



การวางแผนการผลิตชิ้นส่วนอุตสาหกรรมสำหรับรถยนต์



จุลลวธ วิลัยกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

การวางแผนการผลิตชิ้นส่วนถุงลมนิรภัยสำหรับรถยนต์



จุลลุช วิสัยกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

PRODUCTION PLANNING OF AUTOMOTIVE AIRBAG CUSHION PARTS



JUNLAWUT WILAIKOOL

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR MASTER DEGREE OF ENGINEERING
IN INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
BURAPHA UNIVERSITY

2024

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณา
วิทยานิพนธ์ของ จุลวุช วิสัยกุล ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

.....
(ดร.จักรวาล คุณะดิลก)

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.อรอุไร แสงสว่าง)

..... กรรมการ
(ดร.จักรวาล คุณะดิลก)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฤทธิชัย จันทระ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บรรพชญ์ ลีลา)

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณยศ คุรุกิจโกศล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ของ
มหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทวัส แจ่มเยี่ยม)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

63920358: สาขาวิชา: วิศวกรรมอุตสาหการ; วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ)
คำสำคัญ: การจัดการการผลิตหลัก/ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์/ ต้นทุนการจัดการสินค้าคงคลัง/ สินค้าค้างส่ง

จตุรช วิสัยกุล : การวางแผนการผลิตชิ้นส่วนถุงลมนิรภัยสำหรับรถยนต์.

(PRODUCTION PLANNING OF AUTOMOTIVE AIRBAG CUSHION PARTS) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: จักรวาล คุณะดิลก ปี พ.ศ. 2567.

งานวิจัยนี้เสนอวิธีการจัดการการผลิตหลักในการผลิตถุงลมนิรภัยรถยนต์ที่มีจุดประสงค์เพื่อจะลดปริมาณสินค้าค้างส่งและลดต้นทุนการจัดการสินค้าคงคลังและต้นทุนการขนส่งระหว่างโรงงานกับคลังสินค้า แผนการผลิตหลักของโรงงานกรณีศึกษาเป็นแผนรายสัปดาห์ต่อเนื่องจำนวน 52 สัปดาห์ที่แสดงปริมาณการผลิตถุงลมนิรภัย 236 รุ่นบน 38 สายการผลิต ปริมาณความต้องการจากการพยากรณ์กำลังการผลิตของทุกสายการผลิตในแต่ละสัปดาห์ และเงื่อนไขการผลิตถุงลมนิรภัยแต่ละรุ่นบนสายการผลิตแต่ละสายการผลิตถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการผลิตหลักโดยอาศัยประสบการณ์ของผู้วางแผน หากกำหนดปริมาณการผลิตน้อยเกินไปเมื่อเทียบกับปริมาณความต้องการจะทำให้เกิดสินค้าค้างส่ง (Backorder) และหากกำหนดปริมาณการผลิตมากเกินไปทำให้ส่วนเกินจากปริมาณความต้องการจะถูกจัดส่งไปเก็บในคลังสินค้าภายนอกซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บและการขนส่ง งานวิจัยนี้เสนอแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ในการสร้างแผนการผลิตหลักที่มีปริมาณสินค้าค้างส่งมีค่าต่ำที่สุดและต้นทุนด้านการจัดเก็บสินค้าคงคลังต่ำที่สุด จากนั้นผลลัพธ์แผนการผลิตหลักมาคำนวณต้นทุนการขนส่งระหว่างโรงงานกับคลังสินค้า การทดสอบประสิทธิภาพของแผนการผลิตหลักที่สร้างขึ้นกับวิธีการเดิม พบว่าแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ที่เสนอสามารถสร้างแผนการผลิตหลักที่ทำให้ปริมาณสินค้าค้างส่งลดลงจากร้อยละ 27 เหลือร้อยละ 6.2 ของปริมาณความต้องการสินค้า ต้นทุนรวมลดลงร้อยละ 31 ขณะที่ต้นทุนการจัดเก็บสินค้าคงคลังเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 ซึ่งเกิดจากปริมาณการจัดเก็บสินค้าที่สูงขึ้นเพื่อป้องกันการเกิดสินค้าค้างส่งและการกำหนดอัตราการผลิตขั้นต่ำของแต่ละสัปดาห์ที่เป็นข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ที่สูงเกินไป

63920358: MAJOR: INDUSTRIAL ENGINEERING; M.Eng. (INDUSTRIAL ENGINEERING)

KEYWORDS: MASTER PRODUCTION SCHEDULING/ MATHEMATICAL PROGRAMMING MODEL/ INVENTORY MANAGEMENT COST/ BACKORDER

JUNLAWUT WILAIKOOL :

PRODUCTION PLANNING OF AUTOMOTIVE AIRBAG CUSHION PARTS. ADVISORY COMMITTEE: JAKKRAWARN KUNADILOK, 2024.

This research proposed a master production scheduling method for automotive airbag manufacturing with minimizing the backorder quantity, holding cost, and transportation cost between production plant and warehouse as objectives. The master production plan of the case study company is the weekly production plan with 52 planning horizontal periods. The plan consisted of the production quantity of 238 airbag models on 38 production lines. Forecasting data of demand, production capacity for each week, and production constraint of airbag models corresponding to each production line were used as input data for master production planning by using experience of planner. If the production quantity was less than the corresponding demand, then the backorder occurred. While the holding cost and the transportation cost occurred in case that excessive production quantity was scheduled. The mathematical programming model for generating master production plan with minimizing backorder quantity and holding cost was proposed to solve this problem. The transportation cost between production plant and warehouse was calculated after the master production plan was created. The master production plan generated from the proposed method was compared to the previous method. The results revealed that the mathematical programming model can generate the master production plan where the backorder was decreased from 27% to 6.2% of demand and the total cost of holding and transportation was decreased by 31%. The holding cost was increased by 10% since the inventory was increased for backorder occurring prevention. The minimum production capacity setting for each week as an input data for the proposed model was also accounted in the exceeding holding cost.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงได้ จากการให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือของ ดร. จักรวาล คุณะ
ดิลก ซึ่งเป็นที่ปรึกษาของงานวิจัยชิ้นนี้ ที่ได้สละเวลาเพื่อให้คำปรึกษา ให้ข้อคิดเห็น และแนะแนว
ทางการแก้ปัญหาซึ่งนับเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำงานวิจัยชิ้นนี้ ตลอดจนคอยแก้ไขปัญหาดังกล่าว
จากการดำเนินงานด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง อีกทั้งยังคอยช่วยเหลือและตรวจทานเนื้อหาโดย
ตลอดจนงานวิจัยชิ้นนี้เสร็จสมบูรณ์ ทางผู้วิจัยจึงอยากขอกราบขอบพระคุณ มา ณ โอกาสนี้

และสุดท้ายขอขอบคุณบุคคลทุกท่านที่ได้มีส่วนร่วมในการอนุเคราะห์ข้อมูลจนทำให้
งานวิจัยชิ้นนี้เสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนเป็นกำลังผลักดันให้ผู้วิจัยทำงานวิจัยชิ้นนี้ออกมาได้

จุลวุฑ วัลย์กุล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1	1
บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
ขอบเขตงานวิจัย.....	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
กรอบแนวคิดของการวิจัย	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
ข้อจำกัดของการวิจัย	5
บทที่ 2	7
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
การวางแผนการผลิตหลัก	7
แบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ และ OpenSolver.....	9
สินค้าคงคลัง	16
ปริมาณสั่งซื้อ หรือปริมาณผลิตที่เหมาะสม	17

สินค้าค้างส่ง (Backorder)	20
บทที่ 3	21
วิธีดำเนินการวิจัย.....	21
ขั้นตอนการวิจัย.....	21
ศึกษากระบวนการวางแผนการผลิตหลักของโรงงานกรณีศึกษา	23
เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ปัญหาและเสนอแนวทางแก้ไข	25
บทที่ 4	64
ผลการวิจัย	64
แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มสำหรับการวางแผนการผลิตหลัก	64
บทที่ 5	89
สรุปและอภิปรายผล	89
สรุปผลการวิจัย	89
อภิปรายผลการวิจัย	90
ข้อเสนอแนะ	93
บรรณานุกรม	94
ภาคผนวก ก	97
ภาคผนวก ข	105
ภาคผนวก ค	112
ภาคผนวก ง	117
ภาคผนวก จ	122
ประวัติย่อของผู้วิจัย	127

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 กลุ่มสายการผลิตและรุ่นถุงลมนิรภัยที่สามารถผลิตได้บนสายการผลิต	26
ตารางที่ 2 ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการจัดการสินค้าคงคลัง	27
ตารางที่ 3 ตัวอย่างการคำนวณต้นทุนเมื่อสินค้าคงคลังขาเข้า	28
ตารางที่ 4 ตัวอย่างการคำนวณต้นทุนเมื่อมีสินค้าคงคลังขาออก	28
ตารางที่ 5 เวลาการผลิต (Cycle Time) ของสายการผลิตประจำกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 1	29
ตารางที่ 6 ปริมาณการผลิตของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5 (ครึ่งปีแรก: 26 สัปดาห์)	31
ตารางที่ 7 ปริมาณการผลิตของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5 (ครึ่งปีหลัง: 26 สัปดาห์)	32
ตารางที่ 8 ปริมาณคำสั่งซื้อของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5 (ครึ่งปีแรก: 26 สัปดาห์)	33
ตารางที่ 9 ปริมาณคำสั่งซื้อของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5 (ครึ่งปีหลัง: 26 สัปดาห์)	34
ตารางที่ 10 ปริมาณสินค้าคงคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5 (ครึ่งปีแรก 26 สัปดาห์)	35
ตารางที่ 11 ปริมาณสินค้าคงคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5 (ครึ่งปีหลัง 26 สัปดาห์)	36
ตารางที่ 12 ปริมาณสินค้าส่งเข้าคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5 (ครึ่งปีแรก 26 สัปดาห์)	37
ตารางที่ 13 ปริมาณสินค้าส่งเข้าคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5 (ครึ่งปีหลัง 26 สัปดาห์)	38
ตารางที่ 14 เทียบรถขนสินค้าเข้าคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5 (ครึ่งปีแรก 26 สัปดาห์)	38
ตารางที่ 15 เทียบรถขนสินค้าเข้าคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5 (ครึ่งปีหลัง 26 สัปดาห์)	39
ตารางที่ 16 ปริมาณสินค้าออกจากคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5 (ครึ่งปีแรก: 26 สัปดาห์)	39
ตารางที่ 17 ปริมาณสินค้าออกจากคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5 (ครึ่งปีหลัง: 26 สัปดาห์)	40
ตารางที่ 18 เทียบรถขนสินค้าออกจากคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5 (ครึ่งปีแรก 26 สัปดาห์)	40
ตารางที่ 19 เทียบรถขนสินค้าออกจากคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5 (ครึ่งปีหลัง 26 สัปดาห์)	41
ตารางที่ 20 สรุปปริมาณคำสั่งซื้อและ ปริมาณการผลิตของกลุ่มผลิตภัณฑ์ 5	42

ตารางที่ 21 ปริมาณสินค้าคงคลัง, ปริมาณสินค้าเข้า-ออกคลังและค่าใช้จ่ายของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5 แต่ละสัปดาห์.....	43
ตารางที่ 22 สรุปรวมจำนวนเที่ยวรถขนส่งผลิตภัณฑ์กลุ่มที่ 5 ใน 52 สัปดาห์.....	45
ตารางที่ 23 สรุปต้นทุนที่เกิดขึ้นของผลิตภัณฑ์กลุ่มที่ 5 รวมทั้ง 52 สัปดาห์	45
ตารางที่ 24 ปริมาณการผลิตของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 (ครึ่งปีแรก: 26 สัปดาห์)	46
ตารางที่ 25 ปริมาณการผลิตของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 (ครึ่งปีหลัง: 26 สัปดาห์)	46
ตารางที่ 26 ปริมาณคำสั่งซื้อของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 (ครึ่งปีแรก: 26 สัปดาห์).....	47
ตารางที่ 27 ปริมาณคำสั่งซื้อของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 (ครึ่งปีหลัง: 26 สัปดาห์).....	47
ตารางที่ 28 ปริมาณสินค้าคงคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 (ครึ่งปีแรก 26 สัปดาห์)	47
ตารางที่ 29 ปริมาณสินค้าคงคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 (ครึ่งปีหลัง 26 สัปดาห์).....	48
ตารางที่ 30 ปริมาณสินค้าส่งเข้าคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 (ครึ่งปีแรก: 26 สัปดาห์).....	48
ตารางที่ 31 เที่ยวรถขนส่งสินค้าเข้าคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 (ครึ่งปีแรก 26 สัปดาห์)	48
ตารางที่ 32 ปริมาณสินค้าส่งเข้าคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 (ครึ่งปีหลัง: 26 สัปดาห์)	49
ตารางที่ 33 เที่ยวรถขนส่งสินค้าเข้าคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 (ครึ่งปีหลัง 26 สัปดาห์).....	49
ตารางที่ 34 ปริมาณสินค้าออกจากคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 (ครึ่งปีแรก: 26 สัปดาห์)	49
ตารางที่ 35 เที่ยวรถขนส่งสินค้าออกจากคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 (ครึ่งปีแรก 26 สัปดาห์).....	50
ตารางที่ 36 ปริมาณสินค้าออกจากคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 (ครึ่งปีหลัง: 26 สัปดาห์).....	50
ตารางที่ 37 เที่ยวรถขนส่งสินค้าออกจากคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 (ครึ่งปีหลัง 26 สัปดาห์)	50
ตารางที่ 38 ปริมาณสินค้าค้างส่งของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 (ครึ่งปีแรก 26 สัปดาห์).....	51
ตารางที่ 39 ปริมาณสินค้าค้างส่งของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 (ครึ่งปีหลัง 26 สัปดาห์)	51
ตารางที่ 40 สรุปปริมาณคำสั่งซื้อ, ปริมาณผลิต และ ปริมาณสินค้าค้างส่งของผลิตภัณฑ์กลุ่มที่ 8..	52
ตารางที่ 41 ปริมาณสินค้าค้างส่งกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 ในแต่ละสัปดาห์.....	52
ตารางที่ 42 ปริมาณสินค้าคงคลัง, ปริมาณสินค้าเข้า-ออกคลังและค่าใช้จ่ายของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 แต่ละสัปดาห์.....	59

ตารางที่ 43	สรุปจำนวนเที่ยวรถใน 52 สัปดาห์	61
ตารางที่ 44	สรุปต้นทุนที่เกิดขึ้นของผลิตภัณฑ์กลุ่มที่ 8	61
ตารางที่ 45	ต้นทุนและปริมาณสินค้าค้างส่งที่เกิดขึ้นใน 1 ปี.....	62
ตารางที่ 46	สรุปปัญหาและแนวทางแก้ไข	63
ตารางที่ 47	การแทนค่าสมการบังคับปริมาณสินค้าออกจากคลังแบบ FIFO	69
ตารางที่ 48	การจัดกลุ่มของปัญหา.....	72
ตารางที่ 49	จำลองการประมวลผลจาก logfile ของ OpenSolver.....	76
ตารางที่ 50	ผลการคำนวณ 6 ปัญหาย่อย ของกลุ่มปัญหา Single Line.....	77
ตารางที่ 51	ผลการคำนวณ 7 กลุ่มปัญหา Group Line	78
ตารางที่ 52	ปริมาณการผลิตของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 หลังการปรับปรุง (ครึ่งปีแรก: 26 สัปดาห์).....	79
ตารางที่ 53	ปริมาณการผลิตของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 หลังการปรับปรุง (ครึ่งปีหลัง: 26 สัปดาห์)	79
ตารางที่ 54	เปรียบเทียบผลลัพธ์แผนการผลิตกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8.....	80
ตารางที่ 55	เปรียบเทียบผลลัพธ์ของการดำเนินงานตามแผนการผลิตหลักแบบเดิมกับการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์.....	84
ตารางที่ 56	เปรียบเทียบผลลัพธ์ในด้านของต้นทุนการขนส่ง.....	85
ตารางที่ 57	สรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือ	90
ตารางที่ 58	ต้นทุนค่าเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น.....	92
ตารางที่ 59	ค่าของพารามิเตอร์ปริมาณคำสั่งซื้อของผลิตภัณฑ์รุ่นที่ 1-16 ใน 26 สัปดาห์.....	99
ตารางที่ 60	ค่าของพารามิเตอร์เวลาการผลิตของผลิตภัณฑ์รุ่นที่ 1-32 ในสายการผลิตที่ 1-3	100
ตารางที่ 61	ค่าของพารามิเตอร์ L_k และ U_k ของแต่ละสัปดาห์ (หน่วย:วินาที).....	102
ตารางที่ 62	ค่าของพารามิเตอร์ S_k และ R_k	104

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 การผลิต การขนส่ง และการจัดเก็บวัตถุดิบรภัยของโรงงานกรณีศึกษา.....	2
ภาพที่ 2 การเรียกใช้งาน OpenSolver	14
ภาพที่ 3 หน้าต่าง OpenSolver - Model สำหรับบันทึกแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	14
ภาพที่ 4 ภาพรวมขั้นตอนการวิจัย.....	21
ภาพที่ 5 ตัวอย่างการทำงานใน 1 สายการผลิต.....	23
ภาพที่ 6 ภาพรวมการวางแผนของบริษัท.....	24
ภาพที่ 7 ระดับสินค้าคงคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8	58
ภาพที่ 8 การตั้งค่าเวลาและค่า Tolerance ของ OpenSolver	73
ภาพที่ 9 ผลการทดสอบค่า BFS และ LB ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 1 ปัญหาย่อยที่ 1	65
ภาพที่ 10 ปริมาณคำสั่งซื้อและปริมาณการผลิตของแผนก่อนและหลังปรับปรุงของกลุ่มผลิตภัณฑ์ ที่ 8.....	82
ภาพที่ 11 ระดับสินค้าคงคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 ก่อนและหลังปรับปรุง	87
ภาพที่ 12 ผลการทดสอบค่า BFS และ LB ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 1 ปัญหาย่อยที่ 2	106
ภาพที่ 13 ผลการทดสอบค่า BFS และ LB ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 1 ปัญหาย่อยที่ 3	106
ภาพที่ 14 ผลการทดสอบค่า BFS และ LB ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 1 ปัญหาย่อยที่ 4	107
ภาพที่ 15 ผลการทดสอบค่า BFS และ LB ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 1 ปัญหาย่อยที่ 5	107
ภาพที่ 16 ผลการทดสอบค่า BFS และ LB ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 1 ปัญหาย่อยที่ 6	108
ภาพที่ 17 ผลการทดสอบค่า BFS และ LB ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 2.....	108
ภาพที่ 18 ผลการทดสอบค่า BFS และ LB ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 3	109
ภาพที่ 19 ผลการทดสอบค่า BFS และ LB ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 4.....	109
ภาพที่ 20 ผลการทดสอบค่า BFS และ LB ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5	110

ภาพที่ 45 ระดับสินค้าเข้า-ออกคลังก่อนและหลังปรับปรุงของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8.....126



บทที่ 1

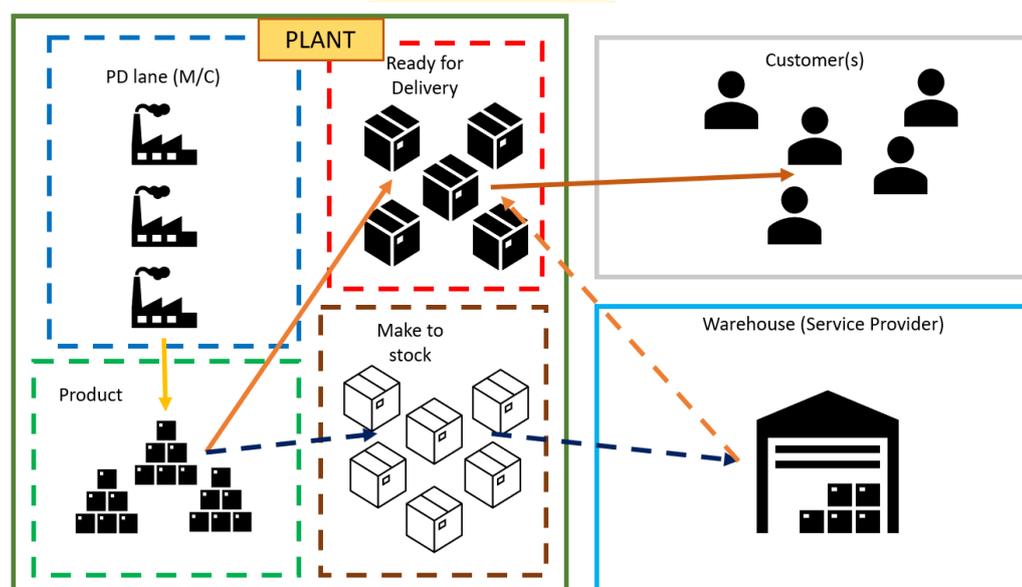
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ถุงลมนิรภัย เป็นอุปกรณ์ด้านความปลอดภัยที่ติดตั้งในรถยนต์ ที่นอกเหนือจาก เข็มขัดนิรภัย ทำหน้าที่เสมือนเป็นหมอนรองผู้โดยสาร ประกอบด้วยวัสดุที่มีความยืดหยุ่นสูง ออกแบบมาเพื่อการพองตัวอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาการชนกันของรถยนต์ มีจุดประสงค์เพื่อป้องกันผู้โดยสารจากการกระแทกกับวัตถุภายใน เช่น พวงมาลัย หน้าต่าง ยานพาหนะปัจจุบันอาจจะมีถุงลมนิรภัยอยู่ในหลายตำแหน่ง และเซ็นเซอร์อาจถูกนำมาปรับใช้อย่างใดอย่างหนึ่งหรือมากกว่ากับถุงลมนิรภัย ในบริเวณการชนที่อัตราตัวแปรขึ้นอยู่กับชนิดและความรุนแรงของการชน (Bellis, 2019) ซึ่งถุงลมนิรภัยนั้น ได้เข้ามาเป็นส่วนสำคัญของส่วนประกอบรถยนต์ที่ขาดไม่ได้ เริ่มต้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1941 (Fardis, 2011) ทำให้อุตสาหกรรมผลิตถุงลมนิรภัยเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนรถยนต์ที่สำคัญ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบวิธีการวางแผนผลิตหลักของโรงงานผลิตถุงลมนิรภัยสำหรับรถยนต์โดยมี บริษัทผลิตถุงลมนิรภัยแห่งหนึ่งเป็นกรณีศึกษา ซึ่งถุงลมนิรภัยที่บริษัทนี้ทำการผลิตจะมีทั้งหมด 236 รุ่น จำนวนสายการผลิตรวม 38 สายการผลิต การผลิตถุงลมนิรภัยแต่ละรุ่นมีข้อจำกัดในการผลิตที่บางรุ่นสามารถผลิตได้บนสายการผลิตหนึ่ง ๆ เท่านั้น ขณะที่บางรุ่นอาจเลือกกำหนดให้ผลิตได้บนสายการผลิตหนึ่ง ๆ จากหลายสายการผลิตที่สามารถผลิตได้ แผนการผลิตหลักเป็นแผนการผลิตระยะยาว 1 ปี การวางแผนการผลิตหลักเป็นการกำหนดปริมาณการผลิตถุงลมนิรภัยรุ่นต่าง ๆ บนแต่ละสายการผลิตในรอบ 1 สัปดาห์ต่อเนื่องจนครบ 52 สัปดาห์ ข้อมูลพยากรณ์ปริมาณความต้องการและปริมาณคำสั่งซื้อที่ยืนยันแล้ว และจำนวนชั่วโมงการทำงานรายสัปดาห์ถูกนำมาใช้ในวางแผนการผลิตหลักนี้เพื่อให้ผลิตสินค้าได้เพียงพอต่อความต้องการ ถุงลมนิรภัยที่ผลิตเกินจำนวนความต้องการในสัปดาห์หนึ่ง ๆ จะถูกขนส่งไปจัดเก็บในคลังสินค้าที่เช่าไว้ และถุงลมนิรภัยที่จัดเก็บไว้ในคลังสินค้าจะถูกนำไปใช้ส่งให้ลูกค้าก่อน ซึ่งเป็นระบบที่สินค้าที่ผลิตก่อนจะถูกส่งมอบให้ลูกค้าก่อน (First-in First-out system, FIFO) หากปริมาณที่จัดเก็บไว้ไม่เพียงพอ โรงงานกรณีศึกษาจะนำถุงลมนิรภัยที่ผลิตเสร็จในสัปดาห์นั้นไปส่งให้ลูกค้าต่อไป กรณีที่ปริมาณถุงลมนิรภัยที่จัดเก็บไว้รวมกับจำนวนที่ผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการในสัปดาห์นั้นจะมีสินค้าค้างส่งเกิดขึ้น โรงงานกรณีศึกษาจะนำปริมาณสินค้าค้างส่งนี้ไปรวมกับปริมาณความต้องการในสัปดาห์ถัดไปสำหรับการวางแผนการผลิตหลัก รูปแบบของการผลิต การขนส่งเข้าและออกจากคลังสินค้า และการจัดเก็บถุงลมนิรภัย แสดงได้ดังภาพที่ 1 โดยลูกศรทึบแสดงถึงการ

เคลื่อนที่ของสินค้าที่มีการผลิตและส่งตามปกติไปจนถึงส่งมอบต่อลูกค้า ส่วนลูกศรสีแดงถึงการเคลื่อนที่ของสินค้าเมื่อต้องมีการนำเข้า (เมื่อมีส่วนเกินจากการผลิต) หรือออก (เมื่อมีความต้องการใช้สินค้า) จากคลังสินค้าไปจนถึงการบรรจุใหม่ (Repacking) เพื่อการจัดเก็บและการส่งมอบ



ภาพที่ 1 การผลิต การขนส่ง และการจัดเก็บของโรงงานกรณีศึกษา

การวางแผนการผลิตหลักของโรงงานกรณีศึกษาใช้ประสบการณ์จากผู้วางแผนในการกำหนดปริมาณการผลิตแต่ละสัปดาห์ให้เพียงพอต่อความต้องการ และไม่เกินอัตราการผลิตที่กำหนดไว้ จากแผนการผลิตหลักในรอบปีที่ผ่านมาพบว่ามีปริมาณความต้องการของถุงลมนิรภัยรวมทุกรุ่นโดยประมาณ 158,000 ชิ้นต่อสัปดาห์ และปริมาณสินค้าค้างส่งโดยประมาณ 43,000 ชิ้นต่อสัปดาห์ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 27 เมื่อนำมาคำนวณต้นทุนด้านการจัดเก็บสินค้าคงคลัง (Holding cost) ที่คิดเฉพาะค่าเช่าคลังสินค้าต่อกล่องต่อสัปดาห์ (กล่องละ 100 ชิ้น) พบว่าต้นทุนด้านการจัดเก็บโดยประมาณเท่ากับ 2,500,000 บาทต่อปี และต้นทุนด้านการขนส่งเข้าออกคลังสินค้าที่ประกอบด้วยค่ารถขนส่งและค่าบรรจุใหม่ พบว่าต้นทุนด้านการขนส่งโดยประมาณเท่ากับ 3,700,000 บาทต่อปี คิดเป็นต้นทุนรวมด้านการจัดการสินค้าคงคลังที่เกิดจากการวางแผนการผลิตหลักโดยประมาณเท่ากับ 6,200,000 บาทต่อปี เมื่อวิเคราะห์ปัญหาปริมาณสินค้าค้างส่งโดยเฉลี่ยต่อสัปดาห์ที่คิดเป็นร้อยละ 27 ของปริมาณความต้องการทั้งหมด จะเห็นได้ว่าการกำหนดปริมาณการผลิตของแผนการผลิตหลักที่สร้างจากประสบการณ์ของผู้วางแผนยังมีความไม่เหมาะสม ทั้งนี้อาจเกิดเนื่องจากหลายสาเหตุ เช่น ปัญหาการกำหนดปริมาณการผลิตในรุ่นที่ยังไม่จำเป็นต้องส่งมอบ

มากเกินไปทำให้สูญเสียทรัพยากรในการผลิตในช่วงเวลาที่จำเป็นต้องผลิตรุ่นที่ใกล้ถึงเวลาส่งมอบแล้ว ปัญหาระดับสินค้าคงคลังที่ต่ำเกินไปที่ต้องการประหยัดค่าใช้จ่ายการจัดเก็บและการขนส่งสินค้า ทำให้กำหนดปริมาณการผลิตเพื่อการจัดเก็บไม่เพียงพอ ปัญหาความซับซ้อนของการวางแผนการผลิต เนื่องจากกลุ่มนิรภัยมีหลายรุ่นแต่ละรุ่นมีความแตกต่างกันทำให้ผลิตได้เฉพาะบางสายการผลิต หรือบางรุ่นสามารถเลือกผลิตได้มากกว่าหนึ่งสายการผลิต ทำให้การกำหนดปริมาณการผลิตกลุ่มนิรภัยรุ่นต่าง ๆ บนสายการผลิตหนึ่ง ๆ ที่มีชั่วโมงการทำงานจำกัดทำได้ยากเป็นต้น

การวางแผนการผลิตหลักของงานวิจัยนี้สามารถประยุกต์แบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการผลิตต่ำที่สุดภายใต้ทรัพยากรการผลิตที่มีอยู่อย่างจำกัด (Capacitated Lot Sizing Problem; CLSP) ในการแก้ปัญหาได้ งานวิจัยนี้มุ่งเน้นให้ลดปริมาณสินค้าค้างส่งที่เกิดจากแผนการผลิตหลักที่สร้างจากวิธีการเดิมที่สูงถึงร้อยละ 27 ของปริมาณความต้องการ การแก้ไขปัญหามือสินค้าค้างส่งเกิดขึ้นในขั้นตอนการวางแผนการผลิตหลัก โรงงานกรณีศึกษากำหนดให้ใช้วิธีเลื่อนการส่งมอบไปในสัปดาห์ถัดไป จึงเปรียบเสมือนกับการนำปริมาณสินค้าค้างส่งที่เกิดขึ้นในสัปดาห์ปัจจุบันไปรวมกับปริมาณความต้องการสินค้าของสัปดาห์ถัดไป ต้นทุนที่พิจารณาในการสร้างแบบจำลองจะพิจารณาด้านทุนรวมประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ 1) ต้นทุนการจัดเก็บสินค้าคงคลัง 2) ต้นทุนจำลองเมื่อมีปริมาณสินค้าค้างส่ง และ 3) การขนส่ง ส่วนต้นทุนด้านการผลิต การตั้งเครื่องจักรเมื่อมีการเปลี่ยนรุ่นการผลิต จะไม่นำรวมในแบบจำลอง เนื่องจากต้นทุนการผลิตที่โรงงานกรณีศึกษาพิจารณาเป็นต้นทุนผันแปรต่อหน่วยการผลิตที่เกิดจากค่าวัตถุดิบและแรงงานเป็นหลัก การเปลี่ยนแปลงปริมาณการผลิตจึงไม่ส่งผลต่อต้นทุนต่อหน่วยนี้ ส่วนต้นทุนจากการตั้งเครื่องจักรเมื่อเปลี่ยนรุ่นผลิตเกิดจากเวลาที่สูญเสียไปในการตั้งเครื่องจักรซึ่งโรงงานกรณีศึกษาได้กำหนดให้กลุ่มรุ่นกลุ่มนิรภัยที่สามารถผลิตบนสายการผลิตที่ไม่สูญเสียเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรในสายการผลิตแล้ว

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์สำหรับวางแผนการผลิตกลุ่มนิรภัย
2. เพื่อให้ต้นทุนรวมของการจัดเก็บสินค้าและการขนส่งสินค้าเข้าและออกจากคลังสินค้าที่มีระบบการบริหารคลังสินค้าตามลำดับแบบเข้าก่อนออกก่อน (FIFO) มีค่าต่ำที่สุด
3. เพื่อลดจำนวนสินค้าค้างส่งให้น้อยที่สุด

ขอบเขตงานวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้ มุ่งศึกษาเกี่ยวกับวิธีการในการกำหนดตารางการผลิตหลักและปัจจัยที่ทำให้เกิดสินค้าค้างส่ง รวมไปถึงต้นทุนการจัดการสินค้าคงคลัง โดยกำหนดขอบเขตของงานวิจัย ดังนี้

1. รวบรวมข้อมูลการสั่งซื้อของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2565
2. เวลาที่ใช้ในการผลิตงานแต่ละสายการผลิตเป็นค่าคงที่
3. ผลิตภัณฑ์บางรุ่นสามารถใช้ทรัพยากรการผลิตหรือสายการผลิตร่วมกันได้
4. เครื่องจักรในแต่ละสายการผลิตไม่มีการเสียหรือซ่อมบำรุงในระหว่างที่เกิดการผลิต
5. การศึกษาในครั้งนี้ มุ่งเน้นการทดลองวางแผนการผลิตด้วยเครื่องมือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ OpenSolver ใน Microsoft Excel สำหรับกำหนด Spreadsheet ของโมเดล แล้วประมวลผลด้วย Gurobi
6. การวัดผลทำด้วยการเปรียบเทียบต้นทุนการจัดเก็บและการขนส่ง และปริมาณสินค้าค้างส่งที่เกิดจากแผนการผลิตดั้งเดิมกับแผนการผลิตที่สร้างจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
7. ข้อมูลด้านต้นทุนจะนำเสนอเพียงต้นทุนผันแปร (Variable Cost) เท่านั้น
8. ต้นทุนการขนส่งจะนำเสนอเฉพาะต้นทุนการขนส่งระหว่างโรงงานและคลังสินค้า

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. บริษัทฯ มีตัวเลือกเพิ่มเติมในการวางแผนการผลิตโดยการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์
2. บริษัทฯ สามารถลดต้นทุนการบริหารสินค้าคงคลังลงได้จากการปรับเปลี่ยนการวางแผนการผลิตเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการสินค้าในแต่ละช่วงเวลา
3. ลดปริมาณสินค้าค้างส่ง
4. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ทำงานด้านการวางแผนการผลิตและผู้ที่ต้องการศึกษาแบบจำลองฯ
5. สามารถประมาณต้นทุนรายปีของการขนส่งสินค้าเข้าและออกจากคลังสินค้าที่มีระบบการบริหารคลังสินค้าตามลำดับแบบเข้าก่อนออกก่อน (First-in First-out system, FIFO)
6. สามารถนำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้สำหรับการวางแผนระยะกลางหรือระยะสั้น

กรอบแนวคิดของการวิจัย

การวางแผนการผลิตหลักของบริษัทในกรณีศึกษานี้เป็นการวางแผนตลอดทั้งปีโดยอ้างอิงการวางแผนมาจากปริมาณคำสั่งซื้อจากลูกค้า โดยที่จะมีการวางแผนเป็นแผนการผลิตรายสัปดาห์ ซึ่งตลอดทั้งปีจะมี 52 สัปดาห์ โดยที่ปกติแล้วในแต่ละปีจะมีสัปดาห์หยุดงานหรือหยุดการผลิตอยู่ทั้งหมด 2 สัปดาห์ ทำให้การวางแผนการผลิตมีทั้งหมด 50 สัปดาห์ ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดในกรณีศึกษานี้มีทั้งหมด 236 รุ่น และมีสายการผลิตทั้งหมด 38 สายการผลิต โดยจะมี 1 กลุ่มผลิตภัณฑ์ที่สามารถเข้าสู่การผลิตได้ในสายการผลิตเฉพาะของตัวเองเท่านั้น และอีก 7 กลุ่มผลิตภัณฑ์จะมีผลิตภัณฑ์บางรุ่นที่สามารถเข้าสู่สายการผลิตร่วมกับผลิตภัณฑ์รุ่นอื่นได้ ซึ่งในส่วนนี้ผู้วิจัยจะทำการแจกแจงในบทหลังจากนี้ และจะใช้การคำนวณแผนการผลิตโดยแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ ที่ประมวลผลด้วย OpenSolver ที่ใช้ Gurobi เป็นซอฟต์แวร์ประมวลผล และใช้กำหนดเวลาการหยุดประมวลผลที่เหมาะสมที่จะทำให้ตารางแผนการผลิตที่เกิดขึ้นมีปริมาณสินค้าค้างส่งและต้นทุนบริหารสินค้าคงคลังให้ต่ำที่สุดเพื่อจะนำไปเปรียบเทียบกับแผนการผลิตดั้งเดิม

นิยามศัพท์เฉพาะ

แบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ = แบบจำลองที่ใช้ข้อมูลทางคณิตศาสตร์ในการอธิบายระบบ

Inventory Management Cost = ต้นทุน (Cost) ที่เกิดขึ้นจากการบริหารสินค้าคงคลังหรือวัตถุดิบ

Backorder = ปริมาณสินค้าที่ไม่สามารถนำส่งได้ทันต่อความต้องการในการจัดส่งรอบหนึ่ง

ข้อจำกัดของการวิจัย

1. แผนการผลิตที่ได้จากแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนออยู่ภายใต้ข้อจำกัดที่กำหนดให้ข้อมูลนำเข้าแบบจำลองเป็นค่าคงที่ตลอดในการคำนวณแผนการผลิต
2. ข้อมูลปริมาณความต้องการและข้อมูลด้านเวลาการผลิตในปี พ.ศ. 2565 ที่นำมาใช้ในงานวิจัย เป็นข้อมูลที่มีที่มาจากบริษัทฯ เพียงบริษัทเดียวเท่านั้น อาจไม่ใช่ข้อมูลที่เป็นในเชิงสากล
3. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอ ใช้สำหรับวางแผนการผลิตหลักรายปี โดยใช้ปริมาณความต้องการสูงลมนิรภัยในแต่ละรุ่นจากการพยากรณ์ เมื่อมีการนำไปใช้งานจริงอาจ

มีความผันผวนของคำสั่งซื้อที่อาจปรับเปลี่ยนหรือเพิ่มเติมได้ตลอดเวลา ซึ่งทำให้ต้องปรับแผนการผลิตหลักใหม่



บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึง แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนการผลิตรวมทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีมาก่อนหน้านี้

การวางแผนการผลิตหลัก

การ จัดตารางการผลิตหลัก (Master production scheduling: MPS) เป็นเครื่องมือการจัดการ กำหนดการหลักสำหรับการผลิตที่ช่วยให้ผู้ผลิตสามารถประสานการผลิตของอุตสาหกรรมให้เข้า กับอุปสงค์ ทั้งยังเป็นการกำหนดปริมาณสินค้าที่ต้องผลิตในแต่ละช่วงเวลา โดยที่แผนการผลิตหลัก อาจวางแผนเป็นรายสัปดาห์ตลอดช่วงเวลา 3 เดือน ถึง 2 ปี (Proud , 2007) ข้อมูลการพยากรณ์ ปริมาณความต้องการสินค้าและปริมาณสินค้าที่ลูกค้าที่ยืนยันคำสั่งซื้อแล้ว และข้อมูลจากการวางแผนการผลิตรวม (Aggregate production planning) ที่สรุปอัตราการผลิตและกำลังคนถูกนำมาใช้ ในการสร้างแผนการผลิตหลักที่สามารถผลิตสินค้าเพียงพอต่อความต้องการในแต่ละช่วงเวลาได้ แผนการผลิตหลักนี้จะถูกนำไปใช้ในการวางแผนความต้องการวัตถุดิบ (Material requirement planning) เพื่อกำหนดความเพียงพอของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตในแต่ละช่วงเวลาต่อไป จากนั้นการ จัดตารางการผลิตซึ่งเป็นการวางแผนการผลิตระยะสั้นจะถูกนำไปใช้ในการควบคุมการผลิตให้เป็นไป ตามแผนการผลิตหลักนี้ (เชษฐา ชำนาญหล่อ และคณะ, 2561) โดยที่ปัญหาการวางแผนการผลิต หลักของงานวิจัยนี้สามารถใช้แบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ช่วยตัดสินใจกำหนดปริมาณ การผลิตรายสัปดาห์ของอุตสาหกรรมแต่ละ โมเดลลงบนสายการผลิตแต่ละสายการผลิต รวมช่วงเวลา ของการวางแผนทั้งสิ้น 52 สัปดาห์ ภายใต้ทรัพยากรที่จำกัดคืออัตราการผลิตของแต่ละสายการผลิต และชั่วโมงการทำงานที่เป็นไปได้ในแต่ละสัปดาห์

การ จัดตารางการผลิต (Scheduling) เป็นส่วนหนึ่งของการวางแผนการผลิต (Production planning) ซึ่งเป็นการจัดสรรทรัพยากรการผลิตที่มีอยู่อย่างจำกัดให้ดำเนินการผลิตภายในช่วง ระยะเวลาที่กำหนดได้ โดยทั่วไปการ จัดตารางการผลิตจะรับช่วงต่อมาจากการวางแผนความ ต้องการวัสดุ (Material requirement planning: MRP) และการวางแผนความต้องการกำลังการผลิต (Capacity requirement planning: CRP) ทั้งในด้านของการ จัดตารางการผลิตจะเกี่ยวข้องกับเรื่องการ ทำงาน (Job order) และการจัดลำดับงาน (Job sequencing) ให้กับแต่ละหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการ ผลิต การ จัดตารางการผลิตนับว่ามีความจำเป็นในการผลิตแบบต่อเนื่อง และแบบกลุ่มรวมถึงไม่

ต่อเนื่อง เพราะต้องจัดทรัพยากรการผลิตที่มีใช้สำหรับผลิตภัณฑ์หลายชนิด ดังนั้น จึงต้องใช้ทรัพยากรให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด และเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด การจัดการการผลิตจึงเป็นกลยุทธ์ที่มีการศึกษาและวิจัยเป็นอย่างมาก เพื่อให้ตอบสนองต่อการผลิตรูปแบบต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการผลิต โดยการจัดการการผลิตจะแตกต่างกันออกไปตามลักษณะของการดำเนินการ (บุษบา พุกยาพันธ์รัตน์, 2552)

ปรเมศ ชุตินา (2546) ได้กล่าวไว้ว่า การจัดการการผลิตจะต้องทำเกือบทุกวัน เพราะว่าโดยทั่วไปมีคำสั่งซื้อเข้ามาในโรงงานอยู่ตลอดเวลา สินค้าบางชนิดมีขั้นตอนที่ไม่ซับซ้อนสามารถผลิตได้ด้วยกระบวนการผลิตง่ายๆ แต่สินค้าบางชนิดมีขั้นตอนการผลิตที่ซับซ้อน รวมถึงอาจมีระดับความสำคัญของงานที่แตกต่าง โดยมีผลต่อการพิจารณาการจัดการการผลิต เช่น การพิจารณาว่าจะผลิตสินค้าตัวไหนก่อนและผลิตตัวไหนในภายหลังซึ่งในการจัดการการผลิตจะต้องคำนึงถึงการผลิตงานให้เสร็จทันตามกำหนดเวลาส่งมอบงานด้วย วัตถุประสงค์ในการจัดการการผลิต (Objectives in scheduling) ที่มักถูกใช้มีด้วยกันหลายประการ ดังนี้

1. ทันกำหนดตามความต้องการลูกค้า (Meeting customer due dates)
2. ลดเวลางานล่าช้า (Minimizing job lateness)
3. ลดเวลาตอบสนอง (Minimizing response time)
4. ลดเวลาเสร็จงาน (Minimizing completion time)
5. ลดเวลาการไหลในระบบ (Minimizing flow time in the system)
6. ลดจำนวนชั่วโมงล่วงเวลา (Minimizing overtime)
7. เพิ่มประโยชน์ในการใช้งานเครื่องจักรหรือแรงงาน (Maximizing machine or labor utilization)
8. ลดเวลาว่าง (Minimizing idle time)
9. ลดงานค้างในกระบวนการ (Minimizing work-in-process inventory)

กัญชลา สุตตาชาติ (2552) ได้นำเสนอการหาคำตอบของปัญหาการจัดลำดับการผลิตของระบบการผลิตโดยที่มีการจัดเรียงเครื่องจักรแบบขนาน มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เวลาการผลิตของระบบมีค่าต่ำสุด กรณีลำดับการผลิตมีผลต่อเวลาติดตั้งเครื่องจักรและมีข้อกำหนดของเครื่องจักรและใช้วิธี Integer programming จากผลการทดลองพบว่า วิธีข้างต้นให้คำตอบที่แตกต่างจากคำตอบที่ดีที่สุดเท่ากับร้อยละ 7.06

