ยุทธศาสตร์สำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการขนส่งในเหมืองหินปูนโดยใช้วิธีการวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

นางสาวหทัยกานต์ กิจพานิช

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมทรัพยากรธรณี ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

STRATEGY FOR EFFICIENCY IMPROVEMENT OF HAULAGE OPERATION IN LIMESTONE QUARRY USING OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE)

Miss Hataikarn Kitpanish

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Georesources Engineering
Department of Mining and Petroleum Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2014

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ยุทธศาสตร์สำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการขนส่งในเหมืองหินปูนโดยใช้วิธีการวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร
โดย	นางสาวหทัยกานต์ กิจพานิช
สาขาวิชา	วิศวกรรมทรัพยากรธรณี
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ สฤทธิ์เดช พัฒนเศรษฐพงษ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	อาจารย์ ดร.พิพัฒน์ เหล่าวัฒนบัณฑิต

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ภิญโญ มีชำนะ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ สฤทธิ์เดช พัฒนเศรษฐพงษ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(อาจารย์ ดร.พิพัฒน์ เหล่าวัฒนบัณฑิต)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนทร พุ่มจันทร์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.ทรงวุฒิ อาทิตย์ทอง)

หทัยกานต์ กิจพานิช : ยุทธศาสตร์สำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการขนส่งในเหมืองหินปูนโดยใช้วิธีการวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (STRATEGY FOR EFFICIENCY IMPROVEMENT OF HAULAGE OPERATION IN LIMESTONE QUARRY USING OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE)) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. สฤทธิ์เดช พัฒนเศรษฐพงษ์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: อ. ดร.พิพัฒน์ เหล่าวัฒนบัณฑิต, 115 หน้า.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการวัดประสิทธิภาพการทำงานของรถบรรทุกภายในระบบปฏิบัติการขนส่งของเหมืองหินปูนโดยวิธีการชี้วัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร เพื่อหาปัจจัยที่เป็นอุปสรรคต่อการปฏิบัติงานของรถบรรทุกและการเสนอยุทธศาสตร์สำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการขนส่งของเหมืองหินปูน

วิธีการชี้วัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร ประกอบด้วย 3 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ปัจจัยด้านความพร้อมใช้งาน ปัจจัยด้านสมรรถนะและปัจจัยด้านคุณภาพ ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิจัยเป็นข้อมูลการปฏิบัติงานของรถบรรทุกจากบริษัท ปูนซีเมนต์ไทย แก่งคอย จำกัด ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2556 เป็นระยะเวลา 6 เดือน

จากผลการศึกษาพบว่าค่าปัจจัยด้านสมรรถนะและค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งานมีอิทธิพลต่อค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร ปัจจัยทั้งสองบ่งชี้ถึงเวลาความสูญเสียที่เกิดขึ้นในระบบปฏิบัติการดังกล่าว เวลาความสูญเสียที่เกิดขึ้นนั้น มีสาเหตุมาจากรถตักซึ่งเป็นเครื่องจักรในระบบปฏิบัติการขุดตัก ดังนั้น การกำหนดยุทธศาสตร์เพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการขนส่งของเหมืองหินปูนจะมุ่งไปที่การกำจัดความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากรถตัก ได้แก่ การเพิ่มรถเจาะเพื่อช่วยย่อยหิน การปรับรูปแบบการระเบิดหิน ตลอดจนการบำรุงรักษาเครื่องจักร เป็นต้น

ภาควิชา	วิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา	วิศวกรรมทรัพยากรธรณี	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....
ปีการศึกษา	2557	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5570436321 : MAJOR GEORESOURCES ENGINEERING

KEYWORDS: OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS / OPEN-PIT MINING / CYCLIC OPERATION MINING / TIME LOSSES

HATAIKARN KITPANISH: STRATEGY FOR EFFICIENCY IMPROVEMENT OF HAULAGE OPERATION IN LIMESTONE QUARRY USING OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE). ADVISOR: SARITHDEJ PATHANASETHPONG, CO-ADVISOR: PIPAT LAOWATTANABANDIT, 115 pp.

This thesis studies about truck performance measurement in haulage operation of limestone quarry by using overall equipment effectiveness. The objective of study was to investigate some factors that obstructed to truck operation and proposed the strategy for performance improvement of haulage operation of limestone quarry.

Overall equipment effectiveness (OEE) consists of three factors namely availability factor, performance factor and quality factor. All data for study was truck operation data of Siam Cement Group (Keang Koi) Co, Ltd from January to June B.E 2556, in a period of six months.

From results of analyses, they revealed that performance factor and availablity factor have affected to OEE value. Both of factors indicated time loss that occurred in the operation.Time loss occurrence were caused by loader,machine in loading operation, so the strategy for performance improvement will focus on elimination all time loss from loader namely increasing the number of drilling machines for loader operation support, blasting pattern adjustment including machine maintenance program.

Department:	Mining and Petroleum Engineering	Student's Signature	.....
		Advisor's Signature	.....
Field of Study:	Georesources Engineering	Co-Advisor's Signature	.....
Academic Year:	2014		

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คุณประพันธ์ สรรเพชรศิริ ผู้จัดการส่วนเหมืองบริษัท ปูนซีเมนต์ไทย(แก่งคอย) จำกัด ในการอนุญาตให้ผู้วิจัยนำข้อมูลการทำงานของเครื่องจักรในระบบปฏิบัติการเหมืองแห่งนี้เป็นพื้นที่ในการศึกษาวิจัย วิศวกรส่วนเหมือง ประกอบด้วยคุณเอกชัย งามพิทักษ์จิตร และคุณอภิเชษฐ์ จีมสันเทียะในการให้คำปรึกษาและแนะนำต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย พร้อมทั้งอำนวยความสะดวกต่างๆตลอดระยะเวลาที่ทำการเก็บข้อมูล รวมไปถึงคุณเรวัต ศรีแสง พนักงานขนส่ง ที่ได้แนะนำแต่ให้คำอธิบายเกี่ยวกับความหมายของข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยและการสนับสนุนข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตรจารย์สฤทธิ์เดช พัฒนเศรษฐพงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้เสียสละเวลาในการให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ได้ให้การสนับสนุนในการศึกษาครั้งนี้สำหรับความช่วยเหลือในทุกๆด้านจนสำเร็จการศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง 1

สารบัญรูปภาพ 4

บทที่ 1 บทนำ 11

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 11

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 12

1.3 ขอบเขตการวิจัย 12

1.4 วิธีการวิจัย 13

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 14

บทที่ 2 แนวคิดพื้นฐานและปริทัศน์วรรณกรรม 16

2.1 แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับการทำเหมืองเปิด 16

2.2 แนวคิดพื้นฐานการวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร 18

2.3 การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 23

บทที่ 3 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับพื้นที่ศึกษา 32

3.1 ตำแหน่งที่ตั้ง 32

3.2 ลักษณะทางธรณีวิทยาและโครงสร้างทางธรณีวิทยา 33

3.3 ลักษณะภูมิประเทศ 34

3.4 เครื่องจักรที่ใช้ในเหมืองหินปูน 36

บทที่ 4 วิธีการดำเนินการวิจัย 46

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

4.1 วิธีประมวลผลงานวิจัย 46
4.2 การจำแนกข้อมูลเพื่อใช้ในการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร 46
4.3 การคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุก 52
4.4 ตัวอย่างการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร 52
บทที่ 5 ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผล 56
5.1 ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกเมื่อปฏิบัติงานร่วมกับรถตักรุ่นต่างๆ บริเวณพื้นที่โซนเอ 56
5.2 ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกเมื่อปฏิบัติงานร่วมกับรถตักรุ่นต่างๆ บริเวณพื้นที่โซนบี 60
5.3 ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกเมื่อปฏิบัติงานร่วมกับรถตักรุ่นต่างๆ บริเวณพื้นที่โซนซี 64
5.4 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุก 69
5.5 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 100
5.6 การวิเคราะห์ความไว (sensitivity analysis) ของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 106
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 108
6.1 การกำหนดยุทธศาสตร์เพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรภายในระบบปฏิบัติการขนส่ง 108
รายการอ้างอิง 114
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 115

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 4-1 แสดงผลการคำนวณความสูญเสียที่เกิดขึ้นโดยใช้วิธี pain analysis ของรถบรรทุก รุ่น 777C เมื่อปฏิบัติงานในพื้นที่โซนเอ โซนบี และโซนซี 51

ตารางที่ 5-1 แสดงค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรและค่าปัจจัยองค์ประกอบของรถบรรทุก รุ่น 777C เมื่อปฏิบัติงานในพื้นที่โซนเอ โซนบี และโซนซี 68

ตารางที่ 5-2 แสดงค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรและค่าปัจจัยองค์ประกอบของรถบรรทุก รุ่น 777D เมื่อปฏิบัติงานในพื้นที่โซนเอ โซนบี และโซนซี 69

ตารางที่ 5-3 แสดงค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรและค่าปัจจัยองค์ประกอบของรถบรรทุก รุ่น 777B เมื่อปฏิบัติงานในพื้นที่โซนเอ โซนบีและโซนซี 69

ตารางที่ 5-4 แสดงอัตราการผลิตที่ทำได้จริงเทียบกับอัตราการผลิตที่ควรจะได้ของรถบรรทุกรุ่น 777C ในพื้นที่โซนเอ โซนบีและโซนซี 78

ตารางที่ 5-5 แสดงอัตราการผลิตที่ทำได้จริงเทียบกับอัตราการผลิตที่ควรจะได้ของรถบรรทุกรุ่น 777D พื้นที่โซนเอ โซนบีและโซนซี 87

ตารางที่ 5-6 แสดงอัตราการผลิตที่ทำได้จริงเทียบกับอัตราการผลิตที่ควรจะได้ของรถบรรทุกรุ่น 777B พื้นที่โซนเอ โซนบีและโซนซี 97

ตารางที่ 5-7 แสดงความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องจักรที่มีผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777C 777D และ 777B บริเวณพื้นที่โซนเอ 97

ตารางที่ 5-8 แสดงความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องจักรที่มีผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777C 777D และ 777B บริเวณพื้นที่โซนบี 98

ตารางที่ 5-9 แสดงความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงานที่มีผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777C 777D และ 777B บริเวณพื้นที่โซนซี 98

ตารางที่ 5-10 แสดงความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องจักรที่มีผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777C 777D และ 777B บริเวณพื้นที่โซนเอ 98

ตารางที่ 5-11 แสดงความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงานที่มีผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777C 777D และ 777B บริเวณพื้นที่โซนบี 99

ตารางที่ 5-12 แสดงความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงานที่มีผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777C 777D และ 777B บริเวณพื้นที่โซนซี 99

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 5-13 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรระหว่างเวลาในการปฏิบัติงานของรถบรรทุกกับความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องจักรและเนื่องมาจากการปฏิบัติงานบริเวณพื้นที่โซนเอ 100

ตารางที่ 5-14 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรระหว่างวงรอบการผลิตและขั้นตอนการปฏิบัติงานของรถบรรทุกบริเวณพื้นที่โซนเอ 101

ตารางที่ 5-15 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรระหว่างค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกกับปัจจัยองค์ประกอบบริเวณพื้นที่โซนเอ 101

ตารางที่ 5-16 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรระหว่างเวลาในการปฏิบัติงานของรถบรรทุกกับความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องจักรและเนื่องมาจากการปฏิบัติงานบริเวณพื้นที่โซนบี 102

ตารางที่ 5-17 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรระหว่างวงรอบการผลิตและขั้นตอนการปฏิบัติงานของรถบรรทุกบริเวณพื้นที่โซนบี 103

ตารางที่ 5-18 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรระหว่างค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกกับปัจจัยองค์ประกอบบริเวณพื้นที่โซนบี 103

ตารางที่ 5-19 แสดงผลการวิเคราะห์ตัวแปรระหว่างเวลาในการปฏิบัติงานของรถบรรทุกกับความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องจักรและเนื่องมาจากการปฏิบัติงานบริเวณพื้นที่โซนซี 104

ตารางที่ 5-20 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรระหว่างระหว่างวงรอบการผลิตและขั้นตอนการปฏิบัติงานของรถบรรทุกบริเวณพื้นที่โซนซี 104

ตารางที่ 5-21 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรระหว่างค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกกับปัจจัยองค์ประกอบบริเวณพื้นที่โซนเอ 105

ตารางที่ 6-1 ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกรุ่น 777C เมื่อปฏิบัติงานร่วมกับรถตัก 109

ตารางที่ 6-2 ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกรุ่น 777D เมื่อปฏิบัติงานร่วมกับรถตัก 109

ตารางที่ 6-3 ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกรุ่น 777B เมื่อปฏิบัติงานร่วมกับรถตัก 109

ตารางที่ 6-4 ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกรุ่น 777C เมื่อปฏิบัติงานร่วมกับเครื่องย่อย 110

ตารางที่ 6-5 ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกรุ่น 777D เมื่อปฏิบัติงานร่วมกับเครื่องย่อย 110

ตารางที่ 6-6 ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกรุ่น 777B เมื่อปฏิบัติงานร่วมกับเครื่องย่อย 110

ตารางที่ 6-7 ผลต่างของค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรและค่าปัจจัยองค์ประกอบของรถบรรทุกรุ่น 777C เมื่อปฏิบัติงานร่วมกับรถตัก 111

ตารางที่ 6-8 ผลต่างของค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรและค่าปัจจัยองค์ประกอบของรถบรรทุกรุ่น 777D เมื่อปฏิบัติงานร่วมกับรถตัก 111

ตารางที่ 6-9 ผลต่างของค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรและค่าปัจจัยองค์ประกอบของรถบรรทุกรุ่น 777B เมื่อปฏิบัติงานร่วมกับรถตัก 112

ตารางที่ 6-10 ผลต่างของค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรและค่าปัจจัยองค์ประกอบของรถบรรทุกรุ่น 777C เมื่อปฏิบัติงานร่วมกับเครื่องย่อย 112

ตารางที่ 6-11 ผลต่างของค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรและค่าปัจจัยองค์ประกอบของรถบรรทุกรุ่น 777D เมื่อปฏิบัติงานร่วมกับเครื่องย่อย 113

ตารางที่ 6-12 ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกรุ่น 777B เมื่อปฏิบัติงานร่วมกับเครื่องย่อย 113

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1-1 แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย..... 15

รูปที่ 2-1 แผนผังแสดงองค์ประกอบต่างๆของเวลาและความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต .. 22

รูปที่ 2-2 แผนผังแสดงความสัมพันธ์ของคำว่า efficiency effectiveness และ productivity..... 23

รูปที่ 2-3 แผนผังแสดงสิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่ใช้ในการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร 24

รูปที่ 2-4 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรโดยคำนวณโดยวิธี calendar time-based และ loading time-based (Elevil.S and Elevli.B2010)..... 28

รูปที่ 2-5 การคำนวณแบบจำลองค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรและวิธีการวิเคราะห์ความสูญเสียที่เกิดขึ้น..... 30

รูปที่ 3-1 แผนที่แสดงขอบเขตของพื้นที่ศึกษา แผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหารมาตราส่วน 1:50,000 32

รูปที่ 3-2 บริเวณพื้นที่เหมืองหินปูน บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย (แก่งคอย) จำกัด ซึ่งเป็นศึกษา แบ่งออกเป็นพื้นที่โซนเอ โซนบีและโซนซี..... 34

รูปที่ 3-3 แสดงสภาพทั่วไปบริเวณหน้างานบริเวณพื้นที่ศึกษา..... 35

รูปที่ 3-4 แสดงสภาพถนนบริเวณพื้นที่ศึกษา 35

รูปที่ 3-5 แสดงขั้นตอนการเตรียมการระเบิดหิน 36

รูปที่ 3-6 รถบรรทุก CATERPILLAR รุ่น 777C (www.carslist-db.com)..... 37

รูปที่ 3-7 รถบรรทุก CATERPILLAR รุ่น 777D (www.thetractorcompany.com) 37

รูปที่ 3-8 รถบรรทุก CATERPILLAR รุ่น 777B (www.jarpequipment.com)..... 38

รูปที่ 3-9 รถบรรทุก CATERPILLAR รุ่น 992C (www.ritchiespecs.com) 39

รูปที่ 3-10 รถบรรทุก CATERPILLAR รุ่น 992D (www.ritchiespecs.com)..... 39

รูปที่ 3-11 รถบรรทุก CATERPILLAR รุ่น 992D (www.ritchiespecs.com)..... 40

รูปที่ 3-12 แสดงขั้นตอนการทำงานของรถตักและรถบรรทุกในระบบปฏิบัติการขนส่ง..... 41

รูปที่ 3-13 ข้อมูลการปฏิบัติงานของรถบรรทุกที่ถูกรวบรวมได้จากตารางปฏิบัติงาน (ส่วนงานขนส่ง-บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย(แก่งคอย) จำกัด)..... 42

รูปที่ 3-14 ตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลการปฏิบัติงานของรถบรรทุกภายในเหมืองหินปูน (ส่วนงานขนส่ง-บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย(แก่งคอย) จำกัด) 43

รูปที่ 3-15 ข้อมูลความสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากรถตักจำแนกตามสาเหตุต่างๆ (ส่วนงานขนส่ง บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย (แก่งคอย) จำกัด)..... 44

รูปที่ 3-16 ข้อมูลความสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากเครื่องย่อยจำแนกตามสาเหตุต่างๆ (ส่วนงานขนส่ง บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย(แก่งคอย) จำกัด)..... 45

รูปที่ 3-17 ข้อมูลความสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากรถบรรทุกจำแนกตามสาเหตุต่างๆ (ส่วนงานขนส่ง บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย(แก่งคอย) จำกัด)..... 45

รูปที่ 4-1 ข้อมูลการปฏิบัติงานของรถบรรทุกที่ผ่านการจัดหมวดหมู่เพื่อการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (ส่วนงานขนส่ง บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย (แก่งคอย) จำกัด) 47

รูปที่ 4-2 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณอัตราการผลิตโดยเฉลี่ยของรถบรรทุก (ส่วนงานขนส่ง บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย(แก่งคอย) จำกัด)..... 48

รูปที่ 4-3 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณอัตราการผลิตโดยเฉลี่ยของรถบรรทุก (ส่วนงานขนส่ง บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย(แก่งคอย) จำกัด)..... 49

รูปที่ 4-4 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณอัตราการผลิตโดยเฉลี่ยของรถบรรทุก (ส่วนงานขนส่ง บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย (แก่งคอย จำกัด)..... 50

รูปที่ 4-5 แผนภูมิวงกลมแสดงผลการคำนวณความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากรถตัก จำแนกตามสาเหตุต่างๆ..... 51

รูปที่ 4-6 เวลาปฏิบัติงานของรถบรรทุกใน 1 กะ เป็นข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งาน..... 53

รูปที่ 4-7 อัตราการผลิตโดยเฉลี่ยที่ทำได้จริงและอัตราการผลิตโดยเฉลี่ยที่ควรจะได้ เป็นข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณปัจจัยด้านสมรรถนะ..... 54

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4-8 ปริมาณหินที่บรรทุกได้ในแต่ละเที่ยวและปริมาณหินที่รถบรรทุกสามารถขนส่งได้สูงสุด ได้จากผลต่างระหว่าง Loaded weight กับ Empty weight เป็นข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณปัจจัยด้านคุณภาพ 55

รูปที่ 4-9 ปริมาณหินที่บรรทุกได้ในแต่ละเที่ยวและปริมาณหินที่รถบรรทุกสามารถขนส่งได้สูงสุด ได้จากผลต่าง ระหว่าง loaded weight กับ empty weight เป็นข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณปัจจัยด้านคุณภาพ 55

รูปที่ 5-1 ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุก บริเวณพื้นที่โซนเอ 57

รูปที่ 5-2 ค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งานของรถบรรทุก บริเวณพื้นที่โซนเอ 58

รูปที่ 5-3 ค่าปัจจัยด้านสมรรถนะของรถบรรทุก บริเวณพื้นที่โซนเอ 59

รูปที่ 5-4 ค่าปัจจัยด้านคุณภาพของรถบรรทุก บริเวณพื้นที่โซนเอ 60

รูปที่ 5-5 ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุก บริเวณพื้นที่โซนบี 61

รูปที่ 5-6 ค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งานของรถบรรทุก บริเวณพื้นที่โซนบี 62

รูปที่ 5-7 ค่าปัจจัยด้านสมรรถนะของรถบรรทุก บริเวณพื้นที่โซนบี 63

รูปที่ 5-8 ค่าปัจจัยด้านคุณภาพของรถบรรทุก บริเวณพื้นที่โซนบี 64

รูปที่ 5-9 ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุก บริเวณพื้นที่โซนซี 65

รูปที่ 5-10 ค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งานของรถบรรทุก บริเวณพื้นที่โซนซี 66

รูปที่ 5-11 ค่าปัจจัยด้านสมรรถนะของรถบรรทุก บริเวณพื้นที่โซนซี 67

รูปที่ 5-12 ค่าปัจจัยด้านคุณภาพของรถบรรทุก บริเวณพื้นที่โซนซี 68

รูปที่ 5-13 สัดส่วนของความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777C ทั้งสองกรณี บริเวณพื้นที่โซนเอ 70

รูปที่ 5-14 สัดส่วนของความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777C ทั้งสองกรณี บริเวณพื้นที่โซนบี 70

รูปที่ 5-15 สัดส่วนของความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777C ทั้งสองกรณี บริเวณพื้นที่โซนซี 71

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 5-16 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถตักที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777C บริเวณพื้นที่โซนเอ 71

รูปที่ 5-17 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากเครื่องย่อยที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777C บริเวณพื้นที่โซนเอ 72

รูปที่ 5-18 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถบรรทุกที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777C บริเวณพื้นที่โซนเอ 72

รูปที่ 5-19 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถตักที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777C บริเวณพื้นที่โซนบี 73

รูปที่ 5-20 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากเครื่องย่อยที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777C บริเวณพื้นที่โซนบี 73

รูปที่ 5-21 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถบรรทุกที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777C บริเวณพื้นที่โซนบี 74

รูปที่ 5-22 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถตักที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777C บริเวณพื้นที่โซนซี 74

รูปที่ 5-23 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากเครื่องย่อยที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777C บริเวณพื้นที่โซนซี 75

รูปที่ 5-24 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถบรรทุกที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777C บริเวณพื้นที่โซนซี 75

รูปที่ 5-25 วงรอบการผลิตของรถบรรทุกรุ่น 777C เทียบกับวงรอบการผลิตมาตรฐาน บริเวณพื้นที่โซนเอ 76

รูปที่ 5-26 วงรอบการผลิตของรถบรรทุกรุ่น 777C เทียบกับวงรอบการผลิตมาตรฐาน บริเวณพื้นที่โซนบี 77

รูปที่ 5-27 วงรอบการผลิตของรถบรรทุกรุ่น 777C เทียบกับวงรอบการผลิตมาตรฐาน บริเวณพื้นที่โซนซี 77

รูปที่ 5-28 วงรอบการผลิตของรถบรรทุกรุ่น 777C เทียบกับวงรอบการผลิตมาตรฐาน บริเวณพื้นที่โซนซี 78

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 5-29 สัดส่วนประเภทของความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777D บริเวณพื้นที่โซนเอ.... 79
รูปที่ 5-30 สัดส่วนประเภทของความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777D บริเวณพื้นที่โซนบี..... 79
รูปที่ 5-31 สัดส่วนประเภทของความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777D บริเวณพื้นที่โซนซี..... 80
รูปที่ 5-32 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถตักที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777D บริเวณพื้นที่โซนเอ..... 80
รูปที่ 5-33 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากเครื่องย่อยที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777D บริเวณพื้นที่โซนเอ..... 81
รูปที่ 5-34 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถบรรทุกที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777D บริเวณพื้นที่โซนเอ..... 81
รูปที่ 5-35 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถตักที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777D บริเวณพื้นที่โซนบี..... 82
รูปที่ 5-36 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากเครื่องย่อยที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777D บริเวณพื้นที่โซนบี..... 82
รูปที่ 5-37 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถบรรทุกที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777D บริเวณพื้นที่โซนบี..... 83
รูปที่ 5-38 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถตักที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777D บริเวณพื้นที่โซนซี..... 83
รูปที่ 5-39 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากเครื่องย่อยที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777D บริเวณพื้นที่โซนซี..... 84
รูปที่ 5-40 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถบรรทุกที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777D บริเวณพื้นที่โซนซี..... 84
รูปที่ 5-41 วงรอบการผลิตของรถบรรทุกรุ่น 777D เทียบกับวงรอบการผลิตมาตรฐาน บริเวณพื้นที่โซนเอ..... 85
รูปที่ 5-42 วงรอบการผลิตของรถบรรทุกรุ่น 777D เทียบกับวงรอบการผลิตมาตรฐาน บริเวณพื้นที่โซนบี..... 86

Chulalongkorn University

รูปที่ 5-43 วงรอบการผลิตของรถบรรทุกรุ่น 777D เทียบกับวงรอบการผลิตมาตรฐาน บริเวณพื้นที่โซนซี 86

รูปที่ 5-44 วงรอบการผลิตของรถบรรทุกรุ่น 777D เทียบกับวงรอบการผลิตมาตรฐาน บริเวณพื้นที่โซนซี 87

รูปที่ 5-45 สัดส่วนประเภทของความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777B บริเวณพื้นที่โซนเอ 88

รูปที่ 5-46 สัดส่วนประเภทของความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777B บริเวณพื้นที่โซนบี 89

รูปที่ 5-47 สัดส่วนประเภทของความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777B บริเวณพื้นที่โซนซี 89

รูปที่ 5-48 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถตักที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777B บริเวณพื้นที่โซนเอ 90

รูปที่ 5-49 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากเครื่องย่อยที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777B บริเวณพื้นที่โซนเอ 90

รูปที่ 5-50 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถบรรทุกที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777B บริเวณพื้นที่โซนเอ 91

รูปที่ 5-51 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถตักที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777B บริเวณพื้นที่โซนบี 91

รูปที่ 5-52 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากเครื่องย่อยที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777B บริเวณพื้นที่โซนบี 92

รูปที่ 5-53 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถบรรทุกที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777B บริเวณพื้นที่โซนบี 92

รูปที่ 5-54 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถตักที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777B บริเวณพื้นที่โซนซี 93

รูปที่ 5-55 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากเครื่องย่อยที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777B บริเวณพื้นที่โซนซี 93

รูปที่ 5-56 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถบรรทุกที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777B บริเวณพื้นที่โซนซี 94

Chulalongkorn University

รูปที่ 5-57 วงรอบการผลิตของรถบรรทุกรุ่น 777B เทียบกับวงรอบการผลิตมาตรฐาน บริเวณพื้นที่โซนเอ 95

รูปที่ 5-58 วงรอบการผลิตของรถบรรทุกรุ่น 777B เทียบกับวงรอบการผลิตมาตรฐาน บริเวณพื้นที่โซนบี 95

รูปที่ 5-59 วงรอบการผลิตของรถบรรทุกรุ่น 777B เทียบกับวงรอบการผลิตมาตรฐาน บริเวณพื้นที่โซนซี 96

รูปที่ 5-60 วงรอบการผลิตของรถบรรทุกรุ่น 777B เทียบกับวงรอบการผลิตมาตรฐาน บริเวณพื้นที่โซนซี 97

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การทำเหมืองหินปูน จัดเป็นการทำเหมืองประเภทเหมืองเปิด (open-pit mining) โดยอาศัยการปฏิบัติงานร่วมกันของเครื่องจักรหลักต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ ในการปฏิบัติงานของเครื่องจักรนั้นจะถูกจำแนกตามกระบวนการทำเหมือง ซึ่งประกอบด้วย 4 ระบบปฏิบัติการ ดังนี้

1) ระบบปฏิบัติการเจาะ (drilling) มีรถเจาะ (drilling machine) เป็นเครื่องจักรหลัก

2) ระบบปฏิบัติการระเบิด (blasting)

3) ระบบปฏิบัติการขุดตัก (loading) มีรถขุด (shovel) รถตัก (loader) เป็นเครื่องจักรหลัก

4) ระบบปฏิบัติการขนส่ง (haulage) มีรถบรรทุก (truck) เป็นเครื่องจักรหลัก

ในการลงทุนทำเหมืองเปิดโดยทั่วไปจะมีค่าใช้จ่ายประมาณ 60-65% ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด แต่ระบบปฏิบัติการจะมีการปฏิบัติงานร่วมกัน เช่น รถขุดหรือรถตักจากระบบปฏิบัติการขุด จะทำหน้าที่ขุดหรือตักวัตถุดิบซึ่งเป็นหินหรือแร่ใส่รถบรรทุกจากระบบปฏิบัติการขนส่งที่มารอรับวัตถุดิบ เพื่อวิ่งไปเทยังจุดเทซึ่งอาจเป็นเครื่องย่อย (crusher) หรือลานกองแร่การทำงานร่วมกันของเครื่องจักรระหว่างระบบปฏิบัติการทั้งสองจะมีการทำงานในลักษณะรูปแบบซ้ำกันเป็นวงรอบการผลิต (cyclic operation) การทำงานของรถบรรทุกในระบบปฏิบัติการขนส่ง เรียกว่า วงรอบเวลาการทำงาน (cycle time) ประกอบด้วย เวลารับหินแร่ (loading time) เวลาวิ่งขนส่ง (hauling time) เวลาเท (dumping time) เวลาวิ่งกลับ (returning time) และเวลาถอยจอดประจำที่ (spotting time)

ระหว่างการทำงานร่วมกันระหว่างระบบปฏิบัติการหรือแม้แต่การทำงานภายในระบบปฏิบัติการเดียวกัน อาจเกิดความผิดปกติบางประการที่ส่งผลต่อกระบวนการทำงานให้ไม่สามารถดำเนินการต่อไปได้ หรือดำเนินการได้อย่างล่าช้า เช่น เครื่องจักรไม่สามารถปฏิบัติงานได้ วัตถุดิบไม่เพียงพอสำหรับการป้อนเข้าสู่เครื่องจักร เกิดการขัดข้องเล็กๆน้อยๆของเครื่องจักร เป็นต้น ทำให้การทำงานของเครื่องจักรและกระบวนการปฏิบัติงานมีประสิทธิภาพลดลง เหตุการณ์ที่ไม่ก่อให้เกิดการผลิตต่างๆเหล่านี้รวมเรียกว่า“ความสูญเสีย”โดยส่วนใหญ่แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) ความสูญเสียที่สังเกตได้ ซึ่งเป็นความสูญเสียที่เกิดขึ้นที่ทำให้เครื่องจักรไม่สามารถปฏิบัติงานได้ตามปกติเป็นระยะเวลาหนึ่ง

2) ความสูญเสียที่ไม่สามารถสังเกตได้ ซึ่งเป็นความสูญเสียที่เกิดขึ้นในระยะเวลาอันสั้นขณะที่เครื่องจักรปฏิบัติงาน

ความสูญเสียทั้ง 2 ประเภท ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของเวลาซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้ผลผลิตที่ได้ไม่เป็นไปตามแผนการผลิตที่วางไว้ ดังนั้นการลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นจึงเป็นสิ่งที่ควรให้ความสำคัญและควรมีวิธีการชี้วัดที่เหมาะสม เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการทำงานของเครื่องจักร เพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงและการจัดซื้อเครื่องจักรใหม่

วิธีการวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร หรือ Overall Equipment Effectiveness (OEE) เป็นวิธีการชี้วัดที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตทั่วไป โดยมีปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบหลักทั้งสิ้น 3 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยด้านความพร้อมใช้งาน (Availability factor : AF) ปัจจัยด้านสมรรถนะ (Performance factor : PF) และปัจจัยด้านคุณภาพ (Quality factor : QF) ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรนับว่ามีบทบาทสำคัญในภาคอุตสาหกรรมการผลิตเพราะสามารถบ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักรภายในกระบวนการผลิตได้ว่าอยู่ในระดับใด เมื่อเทียบกับมาตรฐานที่ควรจะเป็น รวมถึงสาเหตุหลักที่ทำให้การทำงานของเครื่องจักรทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ ค่าปัจจัยองค์ประกอบแต่ละปัจจัยจะเป็นตัวบ่งชี้สาเหตุที่ทำให้การทำงานของเครื่องจักรทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ ซึ่งมีผลต่อค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร ดังนั้นวิธีการวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรจึงเป็นวิธีการที่ช่วยให้การบริหารจัดการมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เนื่องจากทราบสาเหตุของปัญหาและกำหนดมาตรการในการแก้ไขปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยนี้จึงได้นำวิธีการวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรมาประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมเหมืองแร่ เพื่อหาปัจจัยที่เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความสูญเสียขึ้นภายในระบบปฏิบัติการขนส่งของเหมืองหินปูน โดยการพิจารณาจากปัจจัยองค์ประกอบของค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร เพื่อหาสาเหตุความสูญเสียที่เกิดขึ้นและนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักรภายในระบบปฏิบัติการขนส่งเพื่อให้ได้ผลผลิตตามแผนการผลิตที่วางไว้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 ประเมินปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหาระบบปฏิบัติการขนส่งโดยวิธีการชี้วัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

1.2.2 ศึกษาความไวของตัวแปรต่อการปรับปรุงประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการขนส่งภายในเหมืองหินปูน

1.2.3 เสนอยุทธศาสตร์การปรับปรุงประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการขนส่งภายในเหมืองหินปูน

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 สรุปแนวคิดเกี่ยวกับการวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรเพื่อให้ครอบคลุมปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับรถบรรทุกในระบบปฏิบัติการขนส่งของเหมืองหินปูน

1.3.2 กำหนดพื้นที่ศึกษา ได้แก่ เหมืองหินปูน บริษัทปูนซีเมนต์ไทย (แก่งคอย) จำกัด

1.3.3 รวบรวมข้อมูลการทำงานของรถบรรทุกในระบบปฏิบัติการขนส่งตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน ปี 2556

1.3.4 กำหนดข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยการวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร ประกอบด้วย ปัจจัยด้านความพร้อมใช้งาน ได้แก่ เวลาที่ไม่ก่อให้เกิดการผลิตอันเนื่องมาจากสาเหตุต่างๆใน 1 กะ ได้แก่ กิจกรรมการบำรุงรักษา, การประชุมย่อย, เครื่องจักรหยุดทำงาน ฯลฯ ปัจจัยด้านสมรรถนะได้แก่ วงรอบการผลิตของรถบรรทุก ปัจจัยด้านคุณภาพ ได้แก่ ปริมาณวัตถุดิบที่ขนส่งได้ในแต่ละรอบ ข้อมูลคุณสมบัติเฉพาะของรถบรรทุก

1.4 วิธีการวิจัย

1.4.1 ศึกษาแนวคิดพื้นฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดพื้นฐานเป็นการศึกษาเกี่ยวกับความหมายของวิธีการวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรและปัจจัยองค์ประกอบต่างๆ รวมถึงวิธีการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรในส่วนของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

1.4.1.1 การศึกษาเกี่ยวกับพื้นฐานของวิธีการชี้วัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร เป็นกลุ่มงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยองค์ประกอบพื้นฐาน ข้อจำกัดต่างๆและวิธีการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรในเบื้องต้น

1.4.1.2 การประยุกต์ใช้วิธีการวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของอุตสาหกรรมการผลิต เป็นกลุ่มงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้วิธีการชี้วัดค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรกับการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรภายในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อหาสาเหตุที่ทำให้การทำงานของเครื่องจักรไม่เต็มประสิทธิภาพ และการกำหนดวิธีการแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.4.1.3 การประยุกต์ใช้วิธีการชี้วัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรในอุตสาหกรรมเหมืองแร่ เป็นกลุ่มงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้วิธีการชี้วัดค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรกับการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรภายในเหมืองแร่ เช่น รถตักรถบรรทุก เครื่องย่อย เป็นต้น เพื่อหาสาเหตุที่ทำให้การทำงานของเครื่องจักรไม่เต็มประสิทธิภาพและการกำหนดวิธีการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสม

1.4.2 รวบรวมข้อมูลการทำงานของรถตักและรถบรรทุกจากพื้นที่ศึกษาเหมืองหินปูนตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง เดือนมิถุนายน 2556

หลังจากที่ทำการศึกษาแนวคิดพื้นฐานของวิธีการวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรแล้ว ต่อมาได้ทำการรวบรวมข้อมูลการทำงานของรถบรรทุกจากพื้นที่ศึกษา ซึ่งเป็นข้อมูลของบริษัทปูนซีเมนต์ไทย (แก่งคอย) จำกัด ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของ

Chulalongkorn University

เครื่องจักร ประกอบด้วย วงรอบการผลิตของรถบรรทุกและเวลาความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับเครื่องจักร จำแนกเป็นสาเหตุต่างๆตามแต่ละประเภทในระบบปฏิบัติการขนส่ง

1.4.3 จำแนกข้อมูลรถบรรทุกที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรและทำการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุก

หลังจากทำการรวบรวมข้อมูล จะทำการจำแนกข้อมูลดังกล่าวโดยแบ่งตามพื้นที่การผลิต ซึ่งภายในพื้นที่การผลิต ประกอบด้วย ชนิดของรถตักและรถบรรทุกที่ทำงานร่วมกัน วงรอบการผลิตของรถบรรทุก เวลาความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับเครื่องจักรจำแนกเป็นสาเหตุต่างๆ ตามแต่ละประเภทของเครื่องจักร เพื่อนำไปสู่การคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

1.4.4 พิจารณาปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบหลักของสาเหตุความสูญเสียต่างๆและวิเคราะห์ความไวของปัจจัยต่างๆที่ส่งผลต่อค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรและค่าของปัจจัยองค์ประกอบต่างๆ เมื่อคำนวณแล้วจะถูกนำมาพิจารณาร่วมกัน โดยแต่ละปัจจัยองค์ประกอบจะเกี่ยวข้องกับความสูญเสียประเภทต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในระบบปฏิบัติการขนส่ง ทั้งจากเครื่องจักรและกระบวนการผลิตและการวิเคราะห์ความไวของปัจจัยต่างๆ เพื่อดูความเปลี่ยนแปลงของปัจจัยองค์ประกอบที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อปัจจัยองค์ประกอบหนึ่งเปลี่ยนแปลงไป

