การประยุกต์ใช้หลักทฤษฎี LEAN ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต กรณีศึกษาบริษัทขึ้นรูปผลิตภัณฑ์คอนกรีตเพื่อใช้ในงานก่อสร้าง

PRODUCT PERFORMANCE IMPROVEMENT USING LEAN CONCEPT : A CASE STUDY ON A CONCRETE FORMING PRODUCTION

นางสาวพลอยพิมพ์ อุปปินใจ รหัส 57361364

นางสาวสไบแพร เฉลิมศรี รหัส 57361609

นายสรรพวุธ เผือกเหมือย รหัส 57361616

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2560

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การประยุกต์ใช้หลักทฤษฎี LEAN ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต กรณีศึกษา บริษัทขึ้นรูปผลิตภัณฑ์คอนกรีตเพื่อใช้ในงานก่อสร้าง

ผู้ดำเนินโครงงาน

นางสาวพลอยพิมพ์	อุปปินใจ	รหัส 57361364
นางสาวสไบแพร	เฉลิมศรี	รหัส 57361609
นายสรรพวุธ	เผือกเหมือย	รหัส 57361616

ที่ปรึกษาโครงงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภูพงษ์ พงษ์เจริญ

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ปีการศึกษา 2560

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีสัจจา วิทยศักดิ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การประยุกต์ใช้หลักทฤษฎี LEAN ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต กรณีศึกษา บริษัทขึ้นรูปผลิตภัณฑ์คอนกรีตเพื่อใช้ในงานก่อสร้าง		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวพลอยพิมพ์	อุปปินใจ	รหัส 57361364
	นางสาวสไบแพร	เฉลิมศรี	รหัส 57361609
	นายสรรพวุธ	เผือกเหมือย	รหัส 57361616
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูพงษ์	พงษ์เจริญ	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ปีการศึกษา	2560		

.....

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ ได้ประยุกต์ใช้ทฤษฎีลีน (Lean) ในการวิเคราะห์ความสูญเปล่าของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปคอนกรีต พบว่าเกิดความสูญเปล่าในการขนย้ายผลิตภัณฑ์ และการวางผังของโรงงานไม่มีประสิทธิภาพ ซึ่งการศึกษาจะพิจารณาถึงผลิตภัณฑ์หลัก ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ขนาด 10x10x10 เซนติเมตร และขนาด10x5x5 เซนติเมตร

โครงงานนี้จึงได้นำหลักการปรับปรุงผังโรงงาน และการขนถ่ายวัสดุ มาใช้ในการลดความสูญเปล่าของการเคลื่อนที่และการขนย้าย ร่วมกับการใช้โปรแกรมสร้างแบบจำลอง จำลองกระบวนการผลิต โปรแกรมออกแบบเพื่อใช้ในการเขียนแบบอุปกรณ์ขนย้าย ประกอบกับการใช้เครื่องมือบันทึกข้อมูล ได้แก่ ตารางบันทึกเวลา แผนผังการไหล แผนภูมิการไหลไป-กลับ แผนภูมิกระบวนการ เพื่อทำการวิเคราะห์หาแนวทางการปรับปรุงผังโรงงาน และการขนถ่ายวัสดุให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น

หลังจากทำการปรับปรุงผังโรงงานแล้ว นำข้อมูลมาประมวลผลด้วยโปรแกรมสร้างแบบจำลองผลที่ได้คือ สามารถลดระยะเวลาของกระบวนการผลิตคิดเป็นร้อยละ 2 ในส่วนของการปรับปรุงผังโรงงาน ทำให้ระยะทางการไหลลดลงคิดเป็นร้อยละ 39.23 การปรับปรุงอุปกรณ์ขนย้ายปูนผสม และอุปกรณ์ขนย้ายผลิตภัณฑ์ สามารถลดรอบการขนย้ายคิดเป็นร้อยละ 33.33 และ 83.33 ตามลำดับ ผลลัพธ์ที่ได้นั้นบรรลุตามวัตถุประสงค์ และถือว่าเป็นการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

Project Title	PRODUCT PERFORMANCE IMPROVEMENT USING LEAN CONCEPT: A CASE STUDY ON A CONCRETE FORMING PRODUCTION COMPANY MANUFACTURING COMPANY		
Name	Miss Ploypim	Auppinjai	Code 57361364
	Miss Sabaiprae	Chalermsri	Code 57361609
	Mr. Suphawut	Phueakmueai	Code 57361616
Project Advisor	Asst.Prof.Dr.Pupong	Pongcharoen	
Major	Industrial Engineering		
Department	Industrial Engineering		
Academic	2560		

Abstract

This project was aimed to apply lean concept for waste analyzing in the concrete forming production especially in the process of material handling and plants layout. Two main products, concrete product 10x10x10 centimeter and concrete product 10x5x5 centimeter, was analyzed for production improvement.

The concept was plants layout and material handling concept were adopted to decrease waste of transportation. Simulation situation of process by simulation programming package called Arena was developed. Material handling equipment was designed by SolidWorks.

The data was collected by using time measurement sheet flow chart from-to chart and process chart. The result of improvement plants layout has decrease the time in production process by 2 percent and distance was decrease by 39.23 percent. After improvement material handling equipment the number of transportation of mix concrete and concrete forming product were decreased by 33.33 percent and 83.33 percent respectively.

กิตติกรรมประกาศ

เบื้องหลังความสำเร็จในการศึกษาโครงงานนี้ ได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลหลายๆท่าน ดังนั้นคณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณบุคคลดังกล่าว ได้แก่ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ ที่ได้ให้แนวคิด คำแนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ รวมถึงความดูแลเอาใจใส่ ติดตามการดำเนินโครงงานมาโดยตลอดจนโครงงานเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ อีกทั้งกรรมการสอบทั้งสองท่าน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีสัจจา วิทยศักดิ์ ที่ได้ให้คำแนะนำต่างๆ และอาจารย์กานต์ ศุภจิตกุล ที่ช่วยตรวจแบบรูปเล่มโครงงาน และชี้ข้อผิดพลาดให้แก้ไข

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และผู้ปกครอง ที่ให้คำปรึกษาในเรื่องต่างๆ รวมทั้งเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

ขอบคุณผู้ประกอบการ และพนักงาน บริษัทขึ้นรูปผลิตภัณฑ์คอนกรีต ที่ช่วยสละเวลาให้ความรู้และตอบข้อสงสัยต่างๆ ระหว่างการเก็บข้อมูลภายในโรงงาน

ขอบคุณเพื่อนๆ ที่ช่วยให้คำแนะนำดีๆ เกี่ยวกับการเลือกคำ และเกี่ยวกับโครงงานนี้

ผู้ดำเนินโครงงาน
พลอยพิมพ์ อุปปินใจ
สไบแพร เฉลิมศรี
สรรพวุธ เผือกเหมือย

พฤษภาคม 2561

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ก

บทคัดย่อ ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (Abstract) ค

กิตติกรรมประกาศ ง

สารบัญ จ

สารบัญตาราง ซ

สารบัญรูป ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Outputs) 2

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcomes) 2

1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน 2

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน 3

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน 3

1.8 ขั้นตอน และแผนการดำเนินโครงงาน 3

บทที่ 2 หลักการ และทฤษฎีเบื้องต้น 5

2.1 ทฤษฎีที่ 1 การผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) 5

2.1.1 ระบุคุณค่า (Value) 5

2.1.2 การวิเคราะห์สายธารคุณค่า (Value Stream Analysis) 6

2.1.3 คุณค่าเพื่อการดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่อง 6

2.1.4 ระบบดึง (Pull) 6

2.1.5 สร้างคุณค่า และกำจัดความสูญเปล่า (Perfection) 6

2.2 ทฤษฎีที่ 2 การศึกษาการเคลื่อนไหว และเวลา (Motion and Time Study) 7

2.2.1 ข้อแนะนำในการทำงานให้มีประสิทธิภาพ 7

2.2.2 การศึกษาการเคลื่อนไหว (Motion Study) 7

2.2.3 การศึกษาเวลา (Time Study) 7

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3 ทฤษฎีที่ 3 ความสูญเปล่า 7 ประการ (7 Wastes) 8
2.4 ทฤษฎีที่ 4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ 8
2.4.1 การวิเคราะห์การไหลของวัสดุ 8
2.4.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยงาน 8
2.5 ทฤษฎีที่ 5 การวางผังโรงงานอย่างมีระบบ (Systematic Layout Planning : SLP) 10
2.6 ทฤษฎีที่ 6 หลักการยศาสตร์ (Ergonomics) 10
2.6.1 ลักษณะงานในอุตสาหกรรม 10
2.6.2 ภาระงานตามหลักการยศาสตร์ 11
2.6.3 การประเมินท่าทางของร่างกาย 11
2.7 ทฤษฎีที่ 7 การจำลอง (Simulation) 11
2.8 ทฤษฎีการทดสอบสมมติฐาน สถิติทดสอบที (T-test) 12
2.8.1 ข้อตกลงเบื้องต้นของการทดสอบที (T–test) 12
2.8.2 ขั้นตอนการทดสอบ 13

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน 15
3.1 รวบรวมข้อมูลเบื้องต้นของโรงงาน และศึกษาปัญหา 15
3.1.1 รวบรวมข้อมูลการทำงานของพนักงาน 15
3.1.2 รวบรวมข้อมูลด้านพื้นที่ 16
3.2 หาหัวข้อโครงงาน 16
3.3 ศึกษาหลักการ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 16
3.4 วิเคราะห์ข้อมูล และออกแบบผังโรงงานใหม่ 16
3.5 วิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างผังโรงงานเก่า และผังโรงงานใหม่ที่ผู้ประกอบการเลือก 18
3.6 วิเคราะห์รูปแบบอุปกรณ์ขนย้ายปูนผสม และผลิตภัณฑ์สำเร็จ เพื่อออกแบบอุปกรณ์ขนย้ายใหม่ 18
3.7 จำลองการปรับปรุง และสรุปผลการดำเนินโครงงาน เพื่อจัดทำรูปเล่มโครงงาน 18

บทที่ 4 ผลการดำเนินโครงงาน 19
4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล 19
4.1.1 ผลิตภัณฑ์ และปริมาณการผลิต 19

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1.2 กระบวนการทำงาน 21
4.1.3 เวลาในกระบวนการ 22
4.1.4 ข้อมูลโรงผลิต 26
4.2 การปรับปรุงประสิทธิภาพ 34
4.2.1 การวางผังโรงงาน 34
4.2.2 การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ 46
4.2.3 การออกแบบอุปกรณ์ขนย้ายปูนผสม และอุปกรณ์ขนย้ายผลิตภัณฑ์สำเร็จ 56
4.2.4 ออกแบบอุปกรณ์การขนย้ายด้วยโปรแกรม SolidWorks 58

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินโครงงาน 71
5.1 การประยุกต์ใช้หลักทฤษฎีลีน 71
5.2 การปรับผังโรงงาน 71
5.3 การสร้างแบบจำลอง 72
5.4 การออกแบบอุปกรณ์ขนย้ายปูนผสม และอุปกรณ์ขนย้ายผลิตภัณฑ์สำเร็จ 72
5.4.1 อุปกรณ์ขนย้ายปูนผสม 72
5.4.2 อุปกรณ์ขนย้ายผลิตภัณฑ์สำเร็จ 74
5.5 สรุปผลการปรับปรุงทั้งหมด 75
5.6 ปัญหา และอุปสรรคในการดำเนินงาน 76
5.6 ข้อเสนอแนะ 76

เอกสารอ้างอิง 77

ภาคผนวก ก ตารางบันทึกเวลา 78
ภาคผนวก ข แบบจำลองการปรับปรุง 87
ภาคผนวก ค การตรวจสอบความถูกต้องของการทดสอบที (T-test) 97

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 101

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ขั้นตอน และแผนการดำเนินโครงงาน 3

1.1 (ต่อ) ขั้นตอน และแผนการดำเนินโครงงาน 4

4.1 แสดงปริมาณการสั่งผลิต และปริมาณการผลิตในเดือน ก.ย. 60-ม.ค. 61 19

4.2 ตารางพื้นที่ของสถานีงานและพื้นที่เครื่องจักร 26

4.3 แสดงอักษรย่อและจำนวนเครื่องจักร 27

4.4 บอกระยะทางระหว่างสถานีงาน (เมตร) 27

4.5 แผนภูมิการไหลไป-กลับ (From-to Chart) บอกจำนวนรอบก่อนการปรับปรุง 28

4.6 การคำนวณระยะทางรวมก่อนการปรับปรุง 28

4.7 ความสูญเปล่าที่ใช้วิเคราะห์กระบวนการ 33

4.8 วิเคราะห์ความสูญเปล่าของกระบวนการทำงาน 33

4.9 ตารางแสดงค่าความสัมพันธ์ 35

4.10 แผนภูมิการไหลไป-กลับ ของวัสดุหลังการปรับปรุงผัง 36

4.11 บอกระยะทางระหว่างสถานีงานหลังปรับปรุงผังแบบที่ 1 (เมตร) 36

4.12 การคำนวณระยะทางรวมหลังการปรับปรุงผังแบบที่ 1 37

4.13 บอกระยะทางระหว่างสถานีงานหลังปรับปรุงผังแบบที่ 2 (เมตร) 37

4.14 การคำนวณระยะทางรวมหลังการปรับปรุงผังแบบที่ 2 38

4.15 บอกระยะทางระหว่างสถานีงานหลังปรับปรุงผังแบบที่ 3 (เมตร) 38

4.16 การคำนวณระยะทางรวมหลังการปรับปรุงผังแบบที่ 3 39

4.17 แสดงระยะทางหลังปรับปรุงเทียบกับก่อนปรับปรุง 39

4.18 แผนภูมิการไหลไป-กลับ ของวัสดุหลังการปรับปรุงผัง 40

4.19 บอกระยะทางระหว่างสถานีงานหลังปรับปรุงผังแบบที่ 2 (เมตร) 40

4.20 การคำนวณระยะทางรวมหลังการปรับปรุงผังแบบที่ 2 41

4.21 ผลลัพธ์ของแบบจำลองก่อนการปรับปรุงประสิทธิภาพ 54

4.22 ผลลัพธ์ของแบบจำลองหลังการปรับปรุงประสิทธิภาพของผังโรงงาน 55

4.23 ผลลัพธ์ของแบบจำลองหลังการปรับปรุงประสิทธิภาพของอุปกรณ์ขนย้าย 55

4.24 ผลลัพธ์ของแบบจำลองหลังลดความสูญเปล่าของกระบวนการ 55

4.25 ผลลัพธ์ของแบบจำลองหลังการปรับปรุงทั้งหมด 56

4.26 ปัจจัยที่ส่งผลกับการออกแบบอุปกรณ์ขนย้ายผลิตภัณฑ์ 57

4.27 แสดงรอบการขนย้ายผลิตภัณฑ์ต่อการสั่งผลิต 1 ชุด 70

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.28 แสดงรอบการขนย้ายของรถเข็นขนย้ายปูนผสม 70
5.1 ผลลัพธ์ของแบบจำลองสถานการณ์เปรียบเทียบก่อนการปรับปรุง และหลังการปรับปรุง 72
5.2 เปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของอุปกรณ์ขนย้ายปูนผสม 73
5.3 เปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของรถเข็นขนย้ายผลิตภัณฑ์สำเร็จทั้ง 2 แบบ 74
5.4 เปรียบเทียบการขนย้ายผลิตภัณฑ์ขนาด 10x5x5 เซนติเมตร 75
5.5 เปรียบเทียบการขนย้ายผลิตภัณฑ์ขนาด 10x10x10 เซนติเมตร 75
5.6 แสดงระยะทางหลังปรับปรุงเทียบกับก่อนปรับปรุง 76

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แผนผังแสดงหลักการพื้นฐานของลีน (Lean Principles) 5

2.2 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม (Relationship Chart : REL Chart) 9

3.1 ผังงานแสดงขั้นตอนการดำเนินโครงงาน 15

4.1 แสดงรูปแบบผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปคอนกรีตขนาด 10x10x10 เซนติเมตร 20

4.2 แสดงรูปแบบผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปคอนกรีตขนาด 10x5x5 เซนติเมตร 20

4.3 ผังแสดงการทำงานย่อย (Job element) 23

4.4 แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart) 24

4.4 (ต่อ) แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart) 25

4.5 ผังแสดงการไหล (Flow Chart) ปัจจุบัน 29

4.6 ผังวิเคราะห์สายธารคุณค่า (Value Stream Analysis) (หน่วย : นาที) 30

4.6 (ต่อ) ผังวิเคราะห์สายธารคุณค่า (Value Stream Analysis) (หน่วย : นาที) 31

4.6 (ต่อ) ผังวิเคราะห์สายธารคุณค่า (Value Stream Analysis) (หน่วย : นาที) 32

4.7 ตารางความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม (Relationship Chart : REL Chart) 35

4.8 ผังโรงงานก่อนปรับปรุง 42

4.9 ผังโรงงานใหม่แบบที่ 1 43

4.10 ผังโรงงานใหม่แบบที่ 2 44

4.11 ผังโรงงานใหม่แบบที่ 3 45

4.12 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ข้อมูลการขัดผิวผลิตภัณฑ์ 46

4.13 แบบจำลองตั้งแต่เริ่มระบบจนถึงการปั้นแกนทราย 48

4.14 แบบจำลองของการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ 49

4.15 แบบจำลองผลิตภัณฑ์สำเร็จ 50

4.16 แสดงการจำลองกระบวนการผลิตทั้งหมดก่อนการปรับปรุง 51

4.17 ผลการทดสอบสมมติฐานความแตกต่างของค่าเฉลี่ย T-test ด้วยโปรแกรม SPSS 53

4.18 รถเข็นแบบที่ 1 ขนย้ายปูนผสม 58

4.19 รถเข็นแบบที่ 2 ขนย้ายปูนผสม 58

4.20 รถเข็นแบบที่ 3 ขนย้ายปูนผสม 59

4.21 Free Body Diagram น้ำหนักที่ล้อต้องรับ รถเข็นขนย้ายปูนผสมแบบที่ 2 59

4.22 ภาพร่างรถเข็นขนย้ายปูนผสมแบบที่ 2 หน่วยการวัด (มิลลิเมตร) 62

4.23 แสดงน้ำหนักของรถเข็นขนย้ายปูนผสมแบบที่ 2 ที่วัดได้จากโปรแกรม SolidWorks 63

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.24 ผลวิเคราะห์ความแข็งแรงของชิ้นงาน รถเข็นขนย้ายปูนผสมแบบที่ 2 63
4.25 รถเข็นแบบที่ 1 ขนย้ายผลิตภัณฑ์สำเร็จ 64
4.26 รถเข็นแบบที่ 2 ขนย้ายผลิตภัณฑ์สำเร็จ 64
4.27 Free Body Diagram น้ำหนักที่ล้อต้องรับ รถเข็นขนย้ายผลิตภัณฑ์สำเร็จแบบที่ 1 65
4.28 ภาพร่างรถเข็นขนย้ายผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 หน่วยการวัด (มิลลิเมตร) 67
4.29 แสดงน้ำหนักของรถเข็นขนย้ายผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 ที่วัดได้จากโปรแกรม SolidWorks 68
4.30 ผลวิเคราะห์ความแข็งแรงของชิ้นงาน รถเข็นขนย้ายผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 69

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของโครงงาน

ปัจจุบันประเทศไทยมีธุรกิจขนาดกลาง และขนาดย่อม (SME) เกิดขึ้นมากมาย เนื่องจากมีต้นทุนในการดำเนินการต่ำ มีความอิสระในการบริหารจัดการ ไม่ขึ้นกับองค์กร หรือหน่วยงานใด มีการกระจายรายได้จากกลุ่มผู้ประกอบการสู่กลุ่มคนต่างๆ ซึ่งมีส่วนช่วยในการพัฒนาสังคม และเศรษฐกิจ อีกทั้งยังเป็นจุดเริ่มต้นที่จะนำไปสู่ธุรกิจขนาดใหญ่ ดังนั้นผู้ประกอบการธุรกิจขนาดย่อมต้องตระหนักถึงปัญหาที่เกิดขึ้น และทำการปรับปรุงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง นั่นคือ การปรับปรุงการจัดการ หรือกระบวนการผลิตให้ลีนมากที่สุด เพื่อเป็นฐานไปสู่ธุรกิจขนาดใหญ่ที่ได้มาตรฐาน

บริษัทขึ้นรูปผลิตภัณฑ์คอนกรีตเพื่อใช้ในงานก่อสร้าง เป็นบริษัทที่มีการผลิตตามคำสั่งซื้อ (Make to Order) และผลิตตามสั่งแบบพิเศษ (Engineer to Order) อีกทั้งยังเป็นธุรกิจขนาดย่อม เมื่อนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากการลงพื้นที่จริงมาวิเคราะห์จะพบความสูญเปล่าต่างๆ จากกระบวนการผลิต ดังนี้ ความสูญเปล่าจากการขนย้าย ในส่วนของอุปกรณ์สำหรับขนย้ายปูนผสมที่มีขนาดเล็ก รูปแบบไม่ตรงกับความต้องการใช้ ปริมาณในการบรรจุน้อย ทำให้เกิดการขนย้ายปูนผสมบ่อยครั้ง ความสูญเปล่าจากการขนย้ายผลิตภัณฑ์ เนื่องจากยังไม่มีการใช้อุปกรณ์ช่วยขนย้ายที่ไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์สำเร็จเกิดความเสียหาย จึงต้องใช้พนักงานในการขนย้ายผลิตภัณฑ์จากโต๊ะขึ้นรูปไปเก็บไว้ในพื้นที่จัดเก็บ ซึ่งความสามารถในการขนย้ายต่อรอบต่ำ ความสูญเปล่าจากการเคลื่อนที่ซ้ำซ้อนตัดกันไปมา เนื่องจาก เมื่อวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุ ความสอดคล้องของผังโรงงานกับขั้นตอนการทำงานยังไม่สัมพันธ์กันเท่าที่ควร ดังนั้น คณะผู้จัดทำจึงจะนำความรู้ทางวิศวกรรมอุตสาหการมาวิเคราะห์ปัญหา ปรับปรุง และกำจัดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในพื้นที่การผลิต เพื่อให้สถานประกอบการนำไปแก้ไขพัฒนาจากธุรกิจขนาดย่อมสู่ธุรกิจขนาดใหญ่ที่ได้มาตรฐาน โดยนำหลักคิดของลีน (Lean) มาใช้ในการระบุคุณค่า และหาแนวทางกำจัดความสูญเปล่า ดังกล่าวไว้ข้างต้น เพื่อทำให้ประสิทธิภาพในการทำงาน และการผลิตเพิ่มมากขึ้น รวมถึงระยะเวลาในการผลิตลดน้อยลง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อลดความสูญเปล่าจากการขนย้ายปูนผสม โดยการออกแบบปรับปรุงแก้ไขอุปกรณ์ขนย้ายปูนผสมใหม่ ให้สามารถขนย้ายได้มากขึ้น

1.2.2 เพื่อลดความสูญเปล่าจากการขนย้าย โดยออกแบบอุปกรณ์ขนย้ายผลิตภัณฑ์สำเร็จจากโต๊ะขึ้นรูปไปเก็บในพื้นที่จัดเก็บผลิตภัณฑ์ ให้สามารถขนย้ายได้ในจำนวนที่มากขึ้น

1.2.3 เพื่อลดความสูญเปล่าจากระยะทางการไหล โดยการออกแบบผังโรงงานใหม่ให้เหมาะสม

1.2.4 พัฒนาตัวแบบจำลอง (Simulation Model) เพื่อหาแนวทางลดความสูญเปล่าของการเคลื่อนที่โดยใช้หลักความสัมพันธ์

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Outputs)

1.3.1 แบบอุปกรณ์ขนย้ายปูนผสมใหม่

1.3.2 แบบอุปกรณ์ขนย้ายผลิตภัณฑ์สำเร็จใหม่

1.3.3 แบบผังโรงงานใหม่

1.3.4 ตัวแบบจำลอง (Simulation Model) แสดงสถานการณ์ของกระบวนการผลิตที่สอดคล้องกับการทำงานภายในโรงงาน

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcomes)

1.4.1 จำนวนรอบและเวลาในการขนย้ายปูนผสมลดลงมากกว่าร้อยละ 10

1.4.2 จำนวนรอบและเวลาในการขนย้ายผลิตภัณฑ์ลดลงมากกว่าร้อยละ 10

1.4.3 ระยะทางการไหลของผังโรงงานใหม่ลดลงมากกว่าร้อยละ 10

1.4.4 แบบจำลองกระบวนการผลิตที่สามารถแสดงสถานการณ์จริงของการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ

1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน

1.5.1 ทำการศึกษากระบวนการผลิต การไหลของวัสดุ และออกแบบปรับปรุงผังโรงงานตามหลักการวางผัง และพิจารณาการจัดวางตำแหน่งจากความสัมพันธ์ระหว่างสถานีงาน

1.5.2 ออกแบบปรับปรุงอุปกรณ์ขนย้ายปูนผสม และออกแบบอุปกรณ์ขนย้ายผลิตภัณฑ์สำเร็จ

1.5.3 ผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา ขนาด 10x5x5 เซนติเมตร และขนาด 10x10x10 เซนติเมตร

1.5.4 นำหลักความสูญเปล่า 7 ประการ (7 Waste of Lean) มาใช้วิเคราะห์ปัญหาของกระบวนการผลิต

1.5.5 นำหลักคิดของลีน (Lean) มาใช้ปรับปรุงการผลิต โดยระบุคุณค่าของกระบวนการ และกำจัดความสูญเปล่าของการขนย้าย (Transportation)

1.5.6 เปรียบเทียบวัดผลของเวลาในรูปแบบกราฟ และตารางการเปรียบเทียบ

1.5.7 ใช้โปรแกรม Microsoft Visio เขียนผังโรงงาน

1.5.8 ใช้โปรแกรม SolidWorks ออกแบบอุปกรณ์ขนย้ายปูนผสม และอุปกรณ์ขนย้ายผลิตภัณฑ์สำเร็จ

1.5.9 ใช้โปรแกรม Arena Simulation ในการจำลองกระบวนการผลิตของโรงงานก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

1.5.10 ใช้โปรแกรม Statistical Package for the Social Science (SPSS) ในการทดสอบสมมติฐานเพื่อเปรียบเทียบว่าผลที่ได้จากการจำลองกับข้อมูลที่เก็บรวบรวม

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

บริษัท อนงค์ศักดิ์ผลิตภัณฑ์

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

ตั้งแต่ เดือนสิงหาคม 2560 ถึง เดือนเมษายน 2561

1.8 ขั้นตอน และแผนการดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอน และแผนการดำเนินโครงงาน

แผนการดำเนินโครงงาน	ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน (เดือน)								
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1.8.1 รวบรวมข้อมูลเบื้องต้นของโรงงาน และศึกษาปัญหา	←						→		
1.8.2 หาหัวข้อโครงงาน			↔						
1.8.3 วางแผนการดำเนินโครงงาน			↔		↔				
1.8.4 ศึกษาการวางผัง วิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ เพื่อเขียนผังโรงงานใหม่เสนอให้กับสถานประกอบการ				↔		↔			
1.8.5 ศึกษาการออกแบบอุปกรณ์ขนย้ายปูนผสม และอุปกรณ์ขนย้ายผลิตภัณฑ์สำเร็จ					↔				
1.8.6 วิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างผังโรงงานเก่า และผังโรงงานใหม่ที่ผู้ประกอบการเลือก						↔			
1.8.7 ออกแบบอุปกรณ์ขนย้ายปูนผสม และผลิตภัณฑ์สำเร็จใหม่						↔			

ตารางที่ 1.1 (ต่อ) ขั้นตอน และแผนการดำเนินโครงงาน

แผนการดำเนินโครงงาน	ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน (เดือน)																	
	ส.ค.		ก.ย.		ต.ค.		พ.ย.		ธ.ค.		ม.ค.		ก.พ.		มี.ค.		เม.ย.	
1.8.8 เก็บข้อมูลหลังการปรับปรุงและสรุปผลการดำเนินโครงงานเพื่อจัดทำรูปเล่มโครงงาน													←					→

บทที่ 2
หลักการ และทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 ทฤษฎีที่ 1 การผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing)

การผลิตแบบลีน (Lean) คือ เน้นความยืดหยุ่นคล่องตัว เพื่อตอบสนองความเปลี่ยนแปลง เช่น ความต้องการลูกค้า ผลิตภัณฑ์ใหม่ วิธีการ พนักงาน สถานที่ใหม่ เป็นต้น โดยมีหลักการพื้นฐานแสดง ดังรูปที่ 2.1

รูปที่ 2.1 แผนผังแสดงหลักการพื้นฐานของลีน (Lean Principles)

หลักการของลีนทั้ง 5 ประการที่กล่าวไปนั้นสามารถอธิบายเพิ่มเติมได้ ดังนี้

2.1.1 ระบุคุณค่า (Value)

การระบุคุณค่า (Value) เป็น การระบุคุณค่าของสินค้า และบริการในมุมมองของลูกค้า เพื่อให้มั่นใจว่าลูกค้า หรือผู้ใช้บริการจะได้รับความพึงพอใจสูงที่สุด กระบวนการระบุคุณค่าจึงเป็นส่วนสำคัญที่จะต้องมองในมุมของลูกค้าไม่ใช่มองในมุมของผู้ผลิต ลูกค้าจะเป็นคนสุดท้ายที่กำหนดคุณค่า

2.1.2 การวิเคราะห์สายธารคุณค่า (Value Stream Analysis)

การวิเคราะห์สายธารคุณค่า (Value Stream Analysis) คือ หลักการนิยามคุณค่าอันเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการวิเคราะห์สายธารคุณค่า ซึ่งในการวิเคราะห์เริ่มด้วยแผนภาพกระบวนการ (Process Mapping) กำหนดแต่ละขั้นตอนตามกระบวนการผลิต ซึ่งในแต่ละขั้นตอนที่มีผลต่อการเพิ่มคุณค่า เพิ่มผลผลิต และกำจัดสิ่งที่ไม่เกิดคุณค่าเพิ่มในกระบวนการ แผนภาพกระบวนการสามารถทำได้โดยสร้างแผนภาพการไหลของคุณค่า (Value Stream Mapping : VSM) ซึ่งจะแสดงถึงการไหลของวัตถุดิบ และข้อมูลสารสนเทศของกระบวนการผลิต เมื่อมีการวิเคราะห์การไหลของคุณค่าของผลิตภัณฑ์แล้ว จะพบกิจกรรม 3 ประเภท ดังต่อไปนี้

2.1.2.1 ขั้นตอนการสร้างมูลค่าเพิ่มในการไหล และกระบวนการ เป็นขั้นตอนของการเปลี่ยนแปลง เพื่อให้เหมาะสมในเรื่องหน้าที่การทำงานของวัตถุดิบ และนำไปสู่กระบวนการสุดท้ายที่ได้ผลิตภัณฑ์

2.1.2.2 ขั้นตอนการสร้างที่ไม่เกิดคุณค่าแต่จำเป็น เริ่มต้นตั้งแต่ขั้นตอนปัจจุบันของการผลิตที่อาจจะรวมถึงการตรวจสอบ การรอคอย และการขนส่ง

2.1.2.3 ขั้นตอนการสร้างที่ไม่เกิดคุณค่า และควรกำจัดออกทันที

2.1.3 คุณค่าเพื่อการดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่อง

การทำกิจกรรมที่มีคุณค่าเพื่อดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง (Flow) คือ การทำให้สายการผลิตสามารถปฏิบัติงานได้อย่างสม่ำเสมอ โดยไม่มีการหยุดด้วยเหตุใดก็ตาม จะมุ่งเน้นเรื่องการไหลของผลิตภัณฑ์อย่างรวดเร็ว การไหลของงาน ถือว่า เป็นหัวใจหลักของระบบการผลิตแบบลีน เป็นจุดเริ่มต้นที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อให้สายการผลิตดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง

2.1.4 ระบบดึง (Pull)

ระบบดึง (Pull) คือ ระบบที่ให้ความสำคัญเฉพาะสิ่งที่ลูกค้าต้องการ และทำตามปริมาณความต้องการภายในเวลาที่ต้องการเท่านั้น

2.1.5 สร้างคุณค่า และกำจัดความสูญเปล่า (Perfection)

การสร้างคุณค่า และกำจัดความสูญเปล่า (Perfection) คือ การพยายามเพิ่มคุณค่าให้กับสินค้า และบริการอย่างต่อเนื่อง รวมถึงค้นหาความสูญเปล่าให้พบ และกำจัดอย่างต่อเนื่องตลอดไป เพื่อสร้างคุณภาพตั้งแต่ต้น เพื่อป้องกันของเสียหลุดไปยังลูกค้า

2.2 ทฤษฎีที่ 2 การศึกษาการเคลื่อนไหว และเวลา (Motion and Time Study)

การศึกษาการเคลื่อนไหว และเวลา (Motion and Time Study) หรือการศึกษาการทำงาน (Work Study) เป็นการศึกษาการเคลื่อนไหวของพนักงาน ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวร่างกายตามลักษณะการทำงาน จะพิจารณาจากความเหนื่อยล้าของพนักงานเป็นหลัก และใช้ลักษณะงาน เครื่องมือ เครื่องจักรที่มีอยู่แล้วมาปรับปรุงการทำงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยลดเวลาว่างงานให้มากที่สุด และกำจัดการเคลื่อนไหวที่เกินจำเป็น ดังนั้นการศึกษาการเคลื่อนไหว และเวลา จึงเป็นส่วนหนึ่งที่จะทำให้การทำงานให้ง่ายขึ้น ถือเป็นเครื่องมือที่ช่วยลดค่าใช้จ่าย ลดความสูญเปล่า ทั้งด้วยเวลา แรงงาน รวมทั้งทำให้การผลิตมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2.2.1 ข้อแนะนำในการทำงานให้มีประสิทธิภาพ

2.2.1.1 ลดระยะทางการเคลื่อนไหว

2.2.1.2 มือทั้งสองจะต้องเริ่มต้น และจบการเคลื่อนไหวพร้อมกัน

2.2.1.3 มือไม่ควรหยุดทำงาน

2.2.1.4 มือต้องไม่ทำหน้าที่แทนส่วนอื่นๆ ในร่างกาย

2.2.1.5 อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการทำงานต้องมีที่แขวน หรือมีตำแหน่งที่เหมาะสม ไม่ควรถือไว้

2.2.1.6 เก้าอี้ และโต๊ะทำงานควรมีความสูงที่เพียงพอให้ทำงานสะดวก

2.2.2 การศึกษาการเคลื่อนไหว (Motion Study)

การศึกษาการเคลื่อนไหว (Motion Study) คือ การปรับปรุงงาน เพื่อให้พนักงานสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดความเหนื่อยล้า โดยปรับปรุงวิธีการเคลื่อนไหวของพนักงานรวมถึงทรัพยากรอื่นๆ ตลอดจนปรับสภาพแวดล้อมการทำงานให้เหมาะสม

2.2.3 การศึกษาเวลา (Time Study)

การศึกษาเวลา (Time Study) คือ การศึกษาเวลาการทำงานโดยการจับเวลา เพื่อหาเวลามาตรฐานในการปฏิบัติงาน เป็นเทคนิคการวัดปริมาณงานออกมาเป็นหน่วยของเวลา เพื่อนำมากำหนดเป็นมาตรฐานสำหรับการวัดประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงาน

2.3 ทฤษฎีที่ 3 ความสูญเปล่า 7 ประการ (7 Wastes)

ความสูญเสีย 7 ประการ (7 Wastes) คือ ความสูญเสียต่างๆ ที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ในการทำงาน ซึ่งเป็นเหตุให้ประสิทธิภาพ และประสิทธิผลของกระบวนการทำงานลดลง

2.3.1 ความสูญเปล่าเนื่องจากการขนส่งที่ไม่จำเป็น (Transportation)

2.3.2 ความสูญเปล่าเนื่องจากการรอคอย (Idle or Delay)

2.3.3 ความสูญเปล่าเนื่องจากการเก็บวัสดุคงคลังมากเกินจำเป็น (Over Stock)

2.3.4 ความสูญเปล่าเนื่องจากการผลิตของเสีย (Defect)

2.3.5 ความสูญเปล่าเนื่องจากการผลิตมากเกินไป (Over Production)

2.3.6 ความสูญเปล่าเนื่องจากการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น (Motion)

2.3.7 ความสูญเปล่าเนื่องจากกระบวนการผลิตที่ไม่เหมาะสม (Processing)

2.4 ทฤษฎีที่ 4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์

2.4.1 การวิเคราะห์การไหลของวัสดุ

การวิเคราะห์การไหลของวัสดุ คือ การหาลำดับของการเคลื่อนย้ายวัสดุผ่านขั้นตอนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตจนกระทั่งเป็นผลิตภัณฑ์ และยังเป็นหัวใจสำคัญของการวางผังโรงงาน การวิเคราะห์การไหลของวัสดุเชิงปริมาณ โดยใช้แผนภูมิการไหลไป-กลับ (From-to Chart) เพื่อทำให้ทราบปริมาณของระยะทางการขนถ่ายระหว่างแผนกงาน จำนวนการไหลที่ตัดกัน และการไหลย้อนกลับของผังบริษัทก่อนปรับปรุง