การวางแผนการผลิต (Production Planning) ได้ถูกกล่าวถึงโดย Ishak (2020) ว่าเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดสิ่งที่ต้องการผลิต ปริมาณที่ต้องการผลิต และวัตถุดิบที่ต้องใช้ ส่วน MPS เป็นการบ่งชี้ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป (หรืออาจรวมไปถึงการวางแผนชิ้นส่วนทดแทน) ซึ่งจะถูกใช้

กับการวางแผนการผลิตที่ต้องอ้างอิงทั้งด้านของคุณภาพและระยะเวลา ซึ่งการจัดตารางการผลิต หรือ MPS จะทำให้การวางแผนการผลิตชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยที่ MPS จะเป็นส่วนสำคัญในการบูรณาการกับทั้งทางด้านการตลาด แผนการกระจายสินค้า แผนการผลิต และการวางแผนกำลังการผลิต Clark (2011) กล่าวว่า การวางแผนและจัดตารางการผลิตเป็นการหาหนทางที่จะจัดสรรทรัพยากรการผลิตให้สามารถผลิตสินค้าได้ตามความต้องการ โดยที่ปัญหาการวางแผนการผลิตนั้นเป็นการพิจารณาพร้อมกันทั้งการวางแผนระยะสั้น ในระดับการจัดตารางการผลิตรายวันและรวมถึง การวางแผนระยะกลาง ในระดับการจัดตารางการผลิตหลัก เช่น ปัญหาการจัดกำลังคน การกำหนดขนาดล็อตและลำดับการผลิต เป็นต้น

แบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ และ OpenSolver

แบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical programming model) เป็นวิธีการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการตัดสินใจแก้ไขปัญหาหนึ่ง ๆ ที่มีทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ในการดำเนินธุรกิจนั้นให้บรรลุเป้าหมายของธุรกิจ เช่น กำไรสูงสุด ต้นทุนต่ำที่สุด เป็นต้น (RagsDale, 2011) ในงานเขียนของ Lawson (2008) ได้มีการระบุเอาไว้ว่า คณิตศาสตร์ (Mathematic) เป็นภาษาที่มีความเที่ยงตรงในระดับสูง ซึ่งช่วยให้สามารถก่อร่างความคิด และคลี่คลายข้อสมมุติฐานได้ โดยหลักการพื้นฐานก็คือ การใช้ตัวแปรและตัวเลขเพื่อจำลองระบบอันซับซ้อน โดยการย่อสรุปรวมระบบในแต่ละส่วนในรูปแบบของสมการ และมีการกล่าวถึงจุดมุ่งหมายใช้แบบจำลองฯออกมาเป็น 3 หัวข้อดังนี้

1. พัฒนาความรู้ความเข้าใจในเชิงวิทยาศาสตร์ ด้วยการแสดงผลลัพธ์ในเชิงปริมาณจากความรู้ของระบบในปัจจุบัน โดยที่ผลลัพธ์ของมันนอกจากจะบ่งบอกถึงสิ่งที่เราเข้าใจอยู่แล้ว ยังอาจแสดงถึงสิ่งที่เรายังไม่รู้อีกด้วย
2. ทดสอบผลกระทบจากความเปลี่ยนแปลงในระบบ
3. เป็นตัวช่วยในการตัดสินใจ เช่น การตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ของผู้จัดการ หรือ การวางแผนในเชิงกลยุทธ์ของนักวางแผน

กิตติ ภัคดีวัฒนะกุล (2554) กล่าวว่า การหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ประกอบไปด้วยสามส่วน คือ การตัดสินใจ (Decision) ข้อจำกัด (Constraint) และวัตถุประสงค์ (Objective) หากต้องการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้หาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดจำเป็นต้องใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์เพื่อแสดงลักษณะทั้งสามดังนี้

1. การตัดสินใจ คือ สิ่งที่ต้องการจากการหาผลลัพธ์จากปัญหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด เช่น การตัดสินใจหาปริมาณสินค้าที่จะต้องขนส่ง เมื่อนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาใช้ จะต้องใช้สัญลักษณ์หรือพยัญชนะภาษาอังกฤษหนึ่งๆ เพื่อแสดงแทนสิ่งที่ต้องการหาผลลัพธ์ดังกล่าว โดยจะเรียกสัญลักษณ์ดังกล่าวว่า ตัวแปรการตัดสินใจ ซึ่งจะสามารถกำหนดได้ด้วยตัวอักษรเช่น x เป็นตัวแปรแทนการตัดสินใจ และตัวแปรแทนชนิดของสินค้า อาจใช้อักษร k โดยหากจะเขียนเป็นตัวแปรที่แสดงถึง ตัวแปรแทนการตัดสินใจปริมาณสินค้าที่ต้องการผลิต k ชนิด ก็จะเขียนได้เป็น x_k นอกจากนี้สัญลักษณ์ พยัญชนะ ภาษาอังกฤษแล้ว ตัวแปรการตัดสินใจยังสามารถแทนด้วยสัญลักษณ์ชนิดอื่นก็ได้ เช่น แทนด้วยคำนามที่เป็นชื่อสินค้า

2. ข้อจำกัด คือ สิ่งที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจ เป็นเงื่อนไขบังคับให้ผู้ตัดสินใจจะต้องเลือกทางเลือกที่อยู่ภายในขอบเขตข้อจำกัดในแต่ละด้าน เช่น ข้อจำกัดในด้านแรงงาน จำนวนชั่วโมงในการผลิตที่สามารถทำงานได้ กำลังการผลิต เป็นต้น โดยสามารถเขียนข้อจำกัดออกมาในรูปแบบของสมการหรืออสมการที่กำหนดข้อจำกัดได้หลักๆ 3 รูปแบบคือ มากกว่าหรือเท่ากับ ข้อจำกัด, น้อยกว่าหรือเท่ากับข้อจำกัด และ เท่ากันกับข้อจำกัด ดังตัวอย่างด้านล่างนี้

$$\text{น้อยกว่าหรือเท่ากับข้อจำกัด: } f(x_1, x_2, \dots, x_k) \leq b$$

$$\text{มากกว่าหรือเท่ากับข้อจำกัด: } f(x_1, x_2, \dots, x_k) \geq b$$

$$\text{เท่ากับข้อจำกัด: } f(x_1, x_2, \dots, x_k) = b$$

จากรูปแบบข้างต้นจะเห็นว่ามีการนำฟังก์ชันของตัวแปรการตัดสินใจ $f(x_1, x_2, \dots, x_k)$ มาเปรียบเทียบกับข้อจำกัด 3 กรณี ได้แก่ \leq , \geq และ $=$ หรือก็คือ ฟังก์ชันข้อจำกัดอาจอยู่ในรูปแบบของทั้งสมการหรืออสมการก็ได้

3. วัตถุประสงค์ คือ ตัวกำหนดทิศทางของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยที่นอกจากจะต้องเลือกที่อยู่ภายใต้ข้อจำกัดแล้ว สิ่งสำคัญที่สุดที่จะต้องพิจารณา คือ ต้องเลือกทางเลือกที่ทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ได้ ไม่ว่าจะเป็นวัตถุประสงค์ที่เล็งเป้าหมายที่ค่าต่ำสุดหรือสูงสุด โดยที่จะกำหนดออกมาในรูปแบบของสมการฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ซึ่งจะแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรการตัดสินใจที่ผู้ทำการตัดสินใจนั้นต้องการ ไม่ว่าจะเป็นค่าสูงที่สุด หรือค่าต่ำที่สุด เมื่อนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เข้ามาใช้ในการแก้ปัญหา วัตถุประสงค์ของปัญหานั้นไม่ว่าจะมีค่าสูงสุดหรือต่ำสุดก็ตาม จะเกิดจากความสัมพันธ์กับตัวแปรการตัดสินใจ ที่จะนำมาคำนวณเพื่อไปบรรลุวัตถุประสงค์นั้น ซึ่งจะแสดงอยู่ใน รูปของ “ฟังก์ชันวัตถุประสงค์” โดยจะมีรูปแบบดังนี้

$$\text{Maximize (หรือ Minimize): } f(x_1, x_2, \dots, x_k) \text{ หรือ}$$

$$\text{Maximize (หรือ Minimize): } Z = f(x_1, x_2, \dots, x_k)$$

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์จะมีหน้าที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรการตัดสินใจที่ต้องการไม่ว่าจะเป็นค่าสูงสุด หรือต่ำสุด เช่น เมื่อมีการนำฟังก์ชันมาอธิบายผลกำไรรวมจากผลิตภัณฑ์หลาย ๆ ประเภทรวมกัน, อธิบายผลรวมระยะทางที่เครื่องจักรเคลื่อนที่ เป็นต้น

สูตรทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด มีชื่อเรียกว่า กำหนดการทางคณิตศาสตร์ หรือ Mathematical Programming สามารถแสดงในรูปแบบทั่วไปได้ ดังตัวอย่างด้านล่างนี้

$$\begin{aligned} \text{Max (หรือ Min):} \quad & f_0(x_1, x_2, \dots, x_k) \\ \text{ภายใต้ข้อจำกัด:} \quad & f_1(x_1, x_2, \dots, x_k) \leq b_1 \\ & f_2(x_1, x_2, \dots, x_k) \leq b_2 \\ & \dots \\ & f_m(x_1, x_2, \dots, x_k) \leq b_m \end{aligned}$$

ตัวอย่างข้างต้นแสดงฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ทำให้เกิดค่ามากที่สุด หรือน้อยที่สุด รวมไปถึงข้อจำกัดต่างๆของปัญหา การเพิ่ม $f()$ และ b ในแต่ละสมการจะช่วยอธิบายวัตถุประสงค์และข้อจำกัดได้แตกต่างกัน เป้าหมายในการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด คือ การหาค่าของตัวแปรการตัดสินใจที่ทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีค่ามากที่สุดหรือน้อยที่สุด ภายใต้ข้อจำกัด

งานวิจัยของ จักรวาล คุณะดิลก และ รดาธร กิตติญาณนนท์ (2564) ได้มีการนำแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical programming model) เข้ามาช่วยในการคำนวณและกำหนดปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์รุ่นต่าง ๆ ผ่านการวางแผนการผลิต โดยจะสร้างแบบจำลองขึ้น 4 ชั้น ชั้นแรกเพื่อการคำนวณสายเวลาสูงสุดจากทุกกะทำงานให้มีค่าต่ำสุด ชั้นที่ 2 เพื่อใช้หาผลรวมเวลาสายจากทุกกะการทำงานแบบถ่วงน้ำหนักเพื่อให้มีค่าต่ำสุด ชั้นที่ 3 เพื่อหาเวลาผลิตเสร็จก่อนส่งมอบโดยเฉลี่ยจากทุกกะทำงานให้มีค่าสูงที่สุด และชั้นที่ 4 สำหรับกำหนดปริมาณการผลิตที่ทำให้ต้นทุนรวมมีค่าต่ำที่สุด หลังจากนั้นจึงนำผลลัพธ์จากแบบจำลองมาใช้ในการกำหนดลำดับการผลิต ผลสรุปจากงานวิจัยนั้น แผนงานที่นำเสนอจากแบบจำลองทั้ง 4 ชั้น และอวิริศติกจัดลำดับการผลิตจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับแผนการผลิตเดิม โดยจะมีการวัดผลด้วยดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ 3 ด้าน คือด้านการส่งมอบ ด้านต้นทุน และด้านเวลาที่ใช้ในการสร้างแผนการผลิต ซึ่งในด้านการส่งมอบนั้น ได้ผลลัพธ์ว่าสามารถสร้างแผนการผลิตที่มีจำนวนกะทำงานไม่เป็นไปตามเกณฑ์ลดลงได้ 16 กะทำงานคิดเป็นการลดลงร้อยละ 5.7 และสร้างแผนการผลิตที่มีเวลาผลิตเสร็จก่อนส่งมอบโดยเฉลี่ย 6.4 ชั่วโมง ซึ่งต่ำกว่าวิธีการเดิมที่มีเวลาเฉลี่ยนี้ 6.8 ชั่วโมง ต่อมาในผลลัพธ์ด้านต้นทุน พบว่าสามารถลดต้นทุนโดยรวมได้ 2,263 บาท ต่อรอบการวางแผน ซึ่งลดลง 1.58% และผลลัพธ์ในด้านเวลาที่ใช้ในการสร้างแผนการผลิต ได้ผลลัพธ์ว่าวิธีที่เสนอใช้เวลาโดยเฉลี่ยของการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมของทุกแบบจำลองเท่ากับ 0.5 นาที โดยใช้เวลา

มากที่สุดเท่ากับ 5.1 นาที เมื่อเปรียบเทียบแล้วนั้น วิธีการเดิมใช้เวลาเฉลี่ย 108 นาที และใช้เวลามากสุดที่ 148 นาที

กองพัน อารีรักษ์ (2555) ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อจำลองระบบรถที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า โดยมีหนึ่งในวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ระบบที่มีความซับซ้อนมากกว่าระบบรถไฟฟ้าในอนาคตและยืนยันเสถียรภาพของการทำงานของรถไฟฟ้า โดยในงานวิจัยดังกล่าว ผู้วิจัยได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และพยายามทำให้เป็นสมการเชิงเส้น เนื่องจากว่าหากใช้สมการอนุพันธ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้นจะมีความซับซ้อนและยุ่งยากต่อการนำไปใช้จำลองสถานการณ์และการวิเคราะห์ความเสถียรของระบบ ซึ่งผลการทดสอบแบบจำลองนั้นได้ข้อสรุปว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีความถูกต้องและสามารถนำไปวิเคราะห์การทำงานของระบบได้ด้วยทฤษฎีค่าจะจงซึ่งคำนวณมาจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ในเชิงเส้น

รุ่งรัตน์ ภิษฐ์เพ็ญ และ พรธิภา องค์กรักษ์ (2556) ได้ให้ความหมายการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แทนระบบของปัญหา (Model formulation) ว่าเป็นการสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบของปัญหา โดยการสร้างแบบจำลองของปัญหาในเชิงสมการ หรือ อสมการ มีการตั้งค่าตัวแปรตัดสินใจ (Decision variables) แล้วคำนวณค่าคำตอบของตัวแปรเพื่อนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจในการวางแผน โดยสมการที่แสดงความสัมพันธ์ จะมีโครงสร้างที่ประกอบด้วย ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective function) ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variables) และเงื่อนไขบังคับของปัญหา (Constraints)

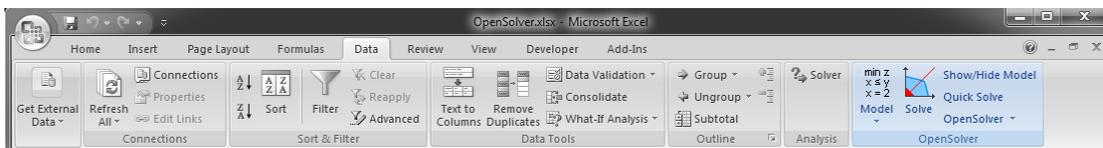
ภัทรารักษ์ สัจจนดำรงค์ และ ชารัทสน์ โมกขมรรคกุล (2551) ได้สร้างแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์สำหรับการวางแผนการผลิตหลักของโรงงานรับจ้างตัดเย็บเสื้อผ้าแห่งหนึ่ง โดยมีเป้าหมายให้ต้นทุนที่เกิดจากผลรวมของต้นทุนด้านการจัดเก็บสินค้า ด้านการผลิต ด้านการเสียโอกาสที่คำนวณจากปริมาณสินค้าค้างส่งที่ไม่สามารถเลื่อนกำหนดส่งมอบได้ และด้านขนส่ง ข้อมูลที่ใช้ในทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองเป็นข้อมูลผสมผสานของข้อมูลจริงกับข้อมูลที่สมมติขึ้นสำหรับวางแผนการผลิตหลักของ 8 สายการผลิต ผลิตภัณฑ์หลัก 4 แบบแต่ละแบบมีหลายรุ่น และกำหนดช่วงเวลาการวางแผนเป็นรายสัปดาห์ ต่อเนื่องจำนวน 8 สัปดาห์ แบบจำลองนี้สามารถสร้างแผนการผลิตหลักที่ทำให้ต้นทุนรวมต่ำที่สุดได้ และยังทำให้ลดเวลาและกำลังคนที่ใช้ในการวางแผนได้ อย่างไรก็ตามแบบจำลองนี้ยังมีข้อจำกัดในการใช้งาน เช่น กำหนดต้นทุนการขนส่งเป็นค่าคงที่ต่อหน่วยสินค้า ซึ่งในทางปฏิบัติอาจไม่เป็นเช่นนั้น และแบบจำลองนี้ไม่สามารถหาปริมาณสินค้าค้างส่งที่แท้จริงได้เนื่องจากกำหนดสมการข้อจำกัด (Constraint) ให้สินค้าที่พร้อมส่งมอบจะต้องเพียงพอต่อปริมาณความต้องการสินค้า

กิรณา มหิพันธ์ และคณะ (2560) ได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ประยุกต์จากแบบจำลองสำหรับปัญหา CLSP เพื่อแก้ปัญหาจัดซื้อชิ้นส่วนอะไหล่สำหรับซ่อมบำรุงเครื่องจักร ซึ่งทำให้ต้นทุนรวมจากจัดเก็บชิ้นส่วนคงคลัง การสั่งซื้อ และการขาดชิ้นส่วนอะไหล่ ในช่วงเวลาที่ต้องการมีค่าต่ำที่สุด แบบจำลองดังกล่าวนี้ สามารถทำให้ต้นทุนรวมมีค่าน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น แต่ต้นทุนที่เกิดจากการขาดชิ้นส่วนอะไหล่เหล่านั้น ยังคงมีค่าไม่น้อยที่สุด ต้นทุนนี้เกิดจากผลคูณของปริมาณชิ้นส่วนอะไหล่ค้างส่งกับค่าใช้จ่ายของการค้างส่งต่อหน่วยรวมทุกช่วงเวลา ดังนั้นหากกำหนดให้ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยนี้มีค่ามากจะทำให้สร้างนโยบายสั่งซื้อที่มีปริมาณชิ้นส่วนอะไหล่ลดลง หรือไม่เกิดขึ้นเลยได้ แต่ต้นทุนรวมจะสูงขึ้นเนื่องจากต้องจัดเก็บชิ้นส่วนคงคลังในปริมาณที่มากขึ้น

Karimi (2003) ได้สรุปการใช้งานแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหาการกำหนดปริมาณการผลิตที่ทำให้ต้นทุนรวมด้านการจัดเก็บสินค้าคงคลัง การตั้งเครื่องจักร และการผลิตต่ำที่สุดภายใต้ทรัพยากรการผลิตที่มีอยู่อย่างจำกัด (Capacitated lot sizing problem, CLSP) แบบจำลองนี้สามารถลดความซับซ้อนของปัญหาในส่วนการตั้งเครื่องจักรและการผลิต แล้วนำมาใช้เป็นต้นแบบในการสร้างแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหาการวางแผนการผลิตหลักของโรงงานกรณีศึกษาได้

ซอฟต์แวร์ OpenSolver (Mason, 2012) คือ โปรแกรมโอเพนซอร์สซอฟต์แวร์ที่สามารถติดตั้งเพิ่มเติมในโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล โดยที่ในงานวิจัยนี้ ถือเป็น โปรแกรมที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากใช้เพื่อคำนวณแผนการผลิต โดยผู้วิจัยจะป้อนข้อมูลและสูตรความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ในแผ่นงาน (Excel Worksheet) แล้วเรียกใช้งาน OpenSolver เพื่อหาผลลัพธ์ที่เหมาะสม โปรแกรมนี้มีความสามารถในการให้หาผลลัพธ์ที่เหมาะสมสำหรับปัญหาขนาดใหญ่ที่มีไม่จำกัดจำนวนตัวแปรในการตัดสินใจและจำนวนขอบข่ายของกำหนดการเชิงเส้นและกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม ซึ่งรวมถึงกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มผสมด้วย ภาษาที่ใช้ในการคำนวณหาผลลัพธ์

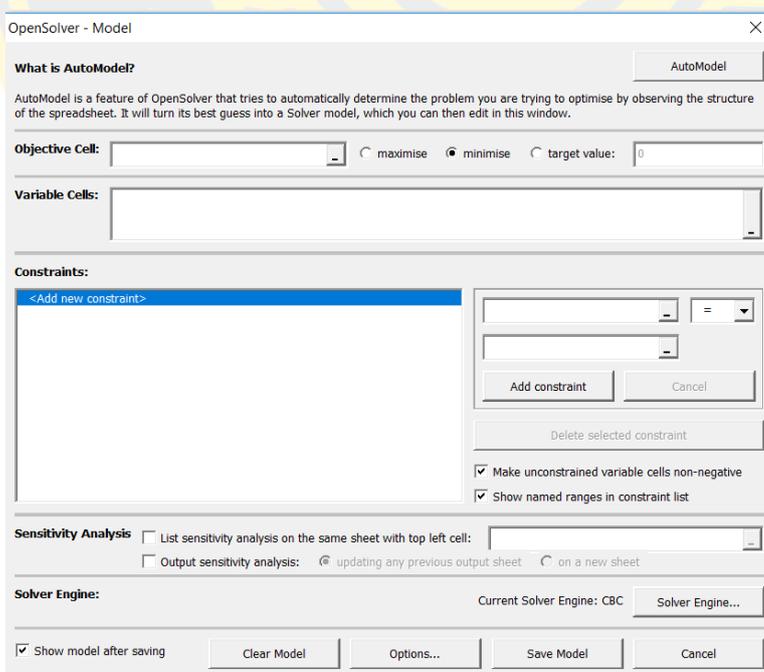
การใช้งาน โปรแกรม OpenSolver ทำได้โดยสร้างแผ่นงาน (Spreadsheet) ที่มีการใส่ข้อมูลนำเข้า และพารามิเตอร์ของปัญหาที่จำลองในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยจำเป็นต้องผูกสูตรกับเซลล์ต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ให้เป็นตัวแปรตัดสินใจ โดยที่เซลล์ของตัวแปรตัดสินใจไม่จำเป็นต้องอยู่ติดกันก็ได้ แต่จำนวนกลุ่มเซลล์ของตัวแปรตัดสินใจต้องมีจำนวนไม่มากเกินไป เมื่อออกแบบตำแหน่งเซลล์ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Cell) และเซลล์ค่าคำนวณของสมการหรืออสมการขอบข่ายแล้ว ผู้ใช้งานสามารถเรียกใช้โปรแกรม OpenSolver จากแถบเครื่องมือ “ข้อมูล (data)” ที่ปุ่ม “Model” ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การเรียกใช้งาน OpenSolver

ที่มา: Mason (2012)

หน้าต่าง “OpenSolver-Model” ที่จะปรากฏขึ้น ดังที่ปรากฏในภาพที่ 3 นั้น เพื่อให้ผู้ใช้งานบันทึกเซลล์วัตถุประสงค์ลงในช่อง Objective Cell แล้วจากนั้นเลือกวัตถุประสงค์การหาผลลัพธ์ตาม LP, ILP, หรือ MILP ที่สร้างไว้ว่าต้องการหาค่าสูงที่สุด (Maximize), ค่าต่ำที่สุด (Minimize) หรือค่าเป้าหมาย (Target) จากนั้นกำหนดตำแหน่งเซลล์ของตัวแปรตัดสินใจในช่อง Variable cells แล้วเพิ่มสมการหรืออสมการข้อข้อย่าง รวมถึงลักษณะของตัวแปรตัดสินใจในรูปแบบของ Binary และ Integer ลงในส่วนการเพิ่มข้อข้อย่างใหม่ เมื่อบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ครบแล้วให้กดปุ่ม “Save Model”



ภาพที่ 3 หน้าต่าง OpenSolver - Model สำหรับบันทึกแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ที่มา: Mason (2012)

งานวิจัยนี้เลือกใช้ซอฟต์แวร์ประมวลผลพัทธ์กูโรบี (Gurobi) ที่สามารถติดตั้งได้บนโปรแกรม OpenSolver ซอฟต์แวร์ประมวลผลพัทธ์กูโรบี (Gurobi) ถูกพัฒนาโดยสมาชิกของทีมพัฒนาโปรแกรม CPLEX ประกอบด้วย Zonghao Gu, Edward Rothberg และ Robert Bixby โดย Gurobi เป็นซอฟต์แวร์ประมวลผลพัทธ์ที่มีประสิทธิภาพสูงสามารถประมวลผลแบบมัลติคอร์ (Multi-core) จากการตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการประมวลผลกับปัญหามาตรฐาน พบว่า Gurobi สามารถแก้ปัญหาได้ดีที่สุด มีเวลารวมที่ใช้ในการแก้ปัญหาน้อยกว่าซอฟต์แวร์ประมวลผลตัวอื่น (กัญญา มาศ, 2561)

มีตัวอย่างการกำหนดใช้ Decision Modeling ด้วย OpenSolver ซึ่งสามารถตั้งค่าให้ทำงานเป็น Goal Programming ด้วยการกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์ให้มีเป้าหมาย ไม่ว่าจะเป้าหมายจะเป็นในเชิงการเงินหรือไม่ก็ตาม เช่น ปริมาณพลังงานต่ำสุดที่ใช้ หรือ ปริมาณมลพิษที่ปล่อยต่ำสุด โดยที่ในแต่ละปัญหาที่เลือกจะใช้ Goal Programming นั้น มักจะเป็นปัญหาที่มีเป้าหมายมากกว่า 1 เป้าหมาย ตัวอย่างเช่น รัฐบาลของประเทศหนึ่ง มีเป้าหมายที่จะคงให้อัตราเรียกเก็บภาษีให้ต่ำ และในขณะเดียวกันก็ต้องบริหารการใช้จ่ายเงินภาษีไปกับความต้องการของประชาชนในหลายๆประเภท (เช่น การศึกษา, สาธารณูปโภค และอื่นๆ) หรือในองค์กรเอกชนเองก็มีปัญหาที่มีหลายเป้าหมาย โดยที่ยังคงสิ่งที่เพิ่มกำไรขององค์กร ก็ยังต้องบริหารการจ่ายค่าจ้างให้กับพนักงาน และเงินปันผลให้กับผู้ถือหุ้น อีกทั้งยังต้องคงระดับความสัมพันธ์ต่อลูกค้าด้วยในเวลาเดียวกัน อย่างไรก็ตาม OpenSolver นั้น ไม่สามารถแก้ไขปัญหามีวัตถุประสงค์ขัดแย้งกันได้ เนื่องจากอาจเป็นเพราะการกำหนดวัตถุประสงค์ให้ขัดแย้งกันนั้น เป็นการกระทำที่ผิดตั้งแต่เริ่มต้น ดังตัวอย่างเช่น สถานะเมืองออกคำสั่งให้ห้องสมุดสาธารณะเพิ่มหนังสือใหม่ๆ รวมไปถึงให้บริการให้นานที่สุดในแต่ละวัน เพื่อให้ผู้ใช้เข้าใช้งานสามารถค้นคว้าได้มากที่สุด และลดเงินสนับสนุนจากสภากลางให้เหลือน้อยที่สุด โดยจะเห็นได้ว่าเป้าหมายทั้ง 2 ขัดแย้งกันอย่างชัดเจน เนื่องจากหากจะเพิ่มหนังสือใหม่ให้มากที่สุด ก็จำเป็นต้องเพิ่มเงินสนับสนุนจากสภา หรือถ้าต้องการจะลดเงินสนับสนุนก็จำเป็นต้องควบคุมเวลาการเปิดให้บริการและลดปริมาณหนังสือใหม่ ดังนั้นแล้ว วัตถุประสงค์ที่ควรกำหนดสำหรับปัญหาข้างต้นนี้ ควรจะเป็น 1) เพิ่มปริมาณหนังสือและเวลาเปิดให้บริการให้มากที่สุด โดยใช้งบประมาณ 1,000,000 ดอลลาร์สหรัฐฯ หรือ 2) ลดเงินสนับสนุนจากสภากลาง และให้ห้องสมุดยังสามารถเปิดให้บริการได้อย่างน้อย 100 ต่อสัปดาห์แน่นอนว่า ทางสภากลางในปัญหาข้างต้นนี้ สามารถตั้งเงื่อนไขในการเปิดให้บริการของห้องสมุดให้สามารถเปิดให้บริการได้อย่างน้อย 100 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ และให้งบประมาณสนับสนุนจำกัดอยู่ที่ 1,000,000 ดอลลาร์สหรัฐฯ ดังจะเห็นได้ว่า ข้อจำกัดที่เพิ่มขึ้นนี้ สามารถตอบสนองเป้าหมายทั้งใน

ด้าน “การจำกัดงบประมาณ” และ “การเข้าถึงข้อมูลในห้องสมุด” ตามที่สภาเมืองต้องการ (Tulett , 2019)

สินค้าคงคลัง

สินค้าคงคลัง หรือ Inventory นั้น ในงานวิจัยของ Ishak (2020) ได้ให้คำนิยามว่า สินค้าคงคลังคือสินทรัพย์อย่างหนึ่งของบริษัท หรือองค์กรหนึ่งในรูปแบบของวัสดุ ซึ่งสามารถเป็นได้ทั้ง วัตถุดิบและสินค้าสำเร็จรูป โดยที่หน้าที่หลักของสินค้าคงคลังก็คือเพิ่มความมั่นใจในการเติมวัตถุดิบสู่กระบวนการผลิต หรือ การเตรียมการขาย เพื่อให้บริษัทสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ในเชิงผลประกอบการได้

สุพัฒน์ อุปกิจิต (2558) ได้ให้คำนิยามว่า สินค้าคงคลัง มีความหมายอยู่ 3 แบบ คือ

1. สินค้าคงคลัง ในความหมายทั่วไป แบ่งออกได้เป็นความหมายโดยย่อ ดังนี้

1.1 สินค้าคงเหลือ (Merchandise Inventory) เป็นสินค้าที่ซื้อมาเพื่อการซื้อขายอีกทอดหนึ่ง โดยที่ไม่ได้มีการแปรสภาพแต่อย่างใด

1.2 สินค้าคงคลัง (Inventory) เป็นได้ทั้งสินค้าสำเร็จรูปจากการผลิต และงานระหว่างทำ (Work In Process: WIP)

1.3 วัตถุดิบ (Raw Material) คือสินค้าหรือวัสดุใดๆ ที่ซื้อหรือได้มาเพื่อใช้เป็นส่วนผสมหรือส่วนประกอบที่สำคัญในการผลิต ผสม หรือประกอบ เป็นสินค้าสำเร็จรูป

1.4 วัสดุสิ้นเปลือง (Supplies) เป็นสิ่งของหรือวัสดุที่ใช้เพื่อประกอบการดำเนินงานของบริษัทซึ่งจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตหรือไม่ก็ได้

2. ความหมายตามมาตรฐานการบัญชี ซึ่งจะหมายถึงสินทรัพย์ที่มีลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

2.1 สินทรัพย์ที่ถือครองไว้เพื่อทำการขายตามลักษณะการประกอบธุรกิจตามปกติของกิจการ

2.2 สินทรัพย์ที่อยู่ในระหว่างกระบวนการผลิตเพื่อให้เป็นสินค้าสำเร็จรูปเพื่อขาย

2.3 สินทรัพย์ที่อยู่ในรูปของวัตถุดิบหรือวัสดุที่มีไว้เพื่อใช้ในกระบวนการผลิตสินค้าหรือให้บริการ

3. สินค้าที่ซื้อและถือไว้เพื่อขาย เช่น

3.1 สินค้าที่ผู้ค้าปลีกซื้อและถือครองไว้เพื่อขาย

3.2 ที่ดินและอสังหาริมทรัพย์อื่นที่ถือไว้เพื่อขาย

3.3 กรณีที่เป็นองค์กรเพื่อการค้าให้บริการ จะรวมไปถึงต้นทุนงานให้บริการ ส่วนที่กิจการยังไม่ได้รับรู้เป็นรายได้

ปริมาณสั่งซื้อ หรือปริมาณผลิตที่เหมาะสม

ปริมาณที่เหมาะสม (Lot Sizing) ในเรื่องของ The Economic Times (n.d.) ได้ให้คำนิยามเอาไว้ว่า เป็นปริมาณที่ใช้ในการสั่งซื้อสินค้าในรอบการขนส่งหนึ่งๆ หรือว่าเป็นการผลิตสินค้าในหนึ่งรอบการวางแผนการผลิต หรือกล่าวได้อีกอย่างว่า Lot Size คือปริมาณสินค้าที่มีการสั่งผลิตในหนึ่งรอบ อีกทั้งยังให้คำนิยามในเชิงของการเงิน (Finance) ไว้อีกว่า เป็นการซื้อหรือการเพิ่มปริมาณที่เหมาะสมซึ่งอาจกำหนดโดยฝ่ายซื้อหรือฝ่ายขายก็ได้ ตัวอย่างเช่น หากผู้ซื้อ ซื้อช็อคโกแลต 6 ชิ้นในการซื้อครั้งเดียว ก็จะนับเป็น 1 Lot Size

ในงานเขียนของ Van den Heuvel (2006) ในหัวข้อของ Economics of Lot-Sizing Problem ได้ยกทฤษฎีของ Lot Sizing ในรูปแบบของ Economics Lot Sizing (ELS) โดยที่ได้อ้างอิงไปถึง Economics Order Quantity (EOQ) ในแง่ของความเป็นที่รู้จักว่า EOQ เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายในด้านของการเป็นโมเดลการจัดการสินค้าคงคลัง ในขณะที่ ELS ถึงแม้จะไม่ได้เป็นที่รู้จักกันในวงกว้างเช่นเดียวกับ EOQ แต่ว่า ELS ก็จัดได้ว่าเป็นโมเดลที่ส่งผลกระทบต่อหลักการวางแผนการผลิตและการวางแผนการจัดการสินค้าคงคลัง โดยกล่าวว่าในขณะที่โมเดลของ EOQ มีการสันนิษฐานว่าจะมีอุปสงค์คงที่ในช่วงเวลาที่ไม่จำกัด โมเดลของ ELS จะมีอุปสงค์ไม่ต่อเนื่องในช่วงเวลาที่จำกัดในช่วงระยะเวลาหนึ่งๆ โดยที่อุปสงค์เหล่านี้จะต้องได้รับการตอบสนอง เช่น การซื้อในปริมาณที่ทำให้ต้นทุนต่ำที่สุด ในงานชิ้นนี้ ได้นำเสนอว่า แทนที่จะนำเสนอโมเดล ELS ด้วยข้อมูลการสั่งซื้อ เขาเลือกที่จะนำเสนอด้วยข้อมูลการผลิต ซึ่งอุปสงค์ดังที่มานี้ สามารถตอบสนองได้โดยการผลิตสินค้า ซึ่งปริมาณการผลิตนั้น จะยังส่งผลต่อต้นทุนเช่นต้นทุนการจัดเก็บ (Holding Cost) และ ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย และยังคงเกี่ยวข้องกับต้นทุนการเตรียมการ (Setup Cost) สำหรับการผลิตอีกด้วย

ในทฤษฎีแบบจำลองของ ELS หรือ Economics Lot Sizing นั้น ได้มีการนำเสนอว่า การสร้างแบบจำลอง ELS อาจมีความเกี่ยวข้องกับการตั้งราคา (Pricing Decision) ได้ เนื่องมาจากว่าอุปสงค์ที่จะตอบสนองด้วยแผนการผลิตนั้นเป็นอุปสงค์ที่การตลาดขององค์กรหนึ่งๆคาดการณ์ขึ้นมา (เป็นตัวอย่างในกรณีที่องค์กรนั้นมีส่วนแบ่งการตลาดค่อนข้างจะสูง) โดยแทนที่จะตัดสินใจให้การวางแผนการตลาดและการผลิตไม่เกี่ยวข้องกันหรือเกี่ยวข้องเล็กน้อย การทำการตัดสินใจโดยให้ทั้ง

สองส่วนมีความเกี่ยวข้องกันมากขึ้นจะดูเป็นประโยชน์มากกว่า ซึ่งจะทำให้แบบจำลองซับซ้อนมากกว่าการหวังผลเพียงแค่ผลลัพธ์จากปริมาณการผลิตที่เหมาะสมเพียงอย่างเดียว

งานวิจัยเรื่อง การกำหนดขนาดการสั่งซื้อที่เหมาะสมด้วยวิธีพลวัต จาก กฤตกนก พานู และคณะ (2555) ได้นำเสนอทฤษฎี Lot Sizing ในรูปแบบของ วิธีกำหนดการเชิงพลวัต (Dynamic Lot Sizing) โดยนำเสนอในเรื่องของการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อ ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับวิธีการหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (Economic Order Quantity: EOQ) ซึ่งได้ให้มุมมองว่า Dynamics Lot Sizing เป็นวิธีการที่จะสามารถใช้เพื่อลดต้นทุนคงคลังได้

ในงานวิจัยข้างต้นนี้ นอกจากจะนำเสนอทฤษฎี Lot Sizing แล้ว ยังคงนำเอาทฤษฎีดังกล่าวมาใช้กับกรณีศึกษาการคงคลังข้าวเปลือกของโรงสี โดยได้ทำการรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาสร้างเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยสร้างแบบจำลองขึ้นภายใต้เงื่อนไขที่ปัจจัยทางด้านฤดูกาลไม่ถูกนำมาวิเคราะห์ และพิจารณาเฉพาะปัจจัยภายในคลังสินค้า โดยมีตัววัดผลเป็น ต้นทุนการสั่งซื้อ ต้นทุนราคา และต้นทุนการจัดเก็บ โดยเมื่อทำการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อกำหนด Lot Sizing แล้วนั้นหลังจากเปรียบเทียบต้นทุนในแต่ละด้านแล้ว พบว่าการกำหนด Lot Sizing ช่วยให้ต้นทุนในแต่ละด้านลดลงจากการสั่งซื้อแบบเดิม ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนคงคลังรวมลดลง ผู้วิจัยของงานวิจัยนี้ได้ให้ความคิดเห็นเอาไว้ว่า เป็นเพราะการสั่งซื้อแบบเก่า ใช้การตัดสินใจจากความชำนาญการของผู้บริหาร

งานวิจัยของ Drexl (1997) แยกประเภทของปัญหา Lot sizing and scheduling ไว้ 2 แบบตามจำนวนขั้นตอนการผลิตของผลิตภัณฑ์ คือ 1) รูปแบบปัญหา Lot sizing and scheduling สำหรับการผ่านขั้นตอนการผลิตขั้นตอนเดียว หรือ Single-Level model และ 2) หลายขั้นตอน (Multi-level model) รวมถึงได้มีการอธิบายรูปแบบของปัญหา Batching and scheduling (BSP) เอาไว้ว่าเป็นปัญหา Lot sizing and Scheduling ที่เป็นการรวมการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีมากกว่า 1 รุ่นให้ผลิตพร้อมกันเพื่อลดเวลาที่ใช้สำหรับการตั้งค่าเครื่องจักร

ปัญหาการกำหนดปริมาณการผลิตของผลิตภัณฑ์หลายรุ่นบนเครื่องจักรเดียว เป็นรูปแบบปัญหาการกำหนด Lot Size แบบ Single-level capacitated lot sizing problem (Single-level CLSP) ซึ่งเป็นปัญหาที่ต้องทำการตัดสินใจกำหนดปริมาณการผลิตของผลิตภัณฑ์ในรุ่นต่างๆ ให้ครบตามปริมาณที่ต้องการ ซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายโดยรวมที่เกิดขึ้นจากสินค้าคงคลังกับการตั้งค่าเครื่องจักรที่ต่ำที่สุดอยู่ภายใต้ข้อจำกัดในด้านกำลังการผลิต สามารถใช้แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมในการแก้ปัญหา โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตัวแปรตัดสินใจ

q_{jt} = ปริมาณการผลิตชิ้นส่วน j ในช่วงเวลา t

x_{jt} = 1 เมื่อมีการผลิตชิ้นส่วน j ในช่วงเวลา t ไม่เช่นนั้นมีค่าเป็น 0

I_{jt} = ปริมาณชิ้นส่วน j คงคลัง เมื่อสิ้นสุดการทำงานในช่วงเวลา t

พารามิเตอร์

C_t = ค่าต้นทุนการผลิตในช่วงเวลา t (นาทีก)

d_{jt} = ปริมาณความต้องการชิ้นส่วน j ในช่วงเวลา t

I_{j0} = ปริมาณชิ้นส่วน j คงคลังตั้งต้น

p_j = เวลาการผลิตชิ้นส่วน j (นาทีกต่อชิ้น)

s_j = ค่าใช้จ่ายในการตั้งเครื่องจักรเมื่อต้องผลิตชิ้นส่วน j (บาท)

h_j = ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บชิ้นส่วน j (บาทต่อชิ้น)

J = ประเภทชิ้นส่วนที่ต้องผลิต

T = จำนวนช่วงเวลาในการวางแผนการผลิต

ฟังก์ชันจุดประสงค์

$$\text{Min} \quad \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T (h_j I_{jt} + s_j x_{jt}) \quad (2-1)$$

ภายใต้เงื่อนไข

$$I_{jt} = I_{j(t-1)} + q_{jt} - d_{jt}, \quad j=1, \dots, J; t=1, \dots, T \quad (2-2)$$

$$\sum_{j=1}^J p_j q_{jt} \leq C_t, \quad t=1, \dots, T \quad (2-3)$$

$$p_j q_{jt} \leq C_j x_{jt}, \quad j=1, \dots, J; t=1, \dots, T \quad (2-4)$$

$$x_{jt} = \text{binary}, \quad j=1, \dots, J; t=1, \dots, T \quad (2-5)$$

$$q_{jt}, I_{jt} \geq 0, \quad j=1, \dots, J; t=1, \dots, T \quad (2-6)$$

สมการที่ 2-1 แสดงถึงฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการให้ค่าใช้จ่ายรวมด้านสินค้าคงคลังกับการตั้งเครื่องจักรให้ต่ำที่สุด สมการที่ 2-2 เป็นสมการสมดุลสินค้าคงคลัง ซึ่งใช้คำนวณปริมาณขึ้นของสินค้าคงคลังเมื่อสิ้นสุดการทำงานที่ช่วงเวลา t ใดๆ ให้เท่ากับปริมาณสินค้าคงคลังเมื่อสิ้นสุดการทำงานช่วงเวลาก่อนหน้า บวกกับปริมาณที่ต้องการผลิต แล้วลบด้วยปริมาณความต้องการ ส่วนสมการที่ 2-3 เป็นสมการกำหนดให้เวลาที่ใช้ในการผลิต ณ ช่วงเวลา t ที่จะต้องไม่เกินกำลังการผลิต ในสมการที่ 2-4 เป็นการยืนยันว่าค่าใช้จ่ายในการตั้งเครื่องจักรต้องเกิดขึ้นเมื่อวางแผนให้ผลิตชิ้นส่วน j ที่ช่วงเวลา t และสมการที่ 2-5 และ 2-6 แสดงถึงเงื่อนไขประเภทของตัวแปรตัดสินใจ

สินค้าค้างส่ง (Backorder)

สินค้าค้างส่ง หรือ Backorder หมายถึง สินค้าที่มีการรับคำสั่งซื้อแล้ว แต่ว่าการผลิตและการบันทึกยอดขายยังไม่สมบูรณ์ (นาโอยูกิ, 2561) หรือการสั่งซื้อที่เมื่อล่วงเลยเวลาที่ตกลงกันไปแล้ว แต่ลูกค้าก็ยังไม่ได้รับสินค้า (พงศา บุญชัยวัฒน์ โขติ , 2558) โดยที่ในงานวิจัยนี้ สินค้าค้างส่งเกิดขึ้นจากปริมาณการผลิตมีไม่เพียงพอต่อคำสั่งซื้อในสัปดาห์นั้นๆ ซึ่งสาเหตุอาจเกิดจากกำลังการผลิตไม่เพียงพอ การควบคุมระดับสินค้าคงคลัง หรือการวางแผนการผลิตไม่ดีเพียงพอก็ได้