1.4.5 สรุปผลการศึกษา

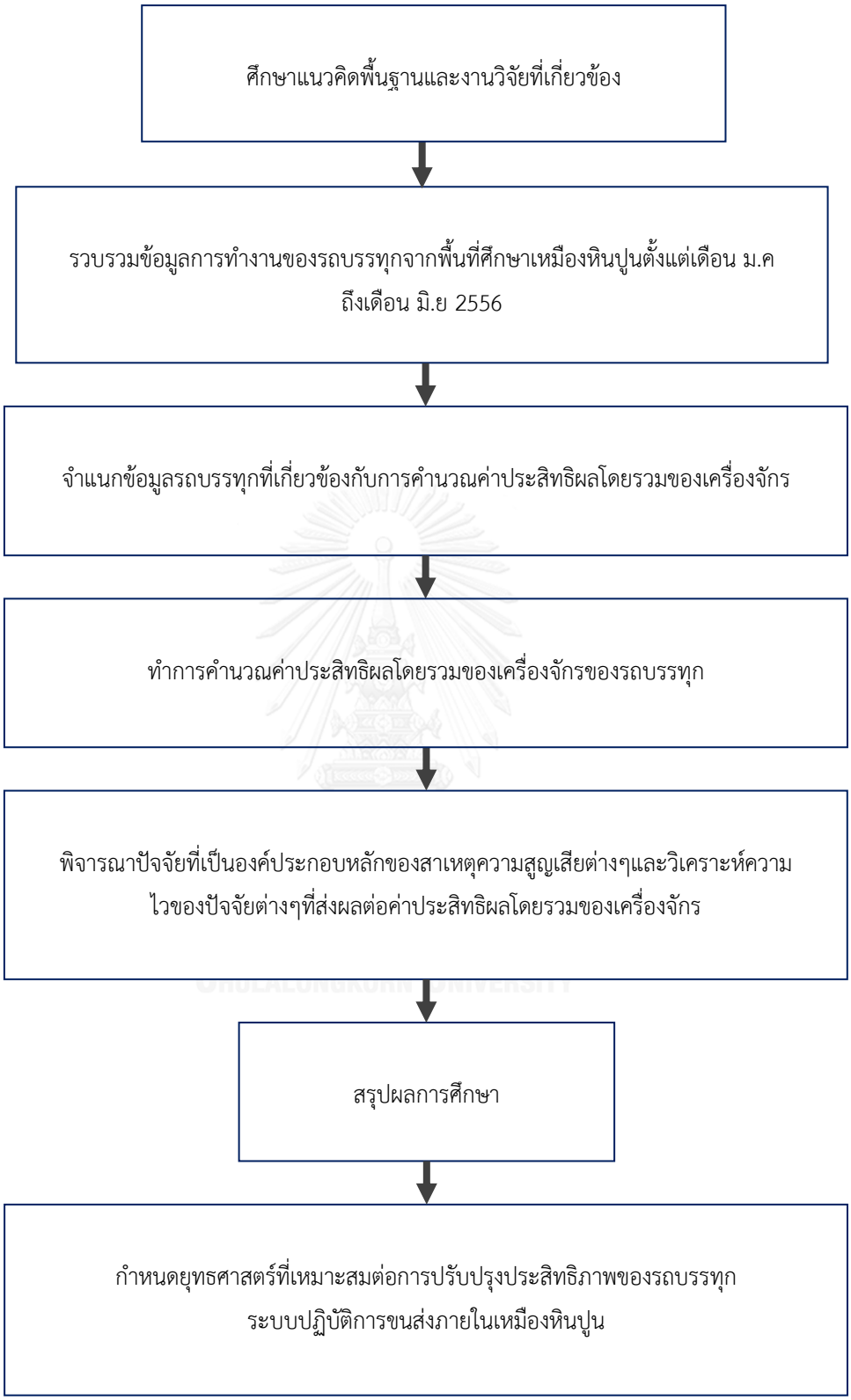
หลังจากการวิเคราะห์ผลการศึกษา จะทำการสรุปผลการศึกษาจำแนกตามพื้นที่การผลิต

1.4.6 กำหนดยุทธศาสตร์ที่เหมาะสมต่อการปรับปรุงระบบปฏิบัติการขนส่งภายในเหมืองหินปูน

จากผลสรุปการศึกษาที่ได้จากการวิเคราะห์ จะทำการกำหนดยุทธศาสตร์ให้เหมาะสมกับแต่ละพื้นที่การผลิต เพื่อเป็นแนวทางในการลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นภายในระบบปฏิบัติการขนส่ง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

ผู้วิจัยคาดว่าวิธีการวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรเมื่อนำมาใช้กับระบบปฏิบัติการขนส่งจะเป็นประโยชน์ต่อกระบวนการวางแผนการปฏิบัติงานโดยตรงเนื่องจากค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร ปัจจัยองค์ประกอบจะบ่งชี้สาเหตุที่ทำให้เกิดความสูญเสียต่างๆภายในระบบปฏิบัติการขนส่งได้ชัดเจนกว่าการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า ณ ช่วงเวลานั้นๆ การลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นจะส่งผลให้การทำงานของเครื่องจักรและการปฏิบัติงานมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งช่วยให้การกำหนดแนวทางการปรังปรุงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรและแนวทางการปฏิบัติงานให้ดียิ่งขึ้น



รูปที่ 1-1 แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

บทที่ 2
แนวคิดพื้นฐานและปริทัศน์วรรณกรรม

วิธีการชี้วัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร เป็นวิธีการชี้วัดเพื่อหาสาเหตุที่ทำให้เครื่องจักรไม่สามารถปฏิบัติงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพในช่วงเวลาการปฏิบัติงาน สาเหตุต่างๆที่ไม่ก่อให้เกิดการปฏิบัติงานของเครื่องจักรเหล่านี้ รวมเรียกว่า“ความสูญเสีย”มักอยู่ในรูปของเวลา ความสูญเสียอาจเกิดจากการที่เครื่องจักรไม่สามารถปฏิบัติงานได้ตามปกติ เกิดจากกระบวนการปฏิบัติงานที่ไม่ต่อเนื่อง ตลอดจนปัจจัยภายนอกอื่นๆ ทั้งนี้เพื่อเป็นการหาสาเหตุความสูญเสียที่เกิดขึ้นและการกำหนดแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรได้อย่างเหมาะสม จึงได้นำวิธีการชี้วัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรมาศึกษาวิจัย เพื่อประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรในระบบปฏิบัติการขนส่งภายในเหมืองหินปูน และหาสาเหตุที่ทำให้เครื่องจักรทำงานได้อย่างไม่เต็มประสิทธิภาพ ในเบื้องต้นของงานวิจัยนี้จะเริ่มจากการศึกษาแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับการทำเหมืองเปิด แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับวิธีการชี้วัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรและการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีรายละเอียดดังนี้

2.1 แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับการทำเหมืองเปิด

หินและแร่ จัดเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่นำมาใช้แล้วไม่สามารถเกิดขึ้นมาทดแทนได้ภายในระยะเวลาอันสั้น การทำเหมืองเปิดจัดเป็นวิธีการนำทรัพยากรธรรมชาติดังกล่าวขึ้นมาใช้เพื่อเป็นวัตถุดิบของอุตสาหกรรมต่างๆรวมไปถึงอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ การทำเหมืองเปิดจำเป็นต้องผ่านกระบวนการสำรวจและวางแผนเป็นอย่างดี เพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างเกิดประโยชน์สูงสุดและเสียค่าใช้จ่ายในการทำเหมืองน้อยที่สุด นอกจากขั้นตอนการสำรวจและการวางแผนการผลิต การเลือกเครื่องจักรและการกำหนดรูปแบบการทำงานของเครื่องจักรให้เหมาะสม เป็นขั้นตอนที่ควรให้ความสำคัญ ในการเลือกเครื่องจักร ส่วนใหญ่จะพิจารณาชนิดของเครื่องจักร ขนาดของเครื่องจักร และจำนวนของเครื่องจักร เพื่อกำหนดรูปแบบการทำงานร่วมกันของเครื่องจักรควบคู่ไปกับแผนการผลิตที่กำหนดไว้

รูปแบบการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการทำเหมืองเปิดแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ รูปแบบการทำงานของเครื่องจักรที่มีลักษณะซ้ำกันเป็นวงรอบและรูปแบบการทำงานของเครื่องจักรแบบต่อเนื่อง รูปแบบการทำงานของเครื่องจักรภายในเหมืองเปิดขึ้นอยู่กับขนาดของบ่อเหมืองและกำลังการผลิต เหมืองเปิดที่มีขนาดปานกลางนิยมใช้รูปแบบการทำงานของเครื่องจักรที่มีลักษณะซ้ำกันเป็นวงรอบ (cyclic operation) เหมืองเปิดขนาดใหญ่นิยมใช้รูปแบบการทำงานเครื่องจักรที่มีลักษณะซ้ำต่อเนื่องกันเพื่อให้เกิดความสะดวกในการทำงานและได้ผลผลิตเป็นจำนวนมาก

การกำหนดชนิดของเครื่องจักร ขนาดของเครื่องจักรและจำนวนของเครื่องจักรให้เหมาะสมกับขนาดของเหมืองและสอดคล้องกับกำลังการผลิตตามแผนการผลิตที่กำหนดไว้ มีขั้นตอนดังนี้

2.1.1 การกำหนดอัตราการผลิตที่ต้องการ

ต้องสอดคล้องกับลักษณะภูมิประเทศและรูปแบบการทำงานของรถตักและรถบรรทุก สำหรับอัตราการผลิตของรถตักและรถบรรทุก ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของเครื่องจักรที่ระบุไว้เฉพาะแต่ละรุ่น เช่น ความจุ จำนวนรอบที่สามารถทำได้ต่อชั่วโมงเป็นต้น จำนวนรอบของรถตักและรถบรรทุกขึ้นอยู่กับน้ำหนักกำลังของเครื่องยนต์ ระยะทางที่วิ่งและสภาพถนน การคำนวณอัตราการผลิตของรถตักและรถบรรทุกแบ่งออกเป็น 3 วิธีดังนี้

2.1.1.1 กำลังการผลิตตามทฤษฎี เป็นการคำนวณอัตราการผลิตภายในหนึ่งชั่วโมงโดยไม่พิจารณาถึงความสูญเสียที่เกิดขึ้นภายในระบบ มีหน่วยเป็นตัน กิโลกรัมหรือลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง มีสูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{Ton per hour} = [60/\text{truck cycle time}] \times \text{truck rating}$$

2.1.1.2 กำลังการผลิตโดยเฉลี่ย เป็นการคำนวณอัตราการผลิตภายในหนึ่งชั่วโมงโดยพิจารณาถึงความสูญเสียที่เกิดขึ้นภายในระบบ ได้แก่ เวลาซ่อมแซมรถตักและรถบรรทุกเวลาที่สูญเสียไป เนื่องมาจากสาเหตุต่างๆ การคำนวณกำลังการผลิตด้วยวิธีนี้ สามารถคำนวณในรูปของอัตราการผลิตต่อวันหรือต่อกะได้ เพื่อประเมินผลผลิตโดยรวมที่ทำได้ในแต่ละกะ มีสูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{Ton per hour} = \frac{(\text{total time} - \text{downtime}) \times \text{Job efficiency} \times \text{truck rating}}{\text{total time} \times \text{truck cycle time}}$$

2.1.1.3 กำลังการผลิตสูงสุดต่อชั่วโมง เป็นการคำนวณอัตราการผลิตภายในหนึ่งชั่วโมงโดยพิจารณาถึงสาเหตุที่ก่อให้เกิดความสูญเสียเพียงอย่างเดียวเท่านั้น อัตราการผลิตที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธีนี้ จะเป็นตัวช่วยในการกำหนดจำนวนรอบในการทำงานของรถตักและรถบรรทุก เพื่อกำหนดให้รถขุดทำงานได้ตามจำนวนรอบที่กำหนดไว้ มีสูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{Ton per hour} = \frac{60 \times \text{Job efficiency} \times \text{truck rating}}{\text{truck cycle time}}$$

2.1.2 การกำหนดระยะทางของเส้นทางขนส่ง

ทำการพิจารณาจากคุณสมบัติของรถตักและรถบรรทุกแต่ละรุ่น เพื่อประเมินความสามารถในการขับเคลื่อน

2.1.3 การคำนวณเวลาวงรอบการทำงานของรถตักและรถบรรทุก

กระบวนการทำเหมืองเปิดจะแบ่งการทำงานของเครื่องจักรออกเป็นระบบปฏิบัติการหลัก ซึ่งประกอบด้วย 4 ระบบปฏิบัติการหลัก ได้แก่ ระบบปฏิบัติการเจาะ ระบบปฏิบัติการระเบิด

ระบบปฏิบัติการขุดตัก และระบบปฏิบัติการขนส่ง โดยระบบปฏิบัติการขนส่งจะมีรถบรรทุกเป็นเครื่องจักรหลัก แลรถตักเป็นเครื่องจักรหลักของระบบปฏิบัติการขุดตัก ซึ่งเครื่องจักรจากระบบปฏิบัติการทั้งสองจะทำงานร่วมกัน เริ่มจากรถตักทำการตักหิน ณ จุดตักนั้นๆ ในระหว่างนั้นรถบรรทุกจะทำการเข้ารอรับหินจากรถตัก เพื่อวิ่งไปเทยังจุดเทซึ่งอาจเป็นลานกองแร่หรือเครื่องย่อย หลังจากที่รถบรรทุกเทหินเสร็จแล้ว รถบรรทุกจะวิ่งกลับไปยังจุดตัก และถอยจอดเพื่อรอรับหิน เวลาที่รถบรรทุกใช้การทำงานต่อเที่ยวเรียกว่า“วงรอบเวลาการทำงาน (cycle time) ประกอบด้วย เวลารับหินแร่,เวลาวิ่งขนส่ง,เวลาเทหิน,เวลาวิ่งกลับไปยังจุดตัก และเวลาถอยจอดประจำที่ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1.3.1 เวลารับหินแร่ (loading time) คือ เวลาที่รถบรรทุกใช้รับหินหรือแร่จากรถตักในแต่ละเที่ยวคำนวณจากวงรอบเวลาการทำงานของรถตักในการตักแต่ละครั้ง จำนวนครั้งที่ตักใส่ท้ายรถบรรทุกอยู่ที่ 3-5ตักต่อเที่ยว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ capacity ของรถตักแต่ละชนิด สมการที่ใช้คำนวณได้แก่

จำนวนตัน/รอบ = ความจุของบุ้งกี๋ x fill factor x loose density

จำนวนครั้งในการตัก = ความจุของรถบรรทุก / ปริมาณหินต่อเที่ยว

เวลาเทหิน = จำนวนรอบการตัก x รอบเวลาในการตักของรถตักแต่ละครั้ง

2.1.3.2 เวลาวิ่งขนส่ง (hauling time) คือ เวลาที่รถบรรทุกเริ่มวิ่งออกจากจุดตักเมื่อรับหินจากรถตักเรียบร้อยแล้ว โดยวิ่งไปตามถนนในบ่อเหมืองเพื่อไปยังจุดเทหินได้แก่ เครื่องย่อยหรือลานกองแร่ การวิ่งของรถบรรทุกในเหมืองนั้น จะมีข้อกำหนดในเรื่องของความเร็วที่รถบรรทุกสามารถวิ่งได้ในบ่อเหมือง เช่น ความเร็วไม่เกิน 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็นต้น

2.1.3.3 เวลาเทหิน (dumping time) คือ เวลาที่รถบรรทุกเทหิน ณ จุดเทหิน ได้แก่ เครื่องย่อยหรือลานกองแร่

2.1.3.4 เวลาวิ่งกลับ (returning time) คือ เวลาที่รถบรรทุกวิ่งกลับไปยังจุดตักหลังจากทำการเทหิน ณ จุดเทเสร็จเรียบร้อย ข้อกำหนดในเรื่องของความเร็วนั้นจะเหมือนกับข้อกำหนดที่ใช้ในเวลาวิ่งขนส่ง

2.1.3.5 เวลาถอยจอดประจำที่ (spotting time) คือ เวลาที่รถบรรทุกใช้ในการถอยจอดเพื่อให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมในการรับหินจากรถตัก

2.2 แนวคิดพื้นฐานการวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

การวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรหรือ Overall Equipment Effectiveness (OEE) เป็นวิธีการวัดประสิทธิผลในการทำงานของเครื่องจักรภายในกระบวนการผลิต และเป็นวิธีการชี้วัดหลักของแนวทางการปรับปรุงที่เรียกว่า“แนวทางการบำรุงรักษาทวีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม”หรือ Total Productive Maintenance (TPM) แนวทางการบำรุงรักษาทวีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วมเป็น

แนวทางการปรับปรุงในเรื่องของการบำรุงรักษาเครื่องจักร เพื่อยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักร ซึ่งเป็นหน้าที่ที่ต้องปฏิบัติร่วมกันของพนักงานทั่วทั้งองค์กร ในปี 1971 สถาบันแห่งการบำรุงรักษาโรงงานของประเทศญี่ปุ่นได้ให้ความหมายการบำรุงรักษาทวีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วมเป็นการพัฒนาขึ้นเพื่อส่วนการผลิตดังนี้

2.2.1 ความหมายของการบำรุงรักษาทวีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม

1) เป็นระบบการบำรุงรักษาที่จะทำให้เครื่องจักรอุปกรณ์เกิดประสิทธิภาพสูงสุด
2) เป็นการประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาเชิงป้องกันเพื่อให้เครื่องจักรสามารถใช้ได้ตลอดอายุการใช้งาน
3) เป็นระบบการบำรุงรักษาของทุกคนที่มีส่วนได้ส่วนเสียกับเครื่องจักร ได้แก่ ผู้วางแผนการผลิต ผู้ใช้งานเครื่องจักรและฝ่ายซ่อมบำรุง
4) เป็นระบบการบำรุงรักษาที่อยู่บนพื้นฐานของการมีส่วนร่วมของทุกฝ่ายตั้งแต่ผู้บริหารระดับสูงจนถึงผู้ใช้งานเครื่องจักร
5) เป็นระบบการบำรุงรักษาที่ทุกคนเข้ามามีส่วนร่วมในการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันในลักษณะของการเป็นกลุ่มย่อยหลายกลุ่ม
6) เป็นระบบการบำรุงรักษาที่ส่งเสริมให้เกิดความร่วมมือของทุกฝ่าย โดยมีความมุ่งมั่นว่าประสิทธิภาพโดยรวมของระบบการผลิตต้องสูงสุด
7) เป็นการทำให้เกิดระบบป้องกันเพื่อไม่ให้มีความสูญเสียเกิดขึ้นกับเครื่องจักรและผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ต้องทำให้เกิด “อุบัติเหตุเป็นศูนย์”“ของเสียเป็นศูนย์”และ“เครื่องจักรเสียเป็นศูนย์”
8) เป็นการให้ฝ่ายผลิต ฝ่ายพัฒนา ฝ่ายบริหาร ฝ่ายขาย มาทำงานร่วมกันในการพัฒนาประสิทธิภาพโดยรวมของระบบการผลิต
9) เป็นระบบการบำรุงรักษาที่อยู่บนพื้นฐานของการมีส่วนร่วมตั้งแต่ผู้บริหารระดับสูงจนถึงผู้ใช้เครื่อง
10) เป็นการทำให้เกิดความสูญเสียเป็นศูนย์โดยผ่านกิจกรรมกลุ่มย่อยที่ทุกกลุ่มมีภาระงานที่คาบเกี่ยวกัน

สาเหตุต่างๆที่ส่งผลต่อการทำงานของเครื่องจักรที่ไม่เต็มประสิทธิภาพและไม่ก่อให้เกิดการผลิต เช่น เครื่องจักรหยุดทำงาน การหยุดเล็กๆน้อยๆของเครื่องจักรเครื่องจักรผลิตของเสีย เป็นต้น ความสูญเสียเหล่านี้จะถูกจัดแบ่งเป็นกลุ่ม เรียกว่า“ความสูญเสียที่ยิ่งใหญ่ 6 ประการ”(six big loss)

2.2.2 ความสูญเสียที่ยิ่งใหญ่6 ประการ

2.2.2.1 ความสูญเสียที่ไม่ก่อให้เกิดการผลิต (inactivity loss) เป็นความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการที่เครื่องจักรไม่เกิดการผลิตในช่วงกระบวนการผลิตแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย ได้แก่

1) ความสูญเสียเนื่องจากความผิดปกติของเครื่องจักร เป็นความสูญเสียเห็นได้ชัดเนื่องจาก เครื่องจักรชำรุดแล้วไม่สามารถทำงานได้เป็นปกติในระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการผลิตของเสีย ส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการผลิตที่สูงขึ้นและเวลาที่สูญเสียไปกับการซ่อมแซมมากขึ้น

2) ความสูญเสียเนื่องจากการติดตั้งเครื่องจักร เป็นเวลาที่สูญเสียเกิดจากปรับแต่งเครื่องจักรให้เข้าสู่มาตรฐานในการเดินเครื่อง เพื่อให้ได้ตามความเร็วที่เคยเดินได้และได้คุณภาพสินค้าตามที่กำหนด

2.2.2.2 ความสูญเสียในรูปแบบของความเร็ว (speed loss) เป็นความสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากเครื่องจักรในกระบวนการผลิตมีความเร็วในการผลิตต่ำกว่าความเร็วมาตรฐาน ความสูญเสียเนื่องจากความเร็ว ถือเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาอันสั้นและไม่สามารถบันทึกได้ จึงทำการด้วยการเปรียบเทียบอัตราผลผลิตที่ทำได้กับอัตราการผลิตที่ควรจะได้แทนความสูญเสียเนื่องมาจากความเร็ว แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มย่อย ได้แก่

1) ความสูญเสียที่ไม่เกิดการผลิตขณะที่เครื่องจักรทำงาน เป็นความสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากเครื่องจักรทำงานแต่ไม่เกิดการผลิต เนื่องมาจากการขาดหายของวัตถุดิบเข้าสู่เครื่องจักรในช่วงกระบวนการผลิต เกิดการอุดตันของวัตถุดิบในเครื่องจักร เป็นต้น

2) ความสูญเสียเนื่องจากการหยุดเล็กๆน้อยๆของเครื่องจักร เป็นความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการหยุดเล็กๆน้อยๆของเครื่องจักรในช่วงกระบวนการผลิต และไม่สามารถสังเกตได้เนื่องจากเกิดในระยะเวลาอันสั้น เช่น 0.5 นาที 1 นาทีเป็นต้น ความสูญเสียประเภทนี้ถ้าเกิดขึ้นบ่อยครั้งจะทำให้เกิดเวลาสูญเสียมากขึ้น

3) ความสูญเสียเนื่องจากความเร็วที่ลดลงของเครื่องจักร เป็นความสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากการลดลงของความเร็วในการผลิตของเครื่องจักรที่ทำได้จริง เมื่อเทียบกับความเร็วมาตรฐานในการผลิตจักร

2.2.2.3 ความสูญเสียเนื่องจากเครื่องจักรผลิตของเสีย (defect loss) เป็นความสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากเครื่องจักร ทำการผลิตของเสียของในช่วงแรกของกระบวนการผลิต แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย ได้แก่

1) ความสูญเสียในเรื่องของคุณภาพของผลผลิต เป็นความสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากเครื่องจักรทำงานได้ไม่เต็มที่ มีการผลิตของเสียเกิดขึ้น อาจมีสาเหตุมาจากขาดการบำรุงรักษาเครื่องจักรที่ดีพอและมีกระบวนการผลิตที่ไม่เหมาะสม

2) ความสูญเสียเนื่องจากการปรับสภาพของเครื่องจักร เป็นความสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากการที่เครื่องจักรต้องอุ่นเครื่องก่อนการทำงาน ทำให้มีการผลิตของเสียออกมาก่อนที่เครื่องจักรจะเข้าสู่สภาวะที่เหมาะสม โดยการกำจัดความสูญเสียประเภทนี้ ถือว่าค่อนข้างยาก เนื่องจากเกิดขึ้นเร็วและเกิดขึ้นในช่วงต้นของกระบวนการผลิต

ในการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรความสูญเสียทั้ง 6 ประการ จะมีความสัมพันธ์กับเวลาที่ใช้ในการผลิตและส่งผลต่อผลผลิตที่ทำได้ในแต่ละช่วงเวลา ปริมาณเวลาต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร ได้แก่

1) เวลาทั้งหมด (total time) คือ เวลาทั้งหมดที่มีเครื่องจักรอยู่ภายในโรงงานและสามารถนำเครื่องจักรมาใช้ในการผลิตได้ เวลาดังกล่าวอาจมีหน่วยเป็นวัน เดือน ปี หรือเป็นกะ

2) เวลาหยุดผลิตตามแผน (planned downtime) คือ เวลาที่วางแผนไว้เพื่อการทำกิจกรรมต่างๆ เช่น การหยุดพักเพื่อประชุม การหยุดพักเพื่อทำความสะอาด การบำรุงรักษาตามแผน เป็นต้น ความสูญเสียประเภทนี้ต้องนำไปหักออกจากเวลาทั้งหมด

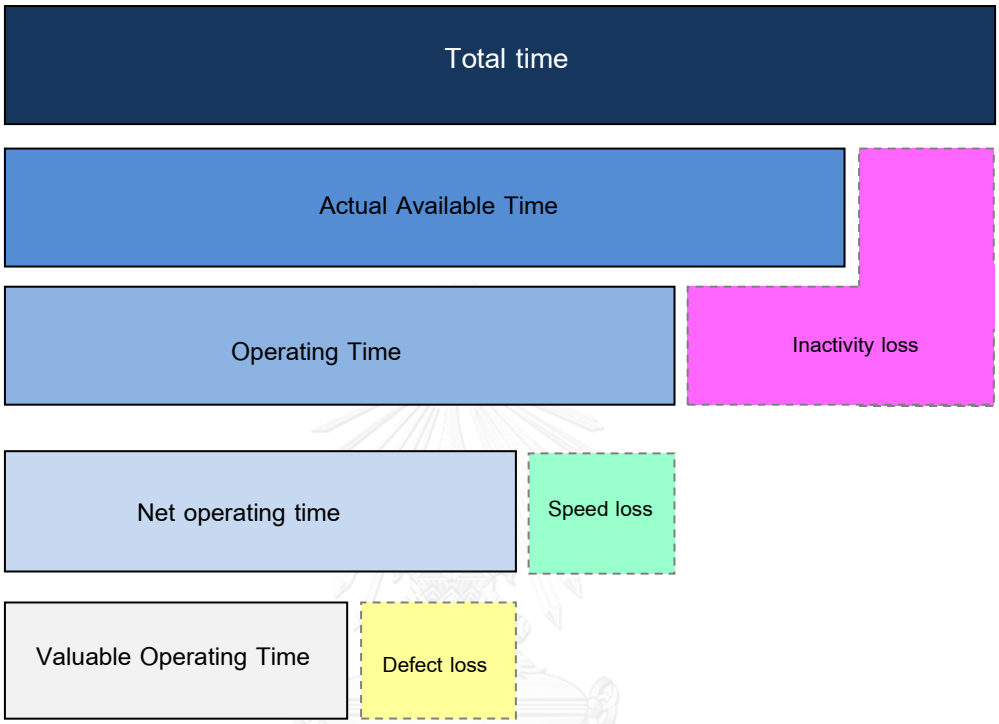
3) เวลาที่สามารถปฏิบัติงานได้ (actual available time) คือ เวลาที่เหลือที่เครื่องจักรสามารถทำงานได้หลังจากหักเวลาที่ใช้ในการหยุดตามแผนแล้ว ภายในช่วงเวลาที่สามารถปฏิบัติงานได้นั้นอาจเกิดความสูญเสียได้ เช่น เวลาที่ใช้อุ่นเครื่องก่อนทำงานจริง เกิดเหตุขัดข้องที่ทำให้เครื่องจักรต้องหยุดทำงาน เป็นต้น

4) เวลาในการปฏิบัติงาน (operating time) คือ เวลาที่เครื่องจักรใช้ทำงานจริงแต่ในการทำงานนั้นอาจเกิดความสูญเสียได้เช่น การหยุดเล็กๆน้อยระหว่างการทำงานหรือไม่เกิดการผลิต ซึ่งความสูญเสียดังกล่าวต้องเอาไปหักออกจากเวลาที่สามารถปฏิบัติงานได้

5) เวลาปฏิบัติงานสุทธิ (net operating time) คือ เวลาที่เครื่องจักรสามารถปฏิบัติงานได้ในสภาวะที่เหมาะสม แต่การทำงานที่ต่อเนื่องกันอาจก่อให้เกิดความเร็วของเครื่องจักรที่ลดลงต่ำกว่ามาตรฐานที่ควรจะเป็น

6) เวลาที่เครื่องจักรทำงานได้อย่างเหมาะสม (valuable operating time) คือ เวลาสุทธิที่เครื่องจักรอยู่ในสภาวะที่เหมาะสมต่อการปฏิบัติงาน เนื่องจากความสูญเสียที่เกิดขึ้นได้ถูกหักออกจากเวลาที่เครื่องจักรใช้ทำงาน

องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรสามารถสรุปได้ดังรูปที่ 2-1 ปัจจัยองค์ประกอบของการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร ได้แก่ ปัจจัยด้านความพร้อมใช้งาน ปัจจัยด้านสมรรถนะและปัจจัยด้านคุณภาพ โดยแต่ละปัจจัยวิธีการคำนวณดังต่อไปนี้



รูปที่ 2-1 แผนผังแสดงองค์ประกอบต่างๆของเวลาและความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

ปัจจัยด้านความพร้อมใช้งาน: $AF\% = \frac{(\text{total time} - \text{inactivity loss})}{\text{total time}} \times 100$

ปัจจัยด้านสมรรถนะ: $PF\% = \frac{\text{net operating time}}{\text{operating time}} \times 100$

ปัจจัยด้านคุณภาพ: $QF\% = \frac{\text{value operating time}}{\text{net operating time}} \times 100$

ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร = ปัจจัยด้านความพร้อมใช้งาน X ปัจจัยด้านสมรรถนะ x ปัจจัยด้านคุณภาพ

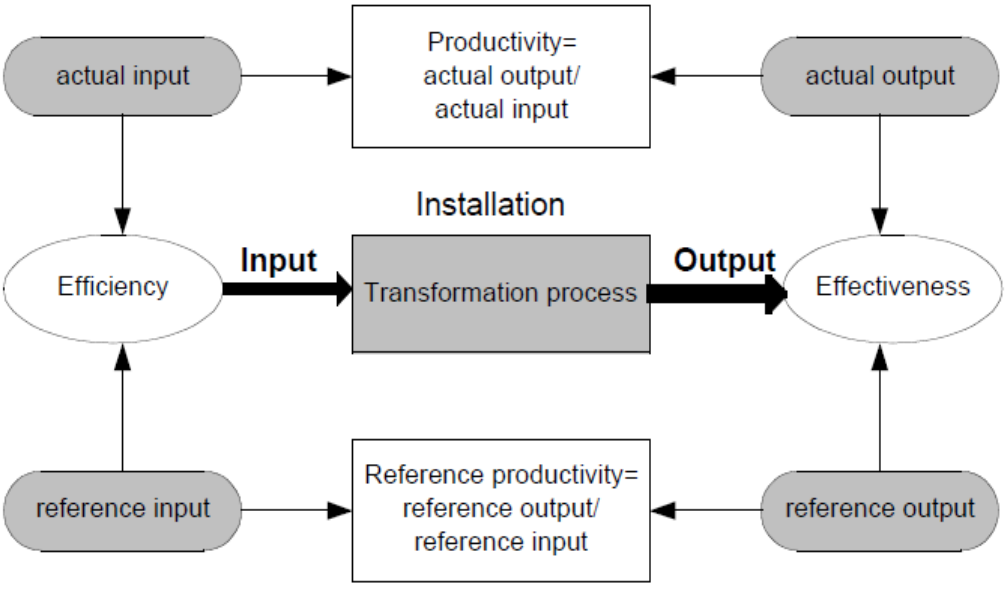
2.3 การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการนำวิธีการชี้วัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ทำให้สามารถแบ่งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

2.3.1 การศึกษาพื้นฐานของวิธีการวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

เป็นงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับพื้นฐานของวิธีการชี้วัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร โดยทำการศึกษาองค์ประกอบต่างๆของวิธีการชี้วัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร วิธีการคำนวณ ตลอดจนข้อบกพร่องและข้อจำกัดต่างๆของวิธีการชี้วัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร เอกสารอ้างอิงอธิบายโดยสังเขปดังต่อไปนี้

2.3.1.1 งานวิจัยของ (Wauters and Mathot 2010) ได้นำเสนอเกี่ยวกับพื้นฐานของวิธีการชี้วัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร เริ่มจากการอธิบายความหมายของคำศัพท์ ที่มักก่อให้เกิดความสับสนต่อการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ได้แก่ efficiency effectiveness และ productivity ดังรูปที่ 2-2 โดยคำศัพท์ดังกล่าวมีความหมายดังนี้



รูปที่ 2-2 แผนผังแสดงความสัมพันธ์ของคำว่า efficiency effectiveness และ productivity (Wauters and Mathot 2010)

1) efficiency หมายถึง ปริมาณผลผลิตที่ผลิตได้จริงเมื่อเทียบกับวัตถุดิบที่คาดว่าจะผลิตได้

2) effectiveness หมายถึง ปริมาณผลผลิตที่ผลิตได้จริงเมื่อเทียบกับปริมาณวัตถุดิบที่มีอยู่

3) productivity หมายถึง ปริมาณผลผลิตที่ผลิตได้จริงเมื่อเทียบกับผลผลิตที่ควรจะได้

ทั้งนี้ได้ทำการสรุปเกี่ยวกับปัจจัยองค์ประกอบในการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร พิจารณาปัจจัยองค์ประกอบทั้งสามในลักษณะของ เวลา ความเร็ว และผลผลิต โดยปัจจัยด้านความ

พร้อมใช้งาน เกี่ยวข้องกับเวลา ปัจจัยด้านสมรรถนะ เกี่ยวข้องกับเวลา ความเร็วและปริมาณของผลผลิต ปัจจัยด้านคุณภาพ เกี่ยวข้องกับปริมาณของผลผลิต จะเห็นว่าวิธีการวัดประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรด้วยวิธีการดังกล่าวเป็นการพิจารณาครอบคลุมปัจจัยที่เกี่ยวข้องทุกด้านของกระบวนการผลิต ดังรูปที่ 2-3

	Time	Speed	Volume
Availability factor	Gross operating time Available production time		
Performance factor	Net operating time Gross operating time	Actual speed Reference speed	Total number produced Theor. possibly produced in gross operating time
Quality factor	Valuable operating time Net operating time		Approved Total number produced
OEE	Valuable operating time Available production time		Approved Theor. possibly produced in avail. prod. time

รูปที่ 2-3 แผนผังแสดงสิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่ใช้ในการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Wauters and Mathot 2010)

2.3.1.2 งานวิจัยของ (Williamson 2006) ทำการศึกษาเกี่ยวกับการนำวิธีการชี้วัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรไปใช้ของอุตสาหกรรมต่างๆ จากการศึกษาพบว่ามีการนำวิธีการชี้วัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรไปใช้งานอย่างผิดวิธี เช่น มีการเปรียบเทียบค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรที่คำนวณได้จากเครื่องจักรต่างชนิดกันหรือการเปรียบเทียบค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรที่คำนวณได้จากอุตสาหกรรมต่างประเภทกัน เป็นต้น อีกทั้งพบข้อจำกัดบางประการของวิธีการชี้วัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร ได้แก่ ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรเป็นเพียงการคำนวณแบบหยาบๆ ไม่ควรนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่เรียกว่า world class เพราะอุตสาหกรรมแต่ละประเภทมีกระบวนการผลิตและการใช้งานเครื่องจักรที่แตกต่างกัน อีกทั้งไม่ใช่ตัวชี้วัดประสิทธิภาพการบำรุงรักษา เพราะความสูญเสียที่เกิดขึ้นอยู่ภายนอกการควบคุมของผู้ดูแลระบบ ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรไม่ใช่ค่าที่ยอมรับได้ในทางสถิติ เพราะค่าที่ได้จากการคำนวณจะถูกแสดงในรูปของเปอร์เซ็นต์เปรียบเสมือนค่าสมมติที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรกับความสูญเสียทีเกิดขึ้น เนื่องจากปัจจัยแต่ละปัจจัยนั้นมีความแตกต่างกันในรูปของหน่วยที่ใช้ในการคำนวณ ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรไม่เหมาะสำหรับการนำไปใช้ในการประเมินผลในด้านการเงิน เนื่องจากแต่ละปัจจัย

องค์ประกอบมีความสำคัญไม่เท่ากัน วัตถุประสงค์หลักของวิธีการวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร คือ เป็นตัวประเมินประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักร เพื่อการกำหนดแนวทางการปรับปรุงเฉพาะด้านในระดับโรงงาน ระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักร ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรที่ได้จากการคำนวณ จะเป็นค่าที่ใช้ในการนำเสนอสาเหตุต่างๆที่ส่งผลให้เครื่องจักรมีประสิทธิภาพต่ำโดยวิศวกรโรงงาน เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงแผนการผลิตให้มีความเหมาะสม

2.3.1.3 งานวิจัยของ (Scodanibbio 2009) ทำการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร จากการศึกษาพบว่าวิธีการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรจะแตกต่างกันไปตามประเภทของเครื่องจักร และมีผลต่อการคำนวณปัจจัยด้านสมรรถนะ ซึ่งเกี่ยวข้องกับอัตราการผลิต ดังนั้นเครื่องจักรในอุตสาหกรรมจึงสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ตามลักษณะการทำงานและอัตราการผลิตได้ดังนี้

1) เครื่องจักรชนิดที่ 1 เป็นเครื่องจักรที่พบในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป มีรูปแบบการทำงานที่ต่อเนื่อง ซ้ำกันแบบ 1 ต่อ 1 เช่น เครื่องจักรที่ใช้ติดฉลากบรรจุภัณฑ์ ซึ่งจะทำการติดฉลากบรรจุภัณฑ์ 1 ชิ้นในแต่ละรอบ โดยกระบวนการทำงานของเครื่องจักรจะทำงานได้กับวัตถุดิบที่มีปริมาณไม่มาก อัตราการผลิตอยู่ในรูปของวงรอบการผลิต (cycle time) เพื่อเป็นตัวชี้วัดอัตราเร็วในการผลิตว่าอยู่ในระดับใด

2) เครื่องจักรชนิดที่ 2 เป็นเครื่องจักรที่พบในโรงงานอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ปูนซีเมนต์ มีรูปแบบการทำงานที่เกี่ยวข้องกับปริมาณวัตถุดิบเป็นจำนวนมาก วัดในหน่วย กิโลกรัม ลิตร ตัน ลูกบาศก์เมตร เป็นต้น อัตราการผลิตจะอยู่ในรูปของ (production rate) มีหน่วยเป็น ตัน/ชม. ลบ.ม/ชม. เป็นต้น เพื่อเป็นตัวชี้วัดอัตราเร็วในการผลิตว่าอยู่ในระดับใด

2.3.2 การประยุกต์ใช้การวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรในอุตสาหกรรมการผลิต

งานวิจัยทำการศึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้การวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรในอุตสาหกรรมการผลิต ส่วนใหญ่ศึกษาเกี่ยวกับการนำวิธีการชี้วัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรในการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรภายในกระบวนการผลิตนั้นๆ เพื่อหาสาเหตุที่ทำให้เครื่องจักรภายในกระบวนการผลิตทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ เอกสารอ้างอิงอธิบายโดยสังเขปดังต่อไปนี้