2.4.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยงาน

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยงานเชิงคุณภาพ ในรูปแบบของแผนภูมิความสัมพันธ์ (Relationship Chart) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนย่อย ดังนี้

2.4.2.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม

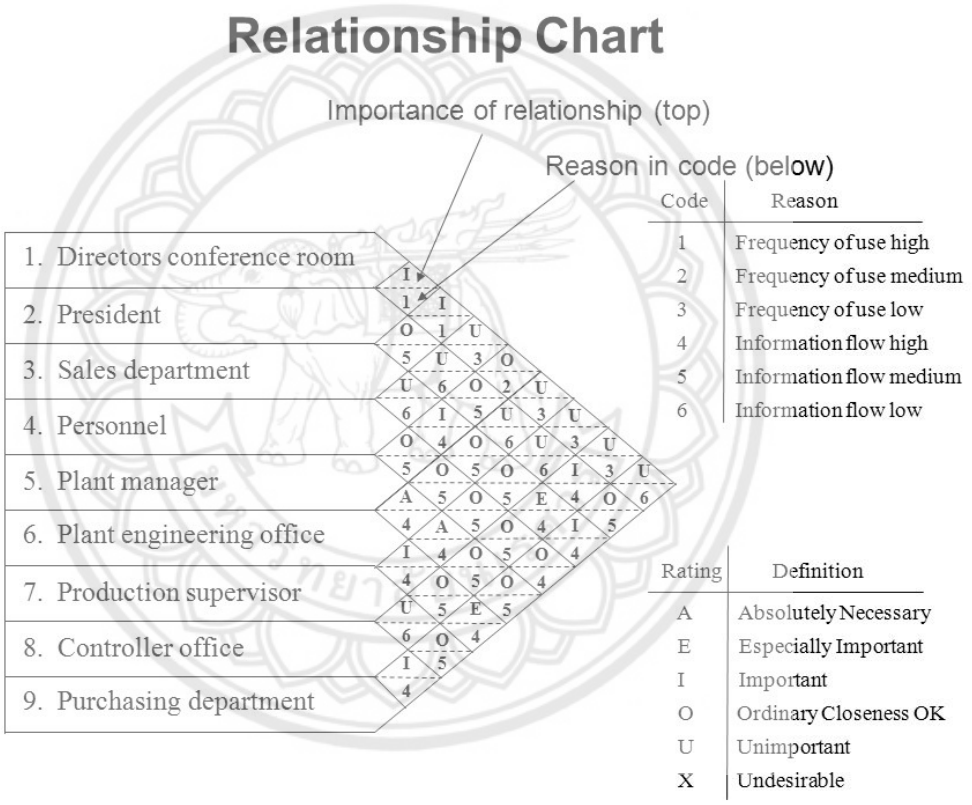
การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม เป็นการประเมินเชิงคุณภาพของความสัมพันธ์ระหว่างคู่แผนกงาน โดยพิจารณาจาก ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล ความสะดวก สภาพแวดล้อมในการทำงานเป็นต้น โดยจัดทำในรูปแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม (Relationship Chart : REL Chart) เพื่อประเมินความสัมพันธ์โดยใช้รหัสสระภาษาอังกฤษ เป็น A E I O U และ X โดย A หมายถึงคู่แผนกมีความสัมพันธ์สมบูรณ์แบบที่สุด และ U หมายถึงคู่แผนกมีความสัมพันธ์ที่ไม่สำคัญ เป็นต้น

2.4.2.2 การแปลงข้อมูลจาก From-To Chart

ข้อมูลจาก From-To Chart ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ จะถูกนำมาแปลงเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ ในรูปแบบของแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม (Relationship Chart : REL Chart) โดยใช้เกณฑ์การจัดแบ่งรหัสระดับความสัมพันธ์

2.4.2.3 การสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์รวม

การสร้างความสัมพันธ์รวม เป็นการรวมรหัสความสัมพันธ์ที่ได้จากแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม (Relationship Chart : REL Chart) ในข้อที่ 2.4.2.1 และข้อที่ 2.4.2.2 ให้เป็นแผนภูมิความสัมพันธ์รวม โดยใช้เกณฑ์เมตริกการรวมความสัมพันธ์ ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม (Relationship Chart : REL Chart)
ที่มา : http://slideplayer.com/slide/7000751/

2.5 ทฤษฎีที่ 5 การวางผังโรงงานอย่างมีระบบ (Systematic Layout Planning : SLP)

การวางผังโรงงาน หมายถึง งาน หรือแผนการในการติดตั้งเครื่องจักร เครื่องมือ และวัตถุต่างๆ ที่จำเป็นในกระบวนการผลิต ภายใต้ข้อจำกัดของโครงสร้าง และการออกแบบของอาคารที่อยู่ เพื่อทำให้การผลิตมีความปลอดภัย และมีประสิทธิภาพสูงสุด

Subodh & Kuber (2014) กล่าวว่า การวางผังโรงงานอย่างมีระบบ เป็นกระบวนการวางผังโรงงานที่มุ่งเน้นไปที่ระดับความสัมพันธ์ระหว่างสถานีงาน หรือกิจกรรมต่างๆ ว่าควรมีการจัดวางใกล้กันหรือไม่ แล้วพิจารณาระดับความใกล้ชิดของแต่ละสถานีงานทีละคู่จนครบทุกคู่ โดยพยายามให้สถานีต่างๆ มีภาระงานที่สมดุลกัน

การวางผังอย่างมีระบบนั้นจะมีขั้นตอนการวางผังโรงงานแบบทั่วไป ดังนี้

2.5.1 การวางผังโรงงานขั้นต้น เป็นการกำหนดขอบเขตเอาไว้กว้างๆ ว่าจะกำหนดให้พื้นที่นี้ทำอะไร พื้นที่ตรงนี้ต้องอยู่ใกล้กับหน่วยงานใด เป็นต้น

2.5.2 การวางผังโรงงานอย่างละเอียด เป็นการกำหนดรายละเอียดในแต่ละแผนกว่าในแผนกนี้จะติดตั้งเครื่องจักร เครื่องมือตรงไหน มุมไหนจะเป็นทางเดินภายในแผนก จะกำหนดอย่างไร สรุปแล้วการวางผังโรงงานอย่างละเอียดก็คือการมองไปในรายละเอียดของแต่ละแผนกนั่นเอง

2.5.3 การติดตั้งเครื่องจักร เป็นขั้นตอนที่นำการวางผังโรงงานอย่างละเอียดมาสู่การปฏิบัติ คือ การติดตั้งเครื่องจักรตามที่วางผังไว้แล้วให้สามารถปฏิบัติงานได้

2.6 ทฤษฎีที่ 6 หลักการยศาสตร์ (Ergonomics)

การยศาสตร์ (Ergonomics) มาจาก ภาษากรีก 2 คำ คือ คำว่า Ergon แปลว่า งาน และ Nomos แปลว่า ธรรมชาติ ดังนั้นคำว่า การยศาสตร์ (Ergonomics) อาจแปลได้ว่า ธรรมชาติของงาน หรือการทำงานที่เป็นธรรมชาติ เพราะฉะนั้นการทำงานตามหลักการยศาสตร์ (Ergonomics) คือ การทำงานที่ไม่ฝืนธรรมชาติของทั้งคน ไม่ฝืนธรรมชาติของเครื่องจักร และไม่ฝืนธรรมชาติของสิ่งแวดล้อม การประยุกต์ใช้หลักการการยศาสตร์ในงานอุตสาหกรรม คือการประยุกต์ลักษณะงานภาระงานให้เหมาะสม

2.6.1 ลักษณะงานในอุตสาหกรรม

2.6.1.1 ลักษณะงานแบบสถิต คือ ลักษณะงานที่มีการเกร็งของกล้ามเนื้อต่อเนื่องเป็นระยะเวลายาวนาน เช่น การยกสิ่งของอยู่กับที่เป็นเวลานานๆ เป็นต้น

2.6.1.2 ลักษณะงานแบบพลวัต คือ ลักษณะท่าทางที่มีการเคลื่อนที่ และกล้ามเนื้อมีการทำงานตลอดเวลาทั้งกล้ามเนื้อบีบตัว และกล้ามเนื้อคลายตัว เช่น การยกสิ่งของขึ้นรถ ส่งของต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลานานๆ เป็นต้น

2.6.2 ภาระงานตามหลักการยศาสตร์

2.6.2.1 ภาระงานทางร่างกาย คือ ท่าทางของร่างกาย แรงที่ใช้ในการทำงาน เช่น การยก การวาง การถือ การผลัก การดึง การหมุน การบิด การกระแทก การดัน เป็นต้น

2.6.2.2 ภาระงานทางจิตใจ คือ สิ่งที่มีผลต่อความคิด สิ่งที่มีผลต่ออารมณ์ สิ่งมีผลต่อความรู้สึก เป็นต้น

2.6.2.3 ภาระงานทางสิ่งแวดล้อม คือ สิ่งที่อยู่รอบๆ ตัวผู้ปฏิบัติงาน เช่น อุณหภูมิ ความชื้น แสงสว่าง เสียง เป็นต้น

2.6.3 การประเมินท่าทางของร่างกาย

2.6.3.1 การประเมินร่างกายส่วนศีรษะและคอ

2.6.3.2 การประเมินร่างกายส่วนลำตัว

2.6.3.3 การประเมินร่างกายส่วนไหล่

2.6.3.4 การประเมินร่างกายส่วนแขนส่วนบน

2.6.3.5 การประเมินร่างกายส่วนแขนส่วนล่าง

2.6.3.6 การประเมินร่างกายส่วนมือและข้อมือ

2.6.3.7 การประเมินร่างกายส่วนขาส่วนบน

2.6.3.8 การประเมินร่างกายส่วนขาส่วนล่าง

2.6.3.9 การประเมินร่างกายส่วนเท้า

ดังนั้นการจะจัดสถานีงาน หรือสถานที่ทำงานต่างๆ ให้เหมาะสมต้องคำนึงถึงสภาพธรรมชาติของงานทั้งหมดที่ส่งผลต่อร่างกายทั้ง 9 ส่วน เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานทำงานได้เต็มประสิทธิภาพของร่างกายในส่วนต่างๆ และส่งผลช่วยลดความเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน

2.7 ทฤษฎีที่ 7 การจำลอง (Simulation)

การจำลอง (Simulation) คือ การนำเสนอ หรือการจำลองลักษณะของระบบอื่นๆ ตลอดช่วงเวลาที่สนใจ ซึ่งในกรณีที่กล่าวถึงโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จำลองการทำงานของระบบที่สนใจ การจำลองที่เราสนใจนี้อาจมีจริงอยู่แล้ว หรือมักจะใช้การจำลองกับสถานการณ์ที่ยังไม่มีอยู่จริง แต่กำลังอยู่ระหว่างการพิจารณา การจำลองแบบปัญหาถูกนำมาใช้ในงานด้านต่างๆ เช่น การจำลองระบบปัญหาด้านการจราจร การจำลองระบบงานด้านอุตสาหกรรม เป็นต้น

Shanon (1975) ให้คำจำกัดความเกี่ยวกับการจำลองปัญหาว่าเป็นกระบวนการการออกแบบจำลอง (Model) ของระบบจริง (Real System) แล้วดำเนินการทดลอง เพื่อให้เรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานจริงภายใต้ข้อกำหนดต่างๆ ที่วางไว้ เพื่อประเมินการดำเนินงานของระบบ และวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองก่อนนำไปใช้แก้ไขปัญหาในสถานการณ์จริงต่อไป

การจำลองสถานการณ์โดยอาศัยตัวแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์นั้น ตัวแบบต้องทำงานได้เสมือนระบบงานจริง โดยขั้นตอนในการศึกษาแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์มี ดังนี้

2.7.1 การกำหนดลักษณะของปัญหาว่ามีอะไรบ้าง

2.7.2 การกำหนดวัตถุประสงค์ และขอบเขตของการศึกษา ซึ่งต้องกำหนดให้ชัดเจน

2.7.3 การรวบรวมข้อมูล โดยเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรของระบบทั้งหมด เช่น จำนวนผู้ให้บริการ เวลาในการใช้บริการของลูกค้า เป็นต้น เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้มาเป็นข้อมูลนำเข้า (Input Data) ให้กับแบบจำลอง ซึ่งขั้นตอนนี้มีความสำคัญมาก เพราะการเก็บข้อมูลเข้าระบบที่ผิดพลาดจะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแบบจำลองผิดพลาดตามไปด้วย

2.7.4 การสร้างตัวแบบจำลองที่อธิบายพฤติกรรมของระบบลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

2.7.5 การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมคอมพิวเตอร์โปรแกรมนั้นสามารถทำงานได้หรือไม่

2.7.6 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองเป็นการทดสอบว่าโปรแกรมประมวลผลผ่านแล้ว ให้ผลลัพธ์ถูกต้องหรือไม่ โดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์กับระบบงานจริง และมีการใช้เทคนิคทางสถิติเข้ามาตรวจสอบผลลัพธ์โดยการตั้งสมมติฐานทางสถิติ เพราะผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองเป็นเพียงค่าประมาณ

2.7.7 การวางแผนการทดลองว่า จะใช้ตัวแบบจำลองอย่างไร และการทดลองซ้ำจำนวนเท่าใดเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องมาใช้ในการวิเคราะห์ระบบ

2.7.8 การดำเนินการทดลองตามแผนที่วางไว้

2.7.9 วิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้จากตัวแบบจำลอง รวมทั้งวิเคราะห์วิธีปรับปรุงตัวแบบจำลองเมื่อระบบงานจริงมีการปรับเปลี่ยน

2.7.10 การจัดทำเอกสารแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลอง

2.7.11 การนำผลสำเร็จที่ดีสุดที่ได้จากตัวแบบจำลองไปใช้งาน

2.8 ทฤษฎีการทดสอบสมมติฐาน สถิติทดสอบที (T-test)

เทคนิควิธีการทางสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างประชากร หรือเปรียบเทียบระหว่างสองตัวอย่างประชากร โดยกลุ่มตัวอย่างอาจจะมีความสัมพันธ์กันหรือเป็นอิสระต่อกันก็ได้

2.8.1 ข้อตกลงเบื้องต้นของการทดสอบที (T–test)

2.8.1.1 กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยการสุ่ม

2.8.1.2 การแจกแจงของประชากรเป็นโค้งปกติ

2.8.1.3 ข้อมูลอยู่ในมาตราอันตรภาค (Interval Scale) ขึ้นไป

2.8.1.4 ไม่ทราบความแปรปรวนของประชากร

ในทางปฏิบัติส่วนมากจะใช้ T–test เพราะผู้จัดทำโครงงานมักจะไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร ซึ่งจะใช้ T–test ได้กรณีที่ไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร ทั้งนี้เพราะข้อตกลงเบื้องต้นของ Z-test มีการระบุว่า จะใช้ Z-test ได้ เมื่อทราบค่าความแปรปรวนของประชากร เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่มาก จะทำให้ค่าองศาแห่งความเป็นอิสระ (Degree of Freedom : df) มีค่ามากขึ้นตามลำดับ ค่าวิกฤติของ t กับค่าวิกฤติของ Z ก็จะมีค่าใกล้เคียงกันมากขึ้นตามลำดับเช่นกัน จนในที่สุดองศาแห่งความเป็นอิสระที่ ∞ ค่าวิกฤติของ t กับค่าวิกฤติของ Z ที่ระดับนัยสำคัญเดียวกันจะมีค่าเท่ากันพอดี

2.8.2 ขั้นตอนการทดสอบ

2.8.2.1 ตั้งสมมติฐาน

การตั้งสมมติฐานทางสถิติ จะประกอบด้วยสมมติฐานหลัก (Null Hypothesis : H_0) และสมมติฐานรอง (Alternative Hypothesis : H_1) ซึ่งสมมติฐานรองตั้งได้ 2 แบบ คือ สมมติฐานรองแบบมีทิศทาง จะต้องทำการทดสอบแบบทางเดียว (One-tailed test) และสมมติฐานรองแบบไม่มีทิศทาง จะทำการทดสอบแบบสองทาง (Two-tailed test)

2.8.2.2 กำหนดระดับนัยสำคัญ (α)

การกำหนดระดับนัยสำคัญเป็นการกำหนดความน่าจะเป็นที่ผู้วิจัยจะยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (α) จากการปฏิเสธสมมติฐานหลักที่เป็นจริง ในการวิจัยทางการศึกษานิยมกำหนดที่ α = 0.01 และ α = 0.05 ซึ่งในกรณีการทดสอบแบบสองทาง (Two-tailed test) การหาค่าวิกฤติจะต้องหารค่า α ด้วย 2 (α/2) ก่อน แล้วใช้ผลหารที่ได้ไปเปิดตารางการแจกแจงของตัวอย่างสถิติทดสอบ แต่กรณีทดสอบแบบทางเดียว (One-tailed test) สามารถใช้ค่า α ไปเปิดตารางได้เลย

2.8.2.3 เลือกสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

ในการทดสอบค่าเฉลี่ย สถิติที่ใช้ในการทดสอบมี Z-test T-test และการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ซึ่ง Z–test และ T-test ใช้ทดสอบกรณีมีกลุ่มตัวอย่างหนึ่งหรือสองกลุ่ม สำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) จะใช้ทดสอบกรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างมากกว่าสองกลุ่มขึ้นไป โดยสถิติจะต้องพิจารณาข้อตกลงเบื้องต้นก่อนการเลือกใช้

2.8.2.4 กำหนดขอบเขตวิกฤติ

การกำหนดขอบเขตวิกฤติ เป็นการกำหนดพื้นที่ หรือบริเวณในการแจกแจงตัวอย่างของสถิติทดสอบที่ใช้สำหรับปฏิเสธ หรือยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) ซึ่งในการกำหนดขอบเขตวิกฤติจะพิจารณาสมมติฐานรอง (H_1) ที่ตั้งขึ้นว่า เป็นแบบทางเดียว (One-tailed test) หรือแบบสองทาง (Two-tailed test) เพื่อนำค่าระดับนัยสำคัญ (α) ไปหาค่าวิกฤติ (Critical Value) มาใช้ในการเปรียบเทียบกับค่า ที่คำนวณได้จากกลุ่มตัวอย่าง สำหรับการตัดสินใจว่า จะยอมรับ

(Acceptance) หรือปฏิเสธ (Rejection) สมมติฐานหลัก (H_0) ซึ่งในการกำหนดขอบเขตวิกฤติเพื่อสรุปผลการทดสอบนั้นจะสามารถพิจารณาได้ 2 แนวทางด้วยกัน คือ กรณีที่ 1 พิจารณาจากค่าวิกฤติที่เปิดจากตารางเทียบกับค่าสถิติที่คำนวณได้เป็นหลัก โดยพิจารณาค่าที่อยู่ในแนวแกนนอนของการแจกแจงของค่าสถิตินั้นๆ หรือกรณีที่ 2 พิจารณาจากพื้นที่ใต้โค้งการแจกแจง ซึ่งเป็นกรณีที่ใช้กับการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ โดยพิจารณา ค่า Sig. (ค่า P-value) ในตารางแสดงผลการคำนวณ (Print out) เทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (α)

2.8.2.5 คำนวณค่าสถิติทดสอบตามสูตร

การคำนวณค่าสถิติโดยนำข้อมูลที่ได้จากตัวอย่างที่ศึกษาไปแทนค่าต่างๆ ตามสูตรของสถิติทดสอบ

2.8.2.6 สรุปตัดสินใจ

การนำค่าสถิติจากการคำนวณมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากตาราง แล้วจึงตัดสินใจเกี่ยวกับผลทดสอบ โดยมีหลักพิจารณา ดังนี้

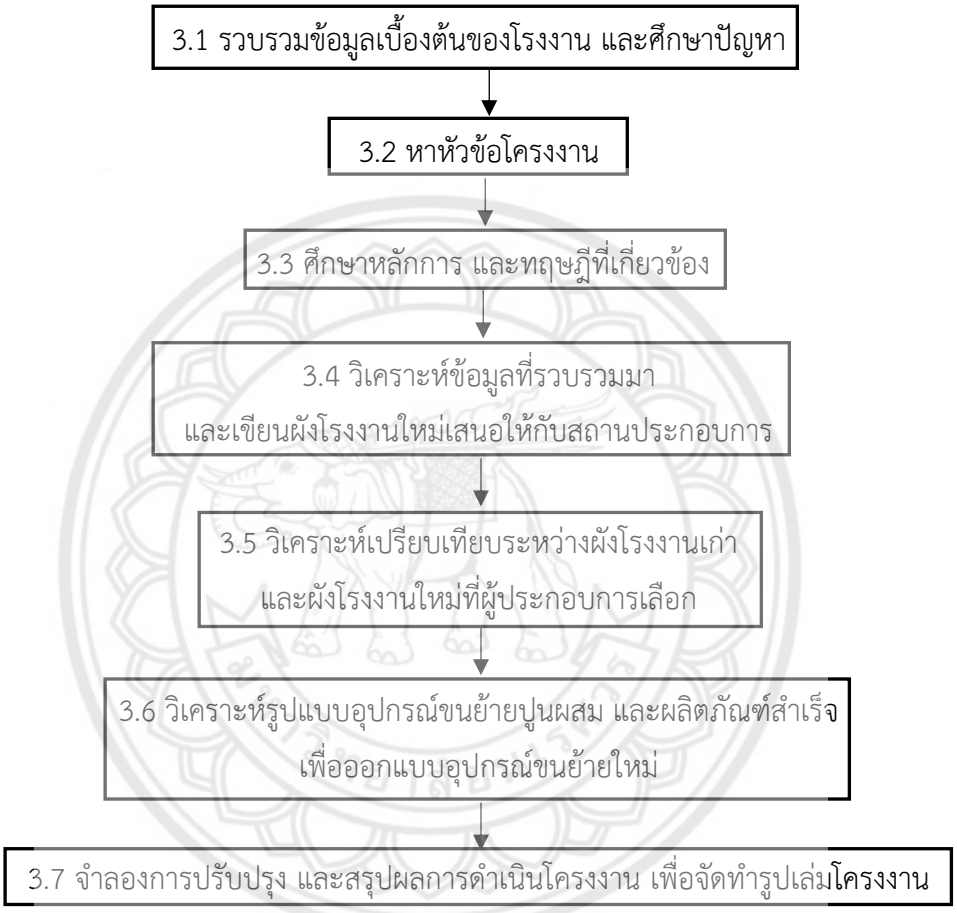
ก. ถ้าสถิติที่คำนวณได้ตกอยู่ในขอบเขตค่าวิกฤติ (ค่าคำนวณมากกว่าหรือเท่ากับค่าวิกฤติ โดยไม่คิดเครื่องหมาย) จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมติฐานรอง (H_1) นั่นคือ จะยอมรับสมมติฐานการวิจัยตามที่ผู้วิจัยกำหนด

ข. ถ้าค่าสถิติที่คำนวณได้ตกอยู่นอกขอบเขตค่าวิกฤติ (ค่าคำนวณน้อยกว่าค่าวิกฤติโดยไม่คิดเครื่องหมาย) จะยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0)

นอกจากนี้ ในปัจจุบันมีการนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากกลุ่มตัวอย่างไปวิเคราะห์ผล โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปต่างๆ ในคอมพิวเตอร์ เช่น โปรแกรม SPSS for Window ซึ่งในการแสดงผลการวิเคราะห์จะมีการคำนวณค่า P-value มาให้ซึ่งค่า P-value เป็นค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดค่าสถิติทดสอบที่คำนวณได้ภายใต้ H_0 โดยค่า P-value ในตารางจะแสดงในคอลัมน์ของ Sig (2-tailed) เราสามารถนำค่า Sig (2-tailed) มาพิจารณา เพื่อปฏิเสธ หรือยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) โดยมีหลักพิจารณา คือ หากค่า Sig (2-tailed) น้อยกว่าหรือเท่ากับ ระดับนัยสำคัญ α จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ยอมรับสมมติฐานรอง (H_1) ที่ระดับนัยสำคัญ α และหากค่า Sig (2-tailed) มากกว่า ระดับนัยสำคัญ α จะยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) ปฏิเสธสมมติฐานรอง (H_1) ที่ระดับนัยสำคัญ α

บทที่ 3
วิธีการดำเนินโครงงาน

ขั้นตอนการดำเนินโครงงานมีหลายขั้นตอน สามารถเขียนเป็นผังงานแสดงขั้นตอนการดำเนินโครงงานได้แสดง ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ผังงานแสดงขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

3.1 รวบรวมข้อมูลเบื้องต้นของโรงงาน และศึกษาปัญหา

3.1.1 รวบรวมข้อมูลการทำงานของพนักงาน

3.1.1.1 บันทึกวีดีทัศน์กระบวนการผลิต เพื่อให้สามารถแยกกระบวนการทำงานได้ง่าย เพราะสามารถย้อนดูซ้ำได้หลายครั้ง

3.1.1.2 ทำการศึกษากระบวนทำงานหลัก ดูวีดีทัศน์แล้วทำการจดบันทึกลงในตารางบันทึกเวลา ดังภาคผนวก ก ตัวอย่างตารางบันทึกเวลา

3.1.2 รวบรวมข้อมูลด้านพื้นที่

3.1.2.1 บันทึกข้อมูลขนาดของโรงงาน และสถานีงานในตารางเก็บข้อมูล รวมถึงระยะทางระหว่างสถานีงาน

3.1.2.2 ใช้โปรแกรม Microsoft Visio เขียนผังโรงงานก่อนการปรับปรุงที่มีการระบุถึงตำแหน่งของสถานีงาน และระยะทาง

3.1.2.3 ทำผังการไหล (Flow Chart) ของพนักงานและวัสดุ ดังรูปที่ 4.5

3.1.2.4 ทำแผนภูมิการไหลไป-กลับ (From-to Chart) ดังตารางที่ 4.5

3.2 หาหัวข้อโครงงาน

นำข้อมูล จากข้อที่ 3.1 มาวิเคราะห์ปัญหา เพื่อกำหนดหัวข้อของโครงงานที่จะทำ โดยหัวข้อโครงงานนั้นต้องสามารถนำหลักทฤษฎีความรู้ทางวิศวกรรมอุตสาหการมาใช้ในการแก้ปัญหาได้

3.2.1 ใช้หลักคิดของลีน (Lean) ระบุคุณค่า และความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต เพื่อให้สามารถเล็งเห็นถึงกระบวนการที่ไม่มีคุณค่า โดยวิธีการทำผังสายธารคุณค่าของกระบวนการผลิตแล้วหาวิธีปรับปรุง

3.2.2 ใช้หลักความสูญเปล่า 7 ประการ (7 Wastes of Lean) วิเคราะห์ปัญหาในกระบวนการ

3.3 ศึกษาหลักการ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.3.1 ศึกษาทฤษฎีการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing)

3.3.2 ศึกษาทฤษฎีการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา (Motion and Time Study)

3.3.3 ศึกษาทฤษฎีความสูญเปล่า 7 ประการ (7 Wastes)

3.3.4 ศึกษาทฤษฎีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์

3.3.5 ศึกษาทฤษฎีการวางผังโรงงานอย่างมีระบบ (Systematic Layout Planning : SLP)

3.3.6 ศึกษาทฤษฎีหลักการยศาสตร์ (Ergonomics)

3.3.7 ศึกษาทฤษฎีการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation)

3.3.8 ศึกษาทฤษฎีการทดสอบสมมติฐาน สถิติทดสอบที (T-test)

3.4 วิเคราะห์ข้อมูล และออกแบบผังโรงงานใหม่

3.4.1 การวิเคราะห์ข้อมูล และแปรรูปข้อมูลของการสร้างแบบจำลองนั้น จำเป็นจะต้องมีการนำข้อมูลรับเข้าใส่ให้กับระบบจำลอง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้เป็นข้อมูลที่มีค่าไม่แน่นอน และเป็นข้อมูลที่อยู่ในรูปของการแจกแจง การวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้าเรียกใช้ Input Analyzer เป็นเครื่องมือมาตรฐานของโปรแกรม Arena เครื่องมือนี้สามารถใช้ เพื่อทดสอบค่า

การแจกแจงข้อมูลที่ป้อนเข้าไป ว่าอยู่ในรูปแบบใด สามารถเรียกใช้งานได้ โดยเข้าสู่โปรแกรม Arena ให้เข้าไปที่เมนู Tools > Input Analyzer

เมื่อใช้ Input Analyzer วิเคราะห์ข้อมูล เพื่อระบุการแจกแจงทางสถิติพื้นฐานที่จะใช้แทนที่ข้อมูลในการจำลองสถานการณ์ ผ่านการทดสอบสมมติฐานทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีการตั้งสมมติฐาน ดังนี้

H_0: ข้อมูลมีการแจกแจงตามรูปแบบที่ทำการทดสอบ

H_1: ข้อมูลไม่มีการแจกแจงตามรูปแบบที่ทำการทดสอบ

โดยจะใช้วิธีทดสอบสมมติฐานการแจกแจงตัวของความน่าจะเป็นของข้อมูลด้วยวิธีการทดสอบ Kolmogorov-Smirnov Test ที่ใช้ทดสอบกรณีข้อมูลมีน้อยกว่า 50 ข้อมูล

ซึ่งถ้าค่า P-value ที่ได้จากการทดสอบมากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ จะไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักได้ แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงตามแบบที่ต้องการทดสอบ แต่ถ้าค่า P-value ที่ได้จากการทดสอบน้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญ หรือเท่ากับค่าระดับนัยสำคัญ ก็ปฏิเสธสมมติฐานหลัก แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงตามแบบที่ต้องการทดสอบ ดังนั้นจึงจะต้องมีการตั้งสมมติฐานและตรวจสอบค่า P-value ทุกครั้งก่อนนำการแจกแจงที่ได้ไปเป็นแทนของข้อมูล เพื่อใช้เป็นตัวแทนข้อมูลนำเข้าให้กับตัวแบบจำลอง

3.4.2 ใช้การทดสอบสมมติฐานทางสถิติที (T-test) ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองว่ามีความสมจริงหรือไม่

3.4.3 วิเคราะห์ข้อมูลจากแผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart) และผังการไหลของวัสดุ (Flow Chart) จากรูปที่ 4.5 เพื่อดูเส้นทางการไหล และระยะทาง ว่าควรลดหรือปรับปรุงการไหลส่วนไหน โดยสังเกตการไหลที่มีปัญหาจากการตัดกันไปมา และเส้นทางการไหลซ้ำซ้อน

3.4.4 วิเคราะห์ปัญหาในกระบวนการ โดยการทำแผนผังสายธารคุณค่าจากทฤษฎีลีน เพื่อระบุคุณค่าให้สามารถมองเห็นปัญหาได้ชัดเจนขึ้น

3.4.5 ระบุค่าความสัมพันธ์ของสถานีงาน โดยพิจารณาจากแผนภูมิการไหลไป-กลับของวัสดุและระยะทาง จากตารางที่ 4.5

3.4.6 จากนั้นนำข้อมูลมาใส่ในตารางความสัมพันธ์ เพื่อทำแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม (Relationship Chart : REL Chart) ดังรูปที่ 4.7 และกำหนดค่าความสัมพันธ์ ดังตารางที่ 4.9 สำหรับใช้ประกอบการออกแบบผังโรงงานให้เหมาะสม

3.4.7 หาเวลามาตรฐาน

3.5 วิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างผังโรงงานเก่า และผังโรงงานใหม่ที่ผู้ประกอบการเลือก

เปรียบเทียบแบบผังโรงงานเก่า และผังโรงงานใหม่ เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบได้ง่าย ว่าการปรับผังโรงงานสามารถลดระยะทาง และเวลาในการขนย้ายวัสดุ เพื่อให้เห็นว่าประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มมากขึ้น จากนั้นใช้โปรแกรม Microsoft Visio เขียนผังโรงงานใหม่ และระบุข้อมูลเชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณ ให้ผู้ประกอบการเลือกแบบผังตามความพึงพอใจ

3.6 วิเคราะห์รูปแบบอุปกรณ์ขนย้ายปูนผสม และผลิตภัณฑ์สำเร็จ เพื่อออกแบบอุปกรณ์ขนย้ายใหม่

3.6.1 วิเคราะห์รูปแบบของอุปกรณ์ขนย้ายปูนผสมจากอุปกรณ์ที่ใช้จริงทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ เนื่องด้วยรถเข็นปูนผสมที่ใช้ในปัจจุบันมีปริมาตรบรรจุน้อย ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์คอนกรีต 1 ชุด จะต้องใช้ปูนสามรถเข็น รวมถึงแบบรถเข็นยังไม่เหมาะกับการใช้งาน เนื่องจากโต๊ะหล่อสูงกว่ารถเข็นปกติ ทำให้ไม่สามารถเทปูนได้โดยตรง

3.6.2 ออกแบบโดยใช้โปรแกรมออกแบบ (SolidWorks) วิเคราะห์ความเหมาะสมของการออกแบบอุปกรณ์ขนย้ายผลิตภัณฑ์สำเร็จ

3.6.3 เสนอแบบอุปกรณ์ขนย้ายให้กับสถานประกอบการ

3.7 จำลองการปรับปรุง และสรุปผลการดำเนินโครงงาน เพื่อจัดทำรูปเล่มโครงงาน

จำลองการปรับปรุงผังโรงงาน อุปกรณ์ที่ใช้ในการขนย้ายปูนผสม และอุปกรณ์ที่ใช้ในการขนย้ายผลิตภัณฑ์สำเร็จ เพื่อเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดความสำเร็จก่อนการปรับปรุงกับหลังปรับปรุง แล้วทำการสรุปผลการดำเนินการโครงงาน เพื่อใช้ในการจัดทำรูปเล่มโครงงานฉบับสมบูรณ์

บทที่ 4
ผลการดำเนินโครงงาน

4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

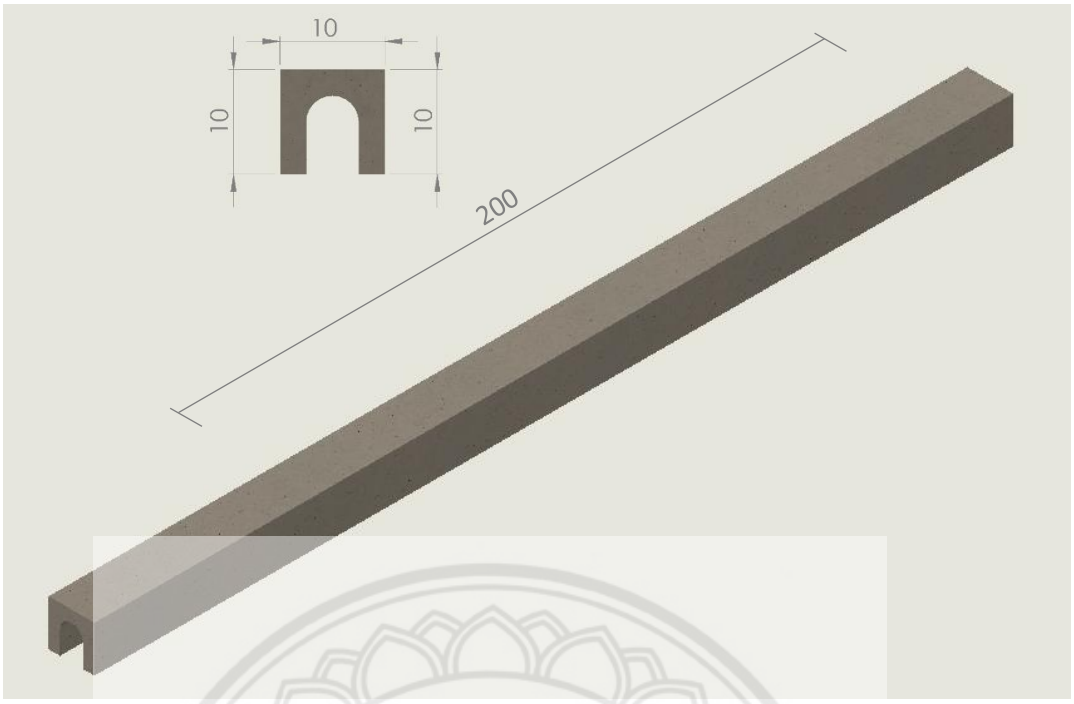
4.1.1 ผลิตภัณฑ์ และปริมาณการผลิต

จากการเก็บรวมรวมข้อมูลด้านการผลิตของโรงงาน ทำให้ทราบว่าการสั่งผลิตของโรงงานจะขึ้นอยู่กับความต้องการของลูกค้า โดยทางโรงงานจะมีการสั่งผลิตแบบชุด (Batch) ชุดละ 36 ชิ้น ดังนั้นสินค้าที่ผลิตเกินจำนวนความต้องการของลูกค้าจะถูกนำไปเก็บไว้ในส่วนของที่จัดเก็บผลิตภัณฑ์ (Warehouse) ซึ่งตลอด 5 เดือนในการเก็บข้อมูลจะได้ปริมาณการสั่งผลิต และผลิตจริง ดังตารางที่ 4.1 ส่วนของผลิตภัณฑ์ที่เลือกเก็บข้อมูลนั้นจะเป็นผลิตภัณฑ์ขนาด 10x10x10 เซนติเมตร และ 10x5x5 เซนติเมตร

ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณการสั่งผลิตและปริมาณการผลิตในเดือน ก.ย. 60-ม.ค. 61

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณการสั่งผลิต/ปริมาณการผลิต (ชิ้น)					รวม
	ก.ย. 60	ต.ค. 60	พ.ย. 60	ธ.ค. 60	ม.ค. 61	จำหน่าย/ผลิต (ชิ้น)
ขนาด 10x10x10 เซนติเมตร	243/ 252	185/ 180	236/ 252	315/ 324	271/ 252	1,250/ 1,260
ขนาด 10x5x5 เซนติเมตร	216/ 216	250/ 252	384/ 396	160/ 180	200/ 180	1,174/ 1,224

เนื่องจากผลิตภัณฑ์ขนาดดังกล่าวมีปริมาณการผลิตสูงกว่าผลิตภัณฑ์ขนาดอื่นๆ ดังนั้น จึงถูกเลือกมาเป็นกรณีศึกษา เพื่อทำการจับเวลาก่อนจะนำไปใช้วิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลอื่นๆ ในการวิเคราะห์ออกแบบผังโรงงาน และสร้างแบบจำลอง เพื่อทำการปรับปรุง โดยผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดมีลักษณะ ดังรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 แสดงรูปแบบผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปคอนกรีตขนาด 10x10x10 เซนติเมตร

รูปที่ 4.2 แสดงรูปแบบผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปคอนกรีตขนาด 10x5x5 เซนติเมตร

4.1.2 กระบวนการทำงาน

จากการศึกษากระบวนการทำงานหลักจะสามารถแบ่งออกเป็น 6 กระบวนการ ดังต่อไปนี้

4.1.2.1 กระบวนการตรวจสอบแบบสั่งทำ

ในแต่ละรายการสั่งผลิตจะต้องมีการตรวจสอบแบบ เพื่อให้สามารถผลิตได้ตรงตามแบบ ตามจำนวนที่ลูกค้าต้องการ รวมถึงให้สามารถคำนวณปริมาณการใช้วัสดุสำหรับการผลิตได้ตรงตามความต้องการใช้

4.1.2.2 กระบวนการปั้นแกนทรายหรือไส้แบบ

นำทรายมาปั้นแกนทรายโดยใช้แม่แบบเป็นตัวขึ้นรูปแกน จากนั้นนำน้ำมันมาราดแกนทรายเพื่อไม่ให้ปูนที่จะขึ้นรูปยึดติดกับโต๊ะหล่อ

4.1.2.3 กระบวนการขึ้นรูป

เริ่มตั้งแต่การผสมปูน ทราย และน้ำตามปริมาณที่ต้องการผสมต่อรอบ โดยรอบแรกอัตราส่วนระหว่างทรายกับปูนจะเท่าๆ กัน รอบที่สองอัตราส่วนของปูนจะมากกว่าทราย และรอบที่สามจะผสมแค่น้ำกับปูน ปูนในรอบสุดท้ายจึงเหลว จากนั้นนำปูนที่ผสมไว้มาเทขึ้นรูปบนแกนทรายที่ทำไว้ โดยใช้แม่แบบเป็นแบบหล่อตามขนาดที่ต้องการ จากนั้นนำเหล็กเส้นมาใส่ประกบไว้ด้านบน หลังจากเทปูนครั้งแรก เพื่อเสริมความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ แล้วเทปูนครั้งที่สองเพื่อให้ปูนเต็มแม่แบบ

4.1.2.4 ขัดผิวผลิตภัณฑ์

ขั้นตอนการขัดผิวนี้จะใช้ปูนผสมครั้งที่ 3 มาฉาบ เพื่อทำให้ผิวของผลิตภัณฑ์มีความเรียบ แล้วเก็บงาน หลังจากขัดผิวเสร็จ 1 ชุด พนักงานจะปล่อยให้ผลิตภัณฑ์แห้งเอง โดยการทิ้งไว้ข้ามคืน

4.1.2.5 กระบวนการจัดเก็บ

พนักงานจะขนย้ายผลิตภัณฑ์ที่แห้งแล้วไปจัดเก็บตรงส่วนของพื้นที่จัดเก็บผลิตภัณฑ์ เพื่อรอส่งมอบให้ลูกค้า

จากการศึกษาขั้นตอนการทำงานข้างต้นแล้ว แต่ละขนาดผลิตภัณฑ์จะมีกระบวนการที่คล้ายกัน เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทเดียวกัน จะมีความแตกต่างกันเฉพาะขนาด และความยาว

ก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิตจะต้องมีการศึกษาขั้นตอนการทำงานของพนักงาน เพื่อให้สามารถนำข้อมูลนี้ไปใช้อ้างอิงในการศึกษาเรื่องเวลาได้อย่างถูกต้อง โดยต้องพิจารณาจากงานย่อย (Job Element) การศึกษากระบวนการทำงานข้างต้นจะได้ขั้นตอนงานย่อย ดังรูปที่ 4.3

4.1.3 เวลาในกระบวนการ

จับเวลาผลิตภัณฑ์รุ่นขนาด 10x5x5 เซนติเมตร และขนาด 10x10x10 เซนติเมตร ของแต่ละงานย่อย (Element) แล้วบันทึกลงในตารางบันทึกเวลา (Time Measurement Sheet) ก่อนการปรับปรุง จากนั้นนำเวลาเฉลี่ยมาหาเวลามาตรฐาน ดังนี้

$$\text{เวลาเฉลี่ยของงาน} = \frac{\text{ผลรวมของเวลางานย่อย}}{\text{จำนวนรอบที่จับเวลา}} \quad \textbf{(3.1)}$$

หาเวลาเฉลี่ยของกระบวนการผลิตภัณฑ์ จากสมการ 3.1

$$\text{เวลาเฉลี่ยของงาน} = \frac{30850.78}{35}$$

$$= 881.45 \text{ นาที}$$

การหาเวลาปกติของกระบวนการผลิต กำหนด ประสิทธิภาพในการทำงาน = 95%

$$\text{เวลาปกติ} = \text{เวลาเฉลี่ย} \times \text{ประสิทธิภาพในการทำงาน} \quad \textbf{(3.2)}$$

หาเวลาปกติ จากสมการ 3.2

$$\text{เวลาปกติ} = 881.45 \times 0.95$$

$$= 837.37 \text{ นาที}$$

การหาเวลามาตรฐานของกระบวนการผลิต

$$\text{เวลามาตรฐาน} = \text{เวลาปกติ} + (\text{เวลาปกติ} \times \text{เวลาเผื่อ}) \quad \textbf{(3.3)}$$

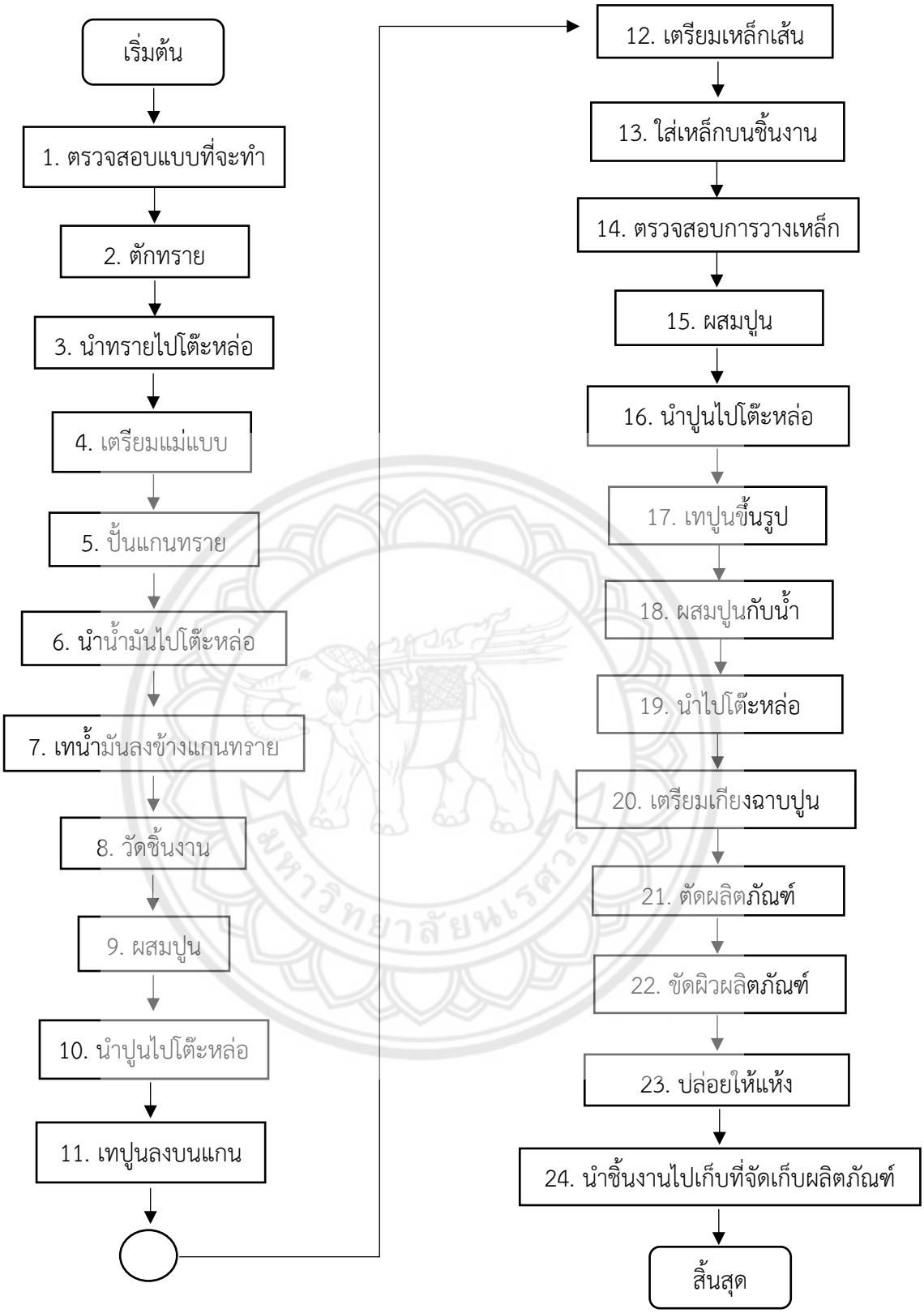
ให้เวลาเผื่อ = 20%

จากสมการ 3.3

$$\text{เวลามาตรฐาน} = 837.37 + (837.37 \times 0.20)$$

$$= 1004.84 \text{ นาที/กระบวนการผลิต}$$

จากนั้นทำแผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart) และผังการไหล (Flow Chart) ดังรูปที่ 4.4 รูปที่ 4.4 (ต่อ) และตารางที่ 4.5 ตามลำดับ



รูปที่ 4.3 ผังแสดงการทำงานย่อย (Job Element)

Present Method	PROCESS CHART			
Proposed Method				
SUBJECT CHARTED			DATE	
			CHART BY	
			CHART NO.	
DEPARTMENT			SHEET NO.	

DISTE IN METER	TIME IN MINS	CHART STMBOLS	PROCESS DESCRIPTION
0	0.42		ตรวจสอบแบบว่าต้องใช้แม่แบบไหน
16	0.4		ลากรถเข็นจากบริเวณเครื่องมือ 1 ไปตักทราย
0	1.47		ตักทรายใส่รถเข็น
13	0.48		ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ
13	0.4		ลากรถเข็นจากบริเวณโต๊ะหล่อ ไปตักทราย
0	1.47		ตักทรายใส่รถเข็น
13	0.48		ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ
14	0.41		เดินไปเอาแม่แบบบริเวณที่เก็บแม่แบบมาไว้ที่โต๊ะหล่อ2
0	31.3		ปั้นแกนทราย
26	1.05		ขนทรายที่เหลือจากการปั้นแกนทรายไปทิ้งบริเวณกองทราย
0	0.21		เททรายออก
10	0.21		ลากรถเข็นไปจุดผสมปูน
5	0.3		เดินไปเอาน้ำมันตรงจุดเครื่องมือ2
5	0.07		นำน้ำมันมาโต๊ะหล่อ
0	1.25		เทน้ำมันลงข้างๆแกนทราย
10	0.1		เอาถังน้ำมันไปเก็บจุดเครื่องมือ2
0	1.31		ตรวจสอบขนาดชิ้นงานด้วยการวัด
0	12.07		ผสมปูนกับน้ำและทราย
0	0.34		เทปูนลงในรถเข็น 1
0	0.33		เทปูนลงในรถเข็น 2
0	0.36		เทปูนลงในรถเข็น 3
10	0.35		ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ 1
10	0.48		ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ 2
5	1.48		ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ 3
0	20.58		เทปูนลงบนแกนทราย
7	0.20		เดินไปเอาเหล็กที่เก็บเหล็กเส้น
0	1.3		นับเหล็กเส้นตามจำนวนชิ้นงาน
			Total

รูปที่ 4.4 แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart)

Present Method ☐		PROCESS CHART			
Proposed Method ☐					
SUBJECT CHARTED					DATE
					CHART BY
					CHART NO.
DEPARTMENT					SHEET NO.

DISTE IN METER	TIME IN MINS	CHART STMBOLS	PROCESS DESCRIPTION
7	0.15		นำเหล็กเส้นมาวางท้ายโต๊ะ
0	4.09		ใส่เหล็กลงบนชิ้นงาน
0	0.46		ตรวจสอบว่าเหล็กออกจากชิ้นออกนอกชิ้นงานหรือไม่
0	11.44		ผสมปูนกับทรายและน้ำ
0	0.36		เทปูนลงในรถเข็น 1
0	0.34		เทปูนลงในรถเข็น 2
0	0.36		เทปูนลงในรถเข็น 3
10	0.46		ลากรถเข็น 1 ไปโต๊ะหล่อ
10	0.47		ลากรถเข็น 2 ไปโต๊ะหล่อ
5	0.48		ลากรถเข็น 3 ไปโต๊ะหล่อ
0	35.34		เทปูนขึ้นรูป
0	3.59		ผสมปูนกับน้ำ
0	0.21		เทปูนลงในรถเข็น
10	0.1		ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ
5	0.17		เดินไปหยิบเกียงฉากปูนที่เครื่องมือ 2
5	0.1		เดินกลับมาที่โต๊ะหล่อ
0	3.09		ตัดขนาดความยาวบัวตามที่วัดไว้
0	11.36		ขัดผิวชิ้นงาน
0	720		ปล่อยให้แห้ง**ข้ามคืน
288	11		นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์*36ชิ้น (รอบ)
497	882.39		Total

รูปที่ 4.4 (ต่อ) แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart)

4.1.4 ข้อมูลโรงผลิต

การเก็บข้อมูลก่อนหน้า และข้อมูลพื้นที่การผลิตทำให้เราทราบถึงเส้นทางการไหลก่อนปรับปรุงผัง ดังรูปที่ 4.5 ทราบปริมาณระยะทางการขนถ่ายระหว่างสถานีงานจากแผนภูมิการไหลไป-กลับ (From-to Chart) ดังตารางที่ 4.5 ทราบขนาดพื้นที่ของโรงงาน พื้นที่แต่ละสถานีงาน และพื้นที่เครื่องจักร จำนวนเครื่องจักร ดังตารางที่ 4.2 และตารางที่ 4.3 ตามการศึกษาจากสถานที่จริง เมื่อทราบขนาดพื้นที่สถานีงาน พื้นที่เครื่องจักร รวมถึงพื้นที่โรงงาน ซึ่งพื้นที่ของโรงงานเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีขนาด 18.60 x 43.80 เมตร ใช้มาตราส่วน 1 : 200 หน่วยที่ใช้วัดพื้นที่เป็นหน่วยเมตร จะได้ผังโรงงานปัจจุบัน ดังรูปที่ 4.8

จากนั้นศึกษาระยะทางของการขนส่งผลิตภัณฑ์ และจำนวนรอบการขนส่งในการทำงานจากตารางที่ 4.4 และตารางที่ 4.5 ตามลำดับ นำข้อมูลไปวิเคราะห์ เพื่อที่จะคำนวณหาระยะทางรวมก่อนการปรับปรุงผังโรงงาน ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.2 ตารางพื้นที่ของสถานีงาน และพื้นที่เครื่องจักร

สถานีงาน	กว้าง x ยาว (ตารางเมตร)	พื้นที่ (ตารางเมตร)
Office	3 x 4	12
Material	5 x 2	10
Tool 1	2 x 2	4
Cement	2 x 2	4
Mix	2 x 2	4
Storage of Tool	7 x 4.5	31.5
Mold	14 x 1	14
Casting	1.2 x 14	16.8
Tool 2	4 x 1.2	4.8
Broken Tool	10 x 1.2	12
Warehouse	10 x 4	40
Pickup Point	4 x 4	16
store	4 x 4	16

ตารางที่ 4.3 แสดงอักษรย่อ และจำนวนเครื่องจักร

สถานีงาน	อักษรย่อ	รายการ	จำนวน
Office	O	สำนักงาน	1
Material	Ma	วัตถุดิบ	1
Cement	Ce	ปูน	2
Mix	Mi	ผสมปูน	1
Storage of tools	St	คลังเก็บเครื่องมือ	1
Milling machine	Mil	เครื่องผสมปูน	1
Wash	Wa	จุดล้างมือ	2
Tool1	T1	เครื่องมือ 1	1
Mold	Mo	แม่แบบ	1
Casting	C	โต๊ะหล่อ	4
Tool2	T2	เครื่องมือ 2	1
Broken tool	B	เครื่องมือชำรุด	1
Warehouse	W	คลังเก็บสินค้า	3
Store	S	คลังเก็บเหล็ก	1
Cutting machine	Cu	เครื่องตัด	1
Pickup point	P	จุดจอดรถ	1
Water	Wat	จุดกินน้ำ	1

ตารางที่ 4.4 บอกระยะทางระหว่างสถานีงาน (เมตร)

From-to	Tool1	Material	Casting	Mold	Tool2	Mix	Store	Warehouse
Tool1		16						
Material			13					
Casting		13		7	5	5	7	4
Mold			7					
Tool2			5					
Mix			5					
Store			7					
Warehouse			4					

ตารางที่ 4.5 แผนภูมิการไหลไป-กลับ (From-to Chart) บอกจำนวนรอบก่อนการปรับปรุง

From-to	Tool1	Material	Casting	Mold	Tool2	Mix	Store	Warehouse
Tool1		1						
Material			3					
Casting		2		1	3	7	1	36
Mold			1					
Tool2			3					
Mix			7					
Store			1					
Warehouse			36					

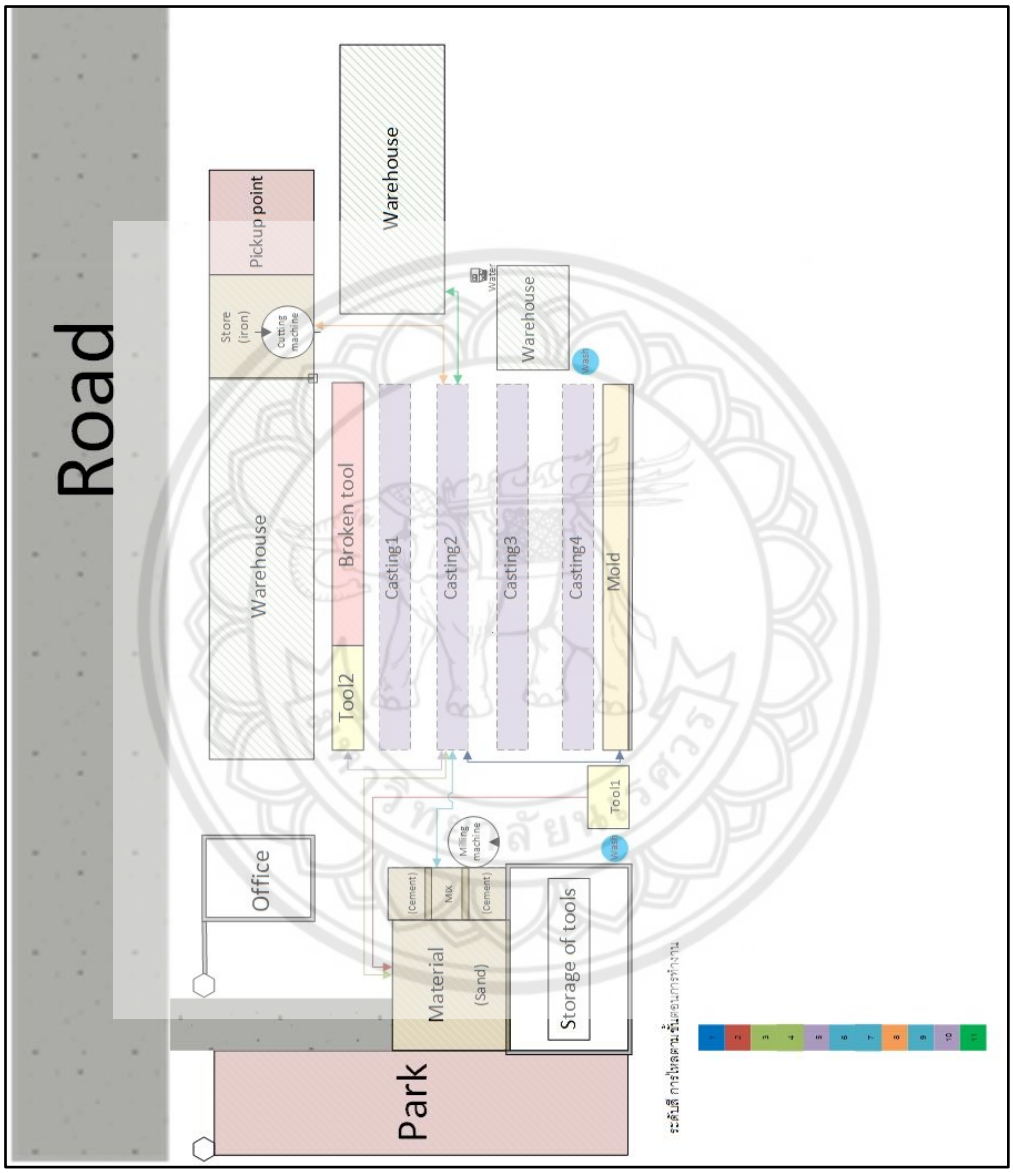
การคำนวณระยะทาง (เมตร)

T1 – Ma	=	16	C – T2	=	5	S – C	=	7
Ma – C	=	13	T2 – C	=	5	C – W	=	4
C – Ma	=	13	C – Mi	=	5	W – C	=	4
C – Mo	=	7	Mi – C	=	5			
Mo – C	=	7	C – S	=	7			

ระยะทางรวม = ระยะทาง x จำนวนการขนส่ง (เมตร)

ตารางที่ 4.6 การคำนวณระยะทางรวมก่อนการปรับปรุง

T1 – Ma	=	16 x 1	= 16	T2 – C	=	5 x 3	= 15
Ma – C	=	13 x 3	= 39	C – Mi	=	5 x 7	= 35
C – Ma	=	13 x 2	= 26	Mi – C	=	5 x 7	= 35
C– Mo	=	7 x 1	= 7	C – S	=	7 x 1	= 7
Mo – C	=	7 x 1	= 7	S – C	=	7 x 1	= 7
C - T2	=	5 x 3	= 15	C – W	=	4 x 36	= 144
				W – C	=	4 x 36	= 144
รวม (เมตร)				497			



รูปที่ 4.5 ผังแสดงการไหล (Flow Chart) ปัจจุบัน

ตรวจสอบแบบ	VSM	DT	ปั้นแกนทราย	VSM	DT	ขึ้นรูป	VSM	DT	ขัดผิวผลิตภัณฑ์	VSM	DT	จัดเก็บ	VSM	DT
1.1 ตรวจสอบแบบ (0.42)	(NNVA)		2.1 ลากรถเข็นไปตักทราย (0.40)	(NNVA)		3.1 ลากรถเข็นไปจุดผสมปูน (0.21)	(NNVA)		4.1 ผสมปูนกับน้ำ (3.59)	(NNVA)	720	นำชิ้นงานไปจัดเก็บ (11)	(NNVA)	
			2.2 ตักทรายใส่รถเข็น (1.47)	(NNVA)		3.2 เดินไปเอาน้ำมัน (0.30)	(NNVA)		4.2 เทปูนใส่รถเข็น (0.21)	(NNVA)				
			2.3 ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ (0.48)	(NNVA)		3.3 นำน้ำมันมาไว้โต๊ะหล่อ (0.07)	(NNVA)		4.3 ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ (0.10)	(NNVA)				
			2.4 ลากรถเข็นไปตักทราย (0.48)	(NNVA)		3.4 เทน้ำมันข้างๆแกนทราย (1.25)	(NNVA)		4.4 ไปหยิบเกียงฉาบปูน (0.17)	(NNVA)				
			2.5 ตักทรายใส่รถเข็น (1.47)	(NNVA)		3.5 เอาน้ำมันไปเก็บ (0.10)	(NNVA)		4.5 กลับมาที่โต๊ะหล่อ (0.10)	(NNVA)				
			2.6 ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ (0.48)	(NNVA)		3.6 ตรวจสอบชิ้นงาน (1.31)	(NNVA)		4.6 ตัดความยาวผลิตภัณฑ์ (3.09)	(VA)				
			2.7 ไปเอาแม่แบบ (0.41)	(NNVA)		3.7 ผสมปูน ทราย และน้ำ (12.07)	(NNVA)		4.7 ขัดผิวชิ้นงาน (11.06)	(VA)				
			2.8 ปั้นแกนทราย (30.9)	(VA)		3.8 เทปูนใส่รถเข็น (0.34)	(NNVA)							
			2.9 ขนทรายที่เหลือไปทิ้งที่กองทราย (1.05)	(NNVA)		3.9 เทปูนใส่รถเข็น (0.33)	(NNVA)							
			2.10 เททรายออก (0.21)	(NNVA)		3.10 เทปูนใส่รถเข็น (0.36)	(NNVA)							
						3.11 ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ (0.35)	(NNVA)							
						3.12 ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ (0.45)	(NNVA)							

รูปที่ 4.6 ผังวิเคราะห์สายธารคุณค่า (Value Stream Analysis) (หน่วย : นาที)

ตรวจสอบแบบ	VSM	DT	ปั้นแกนทราย	VSM	DT	ขึ้นรูป	VSM	DT	ขัดผิวผลิตภัณฑ์	VSM	DT	จัดเก็บ	VSM	DT
						3.13 ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ (1.45)	(NNVA)							
						3.14 เทปูนลงบนแกนทราย (20.50)	(VA)							
						3.15 ไปเอาเหล็กเส้น (0.20)	(NNVA)							
						3.16 นับเหล็กตามจำนวนชิ้นงาน (1.30)	(NNVA)							
						3.17 นำเหล็กเส้นมาวางไว้ที่โต๊ะหล่อ (0.15)	(NNVA)							
						3.18 ใส่เหล็กเส้นบนชิ้นงาน (4.09)	(VA)							
						3.19 ตรวจสอบการวางเหล็กเส้นบนชิ้นงาน (0.46)	(NNVA)							
						3.20 ผสมปูน ทรายและน้ำ (11.44)	(NNVA)							
						3.21 เทปูนใส่รถเข็น (0.36)	(NNVA)							
						3.22 เทปูนใส่รถเข็น (0.34)	(NNVA)							
						3.23 เทปูนใส่รถเข็น (0.36)	(NNVA)							
						3.24 ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ (0.46)	(NNVA)							

รูปที่ 4.6 (ต่อ) ผังวิเคราะห์สายธารคุณค่า (Value Stream Analysis) (หน่วย : นาที)

กระบวนการทำงาน	ตรวจสอบแบบ	DT	ปั๊มแกนทราย	DT	ขึ้นรูป	DT	ขัดผิวชิ้นงาน	DT	จัดเก็บ	DT
ระยะเวลาการทำงาน (Process Time) : นาที	0.42 นาที		37.67 นาที		94.68		18.62		11	
รวม	162.39 นาที									
ระยะเวลารอคอย (Delay Time) : นาที								720		
รวม	720 นาที									
รวมเวลา	882.39นาที									
ระยะทาง (Distance) : เมตร	0		95		94		20		288	
รวม	497 เมตร									

รูปที่ 4.6 (ต่อ) ผังวิเคราะห์สายธารคุณค่า (Value Stream Analysis) (หน่วย : นาที)

ตารางที่ 4.7 ความสูญเปล่าที่ใช้วิเคราะห์กระบวนการ

ความสูญเปล่า	หัวข้อ
D - Defects	มีข้อผิดพลาด มีของเสีย และการต้องกลับมาทำซ้ำ
O - Over-Production	การผลิตมากเกินความต้องการ
W - Waiting	การรอวัสดุ การรอ การรอข้อมูล หรือข้อมูลและวัสดุรอกระบวนการ
N - Non-Utilization Talent	ภูมิรู้ที่สูญเปล่า
T - Transportation	การเคลื่อนที่
I - Inventory	ของคงคลัง
M - Motion	การเคลื่อนไหว
E - Extra-Processing	ขั้นตอนที่มากเกินความจำเป็น

ตารางที่ 4.8 วิเคราะห์ความสูญเปล่าของกระบวนการทำงาน

ตรวจสอบแบบ	ปั้นแกนทราย	ขึ้นรูป	ขัดผิวผลิตภัณฑ์	จัดเก็บ
		E เดินไปเอาถังน้ำมัน (NNVA)	E เดินไปเอาเกียงฉาบปูน (NNVA)	T ขนย้ายผลิตภัณฑ์ไปที่จัดเก็บ (NNVA)
		E นำน้ำมันมาไว้โต๊ะหล่อ (NNVA)	E กลับมาที่โต๊ะหล่อ (NNVA)	
		E เอาน้ำมันไปเก็บ (NNVA)		
		T เทปูนใส่รถเข็น (NNVA)		
		T ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ (NNVA)		

4.2 การปรับปรุงประสิทธิภาพ

4.2.1 การวางผังโรงงาน

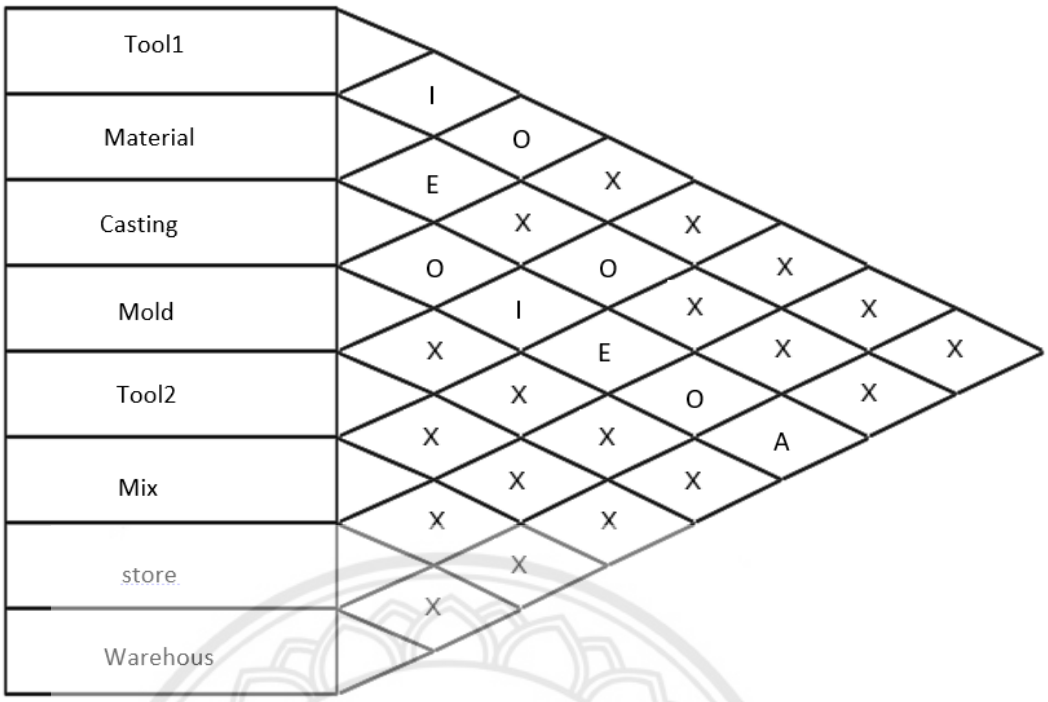
หลังจากนำข้อมูลที่รวบรวมมาวิเคราะห์ตามหลักการออกแบบปรับปรุงผังโรงงาน ต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้ ได้แก่ ผังเส้นทางการไหล การเทียบค่าความสัมพันธ์ ดังรูปที่ 4.10 การไหลของวัสดุ และระยะทางที่ใช้ในการทำงาน ขนาดของเครื่องจักร ขนาดของสถานีงาน สถานีงานใดมีความสัมพันธ์ที่จะต้องอยู่ใกล้กันมากที่สุด สถานีงานใดไม่สามารถย้ายได้ และสถานีงานใดควรอยู่ติดถนน เพื่อให้สะดวกต่อการส่งสินค้า หรือนำวัสดุเข้ามาส่งจะช่วยลดเวลาในการขนย้ายและง่ายต่อการขนสินค้าขึ้นรถ

ทำให้ได้ผังโรงงานใหม่ 3 ผัง พร้อมทั้งหาระยะทางรวมของผังที่ออกแบบใหม่ ด้วยการนำระยะทางระหว่างสถานีงานคูณจำนวนรอบการขนถ่ายวัสดุระหว่างสถานีงาน ดังนี้

ผังที่ 1 ดังรูปที่ 4.9 หาระยะทางรวมโดยใช้ข้อมูล จากตารางที่ 4.10 และตารางที่ 4.11 ได้ระยะทางรวมเท่ากับ 369 เมตร จะคำนวณ ดังตารางที่ 4.12

ผังที่ 2 ดังรูปที่ 4.10 หาระยะทางรวมโดยใช้ข้อมูล จากตารางที่ 4.10 และตารางที่ 4.13 ได้ระยะทางรวมเท่ากับ 300 เมตร จะคำนวณ ดังตารางที่ 4.14

ผังที่ 3 ดังรูปที่ 4.11 หาระยะทางรวมโดยใช้ข้อมูล จากตารางที่ 4.10 และตารางที่ 4.15 ได้ระยะทางรวมเท่ากับ 307 เมตร จะคำนวณ ดังตารางที่ 4.16



รูปที่ 4.7 ตารางความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม (Relationship Chart : REL Chart)

ตารางที่ 4.9 ตารางแสดงค่าความสัมพันธ์

ค่า	ความสัมพันธ์
A	มีความสำคัญมากที่สุดที่ต้องอยู่ใกล้กัน
E	มีความสำคัญมากที่ต้องอยู่ใกล้กัน
I	มีความสำคัญที่ต้องอยู่ใกล้กัน
O	มีความสัมพันธ์กันธรรมดา
U	มีความสัมพันธ์กันน้อย
X	ไม่มีความสัมพันธ์กันเลย

ตารางที่ 4.10 แผนภูมิการไหลไป-กลับ ของวัสดุหลังการปรับปรุงผัง

From-to	Tool1	Material	Casting	Mold	Tool2	Mix	Store	Warehouse
Tool1		1						
Material			3					
Casting		2		1	3	7	1	36
Mold			1					
Tool2			3					
Mix			7					
Store			1					
Warehouse			36					

**กรณีก่อนปรับปรุงความสูญเปล่าทั้งหมด*

ตารางที่ 4.11 บอกระยะทางระหว่างสถานีงานหลังปรับปรุงผังแบบที่ 1 **(เมตร)**

From-to	Tool1	Material	Casting	Mold	Tool2	Mix	Store	Warehouse
Tool1		11						
Material			12					
Casting		12		7	5	2		3
Mold			7					
Tool2			5					
Mix			2					
Store			5					
Warehouse			3					

การคำนวณระยะทาง (เมตร)

T1 – Ma	=	11	C – T2	=	5	S – C	=	5
Ma – C	=	12	T2 – C	=	5	C – W	=	3
C – Ma	=	12	C – Mi	=	2	W – C	=	3
C – Mo	=	7	Mi – C	=	2			
Mo – C	=	7	C – S	=	5			

ระยะทางรวม = ระยะทาง x จำนวนการขนส่ง (เมตร)

ตารางที่ 4.12 การคำนวณระยะทางรวมหลังการปรับปรุงผังแบบที่ 1

T1 – Ma	=	11 x 1	=	11	T2 – C	= 5 x 3	= 15
Ma – C	=	12 x 3	=	36	C – Mi	= 2 x 7	= 14
C – Ma	=	12x 2	=	24	Mi – C	= 2 x 7	= 14
C – Mo	=	7 x 1	=	7	C – S	= 5 x 1	= 5
Mo – C	=	7 x 1	=	7	S – C	= 5 x 1	= 5
C – T2	=	5 x 3	=	15	C – W	= 3 x 36	= 108
					W – C	= 3 x 36	= 108
รวม (เมตร)					369		