SCG JWD (2564) ยังได้กล่าวถึง สินค้าค้างส่ง (Backorder) ไว้ว่าเป็นสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกับการ stock out แต่จะแตกต่างกันตรงที่สินค้าค้างส่งนั้น สามารถประมาณเวลาในการเติมสินค้าได้ โดยที่การเกิด Backorder นั้น ในอีกทางหนึ่งก็หมายความว่า สินค้าชิ้นๆเป็นสินค้าที่มีความต้องการมาก แต่ในขณะที่เดียวกัน การเกิด Backorder จะทำให้เสียความได้เปรียบทางการแข่งขันในระยะสั้น และ นำไปสู่การเสียชื่อเสียง เสียแบรนด์ในระยะยาวได้

อัญชลี แซ่เจียม และคณะ (2562) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการกำหนดระดับสินค้าคงคลังที่เหมาะสม โดยที่ในงานเขียนนั้น ได้มีการกล่าวไว้ว่า การควบคุมปริมาณสินค้าคงคลังนั้น สามารถลดปริมาณสินค้าค้างส่งได้ ซึ่งในบทความนั้นได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการจำลองกระบวนการเติมเต็มสินค้าคงคลังเพื่อให้ได้ระดับสินค้าคงคลังที่เหมาะสม

สินค้าค้างส่งนับเป็นหนึ่งในปัญหาด้านการจัดการสินค้าคงคลัง ที่มีความเสี่ยงในด้านความภักดีต่อแบรนด์ (Brand Loyalty) ทำให้สินค้าค้างส่งมีผลต่อการสูญเสียการขาย (Lost Sales) อย่างชัดเจน แต่อย่างไรก็ดีลูกค้าบางรายยินดีที่จะให้เกิดสินค้าค้างส่งเพื่อความสามารถในการต่อรองขอส่วนลดจากสินค้าค้างส่งต่อผู้ผลิต โดยที่นอกเหนือจากการผลิตสินค้าไม่ทันแล้วนั้น การผลิตสินค้าที่มีตำหนิ (Defect) ก็เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดสินค้าค้างส่งได้ด้วยเช่นกัน (Annadurai et al., 2014)

Arreola-Risa et al. (1998) ได้ทำการศึกษาความเกี่ยวข้องของการเกิดสินค้าค้างส่งว่ากรณีของการเกิดสินค้าหมดคลัง (Stock out) ซึ่งเป็นปัญหาในการจัดการสินค้าคงคลัง สามารถเป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดได้ทั้งสินค้าค้างส่งและการสูญเสียการขาย โดยที่กล่าวว่าสาเหตุของการเกิดสินค้าค้างส่งนั้น อาจเกิดได้จากวัตถุดิบไม่เพียงพอ, การเสียของเครื่องจักรผลิต หรือแม้แต่การขนส่งล่าช้าโดยทั่วไปแล้วนั้น เมื่อลูกค้าเจอกับสถานการณ์ที่สินค้าหมดคลังจนทำให้เกิดสินค้าค้างส่งนั้นจะทำการยกเลิกคำสั่งซื้อ แม้ว่าจะค้างส่งแค่บางส่วน (Partial Backorder) ก็จะยกเลิกในส่วนที่ยังค้างอยู่เสีย

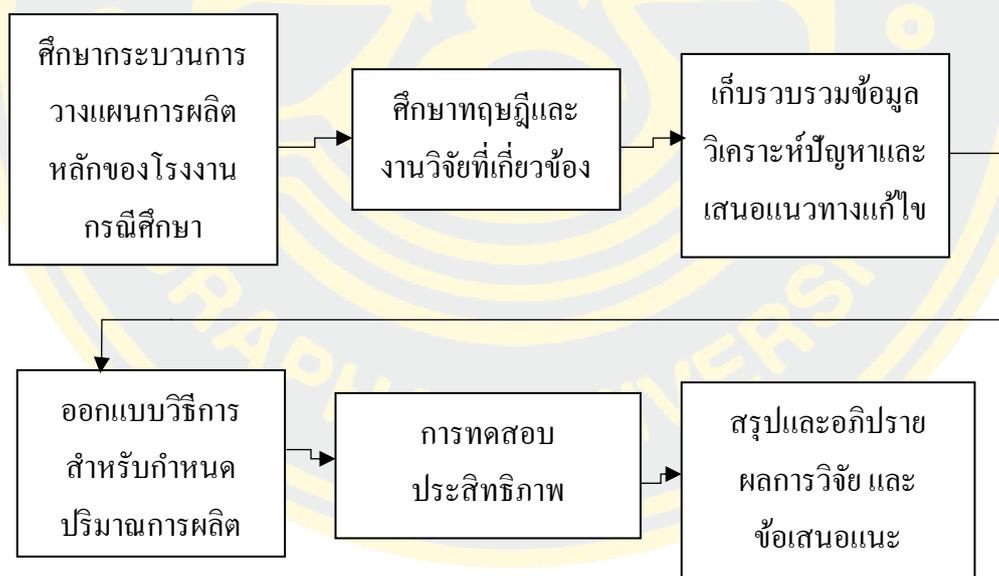
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบวิธีการสำหรับวางแผนการผลิตชิ้นส่วนอุตสาหกรรมด้วยแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ เนื้อหาในบทนี้นำเสนอภาพรวมของขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย และเสนอรายละเอียดที่ประกอบด้วย ข้อมูลสภาพการทำงานปัจจุบันและปัญหาที่เกิดขึ้น จากนั้นจะนำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูลแผนการผลิตที่ผ่านมาว่าทำให้เกิดปัญหาในด้านใดบ้าง แล้วจึงเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา

ขั้นตอนการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยขั้นนี้ มี 6 ขั้นตอนใหญ่ ซึ่งสรุปได้ตามภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ภาพรวมขั้นตอนการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษากระบวนการวางแผนการผลิตหลักของโรงงานกรณีศึกษา ทางผู้วิจัยได้ทำการสังเกตกระบวนการผลิตของโรงงานว่าการผลิตจะเริ่มขึ้นเมื่อใด องค์ประกอบของสายการผลิตมีอะไรบ้าง และมีกิจกรรมใดเกิดขึ้นบ้างหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการผลิต แล้วจึง

สอบถามกระบวนการวางแผนจากพนักงานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการวางแผนการผลิตหลัก จากนั้นจึงสอบถามถึงปัญหาที่เกิดขึ้นที่ยังไม่ได้มีการต่อยอดหรือเสนอแนวทางแก้ไข

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทางผู้วิจัยได้ทำการค้นคว้างานวิจัยในอดีตที่มีความคล้ายคลึงหรือเกี่ยวข้องกับปัญหาของงานวิจัยชิ้นนี้ รวมไปถึงค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาในงานวิจัยนี้ รวมถึงยกเอาแนวคิดและผลลัพธ์จากงานวิจัยอื่นมาแนะนำเสนอไว้ในขั้นตอนนี้เช่นกัน ดังแสดงในบทที่ 2

ขั้นตอนที่ 3 เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ปัญหาและเสนอแนวทางแก้ไข ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลด้านปัจจัยในการกำหนดแผนการผลิต, ผลผลิตทั้งหมด, สายการผลิตทั้งหมด เพื่อวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งในขั้นตอนนี้ ทางผู้วิจัยได้พบว่า กระบวนการวางแผนการผลิตหลักของบริษัทในกรณีศึกษานี้ มีจุดที่สามารถปรับปรุงในด้านของการกำหนดปริมาณการผลิต ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อ ต้นทุนการบริหารสินค้าคงคลัง และ ปริมาณสินค้าค้างส่ง รวมถึงผู้วิจัยจะทำการเสนอแนวทางแก้ไขในขั้นตอนนี้ ซึ่งจะนำเสนอในบทที่ 3 นี้

ขั้นตอนที่ 4 ออกแบบวิธีสำหรับกำหนดปริมาณการผลิต โดยในขั้นตอนนี้นั้น ทางผู้วิจัยได้ตัดสินใจที่จะใช้ แบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) เข้ามาเป็นตัวช่วยในการกำหนดปริมาณการผลิต โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้การวางแผนการผลิตหลักมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งผู้วิจัยจะใช้ข้อมูลจากขั้นตอนก่อนหน้าในการกำหนดตัวแปร, ดัชนี, ฟังก์ชันวัตถุประสงค์, และสมการข้อจำกัด ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้ ดังแสดงในบทที่ 4

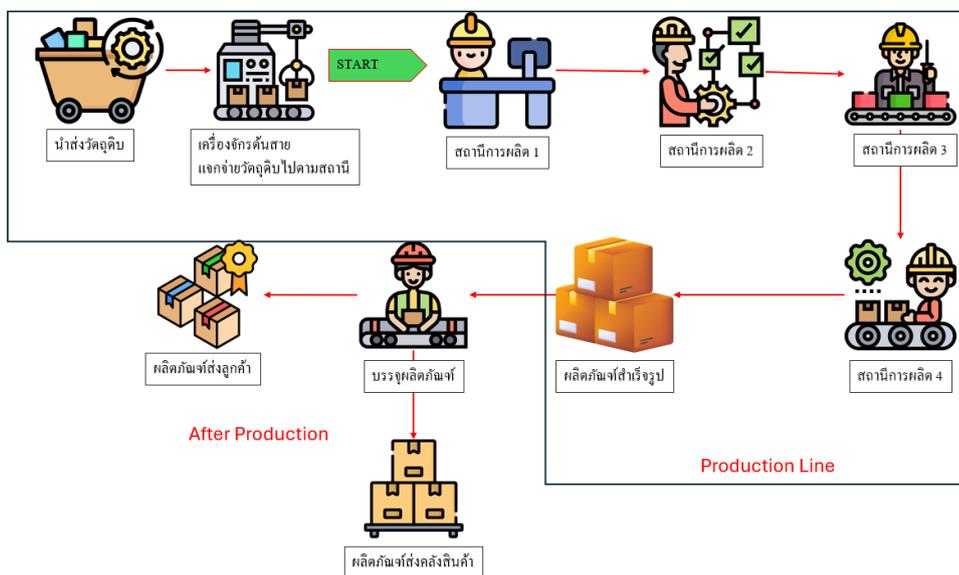
ขั้นตอนที่ 5 การทดสอบประสิทธิภาพ จะเป็นขั้นตอนที่ใช้ข้อมูลจากขั้นตอนก่อนหน้าในการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยจะเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่เกิดจากการวางแผนการผลิตจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ กับ ผลลัพธ์จากการวางแผนการผลิตหลักด้วยวิธีการเดิม โดยจะเปรียบเทียบในด้านของต้นทุนบริหารสินค้าคงคลัง และปริมาณสินค้าค้างส่ง ที่เกิดขึ้นจากวิธีการทั้ง 2 โดยจะเปรียบเทียบกันเป็นร้อยละ ดังแสดงรายละเอียดในบทที่ 4

ขั้นตอนที่ 6 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ ทางผู้วิจัยจะสรุปผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนก่อนหน้า และทำการอภิปรายผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น รวมทั้งวิเคราะห์สาเหตุที่เกิดผลลัพธ์ดังกล่าว จากนั้นจึงนำเสนอเพิ่มเติมถึงข้อควรปรับปรุงของวิธีการที่ผู้วิจัยได้นำเสนอมาในงานวิจัยชิ้นนี้ ซึ่งจะแสดงในบทที่ 5

ศึกษากระบวนการวางแผนการผลิตหลักของโรงงานกรณีศึกษา

ในขั้นตอนนี้ เป็นการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสภาพการทำงานในปัจจุบัน และการวางแผนการผลิต จากการเก็บข้อมูลพบว่าผลิตภัณฑ์ของบริษัทในกรณีศึกษานี้มีจำนวน 236 รุ่น และมีสายการผลิตรวมทั้งสิ้น 38 สายการผลิต สินค้าบางรุ่นมีสายการผลิตประจำของตัวเอง ขณะที่สินค้าบางรุ่นอาจกำหนดให้ผลิตได้บนหลายสายการผลิต กรณีนี้การผลิตสินค้ารุ่นหนึ่ง ๆ อาจใช้เวลาการผลิตไม่เท่ากันบนสายการผลิตที่แตกต่างกัน และสายการผลิตหนึ่ง ๆ ที่ผลิตสินค้าเหล่านี้จะสินค้าได้หลายรุ่นที่ใช้วัตถุดิบหลักที่เหมือนกัน เช่น ด้ายไนลอน, ผ้าเคลือบซิลิโคน, ผ้าไนลอน, นี้อต เป็นต้น ความแตกต่างของผลิตภัณฑ์จะมีเฉพาะ ลักษณะ หรือ รูปแบบ (Design) เท่านั้น

สายการผลิต (Production Line) ของบริษัทในกรณีศึกษานี้ มีลักษณะเป็นเหมือนสถานีการผลิตที่มีลักษณะคล้าย ทางเดินรถ หรือ เลนถนน (Lane) ซึ่งประกอบด้วยสถานีย่อยภายในไลน์การผลิตและในแต่ละสถานีย่อยจะประกอบด้วยพนักงานและเครื่องจักรที่จะทำงานร่วมกัน ซึ่งจะทำการผลิต และประกอบผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ป้อนวัตถุดิบเข้าเครื่องจักรที่ต้นสายการผลิต ตลอดจน ออกเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป (Finished Goods) ดังจะสามารถอธิบายได้ดังภาพที่ 5

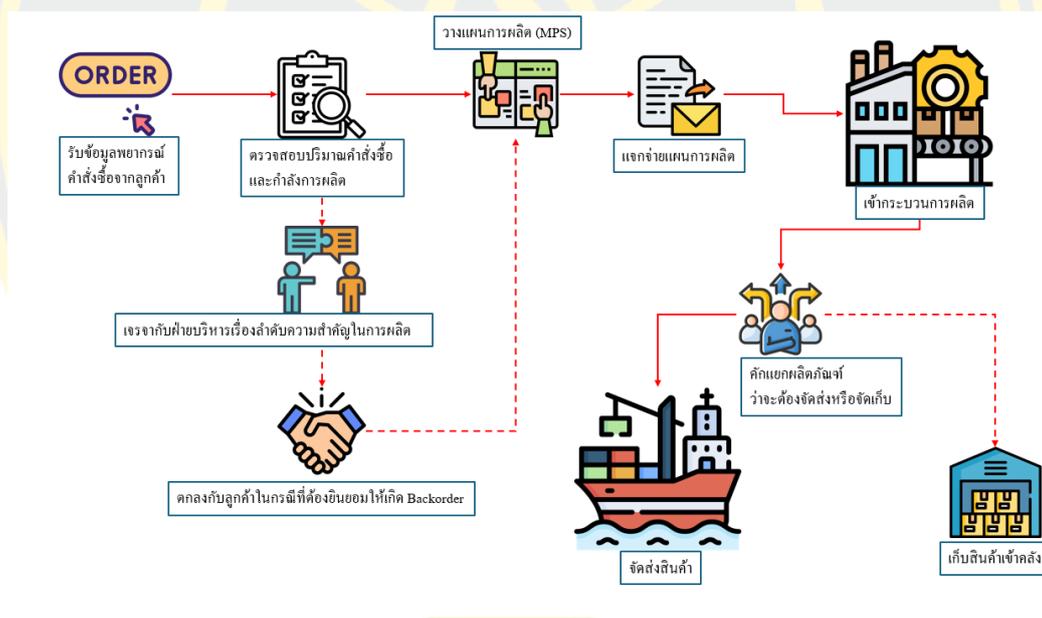


ภาพที่ 5 ตัวอย่างการทำงานใน 1 สายการผลิต

โดยอ้างอิงจากภาพที่ 5 นั้น หลังจากที่ทำการผลิตเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผลิตภัณฑ์จะถูกบรรจุลงบรรจุภัณฑ์ ถ้าหากผลิตภัณฑ์ใดพร้อมที่จะส่งให้กับลูกค้า จะบรรจุจำแนกให้แต่ละกล่องมี

เพียง 1 รุ่นเท่านั้น กรณีที่ยังไม่ถึงกำหนดส่งมอบ จะทำการบรรจุในกล่องโดยไม่คัดแยกรุ่นของผลิตภัณฑ์ และทำการส่งเข้าคลังสินค้า ทั้งนี้ การบรรจุผลิตภัณฑ์รวมกันนั้น ก็เพื่อให้ประหยัดค่าใช้จ่ายของการจัดเก็บในคลังสินค้าที่มีการเข้าพื้นที่จัดเก็บไว้นอกโรงงาน

ขั้นตอนการวางแผนการผลิตในปัจจุบัน แสดงดังภาพที่ 6 การวางแผนการผลิตเริ่มจากฝ่ายขายรับข้อมูลพยากรณ์คำสั่งซื้อล่วงหน้าจากลูกค้าเป็นรายสัปดาห์ แล้วส่งต่อไปกับฝ่ายวางแผนผู้วางแผนการผลิต (Planner) จะตรวจสอบปริมาณคำสั่งซื้อและกำลังการผลิต แล้วเริ่มวางแผนการผลิต ผ่านการปรึกษากับฝ่ายบริหารซึ่งให้ความสำคัญของผลิตภัณฑ์แต่ละตัวไม่เท่ากัน การวางแผนด้วยประสบการณ์นี้จะพิจารณาว่า ผลิตภัณฑ์ตัวใดมีการสั่งซื้อมาก จะให้ผลิตสินค้าตัวนั้นในปริมาณมากที่สุด และผลิตภัณฑ์ตัวใดที่จากสถิติแล้ว กรณีที่กำหนดผลิตเสร็จล่าช้ากว่าคำสั่งซื้อของลูกค้า จะทำการตกลงกับลูกค้าให้ส่งมอบสินค้าในรอบสัปดาห์ถัดไป ซึ่งการทำแบบนี้ทำให้เกิดสินค้าค้างส่ง (Backorder) ซึ่งทางลูกค้าอาจจะยอมให้เลื่อนกำหนดส่งสินค้าหรือยกเลิกคำสั่งซื้อก็ได้



ภาพที่ 6 ภาพรวมการวางแผนของบริษัท

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่า การวางแผนตามปกติ จะมีสินค้าที่มีความสำคัญสูงคงเหลือหลังการส่งมอบให้ลูกค้า ทำให้ต้องส่งเข้าคลังสินค้า ส่วนสินค้าที่มีความสำคัญน้อยอาจเกิด Backorder ขึ้นได้ แผนการผลิตนี้จึงมีต้นทุนที่สูงในการจัดเก็บและการขนส่งสินค้าเข้าออกจากคลัง ขณะที่สินค้าค้างส่งที่เกิดขึ้นอาจมีสาเหตุจากการใช้กำลังการผลิตที่ไม่เหมาะสมได้

เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ปัญหาและเสนอแนวทางแก้ไข

รุ่นผลิตภัณฑ์ และสายการผลิตถูกจำแนก ออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ 1) กลุ่มผลิตภัณฑ์ที่มีสายการผลิตประจำ และ 2) กลุ่มผลิตภัณฑ์ที่สามารถใช้สายการผลิตร่วมกันได้ ซึ่งสามารถแบ่งย่อยออกได้ตามสายการผลิตที่สามารถใช้ร่วมกันอีกเป็นอีก 7 กลุ่มย่อย งานวิจัยกำหนดให้ กลุ่มที่มีสายการผลิตประจำ เป็นกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่สามารถใช้สายการผลิตร่วมกันได้ เรียงลำดับ 2-8 ตามจำนวนรุ่นผลิตภัณฑ์ที่มีในกลุ่ม

ตารางที่ 1 แสดงรุ่นผลิตภัณฑ์ที่สามารถผลิตได้บนสายการผลิตหนึ่ง ๆ กลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 1 ประกอบด้วย 20 สายการผลิตที่ใช้ผลิตรุ่นถุงลมนิรภัยรุ่นที่ 1-134 กลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 2 ประกอบด้วย ถุงลมนิรภัยรุ่นที่ 135-136 ที่สามารถทำการผลิตได้ทั้งในสายการผลิตที่ 21, 22, และ 23 และ ถุงลมนิรภัยรุ่นที่ 145-146 ที่สามารถเข้าทำการผลิตได้ในสายการผลิตที่ 22, 24 เป็นต้น จะเห็นว่าในกลุ่มที่ 2 นี้ จะมีรุ่นผลิตภัณฑ์บางส่วนที่สามารถใช้สายการผลิตร่วมกันได้ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ผลิตภัณฑ์เหล่านั้นถูกจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน ส่วนในกลุ่มที่ 3-8 จะใช้เกณฑ์เดียวกันนี้ในการแบ่งกลุ่ม

ตารางที่ 1 กลุ่มสายการผลิตและรุ่นถุงลมนิรภัยที่สามารถผลิตได้บนสายการผลิต

กลุ่ม ที่	สายการผลิตที่	รุ่นถุงลมนิรภัยที่	กลุ่ม ที่	สายการผลิต ที่	รุ่นถุงลมนิรภัยที่
1	1	1-16	2	21	135-144
	2	17-26		22	135-136, 145-152
	3	27-32		23	135-136, 147-148, 153-158
	4	33-36		24	145-146, 153-154, 159-160
	5	37-50		25	159-162
6	51-52	3	26	163-166	
7	53-72		27	165-174	
8	73-74	4	28	175-184	
9	75-76		29	181-198	
10	77-80	5	30	199-202	
11	81-82		31	201-208	
12	83-84		32	201-206	
13	85-90	6	33	207-220	
14	91-99		34	207-220	
15	100-104	7	35	221-232	
16	105-108		36	221-232	
17	109-119	8	37	233-236	
18	120		38	233-236	
19	121-130				
20	131-134				

ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการจัดการสินค้าคงคลังประกอบด้วย ต้นทุนการจัดเก็บ ต้นทุนการขนส่ง และค่าแรงพนักงาน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการจัดการสินค้าคงคลัง

ประเภทต้นทุน	ต้นทุนต่อหน่วย	หมายเหตุ
ต้นทุนการจัดเก็บสินค้าคงคลัง	4.20 บาทต่อกล่องต่อสัปดาห์	กล่องละไม่เกิน 100 ชิ้น
ต้นทุนการขนส่ง		
- รถบรรทุก 6 ล้อ	900 บาทต่อคัน	คันละไม่เกิน 50 กล่อง
- รถบรรทุก 4 ล้อ	300 บาทต่อคัน	คันละไม่เกิน 5 กล่อง
- ค่าแรงการเคลื่อนย้ายกล่อง	5.5 บาทต่อกล่อง	เมื่อมีการจัดเก็บเข้าคลัง หรือนำออกจากคลังเพื่อการส่งมอบ

ตัวอย่างการคำนวณต้นทุนของถุงลมนิรภัยรุ่นหนึ่งในสัปดาห์ปัจจุบัน กำหนดให้ระดับสินค้าคงคลังตั้งต้น 1,000 ชิ้น และมีปริมาณความต้องการ 5,000 ชิ้น หากกำหนดปริมาณการผลิตเท่ากับ 6,050 ชิ้น จะทำให้มีสินค้าคงคลัง ณ ปลายสัปดาห์เท่ากับ 2,050 ชิ้น หรือ 21 กล่อง คิดเป็นต้นทุนการจัดเก็บรักษาตามปริมาณการจัดเก็บที่ปลายสัปดาห์ได้เท่ากับ 88.20 บาท สินค้าคงคลังตั้งต้น 1,000 ชิ้น หรือ 10 กล่อง จะถูกส่งกลับมายังโรงงานเพื่อส่งมอบให้ลูกค้า เกิดค่าใช้จ่ายด้านการเคลื่อนย้าย 55 บาท และขนส่งด้วยรถบรรทุก 4 ล้อ 2 คัน รวม 600 บาท (ประหยัดกว่าใช้รถบรรทุก 6 ล้อ 1 คัน) ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการส่งออกดังตารางที่ 4 ถุงลมนิรภัยที่ผลิตในสัปดาห์ปัจจุบันจะถูกส่งมอบให้ลูกค้า 4,000 ชิ้น ให้ครบตามปริมาณความต้องการ ส่วนที่เหลือ 2,050 ชิ้นจำนวน 21 กล่อง จะถูกส่งมาเก็บในคลังสินค้า ใช้รถบรรทุก 6 ล้อ 1 คัน เสียค่าใช้จ่าย 900 บาท และเกิดค่าใช้จ่ายด้านการเคลื่อนย้ายอีก 115.50 บาท คิดเป็นต้นทุนการขนส่งเข้าคลังสินค้าดังสรุปได้ตามตารางที่ 3 และ ตารางที่ 4 ตามลำดับทำให้ต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นจากการกำหนดปริมาณการผลิตในตัวอย่างนี้เท่ากับ 1,758.70 บาท

ตารางที่ 3 ตัวอย่างการคำนวณต้นทุนเมื่อสินค้าคงคลังขาเข้า

ประเภทต้นทุน	ราคาต่อหน่วย	ปริมาณหน่วยใช้ บริการ	ต้นทุนที่เกิดขึ้น
ค่าจัดเก็บ	4.20 บาท/กล่อง/ สัปดาห์	21 กล่อง	88.20 บาท/สัปดาห์
ค่าบริการ รถ 6 ล้อ	900 บาท/คัน	1 คัน	900 บาท
ค่าแรงยกกล่อง	5.50 บาท/กล่อง	21 กล่อง	115.50 บาท
ค่าใช้จ่ายโดยรวม			1,103.70

ตารางที่ 4 ตัวอย่างการคำนวณต้นทุนเมื่อมีสินค้าคงคลังขาออก

ประเภทต้นทุน	ราคาต่อหน่วย	ปริมาณหน่วยใช้ บริการ (ชิ้น/คัน/ กล่อง)	ต้นทุนที่เกิดขึ้น (บาท)
ค่าบริการ รถ 4 ล้อ	300 บาท	2 คัน	600 บาท
ค่าแรงยกกล่อง	5.50 บาท/กล่อง	10 กล่อง	55 บาท
ค่าใช้จ่ายโดยรวม			655.00

สำหรับข้อมูลในด้านเวลาการผลิต ผลิตภัณฑ์แต่ละรุ่นมีเวลายมาตรฐานในการผลิตในแต่ละสายการผลิตที่แตกต่างกัน การผลิตของโรงงานในกรณีศึกษา มีลักษณะเป็นสถานีนงานและมีพนักงานประจำสถานีอยู่เพียง 1-2 คน การผลิตจะใช้ระบบอัตโนมัติเป็นหลัก และใช้พนักงานในการส่งต่องานระหว่างทำ (Work In Process: WIP) ไปยังสถานีถัดไปเท่านั้น ทำให้เวลาในการผลิตต่อชิ้นใช้การนับเป็นวินาที ตัวอย่างเวลาในการผลิต (Cycle Time: CT) ของสายการผลิตประจำผลิตภัณฑ์กลุ่มที่ 1 ดังตารางที่ 5 ส่วนเวลาการผลิตของผลิตภัณฑ์กลุ่มที่ 2-8 แสดงในภาคผนวก ก

ตารางที่ 5 เวลาการผลิต (Cycle Time) ของสายการผลิตประจำกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 1

หมายเลขสายการผลิต	เวลาการผลิต (วินาที)
1	15.26
2	34.29
3	34.29
4	34.29
5	34.29
6	34.29
7	34.29
8	34.29
9	34.29
10	34.29
11	34.29
12	34.29
13	34.29
14	15.64
15	75.05
16	75.05
17	48.00
18	65.41
19	28.80
20	29.27
21	28.80

ตัวอย่างแผนการผลิตของผลิตภัณฑ์กลุ่มที่ 5 ซึ่งสร้างจากผู้วางแผน จะแสดงถึงปริมาณการผลิตของผลิตภัณฑ์แต่ละรุ่นในรอบ 52 สัปดาห์ แสดงได้ดังตารางที่ 6 และ 7 เมื่อพิจารณาประกอบกับปริมาณคำสั่งซื้อในตารางที่ 8 และ 9 ทำให้สามารถคำนวณปริมาณสินค้าคงคลังได้ดังแสดงในตารางที่ 10 และ 11 ผลของปริมาณการผลิต ปริมาณคำสั่งซื้อ ปริมาณสินค้าคงคลัง ที่มีการ

เข้าออกแบบ FIFO ทำให้คำนวณที่ขั้วรถขนส่งเข้าออกคลัง และปริมาณกล่องที่ส่งเข้า-ออกคลังได้
ดังตารางที่ 12-19



ตารางที่ 6 ปริมาณการผลิตของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5 (ครึ่งปีแรก: 26 สัปดาห์)

รุ่น	ปริมาณการผลิต (Production Plan) รายสัปดาห์ (หน่วย:1000 ชิ้น)																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
199	30	0.00	0.20	0.00	0.20	0.15	0.25	0.00	0.00	0.00	0.11	0.15	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
200	30	0.00	0.20	0.00	0.20	0.15	0.25	0.00	0.00	0.00	0.14	0.15	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
201	30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
201	31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
201	32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
202	30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
202	31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
202	32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
203	31	4.33	4.07	4.07	4.07	3.87	3.87	2.42	3.87	3.27	3.27	3.27	3.27	3.67	3.06	0.00	3.06	4.39	3.33	4.00	4.00	5.00	5.00	4.40	4.00	3.33	3.80
203	32	4.33	4.07	4.07	4.07	3.87	3.87	2.42	3.87	3.27	3.27	3.27	3.27	3.67	3.06	0.00	3.06	4.39	3.33	4.00	4.00	5.00	5.00	4.40	4.00	3.33	3.80
204	31	4.33	4.07	4.07	4.07	3.87	3.87	2.42	3.87	3.27	3.27	3.27	3.27	3.67	3.06	0.00	3.06	3.19	2.33	4.00	4.00	5.00	4.40	3.00	3.00	3.33	3.20
204	32	4.33	4.07	4.07	4.07	3.87	3.87	2.42	3.87	3.27	3.27	3.27	3.27	3.67	3.06	0.00	3.06	3.19	2.33	4.00	4.00	5.00	4.40	3.00	3.00	3.33	3.20
205	31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.20	0.40	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.60
205	32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.20	0.40	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.60
206	31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.20	0.40	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.60
206	32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.20	0.40	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.60
207	31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
208	31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
รวม		17.34	16.69	16.29	16.69	16.59	15.99	15.49	9.68	15.49	13.34	13.39	13.09	15.49	12.44	0.00	12.24	15.17	11.71	17.00	18.10	20.00	18.80	16.40	14.00	13.34	16.40

*สาย หมายถึง หมายเลขสายการผลิต

ตารางที่ 7 ปริมาณการผลิตของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5 (ครึ่งปีหลัง: 26 สัปดาห์)

รุ่น	สัปดาห์	ปริมาณการผลิต (Production Plan) รายสัปดาห์ (หน่วย: 1000 ชิ้น)																										
		27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	
199	30	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.15	0.18	0.18	0.30	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.40	0.00	0.20	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.20	0.20	0.00	0.00
200	30	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.15	0.18	0.18	0.30	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.40	0.00	0.20	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.20	0.20	0.00	0.00
201	30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
201	31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
201	32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
202	30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
202	31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
202	32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
203	31	4.60	4.20	4.20	3.50	0.00	2.70	3.00	3.20	3.20	2.60	2.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.60	0.80	0.60	0.60	0.60	1.00	3.20	3.60	3.60	1.40	0.00	
203	32	4.60	4.20	4.20	3.50	0.00	2.70	3.00	3.20	3.20	2.60	2.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.60	0.80	0.60	0.60	0.60	1.00	3.20	3.60	3.60	1.40	0.00	
204	31	4.60	4.20	4.20	3.50	0.00	2.70	3.00	3.20	3.20	2.60	2.00	1.60	1.00	0.00	1.00	0.60	0.80	0.60	0.60	0.60	1.00	3.20	3.60	3.80	1.40	0.00	
204	32	4.60	4.20	4.20	3.50	0.00	2.70	3.00	3.20	3.20	2.60	2.00	1.60	1.00	0.00	1.00	0.60	0.80	0.60	0.60	0.60	1.00	3.20	3.60	3.80	1.40	0.00	
205	31	0.60	0.60	0.60	0.00	0.00	1.80	0.60	0.80	0.80	0.80	0.60	0.80	0.80	0.60	1.00	1.00	1.20	1.00	1.20	0.80	0.80	0.60	0.40	0.40	0.40	0.00	0.00
205	32	0.60	0.60	0.60	0.00	0.00	1.80	0.60	0.80	0.80	0.80	0.60	0.80	0.80	0.60	1.00	1.00	1.20	1.00	1.20	0.80	0.80	0.60	0.40	0.40	0.40	0.00	0.00
206	31	0.60	0.60	0.60	0.00	0.00	0.90	0.60	0.80	0.80	0.80	0.60	0.60	1.00	0.75	0.70	1.00	0.80	1.00	1.20	0.60	0.60	0.60	0.40	0.40	0.40	0.00	0.00
206	32	0.60	0.60	0.60	0.00	0.00	0.90	0.60	0.80	0.80	0.80	0.60	0.60	1.00	0.75	0.70	1.00	0.80	1.00	1.20	0.60	0.60	0.60	0.40	0.40	0.40	0.00	0.00
207	31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
208	31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
รวม		20.80	20.20	19.20	14.00	0.00	16.50	14.76	16.36	16.60	13.60	10.40	7.60	6.20	2.70	7.40	7.20	7.60	8.00	4.80	7.60	16.00	16.40	16.80	6.40	0.00	0.00	

*สาย หมายถึง หมายเลขสายการผลิต

ตารางที่ 8 ปริมาณคำสั่งซื้อของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5 (ครึ่งปีแรก: 26 สัปดาห์)

รุ่น	ปริมาณคำสั่งซื้อ (Demand) รายสัปดาห์ (หน่วย:1000 ชิ้น)																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
199	0.00	0.20	0.00	0.20	0.15	0.25	0.00	0.00	0.00	0.11	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
200	0.00	0.20	0.00	0.20	0.15	0.25	0.00	0.00	0.00	0.14	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
201	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
202	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
203	4.60	5.40	4.20	3.80	3.00	3.20	1.60	4.80	3.20	3.80	5.00	4.80	2.00	4.60	0.00	3.00	7.00	2.20	0.60	3.00	2.00	5.20	5.00	3.40	3.80	3.60	
204	4.60	5.40	4.20	3.80	3.00	3.20	2.00	4.40	3.20	3.80	5.00	5.40	1.40	4.60	0.00	3.00	7.00	2.00	1.20	2.80	3.60	3.80	4.00	3.00	3.20	3.60	
205	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00	0.10	0.20	
206	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00	0.10	0.20	
207	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
208	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
รวม	9.20	11.20	8.40	8.00	6.30	6.90	3.60	9.20	6.40	7.85	10.20	10.20	3.60	9.20	0.00	6.00	14.00	4.20	2.30	5.80	6.50	9.00	9.00	6.40	7.20	7.60	

ตารางที่ 9 ปริมาณคำสั่งซื้อของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5 (ครึ่งปีหลัง: 26 สัปดาห์)

ปี	ปริมาณคำสั่งซื้อ (Demand) รายสัปดาห์ (หน่วย: 1000 ชิ้น)																									
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
199	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.20	0.23	0.38	0.00	0.30	0.40	0.30	0.08	0.00
200	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.20	0.23	0.38	0.00	0.30	0.40	0.30	0.08	0.00
201	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
202	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
203	4.20	4.60	0.00	0.80	0.00	0.00	3.00	0.80	3.40	2.00	5.00	4.20	0.00	0.60	1.00	0.40	0.00	0.00	1.00	0.40	0.00	2.80	3.20	3.40	2.80	0.00
204	4.20	2.40	0.60	0.00	0.00	1.60	1.20	3.80	3.40	0.40	4.40	3.60	0.00	1.00	1.00	0.60	0.00	0.00	1.00	0.40	0.00	2.80	3.40	3.20	2.80	0.00
205	0.20	0.80	0.00	0.00	0.20	0.60	0.60	0.80	0.80	1.00	0.60	0.60	0.80	1.00	0.40	1.20	1.20	1.00	0.00	1.20	0.00	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00
206	0.20	0.80	0.00	0.00	0.00	0.20	0.60	0.60	1.20	1.00	1.00	0.80	0.80	1.20	0.40	1.20	0.40	1.00	0.00	1.20	0.00	1.60	0.00	0.00	0.00	0.00
207	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
208	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
รวม	8.80	8.60	0.60	0.80	0.20	2.40	5.40	6.00	8.80	5.00	11.00	9.20	1.60	3.80	2.80	3.60	1.80	2.40	2.45	3.96	0.00	9.60	7.40	7.20	5.77	0.00

ตารางที่ 10 ปริมาณสินค้าคงคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5 (ครึ่งปีแรก 26 สัปดาห์)

รุ่น	ปริมาณสินค้าคงคลัง (Inventory) รายสัปดาห์ (หน่วย: 1000 ชิ้น)																												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
199	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.30	0.30	0.20	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.40	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
200	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.30	0.30	0.20	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	
201	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	
202	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	
203	1.13	5.20	7.95	11.89	16.24	21.39	25.93	32.08	32.12	36.67	39.41	40.96	42.70	48.05	49.57	49.57	52.69	54.48	58.94	66.34	71.34	79.34	84.14	87.94	92.54	95.40	99.40	99.40	
204	1.13	5.20	7.95	11.89	16.24	21.39	25.93	31.68	32.12	36.67	39.41	40.96	42.10	48.05	49.57	49.57	52.69	52.08	54.74	61.54	66.74	73.14	78.14	80.14	83.14	86.60	89.40	89.40	
205	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.80	1.60	1.15	1.15	1.15	1.95	1.85	2.85	2.85	
206	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.80	1.60	1.15	1.15	1.15	1.95	1.85	2.85	2.85	
207	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15
208	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28
รวม	0.17	0.23	0.31	0.4	0.5	0.59	0.71	0.71	0.71	0.8	0.86	0.89	0.92	1.04	1.07	1.07	1.13	1.14	1.22	1.37	1.49	1.63	1.72	1.8	1.87	1.93	2.02	2.02	
เฉลี่ย	1.70	2.25	3.04	3.91	4.94	5.85	7.03	7.08	7.99	8.54	8.86	9.15	10.34	10.66	10.66	10.66	11.29	11.40	12.16	13.63	14.86	16.21	17.19	17.93	18.69	19.30	20.18	20.18	

ตารางที่ 11 ปริมาณสินค้าคงคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5 (ครึ่งปีหลัง 26 สัปดาห์)

รุ่น	ปริมาณสินค้าคงคลัง (Inventory) รายสัปดาห์ (หน่วย: 1000 ชิ้น)																									
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
199	1.00	1.00	1.00	1.00	1.15	1.33	1.51	1.81	1.51	1.51	1.51	1.81	1.81	1.81	2.11	2.01	2.01	2.19	2.21	2.61	2.71	2.51	2.41	2.32	2.32	0.50
200	0.90	0.90	0.90	0.90	1.05	1.23	1.41	1.71	1.41	1.41	1.41	1.71	1.71	1.71	2.01	1.91	1.91	2.09	2.11	2.51	2.61	2.41	2.31	2.22	2.22	0.40
201	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
202	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
203	108.20	116.60	122.80	122.80	128.20	131.20	136.80	139.80	143.00	142.00	139.80	139.80	139.20	140.20	141.00	142.60	144.20	144.40	145.20	147.20	150.80	154.80	158.60	158.60	158.60	104.40
204	100.40	108.20	115.20	115.20	119.00	123.80	126.40	129.40	134.20	133.80	133.40	135.40	134.40	135.40	136.00	137.60	139.20	139.40	139.00	141.00	144.60	148.40	152.80	152.80	152.80	94.40
205	4.25	5.45	5.45	5.25	8.25	8.85	9.65	10.45	11.05	11.65	12.25	13.05	13.25	14.85	15.65	16.85	17.85	20.25	20.65	22.25	21.65	22.45	23.25	24.05	24.05	3.85
206	4.25	5.45	5.45	5.45	7.05	7.65	8.65	9.05	9.65	9.85	10.25	11.45	11.75	12.75	13.55	14.75	15.75	18.15	18.15	19.35	18.95	19.75	20.55	20.55	3.85	
207	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15
208	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28
รวม	2.14	2.26	2.44	2.58	2.57	2.72	2.81	2.91	2.99	3.08	3.07	3.05	3.1	3.09	3.14	3.17	3.23	3.28	3.33	3.34	3.42	3.48	3.57	3.67	3.67	3.67
รวม	2138	2254	2440	2572	2570	2711	2805	2908	2986	3072	3066	3050	3096	3085	3131	3167	3221	3273	3329	3337	3413	3477	3567	3663	3669	3669

ตารางที่ 12 ปริมาณสินค้าส่งเข้าคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ 5 (ครึ่งปีแรก 26 สัปดาห์)

รุ่น	ปริมาณสินค้าส่งเข้าคลังรายสัปดาห์ (หน่วย: 1000 ชิ้น)																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
199	0.00	0.20	0.00	0.20	0.15	0.25	0.00	0.00	0.00	0.11	0.15	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
200	0.00	0.20	0.00	0.20	0.15	0.25	0.00	0.00	0.00	0.14	0.15	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
201	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
202	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
203	5.20	7.95	8.15	8.15	8.15	7.75	7.75	4.84	7.75	6.55	6.55	7.35	6.12	6.12	6.12	6.12	8.79	6.66	8.00	8.00	8.00	10.00	10.00	8.80	8.00	6.67
204	5.20	7.95	8.15	8.15	8.15	7.75	7.75	4.84	7.75	6.55	6.55	7.35	6.12	6.12	6.12	6.12	6.39	4.66	8.00	8.00	8.00	10.00	10.00	8.80	6.00	6.67
205	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.40	0.40	0.80	0.00	0.00	0.80	0.00	1.20
206	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.40	0.40	0.80	0.00	0.00	0.80	0.00
207	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
208	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
รวม	10.40	16.30	16.29	16.69	16.59	15.99	15.49	9.68	15.49	13.34	13.39	13.09	15.49	12.44	0.00	12.24	15.17	11.71	17.00	18.10	20.00	18.80	16.40	14.00	13.34	
סהכ	105	163	163	167	166	160	155	97	155	134	134	131	155	125	0	123	152	118	170	181	200	188	164	140	134	164

ตารางที่ 13 ปริมาณสินค้าส่งเข้าคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5 (ครึ่งปีหลัง 26 สัปดาห์)

รุ่น	ปริมาณสินค้าส่งเข้าคลังรายสัปดาห์ (หน่วย: 1000 ชิ้น)																									
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
199	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.15	0.18	0.18	0.30	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.40	0.00	0.20	0.40	0.40	0.40	0.40	0.20	0.20	0.00	0.00
200	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.15	0.18	0.18	0.30	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.40	0.00	0.20	0.40	0.40	0.40	0.40	0.20	0.20	0.00	0.00
201	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
202	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
203	9.20	8.40	8.40	7.00	0.00	5.40	6.00	6.40	6.40	5.20	4.00	2.00	0.00	0.00	2.00	1.20	1.60	1.60	1.20	1.20	2.00	2.00	6.40	7.20	2.80	0.00
204	9.20	8.40	8.40	7.00	0.00	5.40	6.00	6.40	6.40	5.20	4.00	3.20	2.00	0.00	2.00	1.20	1.60	1.60	1.20	1.20	2.00	2.00	6.40	7.20	2.80	0.00
205	1.20	1.20	1.20	0.00	0.00	3.60	1.20	1.60	1.60	1.60	1.20	1.20	1.60	1.20	2.00	2.00	2.40	2.00	2.40	1.60	1.60	1.20	0.80	0.80	0.80	0.00
206	1.20	1.20	1.20	0.00	0.00	1.80	1.20	1.60	1.60	1.60	1.20	1.20	2.00	1.50	1.40	2.00	1.60	2.00	2.40	1.20	1.20	1.20	0.80	0.80	0.80	0.00
207	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
208	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
รวม	20.80	20.20	19.20	14.00	0.00	16.50	14.76	16.36	16.60	13.60	10.40	7.60	6.20	2.70	7.40	7.20	7.20	7.60	8.00	4.80	7.60	16.00	16.40	16.80	6.40	0.00
คงค้าง	208	202	192	140	0	165	148	164	166	136	104	76	62	27	74	72	72	76	80	48	76	160	164	168	64	0

