,204,029	44,529,368	14,000,000	25,200,000	39,200,000	116,367,318	69,404,029	160,896,686
390.94	10,528,423	18,951,161	29,479,584	43,461,329	14,000,000	25,200,000	39,200,000	116,023,530	68,679,584	159,484,859
391.12	10,537,575	18,967,635	29,505,210	43,499,109	14,000,000	25,200,000	39,200,000	115,840,486	68,705,210	159,339,596
392.47	10,606,662	19,091,991	29,698,653	43,784,300	14,000,000	25,200,000	39,200,000	114,501,450	68,898,653	158,285,750
392.57	10,699,870	19,259,767	29,959,637	44,169,065	14,000,000	25,200,000	39,200,000	113,770,160	69,159,637	157,939,225
393.12	10,471,931	18,849,475	29,321,406	43,228,130	14,000,000	25,200,000	39,200,000	113,431,374	68,521,406	156,659,504
393.21	10,649,564	19,169,214	29,818,778	43,961,398	14,000,000	25,200,000	39,200,000	113,395,503	69,018,778	157,356,901
393.55	10,646,985	19,164,574	29,811,559	43,950,755	14,000,000	25,200,000	39,200,000	113,431,374	69,011,559	157,382,129
393.58	10,649,564	19,169,214	29,818,778	43,961,398	14,000,000	25,200,000	39,200,000	113,395,503	69,018,778	157,356,901
393.96	10,536,633	18,965,939	29,502,572	43,495,220	14,000,000	25,200,000	39,200,000	113,022,346	68,702,572	156,517,566

Steam Cane Season	Cane Season				Remelt Season				Summary	
	Unit			Profit	Unit			Profit		
	On Peak	Off Peak	Summary	Profit	On Peak	Off Peak	Summary	Profit	PEA	Profit
kg/Ton Cane	(Mw)	(Mw)	(Mw)	(Baht)	(Mw)	(Mw)	(Mw)	(Baht)	(Baht)	(Baht)
394.40	10,605,173	19,089,311	29,694,484	43,778,154	14,000,000	25,200,000	39,200,000	112,583,508	68,894,484	156,361,661
394.67	9,291,400	16,724,520	26,015,920	38,354,899	14,000,000	25,200,000	39,200,000	112,317,073	65,215,920	150,671,971
394.77	10,473,770	18,852,787	29,326,557	43,235,724	14,000,000	25,200,000	39,200,000	112,317,073	68,526,557	155,552,797
394.93	10,716,052	19,288,893	30,004,945	44,235,861	14,000,000	25,200,000	39,200,000	112,060,427	69,204,945	156,296,288
395.09	10,609,317	19,096,771	29,706,088	43,795,262	14,000,000	25,200,000	39,200,000	111,900,634	68,906,088	155,695,895
395.47	11,041,662	19,874,991	30,916,653	45,579,979	14,000,000	25,200,000	39,200,000	111,524,286	70,116,653	157,104,265
395.95	10,903,406	19,626,131	30,529,537	45,009,260	14,000,000	25,200,000	39,200,000	111,043,092	69,729,537	156,052,351
396.02	9,286,721	16,716,098	26,002,819	38,335,585	14,000,000	25,200,000	39,200,000	110,975,780	65,202,819	149,311,365
396.09	11,393,916	20,509,048	31,902,964	47,034,084	14,000,000	25,200,000	39,200,000	110,908,153	71,102,964	157,942,237
396.27	10,918,546	19,653,382	30,571,927	45,071,756	14,000,000	25,200,000	39,200,000	110,727,724	69,771,927	155,799,479
397.04	10,657,481	19,183,466	29,840,948	43,994,083	14,000,000	25,200,000	39,200,000	109,945,244	69,040,948	153,939,327
397.67	10,921,720	19,659,096	30,580,816	45,084,859	14,000,000	25,200,000	39,200,000	109,338,159	69,780,816	154,423,018
397.74	10,927,032	19,668,657	30,595,689	45,106,787	14,000,000	25,200,000	39,200,000	109,264,253	69,795,689	154,371,040
398.23	9,627,604	17,329,688	26,957,292	39,742,751	14,000,000	25,200,000	39,200,000	108,774,611	66,157,292	148,517,362
398.27	9,546,185	17,183,134	26,729,319	39,406,653	14,000,000	25,200,000	39,200,000	108,740,851	65,929,319	148,147,505
398.32	10,867,795	19,562,030	30,429,825	44,862,256	14,000,000	25,200,000	39,200,000	108,692,543	69,629,825	153,554,799
398.98	10,915,314	19,647,565	30,562,879	45,058,416	14,000,000	25,200,000	39,200,000	108,031,405	69,762,879	153,089,820
399.04	10,835,106	19,503,191	30,338,297	44,727,318	14,000,000	25,200,000	39,200,000	107,973,023	69,538,297	152,700,342
399.45	11,102,959	19,985,326	31,088,285	45,833,014	14,000,000	25,200,000	39,200,000	107,566,815	70,288,285	153,399,829
399.67	11,547,686	20,785,835	32,333,520	47,668,847	14,000,000	25,200,000	39,200,000	107,347,183	71,533,520	155,016,030
400.44	11,155,776	20,080,397	31,236,174	46,051,045	14,000,000	25,200,000	39,200,000	106,577,427	70,436,174	152,628,472
400.74	11,111,774	20,001,194	31,112,968	45,869,404	14,000,000	25,200,000	39,200,000	106,283,857	70,312,968	152,153,261
401.60	11,140,944	20,053,700	31,194,644	45,989,818	14,000,000	25,200,000	39,200,000	105,431,060	70,394,644	151,420,877
405.11	11,262,993	20,273,388	31,536,381	46,493,636	14,000,000	25,200,000	39,200,000	101,939,638	70,736,381	148,433,274
405.67	10,423,464	18,762,234	29,185,698	43,028,058	14,000,000	25,200,000	39,200,000	101,384,097	68,385,698	144,412,155
406.92	10,847,337	19,525,206	30,372,543	44,777,807	14,000,000	25,200,000	39,200,000	100,142,555	69,572,543	144,920,362
406.99	10,230,094	18,414,169	28,644,263	42,229,827	14,000,000	25,200,000	39,200,000	100,075,087	67,844,263	142,304,915
407.28	11,667,226	21,001,007	32,668,233	48,162,310	14,000,000	25,200,000	39,200,000	99,785,655	71,868,233	147,947,964
407.53	11,040,298	19,872,537	30,912,836	45,574,352	14,000,000	25,200,000	39,200,000	99,540,384	70,112,836	145,114,736
408.00	11,704,332	21,067,798	32,772,131	48,315,485	14,000,000	25,200,000	39,200,000	99,073,191	71,972,131	147,388,676
409.97	11,845,320	21,321,576	33,166,896	48,897,481	14,000,000	25,200,000	39,200,000	97,111,625	72,366,896	146,009,106
412.66	12,308,170	22,154,706	34,462,876	50,808,126	14,000,000	25,200,000	39,200,000	94,439,181	73,662,876	145,247,307
412.70	10,746,022	19,342,840	30,088,861	44,359,579	14,000,000	25,200,000	39,200,000	94,400,132	69,288,861	138,759,711
416.43	11,483,840	20,670,912	32,154,752	47,405,292	14,000,000	25,200,000	39,200,000	90,691,383	71,354,752	138,096,675
417.20	11,115,406	20,007,731	31,123,137	45,884,397	14,000,000	25,200,000	39,200,000	89,924,200	70,323,137	135,808,597
418.37	12,240,535	22,032,963	34,273,497	50,528,927	14,000,000	25,200,000	39,200,000	88,763,989	73,473,497	139,292,917
421.71	10,274,317	18,493,771	28,768,089	42,412,382	14,000,000	25,200,000	39,200,000	85,446,706	67,968,089	127,859,088
424.28	11,720,318	21,096,573	32,816,891	48,381,474	14,000,000	25,200,000	39,200,000	82,890,137	72,016,891	131,271,611
427.98	11,789,260	21,220,669	33,009,929	48,666,067	14,000,000	25,200,000	39,200,000	79,211,955	72,209,929	127,878,021
430.60	11,587,476	20,857,457	32,444,932	47,833,100	14,000,000	25,200,000	39,200,000	76,612,896	71,644,932	124,445,996
431.48	11,466,407	20,639,532	32,105,939	47,333,327	14,000,000	25,200,000	39,200,000	75,730,588	71,305,939	123,063,915
433.98	11,544,084	20,779,351	32,323,435	47,653,978	14,000,000	25,200,000	39,200,000	73,246,267	71,523,435	120,900,245
437.57	12,143,804	21,858,846	34,002,650	50,129,621	14,000,000	25,200,000	39,200,000	69,681,896	73,202,650	119,811,518
439.80	11,979,028	21,562,251	33,541,279	49,449,429	14,000,000	25,200,000	39,200,000	67,462,358	72,741,279	116,911,787
439.92	12,928,705	23,271,668	36,200,373	53,369,692	14,000,000	25,200,000	39,200,000	67,344,508	75,400,373	120,714,200
440.18	11,980,518	21,564,933	33,545,451	49,455,579	14,000,000	25,200,000	39,200,000	67,091,260	72,745,451	116,546,839
445.57	12,456,902	22,422,423	34,879,325	51,422,091	14,000,000	25,200,000	39,200,000	61,732,805	74,079,325	113,154,896
452.77	13,226,870	23,808,366	37,035,235	54,600,519	14,000,000	25,200,000	39,200,000	54,579,740	76,235,235	109,180,259
456.48	12,808,942	23,056,095	35,865,037	52,875,312	14,000,000	25,200,000	39,200,000	50,890,744	75,065,037	103,766,055
460.45	14,587,850	26,258,131	40,845,981	60,218,646	14,000,000	25,200,000	39,200,000	46,948,099	80,045,981	107,166,745
467.29	11,951,763	21,513,174	33,464,937	49,336,878	14,000,000	25,200,000	39,200,000	40,145,923	72,664,937	89,482,801
473.47	13,940,537	25,092,967	39,033,505	57,546,538	14,000,000	25,200,000	39,200,000	34,009,472	78,233,505	91,556,011
475.03	14,095,406	25,371,732	39,467,138	58,185,838	14,000,000	25,200,000	39,200,000	32,457,566	78,667,138	90,643,404
483.45	15,063,034	27,113,462	42,176,497	62,180,206	14,000,000	25,200,000	39,200,000	24,085,658	81,376,497	86,265,864
484.79	13,970,478	25,146,860	39,117,337	57,670,132	14,000,000	25,200,000	39,200,000	22,751,078	78,317,337	80,421,209
490.96	15,787,757	28,417,963	44,205,720	65,171,861	14,000,000	25,200,000	39,200,000	22,751,078	83,405,720	87,922,939
492.46	16,163,705	29,094,669	45,258,374	66,723,774	14,000,000	25,200,000	39,200,000	15,134,099	84,458,374	81,857,872
498.83	14,972,619	26,950,713	41,923,332	61,806,969	14,000,000	25,200,000	39,200,000	8,807,423	81,123,332	70,614,393
501.04	15,432,444	27,778,399	43,210,843	63,705,129	14,000,000	25,200,000	39,200,000	6,610,533	82,410,843	70,315,662
501.53	15,076,789	27,138,221	42,215,010	62,236,987	14,000,000	25,200,000	39,200,000	6,119,869	81,415,010	68,356,856