2.3.2.1 งานวิจัยของ (Ngadiman 2013) ทำการศึกษาเกี่ยวกับการวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร โดยทำการเลือกบริษัทแห่งหนึ่ง ซึ่งเป็นบริษัทที่ผลิตอุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์ในประเทศมาเลเซีย วัตถุประสงค์เพื่อการวัดค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตและเพื่อตอบคำถามของงานวิจัย ได้แก่ มีวิธีการวัดประสิทธิภาพและประสิทธิผลของเครื่องจักรอย่างไรและสาเหตุใดที่ทำให้ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมมีความผันแปร โดยเครื่องจักรนำมาใช้เป็นกรณีศึกษา ประกอบด้วยเครื่องจักร 3 เครื่อง ได้แก่ เครื่องจักร A เครื่องจักร B

และเครื่องจักร C จากการศึกษาพบว่า ค่าปัจจัยความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรชนิด A มีค่าเท่ากับ 95.76% เครื่องจักร B มีค่าเท่ากับ 94.93% เครื่องจักร C มีค่าเท่ากับ 94.92% ค่าปัจจัยสมรรถนะเครื่องจักรชนิด A มีค่าเท่ากับ 95.46% เครื่องจักร B มีค่าเท่ากับ 85.77% เครื่องจักร C มีค่าเท่ากับ 96.43% ค่าปัจจัยด้านคุณภาพ เครื่องจักรชนิด A มีค่าเท่ากับ 97.07% เครื่องจักร B มีค่าเท่ากับ 98.69% เครื่องจักร C มีค่าเท่ากับ 99.03% ดังนั้นค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรทั้งสามชนิด ได้แก่ เครื่องจักรชนิด A มีค่าเท่ากับ 88.73% เครื่องจักร B มีค่าเท่ากับ 80.35% เครื่องจักร C มีค่าเท่ากับ 90.65% จากค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรทั้งสามชนิด สามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยความพร้อมการใช้งาน สามารถแก้ไขให้ดีขึ้นได้โดยการปรับการวางแผนการหยุดผลิต โดยให้มีการทำกิจกรรมในส่วนนี้ช่วงเวลาพัก กรณีที่เป็นปัญหาส่วนมากจะเป็นการหยุดผลิตที่ไม่อยู่ ในแผน ซึ่งเป็นส่วนที่ควรให้ความสำคัญแม้ว่าจะเป็นเหตุการณ์ที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น ไฟตก ขาดวัตถุดิบ เป็นต้น เนื่องจากต้องใช้เวลานานในการทำให้เครื่องจักรกลับมาทำงานได้ในสภาพปกติ ควรมีการวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกันเพื่อลดความสูญเสียให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพราะเครื่องจักรถ้าขาดการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอจะเสียเวลาในการซ่อมบำรุงมาก เวลาการประชุมงานควรมีการปรับให้เหมาะสมเพื่อไม่ให้เกินเวลาในการปฏิบัติงาน ปัจจัยด้านสมรรถนะ สาเหตุความสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากการใช้งานเครื่องจักรหนักเกินความสามารถและขาดการบำรุงรักษา เพราะมักพบปัญหาการอุดตันของวัตถุดิบในเครื่องจักร ผู้ปฏิบัติงานขาดความเชี่ยวชาญหรือไม่ได้ผ่านการอบรมก่อนปฏิบัติงาน สภาพการทำงานอยู่ในสภาวะตึงเครียด ควรมีการปรับเปลี่ยนสภาพแวดล้อม ในการทำงานให้เหมาะสมมากขึ้น

2.3.2.2 งานวิจัยของ (Ponce-Hernández M.M. 2013) ทำการศึกษาเกี่ยวกับการนำการชี้วัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรมาใช้ในการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรสำหรับบรรจุภัณฑ์ในกระบวนการผลิต เนื่องจากทางโรงงานไม่มีการบำรุงรักษาเครื่องจักรอย่างจริงจังและไม่มีการบันทึกข้อมูลความสูญเสียของเครื่องจักรไว้ รวมถึงไม่มีเวลาในการตรวจสอบเครื่องจักรที่ใช้งานอยู่ วิธีการศึกษา คือ ทำการเลือกเครื่องจักรภายในโรงงานเพื่อเป็นกรณีศึกษาจำนวน 5 เครื่อง ในการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อการคำนวณประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร จากการศึกษาพบว่าค่าปัจจัยด้านความพร้อมการใช้งานของเครื่องจักรนั้นอยู่ที่ 69% ค่าปัจจัยด้านสมรรถนะอยู่ที่ 76% และได้ทำการจำแนกสาเหตุตามประเภทของปัจจัยต่างๆ โดยจะเลือกพิจารณาหาวิธีการแก้ปัญหาในกลุ่มปัจจัยด้านความพร้อมการใช้งาน สาเหตุของปัญหาในกลุ่มนี้มีรายละเอียดดังนี้

1) การเปลี่ยนแม่แบบ พบว่าเวลาส่วนใหญ่เสียไปกับการเฝ้าระวังและการทำความสะอาดเครื่องจักร เพราะเจ้าหน้าที่ไม่ทราบว่าจะต้องกระทำการดังกล่าวเมื่อใด คิดเป็น 32.36 นาที ขึ้นกับชนิดของแม่แบบ ในส่วนของการบำรุงรักษาเครื่องจักรนั้นไม่มีระบบการจัดการที่ดี ไม่มีการแสดงขั้นตอนการเปลี่ยนแม่แบบให้เจ้าหน้าที่ทราบแน่ชัด ในการแก้ปัญหาดังกล่าวนั้น ได้มีการระดม

สมองเพื่อหาวิธีการจัดการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยอาศัยกระบวนการผลิตแบบลีน วิธีการตั้งคำถาม 5 whys และเทคนิคการลดเวลาการปรับแต่งเครื่องจักร เมื่อใช้เทคนิคดังกล่าว พบว่าช่วยลดความสูญเสียเวลาได้ถึง 30-50% โดยเฉลี่ย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของแม่แบบ

2) ความสูญเสียภายในพื้นที่ให้บริการ เกิดขึ้นจากการจ่ายน้ำ, ไอน้ำหรือความดันอากาศที่ต้องจ่ายให้กับเครื่องจักร โดยนำแผนภูมิพาเลโต ร่วมกับแผนภูมิจำแนกสาเหตุของปัญหามาใช้ในการกำหนดปัจจัยที่มีผลกระทบกับเครื่องจักรมากที่สุด จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีดังกล่าวพบว่าความสูญเสียต่างๆที่เกิดขึ้นมาจาก air compressor ทำให้สามารถกำหนดทางเลือกในการแก้ปัญหาได้ 3 แนวทาง ได้แก่ การเปลี่ยน compressor ใหม่ ไม่ต้องพิจารณาในส่วนของค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น การเลือกเจ้าหน้าที่ที่มีความเชี่ยวชาญในการติดตามปัญหาที่เกิดขึ้นในพื้นที่บริการทั้งหมด และการติดตั้งสัญญาณเตือนที่เครื่อง compressor เพื่อให้ส่งสัญญาณเตือนเมื่อความดันที่จ่ายมีค่าต่ำกว่า 120 psi ซึ่งทางเลือกในการติดตั้งสัญญาณเตือนนั้น ให้ผลดีที่สุดและนำมาเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

3) ความสูญเสียจากการเติมสาร จากการวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิพาเลโตในการแยกประเด็นปัญหาเพื่อการวิเคราะห์ พบว่า guns ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องจักรนั้นทำงานไม่เต็มที่ในทุกเครื่องจักร เนื่องจากขาดการบำรุงรักษาเชิงป้องกันและการฝึกอบรมให้กับเจ้าหน้าที่ ในเรื่องของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

2.3.2.3 งานวิจัยของ (Muhammad Abdus Samad 2012) ทำการศึกษาเกี่ยวกับการวัดประสิทธิภาพการทำงานเครื่องจักรที่ใช้ในการตัดโลหะในอุตสาหกรรมการต่อเรือประเทศบังคลาเทศด้วยวิธีการชี้วัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร จากการศึกษาพบว่า ค่าปัจจัยด้านความพร้อมการใช้งานเท่ากับ 47.13% ค่าปัจจัยด้านสมรรถนะ เท่ากับ 76.13% และค่าปัจจัยด้านอัตราคุณภาพเท่ากับ96.13% จะเห็นว่าค่าปัจจัยความพร้อมการใช้งานกับปัจจัยด้านสมรรถนะมีค่าต่ำ โดยสาเหตุที่ทำให้ค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งานมีค่าต่ำ ได้แก่ การปรับเปลี่ยนชิ้นส่วนเครื่องจักรหรือการที่เครื่องจักรไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ ทำให้ผลผลิตที่ได้ลดต่ำลง ส่งผลต่อค่าปัจจัยด้านสมรรถนะ การกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาตามค่าปัจจัยที่ได้จากการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร ได้แก่ การนำแนวคิดการบำรุงรักษาทวีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วมเข้ามาเป็นนโยบายหลัก

2.3.3 การประยุกต์ใช้การวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรในอุตสาหกรรมเหมืองแร่

การประยุกต์ใช้วิธีการชี้วัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) ในอุตสาหกรรมเหมืองแร่นั้นพบว่ายังมีไม่มากนัก เอกสารอ้างอิงอธิบายโดยสังเขปดังต่อไปนี้

2.3.3.1 งานวิจัยของ (Elevil.S and Elevli.B 2010) ทำการศึกษาเกี่ยวกับการวัดประสิทธิภาพของเครื่องจักรภายในเหมืองด้วยวิธีการวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรซึ่งเป็นวิธีการชี้วัดที่นิยมใช้กันในอุตสาหกรรมการผลิตทั่วไป อุตสาหกรรมเหมืองแร่จะแตกต่างจาก

อุตสาหกรรมในเรื่องของการจัดกลุ่มความสูญเสียที่เกิดขึ้นภายในระบบเป็นไปได้ยากกว่าเพราะเครื่องจักรแต่ละชนิดมีคุณสมบัติและหน้าที่ในการทำงานที่แตกต่างกัน รวมถึงข้อจำกัดอื่นๆที่ทำให้การรวบรวมข้อมูลยากขึ้น ได้แก่ การทำงานของเครื่องจักรในแต่ละกระบวนการของอุตสาหกรรมเหมืองแร่จะมีการทำงานแบบต่อเนื่องกัน เริ่มตั้งแต่กระบวนการเจาะ-การระเบิด การขุด การขน และการเท โดยผลผลิตที่ได้จากการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการก่อนหน้า จะมีผลกับการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการถัดไป ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักรในสภาพการทำงานจริงจะน้อยกว่าประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักรที่ควรจะเป็น อีกทั้งกระบวนการทำงานของเครื่องจักรภายในเหมืองเป็นแบบต่อเนื่อง ทำให้ไม่สามารถสังเกตความผิดปกติในการทำงานของเครื่องจักรได้ชัดเจน การศึกษาวิจัยดังกล่าวได้ทำการศึกษาระบบปฏิบัติการขนส่งของเหมืองแห่งหนึ่ง เริ่มจากการรวบรวมข้อมูลการทำงานของรถตักและรถบรรทุก จำแนกความสูญเสียที่เกิดขึ้นในตามปัจจัยองค์ประกอบและทำการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถตักและรถบรรทุก จากการศึกษาพบว่า ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรทั้งสองชนิดค่อนข้างต่ำสาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากความสูญเสียเวลาและสมรรถนะของเครื่องจักร และในการเปรียบเทียบเวลาที่หักความสูญเสียแล้วกับการเปรียบเทียบจากเวลาทั้งหมดให้ผลที่แตกต่างกัน เพื่อให้แสดงถึงสภาพความเป็นจริงของประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักร ควรเลือกใช้วิธีการเปรียบเทียบจากเวลาทั้งหมด ดังรูปที่ 2-4 แสดงตัวอย่างผลการศึกษาค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุก ที่ทำการคำนวณแบบ calendar time-based และ loading time-based โดยวิธีการคำนวณแบบcalendar time-basedจะมีค่าที่ใกล้เคียงกับสภาพการทำงานจริงของเครื่องจักรมากกว่าวิธี loading time-based

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

		Calendar time-based approach	Loading time-based approach
Total time		720 hours	(720 – 48-72) =600 hours
Availability	=	AAT / TT	AAT / TT
	=	(720 – (48+72+97+45+54+45)) / 720	(600 – (97+45+54+45)) / 600
	=	0,50	0,60
Performance	=	NPT /AAT	
	=	(361 – (25+45+8) / 361	
	=	0,85	0,85
Quality	=	0,87	0,87
OEE	=	Availability x Performance x Quality	
	=	0,50 x 0,85 x 0,87	0,60 x 0,85 x 0,87
OEE	=	0,3698 (%37)	0,4437 (%47)
Total Production	=	(720 x 60) x 1,5 x 15 x 0,37 =359445 m^3	= (600 x 60) x 1,5 x 15 x 0,47 = 359397 m^3

รูปที่ 2-4 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรโดยคำนวณโดยวิธี calendar time-based และ loading time-based (Elevil.S and Elevli.B2010)

2.3.3.2 งานวิจัยของ (Akande, Jide et al. 2013) ทำการศึกษาเกี่ยวกับการนำวิธีการวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรมาใช้ในการวัดประสิทธิภาพการทำงานของรถตักและรถบรรทุกภายในเหมืองนามเบบ ประเทศนามิเบีย โดยรวบรวมข้อมูลเวลาการทำงานของรถตักและรถบรรทุก เวลาสูญเสียต่างๆที่เกิดขึ้น จากการศึกษาพบว่า รถตักมีค่าปัจจัยความพร้อมด้านการใช้งานเท่ากับ 43.30% ปัจจัยด้านสมรรถนะเท่ากับ 59.94% และปัจจัยด้านคุณภาพ เท่ากับ 94.00% รถบรรทุกมีค่าปัจจัยความพร้อมด้านการใช้งานเท่ากับ 60.67% ปัจจัยด้านสมรรถนะ เท่ากับ 94.58% และปัจจัยด้านคุณภาพเท่ากับ 110.00% เมื่อพิจารณาตามปัจจัยองค์ประกอบ พบว่าปัจจัยความพร้อมด้านการใช้งานของเครื่องจักรทั้งสองอยู่ในระดับที่ค่อนข้างต่ำ สาเหตุหลักของความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุก คือ เวลาที่ใช้ในการรอรถตักของรถบรรทุกเพื่อรับหิน สาเหตุหลักของความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับรถตัก คือ การรอคอยรถบรรทุกกลับมาเพื่อรับหิน ณ จุดตักนั้นๆ สิ่งที่เกิดขึ้นแสดงให้เห็นว่ารถตักมีอัตราการทำงานช้ากว่าอัตราการทำงานรถบรรทุก และสาเหตุอื่นๆที่ทำให้เกิดความสูญเสียเวลา ได้แก่ การตรวจสภาพเครื่องจักร เวลาการติดตั้งและเวลาในการปรับแต่งเครื่องจักร เป็นสาเหตุที่อาจทำให้เกิดการต่อแถวคอย ปัจจัยด้านสมรรถนะของรถตักมีค่าต่ำกว่ารถบรรทุกเนื่องจากความสูญเสียในด้านความเร็ว ปัจจัยคุณภาพ รถตักมีค่าอยู่ในระดับดี ในขณะที่รถบรรทุกมีค่าอยู่ในระดับที่เกินขีดความสามารถสูงสุด ซึ่งอาจมีผลต่ออายุการใช้งานของรถบรรทุก

2.3.3.3 งานวิจัยของ (ÄLMEGRAN 2013) ทำการศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงประสิทธิภาพและอัตราการผลิตของเครื่องจักรที่ใช้ในการบดย่อยหินภายในเหมืองแพลทินัมประเทศแอฟริกาใต้ โดยการศึกษาวิจัย ประกอบด้วย การคำนวณแบบจำลองค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรและวิธีการชี้วัดอื่นๆภายในกระบวนการผลิตหนึ่งๆ เครื่องมือที่ใช้ในการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรและวิธีการชี้วัดอื่นๆแบบทันท่วงที ท้ายสุดคือ การอธิบายวิธีการใช้งานเครื่องมือในการชี้วัดประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรบนพื้นฐานของการหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา ในการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ overall utilization performance และ quality โดย overall utilization คือ เวลาที่เครื่องจักรใช้ในการผลิตเทียบกับเวลาทั้งหมด performance คือ อัตราการผลิตที่ทำได้เทียบกับอัตราการผลิตเป้าหมาย quality คือ ขนาดของเม็ดแร่ที่บดได้เทียบกับขนาดของเม็ดแร่ที่ควรจะได้ และงานวิจัยนี้ได้พัฒนาวิธีการวิเคราะห์ความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตชื่อว่า pain analysis เป็นวิธีการวิเคราะห์ความถี่และระยะเวลาที่เกิดความสูญเสียขึ้นเนื่องจากสาเหตุต่างๆของเครื่องจักร เพื่อให้เห็นความสูญเสียที่เป็นสาเหตุหลักได้ชัดเจนมากขึ้น โดยวิธีการคำนวณในส่วนของการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรและการคำนวณด้วยวิธี pain analysis ดังรูปที่ 2-5

$$OEE = Overall\ Utilisation\ x\ Performance\ x\ Quality$$

$$Performance = \frac{Actual\ Production\ Rate}{Target\ Production\ Rate} = \frac{Actual\ Production\ Achieved\ /\ Primary\ Production}{Target\ Production\ Rate}$$

$$Quality = 1 - \frac{Mean\ deviation\ from\ Target\ Size}{Target\ Size} = 1 - \frac{\frac{\sum_{i=1}^{n}(Deviation\ from\ target\ size)_i}{n}}{Target\ Size}$$

$$Pain_{failure,\ type_x} = Frequency\ of\ error \times Total\ downtime\ caused\ by\ error$$
$$= n_{failure,\ type_x} \times \sum_{i=1}^{n} n_{failure,\ type_x,n}$$
$$= n_{failure,\ type_x} \times \left(t_{failure,\ type_x,\ 1} + t_{failure,\ type_x,\ 2} + \ldots + t_{failure,\ type_x,\ n}\right)$$

รูปที่ 2-5 การคำนวณแบบจำลองค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรและวิธีการวิเคราะห์ความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตด้วยวิธี pain analysis (ÄLMEGRAN 2013)

จากการศึกษาเพื่อพัฒนาแบบจำลองการชี้วัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรสำหรับการวัดประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องย่อยภายในเหมืองแพลทินัม พบว่าแบบจำลองดังกล่าวสามารถช่วยให้มองเห็นและเข้าใจถึงปัญหาที่เกิดขึ้นกับกระบวนการปฏิบัติงานของเครื่องย่อยได้ แต่แบบจำลองดังกล่าวยังมีข้อเสียและข้อจำกัดบางประการ เนื่องจากไม่สามารถบ่งชี้สาเหตุความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกรณีที่มีความซับซ้อนและมีอิทธิพลต่อกันได้ในทันที จำเป็นต้องอาศัยวิธีการชี้วัดอื่นๆเข้ามาช่วยสนับสนุนการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องย่อยเพิ่มเติม เช่น การวิเคราะห์เวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่องจักรเมื่อเทียบกับเวลาในการปฏิบัติงาน (utilization uptime) การวิเคราะห์เวลาเฉลี่ยระหว่างการเสียหาย (Mean Time Between Failure :MTBF) เวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซม (Mean Time To Repair : MTTR) pain Analysis เป็นต้น วิธีการการคำนวณความสูญเสียที่เรียกว่า pain analysis ถูกพัฒนาขึ้นจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เพื่อใช้เป็นวิธีการวิเคราะห์ความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับเครื่องจักรภายในกระบวนการผลิต ทำให้เข้าใจถึงสาเหตุของความสูญเสียที่เกิดขึ้นได้ดียิ่งขึ้นและลดความซับซ้อนในการวิเคราะห์ข้อมูลความสูญเสีย การคำนวณความสูญเสียด้วยวิธี pain analysis เกิดจากผลคูณระหว่างจำนวนครั้งที่เกิดความสูญเสียจากสาเหตุนั้นๆกับผลรวมของเวลาความสูญเสียจากสาเหตุนั้นๆ โดยผลลัพธ์จะแสดงถึงสาเหตุความสูญเสียหลักที่ชัดเจน วิธีการวัดค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรพบว่าวิธีการคำนวณได้ถูกพัฒนาไปตามแต่ละ

อุตสาหกรรมจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ แบบจำลองที่ใช้ในการหาค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรได้ถูกพัฒนาให้มีความเหมาะสมกับการวัดประสิทธิภาพของเครื่องจักรในกระบวนการย่อย ซึ่งค่าปัจจัยด้านคุณภาพในกระบวนการย่อยนั้นจะมีการกำหนดที่แตกต่างออกไปจากกรณีการวัดในกระบวนการผลิตทั่วไป

ในการเปรียบเทียบค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรนั้นต้องทำการเปรียบเทียบภายในหน่วยเดียวกันเท่านั้น ไม่ควรเปรียบเทียบในหน่วยที่ต่างกัน เนื่องจากเงื่อนไขและสภาพแวดล้อมในการทำงานมีความแตกต่างกัน

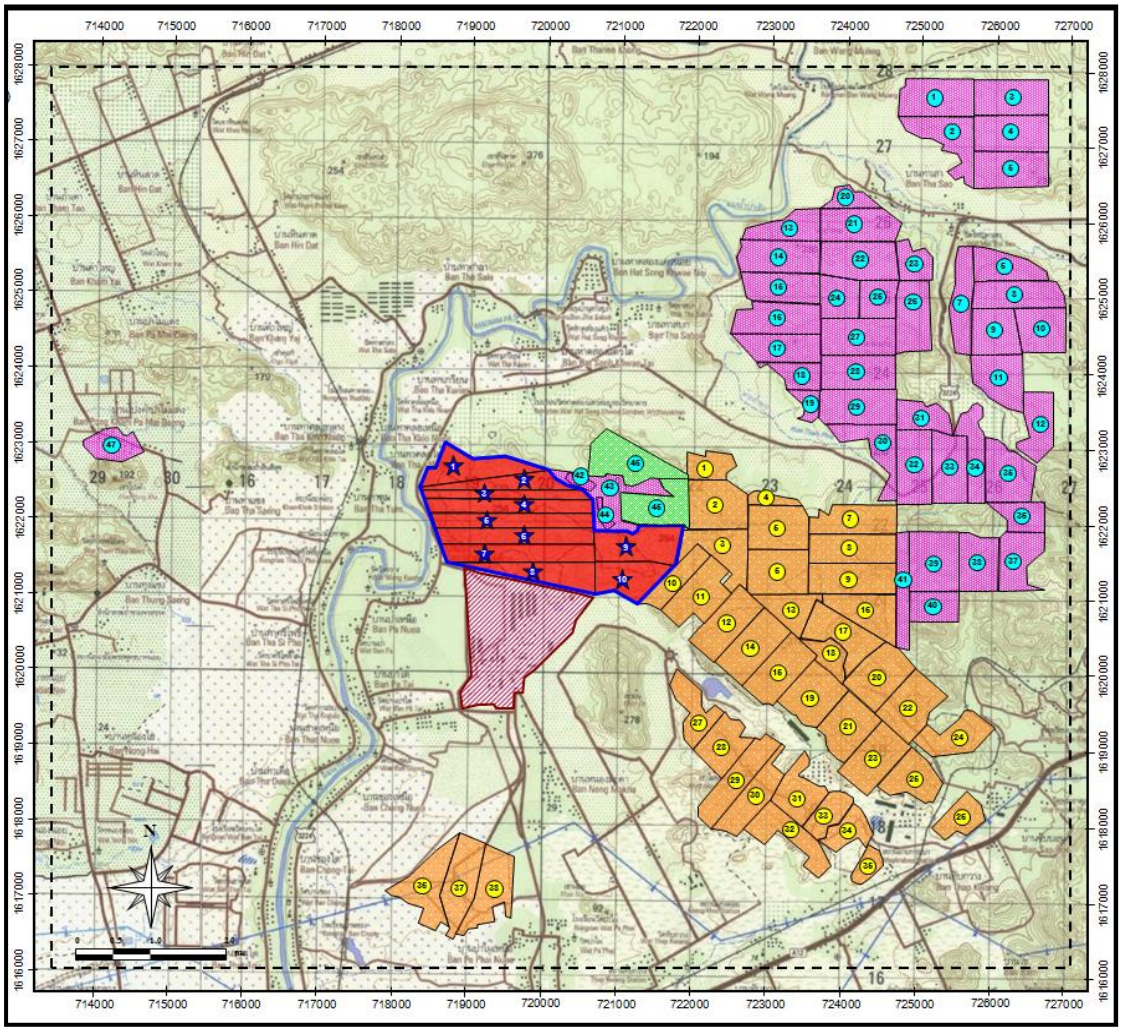
จะเห็นว่าในการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรถ้ามีค่าสูงแสดงถึงปัจจัยองค์ประกอบทุกตัวมีค่าสูง ปัจจัยด้านความพร้อมใช้งานจะมีค่าสูง ก็ต่อเมื่อมีการหยุดทำงานน้อย เครื่องจักรอยู่ในสภาพดี เมื่อมีระบบการบำรุงรักษาที่ดี ค่าปัจจัยด้านสมรรถนะจะมีค่าสูง ก็ต่อเมื่อมีอัตราการผลิตใกล้เคียงกับเป้าหมายที่ตั้งไว้ โดยเครื่องจักรนั้นจะต้องมีการทำงานอย่างต่อเนื่อง ค่าปัจจัยด้านคุณภาพจะมีค่าสูง ก็ต่อเมื่อผลผลิตที่ได้อยู่ในขนาดตามที่ต้องการ ไม่มีการผลิตของเสีย รวมถึงมีการวางแผนเพื่อการบำรุงรักษาซึ่งจะก่อให้เกิดผลดีในระยะยาว เนื่องจากเครื่องจักรจะอยู่ในสภาพดีและพร้อมใช้งานเสมอ มีความปลอดภัยกับผู้ใช้งาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับพื้นที่ศึกษา

3.1 ตำแหน่งที่ตั้ง

พื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่การทำเหมืองของบริษัท ปูนซีเมนต์ไทย (แก่งคอย) จำกัด ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ตำบลทับกวาง ตำบลท่าคล้อและตำบลบ้านป่า อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี พื้นที่ประทานบัตรจำนวน 10 แปลง ตั้งอยู่ที่บริเวณตำบลทับกวาง ตำบลท่าคล้อและตำบลบ้านป่า อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรีเป็นแหล่งผลิตหินปูนและหินดินดาน ปรากฏอยู่ในแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหารมาตราส่วน 1:50,000 ลำดับชุด L7018 ระวาง 5238 III อยู่ระหว่างเส้นกริดแนวตั้งที่ 718400 ถึง 721800 ตะวันออกและเส้นกริดแนวนอนที่ 1621000 ถึง 1623000 เหนือ ดังรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 แผนที่แสดงขอบเขตของพื้นที่ศึกษา แผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหารมาตราส่วน 1:50,000 (รายงานโครงการ-บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย (แก่งคอย) จำกัด)

3.2 ลักษณะทางธรณีวิทยาและโครงสร้างทางธรณีวิทยา

หินปูนในพื้นที่ศึกษาจัดอยู่ในหน่วยหินเขาขาดชุดราชบุรี อายุของหน่วยหินเป็นเพอร์เมียนตอนกลาง ภูเขาหินปูนส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินปูนสีเทาถึงเทาอ่อนจนเกือบขาว เนื้อเนียนแน่น บางส่วนปรากฏสีเทาแก่จนเกือบดำ เนื้อหินหยาบมากเหมือนเม็ดทราย บางแห่งเป็นหินปูนตกผลึกใหม่หรือแปรสภาพเป็นหินอ่อน มักจะมีลาย เป็นสีขาวหรือชมพูบริเวณใกล้ร้อยเลื่อนหรือรอยสัมผัสกับหินอัคนีมักจะพบหินไมโลไนต์และหินแคลก์-ซิลิเกต บางแห่งมีหินเชิร์ตเป็นกระเปาะหรือชั้นบางๆแทรกสลับหินดินดานเป็นเลนส์หรือพนังแทรกชั้น บางบริเวณเป็นหินปูนสีเทาถึงเทาเข้มเนื้อค่อนข้างหยาบมีฟอสซิลเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้มีหินดินดาน หินดินดานกึ่งหินชนวน หินชนวน (Slate) สีเทาจนเกือบดำ สีขี้ม้าหรือน้ำตาล โดยมีหินปูนสีเทาดำเนื้อดินละเอียดและหินทรายหรือหินเชิร์ตสีเดียวกันเกิดเป็นกระเปาะหรือชั้นบางๆ แทรกอยู่บ้างหมู่หินเขาปูนเป็นเทือกเขาที่ต่อเนื่องมาจากด้านทิศตะวันออกวางตัวในแนวเกือบตะวันตกตะวันออก ชั้นหินทั้งหมดมีมุมเอียงเทไปทางทิศใต้ มีกระเปาะหรือแถบชั้นบางๆของหินเชิร์ตหรือหินปูนโดโลไมต์ แทรกจากหลักฐานที่รอยสัมผัสระหว่างหน่วยหินสองชนิดนี้ พบว่าการเคลื่อนตัวขึ้นมาของหน่วยหินภูเพตามรอยเลื่อนย้อนมุมต่ำปิดทับหน่วยหินซับบอนแล้วขึ้นมาปิดทับหน่วยหินเขาขาดด้วยอิทธิพลของรอยเลื่อนย้อนนี้เอง ส่งผลทำให้โครงสร้างธรณีวิทยาต่างๆในหมู่หินเขาปูนเช่น ชุดรอยแยก รอยเลื่อนย้อนเล็กๆเกิดขึ้นมากและสลับซับซ้อนโครงสร้างของชั้นหินปูนส่วนใหญ่ในพื้นที่ มีความลาดเทหรือมุมเอียงตั้งแต่ 35-70 องศาไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ค่อนไปทางใต้ ทางทิศเหนือจะเอียงชันมากกว่าทิศใต้ ทิศทางการวางชั้นของหินอยู่ในแนว 75-140 องศา มีรอยเลื่อนและรอยคดโค้งของชั้นหินปูนมากกว่าทางทิศใต้และทิศตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่รอยแยกหรือชุดรอยแยกที่สามารถจัดเข้าเป็นชุดใหญ่ๆ ได้ 4 ชุดด้วยกัน เรียงลำดับจากจำนวนที่พบได้มากไปหาน้อย คือ 350-10/80-90 องศา 275-330/50-80 องศา 220-250/60-80 องศา และ 30-60/40-70 องศา ส่วนใหญ่จะมีมุมเอียงไปทางทิศเหนือและทิศตะวันออก มักพบรอยเลื่อนที่เกิดขนานหรือระหว่างชั้นหินเป็นส่วนใหญ่ที่สำคัญเป็นรอยเลื่อนย้อนทำให้หินของหน่วยหินภูเพวางตัวด้านบนรอยเลื่อนย้อนขึ้นมาทับหน่วยหินซับบอนและหน่วยหินเขาขาด อยู่ข้างล่างแรงที่ทำให้เกิดรอยเลื่อนย้อนนี้ทำให้เกิดรอยเลื่อนชนิดเดียวกันเล็กๆกระจัดกระจายอยู่ทั่วไปทุกหน่วยหินของเขาปูน โดยเฉพาะที่รอยสัมผัสระหว่างชั้นหิน และมีแรงกระทำในแนวตั้งฉากกับรอยเลื่อนนั้นๆ ส่งผลให้หินข้างเคียงเกิดรอยแตกเรียบและรอยแตกแยกขึ้น ช่องว่างที่เกิดร่องรอยการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาโครงสร้างนี้เกิดจากการแทรกตัวของหินแอนดิไซท์ ขึ้นมาในรูปแบบของพนังและพนังแทรกชั้นได้ การเกิดโพรงหรือถ้ำในหมู่หินเขาปูนจะเกิดในแนวที่เป็นรอยแยกและรอยเลื่อนสำคัญที่พบในพื้นที่มีสองแนว คือ 350-10 องศา และ 70-140 องศา (เกือบเหนือ-ใต้และตะวันตก-ตะวันออก) เป็นโพรงหินหรือถ้ำที่ขยายขอบเขตในทางลึกหรือแนวดิ่งมากกว่าทางยาว มักมีดินทรายหรือดินลูกรังสีแดง (Lateritic soil) สะสมอยู่ในโพรงถ้ำเหล่านี้จะเป็นมลทินได้ ดังนั้นเมื่อนำ

หินปูนจากบริเวณนี้ส่งเป็นวัตถุดิบจะมีปริมาณซิลิกาและเหล็กสูง (จากรายงานโครงการของ บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย (แก่งคอย) จำกัด)

3.3 ลักษณะภูมิประเทศ

พื้นที่ศึกษามีเนื้อที่รวมประมาณ 2575-2-37 ไร่ เป็นส่วนหนึ่งของเทือกเขาหนองกบ คือ เขาปูนและเขาสูง ลักษณะภูมิประเทศของเทือกเขาหนองกบวางตัวแนวตะวันออกเฉียงใต้สู่ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ มีลักษณะเป็นภูเขาสูงชัน ยอดเขาสูงสุดประมาณ 294 เมตร เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง สำหรับความสูงของพื้นที่ศึกษานั้นอยู่ระหว่าง 10-252 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง สภาพปัจจุบันมีการทำเหมืองเปิด โดยระเบิดหินจากยอดเขาที่อยู่ระดับสูงลงมาให้มีระดับที่ใกล้เคียงกันจนกระทั่งเป็นพื้นที่ราบขั้นบันได ปัจจุบันประทานบัตรทั้ง 10 แปลง เป็นพื้นที่ผ่านการทำเหมืองมาแล้ว โดยเดินหน้าเหมือง จากด้านทิศตะวันออกมุ่งไปทางทิศตะวันตกเป็นส่วนใหญ่และยังคงปรากฏยอดเขาอยู่ในบริเวณด้านทิศเหนือ ทิศตะวันตกของพื้นที่ยังคงสภาพป่าไม้ปกคลุม ทิศใต้เป็นที่ตั้งของโรงงาน ดังนั้นการทำเหมืองเปิดจะอยู่ในบริเวณตอนกลางของพื้นที่ศึกษาและพื้นที่โดยรอบทั้งหมดจะมีสภาพเป็นพื้นที่ป่าเดิม ดังรูปที่ 3-2

รูปที่ 3-2 บริเวณพื้นที่เหมืองหินปูน บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย (แก่งคอย) จำกัด ซึ่งเป็นศึกษา แบ่งออกเป็นพื้นที่โซนเอ โซนบีและโซนซี

จากรูปที่ 3-2 เป็นบริเวณการทำเหมืองเพื่อเป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตปูนซีเมนต์ โดยพื้นที่การทำเหมืองแบ่งออกเป็น 3 โซน ได้แก่ พื้นที่โซนเอ อยู่ทางทิศตะวันตกของพื้นที่ศึกษา พื้นที่โซนบี อยู่ตอนกลางของพื้นที่ศึกษา และพื้นที่โซนซี อยู่ทางทิศตะวันออกของพื้นที่ศึกษา โดยพื้นที่โซนบีและพื้นที่โซนซีเป็นพื้นที่หลักในการผลิต ในแต่ละจุดตักจะมีขนาดบล็อกเท่ากับ 100x100x12 เมตร ดังรูปที่ 3-3 และ รูปที่ 3-4

รูปที่ 3-3 แสดงสภาพทั่วไปบริเวณหน้างานบริเวณพื้นที่ศึกษา

รูปที่ 3-4 แสดงสภาพถนนบริเวณพื้นที่ศึกษา

ในระบบปฏิบัติการขนส่งนั้นจะมีเวลาการปฏิบัติงานแบ่งเป็น 2 กะ ได้แก่ กะกลางวัน เริ่มตั้งแต่เวลา 8:00-16:00 น. กะกลางคืน เริ่มตั้งแต่เวลา 16:00–24:00 น. การระเบิดหินกำหนดให้ทำการระเบิดทุกวันจันทร์ พุธ ศุกร์ เวลา 16.00 น. ดังรูปที่ 3-5

รูปที่ 3-5 แสดงขั้นตอนการเตรียมการระเบิดหิน

3.4 เครื่องจักรที่ใช้ในเหมืองหินปูน

เครื่องจักรที่ใช้ในระบบปฏิบัติการขนส่ง ประกอบด้วยรถบรรทุก CATERPILLAR 11 คัน ได้แก่ รุ่น 777C รุ่น 777D และรุ่น 777B รถตัก CATERPILLAR 5 คัน ได้แก่ รุ่น 992C รุ่น 992D รุ่น 992K และรถตัก HITACHI รุ่น EX-1800-3 ซึ่งหน่วยงานขนส่งจะเป็นผู้รับผิดชอบรถบรรทุกทั้ง 11 คัน และหน่วยงานผลิตหินก่อนย่อยจะเป็นผู้รับผิดชอบรถตักทั้ง 5 คัน รถบรรทุกทั้ง 11 คัน รถตักทั้ง 5 คัน จะมีการกำหนดหมายเลขประจำรถดังนี้ (ส่วนงานขนส่ง บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย (แก่งคอย) จำกัด)

3.4.1.รถบรรทุกรุ่น 777C

มีจำนวนทั้งสิ้น 4 คัน ขึ้นต้นด้วย F1H ตามด้วยหมายเลข 01-04 กำหนดให้ F แทนด้วยหน่วยงานผู้ใช้ คือ ส่วนเหมือง 1 แทนด้วย โรงงานของพื้นที่ศึกษา H แทนด้วยประเภทเครื่องจักร คือ รถบรรทุกหนัก ดังนั้น รถบรรทุกรุ่น 777C จะแทนด้วยหมายเลข F1H01 F1H02 F1H03 และ F1H04 โดย payload ของรถบรรทุกเท่ากับ 86 ตัน ดังรูปที่ 3-6

รูปที่ 3-6 รถบรรทุก CATERPILLAR รุ่น 777C (www.carslist-db.com)

3.4.2.รถบรรทุกรุ่น 777D

มีจำนวนทั้งสิ้น 6 คัน โดยมีการกำหนดหมายเลขเช่นเดียวกับรถบรรทุกรุ่น 777C ดังนั้น รถบรรทุกรุ่น 777D จะแทนด้วยหมายเลข F1H05 F1H06 F1H07 F1H08 F1H09 และ F1H10 โดย payload ของรถบรรทุกเท่ากับ 90.4 ตัน ดังรูปที่ 3-7

รูปที่ 3-7 รถบรรทุก CATERPILLAR รุ่น 777D (www.thetractorcompany.com)

3.4.3.รถบรรทุกรุ่น 777B

มีจำนวนทั้งสิ้น 1คัน โดยมีการกำหนดหมายเลขเช่นเดียวกันกับรถบรรทุกรุ่น 777D ดังนั้น รถบรรทุกรุ่น 777B จะแทนด้วยหมายเลข F1H11 โดย payload ของรถบรรทุกเท่ากับ 86.182 ตัน ดังรูปที่ 3-8