ตารางที่ 14 เทียบรณสินค้าส่งเข้าคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5 (ครึ่งปีแรก 26 สัปดาห์)

รุ่น	เทียบรณสินค้าส่งเข้าคลังรายสัปดาห์ (หน่วย: ชิ้น)																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
6 สัปดาห์	2	4	4	4	3	3	2	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	4	4	5	4	4	3	3	4
4 สัปดาห์	1	0	0	0	2	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 15 เทียบรายขนสินค้าเข้าคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5 (ครึ่งปีหลัง 26 สัปดาห์)

		เปรียบเทียบสินค้าเข้าคลังรายสัปดาห์ (หน่วย:ตัน)																									
รหัสนำเข้า	ปี	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
6 สัปดาห์	4	4	4	3	4	4	3	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1	2	3	4	4	2	0				
4 สัปดาห์	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0				

ตารางที่ 16 ปริมาณสินค้าออกจากรคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5 (ครึ่งปีแรก: 26 สัปดาห์)

		ปริมาณสินค้าออกจากรคลังรายสัปดาห์ (หน่วย: 1000 ตัน)																									
รุ่น	ปี	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
199	0.00	0.20	0.00	0.20	0.15	0.25	0.00	0.00	0.00	0.11	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
200	0.00	0.20	0.00	0.20	0.15	0.25	0.00	0.00	0.00	0.14	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
201	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
202	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
203	1.13	4.20	4.20	3.80	3.00	3.20	1.60	4.80	3.20	3.80	5.00	4.80	2.00	4.60	0.00	3.00	7.00	2.20	2.00	0.60	3.00	2.00	5.20	5.00	3.40	3.80	3.60
204	1.13	5.20	4.20	3.80	3.00	3.20	2.00	4.40	3.20	3.80	5.00	5.40	1.40	4.60	0.00	3.00	7.00	2.00	2.00	1.20	2.80	3.60	3.80	4.00	3.00	3.20	3.60
205	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00	0.10	0.20
206	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00	0.10	0.20
207	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
208	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
รวม	2.27	10.80	8.40	8.00	6.30	6.90	3.60	9.20	6.40	7.85	10.20	10.20	3.60	9.20	6.00	6.00	14.00	4.20	2.30	5.80	6.50	9.00	9.00	6.40	7.20	7.60	
กล่อง	23	109	84	80	63	69	36	92	64	79	102	102	36	92	0	60	140	42	23	58	65	90	90	64	64	72	76

ตารางที่ 17 ปริมาณสินค้าออกจากคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5 (ครึ่งปีหลัง: 26 สัปดาห์)

รุ่น	ปริมาณสินค้าคงคลังรายสัปดาห์ (หน่วย: 1000 ชิ้น)																									
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
199	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.20	0.23	0.38	0.00	0.30	0.40	0.30	0.08	0.00
200	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.20	0.23	0.38	0.00	0.30	0.40	0.30	0.08	0.00
201	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
202	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
203	4.20	4.60	0.00	0.80	0.00	0.00	3.00	0.80	3.40	2.00	5.00	4.20	0.00	0.60	1.00	0.40	0.00	0.00	1.00	0.40	0.00	0.00	2.80	3.20	3.40	2.80
204	4.20	2.40	0.60	0.00	0.00	1.60	1.20	3.80	3.40	0.40	4.40	3.60	0.00	1.00	1.00	0.60	0.00	0.00	1.00	0.40	0.00	0.00	2.80	3.40	3.20	2.80
205	0.20	0.80	0.00	0.00	0.20	0.60	0.60	0.80	0.80	1.00	0.60	0.60	0.80	1.00	0.40	1.20	1.20	1.00	0.00	1.20	0.00	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00
206	0.20	0.80	0.00	0.00	0.00	0.20	0.60	0.60	1.20	1.00	1.00	0.80	0.80	1.20	0.40	1.20	0.40	1.00	0.00	1.20	0.00	1.60	0.00	0.00	0.00	0.00
207	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
208	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
รวม	8.80	8.60	0.60	0.80	0.20	2.40	5.40	6.00	8.80	5.00	11.00	9.20	1.60	3.80	2.80	3.60	1.80	2.40	2.45	3.96	0.00	9.60	7.40	7.20	5.77	0.00
กองทัพ	88	86	6	8	2	24	54	60	88	50	110	92	16	38	28	36	18	24	25	40	0	96	74	72	58	0

ตารางที่ 18 เทียบราคาสินค้าออกจากคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5 (ครึ่งปีแรก 26 สัปดาห์)

รุ่น	เทียบราคาสินค้าคงคลังรายสัปดาห์ (หน่วย: ชิ้น)																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
6 สัปดาห์	1	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	0	1	3	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
4 สัปดาห์	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 19 ที่ยวรถขนดินที่นำออกจากคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ 5 (ครึ่งปีหลัง 26 สัปดาห์)

		ที่ยวรถขนดินที่นำเข้ามาคลังรายสัปดาห์ (หน่วย:คัน)																										
		27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	
รถ		2	2	0	0	0	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	2	2	2	2	1	0
6ล้อ		0	0	2	2	1	0	1	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4ล้อ		0	0	2	2	1	0	1	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ปริมาณคำสั่งซื้อและปริมาณการผลิตรายปี ของผลิตภัณฑ์กลุ่มที่ 5 สามารถสรุปได้จาก ตารางที่ 6 ถึง 9 ซึ่งจะเห็นได้ว่าการสั่งผลิตที่ 665,808 ชิ้น ซึ่งมากกว่าปริมาณคำสั่งซื้ออยู่ที่ 358,384 ชิ้น และแสดงได้ดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 สรุปปริมาณคำสั่งซื้อและ ปริมาณการผลิตของกลุ่มผลิตภัณฑ์ 5

รุ่น ผลิตภัณฑ์	ปริมาณคำสั่ง ซื้อ (ชิ้น)	ปริมาณการ ผลิต (ชิ้น)
199	3,493	5,565
200	3,631	5,603
201	0	150
202	0	150
203	136,400	293,870
204	133,000	284,670
205	15,750	39,800
206	15,150	35,700
207	0	150
208	0	150
รวม	307,424	665,808

สำหรับการคำนวณค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บและค่าแรงในการขนย้ายกล่องสินค้าเข้า/ออก คลังสินค้า คำนวณได้จากตารางที่ ตารางที่ 10 ถึงตารางที่ 13 กับตารางที่ 16 และ 17 สรุปผลได้ดัง ตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ปริมาณสินค้าคงคลัง, ปริมาณสินค้าเข้า-ออกคลังและค่าใช้จ่ายของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5
แต่ละสัปดาห์

สัปดาห์	ปริมาณ สินค้าคง คลัง (กล่อง)	ราคาต่อ หน่วย (บาท/ กล่อง/ สัปดาห์)	ค่าเก็บ รักษาใน แต่ละ สัปดาห์ (บาท)	ปริมาณ สินค้าเข้า คลัง (กล่อง)	ราคาต่อ หน่วย (บาท/ กล่อง)	ค่าแรงยก		ราคาต่อ หน่วย (บาท/ กล่อง)	ค่าแรงยก กล่องออกจาก คลังในแต่ละ สัปดาห์ (บาท)
						กล่องเข้าคลัง ในแต่ละ สัปดาห์ (บาท)	ปริมาณ สินค้าออก คลัง (กล่อง)		
1	170	4.2	714	105	5.5	577.5	23	5.5	126.5
2	225	4.2	945	163	5.5	896.5	109	5.5	599.5
3	304	4.2	1,277	163	5.5	896.5	84	5.5	462
4	391	4.2	1,642	167	5.5	918.5	80	5.5	440
5	494	4.2	2,075	166	5.5	913	63	5.5	346.5
6	585	4.2	2,457	160	5.5	880	69	5.5	379.5
7	703	4.2	2,953	155	5.5	852.5	36	5.5	198
8	708	4.2	2,974	97	5.5	533.5	92	5.5	506
9	799	4.2	3,356	155	5.5	852.5	64	5.5	352
10	854	4.2	3,587	134	5.5	737	79	5.5	434.5
11	886	4.2	3,721	134	5.5	737	102	5.5	561
12	915	4.2	3,843	131	5.5	720.5	102	5.5	561
13	1,034	4.2	4,343	155	5.5	852.5	36	5.5	198
14	1,066	4.2	4,477	125	5.5	687.5	92	5.5	506
15	1,066	4.2	4,477	0	5.5	0	0	5.5	0
16	1,129	4.2	4,742	123	5.5	676.5	60	5.5	330
17	1,140	4.2	4,788	152	5.5	836	140	5.5	770
18	1,216	4.2	5,107	118	5.5	649	42	5.5	231
19	1,363	4.2	5,725	170	5.5	935	23	5.5	126.5
20	1,486	4.2	6,241	181	5.5	995.5	58	5.5	319
21	1,621	4.2	6,808	200	5.5	1100	65	5.5	357.5
22	1,719	4.2	7,220	188	5.5	1034	90	5.5	495
23	1,793	4.2	7,531	164	5.5	902	90	5.5	495
24	1,869	4.2	7,850	140	5.5	770	64	5.5	352
25	1,930	4.2	8,106	134	5.5	737	72	5.5	396
26	2,018	4.2	8,476	164	5.5	902	76	5.5	418
27	2,138	4.2	8,980	208	5.5	1144	88	5.5	484
28	2,254	4.2	9,467	202	5.5	1111	86	5.5	473
29	2,440	4.2	10,248	192	5.5	1056	6	5.5	33
30	2,572	4.2	10,802	140	5.5	770	8	5.5	44

ตารางที่ 21 ปริมาณสินค้าคงคลัง, ปริมาณสินค้าเข้า-ออกคลังและค่าใช้จ่ายของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5
แต่ละสัปดาห์ (ต่อ)

สัปดาห์	ปริมาณ สินค้าคง คลัง (กล่อง)	ราคาต่อ หน่วย (บาท/ กล่อง/ สัปดาห์)	ค่าเก็บรักษา ในแต่ละ สัปดาห์ (บาท)	ปริมาณ สินค้าเข้า คลัง (กล่อง)	ราคาต่อ หน่วย (บาท/ กล่อง)	ค่าแรงยกกล่อง เข้าคลังในแต่ละ สัปดาห์ (บาท)	ปริมาณ สินค้าออก คลัง (กล่อง)	ราคาต่อ หน่วย (บาท/ กล่อง)	ค่าแรงยกกล่อง ออกจากคลังในแต่ละ สัปดาห์ (บาท)
31	2,570	4.2	10,794	0	5.5	0	2	5.5	11
32	2,711	4.2	11,386	165	5.5	907.5	24	5.5	132
33	2,805	4.2	11,781	148	5.5	814	54	5.5	297
34	2,908	4.2	12,214	164	5.5	902	60	5.5	330
35	2,986	4.2	12,541	166	5.5	913	88	5.5	484
36	3,072	4.2	12,902	136	5.5	748	50	5.5	275
37	3,066	4.2	12,877	104	5.5	572	110	5.5	605
38	3,050	4.2	12,810	76	5.5	418	92	5.5	506
39	3,096	4.2	13,003	62	5.5	341	16	5.5	88
40	3,085	4.2	12,957	27	5.5	148.5	38	5.5	209
41	3,131	4.2	13,150	74	5.5	407	28	5.5	154
42	3,167	4.2	13,301	72	5.5	396	36	5.5	198
43	3,221	4.2	13,528	72	5.5	396	18	5.5	99
44	3,273	4.2	13,747	76	5.5	418	24	5.5	132
45	3,329	4.2	13,982	80	5.5	440	25	5.5	137.5
46	3,337	4.2	14,015	48	5.5	264	40	5.5	220
47	3,413	4.2	14,335	76	5.5	418	0	5.5	0
48	3,477	4.2	14,603	160	5.5	880	96	5.5	528
49	3,567	4.2	14,981	164	5.5	902	74	5.5	407
50	3,663	4.2	15,385	168	5.5	924	72	5.5	396
51	3,669	4.2	15,410	64	5.5	352	58	5.5	319
52	3,669	4.2	15,410	0	5.5	0	0	5.5	0
รวม	107,153		450,044	6,588		36,234	3,004		16,522

ตารางที่ 14 ถึงตารางที่ 15 และตารางที่ 18 ถึงตารางที่ 19 ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
ขนส่งเข้าและออกคลังสินค้าที่เกิดขึ้นตลอดปี สามารถสรุปเป็นตารางที่ 22

ตารางที่ 22 สรุปรวมจำนวนเที่ยวรถขนส่งผลิตภัณฑ์กลุ่มที่ 5 ใน 52 สัปดาห์

ประเภทรถ	จำนวนเที่ยวรถรวม (คัน)
6 ล้อ	224
4 ล้อ	33

เมื่ออ้างอิงจากตารางที่ 20 ถึงตารางที่ 22 จะสามารถสรุปรวมค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นรวมตลอดปีได้ตามตารางที่ 23

ตารางที่ 23 สรุปต้นทุนที่เกิดขึ้นของผลิตภัณฑ์กลุ่มที่ 5 รวมทั้ง 52 สัปดาห์

ประเภทต้นทุน	ปริมาณ	ราคาต่อหน่วย (บาท)	จำนวนเงิน (บาท)
ต้นทุนเก็บรักษา	107,153 ก่อ่ง	4.2	450,043.00
ค่ารถ 6 ล้อ	224 คัน	900	201,600.00
ค่ารถ 4 ล้อ	33 คัน	300	9,900.00
ค่าแรงยกก่อกองเข้าคลัง	6,588 ก่อ่ง	5.5	36,234.00
ค่าแรงยกก่อกองออกคลัง	3,004 ก่อ่ง	5.5	16,522.00
รวมค่าใช้จ่าย			714,299

เมื่อพิจารณาข้อมูลตัวอย่างแผนการผลิตของผลิตภัณฑ์กลุ่มที่ 5 พบว่าสามารถส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าได้ตามปริมาณคำสั่งซื้อ แผนการผลิตนี้มีค่าใช้จ่ายรวมตลอด 52 สัปดาห์ทั้งสิ้น 714,299 บาท แผนการผลิตนี้มีค่าใช้จ่ายรวมที่สูง เนื่องจากสินค้าบางรุ่นมีการวางแผนการผลิตมากเกินไป ทำให้มีการจัดเก็บและขนส่งสินค้าเข้า/ออกจากคลังในปริมาณมาก จากตารางที่ 20 จากภาพรวม ผลิตภัณฑ์บางตัวมีการไม่ได้มีคำสั่งซื้อ แต่ถูกสั่งให้มีการผลิตขึ้น

ตัวอย่างแผนการผลิตของผลิตภัณฑ์กลุ่มที่ 8 เป็นการวางแผนการผลิตที่ไม่ตอบสนองปริมาณคำสั่งซื้อจากลูกค้า จึงทำให้เกิดสินค้าค้างส่งขึ้นรายละเอียดของผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้ซึ่งประกอบด้วย ปริมาณการผลิต ปริมาณคำสั่งซื้อ ปริมาณสินค้าคงคลัง ปริมาณสินค้าเข้า/ออกคลังสินค้า และปริมาณเที่ยวรถตลอด 52 สัปดาห์จะแสดงได้ดังในตารางที่ 24 ถึง ตารางที่ 39

ตารางที่ 24 ปริมาณการผลิตของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 (ครึ่งปีแรก: 26 สัปดาห์)

รุ่น สาย*	ปริมาณการผลิต (Production Plan) รายสัปดาห์ (หน่วย: 1000 ชิ้น)																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
233	4.91	3.61	3.41	3.41	3.41	3.41	3.41	2.13	3.41	3.41	3.41	3.41	1.41	1.18	0.00	1.18	3.45	3.54	5.57	5.57	6.57	6.50	5.50	5.50	0.00	4.00
233	3.8	4.91	3.61	3.41	3.41	3.41	3.41	2.13	3.41	3.41	3.41	3.41	1.41	1.18	0.00	1.18	3.45	3.54	5.57	5.57	6.57	6.50	5.50	5.50	0.00	4.00
234	3.7	4.91	3.61	3.41	3.41	3.41	3.41	2.13	3.41	3.41	3.41	3.41	1.41	1.18	0.00	1.18	3.45	3.54	5.57	5.57	5.00	6.50	3.10	4.70	5.70	4.50
234	4.91	3.61	3.41	3.41	3.41	3.41	3.41	2.13	3.41	3.41	3.41	3.41	1.41	1.18	0.00	1.18	3.45	3.54	5.57	5.57	5.00	6.50	3.10	4.70	5.70	4.50
รวม	19.64	14.44	13.64	13.64	13.64	13.64	13.64	8.53	13.64	13.64	13.64	13.64	5.64	4.70	0.00	4.70	13.80	14.17	22.28	22.28	23.14	26.00	17.20	20.40	11.40	17.00

*สาย หมายถึง หมายเลขสายการผลิต

ตารางที่ 25 ปริมาณการผลิตของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 (ครึ่งปีหลัง: 26 สัปดาห์)

รุ่น สาย*	ปริมาณการผลิต (Production Plan) รายสัปดาห์ (หน่วย: 1000 ชิ้น)																									
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
233	4.00	3.40	3.00	2.50	0.00	2.50	1.50	2.50	4.50	5.00	3.50	3.50	3.50	3.00	1.80	1.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.50	0.30	0.50	0.30	0.00
233	4.00	3.40	3.00	2.50	0.00	2.50	1.50	2.50	4.50	5.00	3.50	3.50	3.50	3.00	1.80	1.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.50	0.30	0.50	0.30	0.00
234	3.00	2.50	3.00	2.50	0.00	2.10	1.00	2.50	2.50	5.00	3.00	3.50	3.50	3.00	1.80	0.50	0.30	0.50	0.00	0.00	0.00	0.50	0.30	0.50	0.30	0.00
234	3.00	2.50	3.00	2.50	0.00	2.10	1.00	2.50	2.50	5.00	3.00	3.50	3.50	3.00	1.80	0.50	0.30	0.50	0.00	0.00	0.00	0.50	0.30	0.50	0.30	0.00
รวม	14.00	11.80	12.00	10.00	0.00	9.20	5.00	10.00	14.00	20.00	13.00	14.00	14.00	12.00	7.20	3.00	1.60	2.00	0.00	0.00	0.00	2.00	1.20	2.00	1.20	0.00

*สาย หมายถึง หมายเลขสายการผลิต

ตารางที่ 26 ปริมาณคำสั่งซื้อของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 (ครึ่งปีแรก: 26 สัปดาห์)

รุ่น	ปริมาณคำสั่งซื้อ (Demand) รายสัปดาห์ (หน่วย: 1000 ชิ้น)																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
233	2.40	5.60	8.00	8.00	10.80	1.20	4.00	7.00	12.00	0.00	12.00	0.00	5.00	11.80	0.00	4.40	12.40	8.80	6.80	8.00	9.20	10.00	12.80	7.20	8.00	4.00
234	2.60	5.40	8.00	8.00	10.80	1.20	4.00	7.00	12.00	0.00	12.00	0.00	5.00	11.80	0.00	4.40	13.00	8.20	9.40	6.00	8.00	9.00	8.00	6.00	16.00	10.00
รวม	5.00	11.00	16.00	16.00	21.60	2.40	8.00	14.00	24.00	0.00	24.00	0.00	10.00	23.60	0.00	8.80	25.40	17.00	16.20	14.00	17.20	19.00	20.80	13.20	24.00	14.00

ตารางที่ 27 ปริมาณคำสั่งซื้อของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 (ครึ่งปีหลัง: 26 สัปดาห์)

รุ่น	ปริมาณคำสั่งซื้อ (Demand) รายสัปดาห์ (หน่วย: 1000 ชิ้น)																									
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
233	8.80	7.40	2.00	0.20	0.00	0.20	4.00	5.80	7.00	7.60	8.80	6.80	6.40	5.20	4.40	3.00	1.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.80	0.20	1.00	0.57	0.00
234	4.80	8.00	2.00	0.60	0.00	0.20	4.00	4.80	5.60	6.00	9.60	6.80	6.80	5.20	3.60	3.00	1.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.80	0.20	1.00	1.57	0.00
รวม	13.60	15.40	4.00	0.80	0.00	0.40	8.00	10.60	12.60	13.60	18.40	13.60	13.20	10.40	8.00	6.00	2.00	0.00	0.00	1.20	0.00	1.60	0.40	2.00	2.14	0.00

ตารางที่ 28 ปริมาณสินค้าคงคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 (ครึ่งปีแรก 26 สัปดาห์)

รุ่น	ปริมาณสินค้าคงคลัง (Inventory) รายสัปดาห์ (หน่วย: 1000 ชิ้น)																									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
233	7.89	9.51	8.33	7.15	3.17	8.79	11.61	8.87	3.69	10.51	5.33	12.15	9.97	0.52	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	2.68	5.68	3.88	7.68	0.00	3.68	7.89
234	7.75	9.57	8.39	7.21	3.23	8.85	11.67	8.94	3.76	10.58	5.40	12.22	10.04	0.59	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	4.20	2.40	5.80	1.20	0.20	7.75
รวม	15.64	19.08	16.72	14.36	6.40	17.64	23.28	17.81	7.45	21.09	10.73	24.37	20.01	1.11	1.11	0.00	0.00	0.00	0.00	2.88	9.88	6.28	13.48	1.20	3.88	15.64
ก่อน	157	191	168	144	65	177	233	179	75	211	108	244	201	12	12	0	0	0	0	0	29	99	63	135	13	39

ตารางที่ 29 ปริมาณสินค้าคงคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 (ครึ่งปีถึง 26 สัปดาห์)

		ปริมาณสินค้าคงคลัง (Inventory) รายสัปดาห์ (หน่วย: 1000 ชิ้น)																									
		27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
รุ่น	233	2.88	2.28	6.28	11.08	11.08	15.88	14.88	14.08	16.08	18.48	16.88	16.88	17.48	18.28	17.48	16.48	16.48	17.48	17.48	16.88	16.88	16.88	17.08	17.48	17.48	17.51
	234	1.40	0.00	2.40	6.80	6.80	10.80	8.80	9.00	8.40	12.40	8.80	9.00	9.20	10.00	10.00	8.00	7.60	8.60	8.60	8.00	8.00	8.20	8.60	8.60	7.63	7.63
รวม	รวม	4.28	2.28	8.68	17.88	17.88	26.68	23.68	23.08	24.48	30.88	25.48	25.88	26.68	28.28	27.48	24.48	24.08	26.08	26.08	24.88	24.88	25.28	26.08	26.08	25.14	25.14
กัณฑ์	43	23	87	179	179	267	237	231	245	309	255	259	267	283	275	245	241	261	261	249	249	253	261	261	261	252	252

ตารางที่ 30 ปริมาณสินค้าคงคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 (ครึ่งปีแรก: 26 สัปดาห์)

		ปริมาณสินค้าคงคลังรายสัปดาห์ (หน่วย: 1000 ชิ้น)																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
รุ่น	233	7.89	7.22	6.82	6.82	3.17	6.82	6.82	4.26	3.69	6.82	5.33	6.82	2.82	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.14	3.94	5.68	3.88	7.68	0.00	4.00
	234	7.75	7.22	6.82	6.82	3.23	6.82	6.82	4.26	3.76	6.82	5.40	6.82	2.82	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.14	2.00	4.20	2.40	5.80	1.20	0.20
รวม	รวม	15.64	14.44	13.64	13.64	6.40	13.64	13.64	8.53	7.45	13.64	10.73	13.64	5.64	1.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.28	5.94	9.88	6.28	13.48	1.20	4.20
กัณฑ์	157	145	137	137	137	65	137	137	86	75	137	108	137	57	12	0	0	0	0	0	61	83	60	99	63	135	43

ตารางที่ 31 เทียบยอดสินค้าคงคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 (ครึ่งปีแรก 26 สัปดาห์)

		เทียบยอดสินค้าคงคลังรายสัปดาห์ (หน่วย: ชิ้น)																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
รุ่น	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
6 สัปดาห์	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4 สัปดาห์	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 32 ปริมาณสินค้าส่งเข้าคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 (ครึ่งปีหลัง: 26 สัปดาห์)

		ปริมาณสินค้าส่งเข้าคลังรายสัปดาห์ (หน่วย: 1000 ชิ้น)																															
		27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52						
233	2.88	2.28	6.00	5.00	0.00	5.00	3.00	5.00	9.00	10.00	10.00	7.00	7.00	7.00	6.00	3.60	2.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.60	1.00	0.60	1.00	0.60	0.00				
234	1.40	0.00	4.00	5.00	0.00	4.20	2.00	5.00	5.00	10.00	6.00	7.00	7.00	6.00	3.60	1.00	0.60	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.60	1.00	0.60	1.00	0.60	0.00				
รวม	4.28	10.00	10.00	10.00	0.00	9.20	5.00	10.00	14.00	20.00	13.00	14.00	14.00	14.00	12.00	7.20	3.00	1.60	2.00	0.00	0.00	0.00	2.00	1.20	2.00	1.20	2.00	0.00					
סהכ	4.3	23	100	100	0	92	50	100	140	200	130	140	140	140	120	72	30	16	20	0	0	0	20	12	20	12	20	12	0				

ตารางที่ 33 เทียบรณสินค้ค่าเข้าคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 (ครึ่งปีหลัง 26 สัปดาห์)

		เทียบรณสินค้ค่าเข้าคลังรายสัปดาห์ (หน่วย:กิโล)																															
		27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52						
6 สัปดาห์	1	3	3	0	2	2	3	3	3	3	3	2	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0				
4 สัปดาห์	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				

ตารางที่ 34 ปริมาณสินค้าออกจากคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 (ครึ่งปีแรก: 26 สัปดาห์)

		ปริมาณสินค้าส่งออกคลังรายสัปดาห์ (หน่วย: 1000 ชิ้น)																															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26						
233	0.47	5.60	8.00	8.00	7.15	1.20	4.00	7.00	8.87	0.00	10.51	0.00	5.00	9.97	0.00	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.68	5.68	3.88	7.68	0.00					
234	0.53	5.40	8.00	8.00	7.21	1.20	4.00	7.00	8.94	0.00	10.58	0.00	5.00	10.04	0.00	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	4.20	2.40	5.80	1.20						
รวม	1.00	11.00	16.00	16.00	14.36	2.40	8.00	14.00	17.81	0.00	21.09	0.00	10.00	20.01	0.00	1.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.88	9.88	6.28	13.48	1.20						
סהכ	1.1	110	160	160	144	24	80	140	179	0	211	0	100	201	0	12	0	0	0	0	0	0	29	99	63	135	13						

ตารางที่ 38 ปริมาณสินค้าส่งของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 (ครึ่งปีแรก 26 สัปดาห์)

ปริมาณสินค้าส่งรายสัปดาห์ (หน่วย: 1000 ชิ้น)																											
รุ่น	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
233	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.53	7.03	8.75	4.41	1.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00
234	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.46	7.56	8.68	6.94	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
รวม	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.99	14.59	17.42	11.34	3.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00

ตารางที่ 39 ปริมาณสินค้าส่งของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 (ครึ่งปีหลัง 26 สัปดาห์)

ปริมาณสินค้าส่งรายสัปดาห์ (หน่วย: 1000 ชิ้น)																													
รุ่น	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52			
233	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
234	0.00	1.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
รวม	0.00	1.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

จากตารางที่ 24 ถึง ตารางที่ 27 และตารางที่ 38 ถึงตารางที่ 39 นั้น จะสามารถสรุป ปริมาณคำสั่งซื้อ, ปริมาณการผลิตและ ปริมาณสินค้าค้างส่งได้ดังตารางที่ 40 นี้

ตารางที่ 40 สรุปปริมาณคำสั่งซื้อ, ปริมาณผลิต และ ปริมาณสินค้าค้างส่งของผลิตภัณฑ์กลุ่มที่ 8

รุ่น ผลิตภัณฑ์	ปริมาณ คำสั่งซื้อ (ชิ้น)	ปริมาณการ ผลิต (ชิ้น)	ปริมาณ สินค้าค้าง ส่งรวมทุก สัปดาห์ (ชิ้น)
233	261,168	799,129	23,298
234	261,968	596,266	28,036
รวม	523,136	2,241,509	51,334

โดยจากตารางที่ 40 นี้ ในส่วนของคอลัมน์ “ปริมาณสินค้าค้างส่งรวมทุกสัปดาห์” นั้น สามารถแจกแจงเป็นปริมาณของแต่ละสัปดาห์ได้ตามตารางที่ 41 นี้

ตารางที่ 41 ปริมาณสินค้าค้างส่งกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 ในแต่ละสัปดาห์

สัปดาห์	รุ่นผลิตภัณฑ์	ปริมาณคำสั่ง ซื้อ (ชิ้น)	ปริมาณผลิต (ชิ้น)	ปริมาณสินค้า คงคลัง (ชิ้น)	ปริมาณสินค้า ค้างส่ง (ชิ้น)
0	233	0	0	467	0
	234	0	0	534	0
1	233	2,400	9,820	7,887	0
	234	2,600	9,820	7,754	0

ตารางที่ 41 ปริมาณสินค้าค้างส่งกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 ในแต่ละสัปดาห์ (ต่อ)

สัปดาห์	รุ่น ผลิตภัณฑ์	ปริมาณคำสั่ง ซื้อ (ชิ้น)	ปริมาณผลิต (ชิ้น)	ปริมาณสินค้า คงคลัง (ชิ้น)	ปริมาณสินค้า ค้างส่ง (ชิ้น)
2	233	5,600	7,220	9,507	0
	234	5,400	7,220	9,574	0
3	233	8000	6,820	8,327	0
	234	8000	6,820	8,394	0
4	233	8,000	6,820	7,147	0
	234	8,000	6,820	7,214	0
5	233	10,800	6,820	3,167	0
	234	10,800	6,820	3,234	0
6	233	1,200	6,820	8,787	0
	234	1,200	6,820	8,854	0
7	233	4,000	6,820	11,607	0
	234	4,000	6,820	11,674	0
8	233	7,000	4,264	8,871	0
	234	7,000	4,264	8,938	0
9	233	12,000	6,820	3,691	0
	234	12,000	6,820	3,758	0
10	233	0	6,820	10,511	0
	234	0	6,820	10,578	0
11	233	12,000	6,820	5,331	0
	234	12,000	6,820	5,398	0
12	233	0	6,820	12,151	0
	234	0	6,820	12,218	0

ตารางที่ 41 ปริมาณสินค้าค้างส่งกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 ในแต่ละสัปดาห์ (ต่อ)

สัปดาห์	รุ่น ผลิตภัณฑ์	ปริมาณคำสั่ง ซื้อ (ชิ้น)	ปริมาณผลิต (ชิ้น)	ปริมาณสินค้าคง คลัง (ชิ้น)	ปริมาณสินค้า ค้างส่ง (ชิ้น)
13	233	5,000	2,820	9,971	0
	234	5,000	2,820	10,038	0
14	233	11,800	2,350	521	0
	234	11,800	2,350	588	0
15	233	0	0	521	0
	234	0	0	588	0
16	233	4,400	2,350	0	1,529
	234	4,400	2,350	0	1,462
17	233	12,400	6,900	0	7,029
	234	13,000	6,900	0	7,562
18	233	8,800	7,084	0	8,745
	234	8,200	7,084	0	8,678
19	233	6,800	11,140	0	4,405
	234	9,400	11,140	0	6,938
20	233	8,000	11,140	0	1,265
	234	6,000	11,140	0	1,798
21	233	9,200	13,140	2,675	0
	234	8,000	10,000	202	0
22	233	10,000	13,000	5,675	0
	234	9,000	13,000	4,202	0
23	233	12,800	11,000	3,875	0
	234	8,000	6,200	2,402	0

ตารางที่ 41 ปริมาณสินค้าค้างส่งกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 ในแต่ละสัปดาห์ (ต่อ)

สัปดาห์	รุ่นผลิตภัณฑ์	ปริมาณคำสั่งซื้อ (ชิ้น)	ปริมาณผลิต (ชิ้น)	ปริมาณสินค้าคงคลัง (ชิ้น)	ปริมาณสินค้าค้างส่ง (ชิ้น)
24	233	7,200	11,000	7,675	0
	234	6,000	9,400	5,802	0
25	233	8,000	0	0	325
	234	16,000	11,400	1,202	0
26	233	4,000	8,000	3,675	0
	234	10,000	9,000	202	0
27	233	8,800	8,000	2,875	0
	234	4,800	6,000	1,402	0
28	233	7,400	6,800	2,275	0
	234	8,000	5,000	0	1,598
29	233	2,000	6,000	6,275	0
	234	2,000	6,000	2,402	0
30	233	200	5,000	11,075	0
	234	600	5,000	6,802	0
31	233	0	0	11,075	0
	234	0	0	6,802	0
32	233	200	5,000	15,875	0
	234	200	4,200	10,802	0
33	233	4,000	3,000	14,875	0
	234	4,000	2,000	8,802	0
34	233	5,800	5,000	14,075	0
	234	4,800	5,000	9,002	0

ตารางที่ 41 ปริมาณสินค้าค้างส่งกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 ในแต่ละสัปดาห์ (ต่อ)

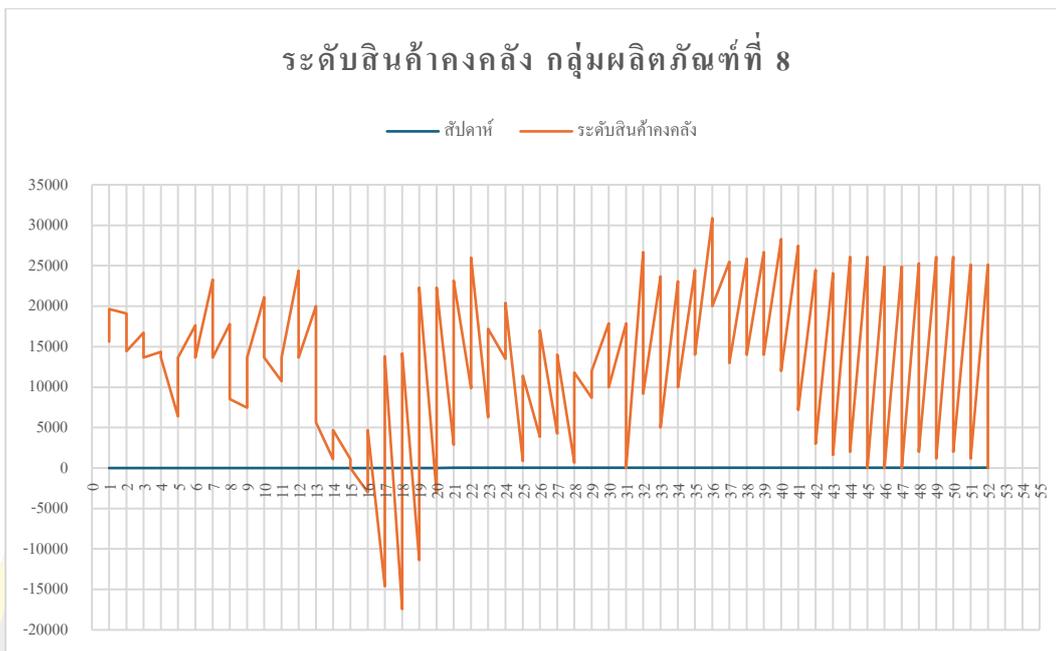
สัปดาห์	รุ่นผลิตภัณฑ์	ปริมาณคำสั่งซื้อ (ชิ้น)	ปริมาณผลิต (ชิ้น)	ปริมาณสินค้าคงคลัง (ชิ้น)	ปริมาณสินค้าค้างส่ง (ชิ้น)
35	233	7,000	9,000	16,075	0
	234	5,600	5,000	8,402	0
36	233	7,600	10,000	18,475	0
	234	6,000	10,000	12,402	0
37	233	8,800	7,000	16,675	0
	234	9,600	6,000	8,802	0
38	233	6,800	7,000	16,875	0
	234	6,800	7,000	9,002	0
39	233	6,400	7,000	17,475	0
	234	6,800	7,000	9,202	0
40	233	5,200	6,000	18,275	0
	234	5,200	6,000	10,002	0
41	233	4,400	3,600	17,475	0
	234	3,600	3,600	10,002	0
42	233	3,000	2,000	16,475	0
	234	3,000	1,000	8,002	0
43	233	1,000	1,000	16,475	0
	234	1,000	600	7,602	0
44	233	0	1,000	17,475	0
	234	0	1,000	8,602	0
45	233	0	0	17,475	0
	234	0	0	8,602	0

ตารางที่ 41 ปริมาณสินค้าค้างส่งกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 ในแต่ละสัปดาห์ (ต่อ)

สัปดาห์	รุ่นผลิตภัณฑ์	ปริมาณคำสั่งซื้อ (ชิ้น)	ปริมาณผลิต (ชิ้น)	ปริมาณสินค้าคงคลัง (ชิ้น)	ปริมาณสินค้าค้างส่ง (ชิ้น)
46	233	600	0	16,875	0
	234	600	0	8,002	0
47	233	0	0	16,875	0
	234	0	0	8,002	0
48	233	800	1,000	17,075	0
	234	800	1,000	8,202	0
49	233	200	600	17,475	0
	234	200	600	8,602	0
50	233	1,000	1,000	17,475	0
	234	1,000	1,000	8,602	0
51	233	568	600	17,507	0
	234	1,568	600	7,634	0
52	233	0	0	17,507	0
	234	0	0	7,634	0

จากตารางข้างต้นนั้น จะเห็นได้ว่าในสัปดาห์ที่มีการเกิดสินค้าค้างส่งขึ้นนั้น มีปัจจัยที่ทำให้เป็นเช่นนั้นคือ 1) สินค้าคงคลังที่ไม่เพียงพอต่อปริมาณคำสั่งซื้อ 2) การเพิ่มขึ้นในอัตราสูงของคำสั่งซื้อ โดยที่ Planner ก็จะพยายามแก้ปัญหาหลังจากที่เกิด Backorder โดยเพิ่มปริมาณการผลิตขึ้นจนสามารถเติมเต็มคำสั่งซื้อได้

โดยถ้าหากพิจารณาจากระดับปริมาณสินค้าคงคลังโดยรวมของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 นั้น จะสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ระดับสินค้าคงคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8

โดยจากภาพนั้นจะเห็นได้ว่ากลุ่มผลิตภัณฑ์นี้ประสบปัญหาการ Stock out ซึ่งทำให้เกิดสินค้าค้างส่งเป็นอย่างมากในสัปดาห์ที่ 16-20 ซึ่งจะสอดคล้องตามตารางที่ 41 ข้างต้นที่ผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 รุ่นมีไม่เพียงพอต่อการตอบสนองคำสั่งซื้อ ทำให้เส้นของกราฟในภาพนั้นค่าเป็นติดลบ

แต่ในสัปดาห์ที่ 25 และ 28 นั้น แม้ว่าตามตารางที่ 41 จะมีปริมาณสินค้าค้างส่งเกิดขึ้น แต่เนื่องด้วยเกิดเป็นปริมาณที่น้อย และสินค้าค้างส่งที่เกิดขึ้นเป็นเพียงบางส่วน (Partial Backorder) เท่านั้น ทำให้เส้นของกราฟไม่ได้ลงมายังค่าติดลบ แต่อย่างไรก็ยังคงแสดงให้เห็นว่าเหลือปริมาณสินค้าคงคลังในปริมาณที่น้อยลงมากจนเกือบจะชนเส้น Stock out

และจากตารางที่ 24 ถึง ตารางที่ 39 จะสามารถสรุปปริมาณสินค้าคงคลัง, ปริมาณสินค้าเข้า-ออกคลังและค่าใช้จ่ายทุกสัปดาห์ของผลิตภัณฑ์กลุ่มที่ 8 ได้ดังตารางที่ 42

ตารางที่ 42 ปริมาณสินค้าคงคลัง, ปริมาณสินค้าเข้า-ออกคลังและค่าใช้จ่ายของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8
แต่ละสัปดาห์

สัปดาห์	ปริมาณ สินค้าคง คลัง (กล่อง)	ราคาต่อ หน่วย (บาท/ กล่อง/ สัปดาห์)	ค่าเก็บรักษา ในแต่ละ สัปดาห์ (บาท)	ปริมาณ สินค้าเข้าคลัง (กล่อง)	ราคาต่อหน่วย (บาท/กล่อง)	ค่าแรง ยกกล่อง เข้าคลัง ในแต่ละ สัปดาห์ (บาท)	ปริมาณ สินค้าออกคลัง (กล่อง)	ราคา ต่อ หน่วย (บาท/ กล่อง)	ค่าแรงยกกล่อง ออกจากคลัง ในแต่ละ สัปดาห์ (บาท)
1	157	4.2	659	157	5.5	864	11	5.5	61
2	191	4.2	802	145	5.5	798	110	5.5	605
3	168	4.2	706	137	5.5	754	160	5.5	880
4	144	4.2	605	137	5.5	754	160	5.5	880
5	65	4.2	273	65	5.5	358	144	5.5	792
6	177	4.2	743	137	5.5	754	24	5.5	132
7	233	4.2	979	137	5.5	754	80	5.5	440
8	179	4.2	752	86	5.5	473	140	5.5	770
9	75	4.2	315	75	5.5	413	179	5.5	985
10	211	4.2	886	137	5.5	754	-	5.5	-
11	108	4.2	454	108	5.5	594	211	5.5	1,161
12	244	4.2	1,025	137	5.5	754	-	5.5	-
13	201	4.2	844	57	5.5	314	100	5.5	550
14	12	4.2	50	12	5.5	66	201	5.5	1,106
15	12	4.2	50	-	5.5	-	-	5.5	-
16	-	4.2	-	-	5.5	-	12	5.5	66
17	-	4.2	-	-	5.5	-	-	5.5	-
18	-	4.2	-	-	5.5	-	-	5.5	-
19	-	4.2	-	61	5.5	336	-	5.5	-
20	-	4.2	-	83	5.5	457	-	5.5	-
21	29	4.2	122	60	5.5	330	-	5.5	-
22	99	4.2	416	99	5.5	545	29	5.5	160
23	63	4.2	265	63	5.5	347	99	5.5	545
24	135	4.2	567	135	5.5	743	63	5.5	347
25	13	4.2	55	13	5.5	72	135	5.5	743
26	39	4.2	164	43	5.5	237	13	5.5	72

ตารางที่ 42 ปริมาณสินค้าคงคลัง, ปริมาณสินค้าเข้า-ออกคลังและค่าใช้จ่ายของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8
แต่ละสัปดาห์ (ต่อ)

สัปดาห์	ปริมาณ สินค้าคง คลัง (กล่อง)	ราคาต่อ หน่วย (บาท/ กล่อง/ สัปดาห์)	ค่าเก็บ รักษาใน แต่ละ สัปดาห์ (บาท)	ปริมาณ สินค้าเข้า คลัง (กล่อง)	ราคาต่อ หน่วย (บาท/ กล่อง)	ค่าแรงยกกล่อง เข้าคลังในแต่ละ สัปดาห์ (บาท)	ปริมาณ สินค้าออก คลัง (กล่อง)	ราคาต่อ หน่วย (บาท/ กล่อง)	ค่าแรงยกกล่อง ออกจากคลังในแต่ละ สัปดาห์ (บาท)
27	43	4.2	181	43	5.5	237	39	5.5	215
28	23	4.2	97	23	5.5	127	43	5.5	237
29	87	4.2	365	100	5.5	550	20	5.5	110
30	179	4.2	752	100	5.5	550	8	5.5	44
31	179	4.2	752	-	5.5	-	-	5.5	-
32	267	4.2	1,121	92	5.5	506	4	5.5	22
33	237	4.2	995	50	5.5	275	80	5.5	440
34	231	4.2	970	100	5.5	550	106	5.5	583
35	245	4.2	1,029	140	5.5	770	126	5.5	693
36	309	4.2	1,298	200	5.5	1,100	136	5.5	748
37	255	4.2	1,071	130	5.5	715	184	5.5	1,012
38	259	4.2	1,088	140	5.5	770	136	5.5	748
39	267	4.2	1,121	140	5.5	770	132	5.5	726
40	283	4.2	1,189	120	5.5	660	104	5.5	572
41	275	4.2	1,155	72	5.5	396	80	5.5	440
42	245	4.2	1,029	30	5.5	165	60	5.5	330
43	241	4.2	1,012	16	5.5	88	20	5.5	110
44	261	4.2	1,096	20	5.5	110	-	5.5	-
45	261	4.2	1,096	-	5.5	-	-	5.5	-
46	249	4.2	1,046	-	5.5	-	12	5.5	66
47	249	4.2	1,046	-	5.5	-	-	5.5	-
48	253	4.2	1,063	20	5.5	110	16	5.5	88
49	261	4.2	1,096	12	5.5	66	4	5.5	22
50	261	4.2	1,096	20	5.5	110	20	5.5	110
51	252	4.2	1,058	12	5.5	66	22	5.5	121
52	252	4.2	1,058	-	5.5	-	-	5.5	-