ตารางที่ ข.3 แสดงผลปริมาณการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตน้ำตาลต่อกำไรการขายไฟฟ้า

Elcetrical Cane Season	Cane Season				Remelt Season				Summary	
	Unit			Profit	Unit			Profit		
	On Peak	Off Peak	Summary	Profit	On Peak	Off Peak	Summary	Profit	PEA	Profit
Mw/Ton Cane	(Mw)	(Mw)	(Mw)	(Baht)	(Mw)	(Mw)	(Mw)	(Baht)	(Baht)	(Baht)
13.06	9,799,360	17,638,848	27,438,208	40,451,758	14,000,000	25,200,000	39,200,000	146,117,837	66,638,208	186,569,595
13.66	11,463,125	20,633,625	32,096,750	47,319,779	14,000,000	25,200,000	39,200,000	109,945,244	71,296,750	157,265,023
13.84	11,547,686	20,785,835	32,333,520	47,668,847	14,000,000	25,200,000	39,200,000	107,347,183	71,533,520	155,016,030
13.94	10,757,870	19,364,165	30,122,035	44,408,486	14,000,000	25,200,000	39,200,000	118,914,064	69,322,035	163,322,550
13.98	10,443,368	18,798,062	29,241,429	43,110,221	14,000,000	25,200,000	39,200,000	124,746,118	68,441,429	167,856,339
14.04	10,261,090	18,469,962	28,731,052	42,357,780	14,000,000	25,200,000	39,200,000	127,726,523	67,931,052	170,084,303
14.11	10,787,153	19,416,876	30,204,029	44,529,368	14,000,000	25,200,000	39,200,000	116,367,318	69,404,029	160,896,686
14.13	12,308,170	22,154,706	34,462,876	50,808,126	14,000,000	25,200,000	39,200,000	94,439,181	73,662,876	145,247,307
14.15	10,357,586	18,643,654	29,001,240	42,756,113	14,000,000	25,200,000	39,200,000	124,528,390	68,201,240	167,284,503
14.16	11,962,702	21,532,863	33,495,564	49,382,032	14,000,000	25,200,000	39,200,000	99,073,191	72,695,564	148,455,223
14.17	10,372,682	18,670,828	29,043,510	42,818,432	14,000,000	25,200,000	39,200,000	123,982,312	68,243,510	166,800,744
14.20	10,611,450	19,100,610	29,712,060	43,804,066	14,000,000	25,200,000	39,200,000	118,868,606	68,912,060	162,672,672
14.24	10,743,812	19,338,861	30,082,673	44,350,454	14,000,000	25,200,000	39,200,000	115,840,486	69,282,673	160,190,941
14.25	10,845,334	19,521,602	30,366,937	44,769,541	14,000,000	25,200,000	39,200,000	113,857,822	69,566,937	158,627,363
14.27	11,002,297	19,804,134	30,806,431	45,417,481	14,000,000	25,200,000	39,200,000	111,524,286	70,006,431	156,941,767
14.30	11,027,057	19,848,703	30,875,760	45,519,692	14,000,000	25,200,000	39,200,000	110,908,153	70,075,760	156,427,846
14.50	10,903,406	19,626,131	30,529,537	45,009,260	14,000,000	25,200,000	39,200,000	111,043,092	69,729,537	156,052,351
14.52	10,918,546	19,653,382	30,571,927	45,071,756	14,000,000	25,200,000	39,200,000	110,727,724	69,771,927	155,799,479
14.53	10,425,641	18,766,154	29,191,796	43,037,048	14,000,000	25,200,000	39,200,000	118,868,863	68,391,796	161,905,910
14.55	10,562,957	19,013,323	29,576,280	43,603,887	14,000,000	25,200,000	39,200,000	115,840,486	68,776,280	159,444,373
14.58	10,655,789	19,180,420	29,836,210	43,987,098	14,000,000	25,200,000	39,200,000	113,857,822	69,036,210	157,844,920
14.59	10,820,815	19,477,467	30,298,282	44,668,325	14,000,000	25,200,000	39,200,000	111,524,286	69,498,282	156,192,611
14.59	10,863,772	19,554,790	30,418,562	44,845,651	14,000,000	25,200,000	39,200,000	110,908,153	69,618,562	155,753,804
14.59	10,528,423	18,951,161	29,479,584	43,461,329	14,000,000	25,200,000	39,200,000	116,023,530	68,679,584	159,484,859
14.60	11,845,320	21,321,576	33,166,896	48,897,481	14,000,000	25,200,000	39,200,000	97,111,625	72,366,896	146,009,106
14.61	11,155,776	20,080,397	31,236,174	46,051,045	14,000,000	25,200,000	39,200,000	106,577,427	70,436,174	152,628,472
14.62	10,960,318	19,728,573	30,688,891	45,244,194	14,000,000	25,200,000	39,200,000	109,264,253	69,888,891	154,508,447
14.63	10,649,564	19,169,214	29,818,778	43,961,398	14,000,000	25,200,000	39,200,000	113,395,503	69,018,778	157,356,901
14.65	10,973,253	19,751,856	30,725,109	45,297,589	14,000,000	25,200,000	39,200,000	108,692,543	69,925,109	153,990,133
14.68	10,921,720	19,659,096	30,580,816	45,084,859	14,000,000	25,200,000	39,200,000	109,338,159	69,780,816	154,423,018
14.70	10,593,165	19,067,696	29,660,861	43,728,583	14,000,000	25,200,000	39,200,000	113,770,160	68,860,861	157,498,743
14.74	11,111,774	20,001,194	31,112,968	45,869,404	14,000,000	25,200,000	39,200,000	106,283,857	70,312,968	152,153,261
14.79	11,111,774	20,001,194	31,112,968	45,869,404	14,000,000	25,200,000	39,200,000	106,283,857	70,312,968	152,153,261
14.81	11,140,944	20,053,700	31,194,644	45,989,818	14,000,000	25,200,000	39,200,000	105,431,060	70,394,644	151,420,877
14.83	10,605,173	19,089,311	29,694,484	43,778,154	14,000,000	25,200,000	39,200,000	112,583,508	68,894,484	156,361,661
14.86	10,915,314	19,647,565	30,562,879	45,058,416	14,000,000	25,200,000	39,200,000	108,031,405	69,762,879	153,089,820
14.90	10,605,771	19,090,387	29,696,158	43,780,621	14,000,000	25,200,000	39,200,000	112,060,427	68,896,158	155,841,049
14.90	10,605,771	19,090,387	29,696,158	43,780,621	14,000,000	25,200,000	39,200,000	112,060,427	68,896,158	155,841,049
14.90	10,605,771	19,090,387	29,696,158	43,780,621	14,000,000	25,200,000	39,200,000	112,060,427	68,896,158	155,841,049
14.90	10,535,664	18,964,194	29,499,858	43,491,219	14,000,000	25,200,000	39,200,000	113,022,346	68,699,858	156,513,566
14.91	10,609,317	19,096,771	29,706,088	43,795,262	14,000,000	25,200,000	39,200,000	111,900,634	68,906,088	155,695,895
14.94	8,659,883	15,587,790	24,247,674	35,747,999	14,000,000	25,200,000	39,200,000	146,985,442	63,447,674	182,733,441
14.96	10,471,931	18,849,475	29,321,406	43,228,130	14,000,000	25,200,000	39,200,000	113,431,374	68,521,406	156,659,504
14.97	12,240,535	22,032,963	34,273,497	50,528,927	14,000,000	25,200,000	39,200,000	88,763,989	73,473,497	139,292,917
14.97	9,894,763	17,810,574	27,705,337	40,845,582	14,000,000	25,200,000	39,200,000	124,449,680	66,905,337	165,295,262
14.98	10,225,516	18,405,928	28,631,443	42,210,928	14,000,000	25,200,000	39,200,000	117,739,666	67,831,443	159,950,594
15.01	10,835,106	19,503,191	30,338,297	44,727,318	14,000,000	25,200,000	39,200,000	107,973,023	69,538,297	152,700,342
15.02	11,262,993	20,273,388	31,536,381	46,493,636	14,000,000	25,200,000	39,200,000	101,939,638	70,736,381	148,433,274
15.05	9,795,993	17,632,788	27,428,782	40,437,861	14,000,000	25,200,000	39,200,000	125,520,651	66,628,782	165,958,512
15.07	10,656,350	19,181,429	29,837,779	43,989,411	14,000,000	25,200,000	39,200,000	109,960,990	69,037,779	153,950,401