รูปที่ 3-8 รถบรรทุก CATERPILLAR รุ่น 777B (www.jarpequipment.com)

3.3.4.รถตักรุ่น 992C

มีจำนวนทั้งสิ้น 1 คัน ขึ้นต้นด้วย F1W ตามด้วยหมายเลข 01 กำหนดให้ F แทนด้วยหน่วยงานผู้ใช้ คือ ส่วนเหมือง,1 แทนด้วย โรงงานของพื้นที่ศึกษา,W แทนด้วยประเภทเครื่องจักร คือ รถตักล้อยาง ดังนั้น รถตักรุ่น 992C จะแทนด้วยหมายเลข F1W01 โดย capacity ของรถตักท่ากับ 9.6 ลูกบาศก์เมตร ดังรูปที่ 3-9

รูปที่ 3-9 รถบรรทุก CATERPILLAR รุ่น 992C (www.ritchiespecs.com)

3.4.5.รถตักรุ่น 992D

มีจำนวนทั้งสิ้น 2 คัน จะแทนด้วยหมายเลข F1W02 และ F1W03 โดย capacity ของรถตักเท่ากับ 10.7 ลูกบาศก์เมตร ดังรูปที่ 3-10

รูปที่ 3-10 รถบรรทุก CATERPILLAR รุ่น 992D (www.ritchiespecs.com)

3.4.6.รถตักรุ่น 992K

มีจำนวนทั้งสิ้น 1 คัน จะแทนด้วยหมายเลข F1W04 โดย capacity ของรถตักเท่ากับ10.7-12.3 ลูกบาศก์เมตร ดังรูปที่ 3-11

รูปที่ 3-11 รถบรรทุก CATERPILLAR รุ่น 992D (www.ritchiespecs.com)

จากข้อมูลเครื่องจักรหลักที่ใช้ในระบบปฏิบัติการขนส่ง ซึ่งประกอบด้วยรถบรรทุกจำนวน 11 คัน และรถตักจำนวน 5 คัน รถบรรทุกถูกกำหนดให้นำมาใช้ในระบบ 9 คันต่อกะและจัดไว้เป็นรถบรรทุกสำรอง 2 คันต่อกะ อัตราเร็วที่กำหนดให้รถวิ่งภายในเหมืองอยู่ในระดับไม่เกิน 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง วงรอบเวลาการผลิตของรถบรรทุกกำหนดไว้ที่ 15 นาทีต่อรอบ คิดเป็นจำนวนเที่ยวโดยประมาณ 4-5 เที่ยวต่อชั่วโมง ก่อนเริ่มการปฏิบัติงานในแต่ละวันจะมีการประชุม การตรวจสอบสภาพเครื่องจักรก่อนนำไปปฏิบัติงานและการทำกิจกรรมต่างๆ ของรถบรรทุก โดยข้อมูลการปฏิบัติงานของรถบรรทุกจะบันทึกเป็นรายกะในแต่ละวัน พร้อมลงชื่อเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานในวันนั้นๆ สาเหตุความสูญเสียต่างๆได้ถูกจำแนกไว้ในตารางการปฏิบัติงานเช่นเดียวกัน

แต่ละพื้นที่ประกอบด้วยรถตัก 1 คันต่อรถบรรทุก 4 คัน ที่มีการปฏิบัติงานร่วมกัน สภาพการปฏิบัติงานของรถตักและรถบรรทุกเริ่มจากรถตักทำการตักหินเพื่อเตรียมรอเทใส่รถบรรทุก เมื่อรถบรรทุกมาถึง ณ จุดตัก จะทำการถอยจอดเพื่อให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการรับหินจากรถตัก เมื่อรับหินเรียบร้อยแล้วจะวิ่งไปเทหินยังเครื่องย่อยและจะวิ่งกลับมายังจุดตักเดิมอีกครั้งหลังจากเทหินลงเครื่องย่อยเสร็จเรียบร้อย ดังรูปที่ 3-12

รูปที่ 3-12 แสดงขั้นตอนการทำงานของรถตักและรถบรรทุกในระบบปฏิบัติการขนส่ง

3.4 ข้อมูลการทำงานของรถบรรทุก

ข้อมูลที่นำมาศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้รับความอนุเคราะห์จากส่วนงานขนส่ง บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย (แก่งคอย) จำกัด อยู่ในรูปแบบของแผ่นตารางการทำงาน (spreadsheet) ดังรูปที่ 3-13 โดยทำการรวบรวมข้อมูลจากตารางบันทึกผลการปฏิบัติงานของรถบรรทุกโดยเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบ ดังรูปที่ 3-14

ภายในแผ่นตารางการทำงานจะแสดงรายละเอียดการปฏิบัติงานของรถบรรทุก ประกอบด้วย วัน เดือน ปี ในการปฏิบัติงาน กะที่ปฏิบัติงาน หมายเลขรถตักที่ปฏิบัติงานร่วมกับรถบรรทุกคันนั้นๆ ระยะทางไป-กลับ หมายเลขเครื่องย่อย เลขมิเตอร์ชั่วโมง เลขมิเตอร์กิโลเมตร จำนวนเที่ยวของรถบรรทุก ตันหินรวมที่รถบรรทุกขนส่งได้ในแต่ละกะ เวลาที่ใช้ใน 1 กะของรถบรรทุกและสาเหตุความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องจักรในระบบปฏิบัติการขนส่ง ได้แก่ รถตัก เครื่องย่อยและรถบรรทุก

		ม.ค.-2556			อัตราการขนส่งมาตรฐาน			85	ตัน/เที่ยว									
						มิเตอร์ชั่วโมง		มิเตอร์กิโลเมตร				เวลาที่ใช้ใน 1 กะ						
วัน/เดือน/ปี	กะ	รถตัก	จุดตัก	ระยะทางไป-กลับ (ม.)	เครื่องย่อย	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	จำนวนเที่ยว	ตันหินรวม	รอรับหิน	รับหิน	วิ่งไป CR	รอเท	เทหิน	วิ่งไปจุดตัก	รวม
1 ม.ค. 56	1																	0
1 ม.ค. 56	2																	0
1 ม.ค. 56	3																	0
2 ม.ค. 56	1	W03	CMK		4	13148.6	13155.7	2869	2907	20	1733	116	84	93	17	20	87	417
2 ม.ค. 56	2	W04	JMV		4	13155.7	13162.6	2907	2938	20	1712	143	80	81	27	20	65	416
2 ม.ค. 56	3																	0
3 ม.ค. 56	1	E01	JMV		3	13162.8	13166.7	2938	2948	7	565	122	40	38	2	7	25	234
3 ม.ค. 56	2	W02	IG"		2	13166.7	13173.5	2948	2991	19	1659	67	80	83	105	19	75	429
3 ม.ค. 56	3																	0
4 ม.ค. 56	1	W03	IG"		4	13173.5	13179.6	2991	3031	17	1506	57	68	79	130	17	69	420
4 ม.ค. 56	2	W04	JMV		4	13179.6	13184.8	3031	3055	15	1315	106	61	60	5	15	173	420
4 ม.ค. 56	3																	0
5 ม.ค. 56	1																	0
5 ม.ค. 56	2																	0
5 ม.ค. 56	3																	0
6 ม.ค. 56	1	W04	CKL		4	13185.7	13191.1	3055	3083	18	1613	27	72	72	66	18	74	329
6 ม.ค. 56	2	W03	Jlb		2	13191.1	13197.7	3083	3129	19	1659	66	76	98	69	19	96	424
6 ม.ค. 56	3																	0
7 ม.ค. 56	1																	0
7 ม.ค. 56	2																	0
7 ม.ค. 56	3																	0
8 ม.ค. 56	1	E01	KPU		4	13210.4	13214.4	3215	3230	7	571	72	29	30	100	7	30	268
8 ม.ค. 56	2	W03	LPS		3	13214.4	13221.9	3230	3267	20	1729	103	76	86	17	20	93	395
8 ม.ค. 56	3																	0

F1H26(53) F1H27(54) **F1H28(01)** F1H29(02) F1H30(03) F1H31(04) F1H32(05) F1H33(06) F1H34(07) F1H35(08) F1H36(09) F1H37(10) F1H38(11) งานบ

รูปที่ 3-13 ข้อมูลการปฏิบัติงานของรถบรรทุกที่ถูกรวบรวมได้จากตารางปฏิบัติงาน (ส่วนงานขนส่ง บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย (แก่งคอย) จำกัด)

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะทำการศึกษาประสิทธิภาพในการทำงานเครื่องจักรด้วยวิธีการชี้วัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร ในช่วงเดือนมกราคม ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2556 เนื่องจากข้อมูลการปฏิบัติงานของรถบรรทุกที่ได้จากการบันทึกของเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบ ได้ทำการบันทึกลงแผ่นตารางการทำงานเรียบร้อยแล้วและทำการเลือกเฉพาะรายกะกลางวันมาใช้ในการศึกษาวิจัย

ใบตรวจสภาพรถบรรทุกหนัก/รายงานการปฏิบัติงาน																				
F1H.....	รับหิน.....			รถตัก.....			จุดตัก.....			ระยะทาง...			เครื่องย่อย..			วันที่			เดือน.....			พ.ศ.....			กะ.....			ผู้รายงาน.....		
รายการ	8.00-16.00												รวมเวลา	รวมเที่ยว	ตันหินในแต่ละเที่ยว					ตันหินรวม
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60			1	2	3	4	5	
รอรับหิน																				
รับหิน																				
วิ่งไป CR																				
รอเท																				
เทหิน																				
วิ่งไปจุดตัก																				
รายการ	9.00-17.00												รวมเวลา	รวมเที่ยว	ตันหินในแต่ละเที่ยว					ตันหินรวม
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60			1	2	3	4	5	
รอรับหิน																				
รับหิน																				
วิ่งไป CR																				
รอเท																				
เทหิน																				
วิ่งไปจุดตัก																				
รายการ	10.00-18.00												รวมเวลา	รวมเที่ยว	ตันหินในแต่ละเที่ยว					ตันหินรวม
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60			1	2	3	4	5	
รอรับหิน																				
รับหิน																				
วิ่งไป CR																				
รอเท																				
เทหิน																				
วิ่งไปจุดตัก																				
รายการ	11.00-19.00												รวมเวลา	รวมเที่ยว	ตันหินในแต่ละเที่ยว					ตันหินรวม
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60			1	2	3	4	5	
รอรับหิน																				
รับหิน																				
วิ่งไป CR																				
รอเท																				
เทหิน																				
วิ่งไปจุดตัก																				
รายการ	12.00-20.00												รวมเวลา	รวมเที่ยว	ตันหินในแต่ละเที่ยว					ตันหินรวม
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60			1	2	3	4	5	
รอรับหิน																				
รับหิน																				
วิ่งไป CR																				
รอเท																				
เทหิน																				
วิ่งไปจุดตัก																				
รายการ	13.00-21.00												รวมเวลา	รวมเที่ยว	ตันหินในแต่ละเที่ยว					ตันหินรวม
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60			1	2	3	4	5	
รอรับหิน																				
รับหิน																				
วิ่งไป CR																				
รอเท																				
เทหิน																				
วิ่งไปจุดตัก																				
รายการ	14.00-22.00												รวมเวลา	รวมเที่ยว	ตันหินในแต่ละเที่ยว					ตันหินรวม
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60			1	2	3	4	5	
รอรับหิน																				
รับหิน																				
วิ่งไป CR																				
รอเท																				
เทหิน																				
วิ่งไปจุดตัก																				
รายการ	15.00-23.00												รวมเวลา	รวมเที่ยว	ตันหินในแต่ละเที่ยว					ตันหินรวม
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60			1	2	3	4	5	
รอรับหิน																				
รับหิน																				
วิ่งไป CR																				
รอเท																				
เทหิน																				
วิ่งไปจุดตัก																				

รูปที่ 3-14 ตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลการปฏิบัติงานของรถบรรทุกภายในเหมืองหินปูน (ส่วนงานขนส่ง-บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย (แก่งคอย) จำกัด)

จากรูปที่ 3-14 เป็นตัวอย่างตารางการบันทึกข้อมูลการปฏิบัติงานของรถบรรทุกในแต่ละกะ บันทึกโดยเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบรถบรรทุกที่ใช้ในการปฏิบัติงาน ณ ขณะนั้น ภายในตารางการบันทึกข้อมูลจะประกอบด้วย หมายเลขรถบรรทุก จุดตัก หมายเลขรถตัก วัน เดือน ปีในการปฏิบัติงาน เวลาในการปฏิบัติงานของรถบรรทุกแต่ละขั้นตอน จำนวนตันหินที่รถบรรทุกสามารถขนส่งได้ในแต่ละเที่ยว ผลรวมของเวลาในการปฏิบัติงาน ผลรวมของตันหินและผลรวมของจำนวนเที่ยวที่รถบรรทุกปฏิบัติงาน จากรูปที่ 3-15 ถึง รูปที่ 3-17 เป็นการข้อมูลแสดงความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องจักรที่ใช้ในระบบปฏิบัติการขนส่ง ได้แก่ รถตัก เครื่องย่อย และรถบรรทุก โดยเครื่องจักรแต่ละชนิดจะแสดงสาเหตุความสูญเสียที่เกิดขึ้นพร้อมทั้งเวลาความสูญเสียและจำนวนครั้งของความสูญเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมดตลอดการปฏิบัติงานใน 1 กะ ความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากรถตัก ได้แก่ การรอรถตักตรวจสภาพ การเคลียร์หน้างาน การคัดหินก้อน การย้ายจุดตัก รถตัก breakdown เติมน้ำมัน ความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องย่อย ได้แก่ ตรวจสภาพเครื่องย่อย รอเทหน้าเครื่องย่อย เครื่องย่อย breakdown เปลี่ยนเครื่องย่อย รอรอบผสมสัดส่วน หินติดปากอ่าง ความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากรถบรรทุก ได้แก่ การตรวจสภาพเครื่องจักร การเติมน้ำมันและสารหล่อลื่น การเปลี่ยนหน้างานกะทันหัน รถบรรทุก breakdown เป็นต้น ซึ่งข้อมูลความสูญเสียเหล่านี้จะถูกนำมาประกอบกับผลการศึกษาวิจัยด้วยวิธีการชี้วัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

สูญเสียจากการรอรับหิน													
รอรถตักตรวจสภาพ		เคลียร์หน้างาน		คัดหินก้อน		ย้ายจุดตัก		รถตัก BD		เติมน้ำมัน		อื่น ๆ	
เวลา (นาที)	จำนวนครั้ง	เวลา (นาที)	จำนวนครั้ง	เวลา (นาที)	จำนวนครั้ง	เวลา (นาที)	จำนวนครั้ง	เวลา (นาที)	จำนวนครั้ง	เวลา (นาที)	จำนวนครั้ง	เวลา (นาที)	จำนวนครั้ง
13	1	20	4	26	2			45	1				
10	1	47	15	11	1	12	1						
		88	17	20	2	12	1						
		80	17	23	2	25	1						
		51	14	16	1	14	1						
10	1	56	16	14	1								
11	1	77	14	34	3	9	1						
		115	17	14	1								
13	1	30	3	24	2	26	1						
13	1	90	13										
		17	1	10	1	37	2	45	1				
12	1											55	19
		39	11	17	1	25	1						
11	1	32	9			13	1						
		27	10										
		15	5										
10	1	71	12	13	1	11	1			11	1	20	2
17	1	15	2	9	1								
16	1	14	2			4	1					10	1
												41	11
		30	4	10	1					13	1	39	1
10	1			44	6							29	10
		27	14	21	2	10	1						

รูปที่ 3-15 ข้อมูลความสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากรถตักจำแนกตามสาเหตุต่างๆ (ส่วนงานขนส่ง บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย (แก่งคอย) จำกัด)

เวลาสูญเสียจากการรอเทน (นาที)													
ตรวจสภาพเครื่องย่อย		รอเทหน้าเครื่องย่อย		เครื่องย่อย BD		เปลี่ยนเครื่องย่อย		รอรอบผสมสัดส่วน		หินดิดปากอ่าง		อื่น ๆ	
เวลา (นาที)	จำนวนครั้ง	เวลา (นาที)	จำนวนครั้ง	เวลา (นาที)	จำนวนครั้ง	เวลา (นาที)	จำนวนครั้ง	เวลา (นาที)	จำนวนครั้ง	เวลา (นาที)	จำนวนครั้ง	เวลา (นาที)	จำนวนครั้ง
		5	3										
		19	6									16	1
		24	7										
		12	9										
		38	8									22	1
12	1	16	6										
		24	8										
		17	7										
		16	5										
		16	6										
		33	7	85	1								
		23	5										
		65	19										
		98	19										
10	1	17	5										
		74	11										
		6	2										
		44	10										
		29	8										
												42	15
		42	11										

รูปที่ 3-16 ข้อมูลความสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากเครื่องย่อยจำแนกตามสาเหตุต่างๆ (ส่วนงานขนส่ง บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย (แก่งคอย) จำกัด)

เวลาสูญเสียจากรถบรรทุก													
ตรวจสภาพเครื่องจักร		เติมน้ำมัน/สารหล่อลื่น		เปลี่ยนแผนกะหันหัน		รอเปลี่ยนผลัด		รถบรรทุก BD		เคลียร์หินหน้าปากอ่าง		อื่น ๆ	
เวลา (นาที)	จำนวนครั้ง	เวลา (นาที)	จำนวนครั้ง	เวลา (นาที)	จำนวนครั้ง	เวลา (นาที)	จำนวนครั้ง	เวลา (นาที)	จำนวนครั้ง	เวลา (นาที)	จำนวนครั้ง	เวลา (นาที)	จำนวนครั้ง
5	1	5	1										
10	1	10	1			19	2						
												20	1
5	1	5	1										
5	1	5	1										
10	1	5	1										
10	1	5	1									15	1
10	1	8	1									9	1
5	1	5	1			9	1					19	1
												17	1
7	1											27	1
10	1	10	1										
15	1	7	1										
10	1	5	1					20	1				
10	1	5	1										
15	1	8	1										
15	1												
30	1												
												18	1
15	1												
10	1	5	1										

รูปที่ 3-17 ข้อมูลความสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากรถบรรทุกจำแนกตามสาเหตุต่างๆ (ส่วนงานขนส่ง บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย (แก่งคอย) จำกัด)

บทที่ 4
วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการนำวิธีการชี้วัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรมาประยุกต์ใช้กับระบบปฏิบัติการขนส่งภายในเหมืองหินปูน โดยมีรถบรรทุกซึ่งเป็นเครื่องจักรเพื่อการประเมินประสิทธิภาพในการทำงานของรถบรรทุกภายในเหมืองหินปูนและการประเมินปัจจัยที่ส่งผลให้การทำงานของรถบรรทุกทำงานได้อย่างไม่เต็มประสิทธิภาพ

ข้อมูลที่นำมาใช้เพื่อการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นข้อมูลจากส่วนขนส่งบริษัท ปูนซีเมนต์ไทย (แก่งคอย) จำกัด ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง เดือนมิถุนายน พ.ศ.2556 เป็นระยะเวลา 6 เดือน (เฉพาะกะกลางวัน)

4.1 วิธีประมวลผลงานวิจัย

ข้อมูลการปฏิบัติงานของรถบรรทุกที่รวบรวมได้จากส่วนงานขนส่งบริษัท ปูนซีเมนต์ไทย (แก่งคอย) จำกัด โดยข้อมูลถูกจัดเก็บในรูปของแผ่นตารางการทำงาน (spreadsheet) ในเบื้องต้นข้อมูลดังกล่าว ยังไม่มีการจัดหมวดหมู่ตามพื้นที่การปฏิบัติงานตามประเภทรถบรรทุกและประเภทของรถตัก เวลาความสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากสาเหตุต่างๆตามประเภทของเครื่องจักร ดังนั้นจึงต้องเริ่มจากการจัดหมวดหมู่ของข้อมูลก่อนการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

4.2 การจำแนกข้อมูลเพื่อใช้ในการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

การศึกษาวิจัยครั้งนี้จะศึกษาถึงประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของรถบรรทุก โดยทำการศึกษาเฉพาะกะกลางวัน ในการคำนวณค่าปัจจัยองค์ประกอบและค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรจำเป็นต้องจัดเตรียมข้อมูลเพิ่มเติมจากข้อมูลการปฏิบัติงานของรถบรรทุก ข้อมูลที่ต้องจัดเตรียมเพิ่มเติม ได้แก่ อัตราการผลิตที่ทำได้โดยเฉลี่ยและอัตราการผลิตที่ควรจะเป็น น้ำหนักที่รถบรรทุกขนส่งได้จริงในแต่ละรอบและน้ำหนักสูงสุดที่รถบรรทุกสามารถขนส่งได้ เพื่อการคำนวณค่าปัจจัยด้านสมรรถนะและค่าปัจจัยด้านคุณภาพ ตามลำดับ ทั้งนี้ต้องทำการจำแนกข้อมูลการทำงานของรถบรรทุกออกเป็นพื้นที่การทำงาน ได้แก่ พื้นที่โซนเอ พื้นที่โซนบีและพื้นที่โซนซี ตามลำดับก่อนการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

ในการจัดหมวดหมู่ข้อมูลเพื่อการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร เริ่มจากการแยกประเภทของรถบรรทุกตามคุณสมบัติเฉพาะของรถบรรทุก ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ รถบรรทุกรุ่น 777C รถบรรทุกรุ่น 777D และรถบรรทุกรุ่น 777B (ส่วนงานขนส่ง บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย (แก่งคอย) จำกัด) การจัดกลุ่มจุดตักให้อยู่ในรูปพื้นที่การปฏิบัติงาน ประกอบด้วย พื้นที่โซนเอ พื้นที่โซนบีและพื้นที่โซนซี ดังรูปที่ 4-1

วัน/เดือน/ปี	กะ	แผนการย่อย (นาที)	รถตัก	จุดตัก	ZONE	หมายเลขรถบรรทุก	เครื่องย่อย	จำนวนเที่ยว	ตันหินรวม	ตันหินเฉลี่ย (ตัน/เที่ยว)
14 มี.ค. 56	1	240	W01	LRL	A	F1H01	3	7	620	88.57
5 มี.ค. 56	1	472	W04	LRL	A	F1H01	4	21	1916	91.24
10 เม.ย. 56	1	450	W02	LRL	A	F1H01	3	21	1814	86.38
7 เม.ย. 56	1	470	W02	LQL	A	F1H01	4	23	2010	87.39
27 เม.ย. 56	1	360	W04	LRL	A	F1H01	3	16	1375	85.94
28 พ.ค. 56	1	470	W01	CLJ	A	F1H01	3	24	2000	83.33
5 มิ.ย. 56	1	450	W02	LRL	A	F1H01	3	19	1701	89.53
7 มิ.ย. 56	1	450	W02	LRL	A	F1H01	3	20	1783	89.15
2 ม.ค. 56	1	450	W03	CMK	A	F1H01	4	20	1733	86.65
19 ม.ค. 56	1	450	W04	LRL	A	F1H01	4	22	1890	85.91
22 ม.ค. 56	1	473	W02	CKK	A	F1H01	4	21	1844	87.81
13 ม.ค. 56	1	450	W02	LRL	A	F1H01	4	27	2375	87.96
11 มี.ค. 56	1	450	W04	LRL	A	F1H02	3	15	1299	86.60
3 มี.ค. 56	1	360	W03	LKL	A	F1H02	4	23	1962	85.30
20 เม.ย. 56	1	478	W04	CLJ	A	F1H02	3	29	2392	82.48
19 พ.ค. 56	1	478	W04	CLJ	A	F1H02	4	25	2160	86.40
7 มิ.ย. 56	1	450	W02	LRL	A	F1H02	3	20	1679	83.95
29 ม.ค. 56	1	450	W03	CKL	A	F1H02	3	18	1556	86.44
22 ม.ค. 56	1	240	W03	CKK	A	F1H03	3	11	942	85.64
8 ม.ค. 56	1	289	W04	CLJ	A	F1H03	3	13	1156	88.92
9 ม.ค. 56	1	450	W03	CKN	A	F1H03	4	20	1711	85.55
12 ม.ค. 56	1	465	W04	LRL	A	F1H03	3	17	1462	86.00
5 ม.ค. 56	1	455	W03	CKK	A	F1H03	3	22	1987	90.32
22 มี.ค. 56	1	400	W02	LRL	A	F1H04	3	14	1261	90.07
16 มี.ค. 56	1	476	W04	LRL	A	F1H04	4	21	1801	85.76
9 มี.ค. 56	1	440	W04	LRL	A	F1H04	3	19	1573	82.79
12 เม.ย. 56	1	450	W02	LRL	A	F1H04	3	20	1724	86.20
10 เม.ย. 56	1	450	W02	LRL	A	F1H04	4	21	1864	88.76
8 เม.ย. 56	1	450	W03	CMJ	A	F1H04	3	23	1914	83.22

รูปที่ 4-1 ข้อมูลการปฏิบัติงานของรถบรรทุกที่ผ่านการจัดหมวดหมู่เพื่อการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (ส่วนงานขนส่ง บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย (แก่งคอย) จำกัด)

สำหรับการจัดเตรียมข้อมูลเพิ่มเติมสำหรับการคำนวณค่าปัจจัยองค์ประกอบและค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร ได้แก่ อัตราการผลิตที่ทำได้โดยเฉลี่ยและอัตราการผลิตที่ควรจะเป็น น้ำหนักที่รถบรรทุกขนส่งได้จริงในแต่ละรอบและน้ำหนักสูงสุดที่รถบรรทุกสามารถขนส่งได้ รวมไปถึงวิธีการวิเคราะห์ความสูญเสียด้วยวิธี pain analysis มีขั้นตอนการคำนวณดังนี้

4.2.1 อัตราการผลิตโดยเฉลี่ยที่ทำได้ของรถบรรทุก

เป็นอัตราการผลิตที่เกิดขึ้นจริงจากการทำงานของรถบรรทุก หน่วย: ตัน/ชม.โดยอัตราการผลิตโดยเฉลี่ยที่ทำได้เท่ากับ

$$\text{อัตราการผลิตโดยเฉลี่ย} = \frac{\text{เวลาการปฏิบัติงานของรถบรรทุกใน 1 กะ X 60 x ตันหินต่อรอบ}}{\text{เวลาทั้งหมดใน 1 กะ X วงรอบการผลิต}} \quad (1)$$

4.2.1.1 ตัวอย่างการคำนวณอัตราการผลิตโดยเฉลี่ยที่ทำได้ของรถบรรทุก ในการคำนวณอัตราการผลิตโดยเฉลี่ยที่ทำได้ของรถบรรทุกนั้น ข้อมูลที่จำเป็น ได้แก่ เวลาการปฏิบัติงานของรถบรรทุกใน 1 กะ ตันหินต่อรอบ เวลาทั้งหมดใน 1 กะ (กำหนดให้เท่ากับ 480 นาที) วงรอบการผลิตของรถบรรทุก โดยข้อมูลเหล่านี้มีอยู่ในแผ่นตารางการทำงาน ซึ่งแสดงข้อมูลการปฏิบัติงานของรถบรรทุก ดังรูปที่ 4-2 ในที่นี้ จะคำนวณอัตราการผลิตโดยเฉลี่ยของรถบรรทุกหมายเลข F1H01 ซึ่งอยู่ในแถวแรกของแผ่นตารางการทำงาน

รถตัก	จุดตัก	ZONE	หมายเลขรถบรรทุก	เครื่องย่อย	จำนวนเที่ยว	ตันหินรวม	ตันหินเฉลี่ย (ตัน/เที่ยว)	ตัน/ชม ที่ทำได้จริง	ตัน/ชม ควรจะได้	เวลาที่สามารถปฏิบัติงานได้ของรถบรรทุก	วงรอบการผลิต				รวม
											รับหิน	วิ่งไป C	เทหิน	วิ่งไปจุด	
W01	LRL	A	F1H01	3	7	620	88.57	75.25	344.00	125	5.00	6.14	1.00	5.71	17.86
W04	LRL	A	F1H01	4	21	1916	91.24	225.75	344.00	366	4.00	6.62	1.00	5.81	17.43
W02	LRL	A	F1H01	3	21	1814	86.38	225.75	344.00	286	4.24	4.19	1.00	4.19	13.62
W02	LQL	A	F1H01	4	23	2010	87.39	247.25	344.00	318	4.04	4.26	1.00	4.52	13.83
W04	LRL	A	F1H01	3	16	1375	85.94	172.00	344.00	259	4.56	5.13	1.00	5.50	16.19
W01	CLJ	A	F1H01	3	24	2000	83.33	258.00	344.00	318	4.04	4.17	1.00	4.04	13.25
W02	LRL	A	F1H01	3	19	1701	89.53	204.25	344.00	264	4.26	4.26	1.00	4.37	13.89
W02	LRL	A	F1H01	3	20	1783	89.15	215.00	344.00	269	4.05	4.10	1.00	4.30	13.45
W03	CMK	A	F1H01	4	20	1733	86.65	215.00	344.00	284	4.20	4.65	1.00	4.35	14.20
W04	LRL	A	F1H01	4	22	1890	85.91	236.50	344.00	314	3.73	5.32	1.00	4.23	14.27
W02	CKK	A	F1H01	4	21	1844	87.81	225.75	344.00	310	4.19	5.48	1.00	4.10	14.76
W02	LRL	A	F1H01	4	27	2375	87.96	290.25	344.00	375	3.63	5.15	1.00	4.11	13.89
W04	LRL	A	F1H02	3	15	1299	86.60	161.25	344.00	200	4.13	3.93	1.00	4.27	13.33
W03	LKL	A	F1H02	4	23	1962	85.30	247.25	344.00	263	4.09	3.00	1.00	3.35	11.43
W04	CLJ	A	F1H02	3	29	2392	82.48	311.75	344.00	372	3.86	4.03	1.00	3.93	12.83
W04	CLJ	A	F1H02	4	25	2160	86.40	268.75	344.00	337	4.00	4.00	1.00	4.48	13.48
W02	LRL	A	F1H02	3	20	1679	83.95	215.00	344.00	265	4.90	3.80	1.00	3.55	13.25
W03	CKL	A	F1H02	3	18	1556	86.44	193.50	344.00	267	4.56	4.89	1.00	4.39	14.83
W03	CKK	A	F1H03	3	11	942	85.64	118.25	344.00	159	4.00	4.27	1.00	5.18	14.45
W04	CLJ	A	F1H03	3	13	1156	88.92	139.75	344.00	174	4.15	4.00	1.00	4.23	13.38
W03	CKN	A	F1H03	4	20	1711	85.55	215.00	344.00	237	3.40	4.05	1.00	3.40	11.85
W04	LRL	A	F1H03	3	17	1462	86.00	182.75	344.00	325	5.06	6.59	1.00	6.47	19.12
W03	CKK	A	F1H03	3	22	1987	90.32	236.50	344.00	270	2.45	4.68	1.00	4.14	12.27
W02	LRL	A	F1H04	3	14	1261	90.07	150.50	344.00	235	5.50	5.50	1.00	4.79	16.79
W04	LRL	A	F1H04	4	21	1801	85.76	225.75	344.00	297	4.48	4.14	1.00	4.52	14.14
W04	LRL	A	F1H04	3	19	1573	82.79	204.25	344.00	330	5.05	6.05	1.00	5.26	17.37
W02	LRL	A	F1H04	3	20	1724	86.20	215.00	344.00	279	3.95	4.20	1.00	4.80	13.95
W02	LRL	A	F1H04	4	21	1864	88.76	225.75	344.00	294	4.48	3.81	1.00	4.71	14.00

รูปที่ 4-2 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณอัตราการผลิตโดยเฉลี่ยของรถบรรทุก (ส่วนงานขนส่ง บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย(แก่งคอย) จำกัด)

จากสูตรการคำนวณอัตราการผลิตโดยเฉลี่ยที่ทำได้ของรถบรรทุกหมายเลข F1H01 หน่วย: ตัน/ชม.

$$\text{อัตราการผลิตโดยเฉลี่ย} = \frac{\text{เวลาการปฏิบัติงานของรถบรรทุกใน 1 กะ X 60 x ตันหินต่อรอบ}}{\text{เวลาทั้งหมดใน 1 กะ X วงรอบการผลิต}} \quad (1)$$

$$= \frac{125 \times 60 \times 88.57}{480 \times 17.88}$$

$$= 75.25$$

ทั้งนี้สามารถป้อนสูตรในการคำนวณเพื่อประมวลผลผ่านโปรแกรม Microsoft excel ซึ่งเป็นโปรแกรมตารางคำนวณ โดยป้อนสูตรในแถบ insert function พร้อมกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ

4.2.2 อัตราการผลิตที่ควรจะได้ของรถบรรทุก

เป็นอัตราการผลิตที่เกิดขึ้นในสภาวะการทำงานของรถบรรทุกไม่เกิดความสูญเสียขึ้นในระบบ มีหน่วยเป็นตัน/ชม.โดยอัตราการผลิตที่ทำได้ เท่ากับ

$$\text{อัตราการผลิตที่ควรจะได้ของรถบรรทุก} = \frac{\text{เวลาทั้งหมดใน 1 กะX 60 x truck rating}}{\text{เวลาทั้งหมดใน 1 กะ X วงรอบการผลิต}} \quad (2)$$

4.2.2.1 ตัวอย่างการคำนวณอัตราการผลิตโดยเฉลี่ยที่ควรจะได้ของรถบรรทุก การคำนวณอัตราการผลิตโดยเฉลี่ยที่ควรจะได้ของรถบรรทุกนั้น ข้อมูลที่จำเป็น ได้แก่ เวลาทั้งหมดใน 1 กะ (กำหนดให้เท่ากับ 480 นาที) ตันหินต่อรอบ วงรอบการผลิต (กำหนดให้เท่ากับ 15 นาที/รอบ) ดังรูปที่ 4-3 ในที่นี้ จะคำนวณอัตราการผลิตโดยเฉลี่ยที่ทำได้ของรถบรรทุกหมายเลข F1H01 ซึ่งอยู่ในแถว

แรกของแผ่นตารางการทำงาน จากสูตรการคำนวณอัตราการผลิตโดยเฉลี่ยที่ทำได้ของรถบรรทุกหมายเลข F1H01 หน่วย: ตัน/ชม.

$$\text{อัตราการผลิตโดยเฉลี่ย} = \frac{\text{เวลาการปฏิบัติงานของรถบรรทุกใน 1 กะ X 60 x ตันหินต่อรอบ}}{\text{เวลาทั้งหมดใน 1 กะ X วงรอบการผลิต}} \quad (1)$$

$$= \frac{480 \times 60 \times 86}{480 \times 15}$$

$$= 344$$

ทั้งนี้สามารถป้อนสูตรในการคำนวณเพื่อประมวลผลผ่านโปรแกรม Microsoft excel ซึ่งเป็นโปรแกรมตารางคำนวณ โดยป้อนสูตรในแถบ insert function พร้อมกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ

รถตัก	จุดตัก	ZONE	หมายเลขรถบรรทุก	เครื่องย่อย	จำนวนเที่ยว	ตันหินรวม	ตันหินเฉลี่ย (ตัน/เที่ยว)	ตัน/ชม ที่ทำได้จริง	ตัน/ชม ควรจะได้	เวลาที่สามารถปฏิบัติงานได้ของรถบรรทุก	วงรอบการผลิต				รวม
											รับหิน	วิ่งไป C	เทหิน	วิ่งไปจุด	
W01	LRL	A	F1H01	3	7	620	88.57	75.25	344.00	125	5.00	6.14	1.00	5.71	17.86
W04	LRL	A	F1H01	4	21	1916	91.24	225.75	344.00	366	4.00	6.62	1.00	5.81	17.43
W02	LRL	A	F1H01	3	21	1814	86.38	225.75	344.00	286	4.24	4.19	1.00	4.19	13.62
W02	LQL	A	F1H01	4	23	2010	87.39	247.25	344.00	318	4.04	4.26	1.00	4.52	13.83
W04	LRL	A	F1H01	3	16	1375	85.94	172.00	344.00	259	4.56	5.13	1.00	5.50	16.19
W01	CLJ	A	F1H01	3	24	2000	83.33	258.00	344.00	318	4.04	4.17	1.00	4.04	13.25
W02	LRL	A	F1H01	3	19	1701	89.53	204.25	344.00	264	4.26	4.26	1.00	4.37	13.89
W02	LRL	A	F1H01	3	20	1783	89.15	215.00	344.00	269	4.05	4.10	1.00	4.30	13.45
W03	CMK	A	F1H01	4	20	1733	86.65	215.00	344.00	284	4.20	4.65	1.00	4.35	14.20
W04	LRL	A	F1H01	4	22	1890	85.91	236.50	344.00	314	3.73	5.32	1.00	4.23	14.27
W02	CKK	A	F1H01	4	21	1844	87.81	225.75	344.00	310	4.19	5.48	1.00	4.10	14.76
W02	LRL	A	F1H01	4	27	2375	87.96	290.25	344.00	375	3.63	5.15	1.00	4.11	13.89
W04	LRL	A	F1H02	3	15	1299	86.60	161.25	344.00	200	4.13	3.93	1.00	4.27	13.33
W03	LKL	A	F1H02	4	23	1962	85.30	247.25	344.00	263	4.09	3.00	1.00	3.35	11.43
W04	CLJ	A	F1H02	3	29	2392	82.48	311.75	344.00	372	3.86	4.03	1.00	3.93	12.83
W04	CLJ	A	F1H02	4	25	2160	86.40	268.75	344.00	337	4.00	4.00	1.00	4.48	13.48
W02	LRL	A	F1H02	3	20	1679	83.95	215.00	344.00	265	4.90	3.80	1.00	3.55	13.25
W03	CKL	A	F1H02	3	18	1556	86.44	193.50	344.00	267	4.56	4.89	1.00	4.39	14.83
W03	CKK	A	F1H03	3	11	942	85.64	118.25	344.00	159	4.00	4.27	1.00	5.18	14.45
W04	CLJ	A	F1H03	3	13	1156	88.92	139.75	344.00	174	4.15	4.00	1.00	4.23	13.38
W03	CKN	A	F1H03	4	20	1711	85.55	215.00	344.00	237	3.40	4.05	1.00	3.40	11.85
W04	LRL	A	F1H03	3	17	1462	86.00	182.75	344.00	325	5.06	6.59	1.00	6.47	19.12
W03	CKK	A	F1H03	3	22	1987	90.32	236.50	344.00	270	2.45	4.68	1.00	4.14	12.27
W02	LRL	A	F1H04	3	14	1261	90.07	150.50	344.00	235	5.50	5.50	1.00	4.79	16.79
W04	LRL	A	F1H04	4	21	1801	85.76	225.75	344.00	297	4.48	4.14	1.00	4.52	14.14
W04	LRL	A	F1H04	3	19	1573	82.79	204.25	344.00	330	5.05	6.05	1.00	5.26	17.37
W02	LRL	A	F1H04	3	20	1724	86.20	215.00	344.00	279	3.95	4.20	1.00	4.80	13.95
W02	LRL	A	F1H04	4	21	1864	88.76	225.75	344.00	294	4.48	3.81	1.00	4.71	14.00