จากตารางที่ 31, 33, 35 และ 37 ซึ่งมีข้อมูลด้านเที่ยวรถขนส่งในแต่ละสัปดาห์ สามารถ
จะสรุปเป็นเที่ยวรถตลอด 52 สัปดาห์ของผลิตภัณฑ์กลุ่มที่ 8 ดังตารางที่ 43 นี้

ตารางที่ 43 สรุปจำนวนเที่ยวรถใน 52 สัปดาห์

ประเภทรถ	จำนวนเที่ยวรถรวม (คัน)
6 ล้อ	169
4 ล้อ	24

ต้นทุนที่เกิดขึ้นในผลลัพธ์จากการวางแผนของกลุ่มผลิตภัณฑ์นี้ สามารถสรุปได้ดัง
ตารางที่ 44 ด้านล่างนี้

ตารางที่ 44 สรุปต้นทุนที่เกิดขึ้นของผลิตภัณฑ์กลุ่มที่ 8

ประเภทต้นทุน	ปริมาณ	ราคาต่อหน่วย	จำนวนเงิน (บาท)
ต้นทุนเก็บรักษา	8,479 กล่อง	4.2	35,612
ค่ารถ 6 ล้อ	169 คัน	900	152,100
ค่ารถ 4 ล้อ	24 คัน	300	7,200
ค่าแรงยกกล่องเข้าคลัง	3,664 กล่อง	5.5	20,152
ค่าแรงยกกล่องออกคลัง	3,223 กล่อง	5.5	17,727
รวมค่าใช้จ่าย			232,790

โดยเมื่ออ้างอิงจากข้อมูลการวางแผนดั้งเดิมตามตัวอย่างจากกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5 และ 8 จะ
สามารถแจกแจงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น และปริมาณสินค้าค้างส่งของทุกกลุ่มผลิตภัณฑ์ได้ตามตารางที่

ตารางที่ 45 ต้นทุนและปริมาณสินค้าค้างส่งที่เกิดขึ้นใน 1 ปี

กลุ่มผลิตภัณฑ์	ต้นทุนการเก็บรักษา (บาท)	ต้นทุนการขนส่ง (บาท)	ปริมาณสินค้าค้างส่ง (ชิ้น)
1	605,825	1,783,316	1,964,795
2	120,721	442,760	111,098
3	79,695	156,074	6,284
4	164,930	268,772	4,116
5	450,043	264,256	-
6	506,663	347,133	7,656
7	542,325	259,936	-
8	35,612	197,179	51,334
ผลรวม	2,505,814	3,719,426	2,145,283

จากข้อมูลที่ได้กล่าวถึงทั้งหมดในช่วงต้นนั้นจะเห็นได้ว่าการตัดสินใจวางแผนการผลิตหลักโดยใช้การตัดสินใจจาก Planner และฝ่ายบริหารเพียงอย่างเดียว นั้น มีต้นทุนรวมของการจัดเก็บและการขนส่งเข้า/ออกคลังสินค้าในปริมาณที่สูง ขณะที่แผนการผลิตหลักนี้ยังคงเกิดสินค้าค้างส่งเป็นจำนวนมาก ซึ่งส่งผลกระทบต่อในการสร้างความไม่พึงพอใจแก่ลูกค้า และอาจเกิดการสูญเสียการขาย (Lost Sales) หรือ สูญเสียลูกค้า (Lost Customers) ได้ ดังนั้นปัญหาด้านการกำหนดปริมาณการผลิตที่ไม่เหมาะสมในแต่ละสัปดาห์ ทำให้ในบางสัปดาห์มีสินค้าคงคลังในจำนวนมาก ขณะที่บางสัปดาห์เกิดสินค้าค้างส่งขึ้น หากมีการใช้เครื่องมือช่วยในการตัดสินใจในการวางแผนการผลิตหลักนี้ได้ จะทำให้ลดปัญหาผลิตเกินความต้องการและปัญหาสินค้าค้างส่งได้ จากการวิเคราะห์ข้อมูลนี้สามารถสรุปปัญหาและแนวทางการแก้ไขไว้ดังตารางที่ 46

ตารางที่ 46 สรุปปัญหาและแนวทางแก้ไข

ปัญหา	สาเหตุและผลกระทบ	แนวทางการแก้ไขที่นำเสนอ
ต้นทุนการบริหาร สินค้าคงคลังมีมูลค่า สูง	ผลิตเกินความต้องการทำให้ต้องจัดเก็บ เป็นจำนวนมาก และด้วยระบบบริหาร สินค้าคงคลังแบบ FIFO ทำให้ปริมาณ และความถี่ในการขนส่งสินค้าเข้า/ออก จากคลังมีสูง	สร้างแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ขึ้นมาเพื่อเป็นตัว ช่วยในการกำหนดปริมาณ การผลิตตามนิรภัยรุ่นต่างๆ
เกิดสินค้าค้างส่ง จำนวนมาก	เนื่องจากขาดการวางแผนการผลิตเพื่อ จัดเก็บให้เพียงพอต่อคำสั่งซื้อใน ผลิตภัณฑ์บางรุ่น ทำให้กำลังการผลิตไม่ เพียงพอเมื่อในสัปดาห์ที่มีปริมาณคำสั่ง ซื้อที่สูง	ในแต่ละสัปดาห์ ที่ทำให้ ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการ บริหารสินค้าคงคลังต่ำ และ เกิดสินค้าค้างน้อยที่สุด

บทที่ 4

ผลการวิจัย

บทนี้นำเสนอแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์สำหรับกำหนดปริมาณการผลิตสูง
 ๓๖๖ รูนบน ๓๘ สายการผลิตตลอดช่วงเวลา ๕๒ สัปดาห์ จากนั้นนำเสนอชุดปัญหาที่
 ใช้สำหรับทดสอบประสิทธิภาพการวางแผนการผลิตด้วยแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์
 การกำหนดพารามิเตอร์ของโปรแกรมประมวลผล Gurobi ใน OpenSolver และผลการทดสอบ
 ประสิทธิภาพของแผนการผลิตหลักในด้านค่าใช้จ่ายการจัดเก็บสินค้าคงคลังและการขนส่ง
 สินค้าเข้าและออกจากคลัง และปริมาณสินค้าคงคลัง ดังต่อไปนี้

แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มสำหรับการวางแผนการผลิตหลัก

การแก้ปัญหาการวางแผนการผลิตหลักมีจุดประสงค์เพื่อให้ต้นทุนรวมที่เกิดจากการ
 จัดเก็บสูง ๓๖๖ รูนบนในคลังสินค้าและการขนส่งสินค้าเข้าและออกจากคลังสินค้ามีค่าที่ต่ำที่สุด และทำให้
 ปริมาณสินค้าคงคลังที่อาจเกิดขึ้นจากคำสั่งการผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการสินค้าให้มีค่าต่ำ
 ที่สุด งานวิจัยนี้เสนอแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม (Integer linear programming, ILP)
 ที่ต้องตัดสินใจว่าในแต่ละสัปดาห์จะต้องผลิตสูง ๓๖๖ รูนบนในปริมาณเท่าไรและผลิตบน
 สายการผลิตอะไร แบบจำลอง ILP ที่สร้างขึ้นมีโครงสร้างประกอบด้วย ๑) คณิตศาสตร์ที่ใช้ใน
 แบบจำลอง ๒) พารามิเตอร์ ได้แก่ ข้อมูลนำเข้าหลักและข้อมูลการผลิตที่เป็นค่าคงที่ของแบบจำลอง
 ๓) ตัวแปรตัดสินใจ เป็นตัวแปรอิสระที่แสดงผลลัพธ์แผนการผลิต ๔) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์แสดง
 สมการสำหรับคำนวณตัวชี้วัดประสิทธิภาพของแผนการผลิต และ ๕) เงื่อนไขบังคับในด้านต่าง ๆ
 ของการกำหนดปริมาณการผลิต มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ดัชนีและเซต

i = ดัชนีรูนผลิตภัณฑ์

j = ดัชนีสายการผลิต

t = ดัชนีสัปดาห์

k = ดัชนีประเภทรถบรรทุก เมื่อ $k = 1$ และ ๒ แสดงประเภทรถบรรทุก ๔ ล้อ และ ๖ ล้อ

ตามลำดับ

T = เซตของสัปดาห์ = $\{1, 2, \dots, 52\}$

N = เซตของรุ่นผลิตภัณฑ์ทุกรุ่นในกลุ่มสายกำลังการผลิตที่ต้องการวางแผน เช่น $N = \{135, 136, \dots, 162\}$ สำหรับกลุ่มสายการผลิตที่ 2

K = เซตของสายการผลิตทั้งหมดในกลุ่มสายกำลังการผลิตที่ต้องการวางแผน เช่น $K = \{21, 22, \dots, 25\}$

สำหรับกลุ่มสายการผลิตที่ 2

N_j = เซตของรุ่นผลิตภัณฑ์ที่สามารถผลิตบนสายการผลิต j ได้ เช่น $N_{21} = \{135, 136, \dots, 144\}$

K_i = เซตของสายการผลิตที่สามารถผลิตผลิตภัณฑ์รุ่น i ได้ เช่น $K_{135} = \{21, 22, 23\}$

พารามิเตอร์

พารามิเตอร์เป็นค่าคงที่ในแบบจำลองที่แสดงถึงข้อมูลการผลิตต่าง ๆ ดังนี้

D_{it} = ปริมาณความต้องการผลิตภัณฑ์รุ่น i ในสัปดาห์ t

P_{ij} = เวลาการผลิตผลิตภัณฑ์รุ่น i บนสายการผลิต j (หน่วยเวลาต่อชิ้น)

H = ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บ (บาทต่อกล่องต่อสัปดาห์)

L_t = เวลาการผลิตน้อยที่สุดที่ต้องใช้ของสายการผลิตหนึ่ง ๆ ในสัปดาห์ t (หน่วยเวลา: วินาที)

U_t = เวลาการผลิตมากที่สุดที่เป็นไปได้ของสายการผลิตหนึ่ง ๆ ในสัปดาห์ t (หน่วยเวลา: วินาที)

M = ค่ามาก ที่ใช้สำหรับเป็นค่าปรับเมื่อมีสินค้าค้างส่งเกิดขึ้น (บาทต่อชิ้นต่อสัปดาห์)

S_k = ค่าใช้จ่ายในการขนส่งด้วยรถบรรทุกประเภท k

R_k = จำนวนกล่องบรรทุกสูงสุดที่รถบรรทุกประเภท k จะบรรทุกได้

C = ค่าแรงย้ายกล่องเข้า/ออกจากคลังสินค้า (บาท/กล่อง)

V = ค่ามาก ที่ใช้ในการกำหนดค่าของตัวแปรตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับปริมาณสินค้าส่งออกจากคลัง

ตัวแปรตัดสินใจ

x_{ijt} = ปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์รุ่น i บนสายการผลิต j ในสัปดาห์ t

I_{it} = ปริมาณสินค้าคงคลังของผลิตภัณฑ์รุ่น i ในสัปดาห์ t

b_{it} = ปริมาณสินค้าค้างส่งของผลิตภัณฑ์รุ่น i ในสัปดาห์ t

y_{it} = ปริมาณผลิตภัณฑ์รุ่น i ส่งออกจากคลังในสัปดาห์ t

$w_{it} = 1$ เมื่อปริมาณสินค้าคงคลังรุ่น i ในสัปดาห์ก่อนหน้า ($t-1$) มีเพียงพอต่อปริมาณความต้องการใช้ในสัปดาห์ที่ t ถ้าไม่เช่นนั้นจะมีค่าเป็น 0

$Bin_t =$ จำนวนกล่องที่ส่งเข้าคลังในสัปดาห์ t

$Bout_t =$ จำนวนกล่องที่ส่งออกจากคลังในสัปดาห์ t

$E_{kt} =$ จำนวนเที่ยวรถประเภท k ที่ใช้ส่งสินค้าเข้าคลังในสัปดาห์ t

$F_{kt} =$ จำนวนเที่ยวรถประเภท k ที่ใช้ส่งสินค้าออกจากคลังในสัปดาห์ t

$Q_t =$ ปริมาณกล่องของสินค้าคงคลังทั้งหมดในสัปดาห์ t

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

$$\text{Minimize } Z = \sum_{t=1}^{52} HQ_t + \sum_{t=1}^{52} \sum_{k=1}^2 S_k (E_{kt} + F_{kt}) + \sum_{t=1}^{52} C (Bin_t + Bout_t) + M \sum_{i \in N} \sum_{t \in T} b_{it} \quad (4-1)$$

แบบจำลองประกอบด้วยฟังก์ชันจุดประสงค์ดังสมการ (4-1) ที่แสดงการหาต้นทุนรวมที่เกิดจากต้นทุนการจัดเก็บสินค้าคงคลัง ต้นทุนการขนส่งและการยกกล่องสินค้าเข้าและออกจากคลังสินค้า และต้นทุนสมมติเมื่อเกิดสินค้าค้างส่งให้มีค่าต่ำที่สุด พจน์แรกของสมการแสดงการคำนวณต้นทุนการจัดเก็บสินค้า พจน์ที่สองและสามแสดงการคำนวณต้นทุนค่าขนส่งและค่าแรงยกกล่องบรรจุสินค้าเข้า/ออกจากคลัง ส่วนพจน์ที่สี่จะไม่ยอมให้เกิดสินค้าค้างส่งโดยไม่จำเป็นเพราะต้นทุนสินค้าค้างส่งต่อหน่วยที่สมมติขึ้นซึ่งมีค่ามากจะทำให้ปริมาณสินค้าค้างส่งถูกบังคับให้มีค่าต่ำที่สุดเท่าที่เป็นไปได้

ฟังก์ชันจุดประสงค์นี้ขึ้นอยู่กับข้อจำกัด 7 ด้าน ประกอบด้วย สมดุลสินค้าคงคลัง เวลาการผลิต ปริมาณสินค้าค้างส่ง ระบบบริหารคลังสินค้าแบบเข้าก่อนออกก่อน (First In First Out; FIFO) การจัดเก็บและการขนส่งแบบเป็นกล่อง การกำหนดปริมาณรอบการขนส่ง และตัวแปรตัดสินใจ ดังสมการ (4-2) ถึง (4-18)

ข้อจำกัด

ข้อจำกัดด้านสมดุลสินค้าคงคลังใช้สำหรับการคำนวณปริมาณสินค้าคงคลังเมื่อสิ้นสุดสัปดาห์ใด ๆ ที่เกิดจากผลรวมของปริมาณสินค้าคงคลังในสัปดาห์ก่อนหน้ากับปริมาณการผลิตหัก

ออกจากปริมาณสินค้าที่ส่งให้ลูกค้าที่คิดจากปริมาณความต้องการสินค้ากับปริมาณสินค้าค้างส่งในสัปดาห์ก่อนหน้าและสัปดาห์ปัจจุบัน ดังแสดงในสมการ (4-2)

$$I_{i,t-1} + \sum_{j \in K_i} x_{ijt} + b_{it} - D_{it} - b_{i,t-1} = I_{it}, \quad \forall i \in N; t \in T \quad (4-2)$$

ข้อจำกัดด้านเวลาการผลิตดังแสดงในสมการ (4-3) และ (4-4) ทำให้มั่นใจได้ว่าทุกสายการผลิตใช้เวลาการผลิตไม่เกินกว่าเวลาสูงที่สุด และไม่น้อยกว่าเวลาต่ำที่สุดในแต่ละสัปดาห์ โดยที่ L_t ถูกกำหนดโดยผู้วางแผนเพื่อรักษาระดับการผลิตขั้นต่ำ ส่วน U_t แสดงเวลาการทำงานมากที่สุดที่เป็นไปได้ (รวมการทำงานล่วงเวลา) ที่ในแต่ละสัปดาห์จะไม่เท่ากันตามวันหยุดประจำปีที่ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าแล้ว

$$\sum_{i \in N_j} P_{ij} x_{ijt} \leq U_t, \quad \forall j \in K; t \in T \quad (4-3)$$

$$\sum_{i \in N_j} P_{ij} x_{ijt} \geq L_t, \quad \forall j \in K; t \in T \quad (4-4)$$

ข้อจำกัดด้านปริมาณสินค้าค้างส่งใช้สำหรับกำหนดปริมาณสินค้าค้างส่งสูงสุดที่เป็นไปได้ในแต่ละสัปดาห์ที่ต้องไม่เกินปริมาณความต้องการในสัปดาห์นั้นรวมกับปริมาณสินค้าค้างส่งในสัปดาห์ก่อนหน้า ดังแสดงในสมการ (4-5)

$$b_{it} \leq D_t + b_{i,t-1}, \quad \forall i \in N; t \in T \quad (4-5)$$

ข้อจำกัดด้านระบบบริหารคลังสินค้าแบบ FIFO ใช้สำหรับทำให้มั่นใจได้ว่าสินค้าที่อยู่ในคลังสินค้าจะถูกส่งให้ลูกค้าก่อนสินค้าที่เพิ่งผลิตเสร็จซึ่งทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการนำสินค้าออกจากคลังสินค้า ส่วนกรณีที่ผลิตสินค้าเกินปริมาณความต้องการของลูกค้าจะต้องขนส่งสินค้าไปจัดเก็บในคลังสินค้าซึ่งทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการนำสินค้าเข้าคลังสินค้า ชุดสมการ (4-6) ถึง (4-10) ใช้สำหรับกำหนดปริมาณสินค้าออกจากคลังที่เป็นแบบ FIFO นี้ การทำงานของชุดสมการนี้เริ่มจากการกำหนดสถานะของปริมาณสินค้าคลังในสัปดาห์ที่ผ่านมาว่าเพียงพอต่อปริมาณความต้องการสินค้าที่ถูกปรับค่าจากปริมาณสินค้าค้างส่งแล้วหรือไม่ด้วยสมการ (4-6) หากมีความเพียงพอจะทำให้ตัวแปรตัดสินใจ w_t มีค่าเป็น 1

$$I_{i,t-1} - (D_{it} + b_{t-1} - b_t) \leq w_{it}V, \forall i \in N; t \in T \quad (4-6)$$

$$y_{it} \leq I_{i,t-1}, \forall i \in N; t \in T \quad (4-7)$$

$$y_{it} \leq D_{it} + b_{t-1} - b_t, \forall i \in N; t \in T \quad (4-8)$$

$$y_{it} \geq I_{i,t-1} - w_{it}V, \forall i \in N; t \in T \quad (4-9)$$

$$y_{it} \geq (w_{it}D_{it}) - b_t, \forall i \in N; t \in T \quad (4-10)$$

สมการ (4-7) และ (4-8) บังคับให้ปริมาณสินค้าออกจากคลังต้องไม่เกินปริมาณสินค้าคงคลังที่มีอยู่และไม่เกินปริมาณความต้องการที่จะส่งให้ลูกค้า (ปริมาณความต้องการสินค้าที่ถูกปรับค่าจากปริมาณสินค้าค้างส่งแล้ว) ส่วนสมการ (4-9) และ (4-10) ทำให้มั่นใจได้ว่าปริมาณสินค้าออกจากคลังถูกกำหนดอย่างถูกต้องตามสถานการณ์ที่เป็นไปได้ต่าง ๆ ดังตัวอย่างการบังคับปริมาณสินค้าออกจากคลังแบบ FIFO ตามชุดสมการ (4-6) ถึง (4-10) แสดงได้ดังตารางที่ 47

ตารางที่ 47 การแทนค่าสมการบังคับปริมาณสินค้าออกจากคลังแบบ FIFO

สถานการณ์	ที่	D_i	I_{i-1}	b_i	x_i	b_i	I_i	w ตาม		y ตามสมการ				
								สมการ						
								4-6	4-10	4-7	4-8	4-9	4-10	y
	1	100	50	0	80	0	30	0,1	0	≤ 50	≤ 100	≥ 50	≥ 0	50
	2	100	0	20	70	50	0	0,1	0	≤ 0	≤ 70	≥ 0	≥ -50	0
I_{i-1}									0	≤ 0	≤ 10	≥ 0	$\geq -$	0
$< D_i + b_{i-1} - b_i$	3	100	0	20	10	110	0	0,1					110	
									1	≤ 0	≤ 10	$\geq -$	≥ -10	0*
	4	100	0	20	200	0	80	0,1	0	≤ 0	≤ 120	≥ 0	≥ 0	0
I_{i-1}									1	≤ 120	≤ 100	$\geq -$	≥ 100	100
$\geq D_i + b_{i-1} - b_i$									0	≤ 0	≤ 0	≥ 0	$\geq -$	0
b_i	6	100	0	0	0	100	0	0,1					100	
									1	≤ 0	≤ 0	$\geq -$	≥ 0	0

กรณีที่สินค้าคงคลังมีปริมาณน้อยกว่าความต้องการใช้ (สถานการณ์ที่ 1-4 ในตารางที่ 47) จะทำให้ปริมาณสินค้าคงคลังที่มีอยู่ทั้งหมดถูกส่งออกจากคลังสินค้าไปยังโรงงานก่อนส่งต่อให้ลูกค้าจากการบังคับของสมการ (4-7) และ (4-9) ที่ตัวแปรตัดสินใจ w_i ถูกบังคับให้มีค่าเป็น 0 ซึ่งเป็นเพราะปริมาณสินค้าส่งออกต้องมีค่าไม่เกินปริมาณความต้องการสินค้าในด้านขวามือของสมการ (4-10) ได้ (ปริมาณสินค้าค้างส่งในสัปดาห์ปัจจุบันถูกบังคับให้มีค่าต่ำกว่าปริมาณความต้องการสินค้าในสัปดาห์ปัจจุบันตามสมการ (4-5) ในกรณีที่ไม่มีสินค้าค้างส่งในสัปดาห์ก่อนหน้า) ข้อยกเว้นในกรณีนี้เกิดขึ้นตามสถานการณ์ที่ 3 เมื่อตัดสินใจผลิตในปริมาณน้อยอาจทำให้ปริมาณสินค้าค้างส่งในสัปดาห์ปัจจุบันมากกว่าปริมาณความต้องการในปัจจุบันซึ่งทำให้ตัวแปรตัดสินใจ w_i มีค่าเป็น 1 ได้ ซึ่งกรณีนี้สมการข้อจำกัด (4-7) และขอบเขตล่างของตัวแปรตัดสินใจ I_{ii} จะบังคับให้ไม่มีสินค้าส่งออกจากคลัง โดยที่ค่าด้านขวามือของสมการ (4-8) ถึง (4-10) ยังคงเป็นไปตามเงื่อนไขบังคับอยู่

ส่วนกรณีที่ดินค้าคงคลังมีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการใช้จะส่งผลให้ไม่มีสินค้าค้างส่งในสัปดาห์ก่อนหน้าเพราะฟังก์ชันวัตถุประสงค์ไม่ต้องการให้เกิดสินค้าค้างส่ง ตามสถานการณ์ที่ 5 และ 6 ในตารางที่ 47 กรณีนี้สมการ (4-8) และ (4-10) บังคับให้ปริมาณสินค้าส่งออกจากคลังจะเท่ากับปริมาณความต้องการที่จะส่งไปให้ลูกค้า

ข้อจำกัดด้านการจัดเก็บและการขนส่งแบบเป็นกล่อง การจัดเก็บสินค้าในคลังสินค้าเป็นการจัดเก็บในกล่องที่มีขนาดบรรจุไม่เกิน 100 ชิ้นที่อาจประกอบด้วยถุงลมบรรจุหลายรุ่นในกล่องเดียวกันได้ สมการ (4-11), (4-12) และ (4-13) ทำให้มั่นใจได้ว่าปริมาณการจัดเก็บกล่องสินค้าในคลัง การขนย้ายกล่องสินค้าเข้าคลัง และขนย้ายกล่องสินค้าออกจากคลังเป็นไปตามเงื่อนไขตามลำดับ โดยที่จำนวนชิ้นของถุงลมบรรจุที่ขนย้ายเข้าคลังเกิดจากผลรวมของปริมาณการผลิตหักด้วยปริมาณความต้องการใช้สุทธิที่เกิดจากปริมาณความต้องการรวมกับปริมาณสินค้าค้างส่งของสัปดาห์ก่อนหน้าแล้วหักออกปริมาณสินค้าค้างส่งในสัปดาห์ปัจจุบันและจำนวนชิ้นของถุงลมบรรจุที่ขนย้ายออกจากคลัง

$$Q_t \geq \frac{\sum_{i \in N} I_{it}}{100}, \forall t \in T \quad (4-11)$$

$$Bin_t \geq \frac{\sum_{i \in N} \sum_{j \in K_i} x_{ijt} - (D_{it} + b_{t-1} - b_t) + y_{it}}{100}, \forall t \in T \quad (4-12)$$

$$Bout_t \geq \frac{\sum_{i \in N} y_{it}}{100}, \forall t \in T \quad (4-13)$$

ข้อจำกัดด้านการกำหนดปริมาณรอบการขนส่งแสดงได้ดังสมการ (4-14) และ (4-15) การกำหนดปริมาณรอบการขนส่งที่ทำให้มั่นใจได้ว่ากำหนดจำนวนเที่ยวรถแต่ละประเภทรวมแล้วเพียงพอต่อการขนย้ายกล่องสินค้าเข้าและออกจากคลังสินค้า ตามลำดับ และสุดท้ายข้อจำกัดด้านตัวแปรตัดสินใจแสดงได้ดังสมการ (4-16) ถึง (4-18)

$$\sum_{k=1}^2 R_k E_{kt} \geq Bin_t, \forall t \in T \quad (4-14)$$

$$\sum_{k=1}^2 R_k F_{kt} \geq Bout_t, \forall t \in T \quad (4-15)$$

$$x_{ijt}, b_{it}, I_{it}, y_{it}, Q_t, Bin_t, Bout_t, E_{kt}, F_{kt} \geq 0, \forall i \in N; j \in K_i; t \in T; k=1,2 \quad (4-16)$$

$$x_{ijt}, b_{ib}, I_{it}, y_{ib}, Q_b, Bin_b, Bout_t, E_{kt}$$

$$F_{kt} = \text{integer}, \forall i \in N; j \in K_i; t \in T; ; k=1,2 \quad (4-17)$$

$$w_{it} = \text{binary}, \forall i \in N; t \in T \quad (4-18)$$

ปัญหาในการทดสอบแบบจำลอง

จากตารางที่ 1 ในบทที่ 3 นั้น จะเห็นได้ว่าจำนวนรุ่นผลิตภัณฑ์และสายการผลิตนั้นมีจำนวนมากจึงทำให้การวางแผนการผลิตนั้นทำได้ยาก ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องแบ่งกลุ่มของผลิตภัณฑ์ตามสายการผลิตที่สามารถผลิตได้อย่างไรก็ตาม การคำนวณแผนการผลิตพร้อมกันทุกรุ่นผลิตภัณฑ์ในครั้งเดียวก็ยังไม่สามารถทำได้ เนื่องจากมีปริมาณของตัวแปรอยู่มาก ผู้วิจัยจึงทำการแบ่งกลุ่มของปัญหาในครั้งนี้ออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ โดยจะแบ่งเป็น 1) กลุ่มผลิตภัณฑ์ที่สามารถเข้าสู่การผลิตได้เพียงสายการผลิตเดียว ซึ่งจะเรียกว่า Single Line และ 2) กลุ่มผลิตภัณฑ์ที่สามารถเข้าสู่การผลิตได้มากกว่า 1 สายการผลิต ซึ่งจะเรียกว่า Group Line โดยกลุ่มของปัญหาที่ 1 นั้น จากการทดลองคำนวณในครั้งแรกนั้น ผู้วิจัยก็พบว่ายังคงมีปริมาณของตัวแปรมากเกินไป ทำให้จำเป็นต้องแบ่งออกเป็นปัญหาย่อย 6 ปัญหา โดยแบ่งให้แต่ละปัญหาย่อยมีจำนวนรุ่นผลิตภัณฑ์เท่าๆกัน ดังสรุปได้ตามตารางที่ 48 นี้

ตารางที่ 48 การจัดกลุ่มของปัญหา

ประเภทปัญหา	ปัญหาย่อย	สายการผลิต	จำนวนรุ่นผลิตภัณฑ์
Single Line	1	1-2	26
	2	3-5	24
	3	6-9	26
	4	10-14	23
	5	15-17	20
	6	18-20	15
Group Line*	1	21-25	28
	2	26-27	12
	3	28-29	24
	4	30-32	8
	5	33-34	14
	6	35-36	12
	7	37-38	4

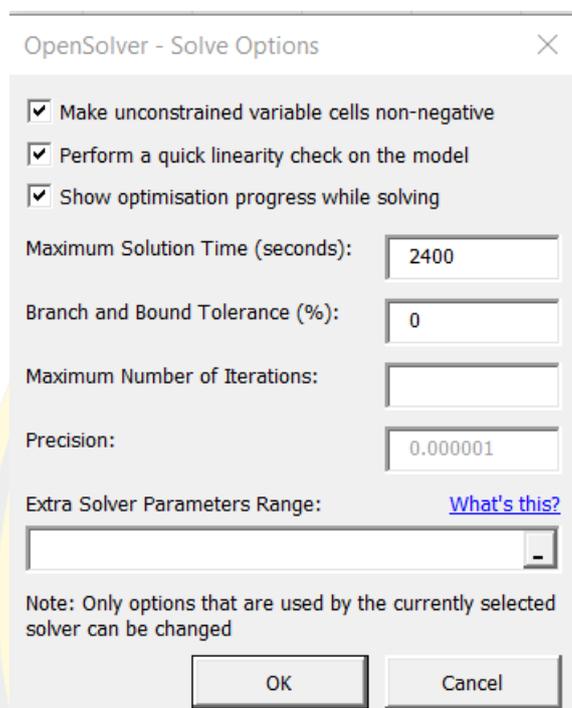
*หมายเหตุ: ปัญหาย่อยที่ 1-7 ของ Group Line หมายถึงกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 2-8 ตามลำดับ อ้างอิงจากตารางที่ 1

เมื่อได้ทำการแบ่งกลุ่มตามที่กล่าวข้างต้น เพื่อลดขนาดของปัญหาลงแล้วนั้นจึงทำให้ OpenSolver สามารถทำงานคำนวณผลลัพธ์ได้ตามปกติ

การกำหนด Parameter ในการประมวลผล

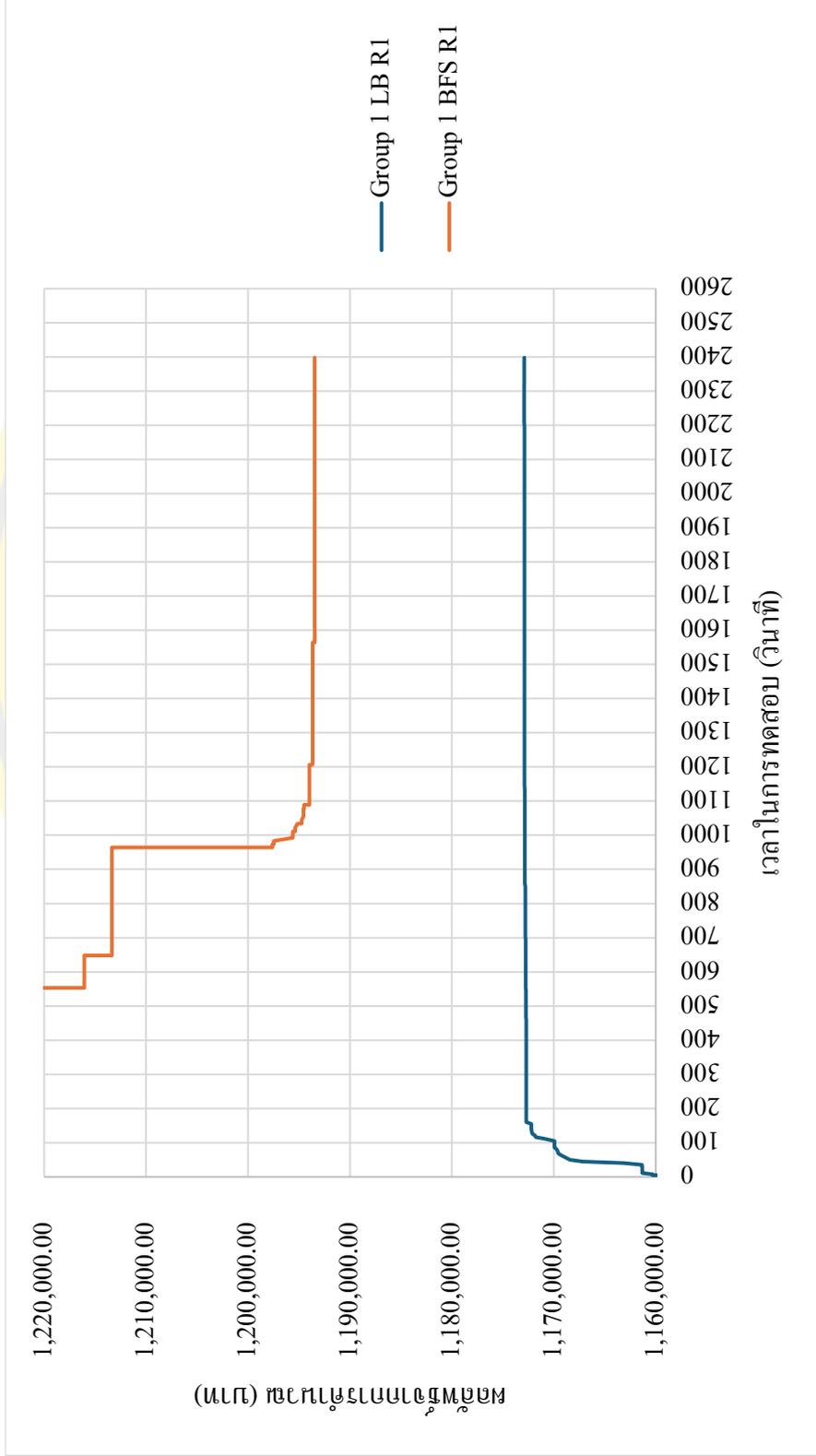
จากที่ได้ทำการทดลองการวางแผนจัดตารางการผลิตโดยการหาผลลัพธ์ของแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ใช้โปรแกรม OpenSolver เวอร์ชัน 2.9.0 (A. J. Mason, 2011) และตัวประมวลผล Gurobi เวอร์ชัน 7.5.2 ที่ติดตั้งในโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซล 2016 แบบ 64 บิต บนคอมพิวเตอร์ที่ใช้ Intel® Core™ i7-3520M CPU @ 2.90 GHz เป็น Processor และ RAM 8.0 GB ในการคำนวณแผนการผลิต จะสามารถนำเสนอการกำหนดเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ดังตัวอย่างผลลัพธ์ของผลิตภัณฑ์กลุ่มที่ 1 ในการคำนวณย่อยครั้งที่ 1

โดยที่ตั้งค่าเวลาสูงสุดในการประมวลผล (Maximum Solution Time) ที่ 2,400 วินาที และ ค่าเผื่อการแตกกิ่งและขอบเขต (Branch and Bound Tolerance) ที่ 0% ดังภาพที่ 8 นี้



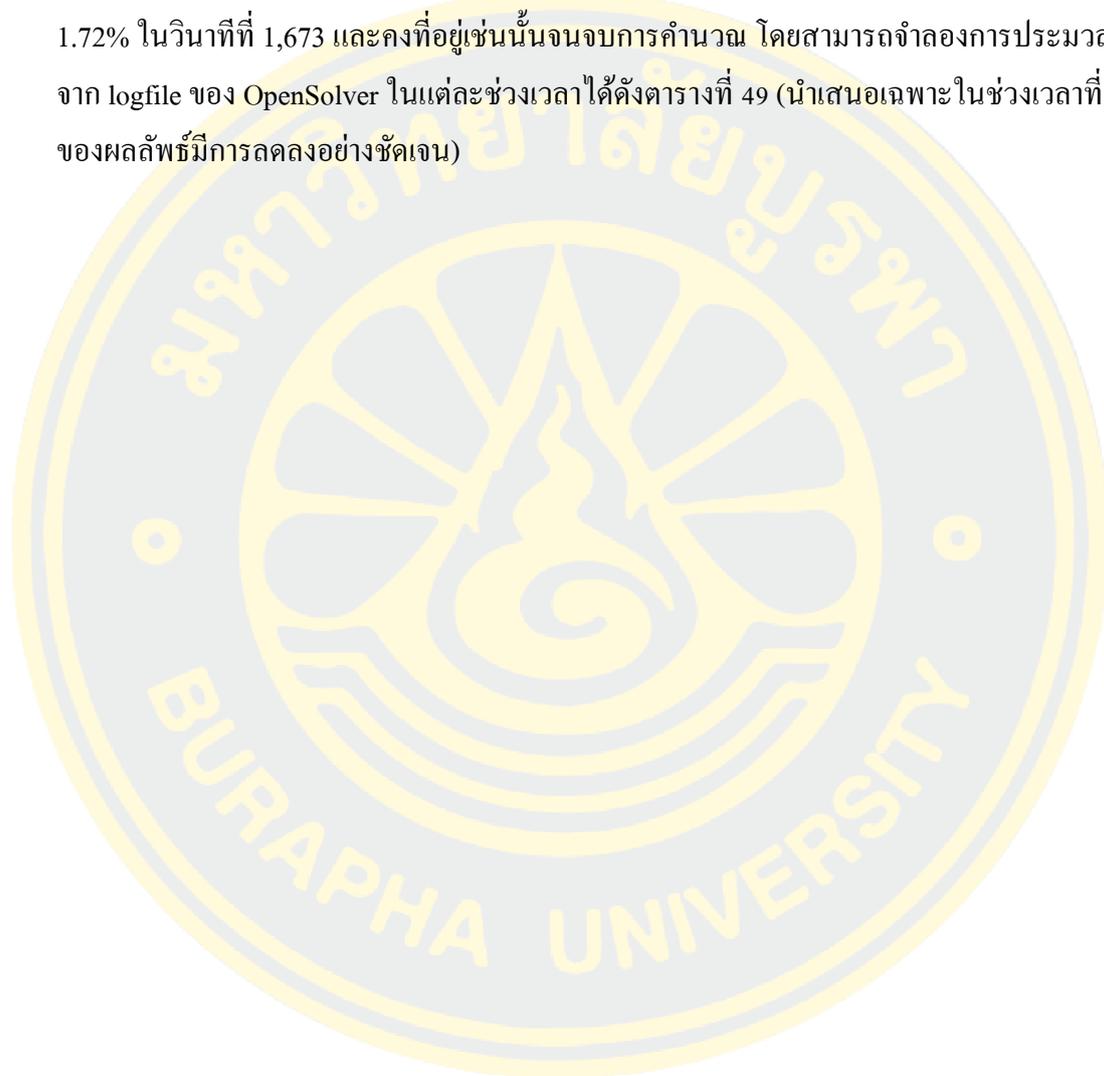
ภาพที่ 8 การตั้งค่าเวลาและค่า Tolerance ของ OpenSolver

โดยที่ผลลัพธ์จากการประมวลผลของ OpenSolver ตามการตั้งค่าการประมวลผลข้างต้นนั้น จะให้ค่าผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (Best Feasible Solution: BFS) และขอบเขตล่างสุด (Lower Bound: LB) ซึ่งขอบเขตล่างสุดที่ถูกคำนวณออกมาจาก logfile ด้วย Solver Engine Gurobi นั้น จะเป็นค่าต่ำสุดที่เป็นไปได้ของปัญหานั้นๆ โดยค่า Branch and Bound Tolerance ที่ตั้งค่าไว้ 0% นั้น จะส่งผลให้ค่าผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (BFS) มีค่าใกล้เคียงกับขอบเขตล่างสุด (LB) หรือเท่ากันจึงจะสามารถสรุปผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution) ได้ โดยหลังจากการคำนวณแล้วได้ผลลัพธ์ทั้ง BFS และ LB ที่มีค่าใกล้เคียงกันที่ 1.72% ตามภาพที่ 9 นี้ (ผลการทดสอบค่า BFS และ LB สามารถดูเพิ่มเติมได้ที่ ภาคผนวก ข)



ภาพที่ 9 ผลการทดสอบค่า BFS และ LB ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 1 ปัญหาข้อที่ 1

โดยจากภาพที่ 9 ที่นำเสนอข้างต้นนั้น มีแกน Y เป็นต้นทุนที่เกิดจากแผนการผลิต และแกน X เป็นระยะเวลาในการคำนวณผลลัพธ์ของ OpenSolver โดยที่ในแผนภูมิจะใช้เส้นสีส้มเพื่อแสดงถึงผลลัพธ์ที่ดีที่สุด และเส้นสีฟ้าแสดงถึงขอบเขตล่างสุดของต้นทุนการผลิต ซึ่งจากระยะเวลาในการคำนวณ 2,400 วินาทีของแบบจำลอง OpenSolver มีช่องว่าง (Gap) ของ BFS และ LB เหลือ 1.72% ในวินาทีที่ 1,673 และคงที่อยู่เช่นนั้นจนจบการคำนวณ โดยสามารถจำลองการประมวลผลจาก logfile ของ OpenSolver ในแต่ละช่วงเวลาได้ดังตารางที่ 49 (นำเสนอเฉพาะในช่วงเวลาที่ Gap ของผลลัพธ์มีการลดลงอย่างชัดเจน)



ตารางที่ 49 จำลองการประมวลผลจาก logfile ของ OpenSolver

Best Feasible Solution (BFS)	ขอบเขตล่าง (LB)	ช่องว่าง* (Gap)	เวลา (วินาที)
546,360,000.00	1,139,374.22	100.00%	-
92,556,640.00	1,139,374.22	98.80%	1
2,981,703.11	1,161,354.49	61.10%	31
1,241,248.75	1,172,736.51	5.52%	546
1,216,054.76	1,172,752.66	3.56%	553
1,213,349.26	1,172,755.81	3.35%	648
1,197,600.77	1,172,862.49	2.07%	964
1,197,472.52	1,172,862.49	2.06%	974
1,195,616.37	1,172,862.49	1.90%	993
1,195,380.53	1,172,862.49	1.88%	1,011
1,195,134.36	1,172,862.49	1.86%	1,034
1,194,724.25	1,172,862.49	1.83%	1,034
1,194,567.51	1,172,862.49	1.82%	1,055
1,194,502.80	1,172,862.49	1.81%	1,077
1,193,966.92	1,172,862.49	1.77%	1,089
1,193,700.38	1,172,874.23	1.74%	1,206
1,193,653.14	1,172,874.23	1.74%	1,215
1,193,465.80	1,172,877.57	1.73%	1,564
1,193,465.39	1,172,877.57	1.73%	1,614
1,193,465.39	1,172,886.78	1.72%	1,673
1,193,465.39	1,172,898.04	1.72%	2,398

*% Gap = $100\% \times (\text{BFS}-\text{LB})/\text{BFS}$

โดยเมื่อใช้การตั้งค่าเวลาในการประมวลผลตามในภาพที่ 8 แล้วนั้น จะสามารถสรุปผลลัพธ์การประมวลผลของกลุ่มปัญหา Single Line ทั้ง 6 ปัญหาย่อยได้ดังตารางที่ 50