ตารางที่ 4.13 บอกระยะทางระหว่างสถานีงานหลังปรับปรุงผังแบบที่ 2 **(เมตร)**

From-to	Tool1	Material	Casting	Mold	Tool2	Mix	Store	Warehouse
Tool1		3						
Material			9					
Casting		9		7	5	4	4	2
Mold			7					
Tool2			5					
Mix			4					
Store			4					
Warehouse			2					

การคำนวณระยะทาง (เมตร)

T1 – Ma	=	13	C – T2	=	5	S – C	=	4
Ma – C	=	9	T2 - C	=	5	C – W	=	2
C – Ma	=	9	C – Mi	=	4	W – C	=	2
C – Mo	=	7	Mi – C	=	4			
Mo – C	=	7	C – S	=	4			

ระยะทางรวม = ระยะทาง x จำนวนการขนส่ง (เมตร)

ตารางที่ 4.14 การคำนวณระยะทางรวมหลังการปรับปรุงผังแบบที่ 2

T1 – Ma	= 3 x 1	= 3	T2 – C	= 5 x 3	= 15
Ma – C	= 9 x 3	= 27	C – Mi	= 4 x 7	= 28
C – Ma	= 9x 2	= 18	Mi – C	= 4 x 7	= 28
C – Mo	= 7 x 1	= 7	C – S	= 4 x 1	= 4
Mo – C	= 7 x 1	= 7	S – C	= 4 x 1	= 4
C – T2	= 5 x 3	= 15	C – W	= 2 x 36	= 72
			W – C	= 2 x 36	= 72
รวม (เมตร)			300		

ตารางที่ 4.15 บอกระยะทางระหว่างสถานีงานหลังปรับปรุงผังแบบที่ 3 **(เมตร)**

From-to	Tool1	Material	Casting	Mold	Tool2	Mix	Store	Warehouse
Tool1		5						
Material			10					
Casting		10		7	6	4	4	2
Mold			7					
Tool2			5					
Mix			4					
Store			4					
Warehouse			2					

การคำนวณระยะทาง (เมตร)

T1 – Ma	=	5	C – T2	=	5	S – C	=	4
Ma – C	=	10	T2 - C	=	5	C – W	=	2
C – Ma	=	10	C – Mi	=	4	W – C	=	2
C – Mo	=	7	Mi – C	=	4			
Mo – C	=	7	C – S	=	4			

ระยะทางรวม = ระยะทาง x จำนวนการขนส่ง (เมตร)

ตารางที่ 4.16 การคำนวณระยะทางรวมหลังการปรับปรุงผังแบบที่ 3

T1 – Ma	= 5 x 1	= 5	T2 – C	= 5 x 3	= 15
Ma – C	= 10 x 3	= 30	C – Mi	= 4 x 7	= 28
C – Ma	= 10x 2	= 20	Mi – C	= 4 x 7	= 28
C – Mo	= 7 x 1	= 7	C – S	= 4 x 1	= 4
Mo – C	= 7 x 1	= 7	S – C	= 4 x 1	= 4
C – T2	= 5 x 3	= 15	C – W	= 2 x 36	= 72
			W – C	= 2 x 36	= 72
รวม (เมตร)			307		

จากการคำนวณสามารถเปรียบเทียบระยะทางรวม จากผังโรงงานใหม่ทั้ง 3 ผัง กับผังโรงงานก่อนการปรับปรุง จะเห็นได้ว่า การปรับผังใหม่ทำให้ระยะทางในการทำงานลดลงจากเดิม เนื่องจากมีการย้ายสถานีงานที่มีค่าความสัมพันธ์กันมากมาไว้ใกล้กัน เพื่อลดความสูญเปล่าของการเคลื่อนที่ ได้ผลการออกแบบผัง ดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 แสดงระยะทางหลังปรับปรุงเทียบกับก่อนปรับปรุง

	ผังโรงงานเก่า (เมตร)	ผังโรงงานใหม่ (เมตร)
ผัง 1	496	369
ผัง 2	496	300
ผัง 3	496	307

หลังจากนำข้อมูลที่วิเคราะห์ข้างต้นประกอบกับแบบผังโรงงานที่ออกแบบใหม่ทั้ง 3 ผัง ไปนำเสนอให้กับผู้ประกอบการ เพื่อช่วยให้ตัดสินใจเลือกผัง ผลคือผู้ประกอบการพึงพอใจกับผังแบบที่ 2 แล้วนำผังแบบที่ 2 ไปคำนวณหาระยะทางหลังจากการปรับปรุงอุปกรณ์ขนย้ายรถเข็นปูนผสม และการลดกระบวนการความสูญเปล่า

ตารางที่ 4.18 แผนภูมิการไหลไป-กลับ ของวัสดุหลังการปรับปรุงผัง

From-to	Tool1	Material	Casting	Mold	Tool2	Mix	Store	Warehouse
Tool1		1						
Material			1					
Casting		2		1		5	1	6
Mold			1					
Tool2								
Mix			5					
Store			1					
Warehouse			6					

**กรณีหลังปรับปรุงความสูญเปล่าทั้งหมด*

ตารางที่ 4.19 บอกระยะทางระหว่างสถานีงานหลังปรับปรุงผังแบบที่ 2 **(เมตร)**

From-to	Tool1	Material	Casting	Mold	Tool2	Mix	Store	Warehouse
Tool1		3						
Material			9					
Casting		9		7	5	4	4	2
Mold			7					
Tool2			5					
Mix			4					
Store			4					
Warehouse			2					

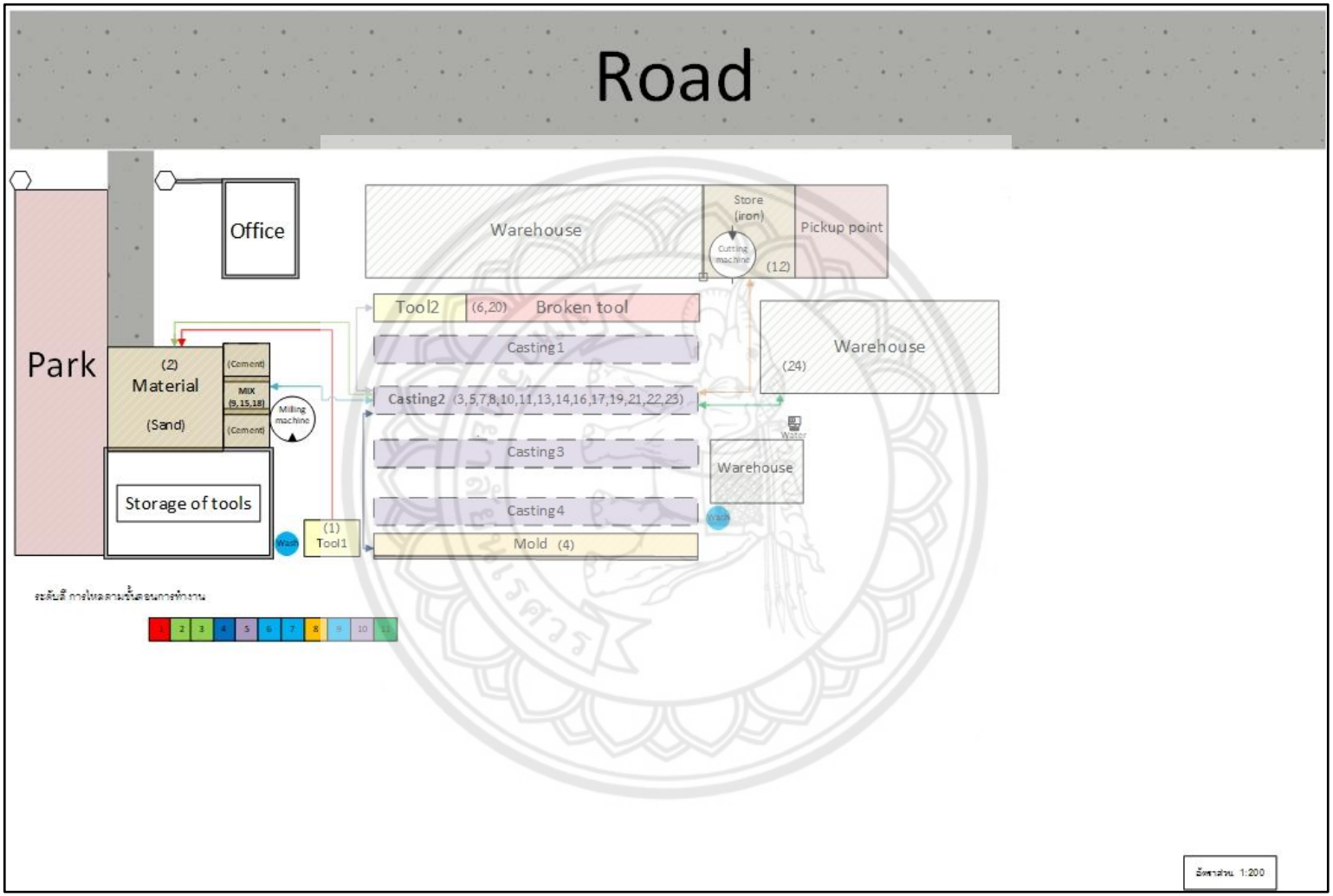
การคำนวณระยะทาง (เมตร)

T1 – Ma	=	13	C – T2	=	5	S – C	=	4
Ma – C	=	9	T2 - C	=	5	C – W	=	2
C – Ma	=	9	C – Mi	=	4	W – C	=	2
C – Mo	=	7	Mi – C	=	4			
Mo – C	=	7	C – S	=	4			

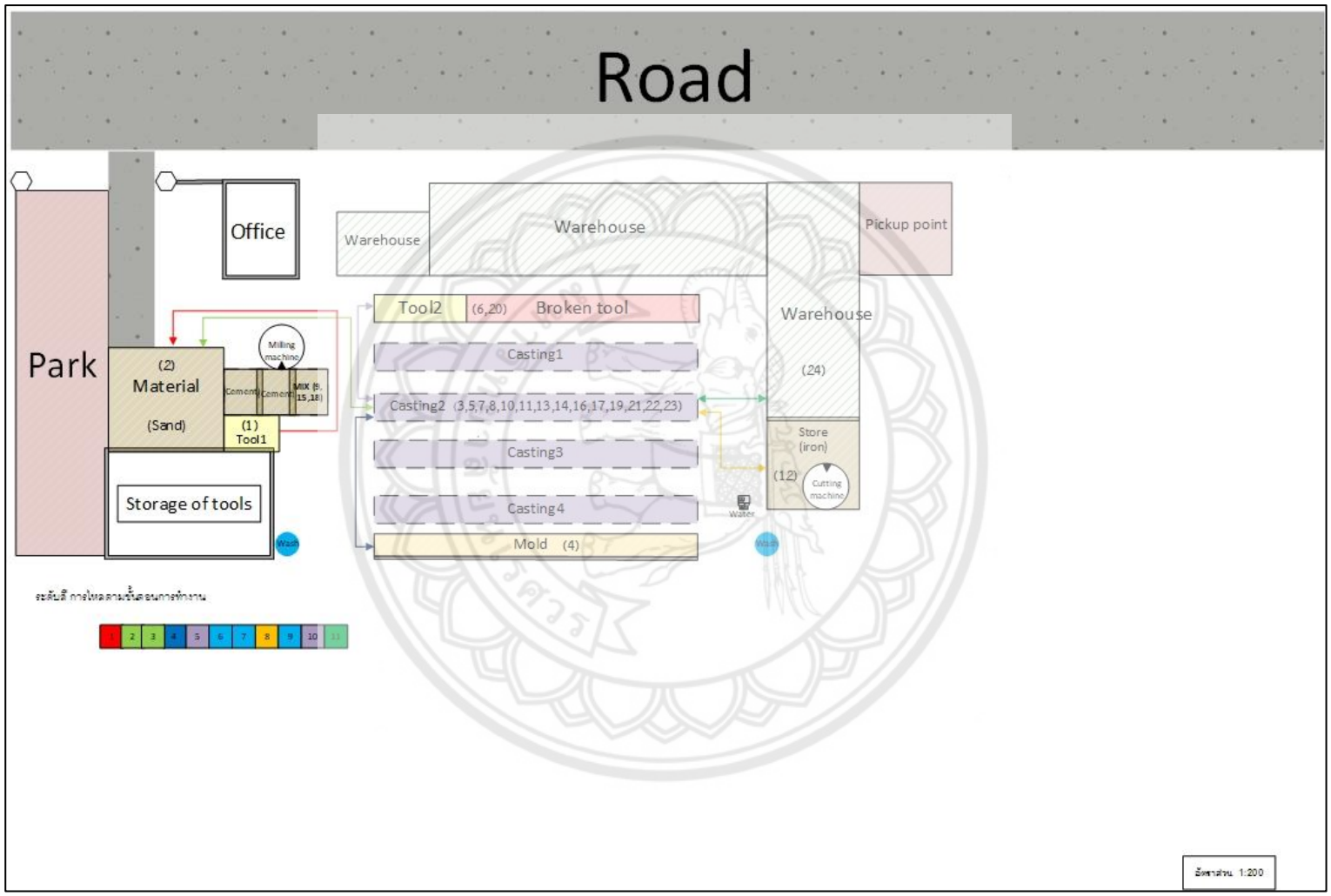
ระยะทางรวม = ระยะทาง x จำนวนการขนส่ง (เมตร)

ตารางที่ 4.20 การคำนวณระยะทางรวมหลังการปรับปรุงผังแบบที่ 2

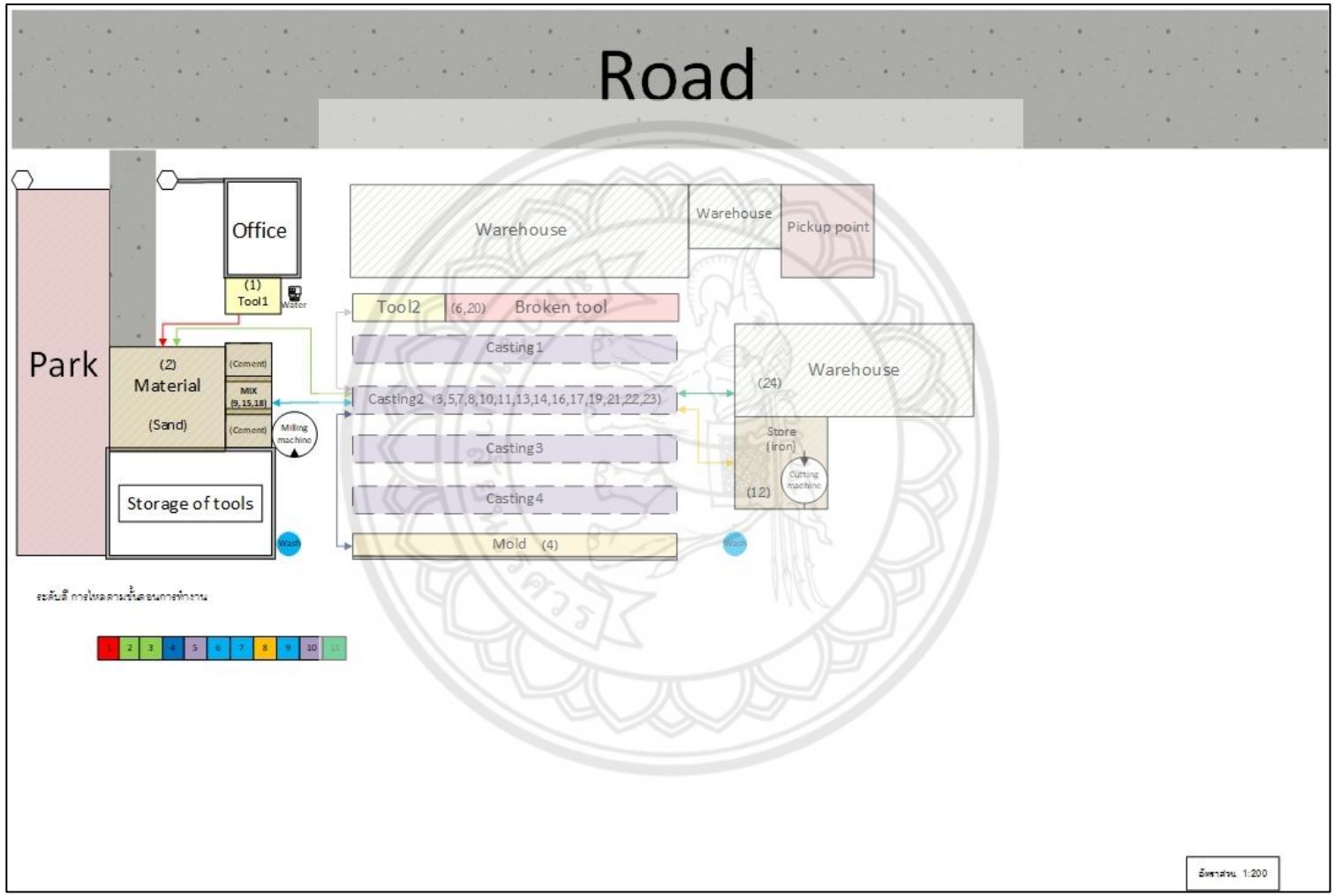
T1 – Ma	= 3 x 1	= 3	W – C	= 2 x 6	= 12
Ma – C	= 9 x 1	= 9	C – Mi	= 4 x 5	= 20
C – Ma	= 9x 2	= 18	Mi – C	= 4 x 5	= 20
C – Mo	= 7 x 1	= 7	C – S	= 4 x 1	= 4
Mo – C	= 7 x 1	= 7	S – C	= 4 x 1	= 4
			C – W	= 2 x 6	= 12
รวม (เมตร)			116		



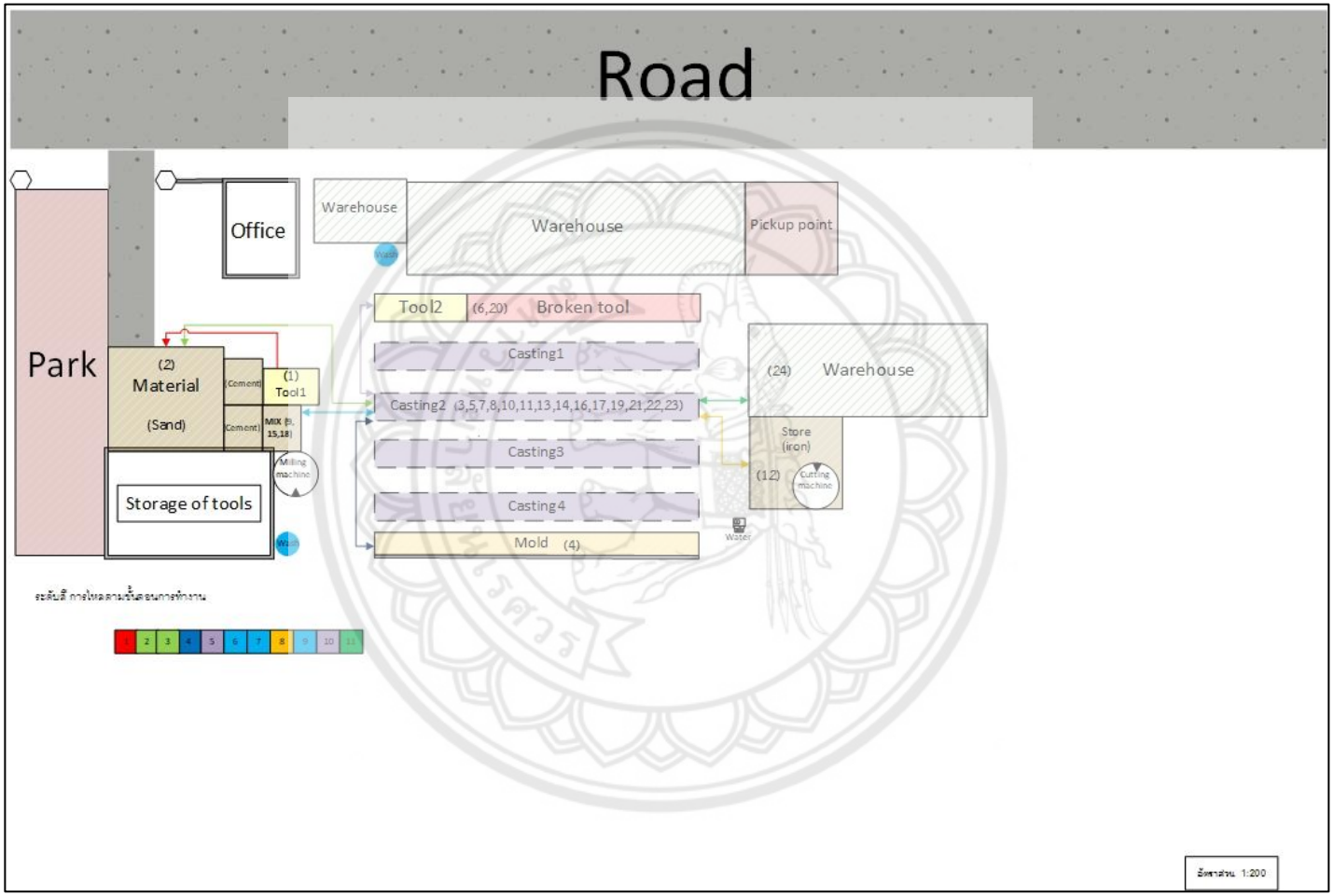
รูปที่ 4.8 ผังโรงงานก่อนปรับปรุง



รูปที่ 4.9 ผังโรงงานใหม่แบบที่ 1



รูปที่ 4.10 ผังโรงงานใหม่แบบที่ 2

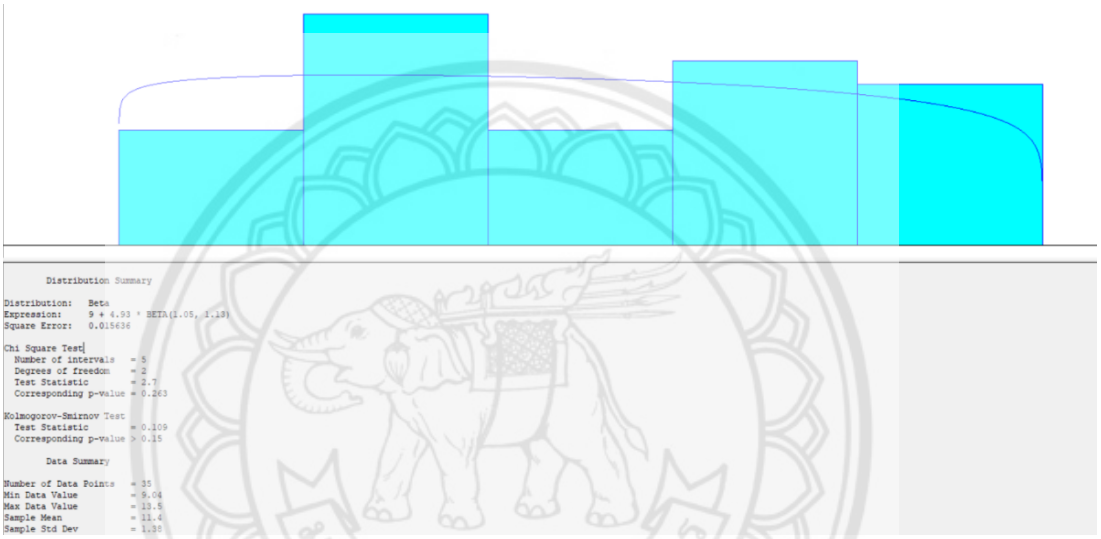


รูปที่ 4.11 ผังโรงงานใหม่แบบที่ 3

4.2.2 การสร้างแบบจำลองสถานการณ์

4.2.2.1 แบบจำลองก่อนการปรับปรุง

เมื่อเก็บรวบรวมข้อมูลจากสภาพการณ์ปัจจุบันเรียบร้อยแล้ว นำข้อมูลในตารางบันทึกเวลา (Time Measurement Sheet) หรือแผนภาพกระบวนการไหลของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปคอนกรีตขนาด 10x10x10 เซนติเมตร ดังรูปที่ 4.4 และรูปที่ 4.4 (ต่อ) มาใช้ในโปรแกรม Arena Simulation วิเคราะห์ ดังภาคผนวก ข แบบจำลองการปรับปรุง และสร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Model) จึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์ตัวเลขทางสถิติ เพื่อหาค่าตัวแทนข้อมูลทั้งหมดโดยใช้โปรแกรม Input Analyzer แล้วนำไปสร้างแบบจำลอง ดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.12 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ข้อมูลการขัดผิวผลิตภัณฑ์

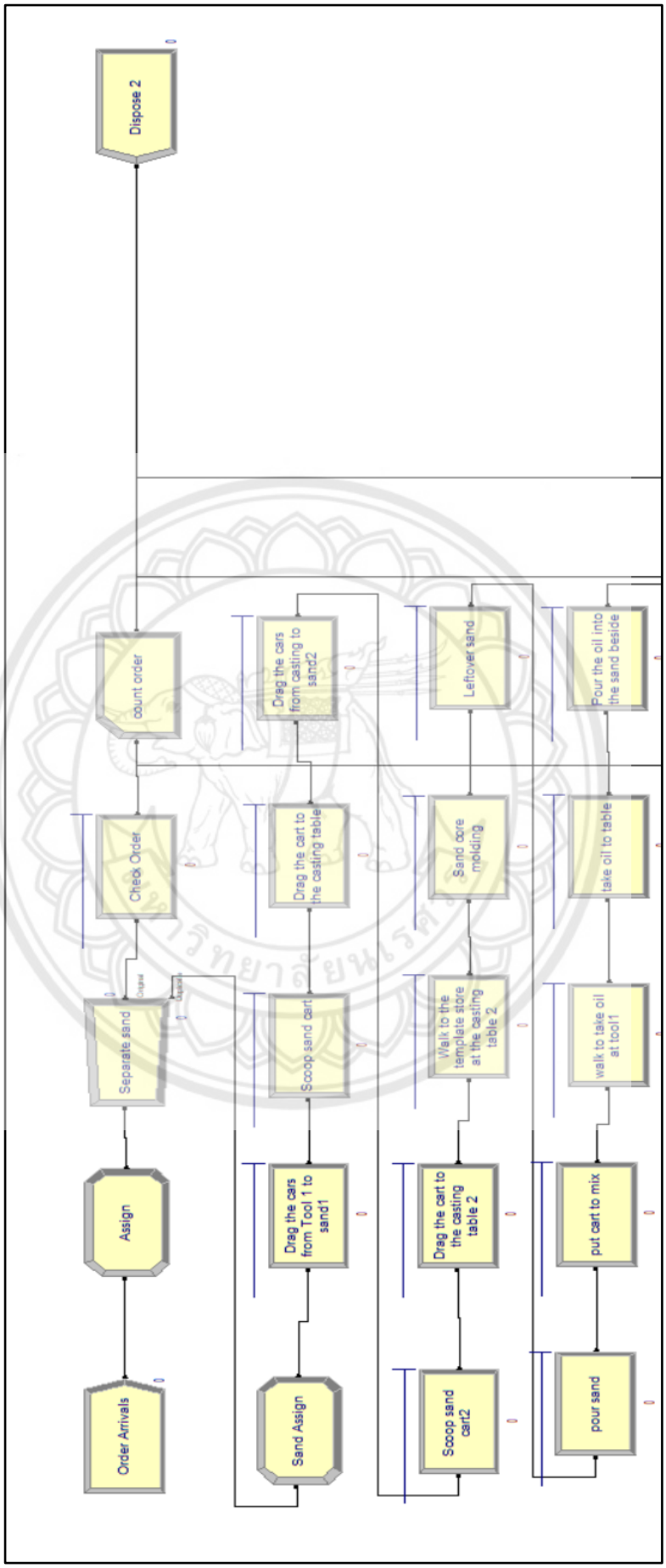
จากรูปที่ 4.12 แสดงตัวอย่างผลการวิเคราะห์ข้อมูลเวลาการทำงานของขั้นตอนการขัดผิวผลิตภัณฑ์ที่มีจำนวนข้อมูลดิบ 35 ข้อมูล แล้วนำจำนวนข้อมูลดิบที่ได้มาบันทึกไว้ให้บันทึกเป็นไฟล์ตัวอักขระ (Text Files) ในโปรแกรม Note Pad จากนั้นนำไฟล์ตัวอักขระ (Text Files) ในโปรแกรม Note Pad ที่ได้บันทึกไว้ มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลป้อนเข้า (Input Analyzer) ซึ่งพบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้ามีค่าเฉพาะ (Expression) เท่ากับ 9 + 4.93 * BETA(1.3, 1.92) และมีค่าความผิดพลาด (Square Error) เท่ากับ 0.015636 โดยจะใช้วิธีทดสอบสมมติฐานการแจกแจงตัวของความน่าจะเป็นของข้อมูลด้วยวิธีการทดสอบ Kolmogorov-Smirnov Test ที่มีค่า P-value มากกว่า 0.15 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่านัยสำคัญทางสถิติที่ร้อยละ 95 ความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.05 สามารถสรุปได้ว่า จะไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก แสดงว่าข้อมูลการขัดผิวผลิตภัณฑ์มีการแจกแจงแบบเบต้า

นำข้อมูลที่ได้ไปป้อนลงแบบจำลองของแต่ละโมดูล (Module) ที่สร้างขึ้นมา โดยนำค่าเฉพาะ (Expression) ที่ได้จากการใช้ Input Analyze วิเคราะห์จาก ภาคผนวก ข

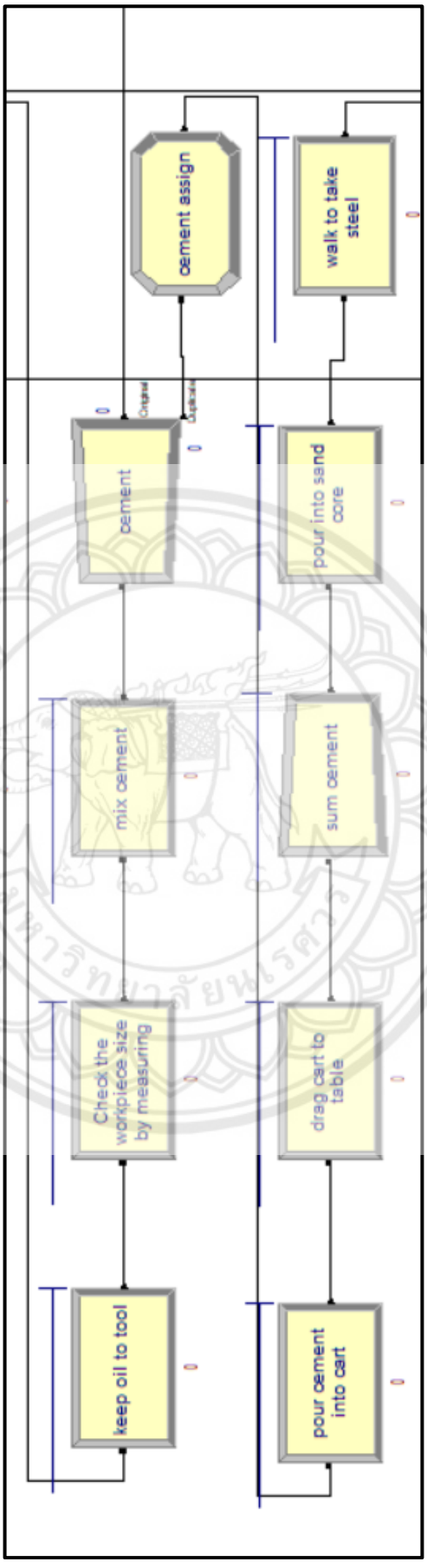
ในการสร้างแบบจำลองจะเริ่มจากสร้าง Create Module ทำหน้าที่ป้อน Entity ที่เป็นรายการคำสั่งผลิตเข้าสู่โมดูลโครงสร้าง Separate Module โดยจะแยก Entity โดยดั้งเดิมจะเข้าสู่โมดูลโครงสร้าง Process เช็ครายการคำสั่งผลิตแล้วทำ Record รายการคำสั่งผลิตเอาไว้ และ Dispose ออกไปในส่วนของ Entity ที่แยกออกมาอีกตัวจะทำการ Assign ระบุชื่อใหม่ให้กับวัตถุดิบ แล้วเข้าสู่ Process ปั้นแกนทราย ดังรูปที่ 4.13

จากนั้น Entity จะเข้าสู่โมดูลโครงสร้าง Process Module ผสมปูน เข้าสู่โมดูลโครงสร้าง Separate Module โดยจะแยก Entity 3 ตัวเนื่องจากต้องใช้รถเข็นขนปูน 3 รอบ แล้วจะทำการ Assign ระบุชื่อใหม่ให้กับวัตถุดิบ แล้วเข้าสู่ Process แล้วใช้คำสั่งโมดูลโครงสร้าง Batch Module ขึ้นรูปชิ้นงานรวม Entity ดังรูปที่ 4.14

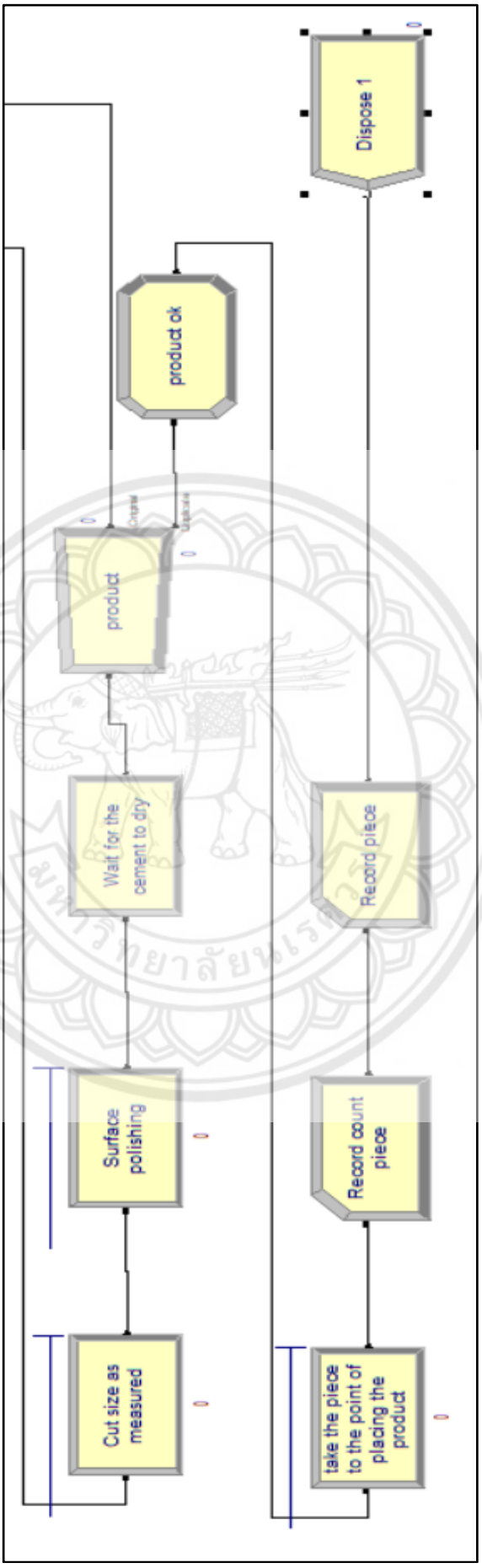
หลังจากเข้าสู่ Process ขัดผิวผลิตภัณฑ์ จะใช้โมดูลโครงสร้าง Delay Module เป็นกระบวนการรอปูนให้แห้งแล้ว Entity เข้าสู่โมดูลโครงสร้าง Separate Module โดยจะแยก Entity 36 ตัว เนื่องจากคำสั่งผลิต 1 ชุดจะผลิตชิ้นงานได้ 36 ชิ้น แล้วจะทำการเข้าสู่ Process ขนย้ายผลิตภัณฑ์ไปจัดเก็บที่คงคลังสินค้า และจะใช้คำสั่ง Record บันทึกจำนวน และเวลาที่ผลิตทั้งหมด ดังรูปที่ 4.15