รูปที่ 4-3 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณอัตราการผลิตโดยเฉลี่ยของรถบรรทุก (ส่วนงานขนส่ง บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย(แก่งคอย) จำกัด)

4.2.3 การคำนวณความสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากสาเหตุต่างๆภายในระบบปฏิบัติการขนส่งโดยวิธี pain analysis

จากงานวิจัยของ (ÄLMEGRAN 2013) ได้ทำการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตชื่อว่า pain analysis เป็นวิธีการวิเคราะห์ความถี่และระยะเวลาที่เกิดความสูญเสียขึ้นเนื่องจากสาเหตุต่างๆของเครื่องจักร เพื่อเป็นการลดความซับซ้อนและเห็นความสูญเสียที่เป็นสาเหตุหลักได้ชัดเจนมากขึ้น วิธีการวิเคราะห์ความสูญเสียดังกล่าว มีวิธีการคำนวณดังนี้

ความสูญเสียที่เกิดขึ้น = เวลาทั้งหมดที่เกิดความสูญเสียจากสาเหตุนั้นๆ x จำนวนครั้งทั้งหมดที่เกิดความสูญเสียจากสาเหตุนั้นๆ

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้นำวิธีการดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการคำนวณความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกเนื่องมาจากเครื่องจักรภายในระบบปฏิบัติการขนส่ง จากรูปที่ 4-4 เป็นข้อมูลความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักร โดยจำแนกออกเป็นสาเหตุต่างๆ ในที่นี้จะคำนวณความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากรถตักเนื่องจากรอรถตักตรวจสภาพเป็นตัวอย่าง จากสูตรการคำนวณความสูญเสียที่เกิดขึ้น

ความสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากรอรถตักตรวจสภาพ = เวลาทั้งหมดที่เกิดความสูญเสียจากสาเหตุนั้นๆ X จำนวนครั้งทั้งหมดที่เกิด ความสูญเสียจากสาเหตุนั้นๆ

= (13+10+10+...+16+10) x (1+1+1+...+1+1)

= 3,030

สูญเสียจากการรอรับหิน													
รอรถตักตรวจสภาพ		เคลียร์หน้างาน		คัดหินก้อน		ย้ายจุดตัก		รถตัก BD		เติมน้ำมัน		อื่น ๆ	
เวลา (นาที)	จำนวนครั้ง	เวลา (นาที)	จำนวนครั้ง	เวลา (นาที)	จำนวนครั้ง	เวลา (นาที)	จำนวนครั้ง	เวลา (นาที)	จำนวนครั้ง	เวลา (นาที)	จำนวนครั้ง	เวลา (นาที)	จำนวนครั้ง
13	1	20	4	26	2			45	1				
10	1	47	15	11	1	12	1						
		88	17	20	2	12	1						
		80	17	23	2	25	1						
		51	14	16	1	14	1						
10	1	56	16	14	1								
11	1	77	14	34	3	9	1						
		115	17	14	1								
13	1	30	3	24	2	26	1						
13	1	90	13										
		17	1	10	1	37	2	45	1				
12	1											55	19
		39	11	17	1	25	1						
11	1	32	9			13	1						
		27	10										
		15	5										
10	1	71	12	13	1	11	1			11	1	20	2
17	1	15	2	9	1								
16	1	14	2			4	1					10	1
												41	11
		30	4	10	1					13	1	39	1
10	1			44	6							29	10
		27	14	21	2	10	1						

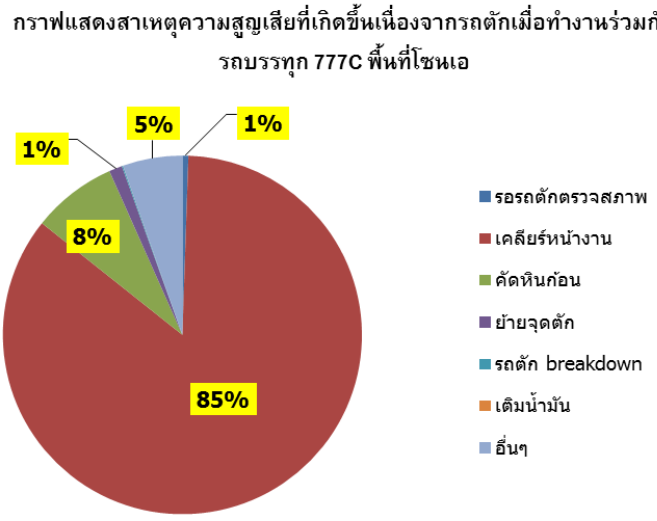
รูปที่ 4-4 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณอัตราการผลิตโดยเฉลี่ยของรถบรรทุก (ส่วนงานขนส่ง บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย (แก่งคอย จำกัด)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-1 แสดงผลการคำนวณความสูญเสียที่เกิดขึ้นโดยใช้วิธี pain analysis ของรถบรรทุกรุ่น 777C เมื่อปฏิบัติงานในพื้นที่โซนเอ โซนบีและโซนซี

Loss จากรถตัก	ผลคูณระหว่างเวลาทั้งหมดและจำนวนครั้งที่เกิดความสูญเสีย (ไม่มีหน่วย)
รอรถตักตรวจสภาพ	3030
เคลียร์หน้างาน	419070
คัดหินก้อน	35424
ย้ายจุดตัก	6132
รถตัก breakdown	180
เติมน้ำมัน	123
อื่นๆ	27576

ทั้งนี้สามารถป้อนสูตรในการคำนวณเพื่อประมวลผลผ่านโปรแกรม Microsoft excel ซึ่งเป็นโปรแกรมตารางคำนวณ โดยป้อนสูตรในแถบ insert function พร้อมกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ โดยผลการคำนวณความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากรถตักจำแนกตามสาเหตุต่างๆ ดังตารางที่ 4-1 และในรูปแบบแผนภูมิวงกลม ดังรูปที่ 4-5 ในส่วนของสาเหตุความสูญเสียอันเนื่องจากเครื่องย่อยและรถบรรทุก ให้คำนวณในลักษณะเดียวกับตัวอย่างการคำนวณความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากรถตัก



รูปที่ 4-5 แผนภูมิวงกลมแสดงผลการคำนวณความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากรถตัก จำแนกตามสาเหตุต่างๆ โดยใช้วิธี pain analysis

4.3 การคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุก

ปัจจัยองค์ประกอบในการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรประกอบด้วย 3 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยด้านความพร้อมใช้งาน (Availability factor: AF) ปัจจัยด้านสมรรถนะ (Performance factor: PF) และปัจจัยด้านคุณภาพ (Quality factor: QF) การคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรมีวิธีการคำนวณดังนี้ โดยสามารถป้อนสูตรในการคำนวณเพื่อประมวลผลผ่านโปรแกรม Microsoft excel ซึ่งเป็นโปรแกรมตารางคำนวณ โดยป้อนสูตรในแถบ insert function พร้อมกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ

4.3.1 ปัจจัยด้านความพร้อมใช้งาน (availability factor: AF %)

คือ สัดส่วนระหว่างเวลาปฏิบัติงานของรถบรรทุกใน 1 กะต่อเวลาทั้งหมดใน 1กะ โดยค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งานหรือ AF% มีวิธีการคำนวณดังนี้

$$\text{ปัจจัยด้านความพร้อมใช้งาน:} = \frac{\text{เวลาปฏิบัติงานของรถบรรทุกใน 1 กะ}}{\text{เวลาทั้งหมดใน 1 กะ}} \times 100 \quad (3)$$

4.3.2 ปัจจัยด้านสมรรถนะ (performance factor: PF %)

คือ สัดส่วนระหว่างอัตราการผลิตเฉลี่ยที่ทำได้จริง (1) ต่ออัตราการผลิตเฉลี่ยที่ควรจะได้ (2) ค่าปัจจัยด้านสมรรถนะหรือPF % มีวิธีการคำนวณดังนี้

$$\text{ปัจจัยด้านสมรรถนะ:} = \frac{\text{อัตราการผลิตโดยเฉลี่ยที่ทำได้จริงของรถบรรทุก (ตัน/ชม.)}}{\text{อัตราการผลิตโดยเฉลี่ยที่ควรจะได้ของรถบรรทุก (ตัน/ชม.)}} \times 100 \quad (4)$$

4.3.3 ปัจจัยด้านคุณภาพ (quality: QF %)

คือ สัดส่วนระหว่างน้ำหนักหินที่ขนส่งได้จริงในแต่ละเที่ยวเทียบกับน้ำหนักสูงสุดที่สามารถบรรทุกหินนั้นๆได้ โดยน้ำหนักสูงสุดที่สามารถบรรทุกได้นั้นจะมีค่าเฉพาะขึ้นกับชนิดของรถ ค่า QF% มีวิธีการคำนวณดังนี้

$$\text{ปัจจัยด้านคุณภาพ} = \frac{\text{น้ำหนักวัตถุดิบที่ขนส่งได้ในแต่ละเที่ยว (ตัน)}}{\text{น้ำหนักสูงสุดที่สามารถบรรทุกได้ (ตัน)}} \times 100 \quad (5)$$

ดังนั้น ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร=AF %x PF % x QF%

4.4 ตัวอย่างการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรเกิดจากผลคูณของปัจจัยองค์ประกอบทั้ง 3 ปัจจัย ได้แก่ ค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งาน ค่าปัจจัยด้านสมรรถนะและค่าปัจจัยด้านคุณภาพ ก่อนการคำนวณค่าปัจจัยองค์ประกอบต่างๆจะต้องทำการจำแนกข้อมูลตามพื้นที่การปฏิบัติงาน ประเภทของรถบรรทุก

ประเภทของรถตัก จากนั้นจึงทำการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรและปัจจัยองค์ประกอบ โดยแต่ละปัจจัยมีวิธีการคำนวณดังนี้

4.4.1 ปัจจัยด้านความพร้อมใช้งาน: AF%

ข้อมูลที่จำเป็นต่อการคำนวณปัจจัยด้านความพร้อมใช้งาน คือ เวลาปฏิบัติงานของรถบรรทุกใน 1 กะ ดังรูปที่ 4-6 ตัวอย่างเช่น ข้อมูลรถบรรทุกรุ่น 777C (แทนด้วย F1H01 F1H02 F1H03 และF1H04) ในเดือนมกราคม ทำงานจำนวน 20 วัน เวลาการปฏิบัติงานของรถบรรทุกได้แก่ 125 366 286 เรื่อยไปจนถึง 270 นาที ดังนั้น ปัจจัยด้านความพร้อมใช้งานของรถบรรทุกรุ่น 777C เท่ากับ

$$\frac{\text{เวลาปฏิบัติงานของรถบรรทุกใน 1 กะ}}{\text{เวลาทำงานใน 1 กะ}} = \frac{(125+366+286+....+270)}{480 \text{ X } 20} \text{ X } 100$$

$$= 57.61\ \%$$

ทั้งนี้สามารถป้อนสูตรในการคำนวณเพื่อประมวลผลผ่านโปรแกรม Microsoft excel ซึ่งเป็นโปรแกรมตารางคำนวณ โดยป้อนสูตรในแถบ insert function พร้อมกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ

รถตัก	จุดตัก	ZONE	หมายเลขรถบรรทุก	เครื่องย่อย	จำนวนเที่ยว	ตันหินรวม	ตันหินเฉลี่ย (ตัน/เที่ยว)	ตัน/ชม ที่ทำได้จริง	ตัน/ชม ควรจะได้	ความสูญเสียจากการปฏิบัติงาน	ความสูญเสียจากเครื่องจักร	เวลาปฏิบัติงานของรถบรรทุก
W02	LRL	A	F1H01	3	21	1814	86.38	225.75	344.00	19.00	175.00	286
W02	LQL	A	F1H01	4	23	2010	87.39	247.25	344.00	0.00	182.00	318
W02	LRL	A	F1H01	3	19	1701	89.53	204.25	344.00	27.00	189.00	264
W02	LRL	A	F1H01	3	20	1783	89.15	215.00	344.00	31.00	180.00	269
W03	CMK	A	F1H01	4	20	1733	86.65	215.00	344.00	48.00	148.00	284
W02	CKK	A	F1H01	4	21	1844	87.81	225.75	344.00	45.00	125.00	310
W02	LRL	A	F1H01	4	27	2375	87.96	290.25	344.00	38.00	67.00	375
W03	LKL	A	F1H02	4	23	1962	85.30	247.25	344.00	118.00	99.00	263
W02	LRL	A	F1H02	3	20	1679	83.95	215.00	344.00	37.00	178.00	265
W03	CKL	A	F1H02	3	18	1556	86.44	193.50	344.00	75.00	138.00	267
W03	CKK	A	F1H03	3	11	942	85.64	118.25	344.00	256.00	65.00	159
W03	CKN	A	F1H03	4	20	1711	85.55	215.00	344.00	104.00	139.00	237
W03	CKK	A	F1H03	3	22	1987	90.32	236.50	344.00	95.00	115.00	270
W02	LRL	A	F1H04	3	14	1261	90.07	150.50	344.00	91.00	154.00	235
W02	LRL	A	F1H04	3	20	1724	86.20	215.00	344.00	23.00	178.00	279
W02	LRL	A	F1H04	4	21	1864	88.76	225.75	344.00	19.00	167.00	294
W03	CMJ	A	F1H04	3	23	1914	83.22	247.25	344.00	26.00	138.00	316
W02	CMJ	A	F1H04	4	20	2015	100.75	215.00	344.00	61.00	129.00	290
W02	LRL	A	F1H04	3	20	1771	88.55	215.00	344.00	-31.00	256.00	255
W02	LRL	A	F1H04	3	19	1589	82.58	204.25	344.00	15.00	170.00	295

รูปที่ 4-6 เวลาปฏิบัติงานของรถบรรทุกใน 1 กะ เป็นข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งาน

4.4.2 ปัจจัยด้านสมรรถนะ: PF %

ข้อมูลที่จำเป็นต่อการคำนวณปัจจัยด้านสมรรถนะ คือ อัตราการผลิตที่รถบรรทุก (ตัน/ชม.) สามารถทำได้และอัตราการผลิตที่รถบรรทุกควรจะทำได้ ดังรูปที่ 4-7 ตัวอย่างเช่น ข้อมูลรถบรรทุกรุ่น 777C (แทนด้วย F1H01 F1H02 F1H03 และF1H04) ในเดือนมกราคม ทำงานจำนวน 20 วัน อัตราการผลิตที่รถบรรทุก ได้แก่ 225.75 247.5 เรื่อยไปจนถึง 204.25 ตัน/ชม. ดังนั้นปัจจัยด้านสมรรถนะของรถบรรทุกรุ่น 777C เท่ากับ

$$\frac{\text{อัตราการผลิตโดยเฉลี่ยที่ทำได้จริง (ตัน/ชม.)}}{\text{อัตราการผลิตโดยเฉลี่ยที่ควรจะได้(ตัน/ชม.)}} = \frac{(225.75+247.5+204.25+....+204.25)}{344x20} \text{ X } 100$$

$$= 60.21\%$$

ทั้งนี้สามารถป้อนสูตรในการคำนวณเพื่อประมวลผลผ่านโปรแกรม Microsoft excel ซึ่งเป็นโปรแกรมตารางคำนวณ โดยป้อนสูตรในแถบ insert function พร้อมกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ

มายเลขรถบรรทุก	เครื่องย่อย	จำนวนเที่ยว	ตันหินรวม	ตันหินเฉลี่ย (ตัน/เที่ยว)	ตัน/ชม ที่ทำได้จริง	ตัน/ชม ควรจะได้	ความสูญเสียจากการปฏิบัติงาน	ความสูญเสียจากเครื่องจักร	เวลาปฏิบัติงานของรถบรรทุก
F1H01	3	21	1814	86.38	225.75	344.00	19.00	175.00	288
F1H01	4	23	2010	87.39	247.25	344.00	0.00	182.00	318
F1H01	3	19	1701	89.53	204.25	344.00	27.00	189.00	264
F1H01	3	20	1783	89.15	215.00	344.00	31.00	180.00	269
F1H01	4	20	1733	86.65	215.00	344.00	48.00	148.00	284
F1H01	4	21	1844	87.81	225.75	344.00	45.00	125.00	310
F1H01	4	27	2375	87.96	290.25	344.00	38.00	67.00	375
F1H02	4	23	1962	85.30	247.25	344.00	118.00	99.00	263
F1H02	3	20	1679	83.95	215.00	344.00	37.00	178.00	265
F1H02	3	18	1556	86.44	193.50	344.00	75.00	138.00	267
F1H03	3	11	942	85.64	118.25	344.00	256.00	65.00	159
F1H03	4	20	1711	85.55	215.00	344.00	104.00	139.00	237
F1H03	3	22	1987	90.32	236.50	344.00	95.00	115.00	270
F1H04	3	14	1261	90.07	150.50	344.00	91.00	154.00	235
F1H04	3	20	1724	86.20	215.00	344.00	23.00	178.00	279
F1H04	4	21	1864	88.76	225.75	344.00	19.00	167.00	294
F1H04	3	23	1914	83.22	247.25	344.00	26.00	138.00	316
F1H04	4	20	2015	100.75	215.00	344.00	61.00	129.00	290
F1H04	3	20	1771	88.55	215.00	344.00	-31.00	256.00	255
F1H04	3	19	1569	82.58	204.25	344.00	15.00	170.00	295

รูปที่ 4-7 อัตราการผลิตโดยเฉลี่ยที่ทำได้จริงและอัตราการผลิตโดยเฉลี่ยที่ควรจะได้ เป็นข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณปัจจัยด้านสมรรถนะ

4.4.3 ปัจจัยด้านคุณภาพ: QF%

ข้อมูลที่จำเป็นต่อการคำนวณค่าปัจจัยด้านคุณภาพ คือ ปริมาณตันหินที่บรรทุกได้เฉลี่ยในแต่ละเที่ยว ดังรูปที่ 4-8 โดยเทียบกับปริมาณหินที่รถบรรทุกสามารถขนส่งได้สูงสุด(ตัน) ตามคุณสมบัติเฉพาะของรถบรรทุกรุ่นนั้นๆ หาได้จากผลต่างระหว่าง loaded weight กับ empty weight ซึ่งบรรจุอยู่ในคู่มือคุณสมบัติเฉพาะของรถบรรทุก ดังรูปที่ 4-9 ตัวอย่างเช่น ข้อมูลรถบรรทุกรุ่น 777C (แทนด้วย F1H01 F1H02 F1H03 และF1H04) ในเดือนมกราคมทำงานจำนวน 20 วัน ปริมาณหินที่บรรทุกได้ในแต่ละเที่ยวโดยเฉลี่ย ได้แก่ 88.38 87.39 89.53 เรื่อยไปจนถึง 82.58 ตัน ดังนั้น ค่าปัจจัยด้านคุณภาพของของรถบรรทุกรุ่น 777C เท่ากับ

$$\frac{\text{ปริมาณหินที่บรรทุกได้ในแต่ละเที่ยว}}{\text{ปริมาณหินที่รถบรรทุกสามารถขนส่งได้สูงสุด}} = \frac{(88.57+91.24+86.38+\ldots+87.96)}{86.916 \times 20} \times 100$$

$$= 100.80\ \%$$

ทั้งนี้สามารถป้อนสูตรในการคำนวณเพื่อประมวลผลผ่านโปรแกรม Microsoft excel ซึ่งเป็นโปรแกรมตารางคำนวณ โดยป้อนสูตรในแถบ insert function พร้อมกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ

ZONE	หมายเลขรถบรรทุก	เครื่องย่อย	จำนวนเที่ยว	ตันหินรวม	ตันหินเฉลี่ย (ตัน/เที่ยว)	ตัน/ชม ที่ทำได้จริง	ตัน/ชม ควรจะได้	ความสูญเสียจากการปฏิบัติงาน	ความสูญเสียจากเครื่องจักร	เวลาปฏิบัติงานของรถบรรทุก
A	F1H01	3	21	1814	86.38	225.75	344.00	19.00	175.00	286
A	F1H01	4	23	2010	87.39	247.25	344.00	0.00	162.00	318
A	F1H01	3	19	1701	89.53	204.25	344.00	27.00	189.00	264
A	F1H01	3	20	1783	89.15	215.00	344.00	31.00	180.00	269
A	F1H01	4	20	1733	86.65	215.00	344.00	48.00	148.00	284
A	F1H01	4	21	1844	87.81	225.75	344.00	45.00	125.00	310
A	F1H01	4	27	2375	87.96	290.25	344.00	38.00	67.00	375
A	F1H02	4	23	1962	85.30	247.25	344.00	118.00	99.00	263
A	F1H02	3	20	1679	83.95	215.00	344.00	37.00	178.00	265
A	F1H02	3	18	1566	86.44	193.50	344.00	75.00	138.00	267
A	F1H03	3	11	942	85.64	118.25	344.00	256.00	65.00	159
A	F1H03	4	20	1711	85.55	215.00	344.00	104.00	139.00	237
A	F1H03	3	22	1987	90.32	236.50	344.00	95.00	115.00	270
A	F1H04	3	14	1261	90.07	150.50	344.00	91.00	154.00	235
A	F1H04	3	20	1724	86.20	215.00	344.00	23.00	178.00	279
A	F1H04	4	21	1864	88.76	225.75	344.00	19.00	167.00	294
A	F1H04	3	23	1914	83.22	247.25	344.00	26.00	138.00	316
A	F1H04	4	20	2015	100.75	215.00	344.00	61.00	129.00	290
A	F1H04	3	20	1771	88.55	215.00	344.00	-31.00	256.00	255
A	F1H04	3	19	1569	82.58	204.25	344.00	15.00	170.00	295

รูปที่ 4-8 ปริมาณหินที่บรรทุกได้ในแต่ละเที่ยวและปริมาณหินที่รถบรรทุกสามารถขนส่งได้สูงสุดได้จากผลต่างระหว่าง Loaded weight กับ Empty weight เป็นข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณปัจจัยด้านคุณภาพ

CATERPILLAR 777B ROCK TRUCK

Specification

Engine		
MAKE	Caterpillar	
MODEL	3508	
GROSS POWER	919.9 hp	686 kw
NET POWER	870.3 hp	649 kw
DISPLACEMENT	2105.3 cu in	34.5 L
Operational		
FUEL CAPACITY	249.9 gal	946 L
TIRE SIZE	24.00-49 48PR	
Transmission		
NUMBER OF GEARS - FORWARD	7	
MAX SPEED	37.3 mph	60 km/h
Weights		
EMPTY WEIGHT	132398.6 lb	60055 kg
LOADED WEIGHT	324004.6 lb	146966 kg
WEIGHT DISTRIBUTION FRONT - EMPTY	47 %	
WEIGHT DISTRIBUTION REAR - EMPTY	53 %	
WEIGHT DISTRIBUTION FRONT - LOADED	33 %	
WEIGHT DISTRIBUTION REAR - LOADED	67 %	

รูปที่ 4-9 ปริมาณหินที่บรรทุกได้ในแต่ละเที่ยวและปริมาณหินที่รถบรรทุกสามารถขนส่งได้สูงสุดได้จากผลต่างระหว่าง loaded weight กับ empty weight เป็นข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณปัจจัยด้านคุณภาพ

บทที่ 5
ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผล

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการนำวิธีการชี้วัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร มาประยุกต์ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของรถบรรทุกในระบบปฏิบัติการขนส่งของเหมืองหินปูน

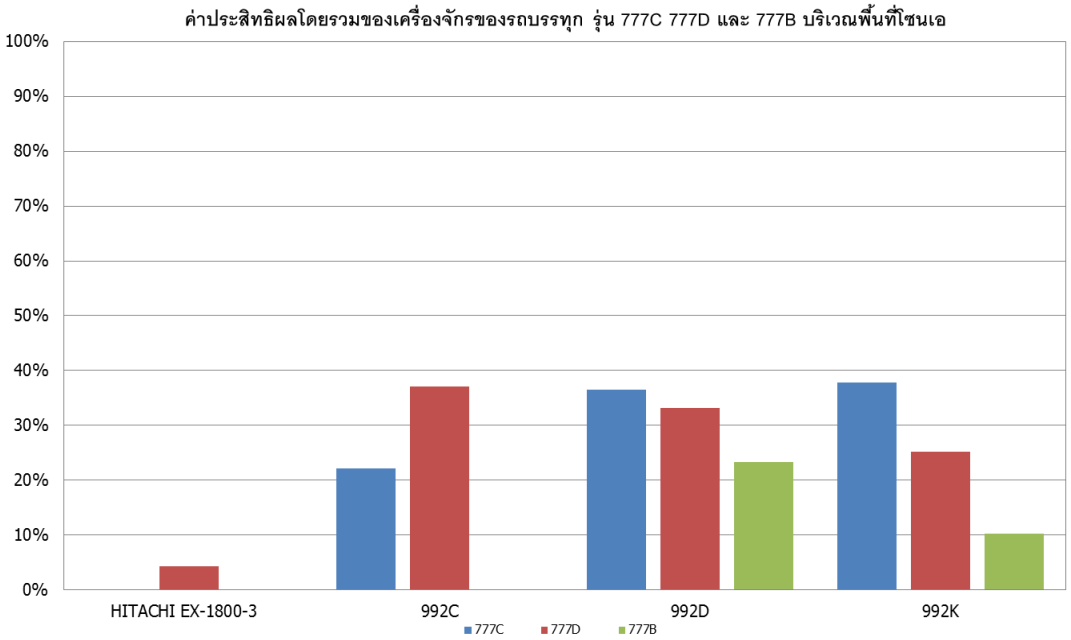
ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรเกิดจากผลคูณของปัจจัยองค์ประกอบทั้ง 3 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยด้านความพร้อมใช้งาน (การเปรียบเทียบระหว่างเวลาที่รถบรรทุกทำงานจริงเทียบกับเวลาทั้งหมดใน 1 กะ) ปัจจัยด้านสมรรถนะ (การเปรียบเทียบระหว่างอัตราการผลิตที่รถบรรทุกทำได้จริงเทียบกับอัตราการผลิตที่รถบรรทุกควรทำได้) และปัจจัยด้านคุณภาพ (การเปรียบเทียบระหว่างน้ำหนักหินที่รถบรรทุกขนส่งได้จริงในแต่ละเที่ยวเทียบกับน้ำหนักสูงสุดที่รถบรรทุกสามารถขนส่งได้) ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรที่คำนวณได้ จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าของปัจจัยองค์ประกอบ โดยปัจจัยองค์ประกอบแต่ละปัจจัยจะสัมพันธ์กับความสูญเสียที่เกิดขึ้นในรูปของเวลา กล่าวคือ ถ้าปัจจัยองค์ประกอบมีค่าน้อย แสดงถึงความสูญเสียเกิดขึ้นในกระบวนการปฏิบัติงานเกิดขึ้นมาก ถ้าปัจจัยองค์ประกอบมีค่ามาก แสดงถึงความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการปฏิบัติงานมีน้อย ซึ่งช่วยให้สามารถพิจารณาประเภทความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับการปฏิบัติงานของเครื่องจักรต่างๆ และเพื่อเป็นการกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาได้อย่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกภายในระบบปฏิบัติการขนส่งภายในเหมืองหินปูนของพื้นที่ศึกษา ซึ่งแบ่งพื้นที่การผลิตออกเป็น 3 โซน ได้แก่ บริเวณพื้นที่โซนเอ พื้นที่โซนบีและพื้นที่โซนซี จำแนกตามประเภทของรถตัก ประกอบด้วย รถตัก HITACHI รุ่น EX-1800-3 (หมายเลข E02) รถตักรุ่น 992C (หมายเลข W01) รถตักรุ่น 992D (หมายเลข W02- และ W03) รถตักรุ่น 992K (หมายเลข W04) ซึ่งปฏิบัติงานร่วมกับรถบรรทุกรุ่น 777C (หมายเลข F1H01 F1H02 F1H03 และF1H04) รถบรรทุกรุ่น 777D (หมายเลข F1H05 F1H06 F1H07 F1H08 F1H09 และ F1H10) และรถบรรทุกรุ่น 777B (หมายเลข F1H11)ได้ผลการศึกษา ดังนี้

5.1 ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกเมื่อปฏิบัติงานร่วมกับรถตักรุ่นต่างๆ บริเวณพื้นที่โซนเอ

พื้นที่โซนเอเนื่องจากไม่ใช่หน้าหลักในการผลิตวัตถุดิบสำหรับการผลิตปูนซีเมนต์ ทำให้การปฏิบัติงานในพื้นที่ดังกล่าวจึงมีไม่มากนัก จากรูปที่ 5-1 เป็นแผนภูมิแท่งแสดงค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกบริเวณพื้นที่โซนเอ เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่นต่างๆ พบว่าภาพรวมของค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกอยู่ในช่วง 20-40% โดยรถบรรทุกรุ่น 777C เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น 992C มีค่าเท่ากับ 22.13% รถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 36.47% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 37.88% รถบรรทุกรุ่น 777D เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น HITACHI EX-1800-

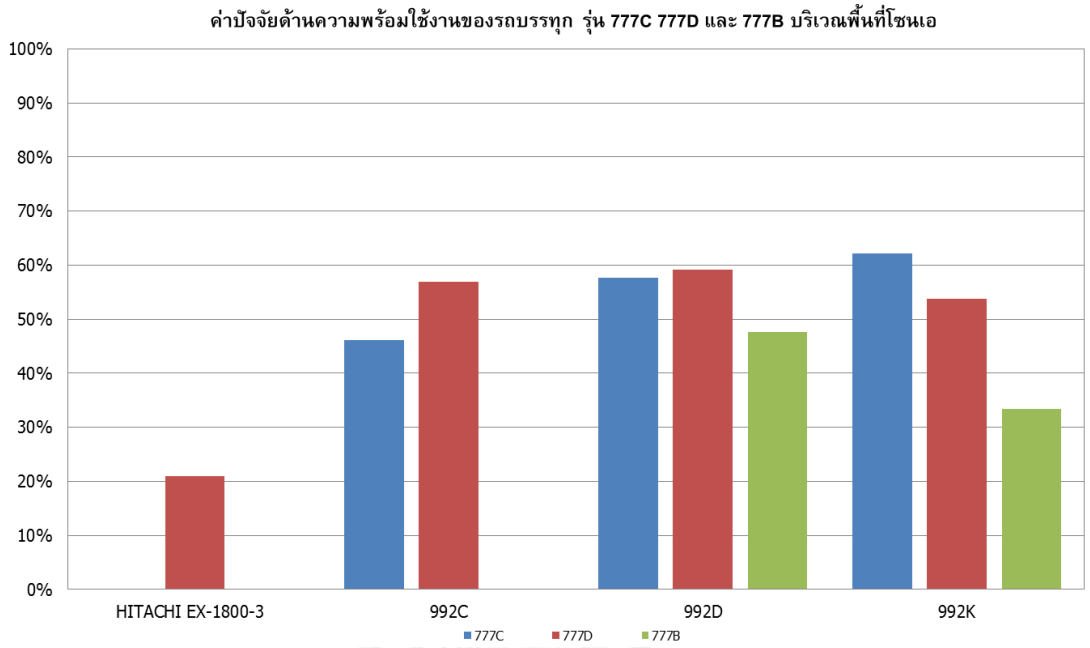
3 มีค่าเท่ากับ 4.30% รถตักรุ่น 992C มีค่าเท่ากับ 37.09% รถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 33.13% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 25.17% รถบรรทุกรุ่น 777B เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 23.36% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 10.29%



รูปที่ 5-1 ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุก บริเวณพื้นที่โซนเอ

5.1.1 ค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งานของรถบรรทุกบริเวณพื้นที่โซนเอ

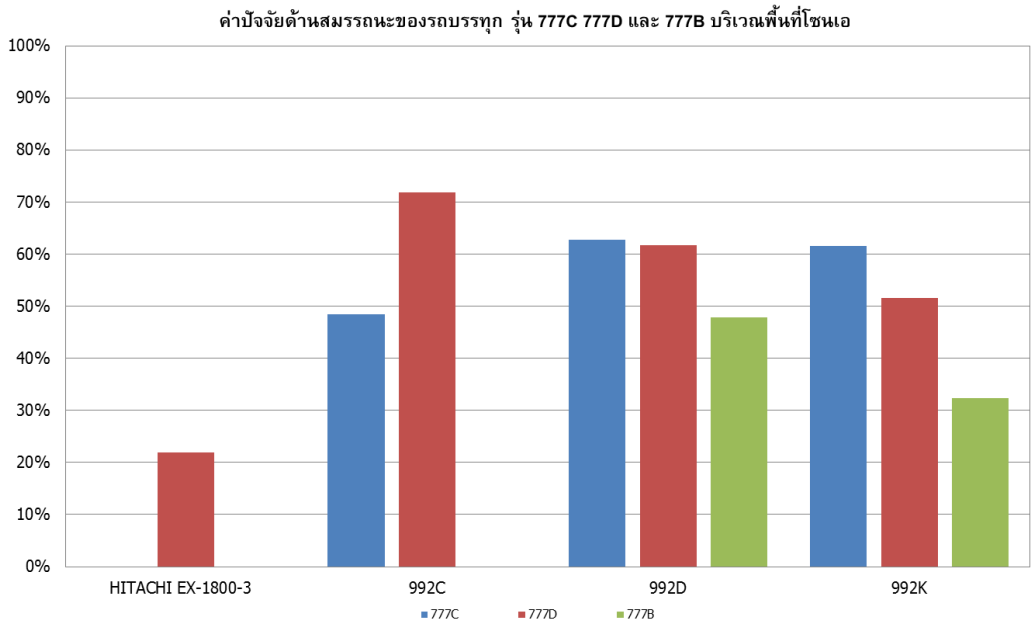
จากรูปที่ 5-2 เป็นแผนภูมิแท่งแสดงค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งานของรถบรรทุกในพื้นที่โซนเอ เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่นต่างๆ พบว่าภาพรวมของค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งานของรถบรรทุกอยู่ในช่วง 20-60% โดยรถบรรทุกรุ่น 777C เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น 992C มีค่าเท่ากับ 46.15% รถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 57.61% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 62.20% รถบรรทุกรุ่น 777D เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น HITACHI EX-1800-3 มีค่าเท่ากับ 21.04% รถตักรุ่น 992C มีค่าเท่ากับ 56.98% รถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 59.19% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 53.80% รถบรรทุกรุ่น 777B เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 47.64% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 33.33%



รูปที่ 5-2 ค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งานของรถบรรทุก บริเวณพื้นที่โซนเอ

5.1.2 ค่าปัจจัยด้านสมรรถนะของรถบรรทุกบริเวณพื้นที่โซนเอ

จากรูปที่ 5-3 เป็นแผนภูมิแท่งแสดงค่าปัจจัยด้านสมรรถนะของรถบรรทุกในพื้นที่โซนเอ เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่นต่างๆ พบว่าภาพรวมของค่าปัจจัยด้านสมรรถนะของรถบรรทุกอยู่ในช่วง 20-72% โดยรถบรรทุกรุ่น 777C เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น 992C มีค่าเท่ากับ 48.44% รถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 62.81% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 61.54% รถบรรทุกรุ่น 777D เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น HITACHI EX-1800-3 มีค่าเท่ากับ 21.88% รถตักรุ่น 992C มีค่าเท่ากับ 71.88% รถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 61.70% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 51.56% รถบรรทุกรุ่น 777B เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 47.92% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 32.29%

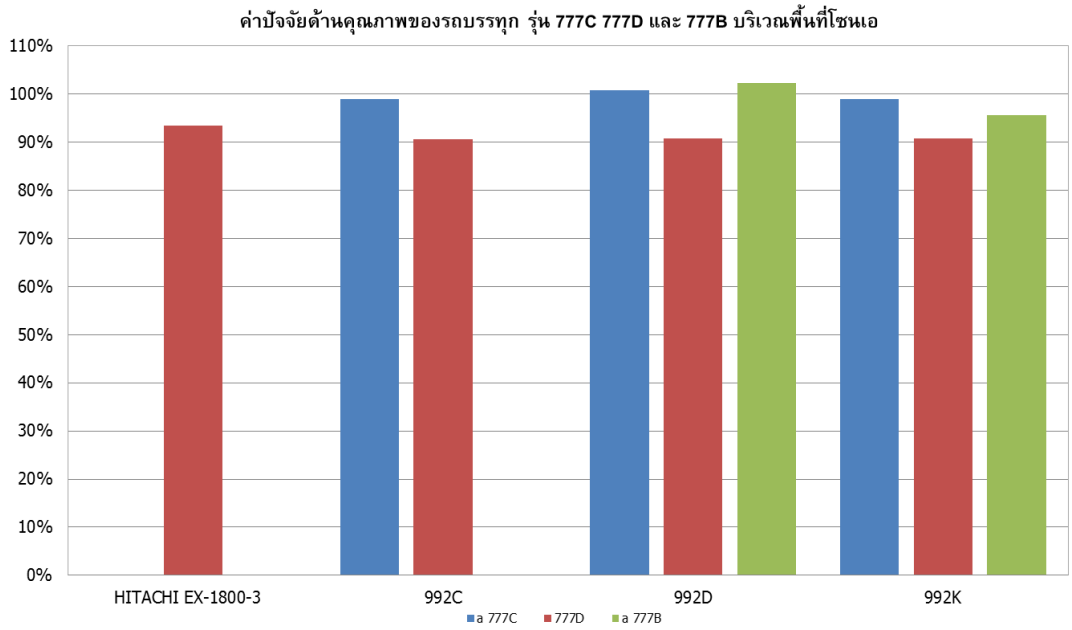


รูปที่ 5-3 ค่าปัจจัยด้านสมรรถนะของรถบรรทุก บริเวณพื้นที่โซนเอ

5.1.3 ค่าปัจจัยด้านคุณภาพของรถบรรทุกบริเวณพื้นที่โซนเอ

จากรูปที่ 5-4 เป็นแผนภูมิแท่งแสดงค่าปัจจัยด้านคุณภาพของรถบรรทุกในพื้นที่โซนเอ เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่นต่างๆ พบว่าภาพรวมของค่าปัจจัยด้านคุณภาพของรถบรรทุกอยู่ในช่วง 90-102% โดยรถบรรทุกรุ่น 777C เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น 992C มีค่าเท่ากับ 98.99% รถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 100.80% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 98.95% รถบรรทุกรุ่น 777D เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น HITACHI EX-1800-3 มีค่าเท่ากับ 93.37% รถตักรุ่น 992C มีค่าเท่ากับ 90.56% รถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 90.71% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 90.74% รถบรรทุกรุ่น 777B เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 102.33% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 95.57%