ตารางที่ 50 ผลการคำนวณ 6 ปัญหาย่อย ของกลุ่มปัญหา Single Line

ปัญหาย่อย ที่	สายการผลิต	จำนวนรุ่น ผลิตภัณฑ์	BFS (OpenSolver)	ขอบเขตล่างสุด (OpenSolver)	% ช่องว่าง	BFS (Actual)	ขอบเขต ล่างสุด (Actual)	% ช่องว่าง (Actual)
1	1	16	1,193,465.39	1,172,898.04	1.72%	222,735	202,067	9.28%
	2	10						
	3	6						
2	4	4	1,122,801.09	1,090,661.56	2.86%	186,687	154,481	17.25%
	5	14						
	6	2						
3	7	20	1,535,590.11	1,499,866.59	2.33%	385,171	349,335	9.30%
	8	2						
	9	2						
4	10	4	2,297,940.27	2,217,256.97	3.51%	666,716	585,919	12.12%
	11	2						
	12	2						
	13	6						
	14	9						
5	15	5	491,641,146.57	491,622,650.02	0.004%	64,664	46,052	28.78%
	16	4						
	17	11						
6	18	1	884,115.07	850,985.67	3.75%	239,527	206,300	13.87%
	19	10						
	20	4						
total		134	498,675,058	498,454,319	0.044%	1,765,499	1,544,154	12.54%

โดยจากตารางข้างต้นจะเห็นได้ว่าจะมีคอลัมน์ของ BFS และ LB ของ OpenSolver และ คอลัมน์ที่ระบุว่าเป็น Actual เนื่องจากค่าในคอลัมน์ที่ระบุว่าเป็น OpenSolver จะนับรวมต้นทุนของ ค่าปรับสินค้าค้างส่ง หรือค่า M ด้วย จึงมีการนำเสนอผลลัพธ์ของแบบจำลองไว้ในตารางด้วย เช่นกัน โดยค่าปรับสินค้าค้างส่งของปัญหาในกลุ่ม Single Line นี้ จะมีค่าเท่ากับ ชิ้นละ 1,000 เนื่องจากดั้งเดิมของปัญหากลุ่มนี้มีสินค้าค้างส่งอยู่มากจึงจำเป็นต้องใช้ค่า M ที่มีค่าสูงกว่ากลุ่ม ปัญหา Group Line ที่ใช้ค่า M ที่ชิ้นละ 100

หลังจากที่กำหนดเวลาการประมวลผลดังภาพที่ 8 แล้วนั้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการใช้ค่านี้ในการให้ OpenSolver คำนวณกลุ่มปัญหา Group Line ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 2-8 ตาม ตารางที่ 48 ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 51 นี้

ตารางที่ 51 ผลการคำนวณ 7 กลุ่มปัญหา Group Line

กลุ่มผลิตภัณฑ์	สาขาการผลิต	จำนวนรุ่น ผลิตภัณฑ์	BFS	ขอบเขตล่าง	%ช่องว่าง	เวลาที่พบ Optimal Solution
	21	10				
	22	10				
2	23	10	293,313.30	227,679.77	22.40%	-
	24	6				
	25	4				
3	26	4	256,823.90	250,875.50	2.32%	-
	27	10				
4	28	10	310,964.30	298,292.03	4.08%	-
	29	18				
	30	4				
5	31	8	411,748.60	411,744.98	0.00%	92.56
	32	6				
6	33	14	316,024.90	312,663.42	1.06%	-
	34	14				
7	35	12	736,300.70	736,300.70	0.00%	1.20
	36	12				
8	37	4	208,910.90	208,702.41	0.10%	180.82
	38	4				

การวิเคราะห์การพบผลลัพธ์ที่เหมาะสม พบว่าทุกปัญหาย่อยของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 1 ดังตารางที่ 50 และกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 2 3 4 และ 6 ดังตารางที่ 51 ไม่สามารถเจอผลลัพธ์ที่ดีที่สุดได้ภายในเวลาในการคำนวณที่ 2,400 วินาทีตามที่ได้กำหนดไว้ ส่วนกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5 7 และ 8 OpenSolver พบผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดได้ภายในเวลาประมวลผล 92.56 1.2 และ 180.82 วินาทีตามลำดับ เมื่อพิจารณาปริมาณความต้องการต่อสัปดาห์ของผลิตภัณฑ์ทั้งสามรุ่นพบว่าจำนวนรุ่นที่ต้องการต่อสัปดาห์โดยเฉลี่ยเท่ากับ 3.3 3.2 และ 1.7 รุ่น ตามลำดับ ทำให้จำนวนตัวแปรตัดสินใจและสมการข้อจำกัดมีปริมาณน้อยจึงหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดได้

จากการประมวลผลข้างต้น จะสามารถแสดงตัวอย่างของแผนการผลิตที่ได้จากการประมวลผลของ OpenSolver ได้ดังตารางที่ 52 และ 53 นี้ โดยจะนำเสนอเป็นกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 เพื่อเปรียบเทียบกับแผนเดิมตามที่ได้ยกตัวอย่างไว้ในบทที่ 3

ตารางที่ 52 ปริมาณการผลิตของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 หลังการปรับปรุง (ครึ่งปีแรก: 26 ตำบล)

รุ่น	ปริมาณการผลิต (Production Plan) รายตำบล (หน่วย: 1000 ชิ้น)																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
233	0.00	5.82	1.97	8.00	9.00	5.09	1.82	0.00	6.14	0.30	0.00	6.00	1.00	0.00	0.00	7.50	0.00	7.50	0.00	0.00	9.00	0.00	7.50	9.00	0.00	7.50	0.00
233	38	1.93	0.00	5.82	0.00	1.80	5.34	5.82	0.00	0.00	5.88	9.00	9.00	0.00	0.00	2.50	0.00	4.30	2.40	8.00	0.20	7.50	3.00	3.00	0.50	3.00	4.00
234	37	5.33	0.00	3.92	1.00	0.00	0.73	4.00	3.64	2.73	5.52	6.48	0.00	5.00	6.95	0.00	9.00	0.00	9.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.18
234	38	3.40	5.82	0.00	7.60	7.20	0.48	0.00	3.64	9.00	0.00	0.00	0.00	4.85	0.00	4.40	9.00	3.20	6.60	1.00	8.80	0.00	6.00	6.00	7.00	1.82	
รวม	10.66	11.63	11.71	16.60	18.00	11.63	11.63	7.27	17.87	11.70	12.30	15.00	15.00	11.80	0.00	14.40	18.00	15.00	18.00	18.00	18.00	15.00	18.00	18.00	18.00	15.00	14.00

*สาย หมายถึง หมายเลขสายการผลิต

ตารางที่ 53 ปริมาณการผลิตของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 หลังการปรับปรุง (ครึ่งปีหลัง: 26 ตำบล)

รุ่น	ปริมาณการผลิต (Production Plan) รายตำบล (หน่วย: 1000 ชิ้น)																										
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	
233	2.98	0.00	2.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	2.20	5.82	4.36	0.98	0.58	0.84	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	1.03	2.91	0.00
233	38	5.82	7.40	0.00	0.20	0.00	4.00	5.80	4.80	1.86	4.36	5.82	5.82	4.36	4.40	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.20	0.00	2.91	0.00
234	37	4.80	6.40	3.82	4.85	5.82	4.65	5.82	3.62	0.00	0.00	4.83	5.23	3.32	4.85	5.82	4.33	5.82	5.82	5.22	5.82	5.82	5.82	4.85	4.78	0.00	0.00
234	38	0.00	1.60	5.82	4.65	5.82	4.85	1.82	0.02	1.01	3.96	0.00	0.00	0.00	0.45	2.82	5.33	5.82	5.82	5.82	5.82	5.02	4.65	5.82	0.00	0.00	0.00
รวม	13.60	15.40	11.64	9.69	11.63	9.69	11.63	11.63	11.63	11.63	8.72	11.63	11.63	8.72	9.69	11.63	10.66	11.63	11.63	11.63	11.63	15.00	18.00	18.00	18.00	15.00	14.00

*สาย หมายถึง หมายเลขสายการผลิต

โดยทั้ง 2 ตารางข้างต้นสามารถเปรียบเทียบผลลัพธ์กับตารางที่ 24 และ 25 จากบทที่ 3 ได้
ดังตารางที่ 54

ตารางที่ 54 เปรียบเทียบผลลัพธ์แผนการผลิตกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8

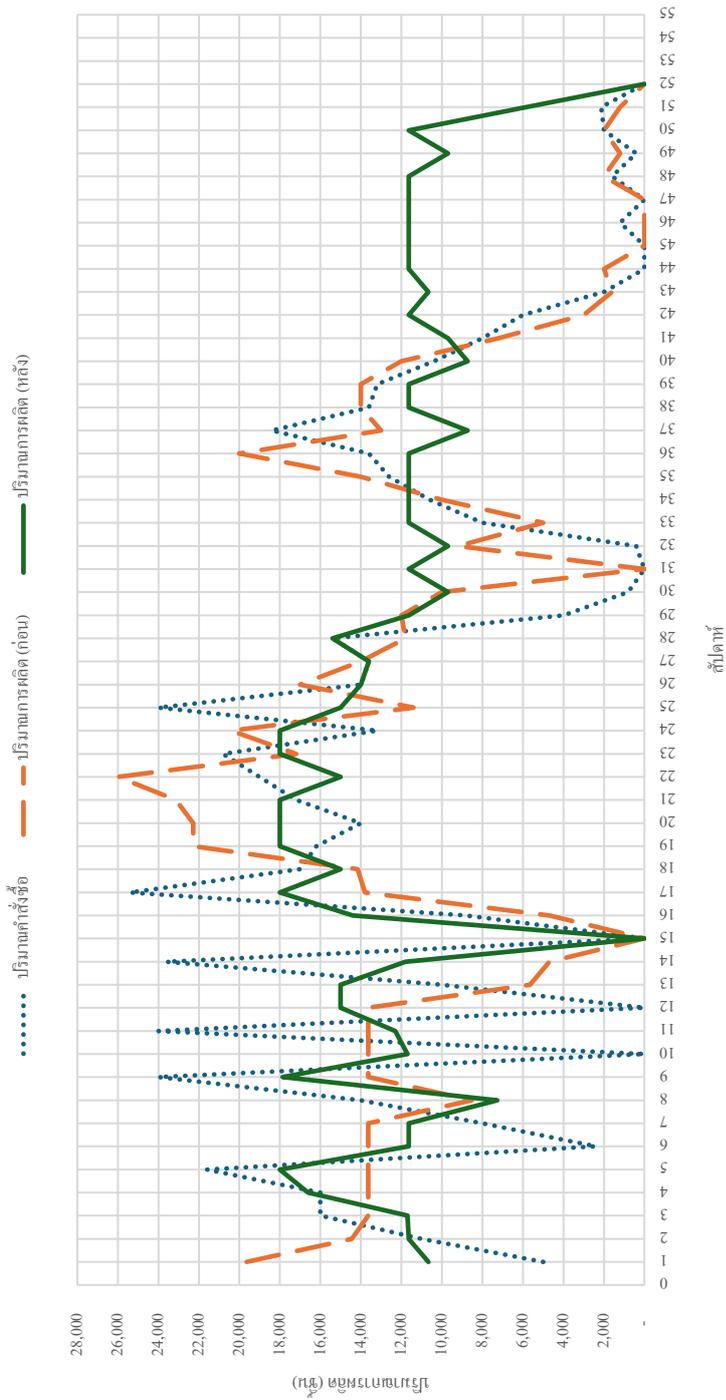
สัปดาห์	ปริมาณคำสั่งซื้อ (ชิ้น)	ปริมาณการผลิต (ก่อนปรับปรุง) (ชิ้น)	ปริมาณการผลิต (หลังปรับปรุง) (ชิ้น)
1	5,000	19,640	10,662
2	11,000	14,440	11,632
3	16,000	13,640	11,705
4	16,000	13,640	16,600
5	21,600	13,640	18,000
6	2,400	13,640	11,632
7	8,000	13,640	11,632
8	14,000	8,528	7,270
9	24,000	13,640	17,866
10	-	13,640	11,700
11	24,000	13,640	12,300
12	-	13,640	15,000
13	10,000	5,640	15,000
14	23,600	4,700	11,800
15	-	-	-
16	8,800	4,700	14,400
17	25,400	13,800	18,000
18	17,000	14,168	15,000
19	16,200	22,280	18,000
20	14,000	22,280	18,000
21	17,200	23,140	18,000
22	19,000	26,000	15,000
23	20,800	17,200	18,000
24	13,200	20,400	18,000
25	24,000	11,400	15,000
26	14,000	17,000	14,000
27	13,600	14,000	13,600
28	15,400	11,800	15,400
29	4,000	12,000	11,640

ตารางที่ 54 เปรียบเทียบผลลัพธ์แผนการผลิตกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 (ต่อ)

สัปดาห์	ปริมาณคำสั่งซื้อ (ชิ้น)	ปริมาณการผลิต (ก่อนปรับปรุง) (ชิ้น)	ปริมาณการผลิต (หลังปรับปรุง) (ชิ้น)
30	800	10,000	9,694
31	-	-	11,632
32	400	9,200	9,694
33	8,000	5,000	11,632
34	10,600	10,000	11,632
35	12,600	14,000	11,632
36	13,600	20,000	11,632
37	18,400	13,000	8,724
38	13,600	14,000	11,632
39	13,200	14,000	11,632
40	10,400	12,000	8,724
41	8,000	7,200	9,694
42	6,000	3,000	11,632
43	2,000	1,600	10,662
44	-	2,000	11,632
45	-	-	11,632
46	1,200	-	11,632
47	-	-	11,632
48	1,600	2,000	11,632
49	400	1,200	9,694
50	2,000	2,000	11,632
51	2,136	1,200	5,816
52	-	-	-
รวม	523,136	547,276	640,389

ซึ่งจากตารางที่ 54 นั้น จะสังเกตว่าแผนการผลิตใหม่มีการผลิตสำรองเพื่อรองรับใน สัปดาห์ที่มีปริมาณคำสั่งซื้อเพิ่มขึ้น โดยมาก โดยที่ในบางสัปดาห์ที่มีการผลิตน้อยกว่าคำสั่งซื้อ ก็จะมีปริมาณที่ผลิตเผื่อไว้ในสัปดาห์ก่อน ๆ เติมในปริมาณที่ขาดไป ซึ่งจะสามารถเปรียบเทียบปริมาณ การผลิตจากแผนทั้ง 2 ได้ในรูปของแผนภูมิได้ดังภาพที่ 10 (สามารถดูเปรียบเทียบแผนการผลิต เพิ่มเติมได้ที่ ภาคผนวก ง)

ปริมาณการผลิต (กลุ่มที่ 8)



ภาพที่ 10 ปริมาณกำลังซื้อและปริมาณการผลิตของแผนกและหลังปรับปรุงของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8

การทดสอบประสิทธิภาพ

การทดสอบประสิทธิภาพใช้การเปรียบเทียบแผนการผลิตหลักที่สร้างด้วยแบบจำลอง กำหนดการทางคณิตศาสตร์ที่เสนอกับแผนการผลิตหลักเดิมของ โรงงานกรณีศึกษาของกลุ่ม สายการผลิตจำนวน 8 กลุ่ม การสร้างแผนการผลิตหลักด้วยแบบจำลองที่เสนอใช้ข้อมูลนำเข้าได้แก่ ปริมาณสินค้าคงคลังตั้งต้น ปริมาณการความต้องการสินค้า และเวลาการผลิตของลมนิรภัยรุ่นต่าง ๆ บนสายการผลิตแต่ละสายการผลิต

ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ 3 ด้าน ได้แก่ ปริมาณสินค้าค้างส่ง ต้นทุนการจัดเก็บสินค้าคงคลัง และต้นทุนการขนส่งระหว่างคลังสินค้ากับ โรงงาน ที่คำนวณหลังจากกำหนดปริมาณการผลิตด้วย แบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ที่เสนอแล้ว ผลการทดสอบพบว่าตัวประมวลผล Gurobi สามารถหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดได้ทั้ง 8 กลุ่มสายการผลิต แผนการผลิตหลักที่สร้างขึ้นถูกนำมา คำนวณต้นทุนการขนส่งโดยเลือกประเภทรถบรรทุก 6 ล้อขนส่งกล่องสินค้าให้ครบ 50 กล่องต่อ คัน กรณีของการขนส่งกล่องสินค้าจำนวนไม่เกิน 10 กล่องจะใช้รถบรรทุก 4 ล้อ ซึ่งทำให้ประหยัด ต้นทุนการขนส่งได้ ผลการทดสอบประสิทธิภาพแสดงได้ดังตารางที่ 55 และ 56 ตามลำดับ

ตารางที่ 55 เปรียบเทียบผลลัพธ์ของงานดำเนินงานตามแผนการผลิตหลักแบบเดิมกับการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

กลุ่ม	ปริมาณสินค้าค้างส่ง (ชิ้น)		ต้นทุนการเก็บสินค้า (บาท)		ต้นทุนการขนส่งรวม** (บาท)		ต้นทุนรวม (บาท)				
	วิธีเดิม	วิธีใหม่	ผลต่าง*	วิธีเดิม	วิธีใหม่	ผลต่าง*	วิธีเดิม	วิธีใหม่			
1	1,964,795	491,142	1,473,653	605,825	955,080	349,255	1,783,316	810,419	2,389,141	1,765,499	623,643
2	111,098	-	111,098	120,721	171,650	50,929	442,760	121,664	563,481	293,314	270,167
3	6,284	-	6,284	79,695	192,893	113,198	156,074	63,931	235,769	256,824	21,055
4	4,116	-	4,116	164,930	223,079	58,149	268,772	87,886	433,702	310,965	122,737
5	-	-	-	450,043	318,667	131,376	264,256	93,082	714,299	411,749	302,550
6	7,656	-	7,656	506,663	227,711	278,952	347,133	88,314	853,796	316,025	537,771
7	-	-	-	542,325	594,682	52,357	259,936	141,619	802,261	736,301	65,960
8	51,334	-	51,334	35,612	61,769	26,157	197,179	147,142	232,791	208,911	23,880
รวม	2,145,283	491,142	1,654,141	2,505,814	2,745,532	239,718	3,719,426	1,554,056	6,225,240	4,299,588	1,925,652

* ผลต่าง = วิธีเดิม-วิธีใหม่

** ต้นทุนการขนส่งสินค้าเข้าออกคลังสินค้ารวมเป็นต้นทุนที่เกิดจากต้นทุนค่าบริการรถบรรทุก รวมกับต้นทุนค่าแรง

ตารางที่ 56 เปรียบเทียบผลลัพธ์ในด้านของต้นทุนการขนส่ง

กลุ่ม	ต้นทุนค่าบริการรถบรรทุก (บาท)			ต้นทุนค่าแรง (บาท)		
	วิธีเดิม	วิธีใหม่	ผลต่าง*	วิธีเดิม	วิธีใหม่	ผลต่าง*
1	1,374,600	662,100	712,500	408,716	148,319	260,398
2	348,000	99,900	248,100	94,760	21,764	72,996
3	128,100	54,300	73,800	27,974	9,631	18,343
4	214,800	73,800	141,000	53,972	14,086	39,886
5	211,500	75,900	135,600	52,756	17,182	35,574
6	276,600	72,600	204,000	70,533	15,714	54,819
7	207,300	114,300	93,000	52,636	27,319	25,317
8	159,300	118,800	40,500	37,879	28,342	9,538
รวม	2,920,200	1,271,700	1,648,500	799,226	282,356	516,870

* ผลต่าง = วิธีเดิม-วิธีใหม่

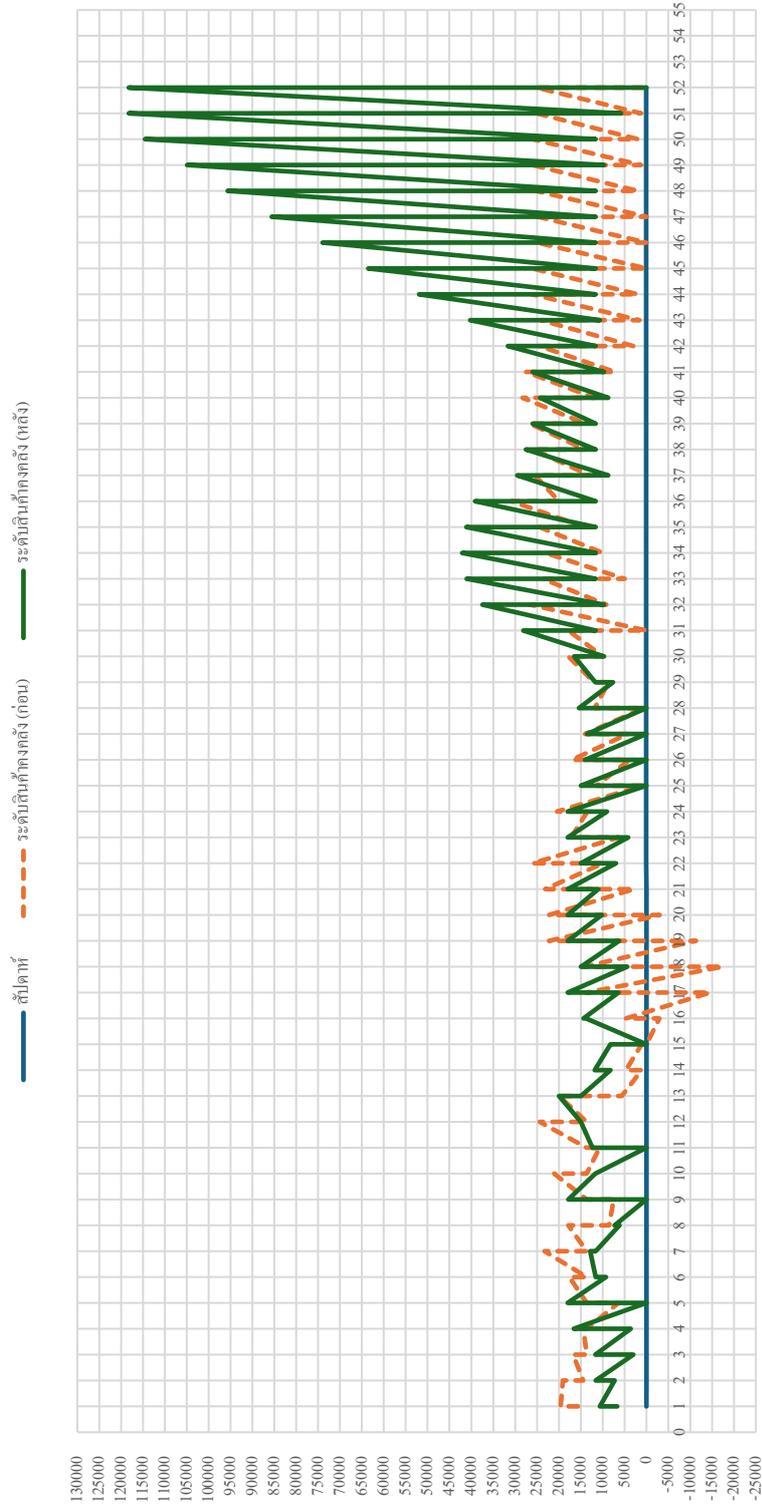
ผลการทดสอบประสิทธิภาพในตารางที่ 55 พบว่า แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถสร้างแผนการผลิตที่มีปริมาณสินค้าค้างส่ง 491,142 ชิ้น ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 6.2 ของปริมาณความต้องการรวม 52 สัปดาห์จำนวน 7,924,578 ชิ้น ขณะที่แผนการผลิตหลักเดิมมีปริมาณสินค้าค้างส่งร้อยละ 27 ของปริมาณความต้องการ การลดลงของปริมาณสินค้าค้างส่งจำนวน 1,653,634 ชิ้นจากแผนการผลิตหลักที่สร้างจากวิธีการเดิมคิดเป็นการลดลงร้อยละ 77 ถึงแม้ว่าแผนการผลิตหลักนี้มีต้นทุนรวมลดลงจากเดิม 6,225,236 บาท เหลือ 4,299,588 บาท หรือลดลงเท่ากับ 1,925,652 บาท คิดเป็นร้อยละ 31 แต่ต้นทุนการจัดเก็บสินค้าคงคลังนั้นกลับเพิ่มขึ้นจาก 2,505,814 บาท เป็น 2,745,532 บาท หรือเพิ่มขึ้น 239,718 บาท คิดเป็นการเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 การเพิ่มขึ้นนี้เกิดขึ้นจากปริมาณการจัดเก็บถุงลมนิรภัยโดยเฉลี่ยต่อสัปดาห์ที่เพิ่มขึ้นจากเดิมที่เกิดขึ้น สองสาเหตุคือแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์สร้างแผนการผลิตหลักที่ยอมให้เกิดสินค้าค้างส่งในสัปดาห์หนึ่ง ๆ เฉพาะกรณีที่กำลังผลิตในสัปดาห์นั้นรวมกับกำลังผลิตเหลือในสัปดาห์ก่อนหน้าตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ไม่เพียงพอ ดังนั้นการหาผลลัพธ์จากแบบจำลองจึงต้องกำหนดปริมาณการผลิตในแผนการผลิตหลักที่ทำให้เกิดการจัดเก็บมากขึ้นเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดสินค้าค้างส่ง และแผนการผลิตหลักที่สร้างขึ้นนี้ยังถูกกำหนดกำลังการผลิตขั้นต่ำในแต่ละสัปดาห์ไว้ ซึ่งทำให้ต้องผลิตถุง

นิรภัยภายใต้อัตราการผลิตขั้นต่ำนี้แล้วนำไปเก็บคลังสินค้าถึงแม้ว่าปริมาณความต้องการสินค้าจะมีน้อยกว่าที่ปริมาณการผลิตในอัตราการผลิตขั้นต่ำนี้ก็ตาม

ในส่วนของต้นทุนการขนส่งตามตารางที่ 56 ลดลงจาก 3,712,426 บาทลงมาอยู่ที่ 1,554,056 บาท ซึ่งลดลง 2,165,370 บาท คิดเป็นร้อยละ 58 ต้นทุนการขนส่งนี้ที่แยกออกเป็น 2 ส่วน คือ ต้นทุนรถบรรทุกสำหรับขนส่งกล่องถุงลมนิรภัยระหว่างโรงงานกับคลังสินค้า และต้นทุนค่าแรงการขนย้ายกล่องและบรรจุใหม่ในคลังสินค้าเพื่อการจัดเก็บและการส่งมอบดังตารางที่ 4 ที่แสดงผลการคำนวณต้นทุนการขนส่งเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนการผลิตหลักที่สร้างจากแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์กับวิธีการเดิม โดยใช้วิธีการคำนวณต้นทุนขนส่งเหมือนกัน ผลการคำนวณพบว่า ต้นทุนรถบรรทุกสำหรับการขนส่งลดลงจาก 2,920,200 บาท ลงมาอยู่ที่ 1,271,700 บาท หรือลดลงเท่ากับ 1,648,500 บาท คิดเป็นการลดลงร้อยละ 56 และต้นทุนการขนย้ายกล่องและบรรจุใหม่ลดลงจากเดิม 799,226 บาท ลงมาอยู่ที่ 282,356 บาท หรือลดลงเท่ากับ 516,870 บาท คิดเป็นการลดลงร้อยละ 65 การลดลงนี้เกิดจากปริมาณถุงลมนิรภัยที่ต้องขนส่งระหว่างโรงงานกับคลังสินค้าลดลง ซึ่งเกิดจากปริมาณการผลิตในแต่ละสัปดาห์ของแผนการผลิตหลักที่สร้างจากแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ใกล้เคียงกับปริมาณความต้องการในแต่ละสัปดาห์เมื่อเทียบกับแผนการผลิตหลักเดิม ทำให้ปริมาณการขนส่งถุงลมนิรภัยจากโรงงานเข้าคลังสินค้าน้อยลงในกรณีที่เกิดเกินความต้องการ และการนำถุงลมนิรภัยที่จัดเก็บในคลังสินค้ากลับมายังโรงงานเพื่อเตรียมส่งมอบให้ลูกค้ามีปริมาณลดลงในกรณีที่ผลิตต่ำกว่าความต้องการ

ดัชนีด้านปริมาณสินค้าค้างส่งนั้น ผู้วิจัยจะยกตัวอย่างที่ชัดเจนที่สุดจากกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 ซึ่งได้มีการนำเสนอไว้ในบทที่ 3 โดยจะทำการเปรียบเทียบระดับของสินค้าค้างคลังตามภาพที่ 11 ด้านล่างนี้

ระดับสินค้าคงคลัง กลุ่มที่ 8



ภาพที่ 11 ระดับสินค้าคงคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8 ก่อนและหลังปรับปรุง

จากภาพที่ 11 นั้น จะสังเกตว่าระดับของสินค้าคงคลังนั้น ไม่เคยต่ำกว่า 0 ในทุกๆสัปดาห์ ทำให้จากตารางที่ 55 นั้น จะเห็นว่าปริมาณสินค้าคงส่งของกลุ่มนี้สามารถแก้ไขได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องจากกำหนดปริมาณการผลิตในสัปดาห์ที่ 15 ถึง 20 ได้เหมาะสม ส่วนปริมาณสินค้าคงคลังที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่องหลังสัปดาห์ที่ 40 เกิดจากการกำหนดปริมาณการผลิตขั้นต่ำในแต่ละสัปดาห์ที่ 65% ของกำลังการผลิตกลุ่มผลิตภัณฑ์นี้ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ต้นทุนด้านการจัดเก็บสูงขึ้น



บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผล

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาเกี่ยวกับการวางแผนจัดตารางการผลิตหลักของบริษัทผลิตถุงลมนิรภัยและนำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการวางแผนการผลิต โดยเป้าหมายของงานวิจัยคือ 1) การนำเสนอแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์เพื่อช่วยในการวางแผนการผลิต และ 2) เพื่อให้ต้นทุนรวมของการจัดเก็บสินค้าและการขนส่งสินค้าเข้าและออกจากคลังสินค้าที่มีระบบการบริหารคลังสินค้าตามลำดับแบบเข้าก่อนออกก่อน (FIFO) มีค่าต่ำที่สุด และ 3) ลดปริมาณสินค้าค้างส่งให้น้อยที่สุด

แบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ที่เสนอถูกแยกออกเป็น 8 กลุ่มผลิตภัณฑ์ ถูกนำมาใช้ในการสร้างแผนการผลิตหลักของปัญหา 8 กลุ่มผลิตภัณฑ์ โดยที่ปัญหาในกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 1 ถูกแยกออกเป็น 6 กลุ่มปัญหาย่อย ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. วิธีการที่เสนอสามารถสร้างแผนการผลิตหลักของถุงลมนิรภัยจำนวน 236 รุ่น บน 38 สายการผลิตได้ตลอดช่วง 52 สัปดาห์
2. แบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์สามารถหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดได้จากการประมวลผล 40 นาที (2,400 วินาที) ของทุกปัญหา ยกเว้นปัญหากลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 7 ที่ใช้เวลาการประมวลผล 1 วินาที และพบผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด
3. ผลการทดสอบประสิทธิภาพ สรุปได้ดังตารางที่ 55 พบว่าต้นทุนรวมของทุกกลุ่มผลิตภัณฑ์ลดลง
4. ต้นทุนรวมของปัญหาทุกกลุ่มผลิตภัณฑ์ลดลง ยกเว้นกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 3 ที่มีต้นทุนรวมสูงขึ้น ซึ่งเกิดจากต้นทุนการจัดเก็บสูงขึ้นมาก ซึ่งเกิดจากการกำหนดปริมาณการผลิตในปริมาณมาก เพื่อป้องกันการเกิดสินค้าค้างส่ง ทำให้ต้องมีการจัดเก็บสินค้าคงคลังบางช่วงเวลาในปริมาณที่สูง
5. ต้นทุนการจัดเก็บสินค้าคงคลังของทุกกลุ่มผลิตภัณฑ์สูงขึ้น ยกเว้น กลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5 และ 6 จากการกำหนดปริมาณการผลิตในปริมาณมาก เพื่อป้องกันการเกิดสินค้าค้างส่ง
6. ต้นทุนการขนย้ายเข้า/ออกคลังสินค้าของทุกกลุ่มผลิตภัณฑ์ลดลง ซึ่งเกิดจากความถี่ของการขนย้ายเข้า/ออกคลังสินค้าลดลง และมีการเลือกใช้ประเภทรถบรรทุกที่เหมาะสมกับปริมาณการขนย้าย
7. ปริมาณสินค้าค้างส่งที่เกิดจากแผนการผลิตเดิมใน 6 กลุ่มผลิตภัณฑ์ จากทั้งหมด 8 กลุ่ม ลดลงทุกกลุ่มปัญหา โดยที่แบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์สามารถสร้างแผนการผลิต

หลักที่ไม่มีสินค้าค้างส่งเลย 7 กลุ่มผลิตภัณฑ์ ส่วนกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 1 ยังคงมีสินค้าค้างส่งรวม 491,142 ซึ่งลดลงจากเดิมที่มีสินค้าค้างส่ง 1,964,795 ชิ้น

ทางผู้วิจัยได้นำเสนอการใช้แบบจำลองกำหนดทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) เข้ามาเป็นตัวเลือกในการพิจารณาจัดตารางแผนการผลิตหลัก ดังที่นำเสนอในบทที่ 4 โดยกำหนดวัตถุประสงค์หลักคือ การลดปริมาณสินค้าค้างส่ง การลดต้นทุนการจัดการสินค้าคงคลัง และการลดต้นทุนการขนส่ง โดยจะใช้การตั้งค่าจาก Spreadsheet ของ Microsoft Excel โดยจะใช้ 1 Spreadsheet ต่อ 1 กลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ทำการจำแนกไว้แล้ว ใช้ OpenSolver ซึ่งเป็นส่วนเสริมที่ติดตั้งไว้ใน Microsoft Excel โดยจะใช้เป็นเวอร์ชัน 2.9.0 และใช้ตัวประมวลผลเป็น Gurobi เวอร์ชัน 7.5.2 ในการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดยไฟล์ Excel นั้นใน 1 Spreadsheet เพื่อการคำนวณนั้น จะมีข้อมูลประกอบด้วย 1) ปริมาณคำสั่งซื้อ 2) ปริมาณการผลิต 3) ปริมาณสินค้าคงคลัง 4) ปริมาณสินค้าค้างส่ง 5) การตัดสินใจเลือกใช้ประเภทรถขนส่ง 6) ปริมาณกล่องบรรจุสินค้าเตรียมส่งคลัง

หลังจากที่ทำการใช้ OpenSolver กำหนดข้อมูลตามที่ได้ตั้งค่าไว้แล้ว เมื่อได้ผลลัพธ์ออกมาผู้วิจัยจึงทำการเปรียบเทียบโดยใช้ดัชนีชี้วัดในแต่ละด้านโดยผลรวมตามตารางที่ 57

ตารางที่ 57 สรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือ

ดัชนีชี้วัด	ผลลัพธ์จากแผนเดิม	ผลลัพธ์หลังปรับปรุง	ผลต่าง	ร้อยละของผลต่าง
ปริมาณสินค้าค้างส่ง	2,145,283 ชิ้น	491,142 ชิ้น	1,654,141 ชิ้น	77%
ต้นทุนการจัดเก็บ	2,505,814 บาท	2,745,532 บาท	239,718 บาท	10%
ต้นทุนการขนส่ง	2,920,200 บาท	1,271,700 บาท	1,648,500 บาท	56%
ต้นทุนค่าแรงพนักงาน	799,226 บาท	282,356 บาท	516,870 บาท	65%
ต้นทุนรวม	6,225,240 บาท	4,299,588 บาท	1,925,652 บาท	

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยที่สรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพจากการวางแผนโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ตามตารางที่ 57 จะพบว่าเมื่อทำการปรับปรุงแล้ว ภาพรวมของผลลัพธ์ใน

ด้านปริมาณสินค้าค้างส่งนั้น ลดลงถึง 1,654,141 ชิ้น หรือลดลงอยู่ที่ร้อยละ 77 ในด้านของต้นทุน การจัดการสินค้าคงคลังนั้น ต้นทุนด้านการขนส่ง ลดลง 1,648,500 บาท หรือลดลงอยู่ที่ร้อยละ 58 และด้านของต้นทุนค่าแรงพนักงานคลังสินค้านั้นลดลง 516,870 บาท หรือร้อยละ 65 อย่างไรก็ตาม แม้ว่าในภาพรวมจะมีผลลัพธ์ที่น่าพึงพอใจ แต่หากแยกดูทีละส่วนก็จะพบว่าในบางกลุ่มผลิตภัณฑ์ นั้น ผลิตภัณฑ์ที่คำนวณออกมามีอัตราเพิ่มขึ้น ซึ่งจะสามารถอ้างอิงได้จากตารางที่ 51 เช่น ในกลุ่ม ผลิตภัณฑ์ที่ 1 นั้น ที่จะมีปัญหาในด้านการ Setting ปัญหาเพื่อการคำนวณด้วย OpenSolver มาก ที่สุด เนื่องจากที่ได้นำเสนอไปในบทที่ 4 นั้น กลุ่มผลิตภัณฑ์นี้มีจำนวนตัวแปรตัดสินใจมากที่สุดจึง ต้องทำการแบ่งการคำนวณออกเป็น 6 ครั้ง และตั้งค่าให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์คำนวณค่าจัดเก็บแบบ เป็นขั้นแยกกันแล้วจึงนำมารวมกันเพื่อคำนวณเป็นปริมาณกล่อง เนื่องจากจะสามารถลดต้นทุนได้ ดีกว่าการตั้งค่าแบบผลิตภัณฑ์กลุ่มอื่นๆ ผลลัพธ์จากการวางแผนเดิม จะทำให้เกิดต้นทุนการจัดเก็บ อยู่ที่ 605,825 บาท แต่เมื่อใช้การคำนวณด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์นั้น ผลลัพธ์ที่ได้ออกมาจะอยู่ที่ 955,080 บาท ซึ่งเพิ่มขึ้นถึง 349,255 บาท ทั้งนี้เป็นเพราะ OpenSolver นั้น พยายามจะแก้ไขจุดอ่อน จากแผนเดิมที่มีปริมาณสินค้าค้างส่งที่ 1,964,795 ชิ้น จนเหลือ 491,142 ชิ้น ทำให้ในแต่ละสัปดาห์ นั้น มีการคำนวณให้สำรองสินค้าคงคลังเพื่อรองรับคำสั่งซื้อในสัปดาห์ถัดๆ ไป อย่างไรก็ตามผลลัพธ์ จากการคำนวณนั้น สามารถลดต้นทุนการขนส่งของกลุ่มผลิตภัณฑ์นี้ จากเดิม 1,783,316 บาท ลดลงมาอยู่ที่ 810,419 บาท หรือเท่ากับลดลงไป 972,898 บาท จะเห็นได้ว่า แม้ว่าผลลัพธ์จาก แผนการผลิตเดิมจะทำให้ต้นทุนการจัดเก็บน้อยกว่า แต่กลับทำให้ต้นทุนการขนส่งเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็น เพราะ แผนการผลิตที่เกิดจากการคำนวณของ OpenSolver นั้น มีความถี่การใช้รถขนส่งน้อยกว่า เนื่องจากการขนส่งสินค้าเข้าคลังมีการขนส่งปริมาณสินค้าต่อครั้งที่มากกว่าแผนการผลิตเดิม ทำให้ แม้ว่าจะมีปริมาณสินค้าคงคลังมากกว่าแผนการผลิตเดิม แต่แผนการผลิตจากการคำนวณของ OpenSolver กลับทำให้ใช้รถได้เต็มความจุ (Capacity) ต่อครั้งมากกว่า

อีกกรณีหนึ่งคือ กลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 3 ซึ่งเมื่อพิจารณาตามตารางที่ 55 แล้วจะสังเกตได้ว่า ทั้ง กลุ่มนี้จะมี ต้นทุนรวมเพิ่มจากเดิม 235,768 บาท เป็น 256,824 บาท โดยเพิ่มขึ้น 68,370 บาท อย่างไรก็ตามเมื่อแจกแจงดูแล้วจะพบว่า กลุ่มที่ 3 นี้ พบกับปัญหาเดียวกับกลุ่มที่ 1 ที่ได้มีการเสนอ ตัวอย่างไปข้างต้น คือ การวางแผนโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถแก้ไขปัญหาในด้าน ปริมาณสินค้าค้างส่งได้ แต่ที่ส่งผลให้ต้นทุนการจัดเก็บเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการคำนวณของ OpenSolver จะทำให้วางแผนการผลิตให้เกินคำสั่งซื้อในสัปดาห์นั้นๆ เพื่อรองรับกับคำสั่งซื้อที่ เพิ่มขึ้นในสัปดาห์ถัดๆ ไป แต่เนื่องด้วยต้นทุนที่เพิ่มขึ้นในด้านการจัดเก็บนั้น เพิ่มขึ้นในอัตราที่ มากขึ้นกว่ากลุ่มผลิตภัณฑ์อื่นๆมาก โดยในกลุ่มที่ 3 นั้น เพิ่มขึ้นจาก 79,695 บาท เป็น 192,893 บาท หรือเพิ่มขึ้น 113,198 บาท หรือคิดเป็นร้อยละ 142

หากสรุปโดยภาพรวม การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาเป็นเครื่องมือในการกำหนดแผนการผลิตหลักนั้น สามารถแก้ไขปัญหาในด้านปริมาณสินค้าค้างส่ง และด้านต้นทุนบริหารสินค้าคงคลังได้อย่างเห็นได้ชัด เพียงแต่เมื่อแจกแจงออกมาแล้วก็จะเห็นได้ว่าในบางกลุ่มผลิตภัณฑ์ก็ยังไม่สามารถแก้ไขปัญหาในด้านต้นทุนได้ดีสักเท่าไรนัก ดังจะเห็นได้ตามตารางที่ 58 ด้านล่างนี้

ตารางที่ 58 ต้นทุนค่าเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น

Group	ปริมาณ สินค้าค้างส่ง (ก่อน ปรับปรุง) (ชิ้น)	ปริมาณ สินค้าค้างส่ง (หลัง ปรับปรุง) (ชิ้น)	ผลต่าง ปริมาณ สินค้าค้างส่ง (ชิ้น)	ต้นทุนการ เก็บรักษา (ก่อน ปรับปรุง) (บาท)	ต้นทุนการ เก็บรักษา (หลัง ปรับปรุง) (บาท)	ผลต่าง ต้นทุน เก็บ รักษา (บาท)
1	1,964,795	491,142	1,473,653	605,825	955,080	349,255
2	111,098	-	111,098	120,721	171,650	50,929
3	6,284	-	6,284	79,695	192,893	113,198
4	4,116	-	4,116	164,930	223,079	58,149
7	-	-	-	542,325	594,682	52,357
8	51,334	-	51,334	35,612	61,769	26,157

ตามตารางที่ 58 นั้น จะเห็นได้ว่ากลุ่มผลิตภัณฑ์เหล่านี้จะประสบปัญหาในด้านการลดต้นทุนการเก็บรักษา เนื่องจากผลลัพธ์จากการคำนวณแผนการผลิตด้วย OpenSolver นั้นทำให้ต้นทุนในส่วนนี้เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะในกลุ่มที่ 3 จะมีอัตราการเพิ่มขึ้นของต้นทุนในส่วนนี้มากที่สุด โดยเพิ่มขึ้นถึงประมาณร้อยละ 142 ทั้งนี้เนื่องมาจากในกลุ่มนี้มีปริมาณของสินค้าคงคลังเมื่อสัปดาห์ที่ 0 น้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณคำสั่งซื้อ OpenSolver จึงได้คำนวณให้มีปริมาณผลิตมากกว่าปริมาณคำสั่งซื้อเพิ่มขึ้นมาที่ประมาณร้อยละ 53% ซึ่งตามการคาดการณ์ของผู้วิจัยแล้ว หากทำการคำนวณแผนการผลิตในรอบการวางแผนครั้งถัดไป ก็มีแนวโน้มว่าจะได้ผลลัพธ์ของผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้ดีขึ้นกว่าในครั้งนี้น่า

อ้างอิงจากตารางที่ 56 ในบทที่ 4 จะเห็นได้ว่าการคำนวณของ OpenSolver สามารถแก้ไขปัญหาต้นทุนการขนส่งได้ทุกกลุ่มผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้เนื่องมาจากการบังคับผลิตเต็มกำลังในทุกสัปดาห์การผลิตของ OpenSolver นั้น ทำให้รอบการขนส่งในแต่ละรอบนั้นสามารถขนส่งสินค้าไปยังคลัง