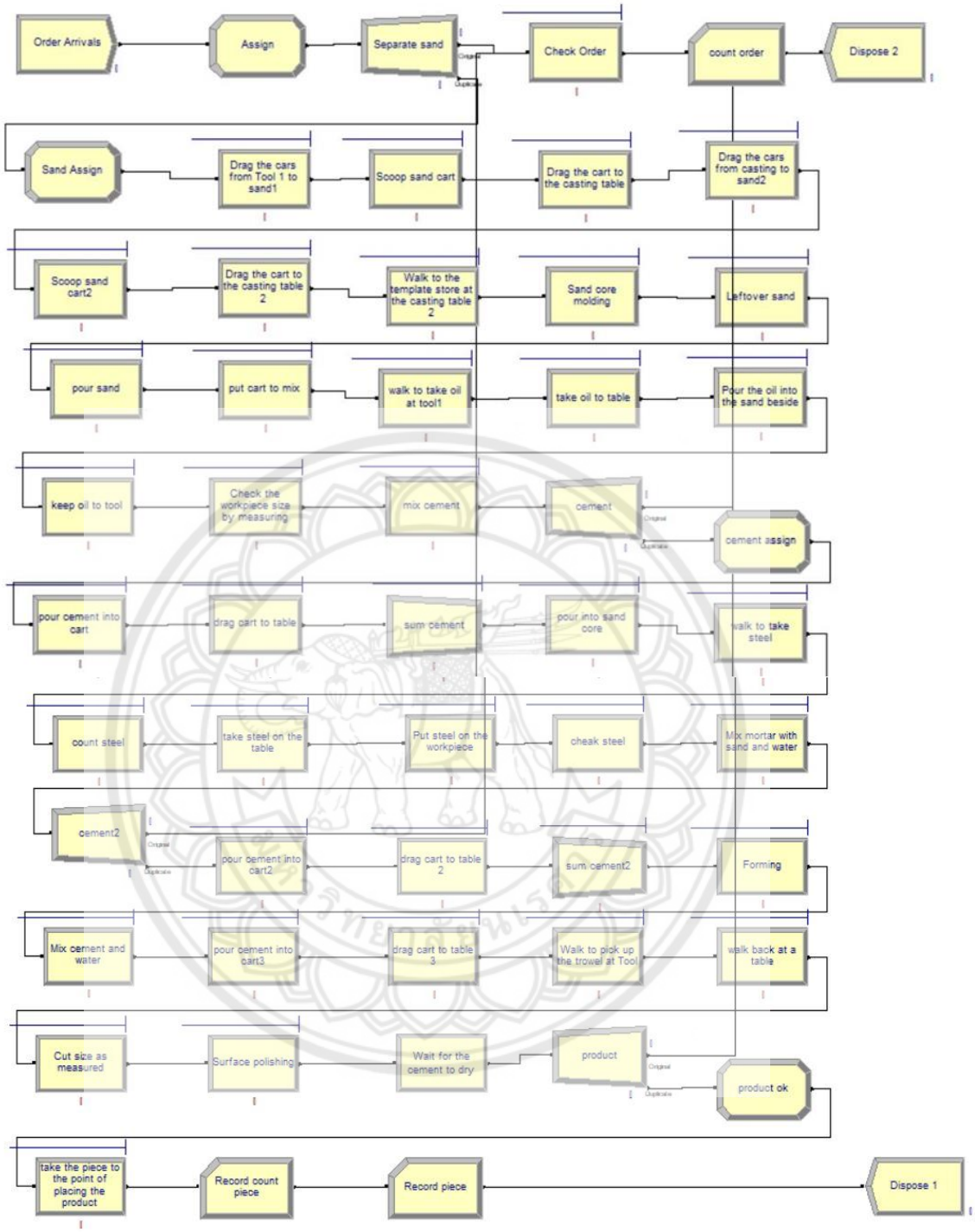
รูปที่ 4.13 แบบจำลองตั้งแต่เริ่มระบบจนถึงการปั้นแกนทราย



รูปที่ 4.14 แบบจำลองของการขึ้นรูปชิ้นงาน



รูปที่ 4.15 แบบจำลองผลิตภัณฑ์สำเร็จ



รูปที่ 4.16 แสดงการจำลองกระบวนการผลิตทั้งหมดก่อนการปรับปรุง

4.2.2.2 ทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีอยู่ 2 ส่วน ดังนี้

Verification คือ การตรวจสอบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้น ตรงกับกระบวนการทำงานจริง และทำงานได้ตามที่ได้ทำการออกแบบไว้หรือไม่ โดยการเปรียบเทียบกระบวนการทำงานกับแบบจำลอง และสอบถามผู้เชี่ยวชาญระบบการผลิตกรณีศึกษา (Face Validation)

Validation คือ การตรวจสอบว่าแบบจำลองสามารถทำงานเสมือนระบบจริงหรือไม่ โดยใช้การทดสอบสมมติฐานทางสถิติ

ก. กำหนดจำนวนรอบของการประมวลผล

ในการตรวจสอบแบบจำลองโดยใช้ความเชื่อมั่นที่ 95% จะเริ่มต้น (R_0) ทำซ้ำที่ 35 รอบ หลังจากนั้นจะทำการหาจำนวนรอบของการประมวลผลที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95 % ความเชื่อมั่น ดังนี้

$$R = \left(\frac{t_{\alpha/2,R_0-1} S_0}{\varepsilon}\right)^2 = \left(\frac{2.032*6.902}{2.36}\right)^2$$

โดย R คือจำนวนรอบในการประมวลผล

$t_{\alpha/2,R_0-1}$ คือค่าการแจกแจง t ที่ความเชื่อมั่น 1-α และองศาอิสระ = 2.032

S_0 คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 6.902

ε คือค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้

จะได้ R = 35.316 ≈ 35 ซึ่งรันผลแบบจำลองการทำซ้ำ 35 รอบ นั้นสามารถใช้เป็นตัวแทนแบบจำลองที่มีความเชื่อถือมากกว่า 95 %

ข. การทดสอบสมมติฐานความแตกต่างของค่าเฉลี่ย T-test

นำเวลาเฉลี่ยที่ได้จากกระบวนการผลิตจริงกับแบบจำลองที่สร้างขึ้นจำนวน 35 ครั้ง โดยนำข้อมูล จากภาคผนวก ค ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบที (T-test) ไปเฉลี่ยแล้วทำการทดสอบสมมติฐานทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 โดยใช้โปรแกรม SPSS ได้ผลการวิเคราะห์ ดังรูปที่ 4.17 สามารถอธิบายได้ ดังนี้

T-Test

[DataSet1] C:\Users\Nicem\OneDrive\เอกสาร\Untitled2.sav

Group Statistics

	data	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
group	1.00	35	881.4157	6.21753	1.05095
	2.00	35	880.1651	6.90248	1.16673

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference Lower	95% Confidence Interval of the Difference Upper
group	Equal variances assumed	.699	.406	.796	68	.429	1.25057	1.57028	-1.88287	4.38401
	Equal variances not assumed			.796	67.271	.429	1.25057	1.57028	-1.88348	4.38462

รูปที่ 4.17 ผลการทดสอบสมมติฐานความแตกต่างของค่าเฉลี่ย T-test ด้วยโปรแกรม SPSS

สถิติทดสอบ F ที่ได้จาก Levene's test เพื่อทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน (homogeneity of variance) จะปฏิเสธ H_0 เมื่อ Prob. < α แสดงว่า $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ และจะยอมรับ H_0 เมื่อ Prob. > α แสดงว่า $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$

ในกรณีนี้ สรุปได้ว่า $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ (เพราะ P-value = 0.406 มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05) สังเกตได้จากกรอบที่ 1 ส่วนของค่า Sig.

ดังนั้นกรณี $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ ให้ใช้สถิติ t (Pooled Variances) เพื่อทดสอบค่าเฉลี่ยทั้ง 2 กลุ่ม โดยดูค่าจากช่อง Equal variances assumed เพราะความแปรปรวนของ 2 กลุ่มตัวอย่างเท่ากัน จะได้ว่า

จะปฏิเสธ H_0 เมื่อ Prob. < α แสดงว่า $\mu_1 \neq \mu_2$ และจะยอมรับ H_0 เมื่อ Prob. > α แสดงว่า $\mu_1 = \mu_2$

ในกรณีนี้สรุปได้ว่า $\mu_1 = \mu_2$ (เพราะ P-value = 0.429 มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05) สังเกตได้จากกรอบที่ 2

ดังนั้น ค่าเฉลี่ยของเวลาการทำงานจริง และเวลาของโปรแกรม simulation ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถใช้สถานการณ์จำลองแทนการทำงานจริงได้

ตารางที่ 4.21 ผลลัพธ์ของแบบจำลองก่อนการปรับปรุงประสิทธิภาพ

รายงาน	ผลลัพธ์	Half-Width
จำนวนชิ้นงานที่ออกจากระบบ	36	-
เวลาเฉลี่ยที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ (นาที)	880.31	880.31±2.36
เวลาน้อยสุดที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ (นาที)	864.04	-
เวลามากสุดที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ (นาที)	892.76	-

4.2.2.3 แบบจำลองหลังการปรับปรุง

จากแนวทางการแก้ไขปรับปรุงทั้ง 3 แนวทาง แนวทางการปรับปรุงผังโรงงานกับอุปกรณ์ขนย้าย และลดความสูญเปล่าของกระบวนการ คณะผู้จัดทำโครงงานได้ทำแบบจำลองปรับปรุงย่อย 3 โมเดล และแบบจำลองหลังการปรับปรุงทั้งหมด

4.2.2.4 ประเมินผลการปรับปรุงโดยการใช้แบบจำลอง

หลังจากที่ได้แนวทางการปรับปรุง จึงนำแนวทางการปรับปรุงมาปรับในแบบจำลองสถานการณ์ เพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพหลังการปรับปรุง โดยทำการทดสอบแบบจำลองสถานการณ์ทั้งหมด 35 รอบ (Replications) แต่ละรอบของการทดลองจะตั้งเวลาไว้ที่ 1 วัน วันละ 24 ชั่วโมง (Run Length) จะแสดงผลลัพธ์ ดังนี้ การปรับปรุงประสิทธิภาพของผังโรงงาน ตารางที่ 4.22 การปรับปรุงประสิทธิภาพของอุปกรณ์ขนย้าย ตารางที่ 4.23 การปรับปรุงประสิทธิภาพของผังโรงงาน และอุปกรณ์ขนย้าย ตารางที่ 4.24 การลดความสูญเปล่าของกระบวนการ และตารางที่ 4.25 ผลลัพธ์การปรับปรุงทั้งหมด

ตารางที่ 4.22 ผลลัพธ์ของแบบจำลองหลังการปรับปรุงประสิทธิภาพของผังโรงงาน

รายงาน	ผลลัพธ์	Half-Width
จำนวนชิ้นงานที่ออกจากระบบ	36	-
เวลาเฉลี่ยที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ (นาที)	876.02	876.02±2.35
เวลาน้อยสุดที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ (นาที)	857.30	-
เวลามากสุดที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ (นาที)	888.97	-

ตารางที่ 4.23 ผลลัพธ์ของแบบจำลองหลังการปรับปรุงประสิทธิภาพของอุปกรณ์ขนย้าย

รายงาน	ผลลัพธ์	Half-Width
จำนวนชิ้นงานที่ออกจากระบบ	36	-
เวลาเฉลี่ยที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ (นาที)	868.55	868.57±2.31
เวลาน้อยสุดที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ (นาที)	855.46	-
เวลามากสุดที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ (นาที)	883.92	-

ตารางที่ 4.24 ผลลัพธ์ของแบบจำลองหลังลดความสูญเปล่าของกระบวนการ

รายงาน	ผลลัพธ์	Half-Width
จำนวนชิ้นงานที่ออกจากระบบ	36	-
เวลาเฉลี่ยที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ (นาที)	876.34	876.34± 1.99
เวลาน้อยสุดที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ (นาที)	862.55	-
เวลามากสุดที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ (นาที)	885.89	-

ตารางที่ 4.25 ผลลัพธ์ของแบบจำลองหลังการปรับปรุงทั้งหมด

รายงาน	ผลลัพธ์	Half-Width
จำนวนชิ้นงานที่ออกจากระบบ	36	-
เวลาเฉลี่ยที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ (นาที)	862.69	862.69±2.53
เวลาน้อยสุดที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ (นาที)	852.36	-
เวลามากสุดที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ (นาที)	878.28	-

จากแนวทางการแก้ไขปรับปรุงทั้ง 2 แนวทาง แนวทางปรับปรุงผังโรงงาน และแนวทางปรับปรุงอุปกรณ์ขนย้าย คณะผู้จัดทำโครงงานได้ทำแบบจำลองเป็น 3 โมเดล เพื่อเปรียบเทียบจำลองการลดระยะทาง และลดรอบการขนย้าย โดยนำการปรับปรุงผังโรงงานรวมกับปรับปรุงอุปกรณ์ขนย้ายแล้วเปรียบเทียบกับแบบจำลองก่อนการปรับปรุง จะเห็นได้ว่าเวลาของกระบวนการจะลดลงร้อยละ 1.89 ของกระบวนการ

4.2.3 การออกแบบอุปกรณ์ขนย้ายปูนผสม และอุปกรณ์ขนย้ายผลิตภัณฑ์สำเร็จ

การออกแบบอุปกรณ์ขนย้ายที่เหมาะสมนั้นจะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น ความสูง ความกว้าง ขนาดบรรจุ ความสะดวกในการใช้งาน และความปลอดภัย ซึ่งในอุปกรณ์แต่ละชนิดจะมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องแตกต่างกัน เมื่อวิเคราะห์ตามความเหมาะสมด้านต่างๆ ที่กล่าวไป จะได้ข้อควรคำนึงดังต่อไปนี้

4.2.3.1 ข้อควรคำนึงในการออกแบบอุปกรณ์ขนย้ายปูนผสม

ก. ต้องมีปริมาตรบรรจุมากกว่า 55 ลิตร

ข. ต้องสะดวกในการขนย้าย ไม่ทำให้เกิดความเมื่อยล้ามากเกินไป

ค. ระยะของที่เข็นต้องมีความเหมาะสม ไม่สูงเกินไป หรือต่ำเกินไป

ง. ตัวถังต้องออกแบบให้สามารถตักปูนได้ง่าย

จ. สามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย

4.2.3.2 ข้อควรคำนึงในการออกแบบอุปกรณ์ขนย้ายผลิตภัณฑ์สำเร็จ

ปัจจัยในการออกแบบอุปกรณ์ขนย้ายผลิตภัณฑ์สำเร็จจะมีรายละเอียดมากกว่าอุปกรณ์ขนย้ายปูนผสม เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านพื้นที่เข้ามาเกี่ยวข้อง ข้อควรคำนึงมี ดังนี้ ซึ่งสามารถดูรายละเอียดประกอบได้ จากตารางที่ 4.26

ก. ความสูงที่เหมาะสมควรอยู่ที่ 650 – 1000 มิลลิเมตร

ข. ต้องสามารถรับน้ำหนักได้ไม่ต่ำกว่า 150 กิโลกรัม

ค. อุปกรณ์ขนย้ายต้องมีความยาว 2000 มิลลิเมตร เพื่อป้องกันผลิตภัณฑ์เกิดความเสียหาย เนื่องจากผลิตภัณฑ์ยาว 2000 มิลลิเมตร

ง. ระยะของที่เข็นต้องมีความเหมาะสม ไม่สูงเกินไป หรือต่ำเกินไป

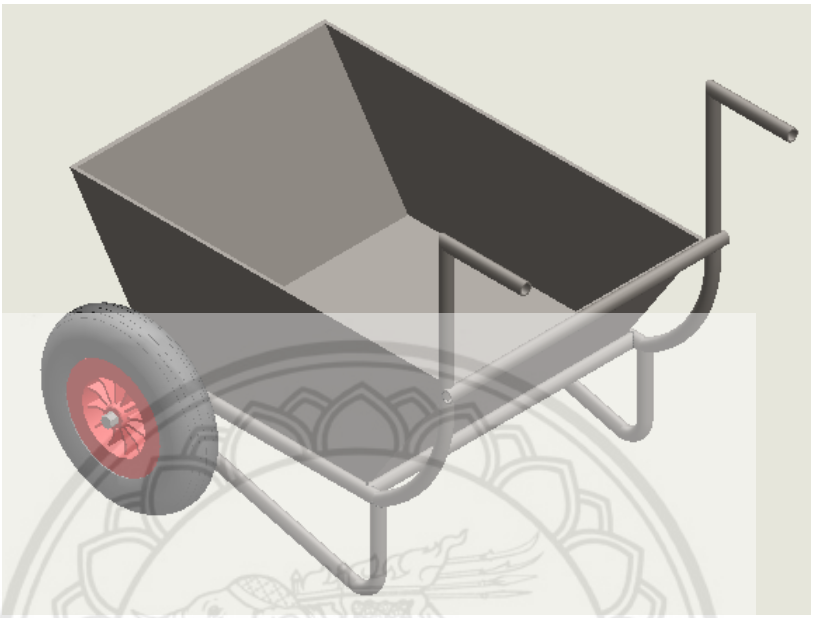
จ. สามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย

ตารางที่ 4.26 ปัจจัยที่ส่งผลกับการออกแบบอุปกรณ์ขนย้ายผลิตภัณฑ์

ปัจจัย	ผลิตภัณฑ์		โต๊ะหล่อ	ช่องทางเดิน
	ขนาด 10x5x5 เซนติเมตร	ขนาด 10x10x10 เซนติเมตร		
ความกว้าง (มิลลิเมตร)	50x50	100x100	1200	1300
ความยาว (มิลลิเมตร)	2000	2000	14000	-
ความสูง (มิลลิเมตร)	100	100	1000	-
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	18	25	-	-
น้ำหนักบรรทุก (กิโลกรัม)	150	150	-	-

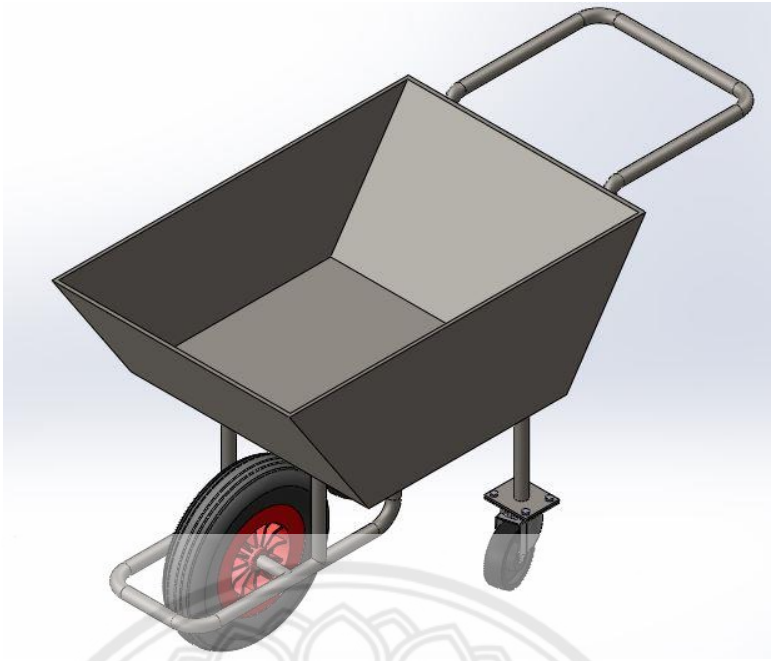
4.2.4 ออกแบบอุปกรณ์การขนย้ายด้วยโปรแกรม SolidWorks

จากการพิจารณาปัจจัยต่างๆ ในข้อที่ 4.2.3.1 ทำให้สามารถออกแบบรถเข็นขนย้ายปูนผสมจากโปรแกรม SolidWorks ได้ 3 แบบ ดังรูปที่ 4.18 รูปที่ 4.19 และรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.18 รถเข็นแบบที่ 1 ขนย้ายปูนผสม

รูปที่ 4.19 รถเข็นแบบที่ 2 ขนย้ายปูนผสม

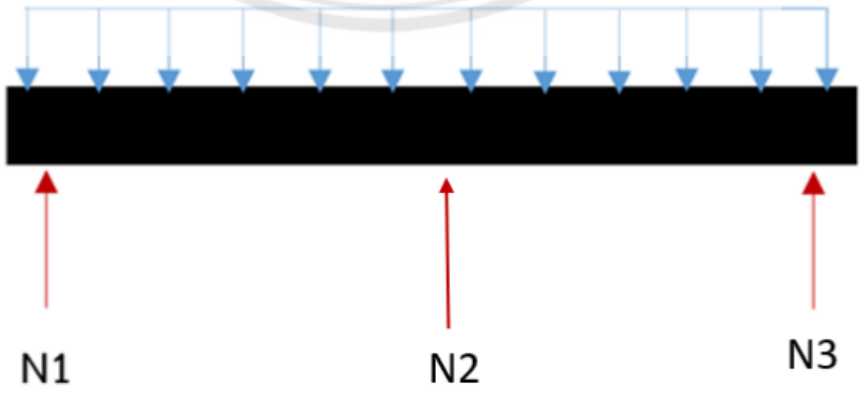


รูปที่ 4.20 รถเข็นแบบที่ 3 ขนย้ายปูนผสม

เนื่องจากผู้ประกอบการสนใจรถเข็นขนย้ายปูนผสมแบบที่ 2 จึงนำข้อมูลรถเข็นแบบที่ 2 จากรูปที่ 4.21 รูปที่ 4.22 และรูปที่ 4.23 มาใช้ในการคำนวณหาน้ำหนัก เพื่อเลือกล้อที่เหมาะสม และหาปริมาตรบรรจุของรถเข็นขนย้ายปูนผสมใหม่ ดังนี้

คำนวณหาน้ำหนักที่ล้อต้องรับ (กรณีรถเข็นปูนผสม)

254.36 kg. , 2495.27 N



รูปที่ 4.21 Free Body Diagram น้ำหนักที่ล้อต้องรับ รถเข็นขนย้ายปูนผสมแบบที่ 2

น้ำหนักรถเข็นรวมทั้งหมด (Cast Carbon Steel) เท่ากับ 79.66 กิโลกรัม น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 116 กิโลกรัม ค่าเผื่อร้อยละ 30 หาแรงที่มากระทำบนล้อแต่ละล้อ เพื่อนำค่านี้ไปเลือกใช้ล้อที่เหมาะสม

คำนวณ จากสูตร กฎข้อที่ 1 ของนิวตัน $\sum F = 0$

จะได้

$$N1 + N2 + N3 = [\ 79.66 + 116 + (79.66+116)(0.3)\ ] \times 9.81 \ m/s^2$$

$$3N = 2495.27\ N$$

$$N = \frac{2495.27}{3} N$$

$$N = 831.76\ N$$

$$N = \frac{831.76}{9.81} = 84.79\ kg.$$

ดังนั้น ล้อ 1 ล้อ จะต้องรับน้ำหนักได้ไม่ต่ำกว่า 84.79 กิโลกรัม

ล้อที่นำมาคำนวณ คือ ล้อเหล็ก ตราม้า (White Horse Casters) ขนาด 5 นิ้ว รับน้ำหนักได้ 100 กิโลกรัม/ล้อ (2 ล้อ) และล้อยางตัน 12 นิ้ว รับน้ำหนักได้ 200 กิโลกรัม/ล้อ (1 ล้อ)

หลักการคำนวณการรับน้ำหนักบรรทุกอย่างปลอดภัย ตามหลักการรับน้ำหนักสากล น้ำหนักบรรทุกอย่างปลอดภัยในการใช้งาน จะอยู่ที่ร้อยละ 75 ของการรับน้ำหนักสูงสุด จะได้ว่า

น้ำหนักที่ปลอดภัยในการใช้งาน = น้ำหนักที่รองรับต่อลูก (ล้อ) x จำนวนล้อ x 0.75

= [(100 x 2)+200] x 0.75

= 300 กิโลกรัม

น้ำหนักที่ปลอดภัยในการใช้งานต้องไม่เกิน 300 กิโลกรัม

คำนวณปริมาตรบรรจุ

รถเข็นขนย้ายปูนผสม มีความสูง 300 มิลลิเมตร ความกว้าง 600 มิลลิเมตร ความยาวของเส้นคู่ขนานเท่ากับ 900 มิลลิเมตร และ 500 มิลลิเมตร โดยที่ตัวถังรถเข็นมีความหนา 8 มิลลิเมตร

วิธีคำนวณหาปริมาตรบรรจุ

จากสูตร การหาปริมาตรของสี่เหลี่ยมคางหมู = $\frac{1}{2}$ x ผลบวกของเส้นคู่ขนาน x สูง x กว้าง

= $\frac{1}{2}$ x (0.884+0.484) x 0.292 x 0.584

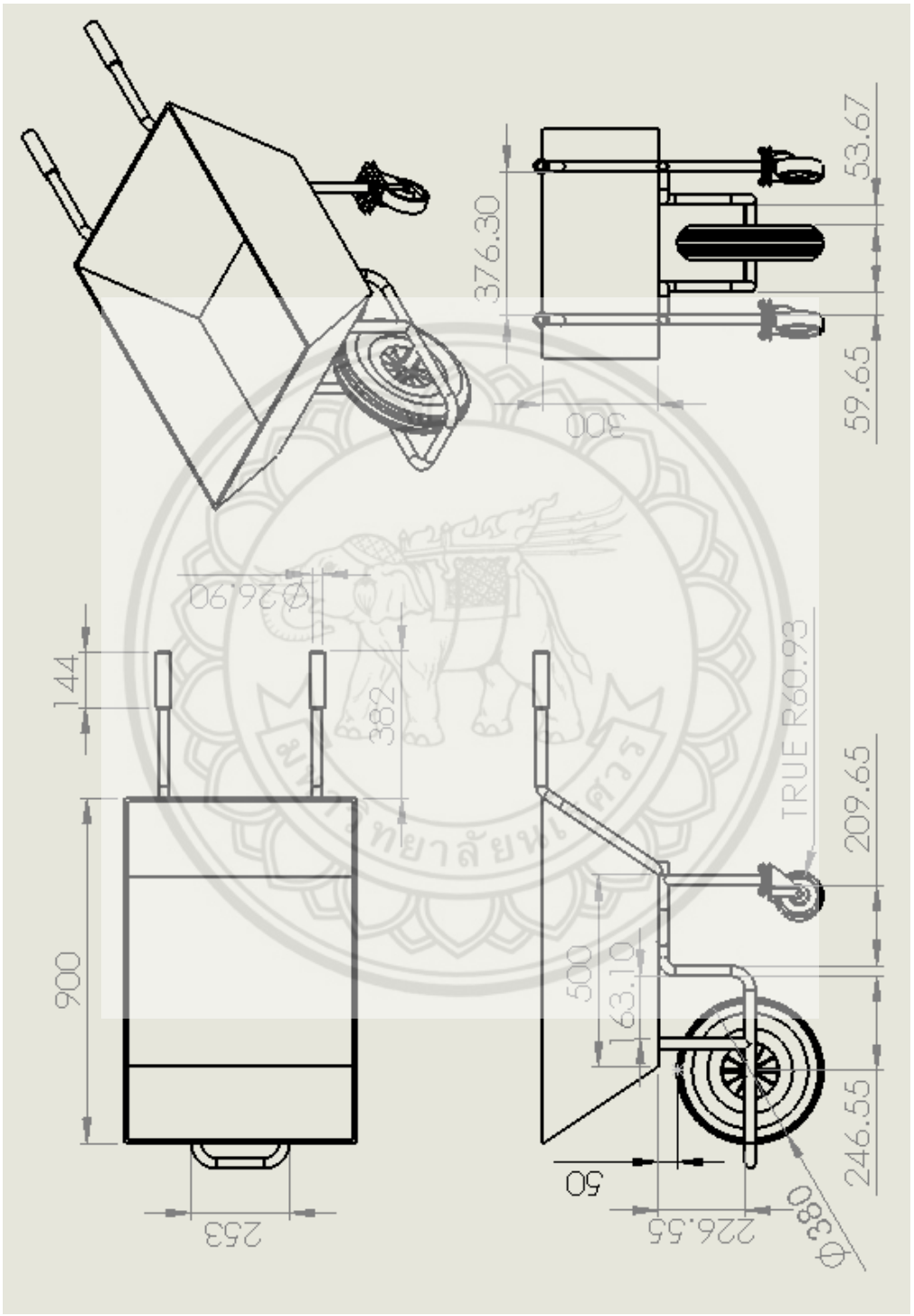
= 0.116 ลูกบาศก์เมตร

1 ลูกบาศก์เมตร เท่ากับ 1000 ลิตร

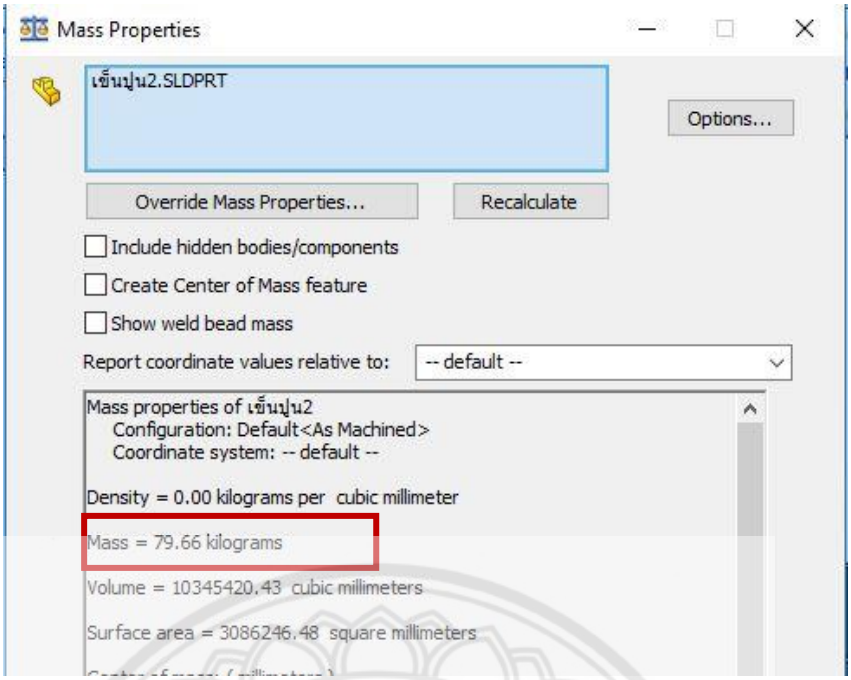
ดังนั้น 0.116 ลูกบาศก์เมตร = 0.116 x 1000

= 116 ลิตร

จะได้ว่า รถเข็นขนย้ายปูนผสมมีปริมาตรบรรจุเท่ากับ 116 ลิตร

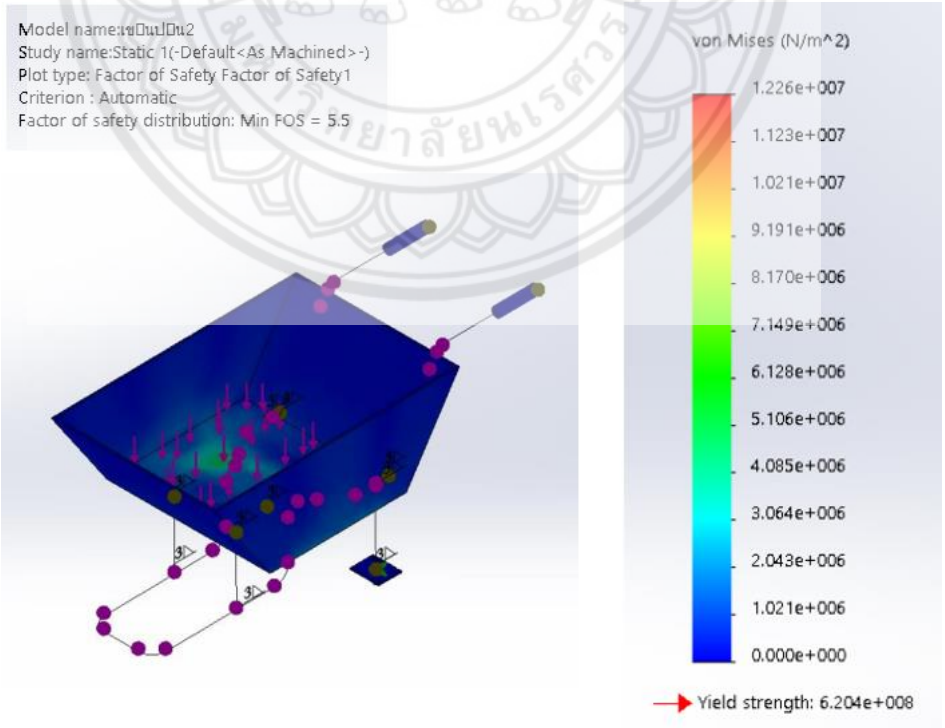


รูปที่ 4.22 ภาพร่างรถเข็นขนย้ายปูนผสมแบบที่ 2 หน่วยการวัด (มิลลิเมตร)



รูปที่ 4.23 แสดงน้ำหนักของรถเข็นขนย้ายปูนผสมแบบที่ 2 ที่วัดได้จากโปรแกรม SolidWorks

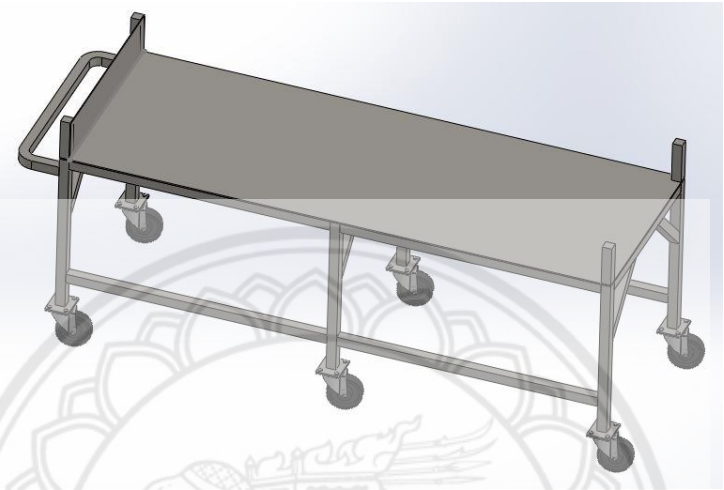
จากนั้นใช้โปแกรม SolidWorks simulation ในการช่วยวิเคราะห์**ความแข็งแรงของชิ้นงาน** โดยโมดูล Static จะได้ผลวิเคราะห์ ดังรูปที่ 4.24



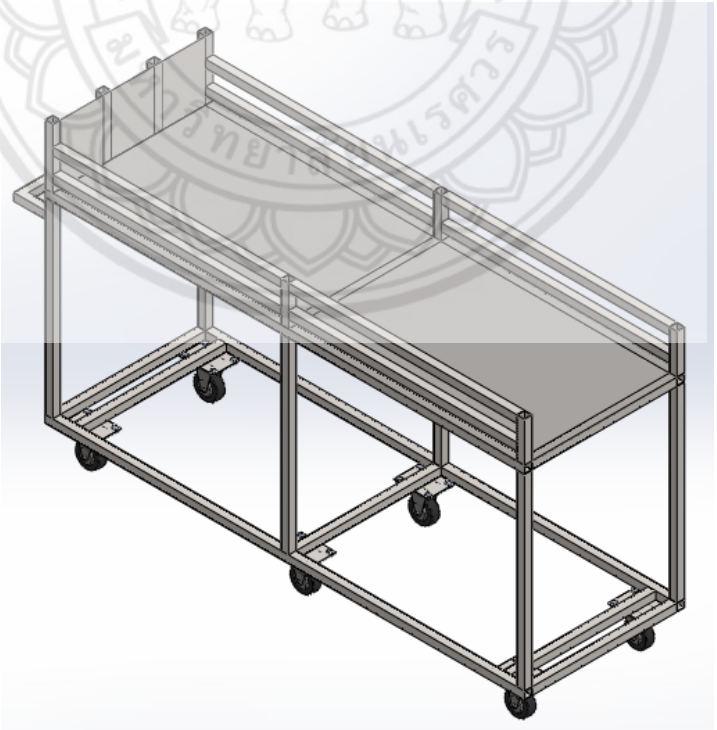
รูปที่ 4.24 ผลวิเคราะห์ความแข็งแรงของชิ้นงาน รถเข็นขนย้ายปูนผสมแบบที่ 2

ค่า Von Mises Stress ที่เกิดบนชิ้นงาน น้อยกว่าค่า Yield strength ที่ 6.204e+008 และค่า Factor of safety เท่ากับ 5.5 แสดงว่าชิ้นงานสามารถรับน้ำหนักที่กำหนดได้ (116 กิโลกรัม) โดยไม่เสียรูป และสามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย

จากการพิจารณาปัจจัยต่างๆ ใน ข้อที่ 4.2.3.2 ทำให้สามารถออกแบบรถเข็นขนย้ายผลิตภัณฑ์สำเร็จจากโปรแกรม SolidWopks ได้ 2 แบบ ดังรูปที่ 4.25 และรูปที่ 4.26



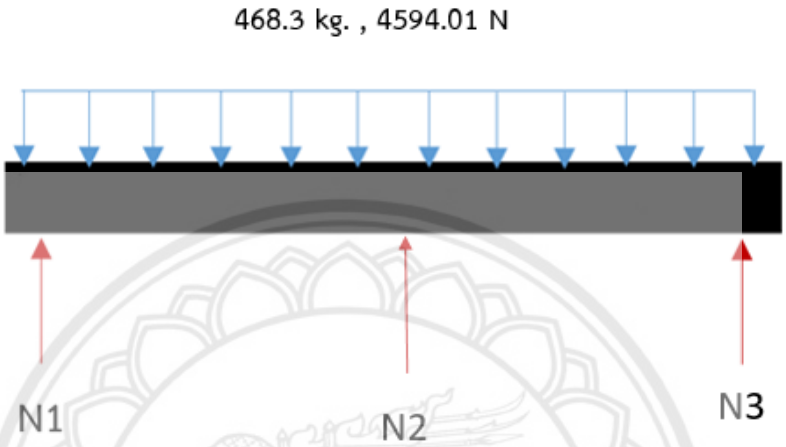
รูปที่ 4.25 รถเข็นแบบที่ 1 ขนย้ายผลิตภัณฑ์สำเร็จ