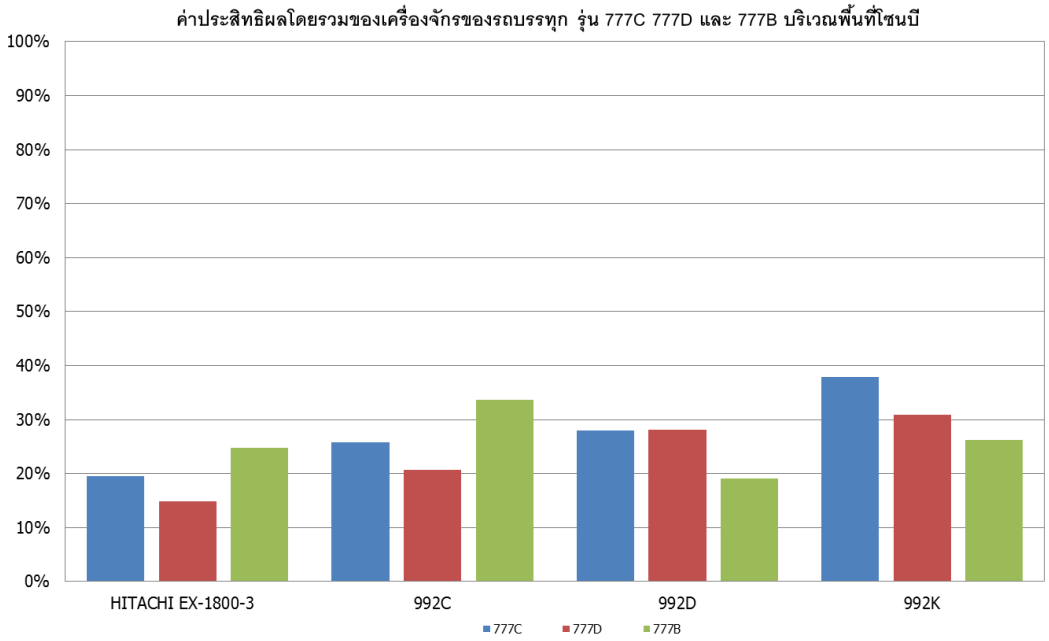
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 5-4 ค่าปัจจัยด้านคุณภาพของรถบรรทุก บริเวณพื้นที่โซนเอ

5.2 ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกเมื่อปฏิบัติงานร่วมกับรถตักรุ่นต่างๆ บริเวณพื้นที่โซนบี

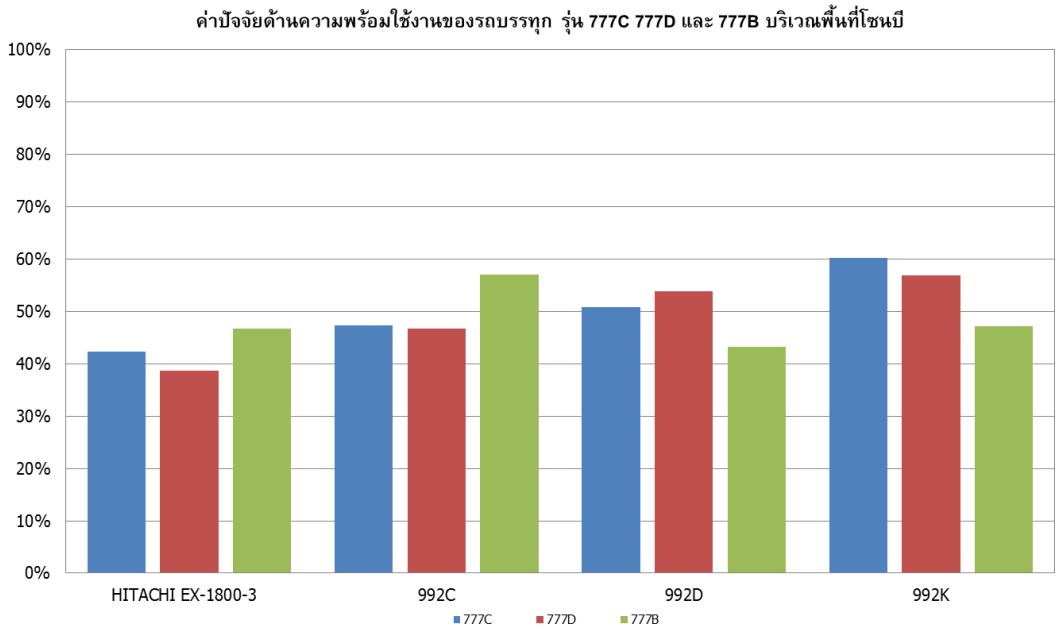
จากรูปที่ 5-5 เป็นแผนภูมิแท่งแสดงค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุก บริเวณพื้นที่โซนบี เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่นต่างๆ พบว่าภาพรวมของค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกอยู่ในช่วง 14-38% โดยรถบรรทุกรุ่น 777C เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น HITACHI EX-1800-3 มีค่าเท่ากับ 19.50% รถตักรุ่น 992C มีค่าเท่ากับ 25.82% รถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 27.95% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 37.88% รถบรรทุกรุ่น 777D เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น HITACHI EX-1800-3 มีค่าเท่ากับ 14.86% รถตักรุ่น 992C มีค่าเท่ากับ 20.73% รถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 28.12% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 30.88% รถบรรทุกรุ่น 777B เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น HITACHI EX-1800-3 มีค่าเท่ากับ 24.75% รถตักรุ่น 992C มีค่าเท่ากับ 33.62% รถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 19.02% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 26.18%



รูปที่ 5-5 ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุก บริเวณพื้นที่โซนบี

5.2.1 ค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งานของรถบรรทุกบริเวณพื้นที่โซนบี

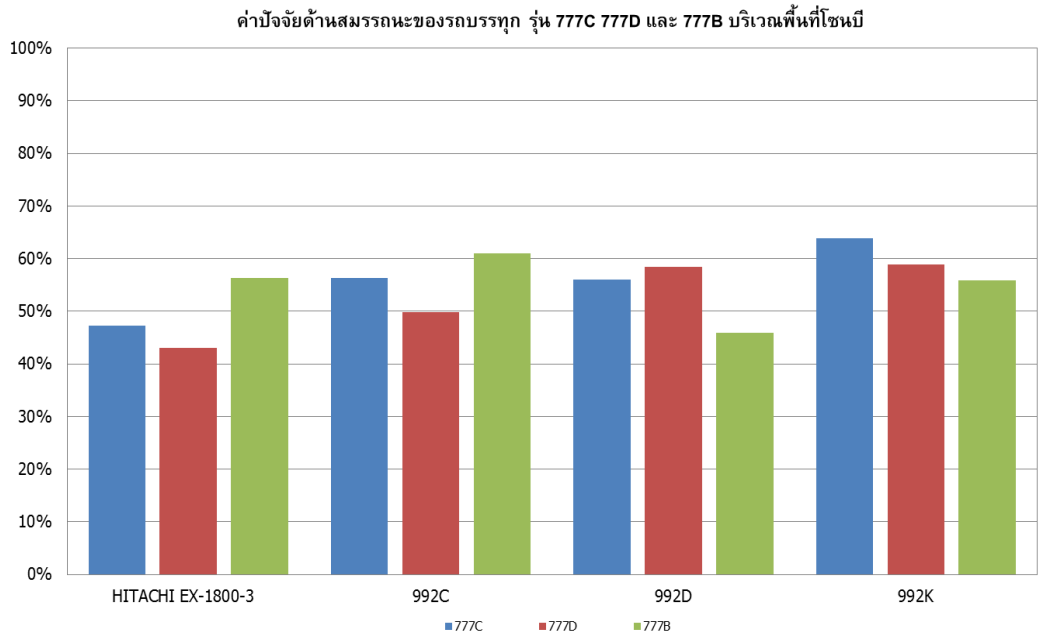
จากรูปที่ 5-6 เป็นแผนภูมิแท่งแสดงค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งานของรถบรรทุกบริเวณพื้นที่โซนบี เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่นต่างๆ พบว่าภาพรวมของค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งานของรถบรรทุกในช่วง 38-60% โดยรถบรรทุกรุ่น 777C เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น HITACHI EX-1800-3 มีค่าเท่ากับ 42.25% รถตักรุ่น 992C มีค่าเท่ากับ 47.31% รถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 50.74% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 60.20% รถบรรทุกรุ่น 777D เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น HITACHI EX-1800-3 มีค่าเท่ากับ 38.87% รถตักรุ่น 992C มีค่าเท่ากับ 46.74% รถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 53.91% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 56.92% รถบรรทุกรุ่น 777B เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น HITACHI EX-1800-3 มีค่าเท่ากับ 46.67% รถตักรุ่น 992C มีค่าเท่ากับ 56.98% รถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 43.24% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 47.17%



รูปที่ 5-6 ค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งานของรถบรรทุก บริเวณพื้นที่โซนบี

5.2.2 ค่าปัจจัยด้านสมรรถนะของรถบรรทุกบริเวณพื้นที่โซนบี

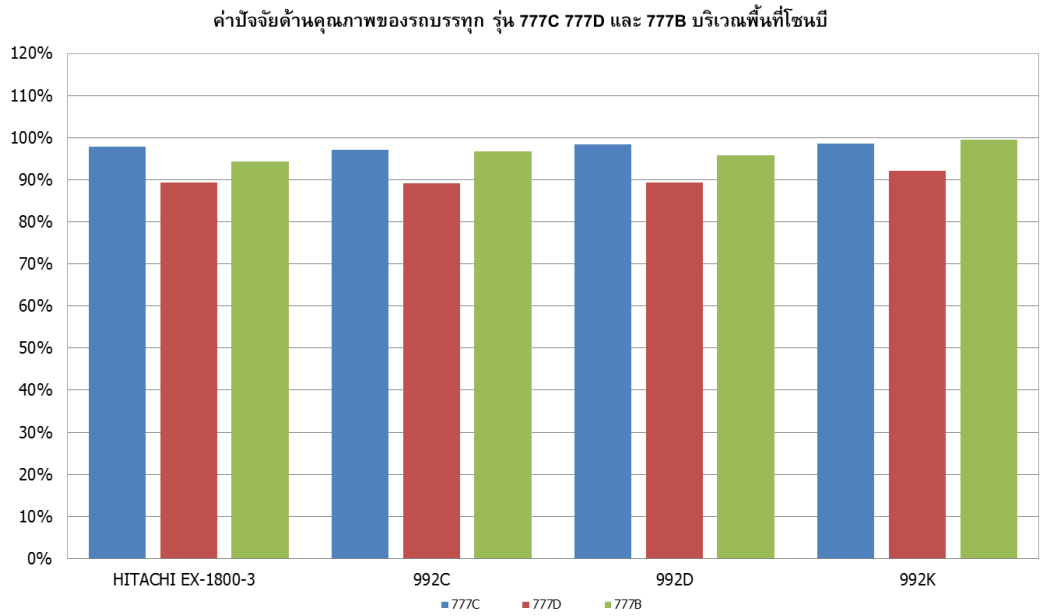
จากรูปที่ 5-7 เป็นแผนภูมิแท่งแสดงค่าปัจจัยด้านสมรรถนะของรถบรรทุกบริเวณพื้นที่โซนบี เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่นต่างๆ พบว่าภาพรวมของค่าปัจจัยด้านสมรรถนะของรถบรรทุกอยู่ในช่วง 43-64% โดยรถบรรทุกรุ่น 777C เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น HITACHI EX-1800-3 มีค่าเท่ากับ 47.19% รถตักรุ่น 992C มีค่าเท่ากับ 56.25% รถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 56.00% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 63.87% รถบรรทุกรุ่น 777D เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น HITACHI EX-1800-3 มีค่าเท่ากับ 43.03% รถตักรุ่น 992C มีค่าเท่ากับ 49.78% รถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 58.43% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 58.92% รถบรรทุกรุ่น 777B เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น HITACHI EX-1800-3 มีค่าเท่ากับ 56.25% รถตักรุ่น 992C มีค่าเท่ากับ 60.94% รถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 45.90% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 55.80%



รูปที่ 5-7 ค่าปัจจัยด้านสมรรถนะของรถบรรทุก บริเวณพื้นที่โซนบี

5.2.3 ค่าปัจจัยด้านคุณภาพของรถบรรทุกบริเวณพื้นที่โซนบี

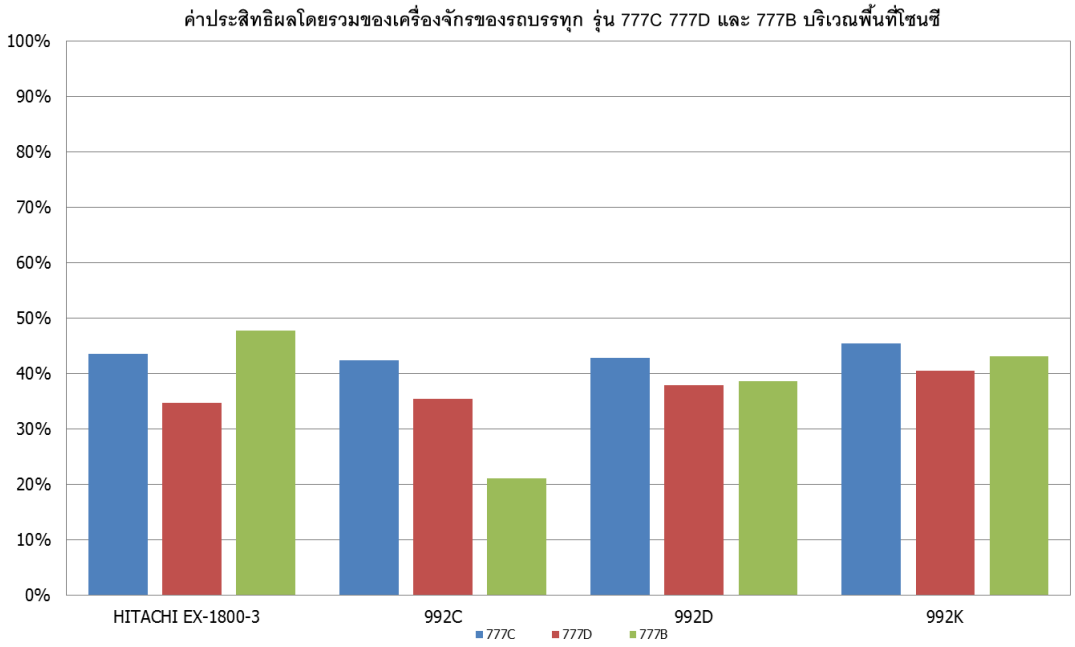
จากรูปที่ 5-8 เป็นแผนภูมิแท่งแสดงค่าปัจจัยด้านคุณภาพของรถบรรทุกบริเวณพื้นที่โซนบี เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่นต่างๆ พบว่าภาพรวมของค่าปัจจัยด้านคุณภาพของรถบรรทุกอยู่ในช่วง 89-100% โดยรถบรรทุกรุ่น 777C เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น HITACHI EX-1800-3 มีค่าเท่ากับ 97.80% รถตักรุ่น 992C มีค่าเท่ากับ 97.03% รถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 98.35% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 98.52% รถบรรทุกรุ่น 777D เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น HITACHI EX-1800-3 มีค่าเท่ากับ 89.30% รถตักรุ่น 992C มีค่าเท่ากับ 89.10% รถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 89.28% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 92.09% รถบรรทุกรุ่น 777B เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น HITACHI EX-1800-3 มีค่าเท่ากับ 94.28% รถตักรุ่น 992C มีค่าเท่ากับ 96.81% รถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 95.82% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 99.47%



รูปที่ 5-8 ค่าปัจจัยด้านคุณภาพของรถบรรทุก บริเวณพื้นที่โซนบี

5.3 ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกเมื่อปฏิบัติงานร่วมกับรถตักรุ่นต่างๆ บริเวณพื้นที่โซนซี

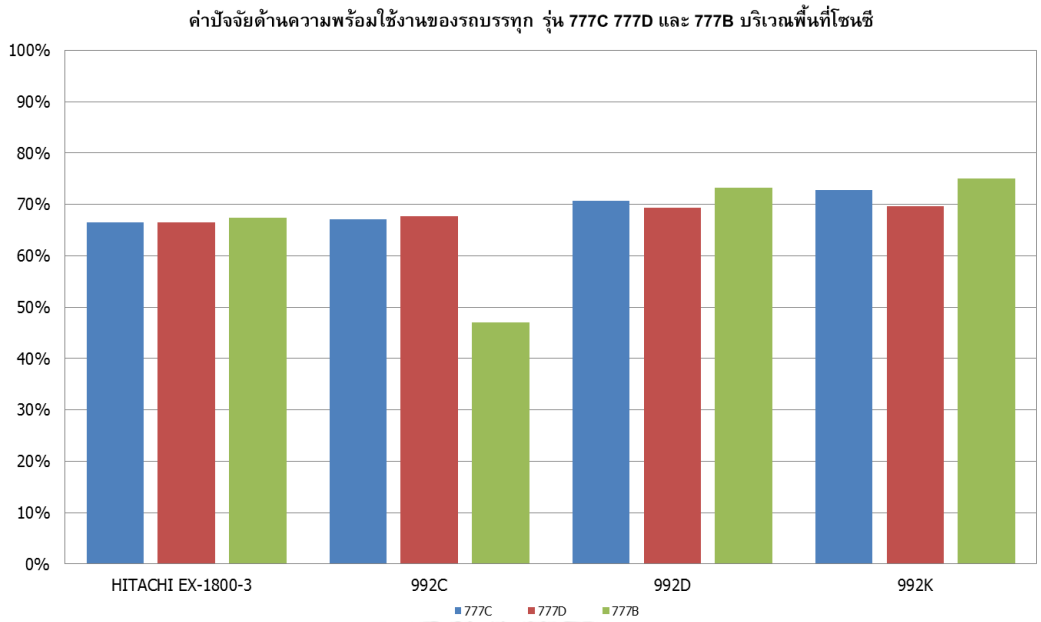
จากรูปที่ 5-9 เป็นแผนภูมิแท่งแสดงค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกในพื้นที่โซนซี เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่นต่างๆ พบว่าภาพรวมของค่าค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกอยู่ในช่วง 21-48% โดยรถบรรทุกรุ่น 777C เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น HITACHI EX-1800-3 มีค่าเท่ากับ 43.51% รถตักรุ่น 992C มีค่าเท่ากับ 42.31% รถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 42.85% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 45.36% รถบรรทุกรุ่น 777D เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น HITACHI EX-1800-3 มีค่าเท่ากับ 34.61% รถตักรุ่น 992C มีค่าเท่ากับ 35.47% รถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 37.80% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 40.51% รถบรรทุกรุ่น 777B เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น HITACHI EX-1800-3 มีค่าเท่ากับ 47.75% รถตักรุ่น 992C มีค่าเท่ากับ 21.07% รถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 38.65% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 43.11%



รูปที่ 5-9 ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุก บริเวณพื้นที่โซนซี

5.3.1 ค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งานของรถบรรทุกบริเวณพื้นที่โซนซี

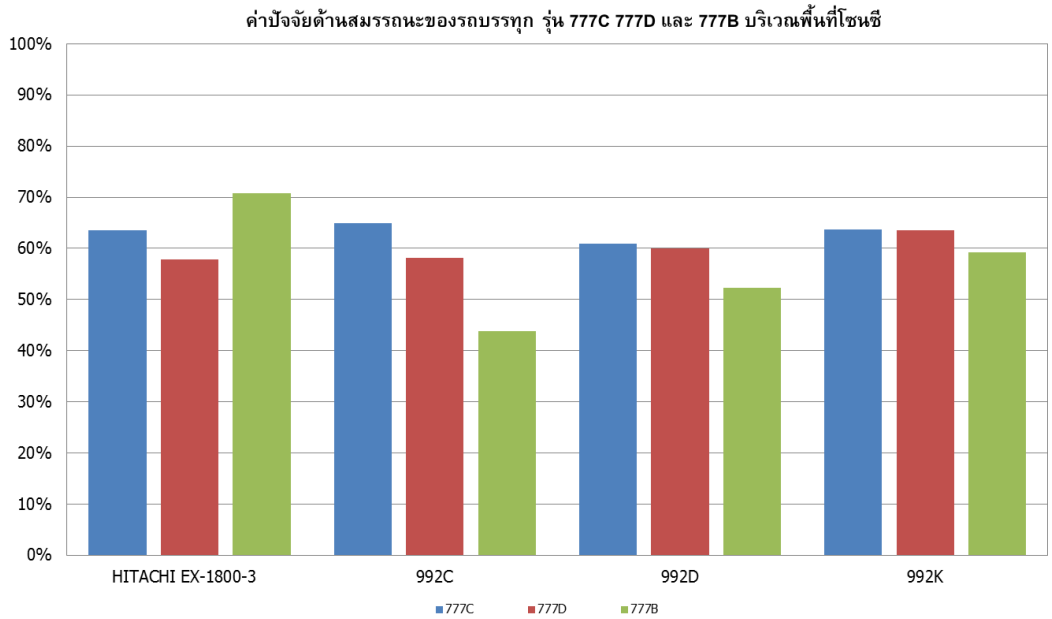
จากรูปที่ 5-10 เป็นแผนภูมิแท่งแสดงค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งานของรถบรรทุกในพื้นที่โซนซี เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่นต่างๆ พบว่าภาพรวมของค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งานของรถบรรทุกอยู่ในช่วง 47-76% โดยรถบรรทุกรุ่น 777C เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น HITACHI EX-1800-3 มีค่าเท่ากับ 66.55% รถตักรุ่น 992C มีค่าเท่ากับ 67.15% รถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 70.67% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 72.83% รถบรรทุกรุ่น 777D เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น HITACHI EX-1800-3 มีค่าเท่ากับ 66.46% รถตักรุ่น 992C มีค่าเท่ากับ 67.71% รถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 69.29% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 69.58% รถบรรทุกรุ่น 777B เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น HITACHI EX-1800-3 มีค่าเท่ากับ 67.36% รถตักรุ่น 992C มีค่าเท่ากับ 47.08% รถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 73.26% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 75.06%



รูปที่ 5-10 ค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งานของรถบรรทุก บริเวณพื้นที่โซนซี

5.3.2 ค่าปัจจัยด้านสมรรถนะของรถบรรทุกบริเวณพื้นที่โซนซี

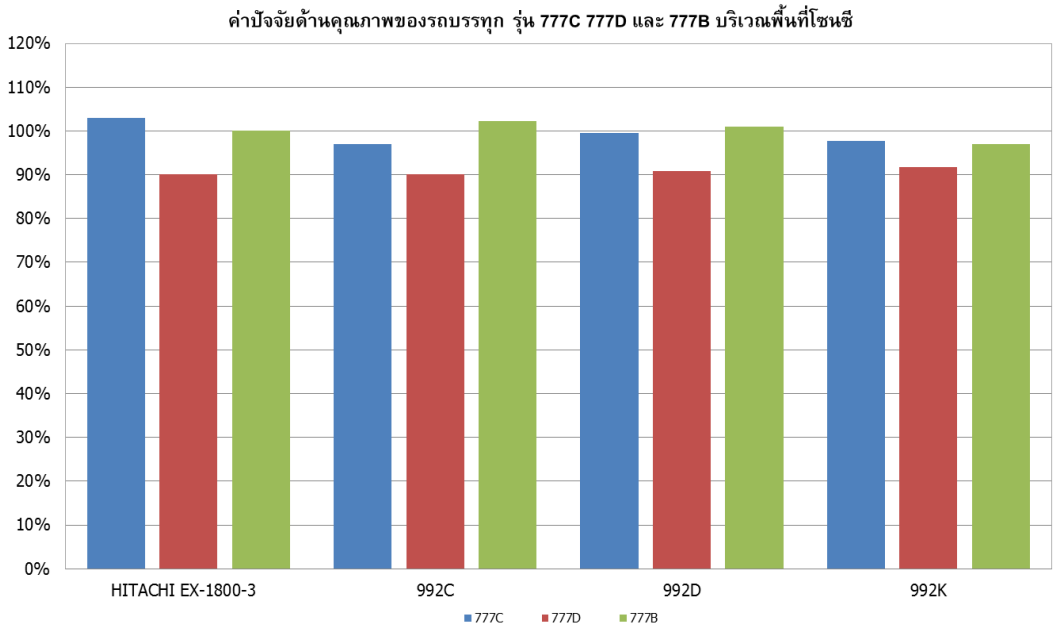
จากรูปที่ 5-11 เป็นแผนภูมิแท่งแสดงค่าปัจจัยด้านสมรรถนะของรถบรรทุกในพื้นที่โซนซี เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่นต่างๆพบว่าภาพรวมของค่าปัจจัยด้านด้านสมรรถนะอยู่ในช่วง 43-71% โดยรถบรรทุกรุ่น 777C เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น HITACHI EX-1800-3 มีค่าเท่ากับ 63.54% รถตักรุ่น 992C มีค่าเท่ากับ 64.94% รถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 60.87% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 63.72% รถบรรทุกรุ่น 777D เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น HITACHI EX-1800-3 มีค่าเท่ากับ 57.85% รถตักรุ่น 992C มีค่าเท่ากับ 58.15% รถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 60.01% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 63.48% รถบรรทุกรุ่น 777B เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น HITACHI EX-1800-3 มีค่าเท่ากับ 70.83% รถตักรุ่น 992C มีค่าเท่ากับ 43.75% รถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 52.26% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 59.22%



รูปที่ 5-11 ค่าปัจจัยด้านสมรรถนะของรถบรรทุก บริเวณพื้นที่โซนซี

5.3.3 ค่าปัจจัยด้านคุณภาพของรถบรรทุกบริเวณพื้นที่โซนซี

จากรูปที่ 5-12 เป็นแผนภูมิแท่งแสดงค่าปัจจัยด้านคุณภาพของรถบรรทุกในพื้นที่โซนซี เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่นต่างๆพบว่าภาพรวมของค่าปัจจัยด้านคุณภาพอยู่ในช่วง 90-102% โดยรถบรรทุกรุ่น 777C เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น HITACHI EX-1800-3 มีค่าเท่ากับ 102.89% รถตักรุ่น 992C มีค่าเท่ากับ 97.02% รถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 99.61% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 97.75% รถบรรทุกรุ่น 777D เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น HITACHI EX-1800-3 มีค่าเท่ากับ 90.03% รถตักรุ่น 992C มีค่าเท่ากับ 90.09% รถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 89.28% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 91.71% รถบรรทุกรุ่น 777B เมื่อทำงานร่วมกับรถตักรุ่น HITACHI EX-1800-3 มีค่าเท่ากับ 100.09% รถตักรุ่น 992C มีค่าเท่ากับ 102.30% รถตักรุ่น 992D มีค่าเท่ากับ 100.95% และรถตักรุ่น 992K มีค่าเท่ากับ 96.98%



รูปที่ 5-12 ค่าปัจจัยด้านคุณภาพของรถบรรทุก บริเวณพื้นที่โซนซี

จากภาพรวมของค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรและปัจจัยองค์ประกอบของพื้นที่ทั้ง 3 โซน แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 5-1ตารางที่ 5-2 และตารางที่ 5-3 เป็นค่าที่แสดงถึงสภาพการทำงานจริงของเครื่องจักรและใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อการกำหนดแนวทางสำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรโดยการเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรและปัจจัยองค์ประกอบให้สูงขึ้น

ตารางที่ 5-1 แสดงค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรและค่าปัจจัยองค์ประกอบของรถบรรทุกรุ่น 777C เมื่อปฏิบัติงานในพื้นที่โซนเอ โซนบี และโซนซี

777C	ZONE A	ZONE B	ZONE C
AF%	53.14%	64.03%	69.30%
PF%	41.49%	50.13%	56.45%
QF%	74.66%	97.93%	99.32%
OEE%	29.24%	31.59%	38.83%

ตารางที่ 5-2 แสดงค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรและค่าปัจจัยองค์ประกอบของรถบรรทุกรุ่น 777D เมื่อปฏิบัติงานในพื้นที่โซนเอ โซนบี และโซนซี

777D	ZONE A	ZONE B	ZONE C
AF%	75.62%	64.20%	68.11%
PF%	47.75%	49.06%	49.65%
QF%	91.35%	89.94%	100.08%
OEE%	31.25%	28.48%	34.27%

ตารางที่ 5-3 แสดงค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรและค่าปัจจัยองค์ประกอบของรถบรรทุกรุ่น 777B เมื่อปฏิบัติงานในพื้นที่โซนเอ โซนบีและโซนซี

777B	ZONE A	ZONE B	ZONE C
AF%	40.45%	64.53%	65.69%
PF%	13.96%	48.52%	49.65%
QF%	49.48%	96.60%	100.08%
OEE%	11.37%	30.29%	32.86%

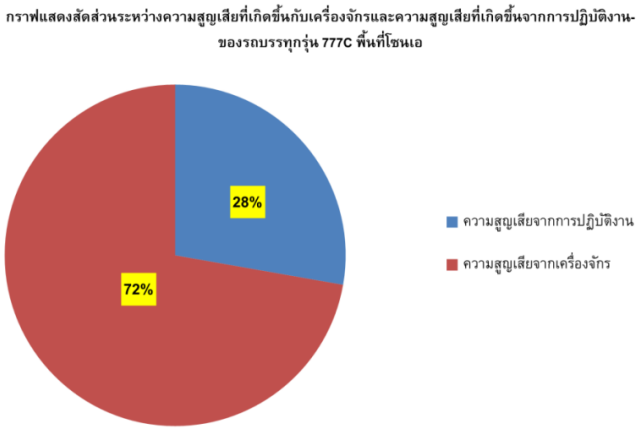
5.4 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุก

จากตารางที่ 5-1 ตารางที่ 5-2 และตารางที่ 5-3 เป็นตารางแสดงผลการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรและค่าปัจจัยองค์ประกอบของรถบรรทุกรุ่น 777C รถบรรทุกรุ่น 777D และรถบรรทุกรุ่น777B บริเวณพื้นที่โซนเอ โซนบีและโซนซี พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน จะเห็นว่าค่าปัจจัยองค์ประกอบที่มีผลต่อค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุก ได้แก่ ค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งานและค่าปัจจัยด้านสมรรถนะ ซึ่งเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับเวลาในการปฏิบัติงานของรถบรรทุกและวงรอบการผลิตของรถบรรทุก ในขณะที่ค่าปัจจัยด้านคุณภาพจะเกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำหนักของวัตถุดิบที่รถบรรทุกสามารถขนส่งได้ในแต่ละกะซึ่งไม่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร ดังนั้นการหาสาเหตุความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับเครื่องจักรภายในระบบปฏิบัติการขนส่ง จึงทำการศึกษาผ่านปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร ซึ่งได้แก่ ค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งานและปัจจัยด้านสมรรถนะเท่านั้น

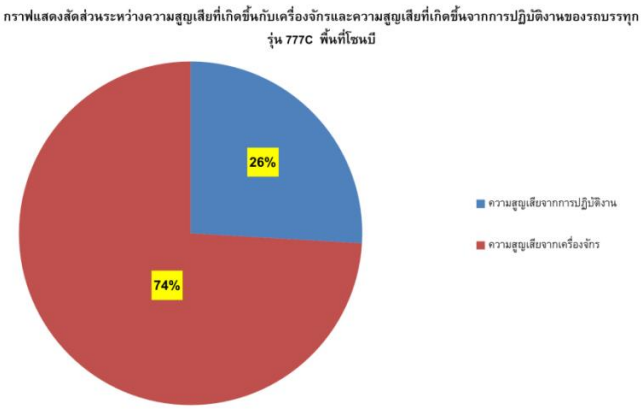
5.4.1 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกรุ่น 777C พื้นที่โซนเอ โซนบีและโซนซี

5.4.1.1 ค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งาน

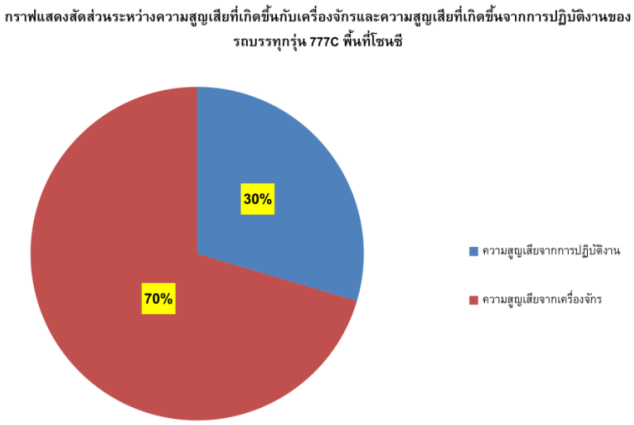
ปัจจัยด้านความพร้อมใช้งาน คือ สัดส่วนระหว่างเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานของรถบรรทุกกับเวลาปฏิบัติงานทั้งหมดใน 1 กะ สำหรับภาพรวมของค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งานของรถบรรทุกรุ่น 777C ในพื้นที่โซนเอ โซนบีและโซนซี เท่ากับ 53.14% 64.03% และ 69.30% ดังตารางที่ 5-1 เนื่องจากเกิดความสูญเสียขึ้นกับรถบรรทุกในระบบปฏิบัติการขนส่งแบ่งออกเป็น 2 กรณี ได้แก่ กรณีความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องจักรและกรณีความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงาน สัดส่วนความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777C แสดงดังแผนภูมิวงกลมรูปที่ 5-13 รูปที่ 5-14 และ รูปที่ 5-15 ตามลำดับ กรณีความสูญเสียอันเนื่องมาจากเครื่องจักรบริเวณพื้นที่โซนเอ คิดเป็น 72% พื้นที่โซนบี คิดเป็น 74% และพื้นที่โซนซี คิดเป็น 70% กรณีความสูญเสียอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงาน พื้นที่โซนเอ คิดเป็น 28% พื้นที่โซนบี คิดเป็น 26% และพื้นที่โซนซี คิดเป็น 30%



รูปที่ 5-13 สัดส่วนของความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777C ทั้งสองกรณี บริเวณพื้นที่โซนเอ



รูปที่ 5-14 สัดส่วนของความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777C ทั้งสองกรณี บริเวณพื้นที่โซนบี

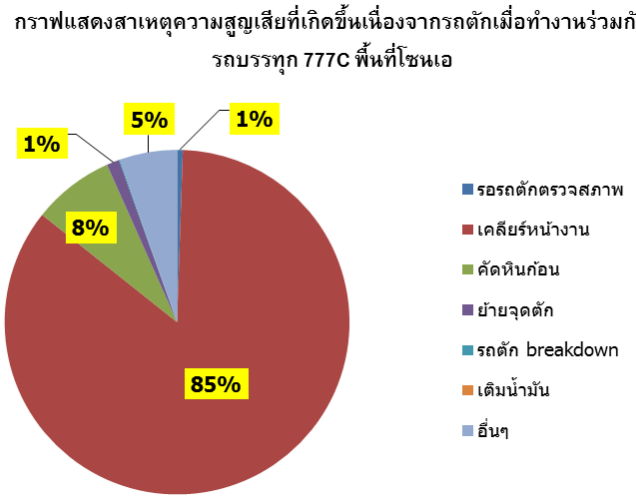


รูปที่ 5-15 สัดส่วนของความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777C ทั้งสองกรณี บริเวณพื้นที่โซนซี

กรณีความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องจากเครื่องจักรกับรถบรรทุกรุ่น 777C เกิดจากการที่เครื่องจักรไม่สามารถปฏิบัติงานได้ตามปกติ เนื่องจากความไม่สมบูรณ์ของเครื่องจักรหรือสาเหตุอื่นๆที่ไม่ก่อให้เกิดการผลิต จากข้อมูลความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777C บริเวณพื้นที่โซนเอ โซนบี และโซนซี สามารถแสดงในรูปของแผนภูมิวงกลมจำแนกตามสาเหตุต่างๆตามประเภทของเครื่องจักร รายละเอียดดังนี้

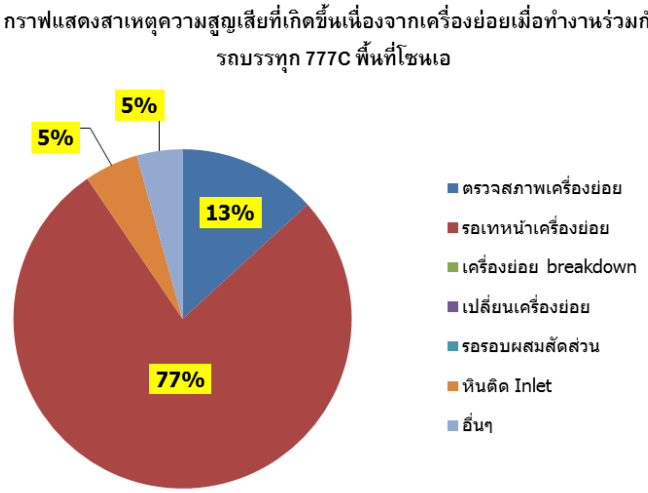
1) พื้นที่โซนเอ สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากเครื่องจักร เนื่องจากพื้นที่โซนเอไม่ใช่หน้างานหลักในการผลิตวัตถุดิบสำหรับการผลิตปูนซีเมนต์ การปฏิบัติงานในพื้นที่ดังกล่าวจึงมีไม่มากนัก ความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักร มีรายละเอียดดังนี้

1.1) สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถตัก เป็นเครื่องจักรที่เกิดความสูญเสียคิดเป็นสัดส่วนมากที่สุด สาเหตุหลักของความสูญเสียที่เกิดขึ้นที่ส่งผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777C ได้แก่ เคลียร์หน้างาน คิดเป็น 85% การคัดหินก้อน คิดเป็น 8% ดังรูปที่ 5-16



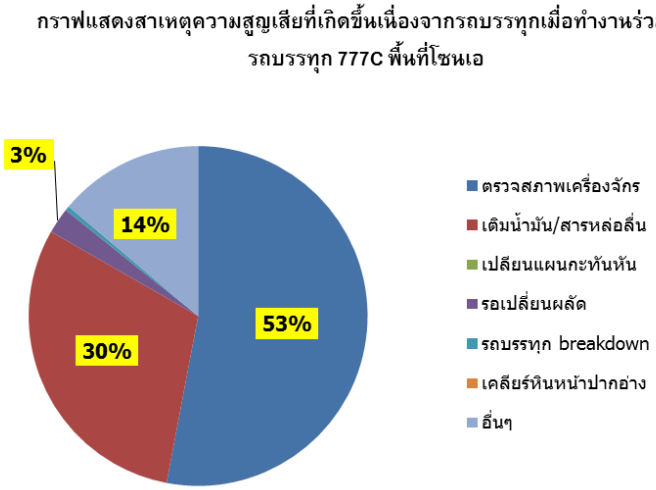
รูปที่ 5-16 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถตักที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777C บริเวณพื้นที่โซนเอ

1.2) สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากเครื่องย่อย เป็นเครื่องจักรที่เกิดความสูญเสีย คิดเป็นสัดส่วนรองลงมาจากรถตัก สาเหตุหลักของความสูญเสียที่เกิดขึ้นที่ส่งผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777C ได้แก่ การรอเทหน้าเครื่องย่อย คิดเป็น77% การตรวจสภาพเครื่องย่อย คิดเป็น 13% หินติดปากอ่าง คิดเป็น 5% ดังรูปที่ 5-17



รูปที่ 5-17 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากเครื่องย่อยที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777C บริเวณพื้นที่โซนเอ