Elcetrical Cane Season	Cane Season				Remelt Season				Summary	
	Unit			Profit	Unit			Profit		
	On Peak	Off Peak	Summary	Profit	On Peak	Off Peak	Summary	Profit	PEA	Profit
Mw/Ton Cane	(Mw)	(Mw)	(Mw)	(Baht)	(Mw)	(Mw)	(Mw)	(Baht)	(Baht)	(Baht)
15.10	10,480,744	18,865,338	29,346,082	43,264,509	14,000,000	25,200,000	39,200,000	112,220,055	68,546,082	155,484,564
15.19	9,925,596	17,866,074	27,791,670	40,972,862	14,000,000	25,200,000	39,200,000	121,280,096	66,991,670	162,252,958
15.20	9,808,060	17,654,508	27,462,569	40,487,673	14,000,000	25,200,000	39,200,000	123,573,576	66,662,569	164,061,249
15.20	9,004,359	16,207,847	25,212,206	37,169,995	14,000,000	25,200,000	39,200,000	139,606,939	64,412,206	176,776,935
15.21	9,516,211	17,129,179	26,645,390	39,282,918	14,000,000	25,200,000	39,200,000	129,369,911	65,845,390	168,652,829
15.22	9,677,764	17,419,975	27,097,738	39,949,809	14,000,000	25,200,000	39,200,000	126,046,683	66,297,738	165,996,492
15.33	9,358,539	16,845,369	26,203,908	38,632,047	14,000,000	25,200,000	39,200,000	132,272,635	65,403,908	170,904,682
15.34	9,297,785	16,736,014	26,033,799	38,381,258	14,000,000	25,200,000	39,200,000	132,272,635	65,233,799	170,653,893
15.35	9,582,797	17,249,035	26,831,832	39,557,786	14,000,000	25,200,000	39,200,000	126,480,297	66,031,832	166,038,083
15.37	10,028,314	18,050,965	28,079,279	41,396,880	14,000,000	25,200,000	39,200,000	117,420,429	67,279,279	158,817,309
15.40	9,773,026	17,591,447	27,364,473	40,343,052	14,000,000	25,200,000	39,200,000	122,264,484	66,564,473	162,607,536
15.40	9,204,078	16,567,341	25,771,419	37,994,436	14,000,000	25,200,000	39,200,000	133,327,242	64,971,419	171,321,677
15.42	9,900,312	17,820,561	27,720,873	40,868,487	14,000,000	25,200,000	39,200,000	119,124,015	66,920,873	159,992,503
15.45	9,559,402	17,206,924	26,766,325	39,461,211	14,000,000	25,200,000	39,200,000	125,655,940	65,966,325	165,117,151
15.54	9,254,309	16,657,756	25,912,065	38,201,787	14,000,000	25,200,000	39,200,000	130,682,170	65,112,065	168,883,957
15.55	7,338,282	13,208,907	20,547,189	30,292,427	14,000,000	25,200,000	39,200,000	160,584,314	59,747,189	190,876,741
15.56	9,528,080	17,150,544	26,678,624	39,331,915	14,000,000	25,200,000	39,200,000	125,029,084	65,878,624	164,360,998
15.63	8,936,491	16,085,684	25,022,175	36,889,836	14,000,000	25,200,000	39,200,000	136,037,108	64,222,175	172,926,944
15.65	9,666,447	17,399,604	27,066,051	39,903,093	14,000,000	25,200,000	39,200,000	121,266,696	66,266,051	161,169,788
15.71	11,040,298	19,872,537	30,912,836	45,574,352	14,000,000	25,200,000	39,200,000	99,540,384	70,112,836	145,114,736
15.72	7,950,804	14,311,447	22,262,251	32,820,918	14,000,000	25,200,000	39,200,000	150,703,753	61,462,251	183,524,671
15.86	7,650,451	13,770,812	21,421,263	31,581,061	14,000,000	25,200,000	39,200,000	153,777,565	60,621,263	185,358,627
15.97	10,847,337	19,525,206	30,372,543	44,777,807	14,000,000	25,200,000	39,200,000	100,142,555	69,572,543	144,920,362
16.05	11,483,840	20,670,912	32,154,752	47,405,292	14,000,000	25,200,000	39,200,000	90,691,383	71,354,752	138,096,675
16.14	7,472,532	13,450,557	20,923,089	30,846,611	14,000,000	25,200,000	39,200,000	154,014,266	60,123,089	184,860,877
16.17	8,865,585	15,958,054	24,823,639	36,597,137	14,000,000	25,200,000	39,200,000	131,260,797	64,023,639	167,857,934
16.23	9,247,282	16,645,107	25,892,388	38,172,778	14,000,000	25,200,000	39,200,000	122,938,504	65,092,388	161,111,282
16.27	8,977,153	16,158,875	25,136,028	37,057,687	14,000,000	25,200,000	39,200,000	127,925,761	64,336,028	164,983,448
16.27	8,388,312	15,098,962	23,487,274	34,626,953	14,000,000	25,200,000	39,200,000	139,662,985	62,687,274	174,289,938
16.34	7,709,038	13,876,269	21,585,307	31,822,910	14,000,000	25,200,000	39,200,000	149,643,654	60,785,307	181,466,564
16.35	9,607,740	17,293,933	26,901,673	39,660,752	14,000,000	25,200,000	39,200,000	114,407,600	66,101,673	154,068,352
16.35	8,612,478	15,502,460	24,114,937	35,552,308	14,000,000	25,200,000	39,200,000	134,306,576	63,314,937	169,858,883
16.46	12,928,705	23,271,668	36,200,373	53,369,692	14,000,000	25,200,000	39,200,000	67,344,508	75,400,373	120,714,200
16.56	10,423,464	18,762,234	29,185,698	43,028,058	14,000,000	25,200,000	39,200,000	101,384,097	68,385,698	144,412,155
16.60	8,743,383	15,738,089	24,481,472	36,092,685	14,000,000	25,200,000	39,200,000	128,794,864	63,681,472	164,887,549
16.61	8,857,773	15,943,991	24,801,764	36,564,887	14,000,000	25,200,000	39,200,000	126,365,483	64,001,764	162,930,370
16.62	11,720,318	21,096,573	32,816,891	48,381,474	14,000,000	25,200,000	39,200,000	82,890,137	72,016,891	131,271,611
16.79	11,115,406	20,007,731	31,123,137	45,884,397	14,000,000	25,200,000	39,200,000	89,924,200	70,323,137	135,808,597
16.87	10,746,022	19,342,840	30,088,861	44,359,579	14,000,000	25,200,000	39,200,000	94,400,132	69,288,861	138,759,711
16.96	11,789,260	21,220,669	33,009,929	48,666,067	14,000,000	25,200,000	39,200,000	79,211,955	72,209,929	127,878,021
16.96	8,621,514	15,518,726	24,140,240	35,589,611	14,000,000	25,200,000	39,200,000	127,098,460	63,340,240	162,688,071
16.97	8,676,871	15,618,367	24,295,238	35,818,122	14,000,000	25,200,000	39,200,000	125,964,586	63,495,238	161,782,708
17.02	9,627,604	17,329,688	26,957,292	39,742,751	14,000,000	25,200,000	39,200,000	108,774,611	66,157,292	148,517,362
17.04	10,245,430	18,441,774	28,687,204	42,293,135	14,000,000	25,200,000	39,200,000	100,075,087	67,887,204	142,368,223
17.06	7,278,743	13,101,737	20,380,480	30,046,651	14,000,000	25,200,000	39,200,000	149,376,222	59,580,480	179,422,873
17.09	9,038,035	16,268,463	25,306,498	37,309,009	14,000,000	25,200,000	39,200,000	117,647,326	64,506,498	154,956,335
17.11	8,745,742	15,742,335	24,488,076	36,102,421	14,000,000	25,200,000	39,200,000	123,493,198	63,688,076	159,595,619
17.17	9,291,400	16,724,520	26,015,920	38,354,899	14,000,000	25,200,000	39,200,000	112,317,073	65,215,920	150,671,971
17.17	9,546,185	17,183,134	26,729,319	39,406,653	14,000,000	25,200,000	39,200,000	108,740,851	65,929,319	148,147,505
17.18	8,883,547	15,990,384	24,873,930	36,671,280	14,000,000	25,200,000	39,200,000	119,339,591	64,073,930	156,010,872