ได้ในปริมาณมากๆ โดยที่ใช้เที่ยวรถน้อยลง อีกทั้งยังตัดสินใจเลือกใช้รถบรรทุกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เนื่องจากการขนส่งแต่ละรอบจะขนส่งได้เต็มคันรถ ในส่วนของการขนส่งสินค้าออกจากคลังนั้น เมื่อสินค้าคงคลังมีปริมาณมากเพียงพอแล้ว OpenSolver ก็จะลดปริมาณการผลิตและดึงเอาสินค้าที่ฝากไว้ในคลังออกมารวมกับสินค้าที่เตรียมจัดส่ง โดยจะดึงออกมาในปริมาณมากๆเช่นเดียวกับในรอบส่งเข้าคลัง ทำให้รอบการขนส่งน้อยลงเช่นกัน โดยต้นทุนในส่วนนี้ลดลงโดยรวมถึง ร้อยละ 56

และจากการคำนวณแผนการผลิตของ OpenSolver นั้น สามารถลดต้นทุนค่าแรงของพนักงานคลังสินค้าลงได้โดยรวมถึงร้อยละ 65 ทั้งนี้เนื่องมาจากการบรรจุสินค้าลงกล่องนับเป็นกล่องละ 100 ชิ้น และส่วนกล่องใดที่ไม่ปริมาณไม่ถึง 100 ชิ้นก็จะถูกนำส่งไปยังคลังสินค้าไปเลยเช่นกัน ซึ่งถ้าหากเหลือผลิตภัณฑ์ในแต่ละสัปดาห์ที่จะต้องส่งน้อย ก็จะเสียโอกาสในการบรรจุสินค้าให้เต็มกล่องไป และเนื่องจากการบังคับให้ผลิตเต็มกำลังการผลิต ทำให้กล่องบรรจุภัณฑ์สามารถบรรจุได้เต็มขนาดมากขึ้น และจากการที่คลังสินค้านั้นคิดค่าแรงในการยกกล่องบรรจุสินค้าเป็นหน่วยต่อกล่องนั่นเอง ทำให้สามารถลดปริมาณกล่องที่ต้องให้พนักงานยกได้ และในส่วนของขนส่งสินค้าออกก็จะเป็นในกรณีเดียวกันคือ เนื่องจากแต่ละกล่องบรรจุสินค้าเต็มขนาดบรรจุเป็นส่วนมาก ทำให้มีการยกกล่องน้อยครั้ง แต่สามารถนำส่งสินค้าได้ในปริมาณมากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ควรสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์หรือ แอปพลิเคชัน (Application) ที่สามารถสร้างแผนการผลิตหลักจากแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์จากวิธีการที่เสนอ ซึ่งทำให้ผู้วางแผนสามารถนำวิธีการที่เสนอนี้ไปใช้ได้จริง
2. ทดลองประมวลผลแบบจำลองสำหรับการสร้างแผนการผลิตหลักในรอบเวลาที่สั้นลง เช่น รายไตรมาส เป็นต้น แล้วนำผลลัพธ์ของปัญหาข้อนี้มารวมเป็นแผนการผลิตหลัก 52 สัปดาห์แล้วเปรียบเทียบต้นทุนรวมและปริมาณสินค้าค้างส่งกับผลการวิจัยนี้ เพื่อเป็นทางเลือกในการแบ่งปัญหาย่อยตามรอบเวลาการวางแผนต่อไป
3. ทดลองกำหนดกำลังการผลิตขั้นต่ำที่สอดคล้องกับปริมาณความต้องการในแต่ละช่วงเวลา อาจทำให้ลดต้นทุนการจัดเก็บสินค้าคงคลังได้ ซึ่งจะทำให้ต้นทุนด้านการขนส่งสินค้าเข้าและออกจากคลังลดลงด้วย

บรรณานุกรม

- กฤตกนก พานู, วราธร ปัญญางาม, และ นิลวรรณ ชุ่มฤทธิ์. (2555). การกำหนดขนาดการสั่งซื้อที่เหมาะสมด้วยวิธีพลวัต กรณีศึกษาการคงคลังข้าวเปลือกของโรงสีตัวอย่าง. การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2555, 1899 - 1904.
- กองพัน อารีรักษ์. (2555). แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบรถไฟฟ้า. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี,
- กัญชลา สุดตาชาติ. (2552). อิวิริสติกสำหรับการผลิตเครื่องจักรขนาน กรณีมีเวลาติดตั้งเครื่องจักรและมีข้อจำกัดของเครื่องจักร. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, 5(2), 77-88.
- กิตติ ภัคดีวัฒน์กุล. (2554). การวิเคราะห์เชิงปริมาณเพื่อการตัดสินใจ. กรุงเทพฯ: เคทีพี คอมพ์แอนด์คอนซัลท์.
- กิรณา มหิพันธ์, บรรหาญ ลีลา, และ จักรวาล คุณะดิลก. (2560). การศึกษานโยบายการจัดการพัสดุคงคลังชิ้นส่วนอะไหล่สำหรับงานซ่อมบำรุงเครื่องจักร. *The Technology Innovation Management and Engineering Science International Conference (TIMES-iCON)*.
- จักรวาล คุณะดิลก และ รดาธร กิตติญาณนนท์. (2564). การกำหนดปริมาณผลิตและการจัดตารางการผลิตสำหรับกระบวนการป้อนชิ้นรูปชิ้นส่วน โครงรถยนต์. วารสารช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมไทย, 7(2), 75-89.
- เชษฐา ชำนาญหล่อ, จันจิรา คงชื่นใจ, ธนพันธ์ คงทอง และ กาญจนา บุญชู. (2561). อิวิริสติกส์สำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิตในอุตสาหกรรมที่มีเครื่องจักรขนาน. วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ., 12(2).
- บุษบา พุกษาพันธุ์รัตน์. (2552). การวางแผนและควบคุมการผลิต. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท็อป.
- ปารเมศ ชุตินา. (2546). เทคนิคการจัดตารางการดำเนินงาน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ แอคทีฟ พรินท์.
- พงศา บุญชัยวัฒน์โชติ. (2558). *Smart JD* (2 ed.). กรุงเทพฯ: ธรรมนิติ เพรส.
- ภัทรภรณ์ สัจจนคำรงค์ และ ธารทัศน์ โมกขมรรคกุล. (2551). การพัฒนาแผนการผลิตหลักสำหรับอุตสาหกรรมแบบผลิตตามสั่ง. Paper presented at the การประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2551.
- โมริตะ นาโอยุกิ. (2561). องค์กรที่ทุกคนสร้างกำไร (ผ. (วิฑูรย์ ภูริปัญญาวิช Ed. 2 ed.). กรุงเทพฯ: ตาตา.
- รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ และ พรธิภา องค์คุณารักษ์. (2556). การวิจัยดำเนินงาน. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- สุพัฒน์ อุปนิกรจิต. (2558). 108 ปัญหาสินค้าคงเหลือและการผลิต. กรุงเทพฯ: ธรรมนิติ เพรส.

- อัญชลี แซ่เจียม, กาญจน์ภา อมรัชกุล, และ ศิวิกา ดุษฎีโหนด. (2562). การกำหนดระดับสินค้าคงคลังที่เหมาะสมและการรวมคลังสินค้า: กรณีศึกษาลังสินค้าในทวีปยุโรปของบริษัทผู้ผลิตสารเคลือบผิว. วารสารสถิติประยุกต์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ปีที่ 4(1), 13.
- Bellis, M. (2019). The History of Airbags. Retrieved April 14th, 2024, from ThoughtCo [thoughtco.com/history-of-airbags-1991232](https://www.thoughtco.com/history-of-airbags-1991232)
- Clark, A., Almada-Lobo, B., & Almeder, C. (2011). Lot sizing and scheduling: industrial extensions and research opportunities. *Int. of Prod. Res.*, 49(9), 2457-2461.
- Drexel, A., & Kimms, A. (1997). Lot sizing and scheduling - Survey and extensions. *European Journal of Operational Research*, 19, 22-35.
- Fardis, M. N. (2012). *Innovative Materials and Techniques in Concrete Construction*. Department of Civil Engineer: University of Patras.
- Heuvel, W. V. D. (2006). *The Economic Lot-Sizing Problem*. Erasmus University, Rotterdam.
- Ishak, A., Tarigan, U., & Dwinita, A. (2020). *Planning of Master Production Schedule at PT Semen Padang*. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.
- Karimi, B., Fatemi Ghomi, SMT, Wilson J. M. (2003). The capacitated lot sizing problem: a review of models and algorithms. *Omega*. 31(5), 365-378.
- Marion, G., & Lawson, D. (2008). *An Introduction to Mathematical Modelling*. Scotland.
- Mason, A. J. (2011). *OpenSolver – An Open Source Add-in to Solve Linear and Integer Programmes in Excel*. Paper presented at the International Conference on Operations Research, Zurich, Switzerland.
- Proud, J. F. (2007). *Master Scheduling: A Practical Guide to Competitive Manufacturing* John Wiley & Sons, Inc.
- Ragsdale, C. T. (2011). *Managerial Decision Modeling* (6th edition ed.): South-Western.
- SCG JWD. (2564). วิธีการจัดการ และ ป้องกัน BACKORDER. Retrieved from <https://bit.ly/3XNzka7>
- The Economic Times. (n.d.). Definition of 'Lot Size'. Retrieved from <https://economictimes.indiatimes.com/definition/lot-size>
- Tulett D. M. (2019). Decision Modeling. Retrieved from <https://linney.mun.ca/pages/view.php?ref=36808>





ภาคผนวก ก

ในส่วนของภาคผนวก ก นี้จะนำเสนอค่าของพารามิเตอร์จากบทที่ 4 ดังด้านล่างนี้

D_{it} = ปริมาณความต้องการผลิตภัณฑ์รุ่น i ในสัปดาห์ t

P_{ij} = เวลาการผลิตผลิตภัณฑ์รุ่น i บนสายการผลิต j (หน่วยเวลาต่อชิ้น)

H = ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บ (บาทต่อกล่องต่อสัปดาห์)

L_t = เวลาการผลิตน้อยที่สุดที่ต้องใช้ของสายการผลิตหนึ่ง ๆ ในสัปดาห์ t (หน่วยเวลา:วินาที)

U_t = เวลาการผลิตมากที่สุดที่เป็นไปได้ของสายการผลิตหนึ่ง ๆ ในสัปดาห์ t (หน่วยเวลา:วินาที)

M = ค่ามาก ที่ใช้สำหรับเป็นต้นทุนต่อหน่วยสินค้าค้างส่ง (บาทต่อชิ้นต่อสัปดาห์)

S_k = ค่าใช้จ่ายในการขนส่งด้วยรถบรรทุกประเภท k

R_k = จำนวนกล่องบรรทุกสูงสุดในคันรถของรถบรรทุกประเภท k

C = ค่าแรงขนกล่อง (บาท/กล่อง)

V = ค่ามาก ที่ใช้แทนค่าการตัดสินใจส่งสินค้าออกจากคลัง

โดยที่ทางผู้วิจัยจะทำการแจกแจงพารามิเตอร์ D_{it} ดังด้านล่างนี้ โดยที่เนื่องจากพารามิเตอร์นี้มีตัวแปรในปริมาณมาก จึงจะทำการยกตัวอย่างเพียงผลิตภัณฑ์รุ่นที่ 1-16 ใน 26 สัปดาห์หรือครึ่งปีเท่านั้น

ตารางที่ 59 ค่าของพารามิเตอร์ปริมาณคำสั่งซื้อของผลิตภัณฑ์รุ่นที่ 1-16 ใน 26 สัปดาห์

รุ่น	ปริมาณคำสั่งซื้อ (Demand) รายสัปดาห์ (หน่วย:ชิ้น)																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	99	99	96	0	0	99	99	99	0	99	0	0	99	0	0	0	99	0	0	99	0	198	198	99	0	0
2	99	99	99	0	0	99	99	99	0	99	0	0	99	0	0	0	99	0	0	99	0	99	99	99	0	0
3	224	0	0	0	0	112	0	0	112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	112	0	0	0
4	0	0	0	0	0	112	0	0	112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	112	0	0	0
5	84	168	0	84	0	0	0	84	0	84	84	0	0	84	0	0	0	0	0	0	0	84	84	0	0	0
6	0	252	0	84	0	0	0	84	0	84	84	0	0	84	0	0	0	0	0	0	0	84	84	0	0	0
7	105	105	105	105	0	210	105	105	105	105	105	105	105	105	0	0	105	105	0	0	0	210	105	0	105	0
8	105	105	105	105	0	210	105	105	105	105	105	105	105	105	0	0	105	105	0	0	0	210	105	0	105	0
9	0	105	0	105	0	0	105	0	105	0	0	0	105	105	0	0	0	0	0	0	0	0	105	0	105	0
10	0	105	0	105	0	0	105	0	105	0	0	0	105	105	0	0	0	0	0	0	0	0	105	0	105	0
11	2100	2100	2100	2100	960	1260	2100	1620	1860	1860	1680	1680	1200	3180	0	2040	2040	840	1620	900	0	2340	540	1440	1020	780
12	2100	2100	2100	2100	960	1260	2220	1620	1860	1860	1680	1680	1200	3180	0	2040	2040	1620	840	1620	0	1620	540	1440	1020	780
13	1512	1344	1344	1344	1008	1232	1120	784	1736	1064	1064	1064	728	2744	0	1232	1736	1344	560	0	336	336	112	1232	1176	1176
14	1512	1344	1288	1400	1008	1232	1120	784	1736	1064	1064	1064	728	2744	0	1176	1792	1232	672	0	336	336	112	1232	1176	1176
15	3339	3843	4914	5670	3591	3213	3339	4221	3591	3591	3596	5544	1386	7119	0	1260	1260	5670	1323	819	240	2560	2960	3280	3680	3680
16	3339	3213	5103	5670	4536	3213	3339	4221	3591	3591	3596	5544	1386	7119	0	1260	1260	5670	1323	630	480	2320	2880	3360	3680	3680

ในส่วนของค่าพารามิเตอร์ D_{ii} สามารถดูเพิ่มเติมได้ที่:

https://docs.google.com/spreadsheets/d/19NvC8Dmu6QgYe2uvjo2mM95oItrrciqcBF_G4poMW3A/edit?usp=sharing

ในส่วนถัดไป ผู้วิจัยจะแจกแจงค่าของพารามิเตอร์ตัวถัดไปคือ P_{ij} หรือเวลาที่ใช้ในการผลิต โดยในส่วนนี้ผู้วิจัยจะทำการยกตัวอย่างของผลิตภัณฑ์รุ่นที่ 1-32 ในสายการผลิตที่ 1-3 ดังตารางด้านล่างนี้

ตารางที่ 60 ค่าของพารามิเตอร์เวลาการผลิตของผลิตภัณฑ์รุ่นที่ 1-32 ในสายการผลิตที่ 1-3

P_{ij}		
P	i	j
15.25626	1	
15.25626	2	
15.25626	3	
15.25626	4	
15.25626	5	
15.25626	6	
15.25626	7	
15.25626	8	
15.25626	9	1
15.25626	10	
15.25626	11	
15.25626	12	
15.25626	13	
15.25626	14	
15.25626	15	
15.25626	16	

ตารางที่ 60 ค่าของพารามิเตอร์เวลาการผลิตของผลิตภัณฑ์รุ่นที่ 1-32 ในสายการผลิตที่ 1-3 (ต่อ)

P_{ij}		
P	i	j
34.28571	17	
34.28571	18	
34.28571	19	
34.28571	20	
34.28571	21	
34.28571	22	2
34.28571	23	
34.28571	24	
34.28571	25	
34.28571	26	
34.28571	27	
34.28571	28	
34.28571	29	
34.28571	30	3
34.28571	31	
34.28571	32	

สามารถเข้าดูพารามิเตอร์ P_{ij} เพิ่มเติมได้ที่:

https://docs.google.com/spreadsheets/d/19NvC8Dmu6QgYe2uvjo2mM95oItrrciqcBF_G4poMW3A/edit?usp=sharing

พารามิเตอร์ตัวต่อมาก็คือ H หรือพารามิเตอร์แทนค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บ ซึ่งคิดเป็นหน่วยต่อกล่อง ต่อสัปดาห์ มีเพียงค่าคงที่เดียว คือ 4.2 บาทต่อกล่องต่อสัปดาห์ ซึ่งการฝากสินค้าเข้าคลังและนำสินค้าออกจะมีเพียง 1 รอบต่อสัปดาห์เท่านั้น ทำให้ต้นทุนในส่วนนี้ง่ายต่อการคำนวณมากที่สุด

ตัวถัดมาก็คือ L_i และ U_i ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่ใช้แทนเวลาในการผลิตขั้นต่ำและสูงสุดตามลำดับ โดยผู้วิจัยจะทำการสรุปเป็นตารางดังด้านล่างนี้

ตารางที่ 61 ค่าของพารามิเตอร์ L_t และ U_t ของแต่ละสัปดาห์ (หน่วย:วินาที)

U_t		L_t	
U	t	L	t
396,000.00	1	240,768.00	1
432,000.00	2	262,656.00	2
432,000.00	3	262,656.00	3
432,000.00	4	262,656.00	4
432,000.00	5	262,656.00	5
432,000.00	6	262,656.00	6
432,000.00	7	262,656.00	7
270,000.00	8	164,160.00	8
432,000.00	9	262,656.00	9
432,000.00	10	262,656.00	10
432,000.00	11	262,656.00	11
432,000.00	12	262,656.00	12
432,000.00	13	262,656.00	13
360,000.00	14	218,880.00	14
-	15	-	15
360,000.00	16	218,880.00	16
432,000.00	17	262,656.00	17
360,000.00	18	218,880.00	18
432,000.00	19	262,656.00	19
432,000.00	20	262,656.00	20
432,000.00	21	262,656.00	21
360,000.00	22	218,880.00	22
432,000.00	23	262,656.00	23
432,000.00	24	262,656.00	24
360,000.00	25	218,880.00	25

ตารางที่ 61 ค่าของพารามิเตอร์ L_t และ U_t ของแต่ละสัปดาห์ (หน่วย:วินาที) (ต่อ)

U_t		L_t	
U	t	L	t
432,000.00	26	262,656.00	26
432,000.00	27	262,656.00	27
432,000.00	28	262,656.00	28
432,000.00	29	262,656.00	29
360,000.00	30	218,880.00	30
432,000.00	31	262,656.00	31
360,000.00	32	218,880.00	32
432,000.00	33	262,656.00	33
432,000.00	34	262,656.00	34
432,000.00	35	262,656.00	35
432,000.00	36	262,656.00	36
324,000.00	37	196,992.00	37
432,000.00	38	262,656.00	38
432,000.00	39	262,656.00	39
324,000.00	40	196,992.00	40
360,000.00	41	218,880.00	41
432,000.00	42	262,656.00	42
396,000.00	43	240,768.00	43
432,000.00	44	262,656.00	44
432,000.00	45	262,656.00	45
432,000.00	46	262,656.00	46
432,000.00	47	262,656.00	47
432,000.00	48	262,656.00	48
360,000.00	49	218,880.00	49

ตารางที่ 61 ค่าของพารามิเตอร์ L_t และ U_t ของแต่ละสัปดาห์ (หน่วย:วินาที) (ต่อ)

U_t		L_t	
U	t	L	t
432,000.00	50	262,656.00	50
216,000.00	51	131,328.00	51
-	52	-	52

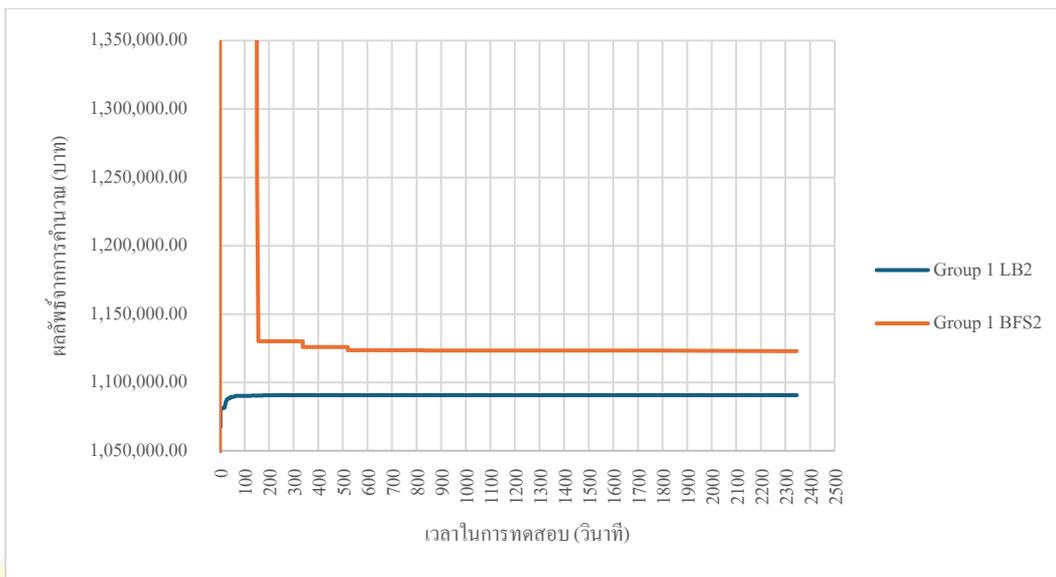
พารามิเตอร์ S_k และ R_k สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 64 นี้

ตารางที่ 62 ค่าของพารามิเตอร์ S_k และ R_k

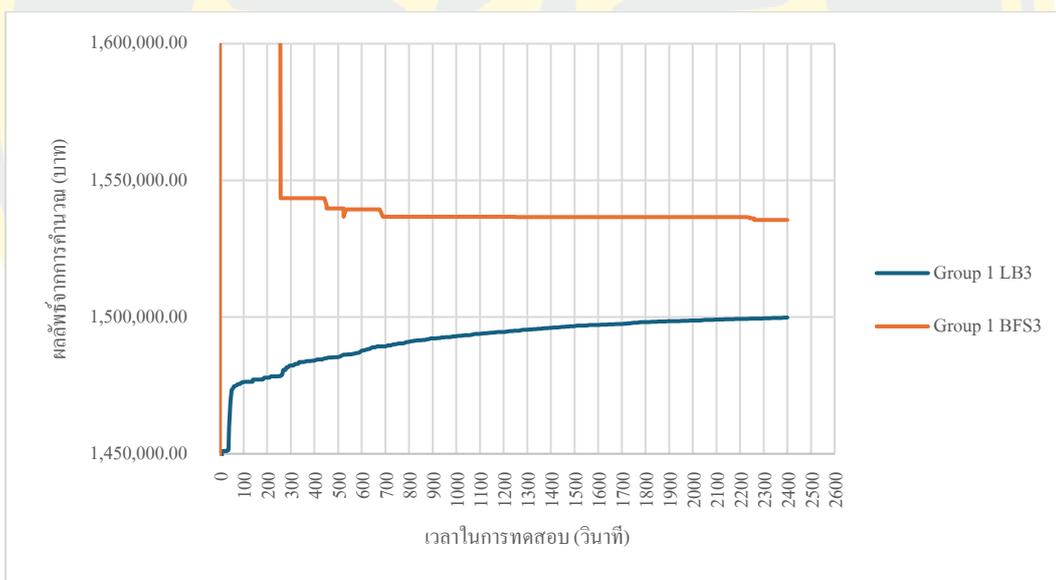
S	R	k
900	50	1
300	5	2



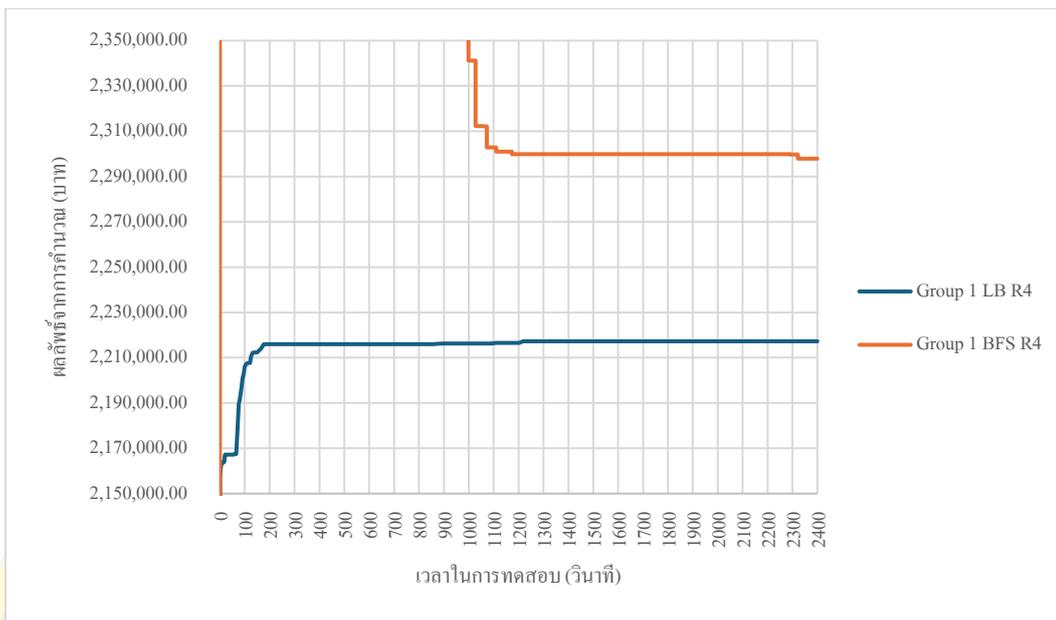
ภาคผนวก ข



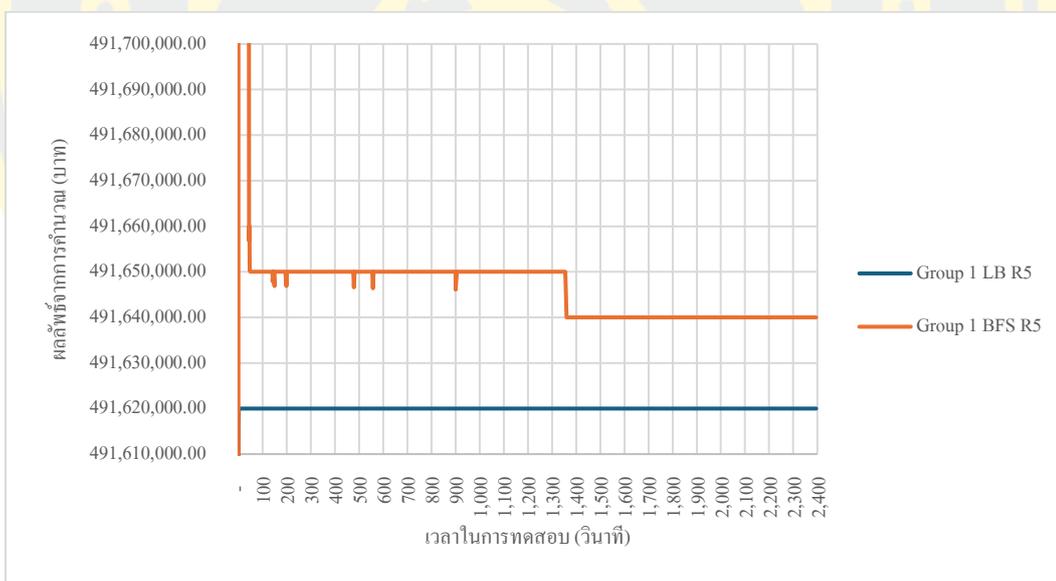
ภาพที่ 12 ผลการทดสอบค่า BFS และ LB ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 1 ปัญหาย่อยที่ 2



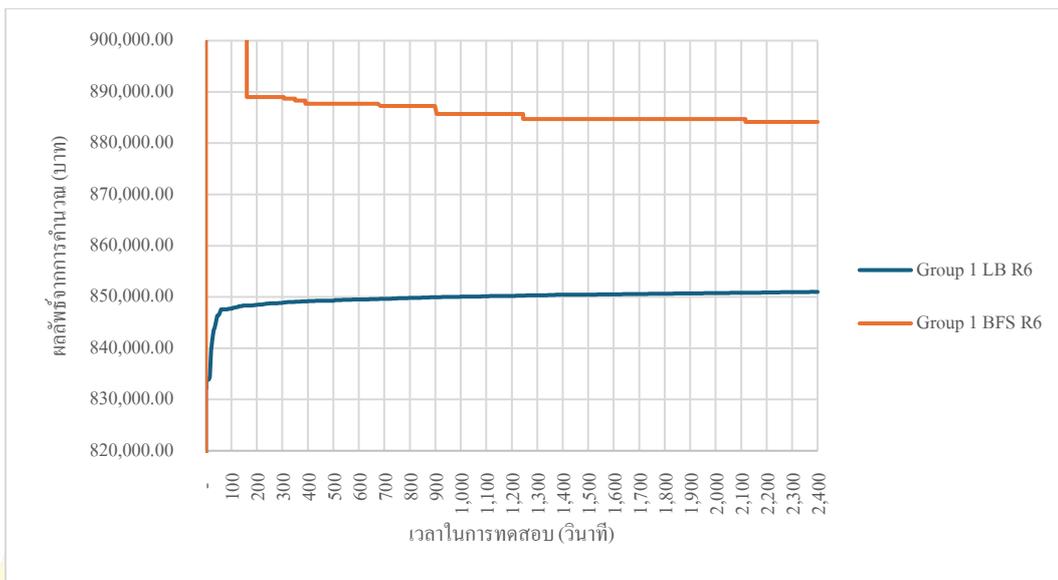
ภาพที่ 13 ผลการทดสอบค่า BFS และ LB ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 1 ปัญหาย่อยที่ 3



ภาพที่ 14 ผลการทดสอบค่า BFS และ LB ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 1 ปัญหาย่อยที่ 4



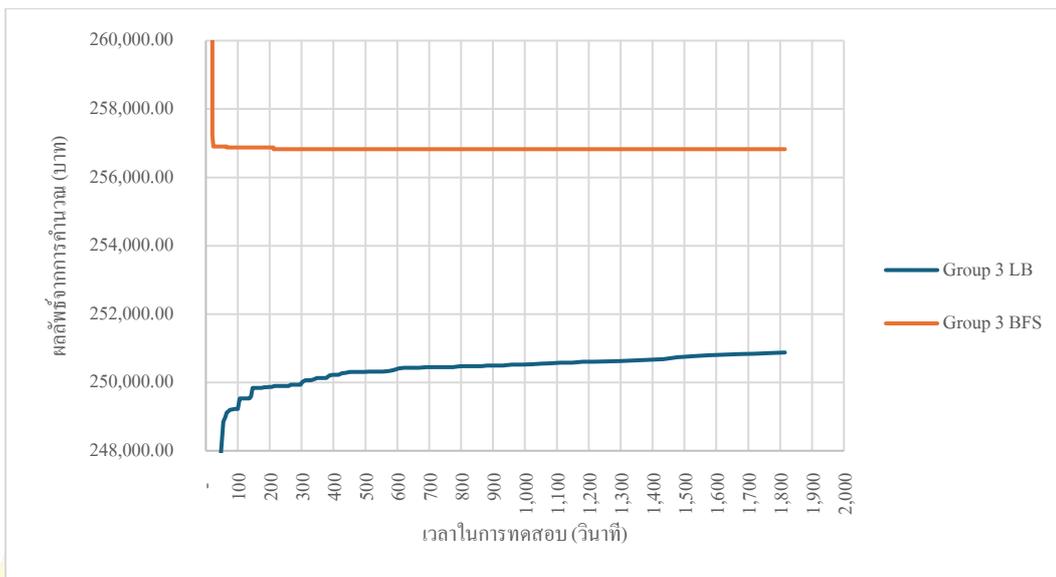
ภาพที่ 15 ผลการทดสอบค่า BFS และ LB ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 1 ปัญหาย่อยที่ 5



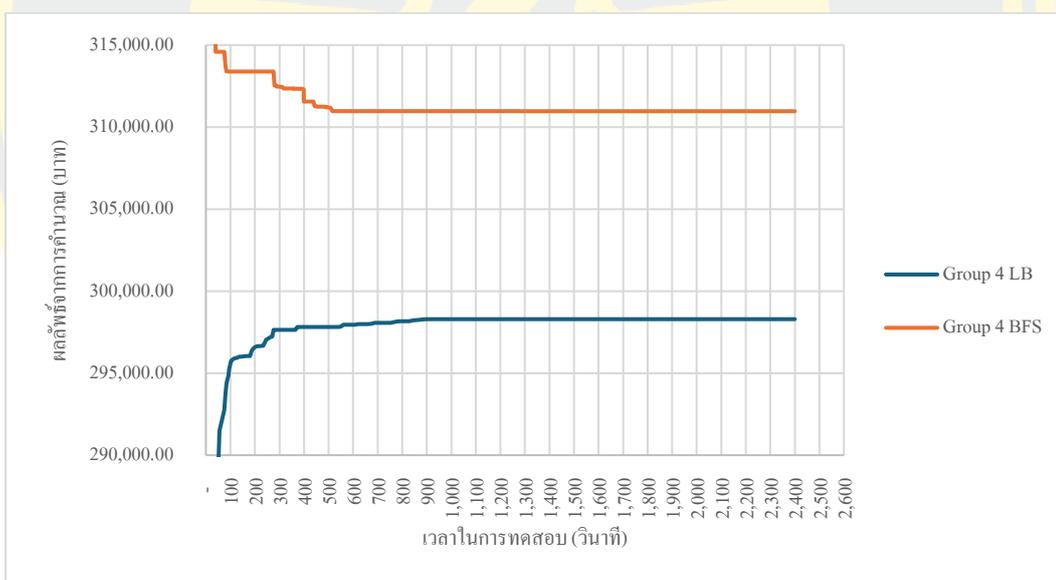
ภาพที่ 16 ผลการทดสอบค่า BFS และ LB ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 1 ปัญหาย่อยที่ 6



ภาพที่ 17 ผลการทดสอบค่า BFS และ LB ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 2



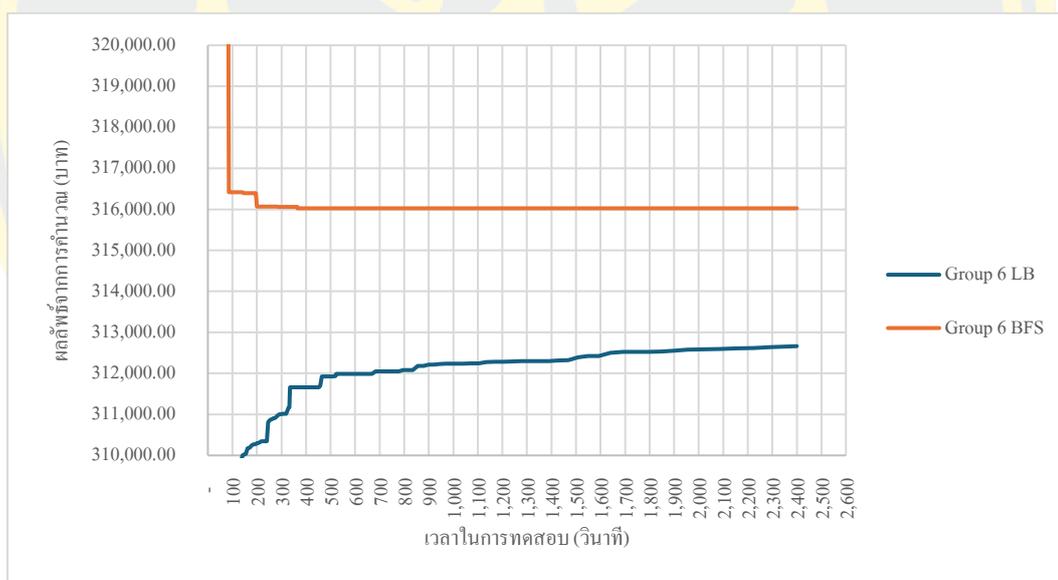
ภาพที่ 18 ผลการทดสอบค่า BFS และ LB ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 3



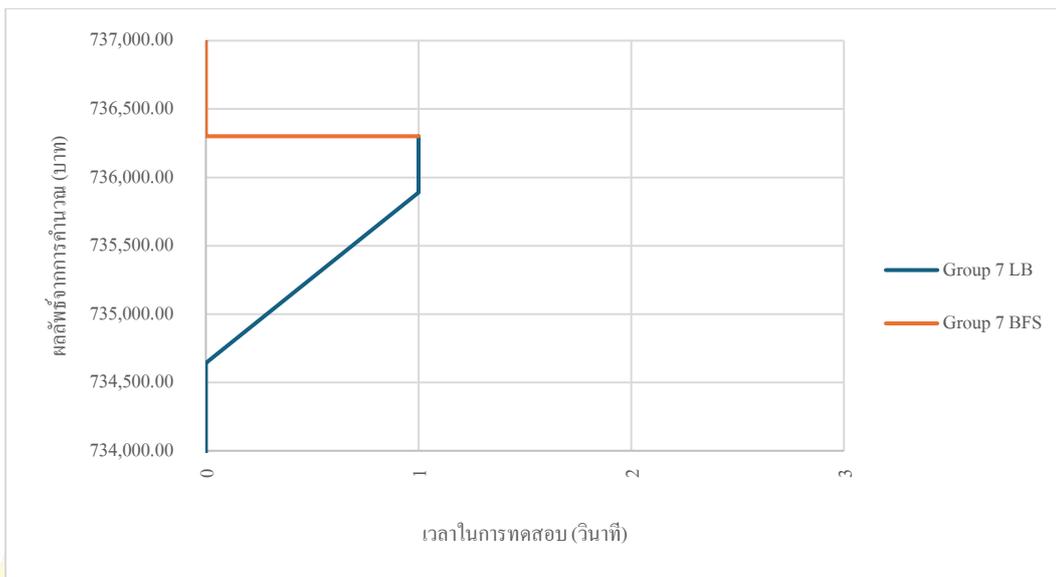
ภาพที่ 19 ผลการทดสอบค่า BFS และ LB ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 4



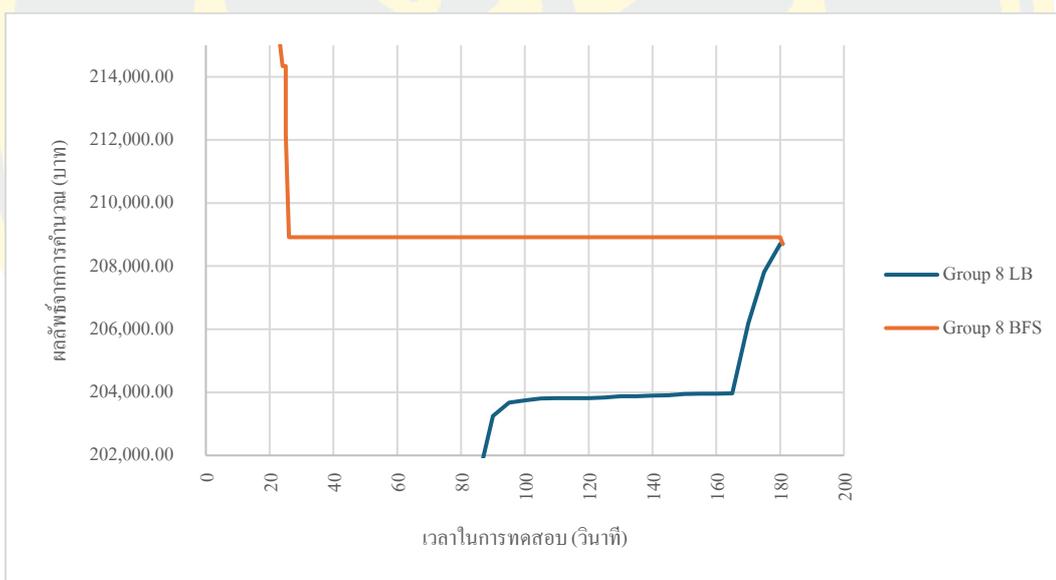
ภาพที่ 20 ผลการทดสอบค่า BFS และ LB ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5



ภาพที่ 21 ผลการทดสอบค่า BFS และ LB ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 6



ภาพที่ 22 ผลการทดสอบค่า BFS และ LB ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 7

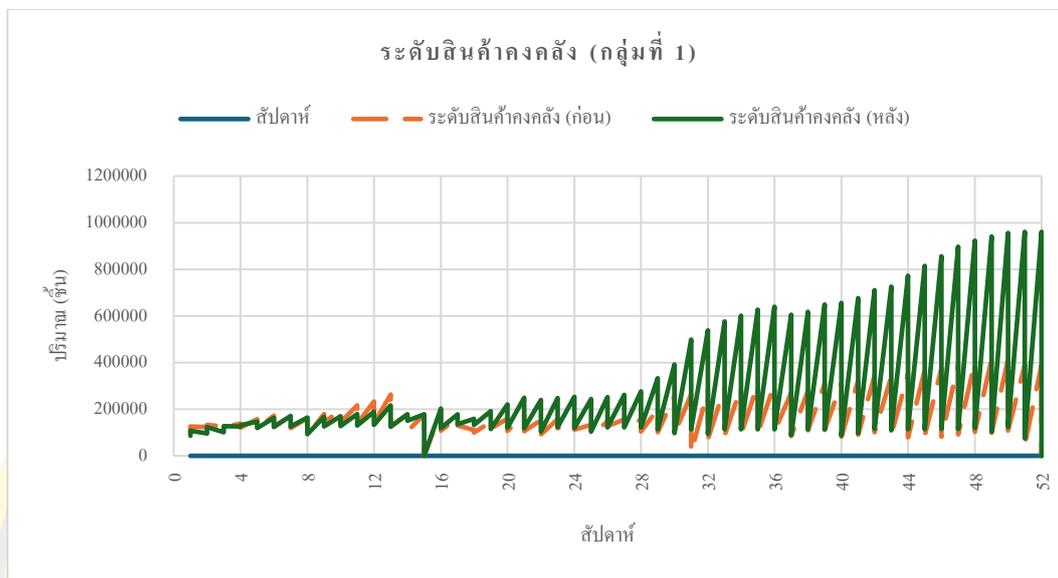


ภาพที่ 23 ผลการทดสอบค่า BFS และ LB ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8