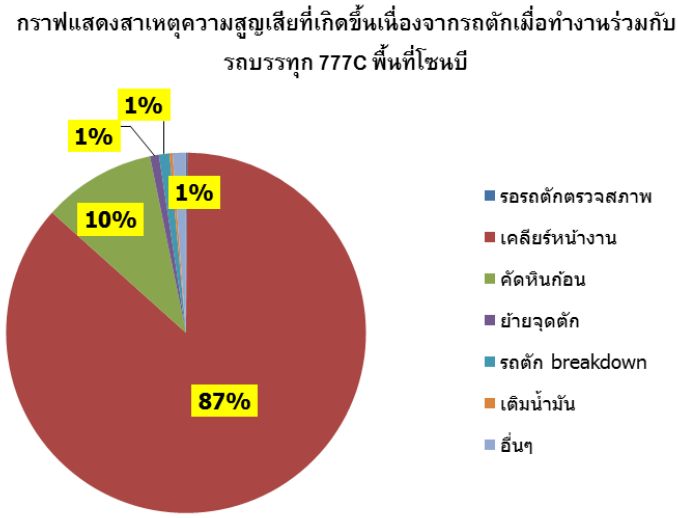
1.3) สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถบรรทุก สาเหตุหลักที่ส่งผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777C ได้แก่ การตรวจสภาพเครื่องจักร คิดเป็น 53% เติมน้ำมันและสารหล่อลื่น คิดเป็น 30% สาเหตุอื่นๆคิดเป็น 14% ดังรูปที่ 5-18



รูปที่ 5-18 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถบรรทุกที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777C บริเวณพื้นที่โซนเอ

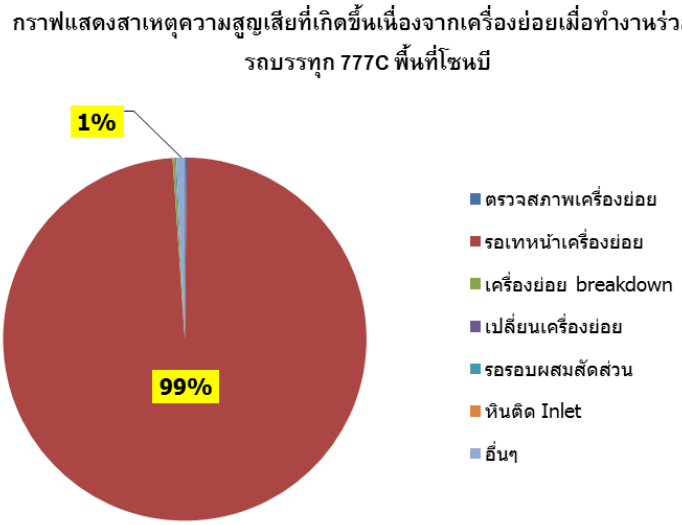
2) พื้นที่โซนบี เป็นหน้างานหลักหนึ่งในการผลิตวัตถุดิบสำหรับการผลิตปูนซีเมนต์และเป็นบริเวณที่หินปูนที่มีความแข็งมากกว่าบริเวณอื่น หินในบริเวณนี้เรียกอีกอย่างว่า “หินครก” ความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องจักร มีรายละเอียดดังนี้

2.1) สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถตัก เป็นเครื่องจักรที่เกิดความสูญเสียคิดเป็นสัดส่วนรองลงมาจากเครื่องย่อย สาเหตุหลักของความสูญเสียที่เกิดขึ้นที่ส่งผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777C ได้แก่ เคลียร์หน้างาน คิดเป็น 87% การคัดหินก้อน คิดเป็น 10% ดังรูปที่ 5-19



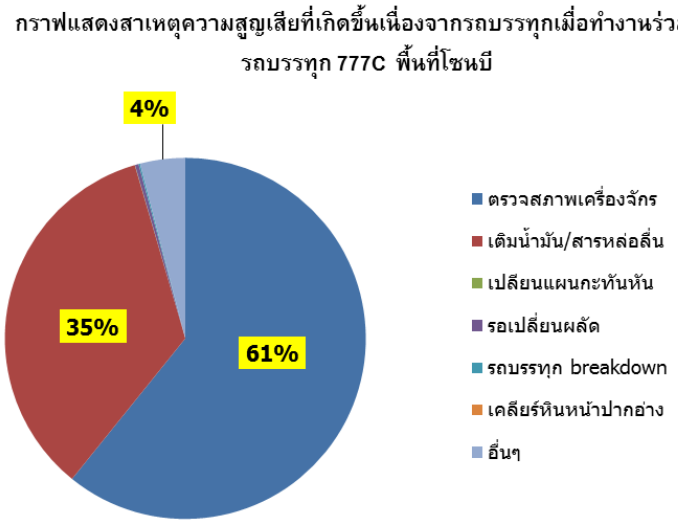
รูปที่ 5-19 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถตักที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777C บริเวณพื้นที่โซนบี

2.2) สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากเครื่องย่อย เป็นเครื่องจักรที่เกิดความสูญเสียคิดเป็นสัดส่วนมากที่สุด สาเหตุหลักของความสูญเสียที่เกิดขึ้นที่ส่งผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777C ได้แก่ การรอเทหน้าเครื่องย่อย คิดเป็น 99% ดังรูปที่ 5-20



รูปที่ 5-20 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากเครื่องย่อยที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777C บริเวณพื้นที่โซนบี

2.3) สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถบรรทุก สาเหตุหลักของความสูญเสียที่เกิดขึ้นที่ส่งผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777C ได้แก่ การตรวจสภาพเครื่องจักร คิดเป็น 61% เติมน้ำมันและสารหล่อลื่น คิดเป็น 35% สาเหตุอื่นๆ คิดเป็น 4% ดังรูปที่ 5-21



รูปที่ 5-21 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถบรรทุกที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777C บริเวณพื้นที่โซนบี

.3) พื้นที่โซนซี เป็นอีกพื้นที่หลักในการผลิตวัตถุดิบสำหรับการผลิตปูนซีเมนต์ จึงมีการใช้งานเครื่องจักรมากที่สุด ความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องจักร มีรายละเอียดดังนี้

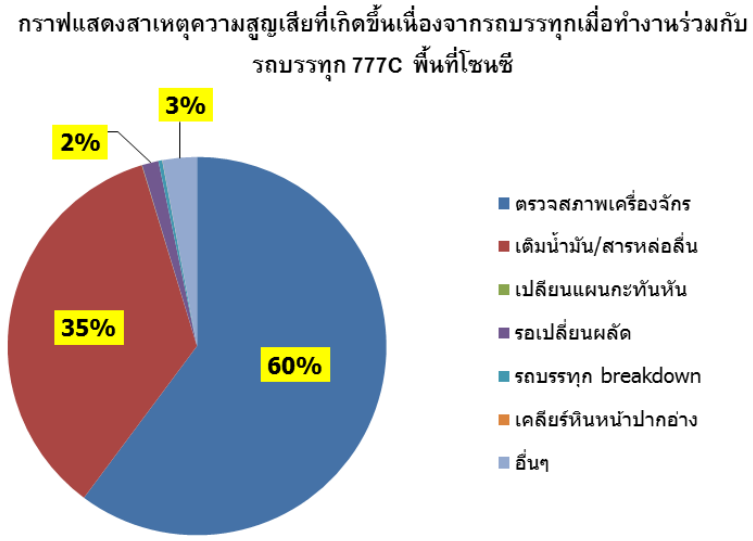
3.1) สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถตัก เป็นเครื่องจักรที่เกิดความสูญเสียคิดเป็นสัดส่วนรองจากเครื่องย่อย สาเหตุหลักของความสูญเสียที่เกิดขึ้นที่ส่งผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777C ได้แก่ เคลียร์หน้างาน คิดเป็น 96% การคัดหินก้อน คิดเป็น 3% ดังรูปที่ 5-22

รูปที่ 5-22 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถตักที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777C บริเวณพื้นที่โซนซี

3.2) สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากเครื่องย่อย เป็นเครื่องจักรที่เกิดความสูญเสียคิดเป็นสัดส่วนมากที่สุด สาเหตุหลักของความสูญเสียที่เกิดขึ้นที่ส่งผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777C ได้แก่ การรอเทหน้าเครื่องย่อย คิดเป็น 99% ดังรูปที่ 5-23

รูปที่ 5-23 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากเครื่องย่อยที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777C บริเวณพื้นที่โซนซี

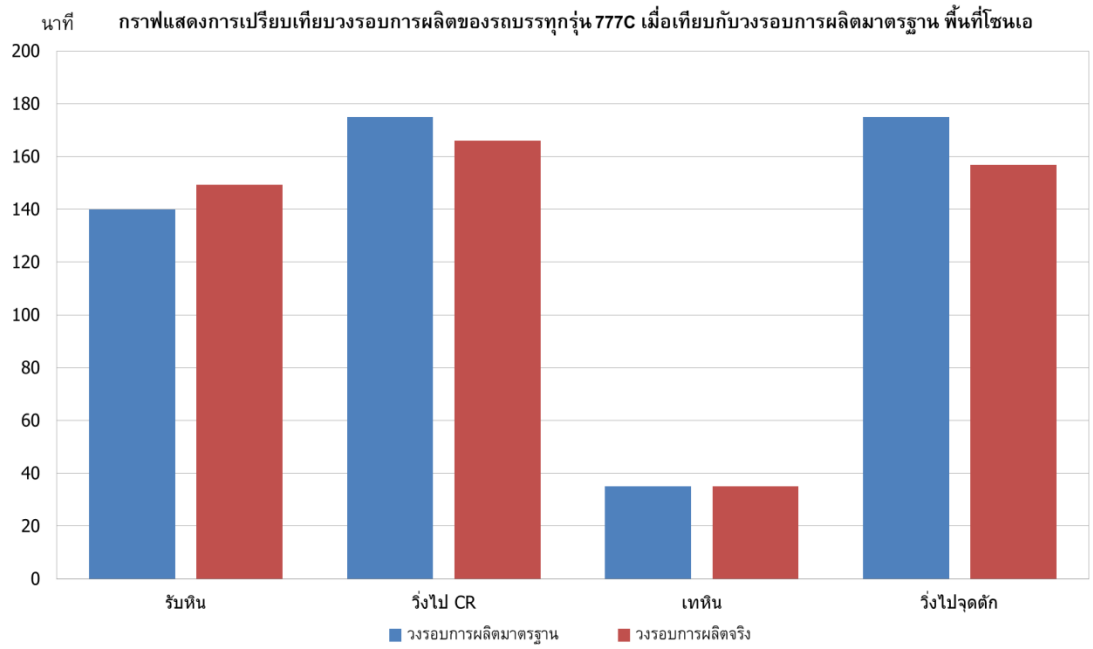
3.3) สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถบรรทุก สาเหตุหลักของความสูญเสียที่เกิดขึ้นที่ส่งผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777C ได้แก่ การตรวจสภาพเครื่องจักร คิดเป็น 60% เติมน้ำมันและสารหล่อลื่น คิดเป็น 35% ดังรูปที่ 5-24



รูปที่ 5-24 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถบรรทุกที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777C บริเวณพื้นที่โซนซี

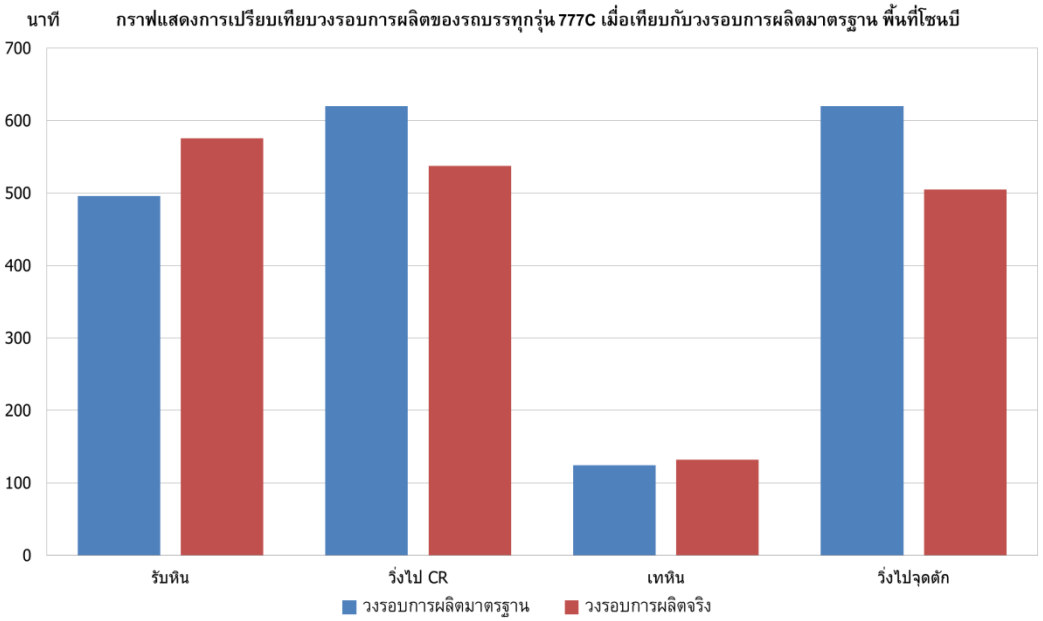
ความสูญเสียอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงาน เกิดจากความล่าช้าในการปฏิบัติงานของรถบรรทุก ณ ขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งภายในวงรอบการผลิต เช่น รถบรรทุกรอรถตักเพื่อรับหิน รถบรรทุกวิ่งไปยังเครื่องย่อยมีความล่าช้า รถบรรทุกรอเทหินลงเครื่องย่อย รถบรรทุกวิ่งกลับไปยังจุดตักล่าช้า เป็นต้น ทำให้เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานมากกว่าเวลามาตรฐานที่กำหนดไว้ จากข้อมูลความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงานของรถบรรทุกรุ่น 777C บริเวณพื้นที่โซนเอ โซนบีและโซนซี แสดงในรูปของแผนภูมิแท่งจำแนกตามกระบวนการปฏิบัติงานในขั้นตอนต่างๆของรถบรรทุก ดังรูปที่ 5-25 ถึง รูปที่ 5-27 มีรายละเอียดดังนี้

1) พื้นที่โซนเอ สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงานจะเกี่ยวข้องกับวงรอบการผลิตของรถบรรทุก จากรูปที่ 5-25 เป็นกราฟแท่งแสดงวงรอบการผลิตที่ปฏิบัติจริงในแต่ละขั้นตอนเทียบกับวงรอบการผลิตมาตรฐานของรถบรรทุกรุ่น 777C พบว่าเวลาที่ใช้ในการรับหินสูงกว่ามาตรฐาน เวลาวิ่งไปเครื่องย่อยและเวลาวิ่งกลับไปจุดตักมีค่าน้อยกว่ามาตรฐาน ในขณะที่เวลาเทหินเท่ากับเวลามาตรฐาน



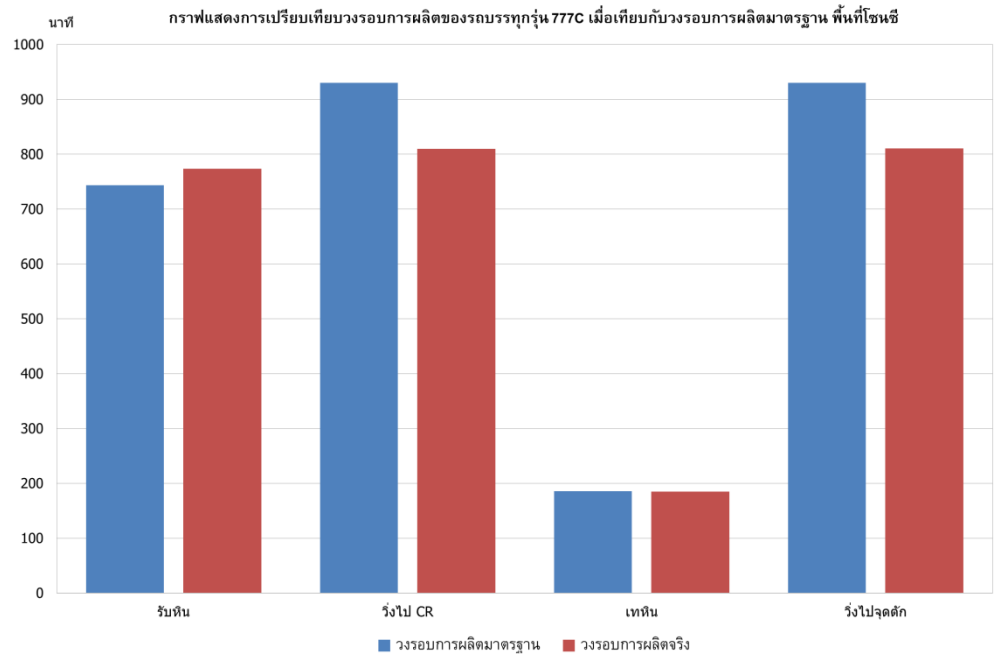
รูปที่ 5-25 วงรอบการผลิตของรถบรรทุกรุ่น 777C เทียบกับวงรอบการผลิตมาตรฐาน บริเวณพื้นที่โซนเอ

2) พื้นที่โซนบี สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงานจะเกี่ยวข้องกับวงรอบการผลิตของรถบรรทุก จากรูปที่ 5-26 เป็นกราฟแท่งแสดงวงรอบการผลิตที่ปฏิบัติจริงในแต่ละขั้นตอนเทียบกับวงรอบการผลิตมาตรฐานของรถบรรทุกรุ่น 777C พบว่าเวลาที่ใช้ในการรับหินและเวลาเทหินสูงกว่ามาตรฐาน ในขณะที่เวลาวิ่งไปเครื่องย่อยและเวลาวิ่งกลับไปจุดตักมีค่าน้อยกว่ามาตรฐาน



รูปที่ 5-26 วงรอบการผลิตของรถบรรทุกรุ่น 777C เทียบกับวงรอบการผลิตมาตรฐาน บริเวณพื้นที่โซนบี

-3) พื้นที่โซนซี สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงานจะเกี่ยวข้องกับวงรอบการผลิตของรถบรรทุก จากรูปที่ 5-27 เป็นกราฟแท่งแสดงวงรอบการผลิตที่ปฏิบัติจริงในแต่ละขั้นตอนเทียบกับวงรอบการผลิตมาตรฐานของรถบรรทุกรุ่น 777C พบว่าเวลาที่ใช้ในการรับหินสูงกว่ามาตรฐาน เวลาวิ่งไปเครื่องย่อยและเวลาวิ่งกลับไปจุดตักมีค่าน้อยกว่ามาตรฐาน ในขณะที่เวลาเทหินเท่ากับเวลามาตรฐาน

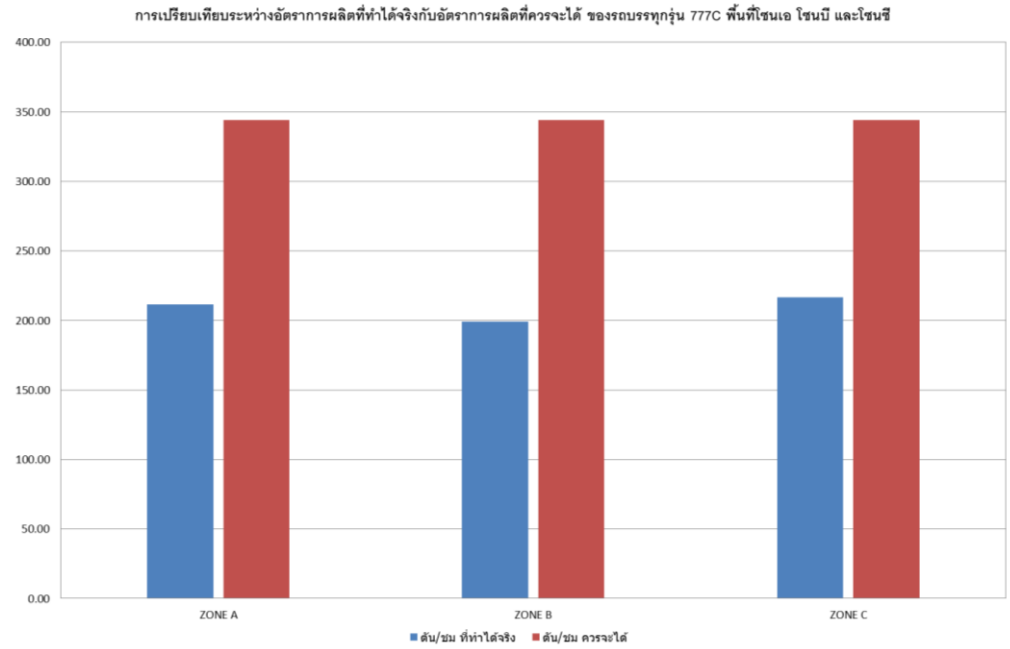


รูปที่ 5-27 วงรอบการผลิตของรถบรรทุกรุ่น 777C เทียบกับวงรอบการผลิตมาตรฐาน บริเวณพื้นที่โซนซี

5.4.1.2 ค่าปัจจัยด้านสมรรถนะ

ปัจจัยด้านสมรรถนะ คือ สัดส่วนระหว่างอัตราการผลิตเฉลี่ยที่ทำได้จริง (1)เทียบกับอัตราการผลิตเฉลี่ยที่ควรจะได้ (2) สำหรับภาพรวมของค่าปัจจัยด้านสมรรถนะของรถบรรทุกรุ่น 777C ในพื้นที่โซนเอ โซนบีและโซนซี เท่ากับ 41.49% 50.13% และ 56.45% (ตารางที่ 5-1)

จากรูปที่ 5-28 เป็นแผนภูมิแท่งแสดงอัตราการผลิตเฉลี่ยที่ทำได้จริงเทียบกับอัตราการผลิตเฉลี่ยที่ควรจะได้ของรถบรรทุกรุ่น 777C พบว่าอัตราการผลิตของรถบรรทุกรุ่น 777C พื้นที่โซนเอ พื้นที่โซนบี และพื้นที่โซนซี เท่ากับ 211.62 ตัน/ชม 199.22 ตัน/ชม และ 216.62 ตัน/ชม (ตารางที่ 5-4) ซึ่งต่ำกว่าอัตราการผลิตที่ควรจะเป็น เนื่องจากความสูญเสียที่เกิดขึ้นในระบบค่อนข้างมาก ทั้งความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องจักรและความสูญเสียอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงาน ส่งผลให้อัตราการผลิตที่ทำได้ของรถบรรทุกอยู่ในระดับต่ำกว่าที่ควรจะเป็น



รูปที่ 5-28 วงรอบการผลิตของรถบรรทุกรุ่น 777C เทียบกับวงรอบการผลิตมาตรฐาน บริเวณพื้นที่โซนซี

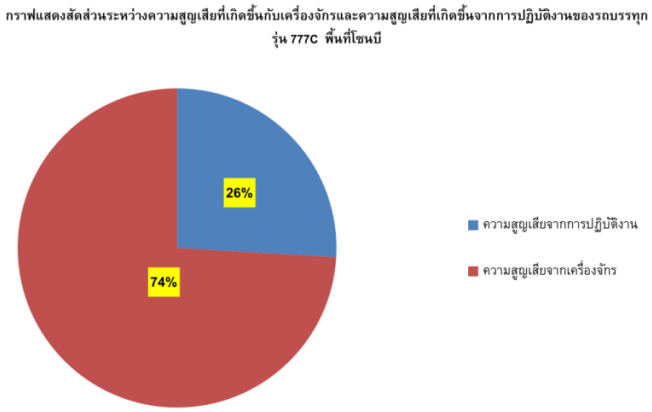
ตารางที่ 5-4 แสดงอัตราการผลิตที่ทำได้จริงเทียบกับอัตราการผลิตที่ควรจะได้ของรถบรรทุกรุ่น 777C ในพื้นที่โซนเอ โซนบีและโซนซี

777C	ตัน/ชม ที่ทำได้จริง	ตัน/ชม ควรจะได้
ZONE A	211.62	344
ZONE B	199.22	344
ZONE C	216.62	344

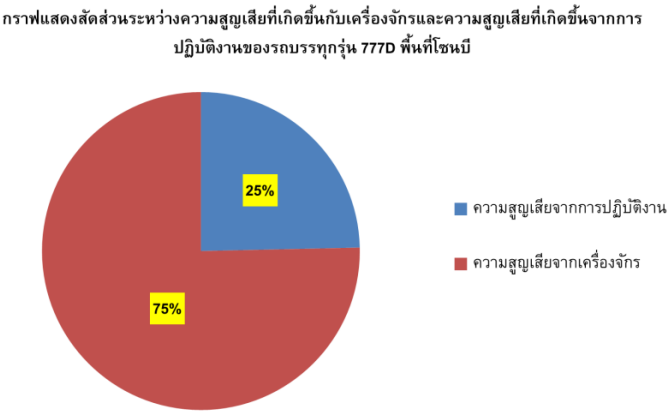
5.4.2 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกรุ่น 777D พื้นที่โซนเอ พื้นที่โซนบีและพื้นที่โซนซี

5.4.2.1 ค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งาน

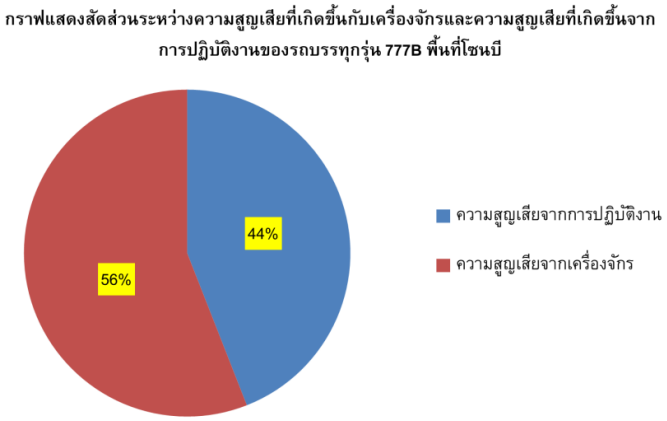
ปัจจัยด้านความพร้อมใช้งาน คือ สัดส่วนระหว่างเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานของรถบรรทุกกับเวลาปฏิบัติงานทั้งหมดใน 1 กะ สำหรับภาพรวมของค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งานของรถบรรทุกรุ่น 777D ในพื้นที่โซนเอ โซนบีและโซนซี เท่ากับ 75.62% 64.20% และ 68.11% (ตารางที่ 5-2) ตามลำดับ จะเห็นว่าค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งานอยู่ในระดับปานกลาง เนื่องจากเกิดความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกในระบบปฏิบัติการขนส่งแบ่งออกเป็น 2 กรณี ได้แก่ กรณีความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องจักรและกรณีความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงาน สัดส่วนความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777D แสดงดังแผนภูมิวงกลม รูปที่ 5-29 ถึงรูปที่ 5-30 กรณีความสูญเสียอันเนื่องมาจากเครื่องจักร พื้นที่โซนเอ คิดเป็น 67% พื้นที่โซนบี คิดเป็น 75% และพื้นที่โซนซี คิดเป็น 73% กรณีความสูญเสียอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงาน พื้นที่โซนเอ คิดเป็น 33% พื้นที่โซนบี คิดเป็น 25% และพื้นที่โซนซี คิดเป็น 27%



รูปที่ 5-29 สัดส่วนประเภทของความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777D บริเวณพื้นที่โซนเอ



รูปที่ 5-30 สัดส่วนประเภทของความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777D บริเวณพื้นที่โซนบี

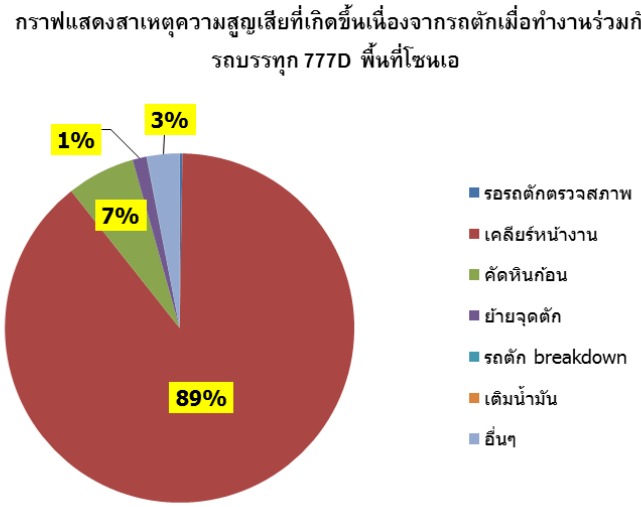


รูปที่ 5-31 สัดส่วนประเภทของความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777D บริเวณพื้นที่โซนซี

กรณีความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777D อันเนื่องมาจากเครื่องจักร เกิดจากการที่เครื่องจักรไม่สามารถปฏิบัติงานได้ตามปกติ เนื่องจากความไม่สมบูรณ์ของเครื่องจักรหรือสาเหตุอื่นๆที่ไม่ก่อให้เกิดการผลิต จากข้อมูลความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777D บริเวณพื้นที่โซนเอ โซนบี และโซนซี สามารถแสดงในรูปของแผนภูมิวงกลม จำแนกตามสาเหตุต่างๆตามประเภทของเครื่องจักร รายละเอียดดังนี้

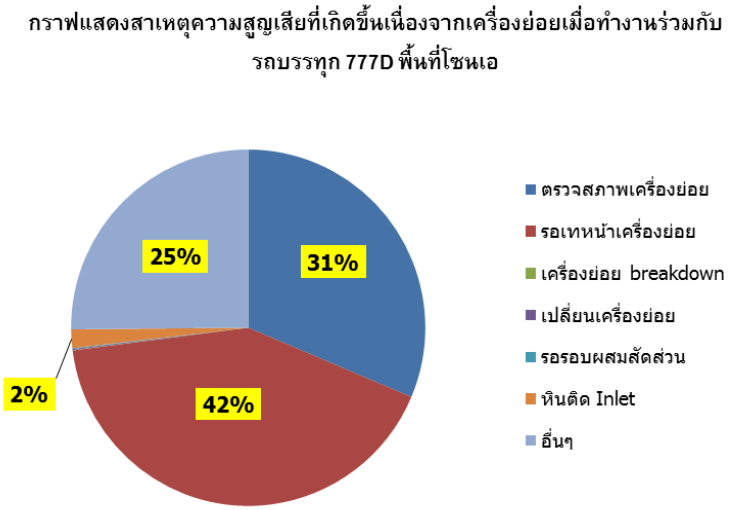
1) พื้นที่โซนเอ สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากเครื่องจักร เนื่องจากพื้นที่โซนเอไม่ใช่หน้างานหลักในการผลิตวัตถุดิบสำหรับการผลิตปูนซีเมนต์ การปฏิบัติงานในพื้นที่ดังกล่าวจึงมีไม่มากนัก ความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักรมีรายละเอียดดังนี้

1.1) สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถตัก เป็นเครื่องจักรที่เกิดความสูญเสียคิดเป็นสัดส่วนมากที่สุด สาเหตุหลักของความสูญเสียที่เกิดขึ้นที่ส่งผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777D ได้แก่ เคลียร์หน้างาน คิดเป็น 89% การคัดหินก้อน คิดเป็น 7% ดังรูปที่ 5-32



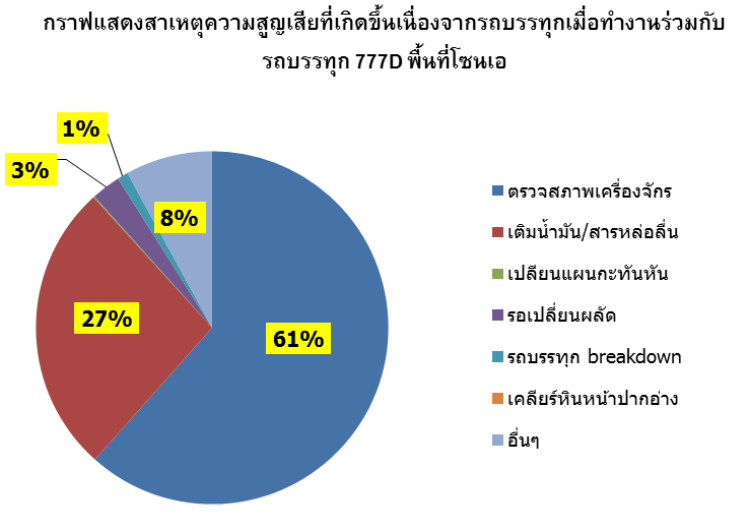
รูปที่ 5-32 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถตักที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777D บริเวณพื้นที่โซนเอ

1.2) สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากเครื่องย่อย สาเหตุหลักของความสูญเสียที่เกิดขึ้นที่ส่งผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777D ได้แก่การรอเทหน้าเครื่องย่อย คิดเป็น 42% ตรวจสภาพเครื่องย่อย คิดเป็น 31% สาเหตุอื่นๆ คิดเป็น 25% ดังรูปที่ 5-33



รูปที่ 5-33 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากเครื่องย่อยที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777D บริเวณพื้นที่โซนเอ

1.3) สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถบรรทุก สาเหตุหลักของความสูญเสียที่เกิดขึ้นที่ส่งผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777D ได้แก่ การตรวจสภาพเครื่องจักร คิดเป็น 61% เติมน้ำมันและสารหล่อลื่น คิดเป็น 27% สาเหตุอื่นๆ คิดเป็น 8% ดังรูปที่ 5-34



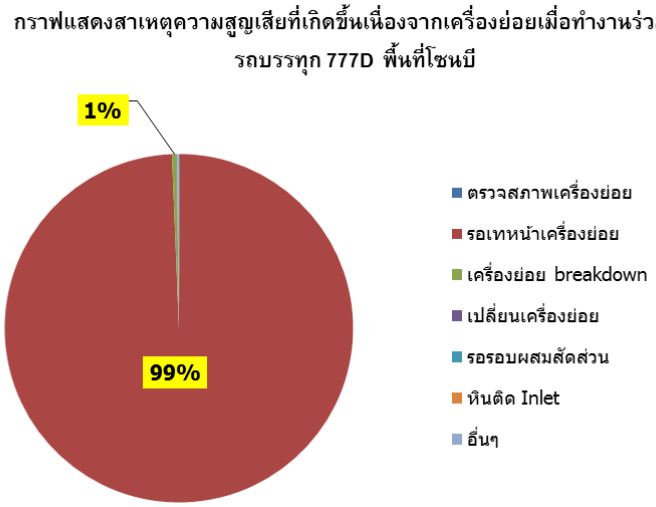
รูปที่ 5-34 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถบรรทุกที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777D บริเวณพื้นที่โซนเอ

2).พื้นที่โซนบี เป็นหน้างานหลักหนึ่งในการผลิตวัตถุดิบสำหรับการผลิตปูนซีเมนต์และเป็นบริเวณที่หินปูนที่มีความแข็งมากกว่าบริเวณอื่น หินในบริเวณนี้เรียกอีกอย่างว่า “หินครก” ความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องจักร มีรายละเอียดดังนี้

2.1) สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถตัก เป็นเครื่องจักรที่เกิดความสูญเสียคิดเป็นสัดส่วนรองลงมาจากเครื่องย่อย สาเหตุหลักของความสูญเสียที่เกิดขึ้นที่ส่งผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777D ได้แก่ เคลียร์หน้างาน คิดเป็น 93% การคัดหินก้อน คิดเป็น 6% ดังรูปที่ 5-35

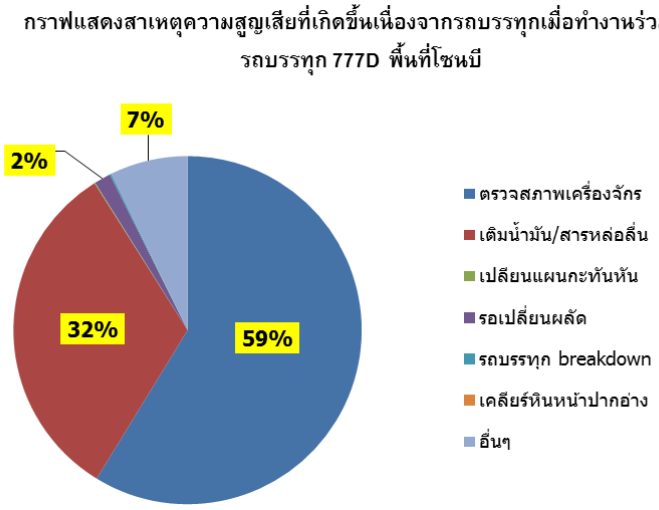
รูปที่ 5-35 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถตักที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777D บริเวณพื้นที่โซนบี

2.2) สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากเครื่องย่อย เป็นเครื่องจักรที่เกิดความสูญเสียคิดเป็นสัดส่วนมากที่สุด สาเหตุหลักของความสูญเสียที่เกิดขึ้นที่ส่งผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777D ได้แก่ การรอเทหน้าเครื่องย่อย คิดเป็น 99% ดังรูปที่ 5-36



รูปที่ 5-36 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากเครื่องย่อยที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777D บริเวณพื้นที่โซนบี

2.3) สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถบรรทุก สาเหตุหลักของความสูญเสียที่เกิดขึ้นที่ส่งผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777D ได้แก่ การตรวจสภาพเครื่องจักร คิดเป็น 59% เติมน้ำมันและสารหล่อลื่น คิดเป็น 32% สาเหตุอื่นๆ คิดเป็น 7% ดังรูปที่ 5-37



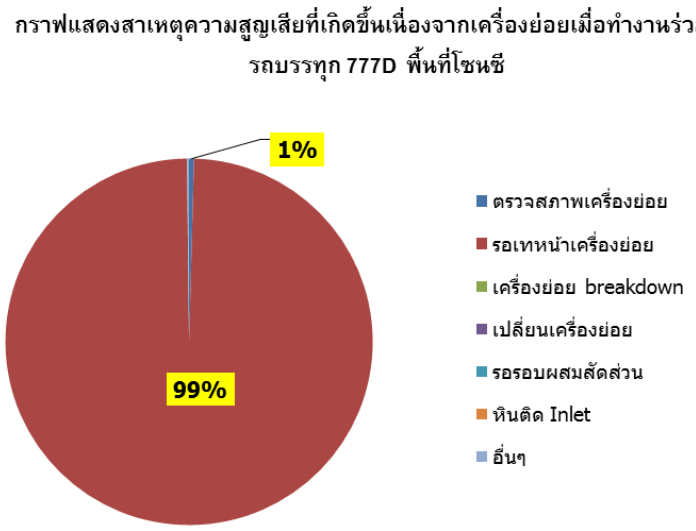
รูปที่ 5-37 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถบรรทุกที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777D บริเวณพื้นที่โซนบี

3) พื้นที่โซนซี เป็นอีกพื้นที่หลักในการผลิตวัตถุดิบสำหรับการผลิตปูนซีเมนต์ จึงมีการใช้งานเครื่องจักรมากที่สุด ความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องจักร มีรายละเอียดดังนี้