Elcetrical Cane Season	Cane Season				Remelt Season				Summary	
	Unit			Profit	Unit			Profit		
	On Peak	Off Peak	Summary	Profit	On Peak	Off Peak	Summary	Profit	PEA	Profit
Mw/Ton Cane	(Mw)	(Mw)	(Mw)	(Baht)	(Mw)	(Mw)	(Mw)	(Baht)	(Baht)	(Baht)
17.34	9,286,721	16,716,098	26,002,819	38,335,585	14,000,000	25,200,000	39,200,000	110,975,780	65,202,819	149,311,365
17.54	12,143,804	21,858,846	34,002,650	50,129,621	14,000,000	25,200,000	39,200,000	69,681,896	73,202,650	119,811,518
17.54	13,226,870	23,808,366	37,035,235	54,600,519	14,000,000	25,200,000	39,200,000	54,579,740	76,235,235	109,180,259
17.64	11,643,237	20,957,826	32,601,063	48,063,281	14,000,000	25,200,000	39,200,000	76,612,896	71,801,063	124,676,177
17.96	11,466,407	20,639,532	32,105,939	47,333,327	14,000,000	25,200,000	39,200,000	75,730,588	71,305,939	123,063,915
17.99	12,456,902	22,422,423	34,879,325	51,422,091	14,000,000	25,200,000	39,200,000	61,732,805	74,079,325	113,154,896
18.10	11,979,028	21,562,251	33,541,279	49,449,429	14,000,000	25,200,000	39,200,000	67,462,358	72,741,279	116,911,787
18.14	11,544,084	20,779,351	32,323,435	47,653,978	14,000,000	25,200,000	39,200,000	73,246,267	71,523,435	120,900,245
18.15	11,980,518	21,564,933	33,545,451	49,455,579	14,000,000	25,200,000	39,200,000	67,091,260	72,745,451	116,546,839
18.16	15,063,034	27,113,462	42,176,497	62,180,206	14,000,000	25,200,000	39,200,000	24,085,658	81,376,497	86,265,864
18.80	14,095,406	25,371,732	39,467,138	58,185,838	14,000,000	25,200,000	39,200,000	32,457,566	78,667,138	90,643,404
18.88	13,940,537	25,092,967	39,033,505	57,546,538	14,000,000	25,200,000	39,200,000	34,009,472	78,233,505	91,556,011
19.71	15,432,444	27,778,399	43,210,843	63,705,129	14,000,000	25,200,000	39,200,000	6,610,533	82,410,843	70,315,662
20.24	13,970,478	25,146,860	39,117,337	57,670,132	14,000,000	25,200,000	39,200,000	22,751,078	78,317,337	80,421,209
20.24	14,972,619	26,950,713	41,923,332	61,806,969	14,000,000	25,200,000	39,200,000	8,807,423	81,123,332	70,614,393
20.40	15,076,789	27,138,221	42,215,010	62,236,987	14,000,000	25,200,000	39,200,000	6,119,869	81,415,010	68,356,856
20.44	13,455,315	24,219,567	37,674,881	55,543,539	14,000,000	25,200,000	39,200,000	2,543,625	76,874,881	58,087,164
20.89	13,271,785	23,889,213	37,160,999	54,785,930	14,000,000	25,200,000	39,200,000	2,543,625	76,360,999	57,329,555
21.28	13,823,398	24,882,117	38,705,516	57,062,989	12,108,454	21,795,218	33,903,672	111,097	72,609,187	57,174,086
21.59	11,951,763	21,513,174	33,464,937	49,336,878	14,000,000	25,200,000	39,200,000	40,145,923	72,664,937	89,482,801
22.51	13,138,333	23,649,000	36,787,333	54,235,039	12,075,215	21,735,387	33,810,603	68,352	70,597,935	54,303,391
22.54	13,118,570	23,613,426	36,731,995	54,153,456	12,075,215	21,735,387	33,810,603	68,352	70,542,598	54,221,808
23.20	12,741,755	22,935,160	35,676,915	52,597,966	12,075,215	21,735,387	33,810,603	68,352	69,487,518	52,666,318
24.81	11,824,276	21,283,697	33,107,973	48,810,611	12,075,215	21,735,387	33,810,603	68,352	66,918,575	48,878,963
26.38	10,928,851	19,671,932	30,600,784	45,114,298	12,075,215	21,735,387	33,810,603	68,352	64,411,386	45,182,650
26.99	10,580,646	19,045,163	29,625,810	43,676,908	12,075,215	21,735,387	33,810,603	68,352	63,436,412	43,745,260
27.41	10,338,437	18,609,186	28,947,623	42,677,067	12,075,215	21,735,387	33,810,603	68,352	62,758,226	42,745,419
30.83	8,386,153	15,095,075	23,481,228	34,618,039	12,075,215	21,735,387	33,810,603	68,352	57,291,831	34,686,391
31.35	8,087,407	14,557,332	22,644,739	33,384,815	12,075,215	21,735,387	33,810,603	68,352	56,455,342	33,453,167
39.89	3,208,194	5,774,750	8,982,944	13,243,426	12,075,215	21,735,387	33,810,603	68,352	42,793,547	13,311,778

ตารางที่ ข.4 แสดงผลประสิทธิภาพเครื่องจักรต่อกำไรการขายไฟฟ้า

Mechanical Efficiency	Cane Season				Remelt Season				Summary	
	Unit			Profit	Unit			Profit		
	On Peak	Off Peak	Summary	Profit	On Peak	Off Peak	Summary	Profit	PEA	Profit
Mw/Ton Cane	(Mw)	(Mw)	(Mw)	(Baht)	(Mw)	(Mw)	(Mw)	(Baht)	(Baht)	(Baht)
39.25	- 3,789,751	- 6,821,552	- 10,611,303	- 15,644,093	6,578,414	11,841,146	18,419,560	27,155,695	7,808,257	11,511,602
44.79	- 1,132,926	- 2,039,267	- 3,172,192	- 4,676,718	8,370,191	15,066,344	23,436,535	34,552,149	20,264,343	29,875,431
63.88	5,468,116	9,842,610	15,310,726	22,572,385	10,608,701	19,095,661	29,704,362	43,792,717	45,015,088	66,365,101
80.88	8,546,300	15,383,340	23,929,640	35,279,127	10,711,706	19,281,070	29,992,776	44,217,921	53,922,416	79,497,048
88.49	6,952,047	12,513,684	19,465,731	28,698,048	12,023,214	21,641,786	33,665,000	49,631,829	53,130,731	78,329,877
88.75	5,580,888	10,045,598	15,626,486	23,037,904	12,023,214	21,641,786	33,665,000	49,631,829	49,291,486	72,669,733
89.92	6,352,649	11,434,767	17,787,416	26,223,733	12,228,214	22,010,786	34,239,000	50,478,069	52,026,416	76,701,802
91.67	7,544,895	13,580,811	21,125,706	31,145,326	12,535,714	22,564,286	35,100,000	51,747,429	56,225,706	82,892,754
92.00	7,427,990	13,370,382	20,798,371	30,662,742	12,594,286	22,669,714	35,264,000	51,989,211	56,062,371	82,651,953
93.04	7,061,971	12,711,548	19,773,519	29,151,816	12,594,286	22,669,714	35,264,000	51,989,211	55,037,519	81,141,027
93.12	5,880,293	10,584,527	16,464,821	24,273,850	12,790,672	23,023,210	35,813,882	52,799,895	52,278,703	77,073,745
94.87	5,167,175	9,300,914	14,468,089	21,330,097	12,790,672	23,023,210	35,813,882	52,799,895	50,281,971	74,129,992
95.50	7,837,664	14,107,795	21,945,459	32,353,877	13,209,286	23,776,714	36,986,000	54,527,931	58,931,459	86,881,809
95.83	8,919,542	16,055,176	24,974,718	36,819,870	13,267,857	23,882,143	37,150,000	54,769,714	62,124,718	91,589,585
96.54	8,500,252	15,300,454	23,800,707	35,089,042	13,392,321	24,106,179	37,498,500	55,283,503	61,299,207	90,372,545
96.56	6,180,126	11,124,227	17,304,353	25,511,560	13,450,893	24,211,607	37,662,500	55,525,286	54,966,853	81,036,846
96.88	5,963,250	10,733,850	16,697,100	24,616,297	13,511,661	24,320,989	37,832,650	55,776,135	54,529,750	80,392,432
97.22	7,973,234	14,351,820	22,325,054	32,913,508	13,511,661	24,320,989	37,832,650	55,776,135	60,157,704	88,689,643
97.22	8,249,995	14,849,990	23,099,985	34,055,978	13,573,161	24,431,689	38,004,850	56,030,007	61,104,835	90,085,985
97.57	8,569,292	15,424,726	23,994,019	35,374,039	13,575,357	24,435,643	38,011,000	56,039,074	62,005,019	91,413,113
97.58	7,469,384	13,444,892	20,914,276	30,833,619	13,575,357	24,435,643	38,011,000	56,039,074	58,925,276	86,872,693
97.58	8,885,537	15,993,966	24,879,503	36,679,496	13,575,357	24,435,643	38,011,000	56,039,074	62,890,503	92,718,570
97.58	9,841,709	17,715,075	27,556,784	40,626,573	13,575,357	24,435,643	38,011,000	56,039,074	65,567,784	96,665,647
97.58	10,994,276	19,789,698	30,783,974	45,384,373	13,394,721	24,110,498	37,505,219	55,293,409	68,289,193	100,677,782
97.58	13,145,663	23,662,194	36,807,857	54,265,297	17,483,521	31,470,337	48,953,858	72,171,973	85,761,714	126,437,270
97.92	16,006,680	28,812,025	44,818,705	66,075,577	17,435,206	31,383,371	48,818,578	71,972,532	93,637,283	138,048,108
97.92	13,446,585	24,203,854	37,650,439	55,507,504	17,435,206	31,383,371	48,818,578	71,972,532	86,469,017	127,480,036
97.93	14,743,363	26,538,054	41,281,417	60,860,603	17,387,205	31,296,969	48,684,174	71,774,383	89,965,591	132,634,986
98.10	15,277,148	27,498,866	42,776,013	63,064,065	17,316,497	31,169,695	48,486,192	71,482,500	91,262,205	134,546,565
98.25	14,503,729	26,106,712	40,610,440	59,871,392	17,239,185	31,030,532	48,269,717	71,163,355	88,880,158	131,034,747
98.25	17,005,324	30,609,583	47,614,906	70,197,976	17,432,690	31,378,842	48,811,532	71,962,144	96,426,438	142,160,120
98.63	13,335,178	24,003,321	37,338,499	55,047,615	17,239,185	31,030,532	48,269,717	71,163,355	85,608,216	126,210,970
98.63	12,690,600	22,843,081	35,533,681	52,386,799	17,387,205	31,296,969	48,684,174	71,774,383	84,217,855	124,161,181
98.74	9,459,271	17,026,688	26,485,959	39,047,870	13,816,964	24,870,536	38,687,500	57,036,429	65,173,459	96,084,299
98.96	8,575,417	15,435,751	24,011,169	35,399,323	13,816,964	24,870,536	38,687,500	57,036,429	62,698,669	92,435,752
98.96	8,174,064	14,713,315	22,887,379	33,742,536	13,758,393	24,765,107	38,523,500	56,794,646	61,410,879	90,537,182
98.96	7,249,982	13,049,967	20,299,949	29,927,924	13,758,393	24,765,107	38,523,500	56,794,646	58,823,449	86,722,570
98.96	8,664,605	15,596,289	24,260,894	35,767,490	13,816,964	24,870,536	38,687,500	57,036,429	62,948,394	92,803,918
98.96	8,712,106	15,681,791	24,393,898	35,963,575	13,665,761	24,598,370	38,264,130	56,412,261	62,658,028	92,375,836
98.96	9,855,092	17,739,166	27,594,258	40,681,820	13,816,964	24,870,536	38,687,500	57,036,429	66,281,758	97,718,249
99.29	7,821,203	14,078,166	21,899,369	32,285,926	13,816,964	24,870,536	38,687,500	57,036,429	60,586,869	89,322,355
99.29	9,187,281	16,537,106	25,724,387	37,925,096	13,816,964	24,870,536	38,687,500	57,036,429	64,411,887	94,961,525
99.29	8,584,226	15,451,608	24,035,834	35,435,687	13,875,536	24,975,964	38,851,500	57,278,211	62,887,334	92,713,898
99.29	8,886,455	15,995,619	24,882,074	36,683,286	13,875,536	24,975,964	38,851,500	57,278,211	63,733,574	93,961,498
99.29	9,948,366	17,907,059	27,855,426	41,066,856	13,875,536	24,975,964	38,851,500	57,278,211	66,706,926	98,345,068
99.30	8,277,366	14,899,260	23,176,626	34,168,969	13,877,732	24,979,918	38,857,650	57,287,278	62,034,276	91,456,247
99.31	9,197,025	16,554,646	25,751,671	37,965,320	13,877,976	24,980,357	38,858,333	57,288,286	64,610,004	95,253,606
100.00	9,503,502	17,106,303	26,609,805	39,230,455	14,000,000	25,200,000	39,200,000	57,792,000	65,809,805	97,022,455