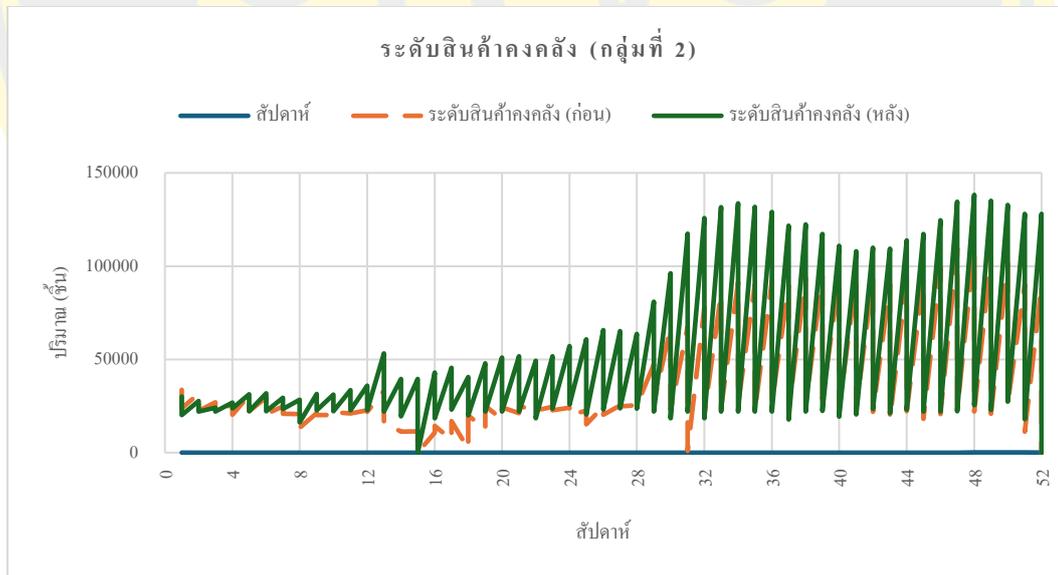


ภาคผนวก ก

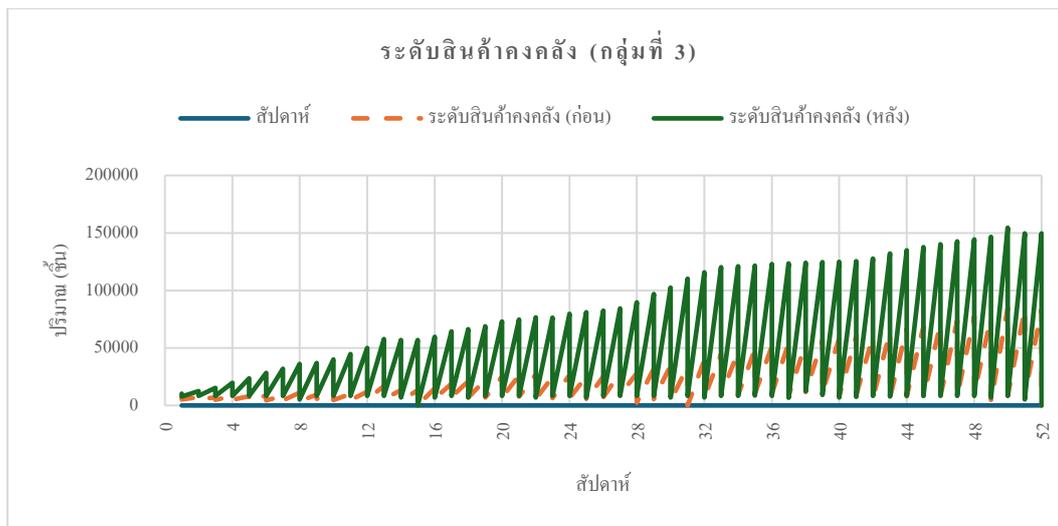
เปรียบเทียบระดับสินค้าคงคลังของปัญหาอื่นๆ



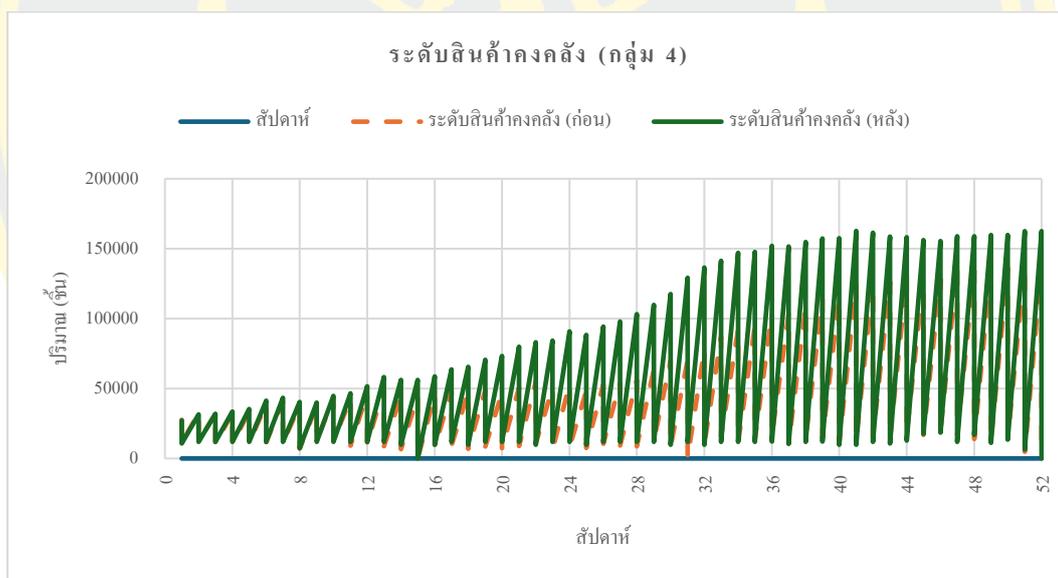
ภาพที่ 24 ระดับสินค้าคงคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 1



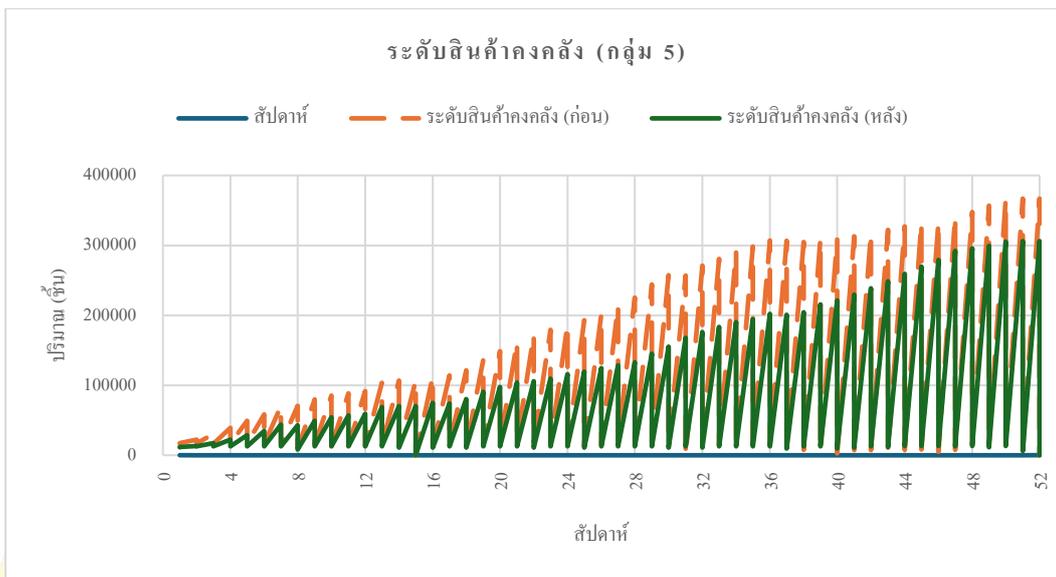
ภาพที่ 25 ระดับสินค้าคงคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 2



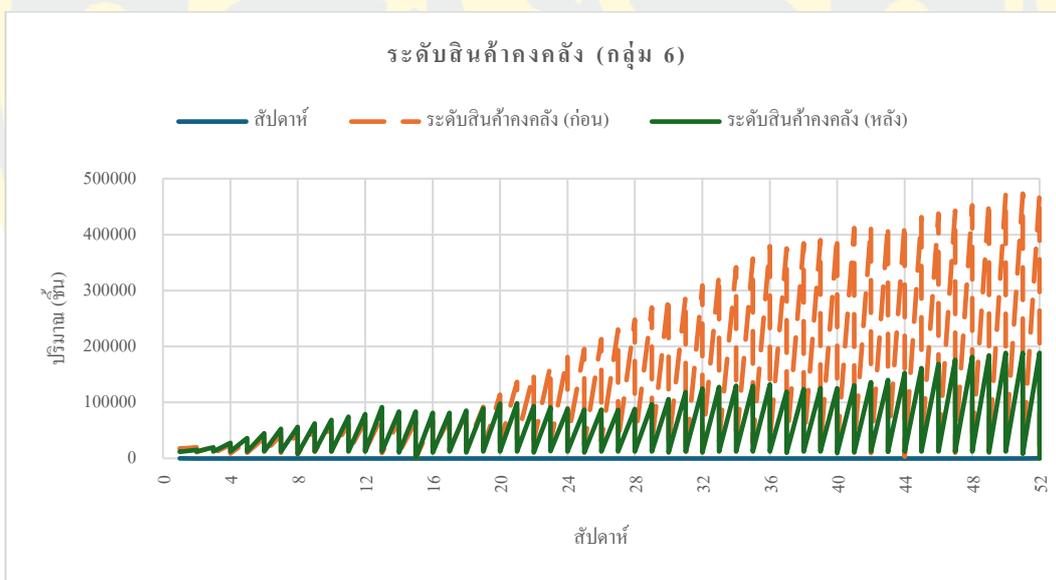
ภาพที่ 26 ระดับสินค้าคงคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 3



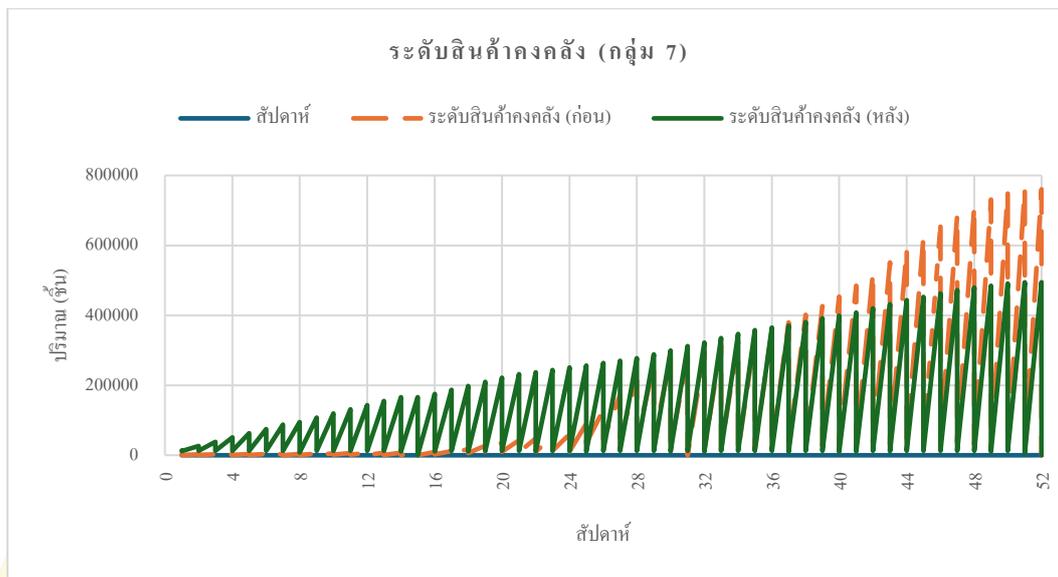
ภาพที่ 27 ระดับสินค้าคงคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 4



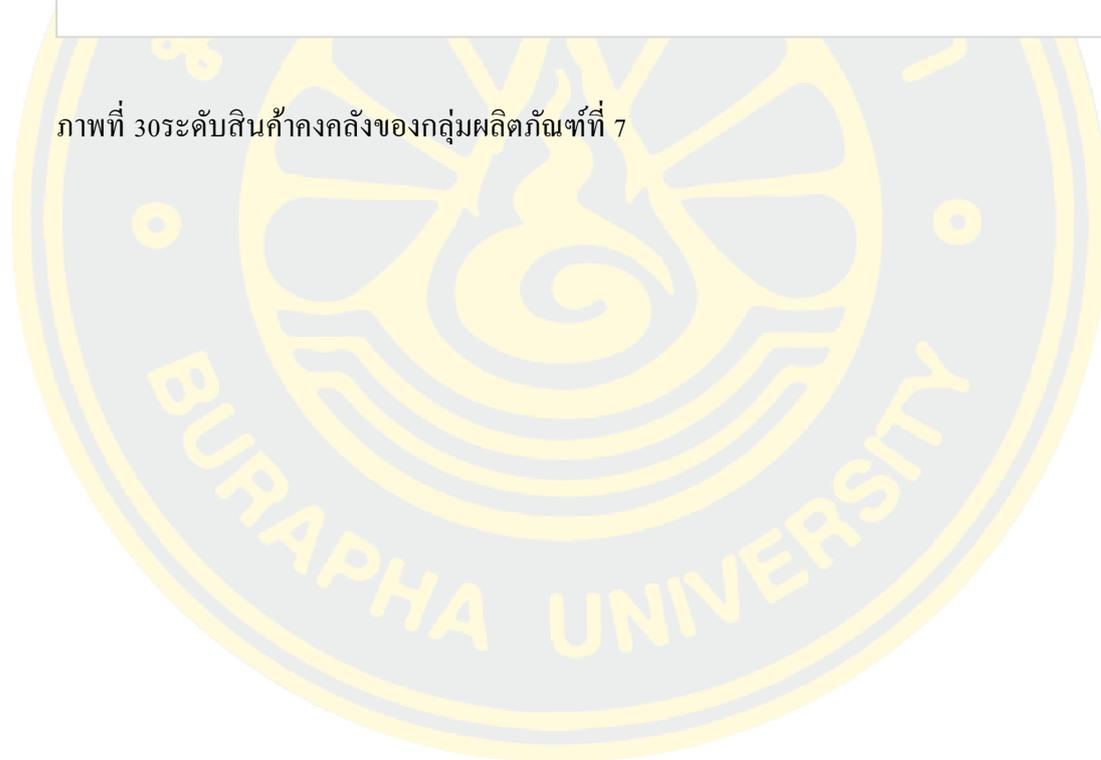
ภาพที่ 28 ระดับสินค้าคงคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5



ภาพที่ 29 ระดับสินค้าคงคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 6

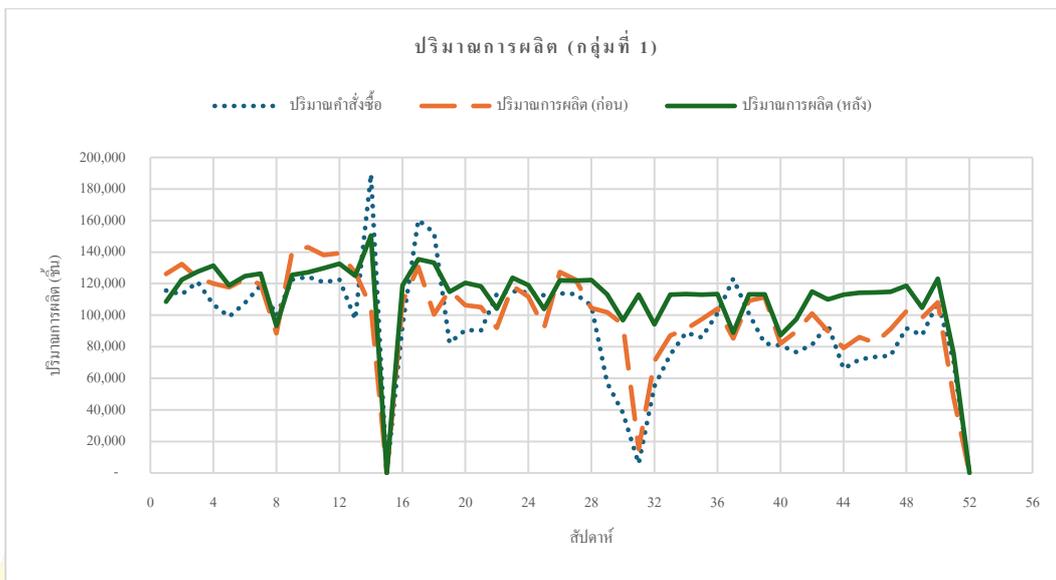


ภาพที่ 30 ระดับสินค้าคงคลังของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 7

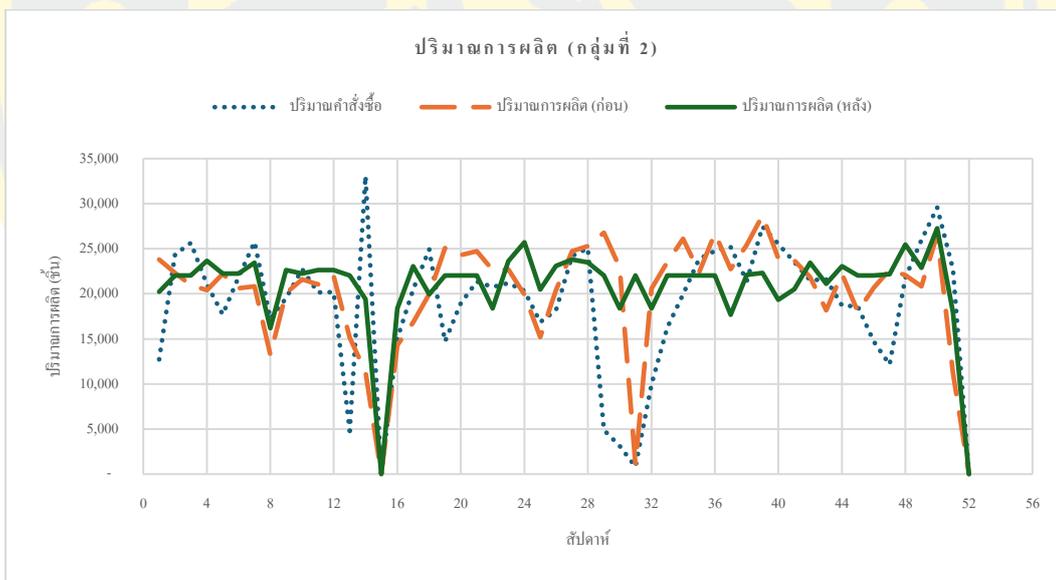




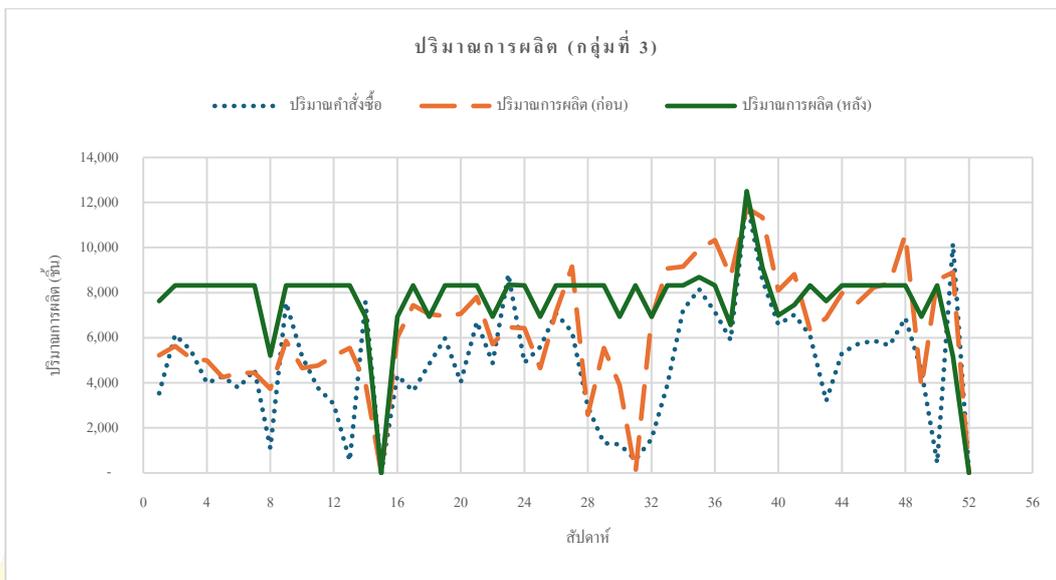
ภาคผนวก ง



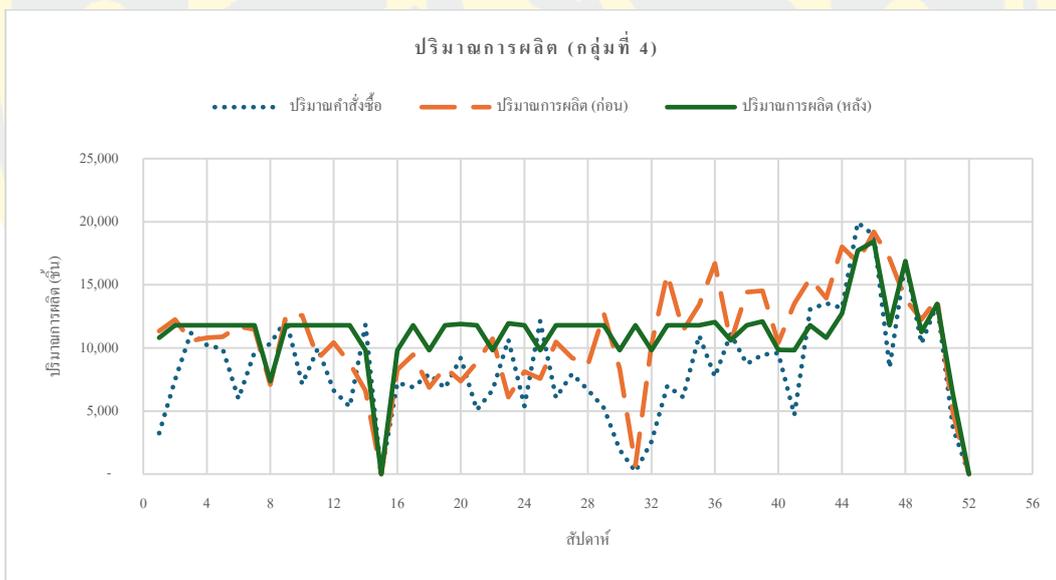
ภาพที่ 31 ระดับปริมาณการผลิตของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 1



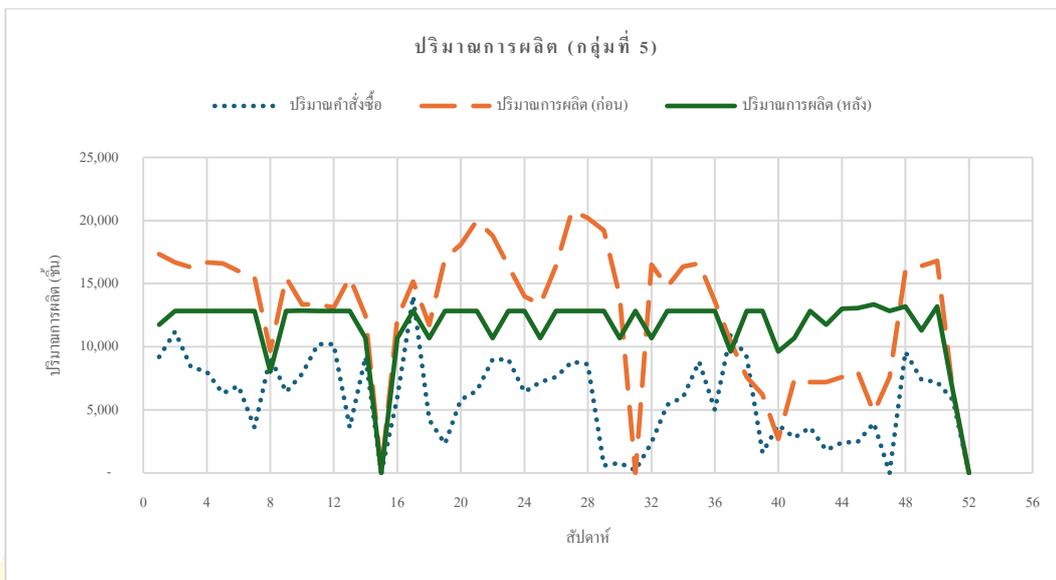
ภาพที่ 32 ระดับปริมาณการผลิตของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 2



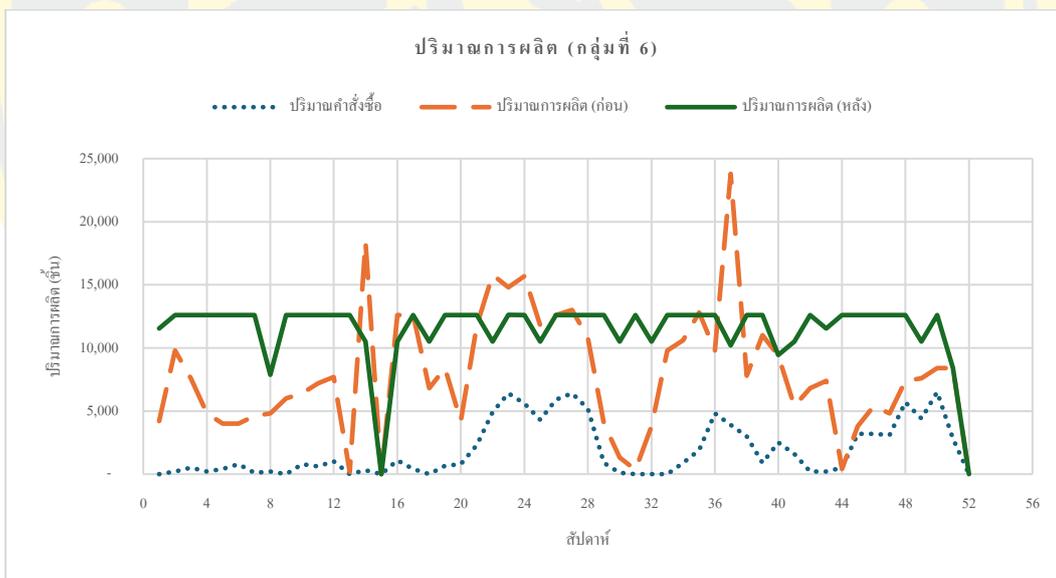
ภาพที่ 33 ระดับปริมาณการผลิตของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 3



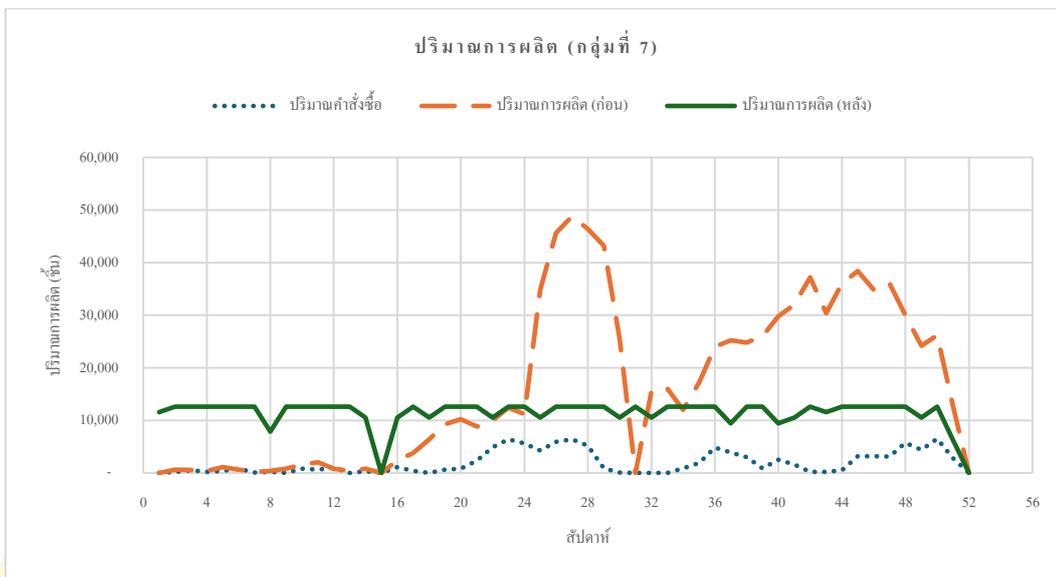
ภาพที่ 34 ระดับปริมาณการผลิตของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 4



ภาพที่ 35 ระดับปริมาณการผลิตของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5



ภาพที่ 36 ระดับปริมาณการผลิตของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 6

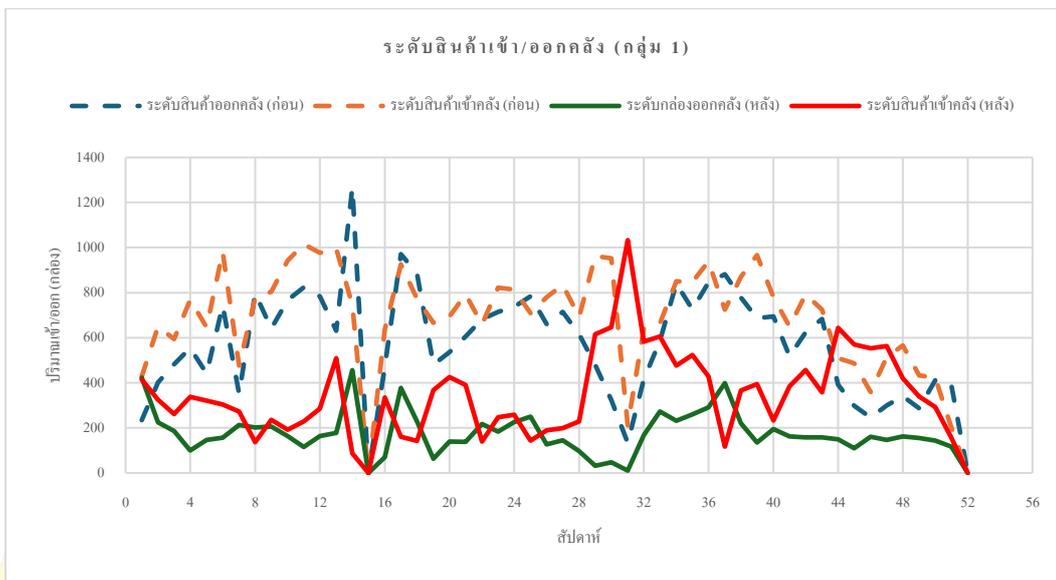


ภาพที่ 37 ระดับปริมาณการผลิตของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 7

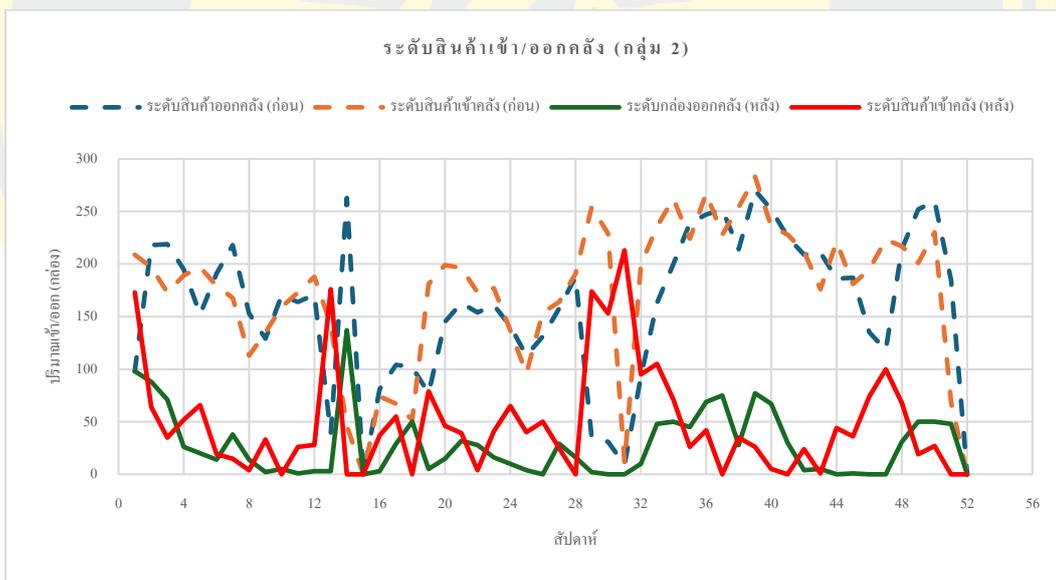




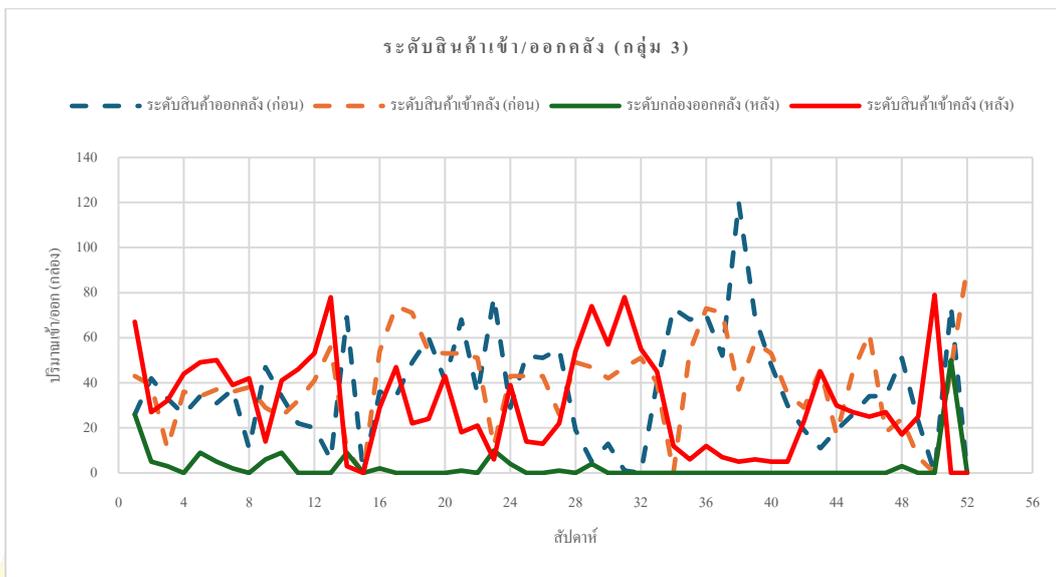
ภาคผนวก จ



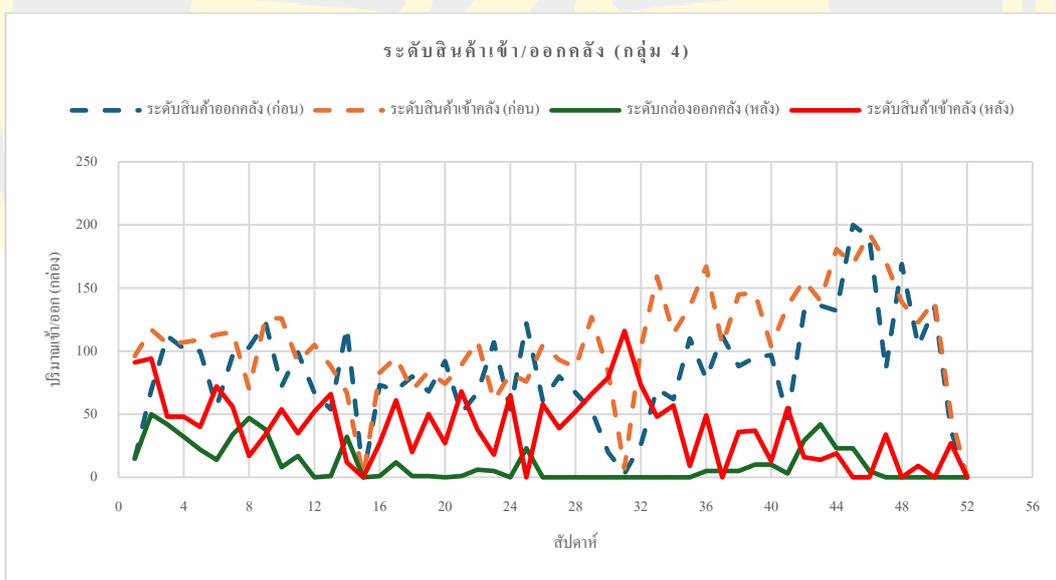
ภาพที่ 38 ระดับสินค้าเข้า-ออกคลังก่อนและหลังปรับปรุงของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 1



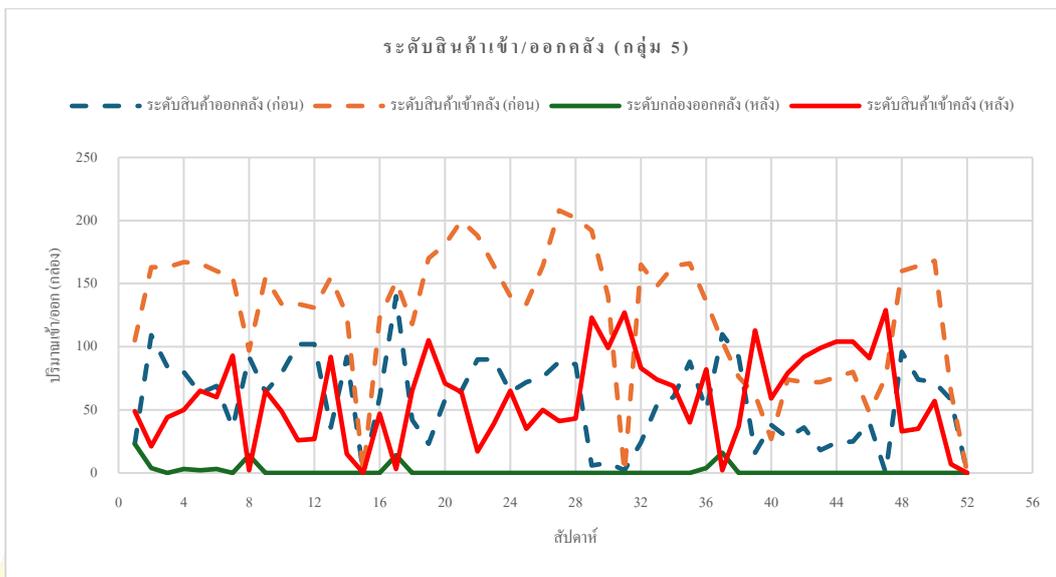
ภาพที่ 39 ระดับสินค้าเข้า-ออกคลังก่อนและหลังปรับปรุงของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 2



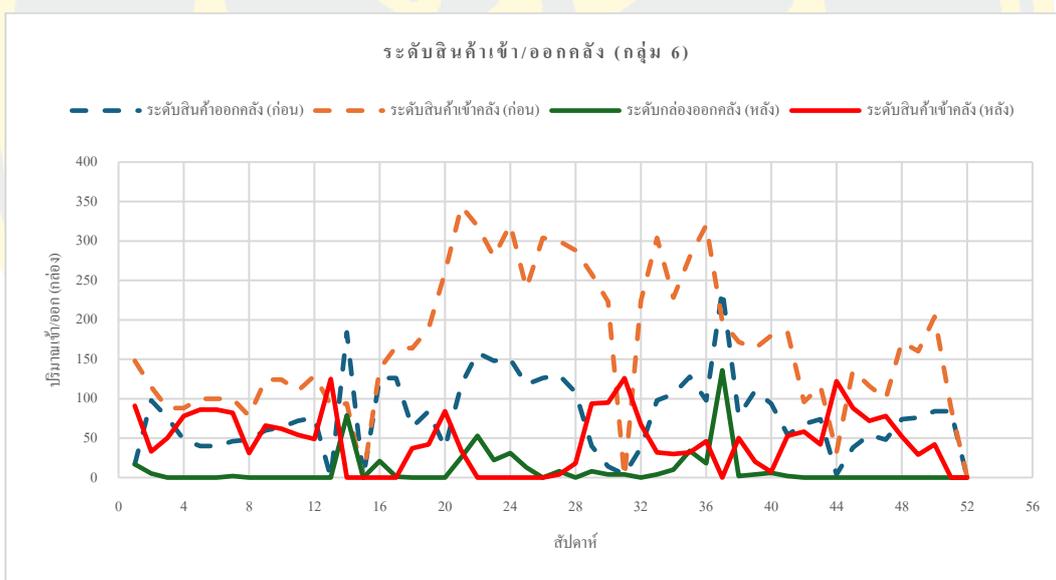
ภาพที่ 40 ระดับสินค้าเข้า-ออกคลังก่อนและหลังปรับปรุงของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 3



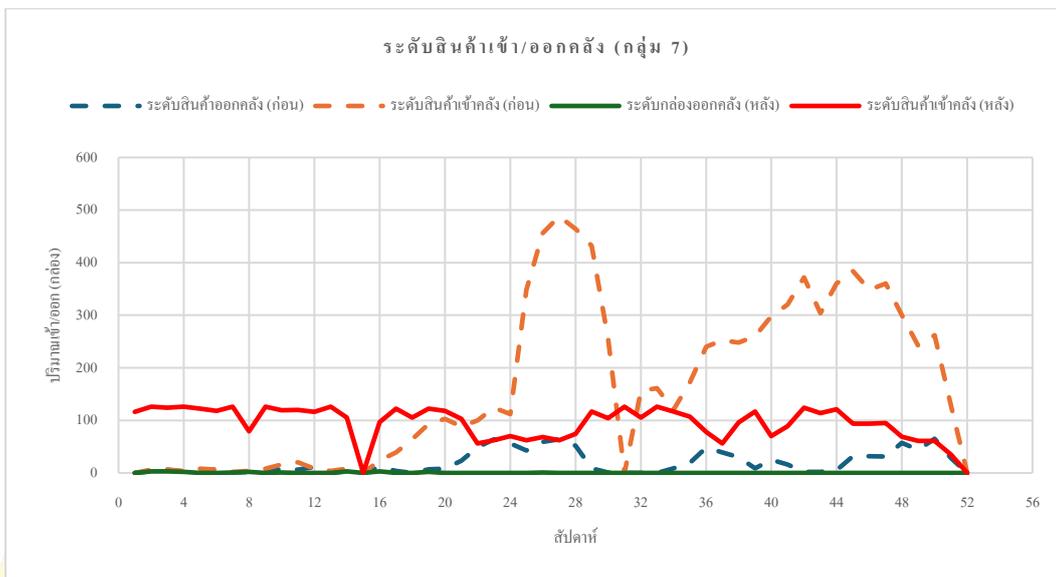
ภาพที่ 41 ระดับสินค้าเข้า-ออกคลังก่อนและหลังปรับปรุงของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 4



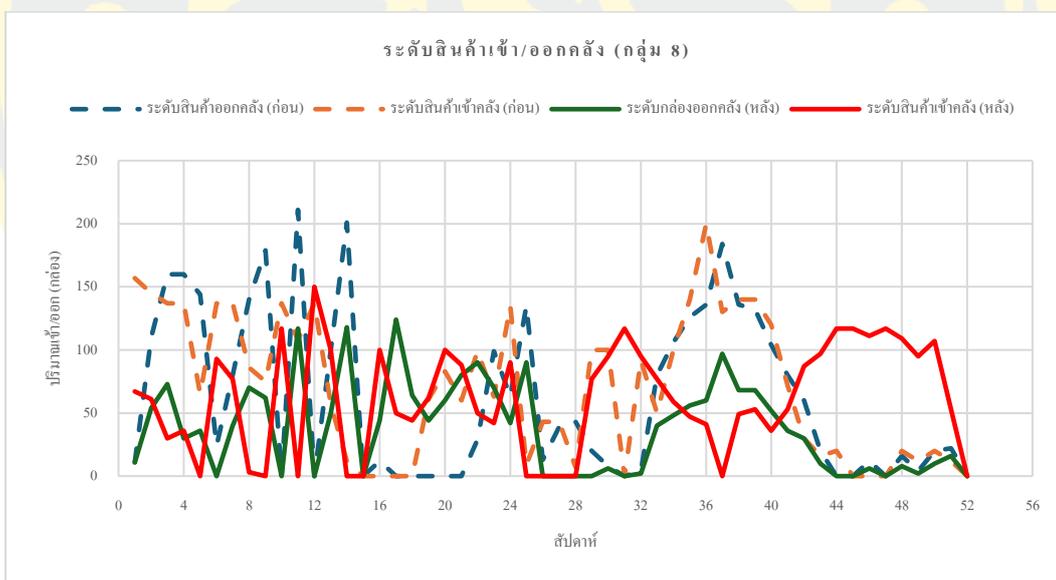
ภาพที่ 42 ระดับสินค้าเข้า-ออกคลังก่อนและหลังปรับปรุงของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 5



ภาพที่ 43 ระดับสินค้าเข้า-ออกคลังก่อนและหลังปรับปรุงของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 6



ภาพที่ 44 ระดับสินค้าเข้า-ออกคลังก่อนและหลังปรับปรุงของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 7



ภาพที่ 45 ระดับสินค้าเข้า-ออกคลังก่อนและหลังปรับปรุงของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ 8

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายจุลวุฑ วัลย์กุล
วัน เดือน ปี เกิด	11 กุมภาพันธ์ 2539
สถานที่เกิด	ชลบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	344/188 Green Lake Condo ถนน ศรีราชา-หนองยายมู่ ตำบล สุรศักดิ์ อำเภอ ศรีราชา จังหวัด ชลบุรี 20110
ตำแหน่งและประวัติการ ทำงาน	Hach (Thailand) Ltd. iSi Automotive (Thailand) Ltd. Sumisho Global Logistics (Thailand) Co., Ltd.
ประวัติการศึกษา	บธ.บ.(การจัดการ โลจิสติกส์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