รูปที่ 4.26 รถเข็นแบบที่ 2 ขนย้ายผลิตภัณฑ์สำเร็จ

เนื่องจากผู้ประกอบการสนใจรถเข็นขนย้ายผลิตภัณฑ์สำเร็จแบบที่ 1 จึงนำข้อมูลของรถเข็นแบบที่ 1 จากรูปที่ 4.27 รูปที่ 4.28 และรูปที่ 4.29 มาใช้ในการคำนวณหาน้ำหนัก เพื่อเลือกล้อที่เหมาะสมในการใช้งาน

การคำนวณหาน้ำหนักที่ล้อต้องรับ (กรณีรถเข็นขนย้ายผลิตภัณฑ์สำเร็จ)



รูปที่ 4.27 Free Body Diagram น้ำหนักที่ล้อต้องรับ รถเข็นขนย้ายผลิตภัณฑ์สำเร็จแบบที่ 1

น้ำหนักรถเข็นรวมทั้งหมด (Cast Carbon Steel) เท่ากับ 210.23 กิโลกรัม น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 150 กิโลกรัม ค่าเผื่อร้อยละ 30 หาแรงที่มากระทำบนล้อแต่ละล้อ เพื่อนำค่านี้ไปเลือกใช้ล้อที่เหมาะสม

คำนวณ จากสูตร กฎข้อที่ 1 ของนิวตัน $\sum F = 0$

จะได้ $N1 + N2 + N3 + N4 + N5 + N6 = [\,210.23 + 150 + (210.23+150)(0.3)\,] \times 9.81$ m/s^2

$$6N = 4594.01 \text{ N}$$

$$N = \frac{4594.01}{6} \text{ N}$$

$$N = 765.67 \text{ N}$$

$$N = \frac{765.67}{9.81} = 78.05 \text{ kg.}$$

ดังนั้น ล้อ 1 ล้อ จะต้องรับน้ำหนักได้ไม่ต่ำกว่า 78.05 กิโลกรัม

ล้อที่นำมาคำนวณ คือ ล้อเหล็ก ตราม้า (White Horse Casters) ขนาด 5 นิ้ว รับน้ำหนักได้ 100 กิโลกรัม/ล้อ

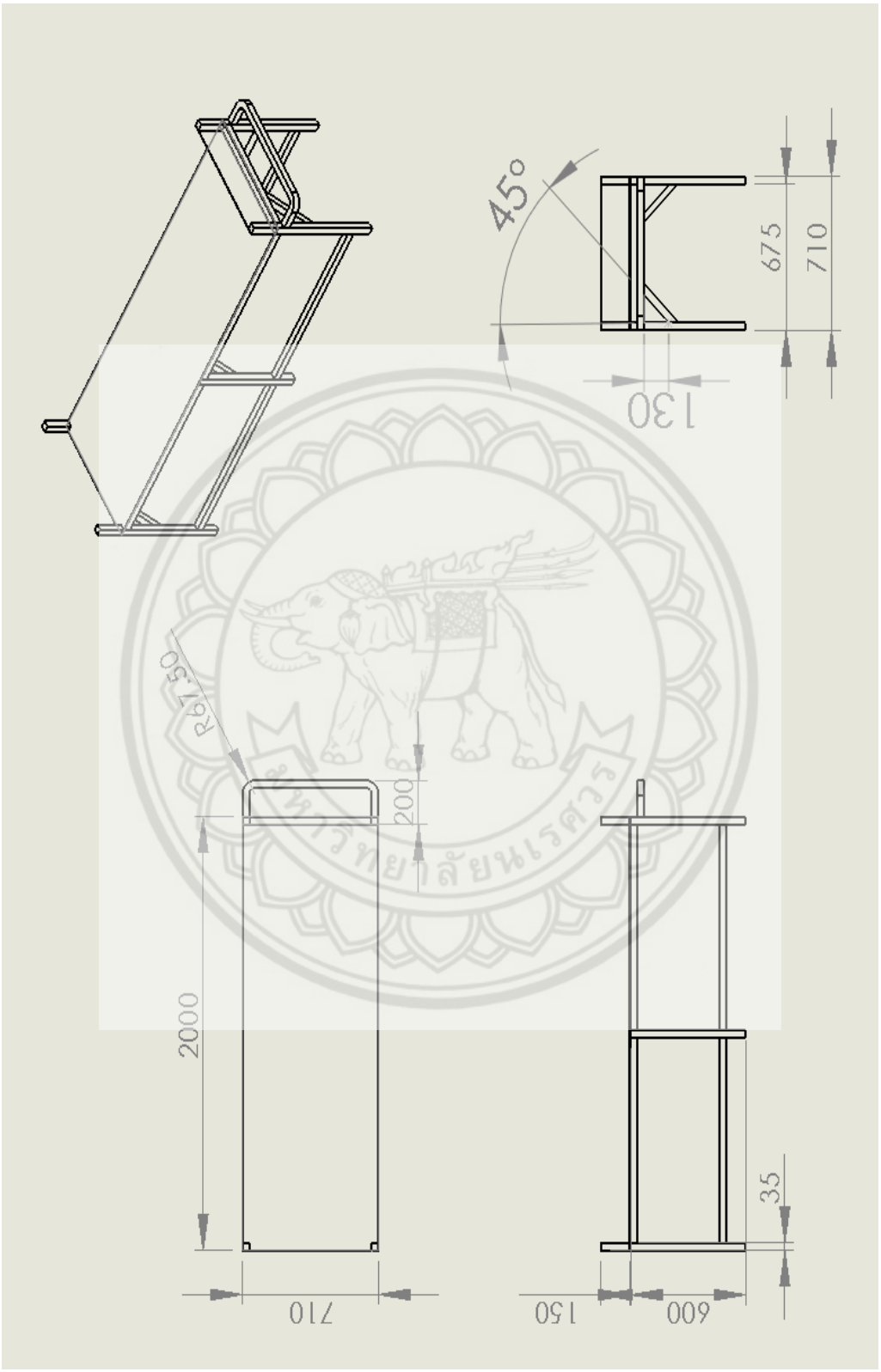
หลักการคำนวณการรับน้ำหนักบรรทุกอย่างปลอดภัย ตามหลักการรับน้ำหนักสากล น้ำหนักบรรทุกอย่างปลอดภัยในการใช้งาน จะอยู่ที่ร้อยละ 75 ของการรับน้ำหนักสูงสุด จะได้ว่า

น้ำหนักที่ปลอดภัยในการใช้งาน = น้ำหนักที่รองรับต่อลูก (ล้อ) x จำนวนล้อ x 0.75

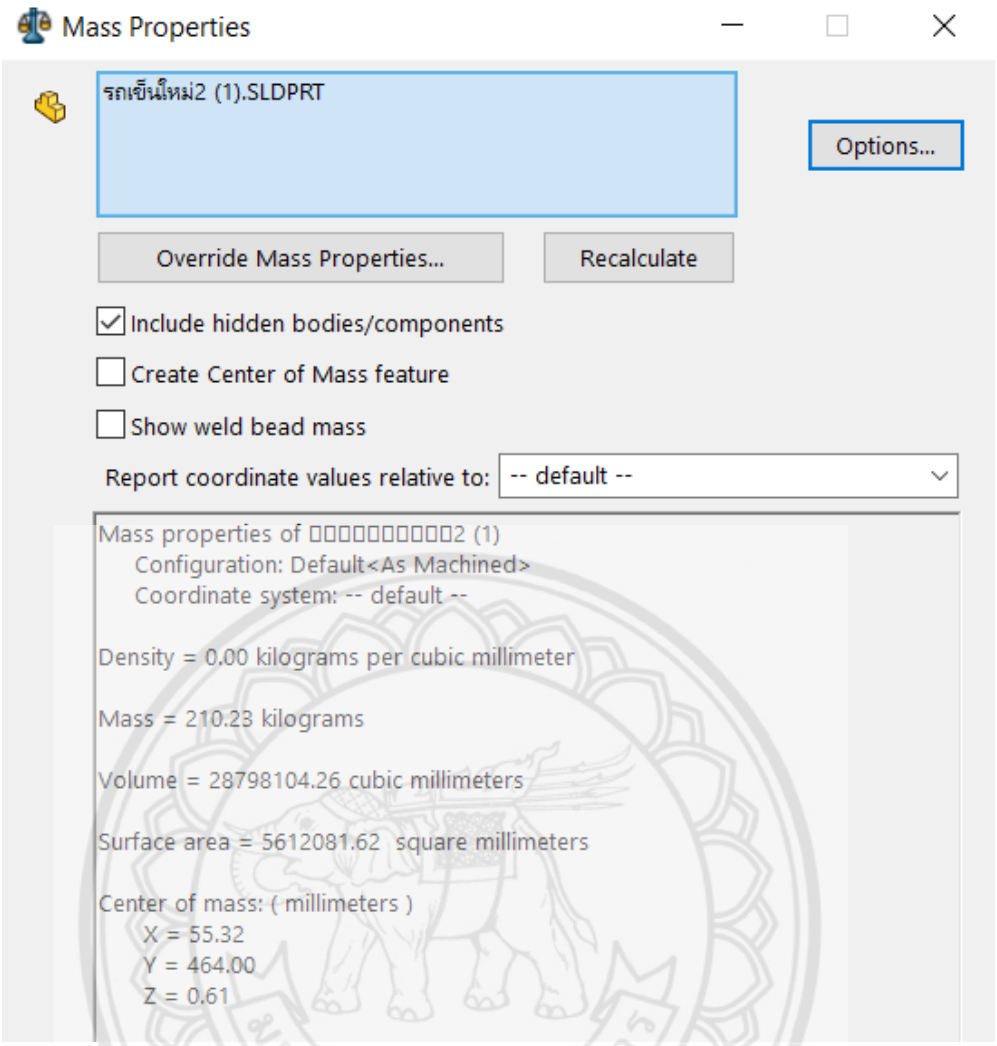
= 100 x 6 x 0.75

= 450 กิโลกรัม

น้ำหนักที่ปลอดภัยในการใช้งานต้องไม่เกิน 450 กิโลกรัม

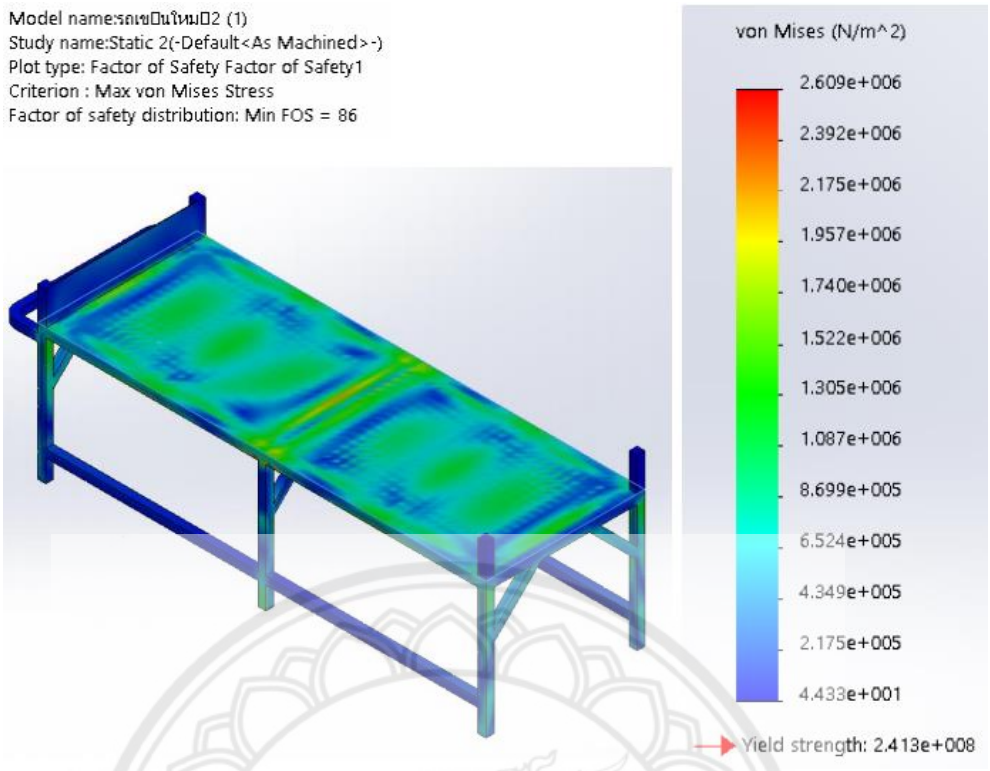


รูปที่ 4.28 ภาพร่างรถเข็นขนย้ายผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 หน่วยการวัด (มิลลิเมตร)



รูปที่ 4.29 แสดงน้ำหนักของรถเข็นขนย้ายผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 ที่วัดได้จากโปรแกรม SolidWorks

จากนั้นใช้โปแกรม SolidWorks Simulation ในการช่วยวิเคราะห์ความแข็งแรงของชิ้นงาน โดยโมดูล Static จะได้ผลวิเคราะห์ ดังรูปที่ 4.30



รูปที่ 4.30 ผลวิเคราะห์ความแข็งแรงของชิ้นงาน รถเข็นขนย้ายผลิตภัณฑ์แบบที่ 1

ค่า Von Mises Stress ที่เกิดบนชิ้นงาน น้อยกว่าค่า Yield strength ที่ 2.413e+008 และค่า Factor of safety เท่ากับ 86 แสดงว่าชิ้นงานสามารถรับน้ำหนักที่กำหนดได้ (150 กิโลกรัม) โดยไม่เสียรูป และสามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย

หลังจากได้ทำการออกแบบอุปกรณ์ขนย้ายทั้งสองแบบ แล้วนำไปวิเคราะห์การขนย้ายจะได้ผล ดังนี้

รถเข็นที่ออกแบบสามารถขนย้ายผลิตภัณฑ์ได้มากกว่าการใช้แรงงานคนถึง 6 เท่า จากเดิมการขนย้ายผลิตภัณฑ์จะต้องขนย้ายทีละชิ้น จำนวนรอบต่อการสั่งผลิตต่ำสุด 1 ชุด จะเท่ากับ 36 ชิ้น รอบการขนย้ายจึงเท่ากับ 36 รอบ รวมไป-กลับ 72 รอบ

จากการออกแบบ ดังรูปที่ 4.25 ทำให้สามารถขนย้ายผลิตภัณฑ์ได้ครั้งละ 6 ชิ้น ทำให้รอบการขนย้ายลดลงเป็น 6 รอบ รวมไป-กลับ จะเท่ากับ 12 รอบ ดังตารางที่ 4.27

ตารางที่ 4.27 แสดงรอบการขนย้ายผลิตภัณฑ์ต่อการสั่งผลิต 1 ชุด

การขนย้าย	จำนวนชิ้น/รอบ	จำนวนรอบไป-กลับ	ระยะทางรวม ไป-กลับ (เมตร)
แรงงานคน	1	72	216
รถเข็น	6	12	36

** กรณีผลิตภัณฑ์ขนาด 10x10x10 เซนติเมตร*

** ระยะทางที่นำมาคิดในตารางเป็นระยะทางระหว่างโต๊ะหล่อกับที่จัดเก็บผลิตภัณฑ์ที่วัดจากผังใหม่แบบที่ 2 เท่ากับ 3 เมตร*

รถเข็นขนย้ายปูนผสมที่ออกแบบใหม่สามารถลดรอบการขนย้ายได้ 1 รอบ และปริมาตรบรรจุของรถเข็นใหม่อยู่ที่ 116 ลิตร ซึ่งมากกว่ารถเข็นเดิมถึง 2 เท่า ดังตารางที่ 4.28

ตารางที่ 4.28 แสดงรอบการขนย้ายของรถเข็นขนย้ายปูนผสม

การขนย้าย	รอบรถเข็น	ปริมาตรบรรจุ (ลิตร)
รถเข็นเดิม	3	55
รถเข็น	2	116

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินโครงงาน

5.1 การประยุกต์ใช้หลักทฤษฎีลีน

จากการระบุคุณค่าของแต่ละกระบวนการ การทำผังสายธารคุณค่า ทำให้สามารถเห็นปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการได้ชัดเจนขึ้น เพราะจะต้องแยก และแบ่งคุณค่าของกระบวนการในมุมมองของลูกค้า แต่โครงงานนี้ได้พิจารณาในมุมมองของผลิตภัณฑ์แทน หลังจากวิเคราะห์ทำให้พบความสูญเปล่าของกระบวนการผลิตดังนี้

5.1.1 การเดินไปเอาน้ำมัน และเดินเอาน้ำมันไปเก็บ เมื่อพิจารณาอย่างถี่ถ้วนแล้ว จะพบว่าสามารถตัดกระบวนการที่ไม่เพิ่มคุณค่าแต่จำเป็นนี้ได้ โดยการทำชั้นวาง หรือจัดเก็บน้ำมันไว้ใต้โต๊ะหล่อ

5.1.2 การเดินไปเอาเกียงฉาบปูน ซึ่งมีความสูญเปล่าที่คล้ายกันกับ ข้อที่ 5.1.1

หลังจากวิเคราะห์ และระบุคุณค่าแล้ว ลีนจะทำให้พบความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นอันนำไปสู่การลดและกำจัดความสูญเปล่าต่างๆ ที่คณะผู้จัดทำโครงงานได้ตั้งวัตถุประสงค์ไว้ในบทที่ 1 คือ การปรับผังโรงงานด้วยการออกแบบผังโรงงานใหม่ให้เหมาะสม และสัมพันธ์กับกระบวนการทำงาน เพื่อลดความสูญเปล่าด้านระยะทางการไหล การตัดกระบวนการที่เกินจำเป็น การออกแบบอุปกรณ์ขนย้ายปูนผสม และการออกแบบอุปกรณ์ขนย้ายผลิตภัณฑ์สำเร็จ เพื่อลดรอบการขนถ่าย ลดระยะทางการขนถ่าย รวมถึงเพิ่มปริมาณการขนถ่ายต่อรอบ เพื่อให้การผลิตเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ มีความสูญเปล่าในกระบวนการน้อยที่สุดตามหลักของลีน

5.2 การปรับผังโรงงาน

หลังจากทำการเก็บรวบรวมข้อมูลกระบวนการผลิต จำนวนการไหลของผลิตภัณฑ์ และระยะทางในการขนส่ง เพื่อนำมาปรับปรุงผังโรงงานใหม่ ซึ่งเราใช้หลักการปรับปรุงผังโรงงานโดยคำนึงถึงการคำนวณระยะทางรวมเป็นหลัก เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการพิจารณา

ในส่วนของผังโรงงานใหม่แล้ว มีลักษณะเด่น คือ เมื่อปรับปรุงผังโรงงานใหม่สามารถลดระยะทางการขนส่งทั้งไป และกลับระหว่างสถานีงาน หลังจากทำการวัด และคำนวณระยะทางรวมแล้วนำมาเปรียบเทียบผังโรงงานปัจจุบัน และผังโรงงานใหม่ ระหว่างระยะทางแต่ละสถานีงานทั้งหมด ผลที่ได้ออกมา คือ ผังโรงงานที่ปรับปรุงใหม่ใช้ระยะทางการขนส่งลดลงกว่าผังโรงงานปัจจุบัน โดยใช้ตัวเลขของการคำนวณระยะทางรวมในการเปรียบเทียบ เพื่อให้ทราบชัดเจนจากระยะทางการขนส่งสามารถลดระยะทางได้ ดังนี้

ระยะทางในการขนส่งรวมของผังโรงงานปัจจุบัน เท่ากับ 497 เมตร

ระยะทางในการขนส่งรวมของผังโรงงานที่ทำการปรับปรุงแล้ว เท่ากับ 300 เมตร

ดังนั้น ระยะทางการขนส่งของกระบวนการผลิต สามารถลดระยะทางได้กว่าเดิมร้อยละ 39.23 แบบผังโรงงานใหม่ที่ได้นั้นช่วยให้การไหลดีขึ้น ลดการตัดกัน การไหลซ้ำซ้อนของพนักงาน และระยะทางระหว่างสถานีงานลดลงด้วย

5.3 การสร้างแบบจำลอง

แบบจำลองที่สร้างโดยโปรแกรมแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation) สามารถแสดงสถานการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถเปรียบเทียบได้จากการทดสอบสมมติฐานทางสถิติที่กล่าวไป ในบทที่ 4 การใช้แบบจำลองทำให้สามารถวิเคราะห์ถึงปัญหาในกระบวนการต่างๆ ได้มากขึ้น และยังทำให้สามารถทราบผลของการปรับปรุงได้ เนื่องจากในการปรับปรุงกระบวนการจริงอาจจะส่งผลกระทบกับการผลิตได้ จากการดำเนินโครงงานบทที่ 4 ในส่วนของการสร้างแบบจำลองสถานการณ์จะได้ผลลัพธ์ ดังตารางที่ 5.1 เป็นการเทียบผลก่อนการปรับปรุง และหลังการปรับปรุงกระบวนการทั้งหมดต่อ 1 รอบการทำงาน

ตารางที่ 5.1 ผลลัพธ์ของแบบจำลองสถานการณ์เปรียบเทียบก่อนการปรับปรุง และหลังการปรับปรุง

รายงาน	ก่อน	หลัง	% difference
จำนวนชิ้นงานที่ออกจากระบบ	36	36	-
เวลาเฉลี่ยที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ (นาที)	880.31	862.69	2.002 %
เวลาน้อยสุดที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ (นาที)	864.04	852.36	1.352 %
เวลามากสุดที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ (นาที)	892.76	878.28	1.622 %
ระยะเวลาการรอคอยในกระบวนการ (Delay time)	720	720	-
เวลาใช้ที่ในกระบวนการ (Process time)	160.31	142.69	10.991 %

5.4 การออกแบบอุปกรณ์ขนย้ายปูนผสม และอุปกรณ์ขนย้ายผลิตภัณฑ์สำเร็จ

5.4.1 อุปกรณ์ขนย้ายปูนผสม

จากการออกแบบ อุปกรณ์ขนย้ายปูนผสมทั้ง 3 แบบ มีตัวถังขนาดเท่ากัน ปริมาตรบรรจุเท่ากับ 116 ลิตร จะสามารถเปรียบเทียบข้อดี และข้อเสียของแต่ละแบบกับรถเข็นเดิมได้ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของอุปกรณ์ขนย้ายปูนผสม

แบบที่	ข้อดี	ข้อเสีย
รถเข็นเดิม	- ขนาดเล็ก - น้ำหนักเบา	- บรรจุได้น้อย - ต้องยกก่อนเข็น ทำให้เมื่อยล้า - เปลี่ยนทิศทางยาก
รถเข็นแบบที่ 1	- บรรจุได้เยอะ - มี 2 ล้อ พยุงง่ายกว่ารถเข็นเดิม	- ต้องยกก่อนเข็น ถ้าระยะไกลอาจเกิดความเมื่อยล้า - ระยะจับเข็นไม่สะดวก - เปลี่ยนทิศทางยาก - น้ำหนักเยอะ
รถเข็นแบบที่ 2	- บรรจุได้เยอะ - ระดับการจับเข็นสะดวก - มี 3 ล้อ ไม่ต้องใช้แรงยก และพยุง - ที่จับเป็นพลาสติก ไม่ลื่นมือ - เปลี่ยนทิศทางได้ง่าย - น้ำหนักน้อยกว่ารถเข็นแบบที่ 1	- น้ำหนักมากกว่ารถเข็นแบบที่ 3 - ไม่สามารถจอดบนพื้นเอียงได้
รถเข็นแบบที่ 3	- บรรจุได้เยอะ - ระดับการจับเข็นสะดวก จับได้หลายระยะ - มี 3 ล้อ ไม่ต้องใช้แรงยก และพยุง - เปลี่ยนทิศทางได้ง่าย - น้ำหนักน้อยที่สุดในรถเข็นแบบใหม่	- ที่จับระยะใกล้ไม่สะดวก แทรกตัวระหว่างที่จับไม่ได้ - ไม่สามารถจอดบนพื้นเอียงได้

เมื่อเสนอแบบรถเข็นใหม่กับผู้ประกอบการ แบบที่ได้รับความสนใจมากที่สุด คือ แบบที่ 2 เนื่องจาก สามารถบรรจุได้มากกว่ารถเข็นเดิม ลดความเมื่อยล้าในการเข็น เนื่องจากมี 3 ล้อ ทำให้ไม่ต้องยก และพยุง ระยะการจับอยู่ในระดับที่เหมาะสม ไม่สูงเกินไป และต่ำเกินไป จับง่ายไม่ลื่นมือ สามารถเปลี่ยนทิศทางการเข็นได้ง่ายเนื่องจากล้อหน้าเป็นล้อตาย สองล้อหลังเป็นล้อเป็น (ล้อที่สามารถหมุนได้) ทำให้กำหนดทิศทางง่าย ไม่ต้องใช้แรงมาก

หลังการปรับปรุงประสิทธิภาพของรถเข็นขนย้ายปูนผสมใหม่กับรถเข็นเดิม จะได้ว่าปริมาตรบรรจุเดิมเท่ากับ 55 ลิตร หลังทำการออกแบบรถเข็นใหม่มีปริมาตรบรรจุเท่ากับ 116 ลิตร ซึ่งมีผลต่างเท่ากับ 61 ลิตร จะสามารถลดรอบการขนปูน จากเดิม 3 รอบ เหลือ 2 รอบ คิดเป็นร้อยละ 33.33

5.4.2 อุปกรณ์ขนย้ายผลิตภัณฑ์สำเร็จ

จากการออกแบบอุปกรณ์ขนย้ายผลิตภัณฑ์สำเร็จทั้ง 2 แบบ จะสามารถเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของรถเข็นแต่ละแบบได้ ดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 เปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของรถเข็นขนย้ายผลิตภัณฑ์สำเร็จทั้ง 2 แบบ

แบบที่	ข้อดี	ข้อเสีย
รถเข็นแบบที่ 1	- ขนย้ายผลิตภัณฑ์ได้จำนวนมาก - รถเข็นต่ำกว่าโต๊ะหล่อ สามารถขนย้ายผลิตภัณฑ์ใส่รถเข็นได้โดยไม่ต้องใช้แรงมาก - ระยะจับเข็นสะดวก - ลดความเมื่อยล้าจากการขนย้าย	- ไม่มีราวกั้นด้านข้าง - ระยะจับเข็นไม่สะดวก
รถเข็นแบบที่ 2	- มีราวกั้นด้านข้าง - ขนย้ายผลิตภัณฑ์ได้จำนวนมาก - ลดความเมื่อยล้าจากการขนย้าย	- ความสูงเท่ากับโต๊ะหล่อ ทำให้ตอนยกผลิตภัณฑ์มาใส่รถเข็นค่อนข้างเกะกะตรงราวกั้น - ที่จับเข็นอยู่สูง

เมื่อเสนอแบบรถเข็นใหม่กับผู้ประกอบการ แบบที่ได้รับความสนใจมากที่สุด คือ แบบที่ 1 เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักมากอยู่แล้วทำให้ไม่เคลื่อนไปมา ไม่จำเป็นต้องมีราวกั้น และที่วางอยู่ต่ำกว่าโต๊ะหล่อทำให้ไม่ต้องออกแรงยกมาก สามารถยกแล้ววางลงได้ทันทีเมื่อจอดรถเข็นชิดกับโต๊ะ

สังเกตได้ว่าอุปกรณ์ขนย้ายปูนผสม และอุปกรณ์ขนย้ายผลิตภัณฑ์ออกแบบตามความเหมาะสม โดยพิจารณาจากปัจจัยแวดล้อมต่างๆ ในเรื่องความสูงของโต๊ะ ความสะดวกในการขนย้าย ความปลอดภัย ปริมาณการบรรทุก และการช่วยลดความเมื่อยล้าของพนักงาน เนื่องจากก่อนการปรับปรุงการขนย้ายผลิตภัณฑ์สำเร็จใช้แรงงานคนทั้งสิ้น การขนย้ายผลิตภัณฑ์หนึ่งชิ้นต่อหนึ่งรอบ น้ำหนัก 25 กิโลกรัม รวมแล้วพนักงานจะต้องขนย้ายทั้งหมด 36 รอบ หลังทำการออกแบบแล้วใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ช่วยวิเคราะห์ พบว่าสามารถลดความสูญเปล่าในกระบวนการขนย้ายได้ตามวัตถุประสงค์ คือ รถเข็นขนย้ายผลิตภัณฑ์สามารถลดรอบการขนย้ายต่อการสั่งผลิต 1 ชุด 36 ชิ้น ดังนี้

5.4.2.1 ผลิตภัณฑ์ขนาด 10x5x5 เซนติเมตร

ตารางที่ 5.4 เปรียบเทียบการขนย้ายผลิตภัณฑ์ขนาด 10x5x5 เซนติเมตร

การขนย้าย	จำนวนชิ้น/รอบ	จำนวนรอบ ไป-กลับ	ระยะทางรวม ไป-กลับ (เมตร)
แรงงานคน	1	72	216
รถเข็น	8	10	30

** ระยะทางที่นำมาคิดในตารางเป็นระยะทางระหว่างโต๊ะหล่อกับที่จัดเก็บผลิตภัณฑ์ที่วัดจากผังใหม่แบบที่ 2 เท่ากับ 3 เมตร*

เมื่อพิจารณา จากตารางที่ 5.4 กรณีใช้รถเข็นทำให้รอบการขนย้าย และระยะทางรวมของการขนย้ายผลิตภัณฑ์ลดลงร้อยละ 86.11

5.4.2.2 ผลิตภัณฑ์ขนาด 10x10x10 เซนติเมตร

ตารางที่ 5.5 เปรียบเทียบการขนย้ายผลิตภัณฑ์ขนาด 10x10x10 เซนติเมตร

การขนย้าย	จำนวนชิ้น/รอบ	จำนวนรอบไป-กลับ	ระยะทางรวม ไป-กลับ (เมตร)
แรงงานคน	1	72	216
รถเข็น	6	12	36

** ระยะทางที่นำมาคิดในตารางเป็นระยะทางระหว่างโต๊ะหล่อกับที่จัดเก็บผลิตภัณฑ์ที่วัดจากผังใหม่แบบที่ 2 เท่ากับ 3 เมตร*

เมื่อพิจารณา จากตารางที่ 5.5 กรณีใช้รถเข็นทำให้รอบการขนย้าย และระยะทางรวมของการขนย้ายผลิตภัณฑ์ลดลงร้อยละ 83.33

5.5 สรุปผลการปรับปรุงทั้งหมด

หลังจากทำการปรับปรุงผังโรงงาน อุปกรณ์ขนย้ายปูนผสม อุปกรณ์ขนย้ายผลิตภัณฑ์ และการลดกระบวนการที่เกินจำเป็น จะสามารถลดระยะทางการไหลรวมตลอดกระบวนการทำงานได้ดังตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 แสดงระยะทางหลังปรับปรุงเทียบกับก่อนปรับปรุง

	ก่อนปรับปรุง (เมตร)	หลังปรับปรุง (เมตร)	ระยะทางลดลง ร้อยละ
ระยะทาง	496	116	76.61

พบว่าสามารถลดความสูญเปล่าของระยะทาง จากเดิม 497 เมตร ลดลงเหลือ 116 เมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 76.61

5.6 ปัญหา และอุปสรรคในการดำเนินงาน

ในกระบวนการทำงานของบริษัทขนาดเล็กจะมีปัญหาด้านกระบวนการทำงานที่ไม่แน่นอน และการไหลซ้ำซ้อน การเก็บข้อมูลค่อนข้างยาก และอาจจะมีความคลาดเคลื่อนในบางจุด ดังนี้

5.6.1 การเข้าเก็บข้อมูลอย่างถูกต้องนั้นทำได้ยาก เนื่องจากขั้นตอนกระบวนการทำงานไม่ค่อยมีมาตรฐาน

5.6.2 มีอุปกรณ์ และเครื่องมือวางไม่ไว้เป็นระเบียบรวมทั้งอุปกรณ์ที่ชำรุด จึงยากต่อการเขียนผังโรงงาน

5.6.3 สถานที่ตั้งโรงงานอยู่ไกลจากมหาลัยนเรศวร ในการเก็บข้อมูลจำนวนมากจึงทำได้ยาก อย่างไรก็ตาม การทำงานของเราจะมีปัญหา แต่เราก็สามารถผ่านพ้นไปด้วยดี เนื่องจากทางผู้ประกอบการได้ให้ความร่วมมืออย่างเต็มที่ในการให้ข้อมูลในส่วนที่เราต้องการอย่างละเอียด แก่คณะผู้จัดทำโครงงาน

5.7 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของโรงงาน คือ การปรับปรุงจะต้องคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงที่อาจจะเกิดขึ้นได้เสมอ และมาตรฐานในการทำงาน ซึ่งต้องมีการกำหนดลำดับขั้นตอนการทำงานที่ชัดเจน และจัดเก็บอุปกรณ์ให้เป็นระเบียบมากกว่านี้ เพื่อความสะดวก และความปลอดภัยในการเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น

เอกสารอ้างอิง

กฤต จันทรสมัย และอรอุมา ลาสุนนท์. (17 กรกฎาคม 2560). **การออกแบบผังโรงงานและปรับปรุงกระบวนการผลิตประตูไม้บานเลื่อน.** สืบค้นเมื่อ 23 กันยายน 2560, จาก www.journal.nu.ac.th/index.php/NUJournal/article/view/1903/1134

พรเทพ แก้วเชื้อ. (25 ตุลาคม 2556) **การประยุกต์ใช้การยศาสตร์ในงานการทำงาน.** สืบค้นเมื่อวันที่ 22 ตุลาคม 2560, จาก http://www.entraining.net/in-house_BLK-lean-management.php

บุญเลิศ คณาธนสาร. (10 มีนาคม 2559) **หลักสูตร Lean Management.** สืบค้นเมื่อ 6 พฤศจิกายน 2560, จาก http://www.eng.mut.ac.th/article_detail.php?id=25

รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ. (24 สิงหาคม 2553). **คู่มือสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena ฉบับปรับปรุง** ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาเกษตรศาสตร์.