ตารางที่ ข.5 แสดงผลปริมาณการหีบอ้อยต่อกำไรการขายไฟฟ้า

Cane	Cane Season				Remelt Season				Summary	
	Unit			Profit	Unit			Profit		
	On Peak	Off Peak	Summary	Profit	On Peak	Off Peak	Summary	Profit	PEA	Profit
(Tons)	(Mw)	(Mw)	(Mw)	(Baht)	(Mw)	(Mw)	(Mw)	(Baht)	(Baht)	(Baht)
1,000,000	3,575,730	6,436,314	10,012,044	14,760,613	17,140,212	30,852,381	47,992,593	57,792,000	62,753,206	72,552,613
1,050,000	5,249,375	9,448,875	14,698,251	21,669,421	17,140,212	30,852,381	47,992,593	57,792,000	69,662,014	79,461,421
1,100,000	6,285,714	11,314,286	17,600,000	25,947,429	17,140,212	30,852,381	47,992,593	57,792,000	73,940,021	83,739,429
1,150,000	6,901,786	12,423,214	19,325,000	28,490,571	17,140,212	30,852,381	47,992,593	57,792,000	76,483,164	86,282,571
1,200,000	6,923,021	12,461,437	19,384,458	28,578,229	17,140,212	30,852,381	47,992,593	57,792,000	76,570,821	86,370,229
1,250,000	7,517,857	13,532,143	21,050,000	31,033,714	17,140,212	30,852,381	47,992,593	57,792,000	79,026,307	88,825,714
1,300,000	7,961,801	14,331,241	22,293,042	32,866,314	17,140,212	30,852,381	47,992,593	57,792,000	80,858,906	90,658,314
1,350,000	8,133,929	14,641,071	22,775,000	33,576,857	17,140,212	30,852,381	47,992,593	57,792,000	81,569,450	91,368,857
1,400,000	8,704,348	15,667,826	24,372,174	35,931,548	17,140,212	30,852,381	47,992,593	57,792,000	83,924,140	93,723,548
1,450,000	13,169,296	23,704,732	36,874,028	54,362,852	17,140,212	30,852,381	47,992,593	70,754,794	102,355,445	125,117,646
1,500,000	13,785,367	24,813,661	38,599,028	56,905,995	17,140,212	30,852,381	47,992,593	70,754,794	104,898,588	127,660,789
1,550,000	13,785,367	24,813,661	38,599,028	56,905,995	17,140,212	30,852,381	47,992,593	70,754,794	104,898,588	127,660,789
1,600,000	14,401,438	25,922,589	40,324,028	59,449,138	17,140,212	30,852,381	47,992,593	70,754,794	107,441,731	130,203,932
1,650,000	15,017,510	27,031,518	42,049,028	61,992,281	17,140,212	30,852,381	47,992,593	70,754,794	109,984,874	132,747,075
1,700,000	15,633,581	28,140,446	43,774,028	64,535,424	17,140,212	30,852,381	47,992,593	70,754,794	112,528,016	135,290,217
1,750,000	16,249,653	29,249,375	45,499,028	67,078,567	17,140,212	30,852,381	47,992,593	70,754,794	115,071,159	137,833,360
1,800,000	16,865,724	30,358,304	47,224,028	69,621,710	17,140,212	30,852,381	47,992,593	70,754,794	117,614,302	140,376,503
1,850,000	17,481,796	31,467,232	48,949,028	72,164,852	17,140,212	30,852,381	47,992,593	70,754,794	120,157,445	142,919,646
1,900,000	18,097,867	32,576,161	50,674,028	74,707,995	17,140,212	30,852,381	47,992,593	70,754,794	122,700,588	145,462,789
1,950,000	18,676,846	33,618,323	52,295,169	77,098,021	17,140,212	30,852,381	47,992,593	70,754,794	125,090,613	147,852,814
2,000,000	18,574,074	33,433,333	52,007,407	76,673,778	17,140,212	30,852,381	47,992,593	70,754,794	124,666,370	147,428,571
2,050,000	14,156,250	25,481,250	39,637,500	76,673,778	17,140,212	30,852,381	39,200,000	70,754,794	115,873,778	147,428,571

ตารางที่ ข.6 แสดงผลปริมาณการขายไฟฟ้า On Peak Off Peak ต่อกำไรการขายไฟฟ้า

On Peak Off Peak	Cane Season				Remelt Season				Summary	
	Unit			Profit	Unit			Profit		
	On Peak	Off Peak	Summary	Profit	On Peak	Off Peak	Summary	Profit	PEA	Profit
(Hr)	(Mw)	(Mw)	(Mw)	(Baht)	(Mw)	(Mw)	(Mw)	(Baht)	(Baht)	(Baht)
54.79	13,572,255	26,751,773	40,324,028	58,487,285	16,153,340	31,839,253	47,992,593	69,610,022	88,316,620	128,097,307
55.14	13,629,992	26,694,036	40,324,028	58,554,260	16,222,056	31,770,537	47,992,593	69,689,733	88,316,620	128,243,993
57.31	13,979,573	26,344,455	40,324,028	58,959,774	16,638,118	31,354,474	47,992,593	70,172,366	88,316,620	129,132,140
60.69	14,507,983	25,816,045	40,324,028	59,572,730	17,267,018	30,725,574	47,992,593	70,901,889	88,316,620	130,474,620
61.23	14,589,714	25,734,313	40,324,028	59,667,538	17,364,293	30,628,300	47,992,593	71,014,728	88,316,620	130,682,266
62.73	14,815,733	25,508,295	40,324,028	59,929,719	17,633,294	30,359,299	47,992,593	71,326,769	88,316,620	131,256,488
64.04	15,010,748	25,313,280	40,324,028	60,155,937	17,865,395	30,127,197	47,992,593	71,596,007	88,316,620	131,751,944
64.46	15,071,756	25,252,272	40,324,028	60,226,707	17,938,006	30,054,587	47,992,593	71,680,235	88,316,620	131,906,942
65.19	15,178,130	25,145,897	40,324,028	60,350,101	18,064,610	29,927,983	47,992,593	71,827,096	88,316,620	132,177,196
65.26	15,188,948	25,135,080	40,324,028	60,362,649	18,077,484	29,915,108	47,992,593	71,842,030	88,316,620	132,204,679
70.47	15,922,257	24,401,770	40,324,028	61,213,288	18,950,250	29,042,343	47,992,593	72,854,438	88,316,620	134,067,726
78.21	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,157,584	27,835,008	47,992,593	74,254,946	88,316,620	136,644,960

ตารางที่ ข.7 แสดงผลปริมาณการใช้ไฟฟ้ากระบวนผลิตฤดูละลายต่อกำไรการขายไฟฟ้า

Electrical Remelt Season	Cane Season				Remelt Season				Summary	
	Unit			Profit	Unit			Profit		
	On Peak	Off Peak	Summary	Profit	On Peak	Off Peak	Summary	Profit	PEA	Profit
(Kwh/Ton Remelt)	(Mw)	(Mw)	(Mw)	(Baht)	(Mw)	(Mw)	(Mw)	(Baht)	(Baht)	(Baht)
86.22	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,025,194	26,271,324	45,296,519	70,083,535	85,620,546	132,473,549
88.11	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,568,055	27,020,945	46,589,000	72,083,284	86,913,028	134,473,298
89.82	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,122,529	26,405,730	45,528,259	70,442,088	85,852,287	132,832,102
91.31	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	18,713,046	25,840,288	44,553,333	68,933,666	84,877,361	131,323,680
91.80	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,490,430	26,913,755	46,404,185	71,797,336	86,728,213	134,187,349
91.81	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	18,088,282	24,977,570	43,065,852	66,632,210	83,389,880	129,022,224
91.86	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,955,013	27,555,283	47,510,296	73,508,729	87,834,324	135,898,743
93.35	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,125,772	27,791,080	47,916,852	74,137,759	88,240,880	136,527,773
93.66	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,412,728	26,806,458	46,219,185	71,511,100	86,543,213	133,901,114
93.69	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	18,011,419	24,871,433	42,882,852	66,349,069	83,206,880	128,739,083
93.72	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,876,890	27,447,406	47,324,296	73,220,947	87,648,324	135,610,961
93.94	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,645,455	28,508,693	49,154,148	76,052,124	89,478,176	138,442,138
94.50	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,233,032	27,939,191	48,172,222	74,532,872	88,496,250	136,922,886
94.88	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,294,851	28,024,556	48,319,407	74,760,600	88,643,435	137,150,613
95.07	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,209,091	27,906,132	48,115,222	74,444,681	88,439,250	136,834,695
95.11	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	18,962,923	26,185,336	45,148,259	69,854,146	85,472,287	132,244,160
95.31	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,025,194	26,271,324	45,296,519	70,083,535	85,620,546	132,473,549
95.42	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,583,293	28,422,856	49,006,148	75,823,136	89,330,176	138,213,150
95.76	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,802,353	28,725,350	49,527,704	76,630,096	89,851,731	139,020,110
96.25	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	21,637,358	29,878,383	51,515,741	79,706,020	91,839,769	142,096,034
96.28	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	18,524,879	25,580,454	44,105,333	68,240,513	84,429,361	130,630,527
96.53	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,140,181	27,810,977	47,951,158	74,190,838	88,275,186	136,580,852
96.57	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,301,649	28,033,943	48,335,593	74,785,642	88,659,620	137,175,655
96.66	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,142,308	27,813,914	47,956,222	74,198,673	88,280,250	136,588,687
96.70	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	21,480,827	29,662,234	51,143,061	79,129,403	91,467,088	141,519,417
96.92	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,664,705	27,154,406	46,819,111	72,439,316	87,143,139	134,829,330
96.96	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,351,903	26,722,467	46,074,370	71,287,040	86,398,398	133,677,054
96.96	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,351,903	26,722,467	46,074,370	71,287,040	86,398,398	133,677,054
96.97	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,051,507	27,688,530	47,740,037	73,864,188	88,064,065	136,254,202
97.51	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,406,583	26,797,973	46,204,556	71,488,465	86,528,583	133,878,479
97.55	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,416,049	28,191,914	48,607,963	75,207,058	88,931,991	137,597,071
97.92	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	21,135,892	29,185,924	50,321,815	77,858,759	90,645,843	140,248,773
98.55	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,296,267	28,026,511	48,322,778	74,765,814	88,646,806	137,155,828
98.56	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	21,384,773	29,529,597	50,914,370	78,775,570	91,238,398	141,165,584
98.60	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,827,484	27,379,182	47,206,667	73,038,948	87,530,694	135,428,962
98.79	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,130,626	27,797,782	47,928,407	74,155,638	88,252,435	136,545,651
99.08	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,729,543	27,243,938	46,973,481	72,678,160	87,297,509	135,068,174
99.31	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,875,444	27,445,408	47,320,852	73,215,618	87,644,880	135,605,631
99.44	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,403,301	26,793,440	46,196,741	71,476,374	86,520,769	133,866,388
99.54	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,021,344	27,646,878	47,668,222	73,753,075	87,992,250	136,143,089
99.59	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,174,805	27,858,788	48,033,593	74,318,382	88,357,620	136,708,396
99.75	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	21,412,572	29,567,983	50,980,556	78,877,973	91,304,583	141,267,986
99.85	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	18,197,862	25,128,886	43,326,748	67,035,873	83,650,776	129,425,887
99.89	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,162,205	27,841,388	48,003,593	74,271,966	88,327,620	136,661,979
100.01	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,457,140	26,867,786	46,324,926	71,674,704	86,648,954	134,064,718
100.12	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,219,179	26,539,192	45,758,370	70,798,120	86,082,398	133,188,134
100.16	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	18,284,133	25,248,015	43,532,148	67,353,672	83,856,176	129,743,685
100.56	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,278,479	26,621,077	45,899,556	71,016,564	86,223,583	133,406,578
100.59	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,540,251	26,982,551	46,522,802	71,980,861	86,846,829	134,370,874
100.72	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,127,343	27,793,249	47,920,593	74,143,547	88,244,620	136,533,560

Electrical Remelt Season	Cane Season				Remelt Season				Summary	
	Unit			Profit	Unit			Profit		
	On Peak	Off Peak	Summary	Profit	On Peak	Off Peak	Summary	Profit	PEA	Profit
(Kwh/Ton Remelt)	(Mw)	(Mw)	(Mw)	(Baht)	(Mw)	(Mw)	(Mw)	(Baht)	(Baht)	(Baht)
100.78	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,580,360	27,037,936	46,618,296	72,128,612	86,942,324	134,518,626
100.86	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,888,122	27,462,915	47,351,037	73,262,321	87,675,065	135,652,334
100.91	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	18,952,656	26,171,159	45,123,815	69,816,325	85,447,843	132,206,339
101.02	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	21,203,669	29,279,516	50,483,185	78,108,433	90,807,213	140,498,447
101.16	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,486,619	26,908,492	46,395,111	71,783,296	86,719,139	134,173,310
101.27	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	21,193,169	29,265,016	50,458,185	78,069,752	90,782,213	140,459,766
101.37	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,944,482	27,540,741	47,485,222	73,469,934	87,809,250	135,859,948
101.57	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	21,336,130	29,462,426	50,798,556	78,596,379	91,122,583	140,986,393
101.99	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,840,660	27,397,377	47,238,037	73,087,485	87,562,065	135,477,499
102.07	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	18,126,130	25,029,833	43,155,963	66,771,631	83,479,991	129,161,645
102.37	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,578,369	28,416,057	48,994,426	75,805,000	89,318,454	138,195,014
102.52	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,362,863	28,118,471	48,481,333	75,011,134	88,805,361	137,401,148
102.65	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,357,402	28,110,931	48,468,333	74,991,020	88,792,361	137,381,034
102.70	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	21,210,887	29,289,483	50,500,370	78,135,022	90,824,398	140,525,036
102.74	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,964,720	27,568,687	47,533,407	73,544,487	87,857,435	135,934,501
103.03	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,563,637	27,014,844	46,578,481	72,067,010	86,902,509	134,457,023
103.18	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	21,183,472	29,251,625	50,435,097	78,034,029	90,759,124	140,424,043
103.20	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,089,814	26,360,556	45,450,370	70,321,577	85,774,398	132,711,591
103.23	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	21,033,066	29,043,934	50,077,000	77,479,976	90,401,028	139,869,990
103.75	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,300,055	26,650,871	45,950,926	71,096,045	86,274,954	133,486,059
104.00	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,367,335	26,743,776	46,111,111	71,343,886	86,435,139	133,733,900
104.27	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,367,141	28,124,378	48,491,519	75,026,893	88,815,546	137,416,906
104.28	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,288,940	28,016,393	48,305,333	74,738,824	88,629,361	137,128,838
104.42	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,671,962	28,545,297	49,217,259	76,149,771	89,541,287	138,539,785
104.49	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,813,437	27,359,785	47,173,222	72,987,203	87,497,250	135,377,216
104.83	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,565,815	27,017,851	46,583,667	72,075,032	86,907,694	134,465,046
105.34	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,388,834	26,773,463	46,162,296	71,423,081	86,486,324	133,813,095
105.39	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	21,253,465	29,348,276	50,601,741	78,291,864	90,925,769	140,681,878
105.56	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,943,431	28,920,160	49,863,590	77,149,785	90,187,618	139,539,799
105.97	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	21,073,543	29,099,828	50,173,370	77,629,082	90,497,398	140,019,096
106.02	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,138,077	27,808,071	47,946,148	74,183,087	88,270,176	136,573,100
106.94	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,566,119	28,399,141	48,965,259	75,759,872	89,289,287	138,149,886
107.27	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	21,718,965	29,991,072	51,710,037	80,006,639	92,034,065	142,396,652
107.38	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	21,141,324	29,193,424	50,334,748	77,878,768	90,658,775	140,268,782
107.60	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	21,705,105	29,971,932	51,677,037	79,955,581	92,001,065	142,345,594
107.93	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,970,717	28,957,839	49,928,556	77,250,301	90,252,583	139,640,314
108.52	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	21,147,014	29,201,282	50,348,296	77,899,731	90,672,324	140,289,744
109.58	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,727,451	28,621,920	49,349,370	76,354,176	89,673,398	138,744,189
109.71	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,630,925	28,488,630	49,119,556	75,998,602	89,443,583	138,388,616
110.27	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,163,091	27,842,612	48,005,704	74,275,232	88,329,731	136,665,246
110.38	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,357,830	26,730,651	46,088,481	71,308,873	86,412,509	133,698,887
110.43	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	18,844,604	26,021,952	44,866,556	69,418,289	85,190,583	131,808,303
110.69	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	18,725,444	25,857,408	44,582,852	68,979,338	84,906,880	131,369,352
110.89	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	16,028,445	22,133,202	38,161,647	59,044,342	66,238,169	102,484,809
110.98	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	16,026,324	22,130,273	38,156,597	59,036,528	66,233,119	102,476,995
111.20	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	16,106,775	22,241,366	38,348,141	59,332,889	66,424,663	102,773,355
111.55	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	16,062,194	22,179,806	38,242,000	59,168,665	66,318,522	102,609,132
111.77	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	16,056,734	22,172,266	38,229,000	59,148,552	66,305,522	102,589,018
112.65	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	16,015,573	22,115,427	38,131,000	58,996,924	66,207,522	102,437,391
113.48	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	15,994,152	22,085,848	38,080,000	58,918,016	66,156,522	102,358,483