ศิษฎา สิมารักษ์. (2558). **การศึกษาการปฏิบัติงานทางอุตสาหกรรม (Industrial Work Study).** ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ประคอง สาธรรม. (2556). **การทดสอบสมมติฐานสถิติทดสอบ (T-test).** สืบค้นเมื่อ 2 เมษายน 2561, จาก https://www.gotoknow.org/posts/399528

ภาคผนวก ก

ตารางบันทึกเวลา

		Time Measurement Sheet																											
	แบบบัว (ผลิตภัณฑ์) 10*10	min/Batch																											
	Job Element	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	27	28
1	ตรวจสอบแบบว่าต้องใช้แม่แบบไหน	0.53	0.44	0.23	1.00	0.32	0.47	0.57	0.42	0.42	0.37	0.52	0.27	0.31	0.56	0.43	0.13	0.32	0.23	0.49	0.51	0.36	0.39	0.27	0.46	0.40	0.58	0.42	0.44
2	ลากรถเข็นจากบริเวณเครื่องมือไปตักทราย	0.31	0.42	1.02	0.37	0.35	0.47	0.57	0.42	0.42	0.22	0.59	0.30	0.43	0.50	0.34	0.49	0.37	0.46	0.43	0.28	0.30	0.22	0.50	0.50	0.19	0.30	0.50	0.29
3	ตักทรายใส่รถเข็น	1.11	1.47	1.39	2.04	1.26	1.50	1.40	1.23	1.42	1.40	1.50	1.27	1.41	1.46	1.56	1.38	1.53	1.41	1.48	1.50	1.47	1.52	1.41	1.55	1.39	2.01	1.37	1.51
4	ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ2	0.45	0.55	0.30	0.31	0.53	0.46	0.59	0.48	1.09	0.35	0.57	0.39	0.53	0.46	0.49	0.55	0.30	0.38	0.48	0.52	0.40	0.30	0.36	0.52	0.42	0.50	0.48	0.31
5	ลากรถเข็นจากบริเวณโต๊ะหล่อไปตักทราย 2	0.31	0.42	1.02	0.37	0.35	0.47	0.57	0.42	0.42	0.22	0.59	0.30	0.43	0.50	0.34	0.49	0.37	0.46	0.43	0.28	0.30	0.22	0.50	0.50	0.19	0.30	0.50	0.29
6	ตักทรายใส่รถเข็น2	1.11	1.47	1.39	2.04	1.26	1.50	1.40	1.23	1.42	1.40	1.50	1.27	1.41	1.46	1.56	1.38	1.53	1.41	1.48	1.50	1.47	1.52	1.41	1.55	1.39	2.01	1.37	1.51
7	ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ2	0.45	0.55	0.30	0.31	0.53	0.46	0.59	0.48	1.09	0.35	0.57	0.39	0.53	0.46	0.49	0.55	0.30	0.38	0.48	0.52	0.40	0.30	0.36	0.52	0.42	0.50	0.48	0.31
8	เดินไปเอาแม่แบบบริเวณที่เก็บแม่แบบมาไว้ที่โต๊ะหล่อ2	0.38	0.44	0.27	0.40	0.30	0.42	0.25	0.33	0.51	0.38	0.58	0.42	0.47	0.40	0.32	0.46	0.39	0.25	0.44	0.41	0.30	0.57	0.47	0.36	0.47	0.44	0.51	0.48
9	ปั้นแกนทราย	32.12	28.25	29.37	37.11	30.45	35.11	31.08	32.42	35.23	29.56	26.24	34.45	31.20	28.55	30.02	34.45	28.44	27.59	32.37	29.41	30.05	34.54	26.16	27.45	26.55	30.45	36.44	29.49
10	ขนทรายที่เหลือจากการปั้นแกนทรายไปทิ้งบริเวณกองทราย	0.43	1.22	1.29	1.10	1.10	0.51	1.21	0.41	0.45	0.35	0.52	0.50	0.56	0.42	0.53	0.48	0.33	0.42	0.45	0.55	1.01	0.45	1.02	0.47	0.38	0.41	0.36	0.53
11	เททรายออก	0.19	0.21	0.20	0.15	0.26	0.20	0.12	0.21	0.13	0.24	0.23	0.26	0.14	0.13	0.16	0.17	0.29	0.13	0.16	0.29	0.11	0.19	0.27	0.24	0.24	0.29	0.27	0.21
12	ลากรถเข็นไปจุดผสมปูน	0.22	0.15	0.28	0.31	0.34	0.22	0.21	0.19	0.23	0.22	0.20	0.19	0.21	0.19	0.23	0.20	0.18	0.19	0.16	0.21	0.16	0.18	0.24	0.25	0.21	0.16	0.25	0.18
13	เดินไปเอาน้ำมันตรงจุดเครื่องมือ 2	0.43	0.44	0.22	0.20	0.16	0.16	0.55	0.20	0.33	0.32	0.31	0.42	0.27	0.36	0.36	0.41	0.33	0.44	0.34	0.29	0.47	0.24	0.40	0.46	0.22	0.23	0.28	0.27
14	นำน้ำมันมาโต๊ะหล่อ2	0.07	0.05	0.08	0.07	0.09	0.05	0.06	0.09	0.07	0.04	0.07	0.08	0.07	0.06	0.11	0.06	0.13	0.09	0.12	0.06	0.10	0.04	0.11	0.08	0.04	0.08	0.05	0.13
15	เทน้ำมันลงข้างๆแกนทราย	1.21	1.35	1.17	1.24	1.08	1.08	1.46	1.31	1.51	1.27	1.16	1.25	1.23	1.14	1.30	1.43	1.12	1.22	1.24	1.56	1.21	1.16	1.24	1.20	1.29	1.19	1.27	1.14
16	เอาถังน้ำมันไปเก็บจุดเครื่องมือ 2	0.08	0.05	0.11	0.15	0.08	0.07	0.09	0.07	0.06	0.09	0.14	0.12	0.11	0.13	0.10	0.13	0.09	0.10	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.15	0.12	0.15	0.09	0.14
17	ตรวจสอบขนาดชิ้นงานด้วยการวัด	1.34	1.34	1.55	1.45	1.36	1.57	1.55	2.27	1.49	1.54	1.14	1.22	1.28	0.59	1.42	1.10	1.21	1.17	1.11	1.01	1.42	1.28	1.41	1.39	1.20	1.02	1.03	1.07
18	ผสมปูนกับน้ำและทราย	10.23	9.29	10.01	12.32	8.59	14.38	10.45	11.05	9.36	11.59	10.13	15.39	13.29	13.18	11.08	11.39	12.12	10.15	10.09	9.47	10.14	16.19	13.29	9.48	15.16	14.54	9.36	10.49

รูปที่ ก.1 ตารางบันทึกเวลาการผลิต ผลิตภัณฑ์ขนาด 10x10x10 เซนติเมตร ส่วนที่ 1

		Time Measurement Sheet											
	แบบบัว (ผลิตภัณฑ์) 10*10												
	Job Element	29	30	31	32	33	34	35	Min	Max	Fluctuaion	Fluctuaion	average
1	ตรวจสอบแบบว่าต้องใช้แม่แบบไหน	0.53	0.42	0.21	0.36	0.38	0.56	0.42	0.21	0.56	0.35	0.00	0.41
2	ลากรถเข็นจากบริเวณเครื่องมือ1ไปตักทราย	0.26	0.30	0.31	0.49	0.54	0.25	0.42	0.25	0.54	0.29	0.00	0.37
3	ตักทรายใส่รถเข็น	1.47	1.53	1.39	1.35	1.41	2.21	1.41	1.35	2.21	0.86	0.00	1.54
4	ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ2	0.50	0.30	0.35	0.59	0.47	0.50	1.05	0.30	1.05	0.75	0.00	0.54
5	ลากรถเข็นจากบริเวณโต๊ะหล่อไปตักทราย 2	0.26	0.30	0.31	0.49	0.54	0.25	0.42	0.25	0.54	0.29	0.00	0.37
6	ตักทรายใส่รถเข็น2	1.47	1.53	1.39	1.35	1.41	2.21	1.41	1.35	2.21	0.86	0.00	1.54
7	ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ2	0.50	0.30	0.35	0.59	0.47	0.50	1.05	0.30	1.05	0.75	0.00	0.54
8	เดินไปเอาแม่แบบบริเวณที่เก็บแม่แบบมาไว้ที่โต๊ะหล่อ2	0.38	0.45	0.35	0.46	0.39	0.54	0.47	0.35	0.54	0.19	0.00	0.43
9	ปั้นแกนทราย	24.49	32.49	28.15	32.30	36.52	36.48	29.56	24.49	36.52	12.03	0.01	31.43
10	ขนทรายที่เหลือจากการปั้นแกนทรายไปทิ้งบริเวณกองทราย	0.47	0.55	0.43	1.00	1.01	0.49	1.52	0.43	1.52	1.09	0.00	0.78
11	เททรายออก	0.17	0.27	0.11	0.21	0.24	0.28	0.57	0.11	0.57	0.46	0.00	0.26
12	ลากรถเข็นไปจุดผสมปูน	0.19	0.18	0.22	0.24	0.16	0.23	0.28	0.16	0.28	0.12	0.00	0.21
13	เดินไปเอาน้ำมันตรงจุดเครื่องมือ 2	0.38	0.27	0.25	0.46	0.25	0.23	0.40	0.23	0.46	0.23	0.00	0.32
14	นำน้ำมันมาโต๊ะหล่อ2	0.12	0.07	0.05	0.05	0.07	0.05	0.06	0.05	0.12	0.07	0.00	0.07
15	เทน้ำมันลงข้างๆแกนทราย	1.30	1.24	1.16	1.25	1.14	1.20	1.47	1.14	1.47	0.33	0.00	1.25
16	เอาถังน้ำมันไปเก็บจุดเครื่องมือ 2	0.15	0.06	0.09	0.09	0.12	0.07	0.06	0.06	0.15	0.09	0.00	0.09
17	ตรวจสอบขนาดชิ้นงานด้วยการวัด	1.05	1.42	1.42	1.09	1.14	1.25	2.04	1.05	2.04	0.99	0.00	1.34
18	ผสมปูนกับน้ำและทราย	11.40	14.07	11.56	9.35	16.15	13.44	10.32	9.35	16.15	6.80	0.00	12.33
19	เทปูนลงในรถเข็น 1	0.27	0.29	0.30	0.33	0.43	0.37	0.26	0.26	0.43	0.17	0.00	0.32
20	เทปูนลงในรถเข็น 2	0.26	0.38	0.40	0.41	0.43	0.43	0.23	0.23	0.43	0.20	0.00	0.36
21	เทปูนลงในรถเข็น 3	0.47	0.40	0.39	0.23	0.43	0.37	0.47	0.23	0.47	0.24	0.00	0.39
22	ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ 1	0.27	0.40	0.27	0.45	0.47	0.45	0.49	0.32	1.38	1.06	0.00	0.40

รูปที่ ก.2 ตารางบันทึกเวลาการผลิต ผลิตภัณฑ์ขนาด 10x10x10 เซนติเมตร ส่วนที่ 2

		Time Measurement Sheet																											
	แบบบัว (ผลิตภัณฑ์) 10*10	min/Batch																											
	Job Element	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	27	28
19	เทปูนลงในรถเข็น 1	0.35	0.36	0.45	0.33	0.42	0.23	0.41	0.26	0.27	0.24	0.44	0.22	0.30	0.40	0.38	0.21	0.43	0.42	0.28	0.43	0.41	0.41	0.40	0.49	0.49	0.35	0.28	0.27
20	เทปูนลงในรถเข็น 2	0.46	0.37	0.28	0.33	0.38	0.34	0.38	0.38	0.38	0.45	0.24	0.23	0.35	0.25	0.24	0.21	0.30	0.37	0.32	0.31	0.30	0.31	0.28	0.32	0.49	0.21	0.44	0.34
21	เทปูนลงในรถเข็น 3	0.37	0.27	0.38	0.28	0.42	0.22	0.32	0.39	0.40	0.26	0.37	0.49	0.43	0.22	0.45	0.32	0.48	0.37	0.40	0.45	0.32	0.26	0.37	0.42	0.23	0.29	0.38	0.36
22	ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ 1	0.35	0.34	0.41	0.36	0.41	0.35	0.22	0.38	0.44	0.23	0.31	0.24	0.25	0.49	0.38	0.28	0.44	0.38	0.26	0.41	0.34	0.26	0.38	0.50	0.25	0.32	0.40	0.34
23	ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ 2	0.45	0.44	0.41	0.47	0.49	0.55	0.41	0.49	0.45	0.36	0.42	0.51	0.39	0.58	0.45	1.09	0.38	0.40	0.38	0.37	0.37	0.53	0.38	0.37	0.38	1.03	0.39	0.41
24	ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ 3	0.33	0.40	0.33	0.27	0.29	0.45	0.29	0.35	0.40	0.24	0.45	0.27	0.33	0.37	0.44	0.27	0.34	0.21	0.34	0.35	0.45	0.41	0.38	0.32	0.24	0.45	0.43	0.48
25	เทปูนลงบนแกนทราย	22.13	23.05	25.19	29.00	21.54	19.46	20.01	19.42	18.44	22.00	21.41	19.49	21.15	19.31	22.24	23.32	18.45	19.22	19.27	19.43	20.05	19.37	20.02	18.00	22.48	22.11	19.36	20.23
26	เดินไปจากหัวโต๊ะหล่อ2เอาเหล็กที่เก็บเหล็กเส้น	0.20	0.36	0.37	0.33	0.19	0.23	0.19	0.20	0.24	0.44	0.37	0.38	0.21	0.19	0.20	0.32	0.23	0.18	0.25	0.28	0.34	0.40	0.25	1.19	0.48	0.27	0.19	1.37
27	นับเหล็กเส้นตามจำนวนชิ้นงาน	0.46	1.34	1.01	0.59	0.54	1.20	1.35	1.19	1.11	0.30	0.44	1.26	1.06	0.48	1.17	0.24	0.45	1.24	0.42	1.03	0.38	1.29	0.15	0.15	1.28	0.30	0.37	0.41
28	นำเหล็กเส้นมาวางท้ายโต๊ะ	0.12	0.14	0.15	0.12	0.22	0.24	0.14	0.14	0.15	0.18	0.13	0.17	0.18	0.17	0.19	0.15	0.14	0.18	0.23	0.11	0.13	0.14	0.12	0.17	0.18	0.20	0.14	0.14
29	ใส่เหล็กลงบนชิ้นงาน	3.48	3.44	3.12	3.24	3.26	4.22	4.54	4.19	3.41	4.21	3.25	4.27	4.26	3.22	4.27	4.30	4.28	3.24	3.21	4.25	3.25	3.28	4.27	4.27	4.21	3.26	3.25	4.21
30	ตรวจสอบว่าเหล็กออกจากชิ้นออกนอกชิ้นงานหรือไม่	0.36	0.44	0.32	0.46	0.33	1.03	0.51	0.53	0.43	0.48	0.33	0.36	0.32	0.56	1.04	0.36	0.38	0.40	0.38	0.31	0.39	0.32	0.40	0.35	0.45	0.51	0.38	0.34
31	ผสมปูนกับทรายและน้ำ	10.42	11.33	12.42	11.49	11.42	12.52	13.20	10.20	9.55	11.17	10.13	10.54	11.20	13.08	11.23	10.15	9.21	11.54	9.46	11.08	10.59	9.46	10.07	9.53	9.33	9.32	12.17	9.58
32	เทปูนลงในรถเข็น 3	0.36	0.32	0.34	0.48	0.44	0.50	0.49	0.36	0.44	0.32	0.49	0.40	0.42	0.21	0.37	0.35	0.43	0.28	0.42	0.24	0.39	0.41	0.33	0.22	0.45	0.46	0.31	0.38
33	เทปูนลงในรถเข็น 3	0.43	0.42	0.36	0.37	0.29	0.23	0.26	0.28	0.43	0.42	0.40	0.30	0.47	0.44	0.29	0.41	0.25	0.23	0.50	0.25	0.41	0.25	0.30	0.29	0.36	0.23	0.34	0.43
34	เทปูนลงในรถเข็น 3	0.38	0.50	0.28	0.22	0.39	0.32	0.36	0.47	0.46	0.31	0.22	0.26	0.40	0.35	0.35	0.46	0.46	0.30	0.23	0.39	0.45	0.32	0.43	0.29	0.47	0.37	0.35	0.22
35	ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ 2 *รถเข็น 3 รอบ	0.45	0.44	0.41	0.47	0.49	0.55	0.41	0.49	0.45	0.36	0.42	0.51	0.39	0.58	0.45	1.09	0.38	0.40	0.38	0.37	0.37	0.53	0.38	0.37	0.38	1.03	0.39	0.41
36	ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ 2 *รถเข็น 3 รอบ	0.45	0.44	0.41	0.47	0.49	0.55	0.41	0.49	0.45	0.36	0.42	0.51	0.39	0.58	0.45	1.09	0.38	0.40	0.38	0.37	0.37	0.53	0.38	0.37	0.38	1.03	0.39	0.41

รูปที่ ก.3 ตารางบันทึกเวลาการผลิต ผลิตภัณฑ์ขนาด 10x10x10 เซนติเมตร ส่วนที่ 3

		Time Measurement Sheet											
	แบบบัว (ผลิตภัณฑ์) 10*10												
	Job Element	29	30	31	32	33	34	35	Min	Max	Fluctuaion	Fluctuaion	average
19	เทปูนลงในรถเข็น 1	0.27	0.29	0.30	0.33	0.43	0.37	0.26	0.26	0.43	0.17	0.00	0.32
20	เทปูนลงในรถเข็น 2	0.26	0.38	0.40	0.41	0.43	0.43	0.23	0.23	0.43	0.20	0.00	0.36
21	เทปูนลงในรถเข็น 3	0.47	0.40	0.39	0.23	0.43	0.37	0.47	0.23	0.47	0.24	0.00	0.39
22	ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ 1	0.27	0.40	0.27	0.45	0.47	0.45	0.49	0.32	1.38	1.06	0.00	0.40
23	ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ 2	0.37	0.40	0.56	0.43	1.11	0.40	0.39	0.36	1.11	0.75	0.00	0.52
24	ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ 3	0.28	0.30	0.45	0.24	0.41	0.49	0.26	0.36	1.11	0.75	0.04	0.35
25	เทปูนลงบนแกนทราย	22.15	18.12	20.18	19.52	22.14	23.21	23.05	18.12	23.21	5.09	0.01	21.20
26	เดินไปจากหัวโต๊ะหล่อ2เอาเหล็กที่เก็บเหล็กเส้น	0.28	0.29	0.35	0.32	0.19	0.37	0.22	0.19	0.37	0.18	0.00	0.29
27	นับเหล็กเส้นตามจำนวนชิ้นงาน	0.58	1.09	0.51	1.24	1.03	0.35	1.33	0.35	1.33	0.98	0.00	0.88
28	นำเหล็กเส้นมาวางท้ายโต๊ะ	0.13	0.12	0.19	0.16	0.17	0.14	0.20	0.12	0.20	0.08	0.00	0.16
29	ใส่เหล็กลงบนชิ้นงาน	3.21	3.23	4.24	3.23	3.24	3.24	3.21	3.21	4.24	1.03	0.00	3.37
30	ตรวจสอบว่าเหล็กออกจากชิ้นออกนอกชิ้นงานหรือไม่	0.34	0.32	0.37	0.34	0.35	0.55	0.47	0.32	0.55	0.23	0.00	0.39
31	ผสมปูนกับทรายและน้ำ	9.55	11.52	12.18	11.55	12.42	10.55	10.31	9.55	12.42	2.87	0.00	11.15
32	เทปูนลงในรถเข็น 3	0.32	0.29	0.34	0.21	0.33	0.27	0.46	0.21	0.46	0.25	0.00	0.32
33	เทปูนลงในรถเข็น 3	0.25	0.42	0.31	0.35	0.24	0.25	0.46	0.24	0.46	0.22	0.00	0.33
34	เทปูนลงในรถเข็น 3	0.34	0.44	0.44	0.31	0.41	0.47	0.39	0.31	0.47	0.16	0.00	0.40
35	ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ 2 *รถเข็น 3 รอบ	0.37	0.40	0.56	0.43	1.11	0.40	0.39	0.37	1.11	0.74	0.00	0.52
36	ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ 2 *รถเข็น 3 รอบ	0.37	0.40	0.56	0.43	1.11	0.40	0.39	0.37	1.11	0.74	0.00	0.52
37	ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ 2 *รถเข็น 3 รอบ	0.37	0.40	0.56	0.43	1.11	0.40	0.39	0.37	1.11	0.74	0.00	0.52
38	เทปูนขึ้นรูป	38.13	32.20	39.15	40.15	31.14	36.15	34.55	31.14	40.15	9.01	0.01	35.92
39	ผสมปูนกับน้ำ	4.16	3.13	3.15	3.18	3.19	4.19	4.15	3.13	4.19	1.06	0.00	3.59
40	เทปูนลงในรถเข็น	0.28	0.28	0.25	0.29	0.13	0.20	0.19	0.13	0.29	0.16	0.00	0.23

รูปที่ ก.4 ตารางบันทึกเวลาการผลิต ผลิตภัณฑ์ขนาด 10x10x10 เซนติเมตร ส่วนที่ 4

		Time Measurement Sheet																											
	แบบบัว (ผลิตภัณฑ์) 10*10	min/Batch																											
	Job Element	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	27	28
38	เทปูนขึ้นรูป	32.13	35.21	39.02	40.21	31.14	30.49	30.54	35.59	30.22	30.19	35.18	41.14	37.17	30.16	32.16	35.12	39.14	32.14	36.18	31.19	39.18	39.11	40.14	41.20	39.11	31.16	32.20	39.18
39	ผสมปูนกับน้ำ	4.41	3.44	5.25	3.55	3.12	4.53	5.21	4.37	3.55	4.20	3.18	3.15	5.20	4.18	3.11	3.15	5.17	4.15	5.20	5.14	3.13	5.19	4.11	3.14	3.14	4.14	4.13	3.16
40	เทปูนลงในรถเข็น	0.21	0.23	0.24	0.41	0.14	0.15	0.24	0.18	0.20	0.15	0.29	0.19	0.15	0.13	0.25	0.28	0.13	0.16	0.26	0.20	0.21	0.18	0.19	0.23	0.20	0.20	0.27	0.21
41	ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ2	0.11	0.12	0.11	0.14	0.09	0.11	0.10	0.08	0.10	0.06	0.08	0.14	0.06	0.14	0.08	0.06	0.14	0.14	0.14	0.07	0.15	0.14	0.15	0.11	0.07	0.09	0.14	0.10
42	เดินไปหยิบเกรียงฉาดปูนที่เครื่องมือ2	0.11	0.12	0.24	0.45	0.14	0.19	0.10	0.14	0.12	0.14	0.19	0.16	0.16	0.19	0.21	0.20	0.14	0.14	0.16	0.15	0.16	0.17	0.14	0.14	0.18	0.15	0.19	0.21
43	เดินกลับมาที่โต๊ะหล่อ2	0.09	0.10	0.09	0.12	0.12	0.11	0.09	0.10	0.11	0.05	0.05	0.09	0.14	0.11	0.12	0.08	0.12	0.09	0.11	0.13	0.17	0.12	0.04	0.05	0.10	0.07	0.08	0.10
44	ตัดขนาดความยาวบัวตามที่วัดไว้	3.15	3.21	2.40	2.56	4.01	3.34	2.13	2.30	2.18	3.25	3.34	4.28	4.19	3.25	2.41	4.03	3.35	3.44	4.29	4.00	2.10	3.29	3.28	2.48	2.30	2.58	2.27	2.07
45	ขัดผิวชิ้นงาน	13.32	12.32	12.22	10.32	9.50	11.37	11.22	10.26	13.14	12.01	9.36	9.04	9.39	12.03	10.21	10.54	13.22	12.31	10.26	12.25	10.58	11.39	13.47	13.31	9.28	12.58	13.32	10.38
46	ปล่อยให้แห้ง**ข้ามคืน	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00
47	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.43	0.44	0.22	0.20	0.16	0.16	0.55	0.20	0.33	0.32	0.31	0.42	0.27	0.36	0.36	0.41	0.33	0.44	0.34	0.29	0.47	0.24	0.40	0.46	0.22	0.23	0.28	0.27
48	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.25	0.26	0.28	0.40	0.49	0.37	0.45	0.32	0.34	0.38	0.46	0.30	0.23	0.23	0.34	0.39	0.50	0.40	0.35	0.43	0.45	0.23	0.38	0.45	0.34	0.42	0.33	0.36
49	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.39	0.48	0.39	0.21	0.35	0.45	0.29	0.32	0.50	0.41	0.21	0.26	0.22	0.50	0.34	0.37	0.22	0.40	0.35	0.32	0.27	0.30	0.33	0.33	0.23	0.38	0.39	0.38
50	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.39	0.50	0.40	0.36	0.41	0.29	0.32	0.49	0.41	0.38	0.45	0.42	0.27	0.43	0.33	0.42	0.29	0.26	0.40	0.28	0.27	0.38	0.30	0.21	0.37	0.49	0.47	0.36
51	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.41	0.25	0.41	0.32	0.25	0.24	0.45	0.25	0.30	0.35	0.35	0.40	0.26	0.29	0.50	0.50	0.38	0.48	0.39	0.47	0.43	0.43	0.45	0.42	0.24	0.41	0.24	0.38
52	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.41	0.40	0.28	0.50	0.24	0.29	0.34	0.38	0.50	0.37	0.45	0.33	0.31	0.21	0.43	0.30	0.45	0.35	0.28	0.45	0.45	0.26	0.35	0.26	0.25	0.22	0.49	0.35
53	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.38	0.21	0.31	0.36	0.41	0.21	0.47	0.39	0.45	0.25	0.48	0.37	0.32	0.48	0.32	0.22	0.37	0.42	0.27	0.46	0.41	0.45	0.26	0.30	0.30	0.21	0.47	0.39
54	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.24	0.39	0.48	0.41	0.22	0.25	0.49	0.37	0.28	0.22	0.21	0.25	0.23	0.44	0.48	0.28	0.42	0.50	0.41	0.40	0.25	0.47	0.32	0.34	0.25	0.44	0.22	0.32
55	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.24	0.24	0.25	0.28	0.27	0.26	0.34	0.34	0.48	0.24	0.30	0.31	0.39	0.22	0.42	0.22	0.40	0.41	0.26	0.49	0.31	0.41	0.22	0.22	0.48	0.41	0.23	0.36
56	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.30	0.45	0.30	0.50	0.48	0.45	0.30	0.22	0.45	0.26	0.33	0.50	0.29	0.34	0.45	0.46	0.39	0.27	0.33	0.37	0.43	0.25	0.24	0.48	0.38	0.49	0.34	0.42
57	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.45	0.38	0.48	0.46	0.43	0.40	0.25	0.36	0.45	0.26	0.48	0.40	0.33	0.33	0.40	0.21	0.40	0.34	0.36	0.38	0.27	0.48	0.22	0.32	0.21	0.26	0.29	0.35
58	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.38	0.42	0.34	0.21	0.37	0.50	0.36	0.34	0.27	0.32	0.39	0.33	0.31	0.48	0.35	0.38	0.40	0.48	0.47	0.40	0.29	0.45	0.34	0.26	0.31	0.23	0.25	0.43
59	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.35	0.30	0.49	0.41	0.37	0.42	0.34	0.39	0.23	0.21	0.47	0.35	0.49	0.45	0.38	0.34	0.37	0.30	0.45	0.38	0.48	0.43	0.36	0.39	0.43	0.36	0.37	0.47

รูปที่ ก.5 ตารางบันทึกเวลาการผลิต ผลิตภัณฑ์ขนาด 10x10x10 เซนติเมตร ส่วนที่ 5

		Time Measurement Sheet											
	แบบบัว (ผลิตภัณฑ์) 10*10												
	Job Element	29	30	31	32	33	34	35	Min	Max	Fluctuaion	Fluctuaion	average
37	ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ 2 *รถเข็น 3 รอบ	0.37	0.40	0.56	0.43	1.11	0.40	0.39	0.37	1.11	0.74	0.00	0.52
38	เทปูนขึ้นรูป	38.13	32.20	39.15	40.15	31.14	36.15	34.55	31.14	40.15	9.01	0.01	35.92
39	ผสมปูนกับน้ำ	4.16	3.13	3.15	3.18	3.19	4.19	4.15	3.13	4.19	1.06	0.00	3.59
40	เทปูนลงในรถเข็น	0.28	0.28	0.25	0.29	0.13	0.20	0.19	0.13	0.29	0.16	0.00	0.23
41	ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ2	0.10	0.11	0.14	0.13	0.13	0.11	0.10	0.10	0.14	0.04	0.00	0.12
42	เดินไปหยิบเกรียงฉากปูนที่เครื่องมือ2	0.18	0.21	0.21	0.21	0.19	0.15	0.11	0.11	0.21	0.10	0.00	0.18
43	เดินกลับมาที่โต๊ะหล่อ2	0.10	0.09	0.12	0.07	0.15	0.19	0.08	0.07	0.19	0.12	0.00	0.11
44	ตัดขนาดความยาวบัวตามที่วัดไว้	4.53	3.46	2.34	4.51	2.25	3.22	2.59	2.25	4.53	2.28	0.00	3.27
45	ขัดผิวชิ้นงาน	11.15	13.48	11.38	12.26	10.24	10.53	10.28	10.24	13.48	3.24	0.00	11.33
46	ปล่อยให้แห้ง**ข้ามคืน	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	0.00	0.00	720.00
47	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.38	0.27	0.25	0.46	0.25	0.23	0.40	0.23	0.46	0.23	0.00	0.32
48	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.44	0.45	0.44	0.27	0.36	0.22	0.45	0.22	0.45	0.23	0.00	0.38
49	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.44	0.50	0.49	0.35	0.31	0.38	0.30	0.30	0.50	0.20	0.00	0.40
50	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.32	0.43	0.50	0.50	0.36	0.22	0.42	0.22	0.50	0.28	0.00	0.39
51	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.23	0.23	0.22	0.38	0.36	0.44	0.29	0.22	0.44	0.22	0.00	0.31
52	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.48	0.49	0.47	0.44	0.34	0.35	0.39	0.34	0.49	0.15	0.00	0.42
53	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.24	0.31	0.25	0.47	0.27	0.22	0.36	0.22	0.47	0.25	0.00	0.30
54	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.38	0.41	0.24	0.39	0.33	0.36	0.41	0.24	0.41	0.17	0.00	0.36
55	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.27	0.29	0.32	0.46	0.44	0.35	0.38	0.27	0.46	0.19	0.00	0.36
56	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.26	0.33	0.44	0.28	0.35	0.25	0.41	0.25	0.44	0.19	0.00	0.33
57	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.39	0.28	0.35	0.28	0.43	0.43	0.39	0.28	0.43	0.15	0.00	0.36
58	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.39	0.37	0.26	0.41	0.45	0.42	0.46	0.26	0.46	0.20	0.00	0.39

รูปที่ ก.6 ตารางบันทึกเวลาการผลิต ผลิตภัณฑ์ขนาด 10x10x10 เซนติเมตร **ส่วนที่ 6**

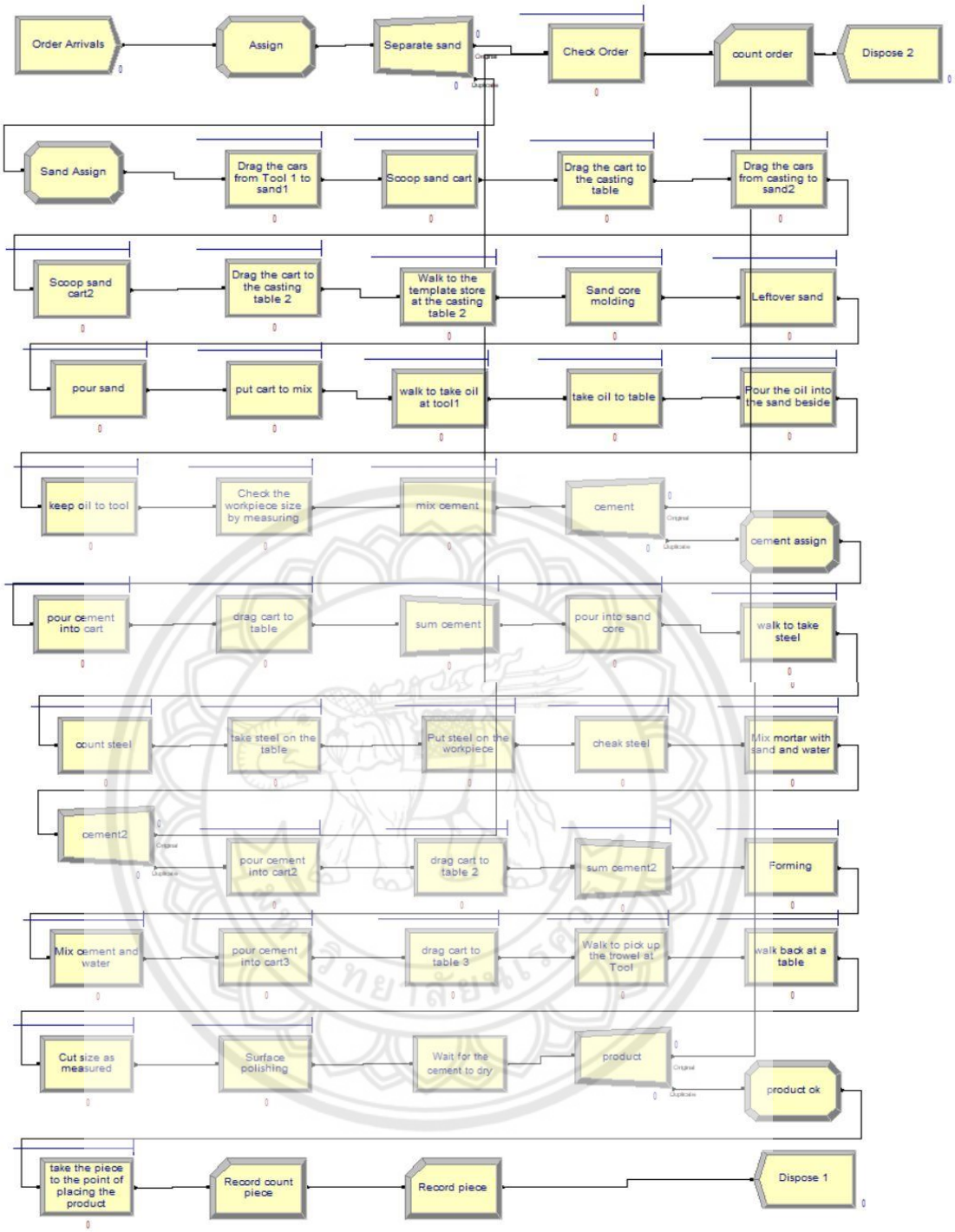
	แบบบัว (ผลิตภัณฑ์) 10*10	Time Measurement Sheet																												
	Job Element	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
60	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.48	0.35	0.27	0.47	0.28	0.44	0.41	0.35	0.49	0.37	0.32	0.44	0.35	0.28	0.34	0.43	0.22	0.23	0.29	0.45	0.44	0.21	0.44	0.32	0.29	0.46	0.30	0.48
61	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.43	0.49	0.23	0.47	0.21	0.39	0.50	0.32	0.47	0.21	0.26	0.31	0.50	0.22	0.30	0.46	0.33	0.32	0.37	0.21	0.31	0.36	0.35	0.31	0.38	0.45	0.30	0.23
62	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.47	0.41	0.34	0.36	0.35	0.25	0.27	0.33	0.49	0.42	0.37	0.21	0.46	0.30	0.29	0.39	0.47	0.26	0.48	0.34	0.43	0.42	0.31	0.25	0.22	0.25	0.46	0.22
63	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.48	0.23	0.50	0.43	0.49	0.26	0.23	0.21	0.30	0.25	0.31	0.23	0.27	0.31	0.25	0.44	0.24	0.36	0.34	0.43	0.43	0.46	0.45	0.32	0.30	0.39	0.24	0.48
64	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.41	0.27	0.30	0.29	0.45	0.32	0.50	0.32	0.43	0.46	0.33	0.34	0.26	0.43	0.47	0.34	0.27	0.41	0.38	0.30	0.28	0.32	0.40	0.46	0.28	0.41	0.33	0.42
65	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.32	0.28	0.39	0.34	0.23	0.48	0.49	0.45	0.42	0.31	0.24	0.48	0.40	0.28	0.26	0.47	0.32	0.23	0.22	0.47	0.38	0.39	0.31	0.31	0.47	0.37	0.34	0.41
66	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.39	0.30	0.40	0.26	0.32	0.22	0.31	0.33	0.26	0.33	0.36	0.22	0.22	0.24	0.31	0.28	0.38	0.33	0.27	0.50	0.46	0.25	0.42	0.49	0.43	0.22	0.47	0.31
67	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.22	0.24	0.25	0.37	0.47	0.46	0.23	0.42	0.41	0.37	0.47	0.34	0.47	0.28	0.29	0.21	0.45	0.35	0.46	0.22	0.21	0.21	0.48	0.44	0.37	0.37	0.21	0.35
68	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.32	0.31	0.42	0.35	0.44	0.32	0.42	0.31	0.31	0.23	0.32	0.35	0.24	0.37	0.45	0.37	0.29	0.21	0.39	0.25	0.50	0.31	0.27	0.44	0.46	0.41	0.26	0.28
69	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.41	0.32	0.28	0.39	0.37	0.29	0.40	0.25	0.25	0.35	0.30	0.39	0.32	0.45	0.49	0.28	0.36	0.28	0.24	0.41	0.28	0.27	0.37	0.42	0.22	0.26	0.31	0.24
70	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.45	0.24	0.25	0.48	0.22	0.23	0.38	0.43	0.33	0.49	0.42	0.21	0.37	0.41	0.30	0.37	0.50	0.50	0.40	0.47	0.30	0.50	0.32	0.28	0.40	0.39	0.27	0.36
71	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.32	0.21	0.23	0.47	0.27	0.21	0.28	0.29	0.21	0.29	0.46	0.50	0.44	0.36	0.38	0.26	0.38	0.43	0.34	0.23	0.25	0.42	0.41	0.21	0.47	0.27	0.46	0.49
72	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.39	0.47	0.40	0.32	0.42	0.46	0.39	0.42	0.27	0.46	0.37	0.31	0.32	0.27	0.32	0.36	0.47	0.29	0.43	0.45	0.40	0.45	0.37	0.22	0.37	0.21	0.39	0.48
73	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.50	0.21	0.49	0.30	0.39	0.50	0.49	0.42	0.48	0.42	0.25	0.28	0.39	0.36	0.30	0.34	0.49	0.22	0.33	0.36	0.39	0.48	0.31	0.31	0.30	0.47	0.34	0.49
74	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.39	0.25	0.50	0.38	0.41	0.39	0.39	0.41	0.27	0.49	0.41	0.31	0.47	0.46	0.40	0.38	0.43	0.31	0.21	0.34	0.30	0.39	0.31	0.28	0.41	0.23	0.44	0.32
75	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.22	0.24	0.25	0.37	0.47	0.46	0.23	0.42	0.41	0.37	0.47	0.34	0.47	0.28	0.29	0.21	0.45	0.35	0.46	0.22	0.21	0.21	0.48	0.44	0.37	0.37	0.21	0.35
76	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.32	0.31	0.42	0.35	0.44	0.32	0.42	0.31	0.31	0.23	0.32	0.35	0.24	0.37	0.45	0.37	0.29	0.21	0.39	0.25	0.50	0.31	0.27	0.44	0.46	0.41	0.26	0.28
77	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.41	0.32	0.28	0.39	0.37	0.29	0.40	0.25	0.25	0.35	0.30	0.39	0.32	0.45	0.49	0.28	0.36	0.28	0.24	0.41	0.28	0.27	0.37	0.42	0.22	0.26	0.31	0.24
78	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.45	0.24	0.25	0.48	0.22	0.23	0.38	0.43	0.33	0.49	0.42	0.21	0.37	0.41	0.30	0.37	0.50	0.50	0.40	0.47	0.30	0.50	0.32	0.28	0.40	0.39	0.27	0.36
79	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.32	0.21	0.23	0.47	0.27	0.21	0.28	0.29	0.21	0.29	0.46	0.50	0.44	0.36	0.38	0.26	0.38	0.43	0.34	0.23	0.25	0.42	0.41	0.21	0.47	0.27	0.46	0.49
80	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.39	0.47	0.40	0.32	0.42	0.46	0.39	0.42	0.27	0.46	0.37	0.31	0.32	0.27	0.32	0.36	0.47	0.29	0.43	0.45	0.40	0.45	0.37	0.22	0.37	0.21	0.39	0.48
81	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.50	0.21	0.49	0.30	0.39	0.50	0.49	0.42	0.48	0.42	0.25	0.28	0.39	0.36	0.30	0.34	0.49	0.22	0.33	0.36	0.39	0.48	0.31	0.31	0.30	0.47	0.34	0.49
82	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.39	0.25	0.50	0.38	0.41	0.39	0.39	0.41	0.27	0.49	0.41	0.31	0.47	0.46	0.40	0.38	0.43	0.31	0.21	0.34	0.30	0.39	0.31	0.28	0.41	0.23	0.44	0.32
	TOTAL	880.10	879.26	889.52	901.80	871.94	885.50	880.27	879.53	876.52	875.17	871.97	889.85	885.65	875.52	877.61	886.87	882.44	871.58	878.52	875.67	877.91	891.29	883.29	877.88	879.95	881.22	880.15	878.35