Electrical Remelt Season	Cane Season				Remelt Season				Summary	
	Unit			Profit	Unit			Profit		
	On Peak	Off Peak	Summary	Profit	On Peak	Off Peak	Summary	Profit	PEA	Profit
(Kwh/Ton Remelt)	(Mw)	(Mw)	(Mw)	(Baht)	(Mw)	(Mw)	(Mw)	(Baht)	(Baht)	(Baht)
114.21	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	15,979,451	22,065,549	38,045,000	58,863,864	66,121,522	102,304,330
115.94	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	15,970,211	22,052,789	38,023,000	58,829,825	66,099,522	102,270,291
116.01	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	15,933,250	22,001,750	37,935,000	58,693,670	66,011,522	102,134,136
117.93	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	15,794,946	21,810,770	37,605,716	58,184,197	65,682,238	101,624,663
118.36	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	15,792,125	21,806,875	37,599,000	58,173,805	65,675,522	101,614,271
121.27	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	15,711,482	21,695,518	37,407,000	57,876,739	65,483,522	101,317,206
122.04	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	15,571,197	21,501,803	37,073,000	57,359,969	65,149,522	100,800,435
123.30	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	15,538,804	21,457,072	36,995,877	57,240,642	65,072,398	100,681,109
123.54	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	15,486,089	21,384,279	36,870,367	57,046,452	64,946,889	100,486,919
123.92	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	15,475,854	21,370,146	36,846,000	57,008,751	64,922,522	100,449,217
124.25	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	15,459,893	21,348,107	36,808,000	56,949,956	64,884,522	100,390,423
124.96	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	15,446,033	21,328,967	36,775,000	56,898,898	64,851,522	100,339,365
124.98	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	15,416,212	21,287,788	36,704,000	56,789,046	64,780,522	100,229,512
125.08	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	15,415,372	21,286,628	36,702,000	56,785,951	64,778,522	100,226,418
125.33	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	15,411,172	21,280,828	36,692,000	56,770,479	64,768,522	100,210,946
126.53	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	15,400,671	21,266,329	36,667,000	56,731,799	64,743,522	100,172,265
126.69	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	15,350,328	21,196,810	36,547,138	56,546,346	64,623,659	99,986,812
126.98	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	15,331,369	21,170,631	36,502,000	56,476,508	64,578,522	99,916,975
127.55	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	15,307,478	21,137,640	36,445,118	56,388,499	64,521,639	99,828,965
127.84	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	15,295,399	21,120,961	36,416,361	56,344,005	64,492,882	99,784,472
128.39	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	15,272,147	21,088,853	36,361,000	56,258,351	64,437,522	99,698,817
130.22	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	15,195,078	20,982,431	36,177,508	55,974,449	64,254,030	99,414,916
134.88	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	14,999,558	20,712,442	35,712,000	55,254,207	63,788,522	98,694,673
137.81	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	14,876,493	20,542,507	35,419,000	54,800,872	63,495,522	98,241,339
140.27	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	14,773,170	20,399,830	35,173,000	54,420,257	63,249,522	97,860,723
141.61	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	14,716,888	20,322,112	35,039,000	54,212,930	63,115,522	97,653,396
146.07	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	14,529,511	20,063,369	34,592,879	53,522,685	62,669,401	96,963,151
146.68	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	14,503,940	20,028,060	34,532,000	53,428,491	62,608,522	96,868,957
148.07	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	14,445,558	19,947,442	34,393,000	53,213,428	62,469,522	96,653,894
153.33	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	14,224,600	19,642,327	33,866,928	52,399,480	61,943,449	95,839,946
153.94	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	14,199,008	19,606,988	33,805,996	52,305,205	61,882,518	95,745,672
156.11	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	14,107,867	19,481,133	33,589,000	51,969,466	61,665,522	95,409,932
158.67	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	14,000,174	19,332,423	33,332,598	51,572,755	61,409,119	95,013,222
159.07	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	13,983,543	19,309,457	33,293,000	51,511,489	61,369,522	94,951,956
168.54	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	13,585,882	18,760,340	32,346,221	50,046,617	60,422,743	93,487,084
184.67	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	12,908,364	17,824,775	30,733,139	47,550,829	58,809,661	90,991,295

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ ข.8 แสดงผลปริมาณการใช้ไอน้ำกระบวนผลิตฤดูละลาย ต่อกำไรการขายไฟฟ้า

Steam Remelt Season	Cane Season				Remelt Season				Summary	
	Unit			Profit	Unit			Profit		
	On Peak	Off Peak	Summary	Profit	On Peak	Off Peak	Summary	Profit	PEA	Profit
(Ton Steam/Ton Remelt)	(Mw)	(Mw)	(Mw)	(Baht)	(Mw)	(Mw)	(Mw)	(Baht)	(Baht)	(Baht)
1.69	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	18,090,382	24,980,470	43,070,852	66,639,946	83,394,880	129,029,960
1.75	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	18,197,862	25,128,886	43,326,748	67,035,873	83,650,776	129,425,887
1.76	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	18,284,133	25,248,015	43,532,148	67,353,672	83,856,176	129,743,685
1.77	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	18,733,626	25,868,707	44,602,333	69,009,480	84,926,361	131,399,494
1.78	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,025,194	26,271,324	45,296,519	70,083,535	85,620,546	132,473,549
1.81	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	18,944,785	26,160,289	45,105,074	69,787,329	85,429,102	132,177,343
1.82	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,185,111	26,492,148	45,677,259	70,672,623	86,001,287	133,062,637
1.83	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,032,303	26,281,141	45,313,444	70,109,723	85,637,472	132,499,737
1.85	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	18,952,656	26,171,159	45,123,815	69,816,325	85,447,843	132,206,339
1.86	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,568,055	27,020,945	46,589,000	72,083,284	86,913,028	134,473,298
1.87	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,490,850	26,914,335	46,405,185	71,798,883	86,729,213	134,188,896
1.88	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,351,903	26,722,467	46,074,370	71,287,040	86,398,398	133,677,054
1.89	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,406,583	26,797,973	46,204,556	71,488,465	86,528,583	133,878,479
1.90	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,403,301	26,793,440	46,196,741	71,476,374	86,520,769	133,866,388
1.91	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,457,140	26,867,786	46,324,926	71,674,704	86,648,954	134,064,718
1.92	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,664,705	27,154,406	46,819,111	72,439,316	87,143,139	134,829,330
1.93	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,955,013	27,555,283	47,510,296	73,508,729	87,834,324	135,898,743
1.94	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,954,671	27,554,811	47,509,481	73,507,469	87,833,509	135,897,482
1.95	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,827,484	27,379,182	47,206,667	73,038,948	87,530,694	135,428,962
1.96	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,125,772	27,791,080	47,916,852	74,137,759	88,240,880	136,527,773
1.97	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,051,507	27,688,530	47,740,037	73,864,188	88,064,065	136,254,202
1.98	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,140,181	27,810,977	47,951,158	74,190,838	88,275,186	136,580,852
1.99	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,294,851	28,024,556	48,319,407	74,760,600	88,643,435	137,150,613
2.00	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,301,649	28,033,943	48,335,593	74,785,642	88,659,620	137,175,655
2.01	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,296,267	28,026,511	48,322,778	74,765,814	88,646,806	137,155,828
2.02	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,416,049	28,191,914	48,607,963	75,207,058	88,931,991	137,597,071
2.03	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,645,455	28,508,693	49,154,148	76,052,124	89,478,176	138,442,138
2.04	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,362,863	28,118,471	48,481,333	75,011,134	88,805,361	137,401,148
2.05	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,367,141	28,124,378	48,491,519	75,026,893	88,815,546	137,416,906
2.06	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,802,353	28,725,350	49,527,704	76,630,096	89,851,731	139,020,110
2.07	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,578,369	28,416,057	48,994,426	75,805,000	89,318,454	138,195,014
2.09	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,671,962	28,545,297	49,217,259	76,149,771	89,541,287	138,539,785
2.11	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	21,135,892	29,185,924	50,321,815	77,858,759	90,645,843	140,248,773
2.13	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	21,033,066	29,043,934	50,077,000	77,479,976	90,401,028	139,869,990
2.14	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	21,203,669	29,279,516	50,483,185	78,108,433	90,807,213	140,498,447
2.15	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	21,183,472	29,251,625	50,435,097	78,034,029	90,759,124	140,424,043
2.16	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	21,412,572	29,567,983	50,980,556	78,877,973	91,304,583	141,267,986
2.17	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	21,141,324	29,193,424	50,334,748	77,878,768	90,658,775	140,268,782
2.20	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	21,147,014	29,201,282	50,348,296	77,899,731	90,672,324	140,289,744
2.24	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	21,718,965	29,991,072	51,710,037	80,006,639	92,034,065	142,396,652
2.26	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	16,056,734	22,172,266	38,229,000	59,148,552	66,305,522	102,589,018
2.28	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	16,028,445	22,133,202	38,161,647	59,044,342	66,238,169	102,484,809
2.29	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	15,994,152	22,085,848	38,080,000	58,918,016	66,156,522	102,358,483
2.30	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	15,415,372	21,286,628	36,702,000	56,785,951	64,778,522	100,226,418
2.33	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	15,792,125	21,806,875	37,599,000	58,173,805	65,675,522	101,614,271
2.34	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	15,979,451	22,065,549	38,045,000	58,863,864	66,121,522	102,304,330
2.35	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	15,446,033	21,328,967	36,775,000	56,898,898	64,851,522	100,339,365
2.37	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	16,015,573	22,115,427	38,131,000	58,996,924	66,207,522	102,437,391
2.38	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	15,411,172	21,280,828	36,692,000	56,770,479	64,768,522	100,210,946
2.43	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	16,106,775	22,241,366	38,348,141	59,332,889	66,424,663	102,773,355