รูปที่ ก.7 ตารางบันทึกเวลาการผลิต ผลิตภัณฑ์ขนาด 10x10x10 เซนติเมตร ส่วนที่ 7

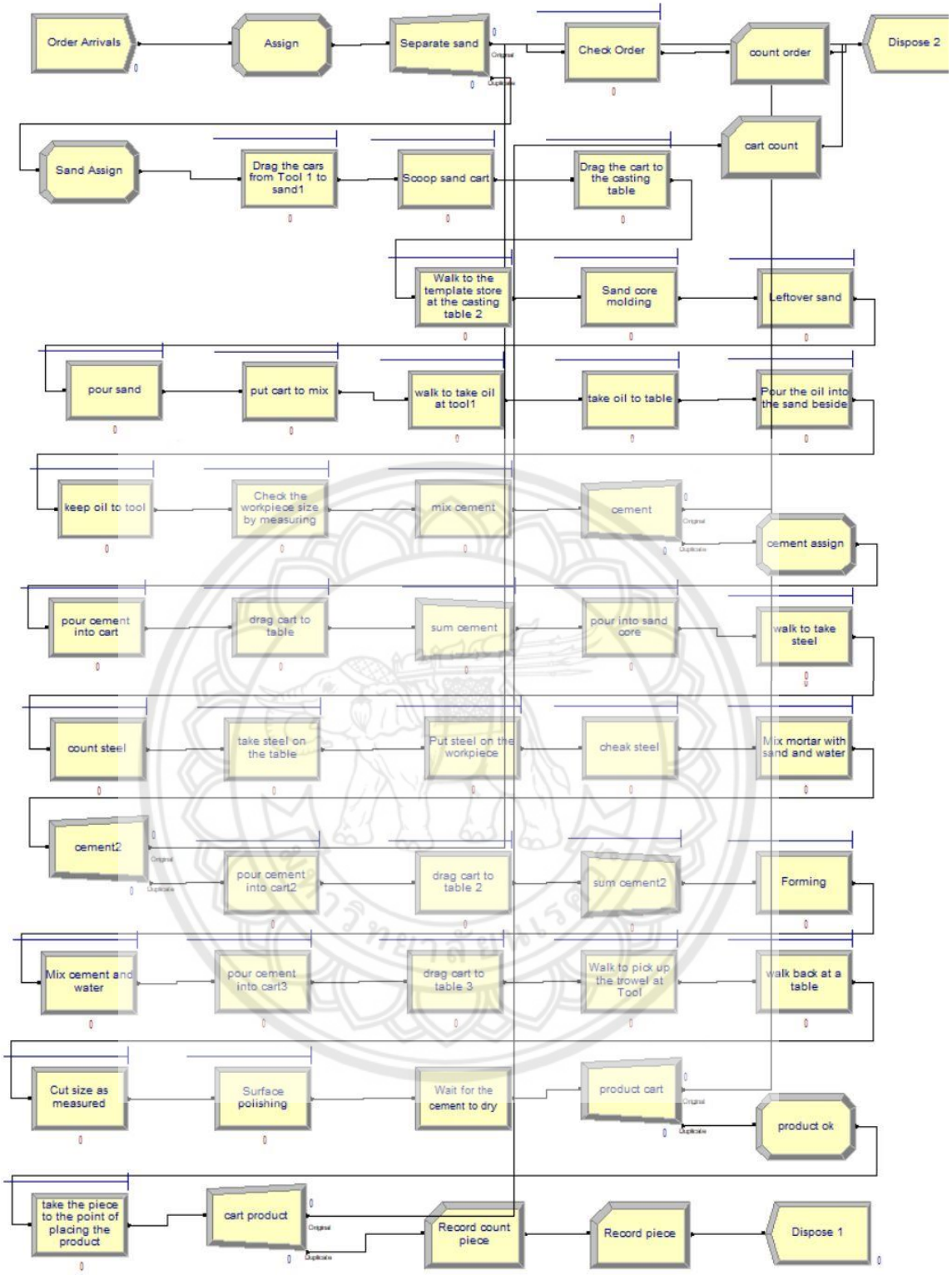
	Job Element	29	30	31	32	33	34	35	Min	Max	Fluctuaion	Fluctuaion	average
60	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.30	0.23	0.40	0.26	0.34	0.41	0.45	0.23	0.45	0.22	0.00	0.34
61	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.40	0.30	0.30	0.49	0.30	0.31	0.46	0.30	0.49	0.19	0.00	0.37
62	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.28	0.46	0.32	0.30	0.45	0.38	0.29	0.28	0.46	0.18	0.00	0.35
63	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.24	0.28	0.30	0.35	0.49	0.24	0.29	0.24	0.49	0.25	0.00	0.31
64	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.32	0.40	0.24	0.44	0.21	0.33	0.45	0.21	0.45	0.24	0.00	0.34
65	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.24	0.33	0.43	0.26	0.23	0.26	0.40	0.23	0.43	0.20	0.00	0.31
66	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.34	0.42	0.46	0.39	0.49	0.25	0.29	0.25	0.49	0.24	0.00	0.38
67	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.34	0.26	0.36	0.50	0.32	0.40	0.40	0.26	0.50	0.24	0.00	0.37
68	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.31	0.33	0.39	0.44	0.33	0.39	0.36	0.31	0.44	0.13	0.00	0.36
69	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.42	0.37	0.43	0.49	0.32	0.47	0.23	0.23	0.49	0.26	0.00	0.39
70	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.40	0.29	0.39	0.36	0.30	0.23	0.33	0.23	0.40	0.17	0.00	0.33
71	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.25	0.21	0.40	0.44	0.36	0.33	0.31	0.21	0.44	0.23	0.00	0.33
72	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.24	0.48	0.22	0.40	0.48	0.45	0.26	0.22	0.48	0.26	0.00	0.36
73	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.29	0.35	0.28	0.24	0.45	0.44	0.21	0.21	0.45	0.24	0.00	0.32
74	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.23	0.40	0.21	0.50	0.35	0.36	0.42	0.21	0.50	0.29	0.00	0.35
75	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.34	0.26	0.36	0.50	0.32	0.40	0.40	0.26	0.50	0.24	0.00	0.37
76	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.31	0.33	0.39	0.44	0.33	0.39	0.36	0.31	0.44	0.13	0.00	0.36
77	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.42	0.37	0.43	0.49	0.32	0.47	0.23	0.23	0.49	0.26	0.00	0.39
78	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.40	0.29	0.39	0.36	0.30	0.23	0.33	0.23	0.40	0.17	0.00	0.33
79	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.25	0.21	0.40	0.44	0.36	0.33	0.31	0.21	0.44	0.23	0.00	0.33
80	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.24	0.48	0.22	0.40	0.48	0.45	0.26	0.22	0.48	0.26	0.00	0.36
81	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.29	0.35	0.28	0.24	0.45	0.44	0.21	0.21	0.45	0.24	0.00	0.32
82	นำชิ้นงานไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์ *goods 36 ท่อน	0.23	0.40	0.21	0.50	0.35	0.36	0.42	0.21	0.50	0.29	0.00	0.35
	TOTAL	875.64	880.43	880.47	887.27	889.92	891.15	880.97	845.97	934.80	88.83	0.00	881.46

รูปที่ ก.8 ตารางบันทึกเวลาการผลิต ผลิตภัณฑ์ขนาด 10x10x10 เซนติเมตร ส่วนที่ 8

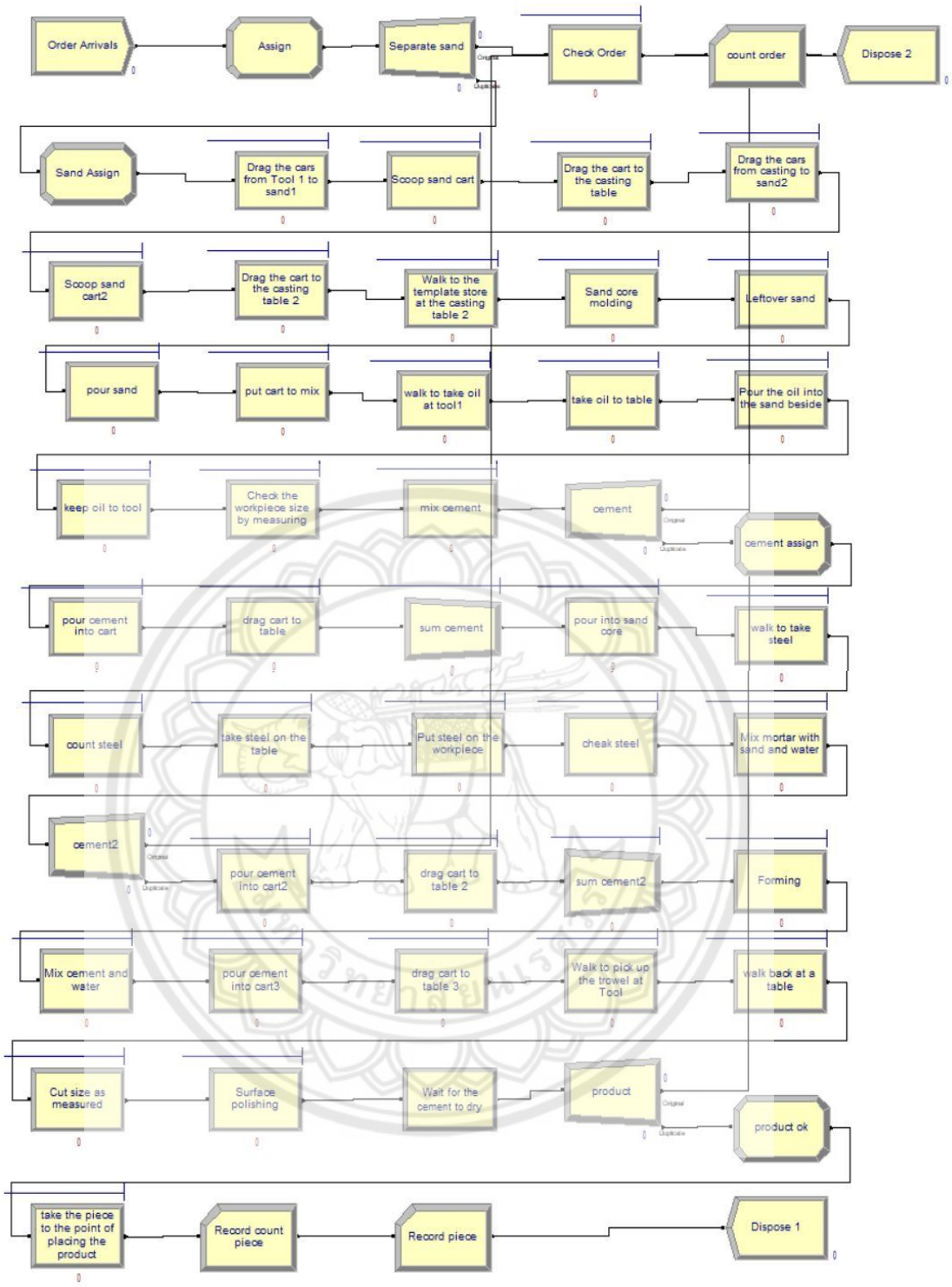
ภาคผนวก ข
แบบจำลองการปรับปรุง



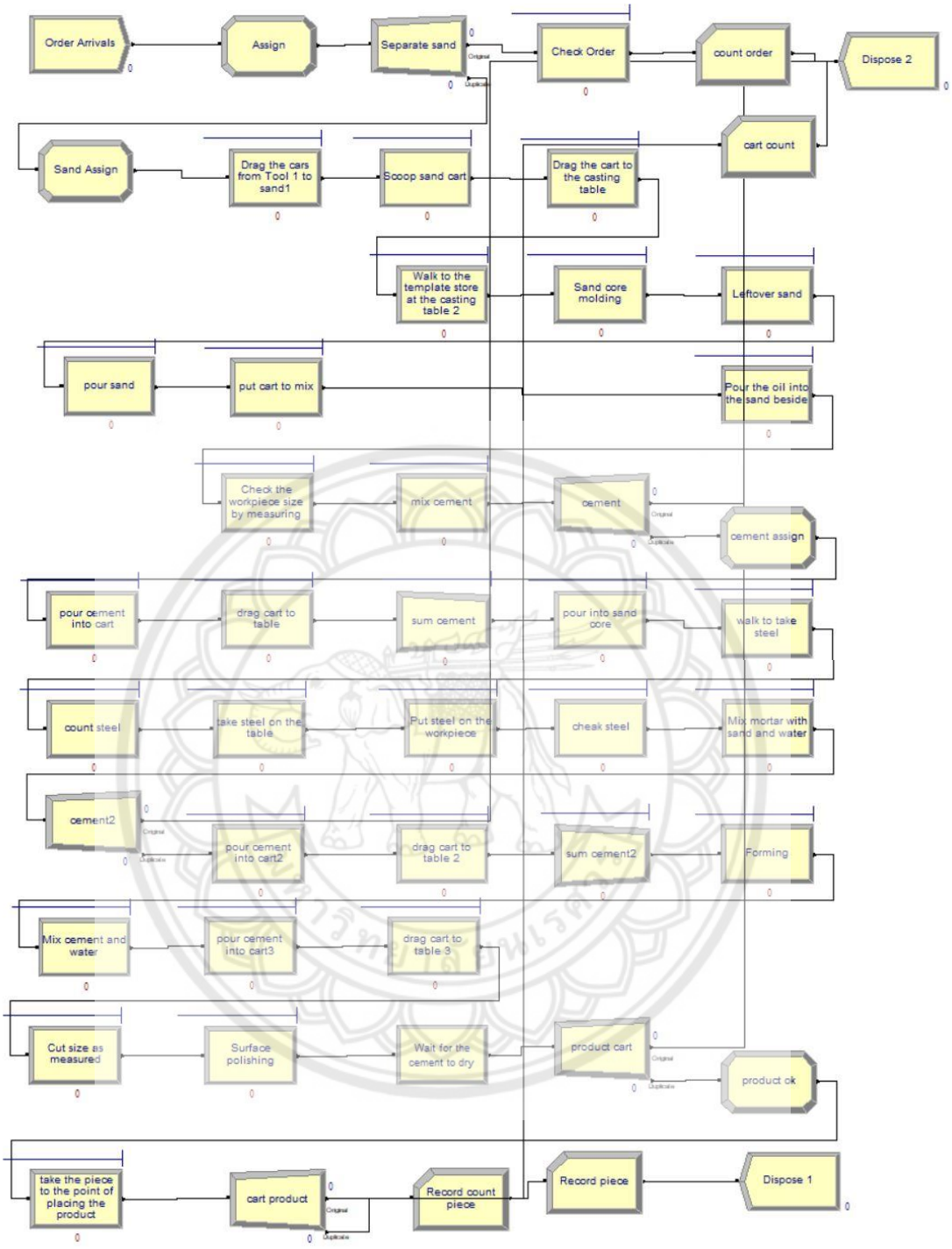
รูปที่ ข.1 แบบจำลองหลังการปรับปรุงประสิทธิภาพของผังโรงงาน



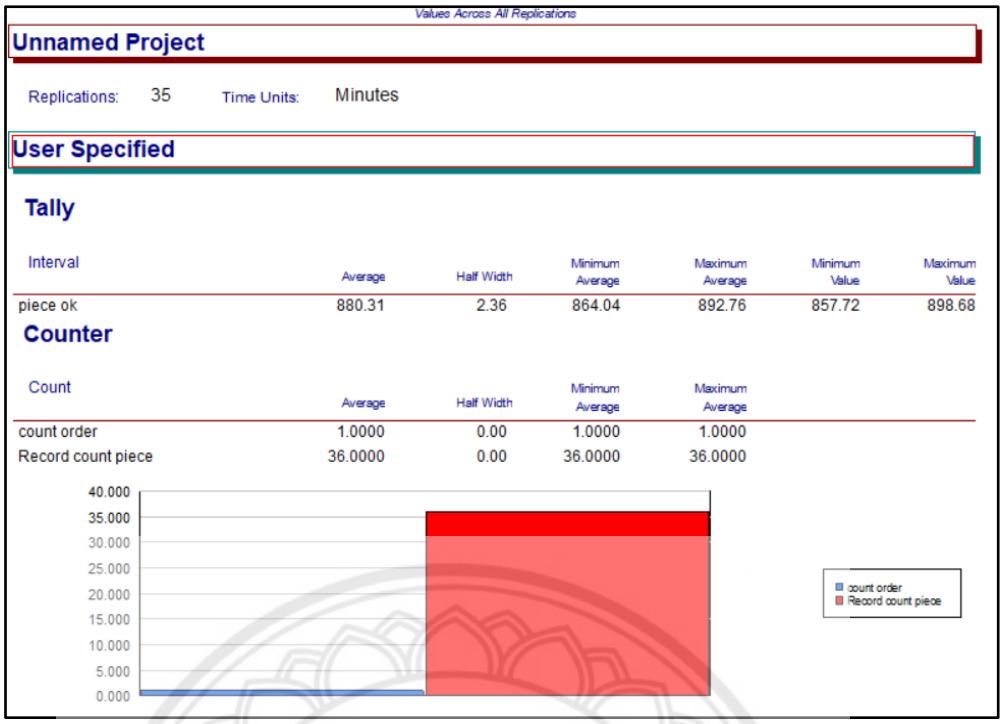
รูปที่ ข.2 แบบจำลองหลังการปรับปรุงประสิทธิภาพของอุปกรณ์ขนย้าย



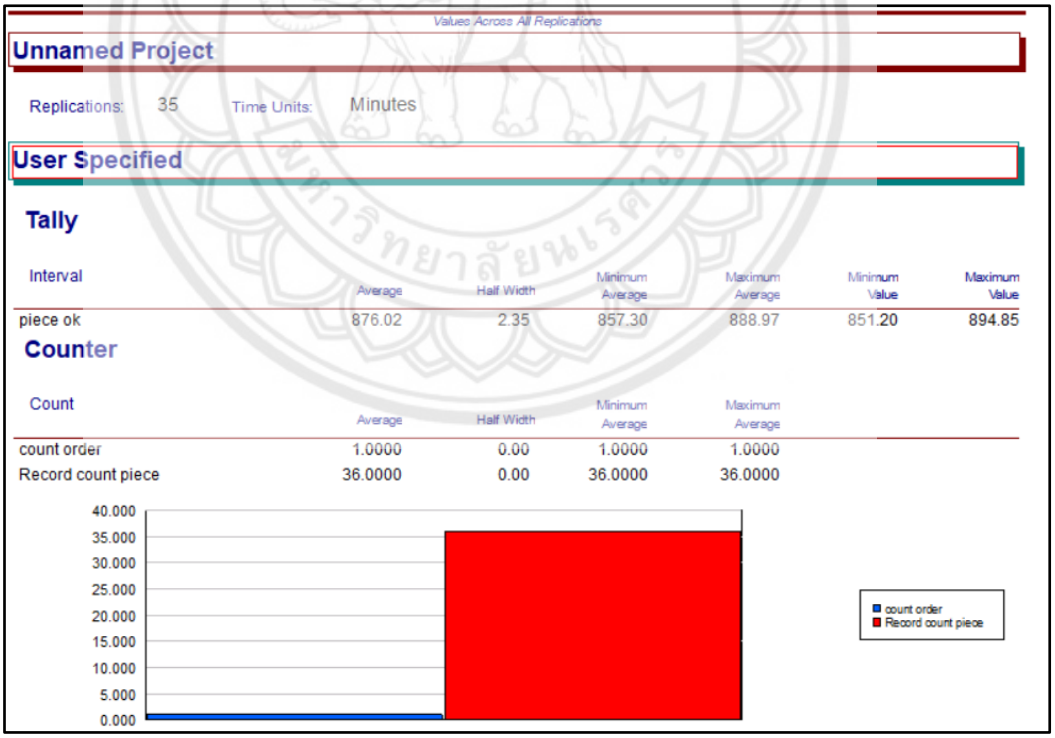
รูปที่ ข.3 แบบจำลองหลังการลดความสูญเปล่าของกระบวนการทำงาน



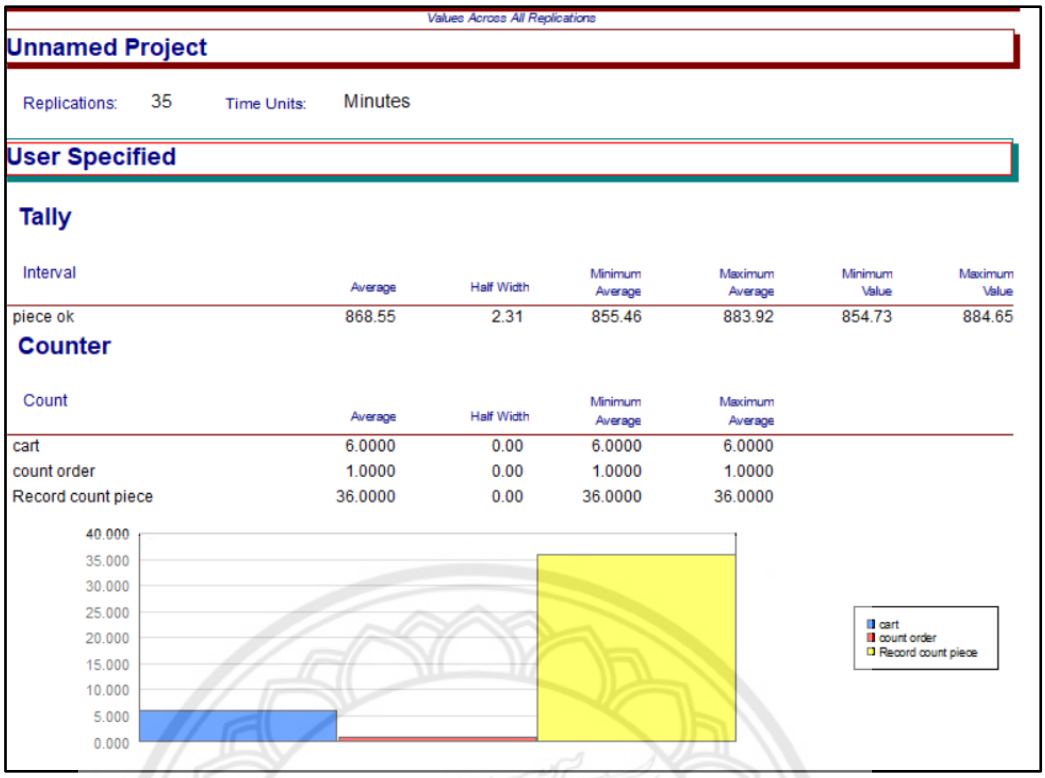
รูปที่ ข.4 แบบจำลองหลังการปรับปรุงทั้งหมด



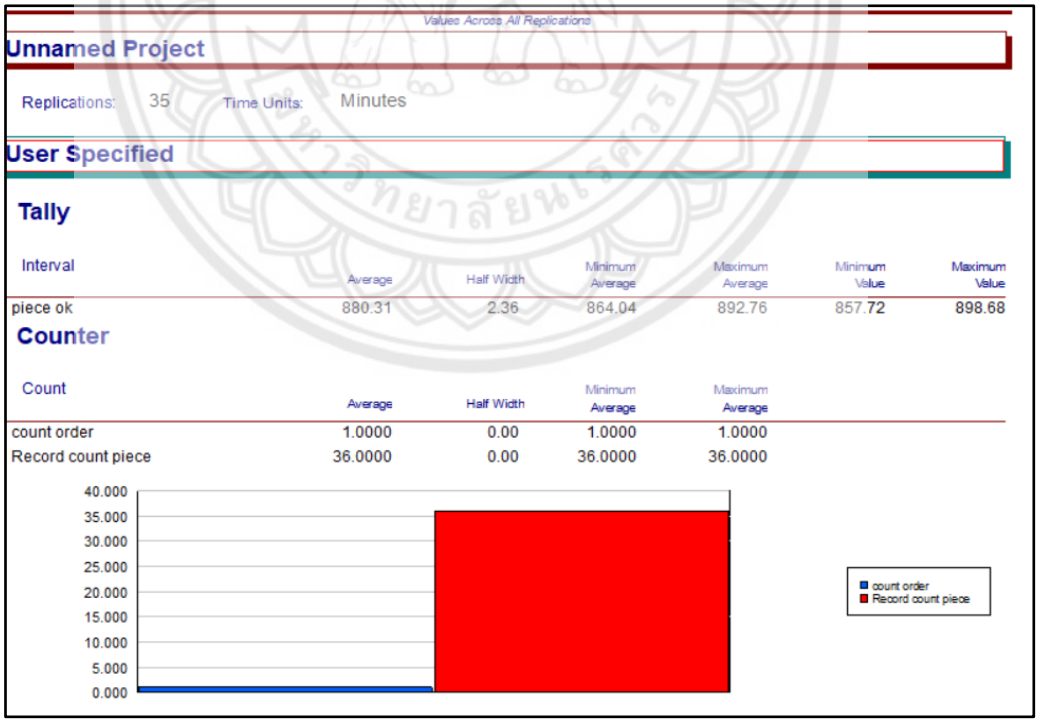
รูปที่ ข.5 ผลลัพธ์ของแบบจำลองก่อนการปรับปรุง



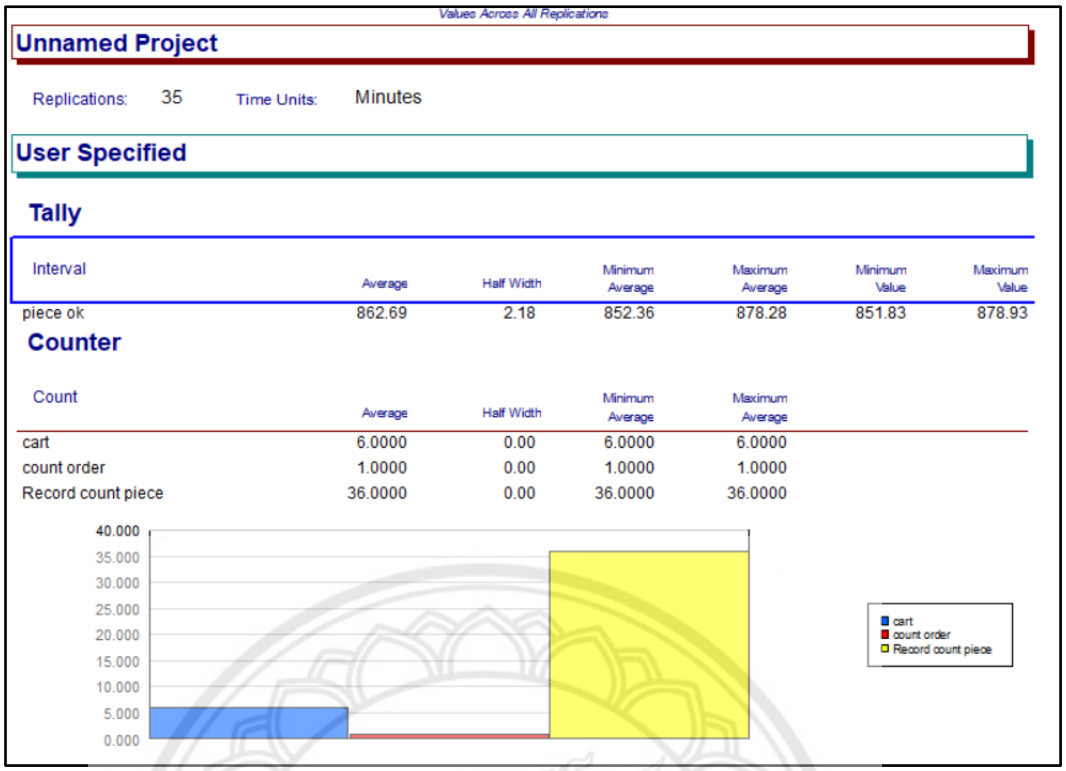
รูปที่ ข.6 ผลลัพธ์แบบจำลองหลังการปรับปรุงประสิทธิภาพของผังโรงงาน



รูปที่ ข.7 ผลลัพธ์แบบจำลองหลังการปรับปรุงประสิทธิภาพของอุปกรณ์ขนย้าย



รูปที่ ข.8 ผลลัพธ์ของแบบจำลองหลังลดความสูญเปล่าของกระบวนการ



รูปที่ ข.9 ผลลัพธ์ของแบบจำลองหลังการปรับปรุงทั้งหมด

	แบบบัว (ผลิตภัณฑ์ 10*10	
	Job Element	ลักษณะของการกระจาย
1	ตรวจสอบแบบว่าต้องใช้แม่แบบไหน	NORM(0.421, 0.148)
2	ลากรถเข็นจากบริเวณเครื่องมือ1ไปตักทราย	0.1 + LOGN(0.304, 0.15)
3	ตักทรายใส่รถเข็น	1 + LOGN(0.304, 0.15)
4	ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ2	0.22 + LOGN(0.261, 0.168)
5	ลากรถเข็นจากบริเวณโต๊ะหล่อไปตักทราย 2	0.1 + ERLA(0.087, 3)
6	ตักทรายใส่รถเข็น2	1 + LOGN(0.478, 0.203)
7	ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ2	0.22 + ERLA(0.087, 3)
8	เดินไปเอาแม่แบบบริเวณที่เก็บแม่แบบมาไว้ที่โต๊ะหล่อ2	TRA(0.21, 0.415, 0.62)
9	ปั้นเกลี่ยทราย	UNIF(27, 39)
10	ขนทรายที่เหลือจากการปั้นเกลี่ยทรายไปทิ้งบริเวณกองทราย	0.21 + EXPO(0.445)
11	เททรายออก	0.06 + LOGN(0.156, 0.0833)
12	ลากรถเข็นไปจุดผสมปูน	0.13 + LOGN(0.0839, 0.048)
13	เดินไปเอาน้ำมันตรงจุดเครื่องมือ 2	0.12 + 0.47 * BETA(1.98, 2.17)
14	นำน้ำมันมาโต๊ะหล่อ2	TRA(0.03, 0.0546, 0.14)
15	เทน้ำมันลงข้างๆเกลี่ยทราย	1.03 + LOGN(0.224, 0.131)
16	เอาถังน้ำมันไปเก็บจุดเครื่องมือ 2	0.04 + LOGN(0.0839, 0.048)
17	ตรวจสอบขนาดชิ้นงานด้วยการวัด	TRA(0.42, 1.08, 2.44)
18	ผสมปูนกับน้ำและทราย	8 + 8.96 * BETA(1.3, 1.92)
19	เทปูนลงในรถเข็น 1	TRA(0.18, 0.418, 0.52)
20	เทปูนลงในรถเข็น 2	UNIF(0.21, 0.49)
21	เทปูนลงในรถเข็น 3	UNIF(0.22, 0.49)
22	ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ 1	UNIF(0.22, 0.49)
23	ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ 2	0.28 + 0.91 * BETA(1.62, 1.66)
24	ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ 3	0.18 + 0.34 * BETA(2.22, 2.14)
25	เทปูนลงบนเกลี่ยทราย	TRA(18, 21.8, 29)
26	เดินไปจากหัวโต๊ะหล่อ2เอาเหล็กที่เก็บเหล็กเส้น	0.06 + WEIB(0.312, 1.41)
27	นับเหล็กเส้นตามจำนวนชิ้นงาน	UNIF(0.02, 1.48)
28	นำเหล็กเส้นมาวางที่ยโต๊ะ	0.09 + GAMM(0.0152, 4.58)

รูปที่ ข.10 รูปแบบการแจงแจงของกระบวนทั้งหมด ส่วนที่ 1

29	ใส่เหล็กลงบนชิ้นงาน	3 + GAMM(0.0152, 4.58)
30	ตรวจสอบว่าเหล็กออกจากชิ้นออกนอกชิ้นงานหรือไม่	NORM(0.435, 0.164)
31	ผสมปูนกับทรายและน้ำ	9 + 4.6 * BETA(1.3, 1.92)
32	เทปูนลงในรถเข็น 3	TRA(0.18, 0.39, 0.53)
33	เทปูนลงในรถเข็น 3	TRA(0.18 0.39, 0.53)
34	เทปูนลงในรถเข็น 3	TRA(0.18, 0.39, 0.53)
35	ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ 2 *รถเข็น 3 รอบ	0.28 + 0.91 * BETA(0.447, 2.24)
36	ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ 2 *รถเข็น 3 รอบ	0.25 + 0.8 * BETA(0.517, 2.54)
37	ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ 2 *รถเข็น 3 รอบ	0.24 + 0.85 * BETA(0.55, 3.2)
38	เทปูนขึ้นรูป	30 + 14 * BETA(0.636, 0.792)
39	ผสมปูนกับน้ำ	3 + 2.47 * BETA(0.527, 0.831)
40	เทปูนลงในรถเข็น	TRA(0.1, 0.202, 0.44)
41	ลากรถเข็นไปโต๊ะหล่อ2	UNIF(0.05, 0.16)
42	เดินไปหยิบเกรียงฉาบปูนที่เครื่องมือ2	0.06 + LOGN(0.112, 0.0495)
43	เดินกลับมาที่โต๊ะหล่อ2	NORM(0.101, 0.032)
44	ตัดขนาดความยาวตามที่วัดไว้	2 + 2.78 * BETA(1.3, 1.92)
45	ขัดผิวชิ้นงาน	9 + 4.93 * BETA(1.3, 1.92)
46	ปล่อยให้แห้ง**ข้ามคืน	
47	นำชิ้นงานไปที่จุดรวมผลิตภัณฑ์*goods 36 ท่อน	0.12 + 0.47 * BETA(2.21, 2.85)

รูปที่ ข.11 รูปแบบการแจงแจงของกระบวนทั้งหมด ส่วนที่ 2

ภาคผนวก ค

ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบที (T-test)

	Type	Data
1	1.00	880.10
2	1.00	879.26
3	1.00	889.52
4	1.00	899.32
5	1.00	874.99
6	1.00	885.50
7	1.00	880.27
8	1.00	879.53
9	1.00	876.52
10	1.00	875.17
11	1.00	871.57
12	1.00	889.85
13	1.00	885.65
14	1.00	875.52
15	1.00	877.61
16	1.00	886.87
17	1.00	882.44
18	1.00	871.58
19	1.00	878.52
20	1.00	875.67
21	1.00	877.91
22	1.00	891.29
23	1.00	883.29
24	1.00	876.08
25	1.00	879.95
26	1.00	881.22
27	1.00	880.15

รูปที่ ค.1 การเปรียบเทียบข้อมูลกลุ่มตัวอย่างระหว่างข้อมูลจริง และข้อมูลจากแบบจำลอง ส่วนที่ 1

	Type	Data
28	1.00	878.35
29	1.00	875.64
30	1.00	880.43
31	1.00	880.47
32	1.00	887.27
33	1.00	889.92
34	1.00	891.15
35	1.00	880.97
36	2.00	876.92
37	2.00	892.76
38	2.00	876.67
39	2.00	882.62
40	2.00	886.49
41	2.00	876.85
42	2.00	885.44
43	2.00	875.00
44	2.00	886.76
45	2.00	880.94
46	2.00	876.69
47	2.00	880.33
48	2.00	887.96
49	2.00	878.01
50	2.00	879.70
51	2.00	874.70
52	2.00	886.79
53	2.00	864.04
54	2.00	866.84

รูปที่ ค.2 การเปรียบเทียบข้อมูลกลุ่มตัวอย่างระหว่างข้อมูลจริง และข้อมูลจากแบบจำลอง ส่วนที่ 2

	Type	Data
55	2.00	871.87
56	2.00	870.67
57	2.00	886.01
58	2.00	878.40
59	2.00	888.95
60	2.00	886.77
61	2.00	883.32
62	2.00	885.85
63	2.00	868.51
64	2.00	884.20
65	2.00	880.48
66	2.00	877.52
67	2.00	871.77
68	2.00	881.65
69	2.00	885.56
70	2.00	888.74

รูปที่ ค.3 การเปรียบเทียบข้อมูลกลุ่มตัวอย่างระหว่างข้อมูลจริง และข้อมูลจากแบบจำลอง ส่วนที่ 3