ตารางที่ ข.9 แสดงผลปริมาณการละลายน้ำตาลฤดูละลาย ต่อกำไรการขายไฟฟ้า

Remelt	Cane Season				Remelt Season				Summary	
	Unit			Profit	Unit			Profit		
	On Peak	Off Peak	Summary	Profit	On Peak	Off Peak	Summary	Profit	PEA	Profit
(Tons)	(Mw)	(Mw)	(Mw)	(Baht)	(Mw)	(Mw)	(Mw)	(Baht)	(Baht)	(Baht)
50,000	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	14,761,337	20,383,491	35,144,828	54,376,668	63,221,349	97,817,135
52,500	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	15,018,415	20,738,482	35,756,897	55,323,672	63,833,418	98,764,138
55,000	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	15,275,493	21,093,473	36,368,966	56,270,675	64,445,487	99,711,141
57,500	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	15,532,570	21,448,464	36,981,034	57,217,678	65,057,556	100,658,145
60,000	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	15,789,648	21,803,455	37,593,103	58,164,682	65,669,625	101,605,148
62,500	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	16,046,726	22,158,446	38,205,172	59,111,685	66,281,694	102,552,152
65,000	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	16,303,804	22,513,437	38,817,241	60,058,688	66,893,763	103,499,155
67,500	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	16,560,882	22,868,429	39,429,310	61,005,692	67,505,832	104,446,158
70,000	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	16,817,960	23,223,420	40,041,379	61,952,695	68,117,901	105,393,162
72,500	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	17,075,037	23,578,411	40,653,448	62,899,699	68,729,970	106,340,165
75,000	11,792,546	16,283,976	28,076,522	43,440,466	17,332,115	23,933,402	41,265,517	63,846,702	69,342,039	107,287,169
77,500	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	17,602,496	24,306,763	41,909,259	64,842,711	82,233,287	127,232,724
80,000	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	17,886,395	24,698,790	42,585,185	65,888,514	82,909,213	128,278,528
82,500	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	18,170,294	25,090,817	43,261,111	66,934,318	83,585,139	129,324,332
85,000	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	18,454,192	25,482,845	43,937,037	67,980,122	84,261,065	130,370,136
87,500	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	18,738,091	25,874,872	44,612,963	69,025,926	84,936,991	131,415,940
90,000	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,021,990	26,266,899	45,288,889	70,071,730	85,612,917	132,461,744
92,500	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,305,888	26,658,926	45,964,815	71,117,534	86,288,843	133,507,548
95,000	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,589,787	27,050,954	46,640,741	72,163,338	86,964,769	134,553,352
97,500	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	19,873,686	27,442,981	47,316,667	73,209,142	87,640,694	135,599,156
100,000	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,157,584	27,835,008	47,992,593	74,254,946	88,316,620	136,644,960
102,500	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,441,483	28,227,035	48,668,519	75,300,750	88,992,546	137,690,764
105,000	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	20,725,382	28,619,063	49,344,444	76,346,554	89,668,472	138,736,568
107,500	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	21,009,281	29,011,090	50,020,370	77,392,358	90,344,398	139,782,372
110,000	16,936,676	23,387,352	40,324,028	62,390,014	21,293,179	29,403,117	50,696,296	78,438,162	91,020,324	140,828,176

ภาคผนวก ค การพัฒนาตนเอง

เข้าร่วมประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 4 และนานาชาติ ครั้งที่ ครบรอบ 35 ปี วิทยาการจัดการ 2019 “ศาสตร์ ศิลป์ กับการวิจัยเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน” วันที่ 11-12 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2562 ห้องประชุมพระเพทราชา ชั้น 3 อาคารรัตนเทพสตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ลพบุรี วิทยากรผู้ทรงคุณวุฒิ ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ศ.ดร.อนุรักษ์ ปัญญานุวัฒน์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เข้าร่วมประชุมวิชาการระดับชาติ ราชภัฏหมู่บ้านจอมบึงวิจัย ครั้งที่ 7 “วิจัยบูรณาการศาสตร์ พัฒนาชาติก้าวไกล สังคมไทยยั่งยืน” วันที่ 1 มีนาคม พ.ศ.2562 อาคารศูนย์ภาษาและคอมพิวเตอร์ ชั้น 4 มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง ราชบุรี วิทยากรผู้ทรงคุณวุฒิ รศ.ดร.โยธิน แสวงดี สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล

เข้าร่วมนำเสนอผลงานทางวิชาการ โครงการประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 10"Global Goals, Local Actions: Looking Back and Moving Forward" วันที่ 29 มีนาคม พ.ศ. 2562 ณ ห้องประชุมช่อแก้ว มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา กรุงเทพมหานคร ผู้ทรงคุณวุฒิ รศ.ดร.สมเกียรติ์ ก่อบัวแก้ว

รายการอ้างอิง

Assili, M., DB, M. H. J., & Ghazi, R. (2008). An improved mechanism for capacity payment based on system dynamics modeling for investment planning in competitive electricity environment. *Energy Policy,* 36(10), 3703-3713.

Mutanga, S. S., De Vries, M., Mbohwa, C., Kumar, D. D., & Rogner, H. (2016). An integrated approach for modeling the electricity value of a sugarcane production system. *Applied energy,* 177, 823-838.

Patill, G., Yarnal, G., & Puranik, V. (2008). System Dynamics Modelling Approach For Energy Management in a Sugar Industry. *J. Contemp. Res. Manag.,* 3(4), 21-40.

Qudrat-Ullah, H. (2013). Understanding the dynamics of electricity generation capacity in Canada: A system dynamics approach. *Energy,* 59, 285-294.

Savious, M. S., & De Vries, M. (2018). Modelling Electricity Generation from Sugarcane Production System Using Systems Dynamics. In *The Nexus: Energy, Environment and Climate Change* (pp. 23-35): Springer.

Shannon, R., & Johannes, J. D. (1976). Systems simulation: the art and science. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*(10), 723-724.

Sterman, J. D. (2000). *Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world*.

Tang, O., & Rehme, J. (2017). An investigation of renewable certificates policy in Swedish electricity industry using an integrated system dynamics model. *International Journal of Production Economics,* 194, 200-213.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2559a). แผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี. Retrieved from http://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=42079

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2559b). รายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2559 ปีที่ 15 ฉบับที่ 15.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานพลังงาน. (2559). การผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย.

กฤษสอาดใจ, ส. ความรู้พื้นฐานสำหรับช่างและวิศวกรโรงไฟฟ้า1.

กลุ่มพลังงานชีวมวลสำนักวิจัยค้นคว้าพลังงาน, ก. (2559). พลังงานชีวมวล.

จงแก้ววัฒนา, ศ. (2561). ความคิดเชิงระบบ (**Systems thinking**). Retrieved from www.kmcenter.rid.go.th/kcffd/.../Systems%20Thinking%201.doc

จอมทอง, พ. (2559). การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของโรงไฟฟ้าชีวมวล. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.

โต๊ะหะ., จ. (2556). การประยุคใช้แบบจำลองพลวัตระบบสำหรับคำทำนายปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในคลองอู่ตะเภา. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์,

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. การจำลองแบบปัญหาและแบบจำลอง (Simulation and Modelling). Retrieved from http://www.cs.science.cmu.ac.th/course/204482/doku.php

สุนทรอนุรักษ์, ก., ธาราเวชรักษ์, ภ., & พรสิงห์, ช. (2561). การวิเคราะห์พลวัตระบบสำหรับอุตสาหกรรมผลิตไฟฟ้าจาก พลังงานทดแทนในประเทศไทย. *Srinakharinwirot University (Journal of Science and Technology),* 10(20).

อุ่นเอมใจ, พ. (2548). การบูรณาการลีนซิกซ์ซิกมาและซีเอ็มเอ็มไอเข้าสู่วิสาหกิจโดยใช้แบบจำลองพลวัต กรณีศึกษา: บริษัท สแปนชั่น (ไทยแลนด์) จำกัด. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพมหานคร.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายกิตติศักดิ์ แสนฉลาด
วัน เดือน ปี เกิด	22 มกราคม 2525
สถานที่เกิด	จังหวัดสุพรรณบุรี
วุฒิการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร
ที่อยู่ปัจจุบัน	228/1 ม.7 ต.ดอนปรู อ.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี 72140