3.1) สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถตัก เป็นเครื่องจักรที่เกิดความสูญเสียคิดเป็นสัดส่วนรองจากเครื่องย่อย สาเหตุหลักของความสูญเสียที่เกิดขึ้นที่ส่งผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777D ได้แก่ เคลียร์หน้างาน คิดเป็น 95% การคัดหินก้อน คิดเป็น 3% ดังรูปที่ 5-38

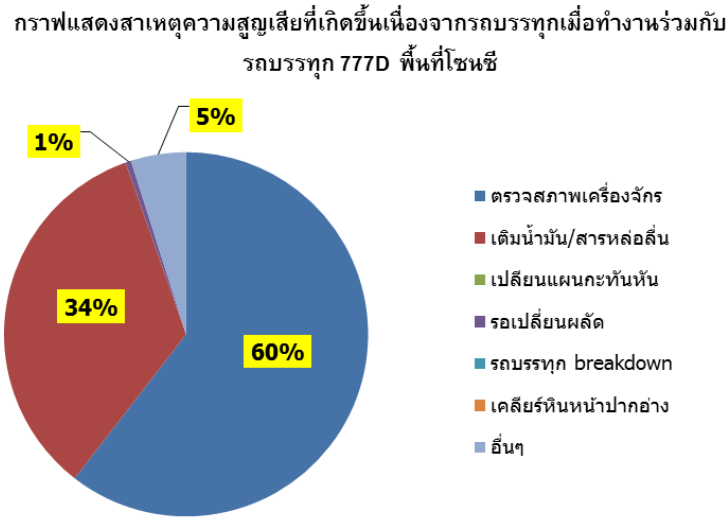
รูปที่ 5-38 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถตักที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777D บริเวณพื้นที่โซนซี

3.2) สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากเครื่องย่อย เป็นเครื่องจักรที่เกิดความสูญเสียคิดเป็นสัดส่วนมากที่สุด สาเหตุหลักของความสูญเสียที่เกิดขึ้นที่ส่งผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777D ได้แก่ การรอเทหน้าเครื่องย่อย คิดเป็น 99% ดังรูปที่ 5-39



รูปที่ 5-39 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากเครื่องย่อยที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777D บริเวณพื้นที่โซนซี

3.3) สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถบรรทุก สาเหตุหลักของความสูญเสียที่เกิดขึ้นที่ส่งผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777D ได้แก่ การตรวจสภาพเครื่องจักร คิดเป็น 60% เติมน้ำมันและสารหล่อลื่น คิดเป็น 34% สาเหตุอื่นๆ คิดเป็น 5% ดังรูปที่ 5-40

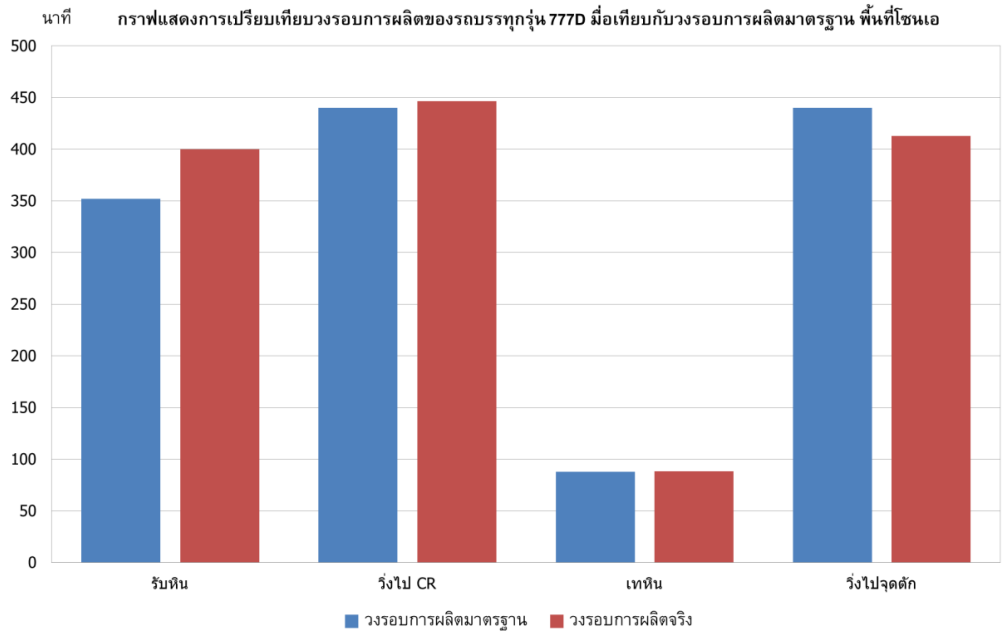


รูปที่ 5-40 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถบรรทุกที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777D บริเวณพื้นที่โซนซี

ความสูญเสียอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงาน เกิดจากความล่าช้าในการปฏิบัติงานของรถบรรทุก ณ ขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งภายในวงรอบการผลิต เช่น รถบรรทุกรอรถตักเพื่อรับหิน รถบรรทุกวิ่งไปยังเครื่องย่อยมีความล่าช้า รถบรรทุกรอเทหินลงเครื่องย่อย รถบรรทุกวิ่งกลับไปยังจุดตักล่าช้า เป็นต้น ทำให้เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานมากกว่าเวลามาตรฐานที่กำหนดไว้ จากข้อมูลความสูญเสียที่เกิดขึ้น

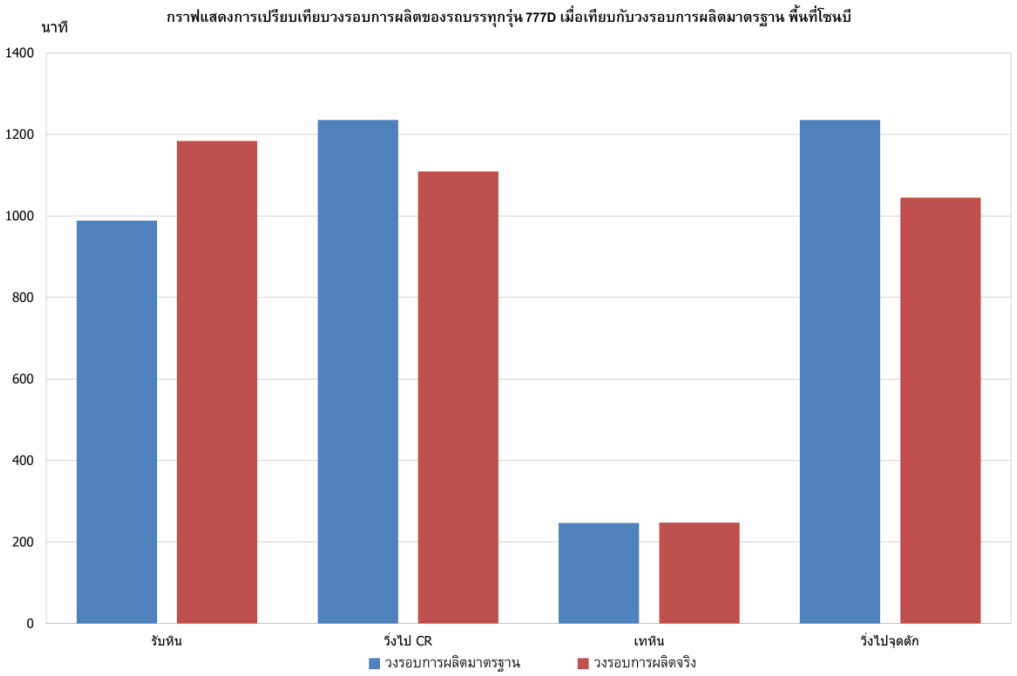
อันเนื่องมาจากการปฏิบัติงานของรถบรรทุกรุ่น 777D บริเวณพื้นที่โซนเอ โซนบี และโซนซี ดังรูปที่ 5-41 ถึง รูปที่ 5-43 ดังนี้

1) พื้นที่โซนเอ สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงานจะเกี่ยวข้องกับวงรอบการผลิตของรถบรรทุก จากรูปที่ 5-41 เป็นกราฟแท่งแสดงวงรอบการผลิตที่ปฏิบัติจริงในแต่ละขั้นตอนเทียบกับวงรอบการผลิตมาตรฐานของรถบรรทุกรุ่น 777D พบว่าเวลาที่ใช้ในการรับหินและเวลาวิ่งไปเครื่องย่อยสูงกว่ามาตรฐาน เวลาวิ่งกลับไปจุดตักมีค่าน้อยกว่ามาตรฐาน ในขณะที่เวลาเทหินเท่ากับเวลามาตรฐาน



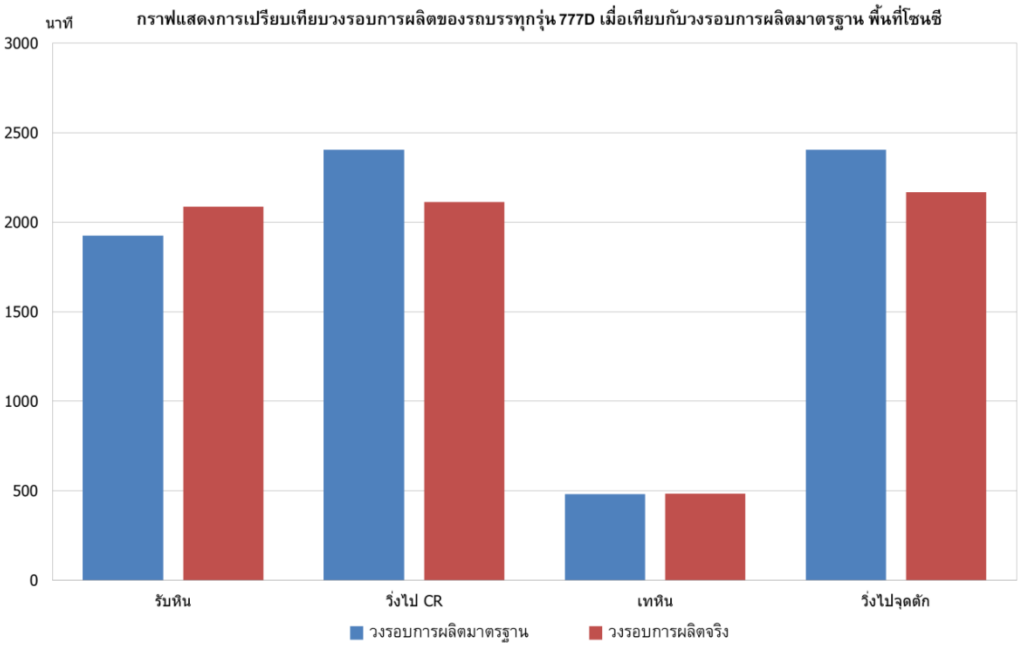
รูปที่ 5-41 วงรอบการผลิตของรถบรรทุกรุ่น 777D เทียบกับวงรอบการผลิตมาตรฐาน บริเวณพื้นที่โซนเอ

2) พื้นที่โซนบี สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงานจะเกี่ยวข้องกับวงรอบการผลิตของรถบรรทุก จากรูปที่ 5-42 เป็นกราฟแท่งแสดงวงรอบการผลิตที่ปฏิบัติจริงในแต่ละขั้นตอนเทียบกับวงรอบการผลิตมาตรฐานของรถบรรทุกรุ่น 777D พบว่าเวลาที่ใช้ในการรับหินสูงกว่ามาตรฐาน เวลาวิ่งไปเครื่องย่อยและเวลาวิ่งกลับไปจุดตักมีค่าน้อยกว่ามาตรฐาน ในขณะที่เวลาเทหินเท่ากับเวลามาตรฐาน



รูปที่ 5-42 วงรอบการผลิตของรถบรรทุกรุ่น 777D เทียบกับวงรอบการผลิตมาตรฐาน บริเวณพื้นที่โซนบี

3) พื้นที่โซนซี สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงานจะเกี่ยวข้องกับวงรอบการผลิตของรถบรรทุก จากรูปที่ 5-43 เป็นกราฟแท่งแสดงวงรอบการผลิตที่ปฏิบัติจริงในแต่ละขั้นตอนเทียบกับวงรอบการผลิตมาตรฐานของรถบรรทุกรุ่น 777D พบว่าเวลาที่ใช้ในการรับหินและเวลาเทหินสูงกว่ามาตรฐาน ในขณะที่เวลาวิ่งไปเครื่องย่อยและเวลาวิ่งกลับไปจุดตักมีค่าน้อยกว่ามาตรฐาน

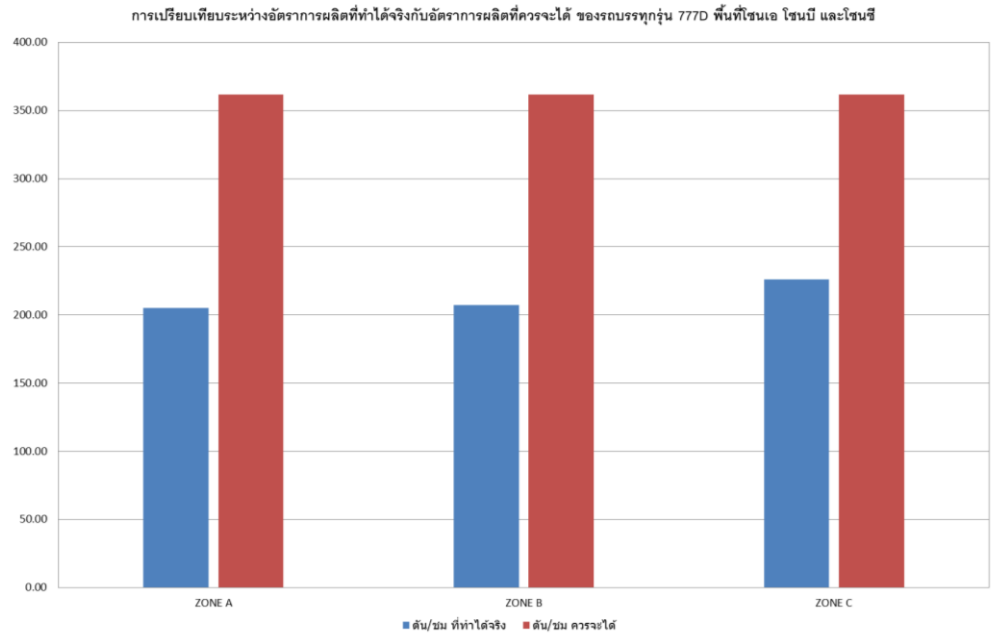


รูปที่ 5-43 วงรอบการผลิตของรถบรรทุกรุ่น 777D เทียบกับวงรอบการผลิตมาตรฐาน บริเวณพื้นที่โซนซี

5.4.2.2 ค่าปัจจัยด้านสมรรถนะ

ปัจจัยด้านสมรรถนะ คือ สัดส่วนระหว่างอัตราการผลิตเฉลี่ยที่ทำได้จริง (1)เทียบกับอัตราการผลิตเฉลี่ยที่ควรจะได้ (2) สำหรับภาพรวมของค่าปัจจัยด้านสมรรถนะของรถบรรทุกรุ่น 777D ในพื้นที่โซนเอ โซนบีและโซนซี เท่ากับ 47.75% 49.06% และ 49.65% (ตารางที่ 5-2)

จากรูปที่ 5-44 เป็นแผนภูมิแท่งแสดงอัตราการผลิตเฉลี่ยที่ทำได้จริงเทียบกับอัตราการผลิตเฉลี่ยที่ควรจะได้ของรถบรรทุกรุ่น 777D พบว่าอัตราการผลิตของรถบรรทุกรุ่น 777C พื้นที่โซนเอ พื้นที่โซนบี และพื้นที่โซนซี เท่ากับ 204.81 ตัน/ชม 207.29 ตัน/ชม และ 226.14 ตัน/ชม (ตารางที่ 5-4) ซึ่งต่ำกว่าอัตราการผลิตที่ควรจะเป็น เนื่องจากความสูญเสียที่เกิดขึ้นในระบบค่อนข้างมาก ทั้งความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องจักรและความสูญเสียอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงาน ส่งผลให้อัตราการผลิตที่ทำได้ของรถบรรทุกอยู่ในระดับต่ำกว่าที่ควรจะเป็น



รูปที่ 5-44 วงรอบการผลิตของรถบรรทุกรุ่น 777D เทียบกับวงรอบการผลิตมาตรฐาน บริเวณพื้นที่โซนซี

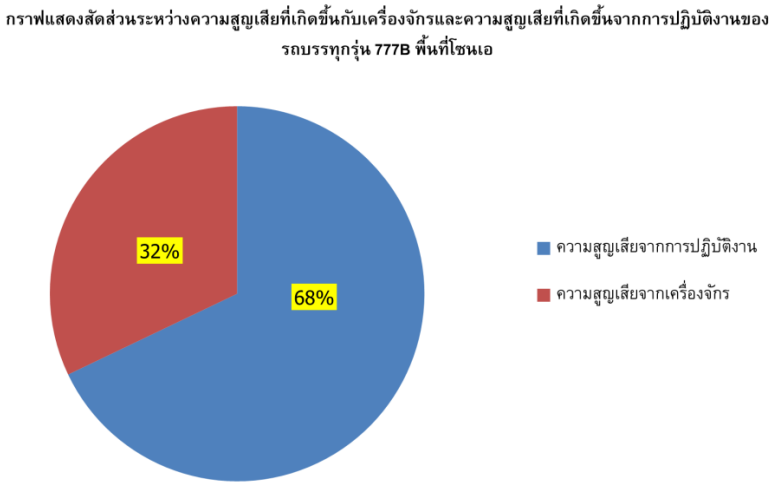
ตารางที่ 5-5 แสดงอัตราการผลิตที่ทำได้จริงเทียบกับอัตราการผลิตที่ควรจะได้ของรถบรรทุกรุ่น 777D พื้นที่โซนเอ โซนบีและโซนซี

777D	ตัน/ชม ที่ทำได้จริง	ตัน/ชม ควรจะได้
ZONE A	204.81	361.60
ZONE B	207.29	361.60
ZONE C	226.14	361.60

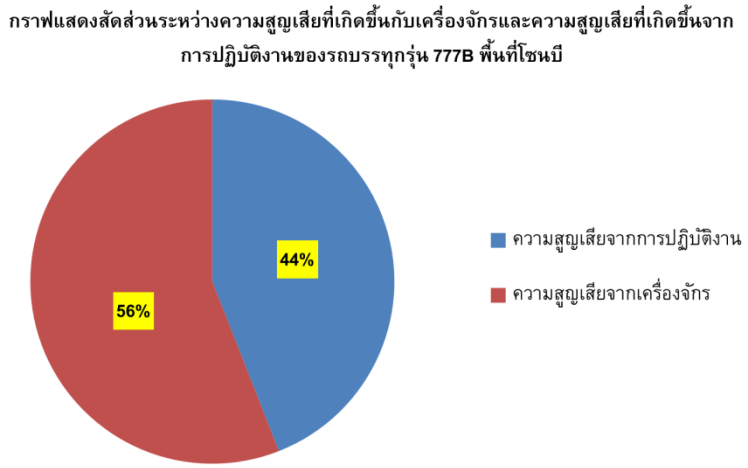
5.4.3 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกรุ่น 777B พื้นที่โซนเอ พื้นที่โซนบีและพื้นที่โซนซี

5.4.3.1 ค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งาน

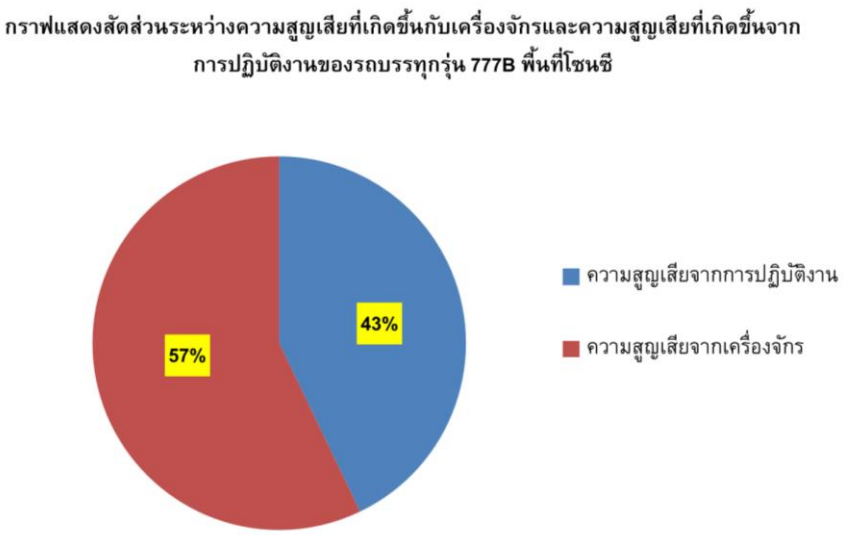
ปัจจัยด้านความพร้อมใช้งาน คือ สัดส่วนระหว่างเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานของรถบรรทุกกับเวลาปฏิบัติงานทั้งหมดใน 1 กะ สำหรับภาพรวมของค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งานของรถบรรทุกรุ่น 777B ในพื้นที่โซนเอ โซนบีและโซนซี เท่ากับ 40.45% 64.53% และ 65.69% ดังตารางที่ 5-3 ตามลำดับ จะเห็นว่าค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งานอยู่ในระดับปานกลาง เนื่องจากเกิดความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกในระบบปฏิบัติการขนส่งแบ่งออกเป็น 2 กรณี ได้แก่ กรณีความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องจักรและกรณีความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงาน สัดส่วนความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777B แสดงดังแผนภูมิวงกลม จากรูปที่ 5-45 ถึงรูปที่ 5-47 กรณีความสูญเสียอันเนื่องมาจากเครื่องจักร พื้นที่โซนเอ คิดเป็น 32% พื้นที่โซนบี คิดเป็น 56% และพื้นที่โซนซี คิดเป็น 57% กรณีความสูญเสียอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงาน พื้นที่โซนเอ คิดเป็น 68% พื้นที่โซนบี คิดเป็น 44% และพื้นที่โซนซี คิดเป็น 43%



รูปที่ 5-45 สัดส่วนประเภทของความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777B บริเวณพื้นที่โซนเอ



รูปที่ 5-46 สัดส่วนประเภทของความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777B บริเวณพื้นที่โซนบี

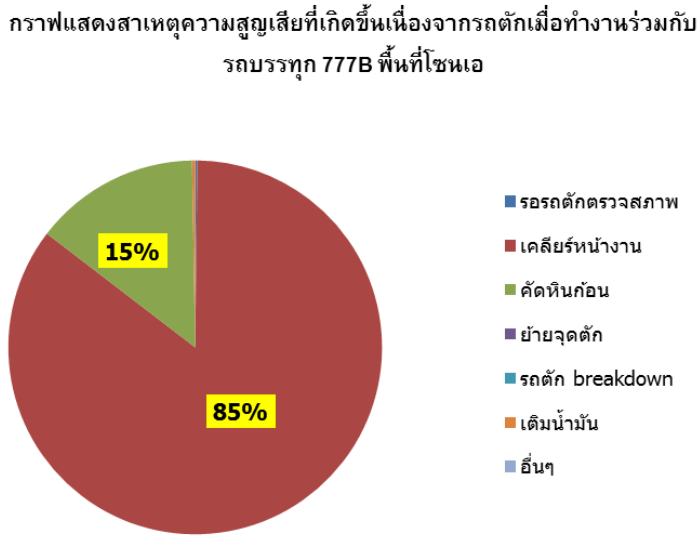


รูปที่ 5-47 สัดส่วนประเภทของความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777B บริเวณพื้นที่โซนซี

กรณีความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องจากเครื่องจักรและกรณีความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องจากการปฏิบัติงานที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777B โดยความสูญเสียที่เกิดอันเนื่องมาจากเครื่องจักรเกิดจากการที่เครื่องจักรไม่สามารถปฏิบัติงานได้ตามปกติ เนื่องจากความไม่สมบูรณ์ของเครื่องจักรหรือสาเหตุอื่นๆที่ไม่ก่อให้เกิดการผลิต จากข้อมูลความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777B พื้นที่โซนเอ โซนบี และโซนซี สามารถแสดงในรูปของแผนภูมิวงกลมจำแนกตามสาเหตุต่างๆตามประเภทของเครื่องจักรรายละเอียดดังนี้

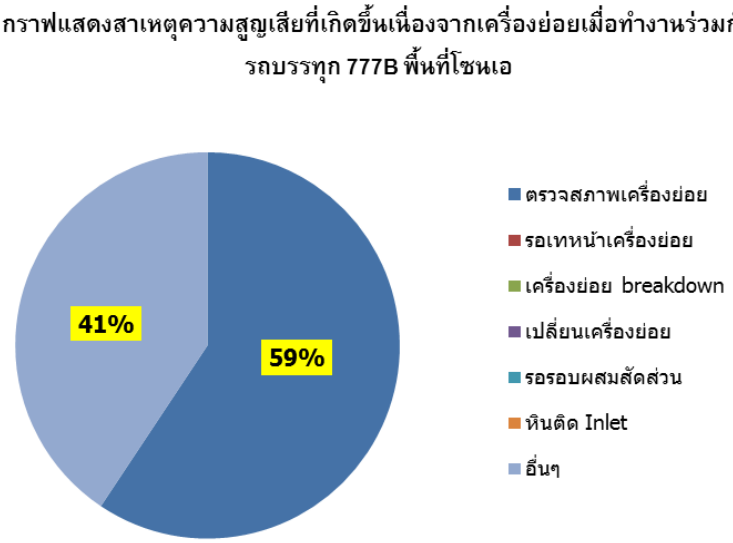
1) พื้นที่โซนเอ สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากเครื่องจักร เนื่องจากพื้นที่โซนเอไม่ใช่หน้างานหลักในการผลิตวัตถุดิบสำหรับการผลิตปูนซีเมนต์ การปฏิบัติงานในพื้นที่ดังกล่าวจึงมีไม่มากนัก ความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักร มีรายละเอียดดังนี้

1.1) สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถตัก เป็นเครื่องจักรที่เกิดความสูญเสียคิดเป็นสัดส่วนมากที่สุด สาเหตุหลักของความสูญเสียที่เกิดขึ้นที่ส่งผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777B ได้แก่ เคลียร์หน้างาน คิดเป็น 85% การคัดหินก้อน คิดเป็น 15% ดังรูปที่ 5-48



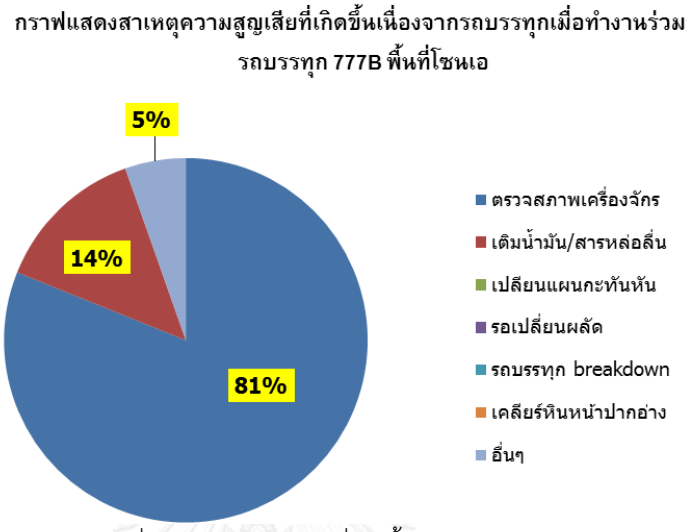
รูปที่ 5-48 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถตักที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777B บริเวณพื้นที่โซนเอ

1.2) สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากเครื่องย่อย สาเหตุหลักของความสูญเสียที่เกิดขึ้นที่ส่งผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777B ได้แก่ การรอเทหน้าเครื่องย่อย คิดเป็น 42% ตรวจสภาพเครื่องย่อย คิดเป็น 59% สาเหตุอื่นๆ คิดเป็น 41% ดังรูปที่ 5-49



รูปที่ 5-49 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากเครื่องย่อยที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777B บริเวณพื้นที่โซนเอ

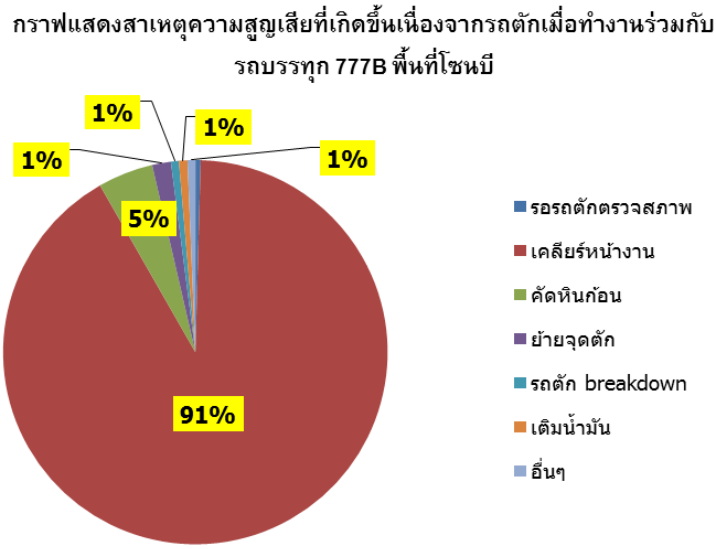
1.3) สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถบรรทุก สาเหตุหลักของความสูญเสียที่เกิดขึ้นที่ส่งผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777D ได้แก่ การตรวจสภาพเครื่องจักร คิดเป็น 81% เติมน้ำมันและสารหล่อลื่น คิดเป็น 14% สาเหตุอื่นๆ คิดเป็น 5% ดังรูปที่ 5-50



รูปที่ 5-50 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถบรรทุกที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777B บริเวณพื้นที่โซนเอ

2) พื้นที่โซนบี เป็นหน้างานหลักหนึ่งในการผลิตวัตถุดิบสำหรับการผลิตปูนซีเมนต์และเป็นบริเวณที่หินปูนที่มีความแข็งมากกว่าบริเวณอื่น หินในบริเวณนี้เรียกอีกอย่างว่า “หินครก” ความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องจักร มีรายละเอียดดังนี้

2.1) สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถตัก เป็นเครื่องจักรที่เกิดความสูญเสียคิดเป็นสัดส่วนรองลงมาจากเครื่องย่อย สาเหตุหลักของความสูญเสียที่เกิดขึ้นที่ส่งผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777B ได้แก่ เคลียร์หน้างาน คิดเป็น 91% การคัดหินก้อน คิดเป็น 5% ดังรูปที่ 5-51

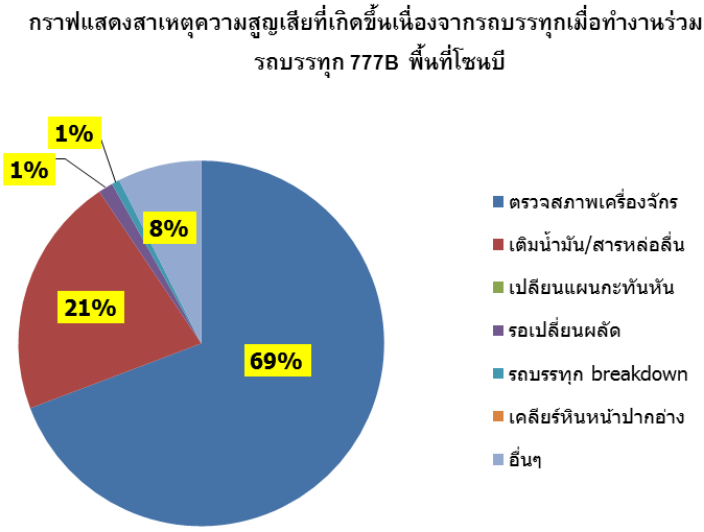


รูปที่ 5-51 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถตักที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777B บริเวณพื้นที่โซนบี

2.2) สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากเครื่องย่อย เป็นเครื่องจักรที่เกิดความสูญเสียคิดเป็นสัดส่วนมากที่สุด สาเหตุหลักของความสูญเสียที่เกิดขึ้นที่ส่งผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777B ได้แก่ การรอเทหน้าเครื่องย่อย คิดเป็น 100% ดังรูปที่ 5-52

รูปที่ 5-52 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากเครื่องย่อยที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777B บริเวณพื้นที่โซนบี

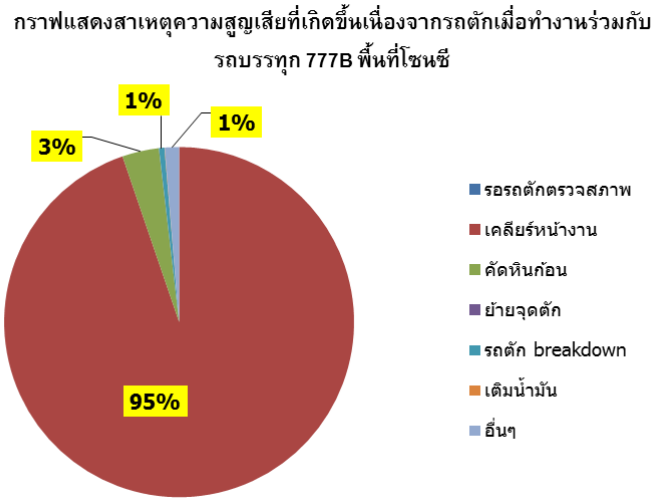
2.3) สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถบรรทุก สาเหตุหลักของความสูญเสียที่เกิดขึ้นที่ส่งผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777B ได้แก่ การตรวจสภาพเครื่องจักร คิดเป็น 69% เติมน้ำมันและสารหล่อลื่น คิดเป็น 21% สาเหตุอื่นๆ คิดเป็น 8% ดังรูปที่ 5-53



รูปที่ 5-53 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถบรรทุกที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777B บริเวณพื้นที่โซนบี

-3) พื้นที่โซนซี เป็นอีกพื้นที่หลักในการผลิตวัตถุดิบสำหรับการผลิตปูนซีเมนต์ จึงมีการใช้งานเครื่องจักรมากที่สุด ความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องจักร มีรายละเอียดดังนี้

3.1) สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถตัก เป็นเครื่องจักรที่เกิดความสูญเสียคิดเป็นสัดส่วนรองจากเครื่องย่อย สาเหตุหลักของความสูญเสียที่เกิดขึ้นที่ส่งผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777B ได้แก่ เคลียร์หน้างาน คิดเป็น 95% การคัดหินก้อน คิดเป็น 3% ดังรูปที่ 5-54



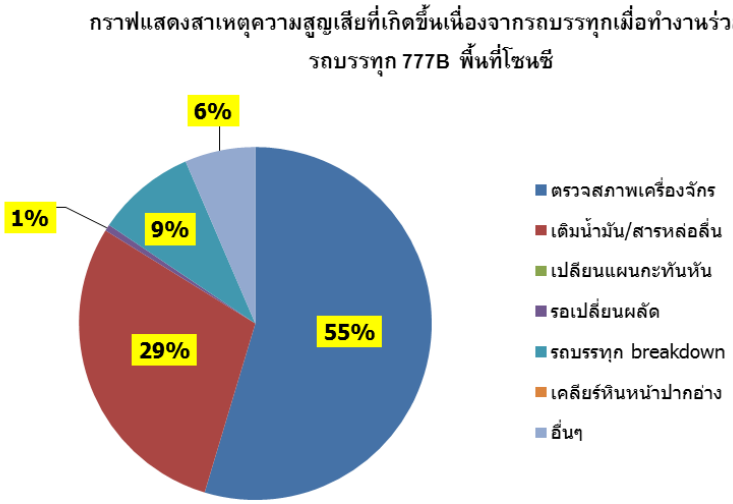
รูปที่ 5-54 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถตักที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777B บริเวณพื้นที่โซนซี

3.2) สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากเครื่องย่อย เป็นเครื่องจักรที่เกิดความสูญเสียคิดเป็นสัดส่วนมากที่สุด สาเหตุหลักของความสูญเสียที่เกิดขึ้นที่ส่งผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777B ได้แก่ การรอเทหน้าเครื่องย่อย คิดเป็น 100% ดังรูปที่ 5-55

รูปที่ 5-55 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากเครื่องย่อยที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777B บริเวณพื้นที่โซนซี

3.3) สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถบรรทุก สาเหตุหลักของความสูญเสียที่เกิดขึ้นที่ส่งผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777B ได้แก่ การตรวจสภาพเครื่องจักร คิดเป็น 55% เติมน้ำมันและ

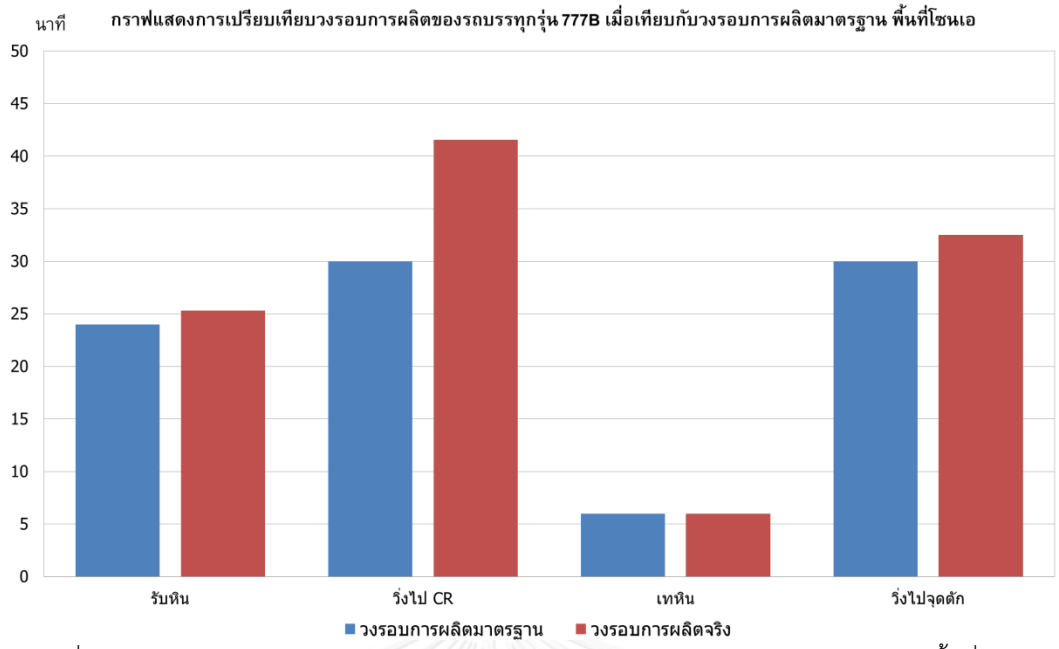
สารหล่อลื่น คิดเป็น 29% รถบรรทุก breakdown คิดเป็น 9% สาเหตุอื่นๆ คิดเป็น 6% ดังรูปที่ 5-56



รูปที่ 5-56 สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากรถบรรทุกที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777B บริเวณพื้นที่โซนซี

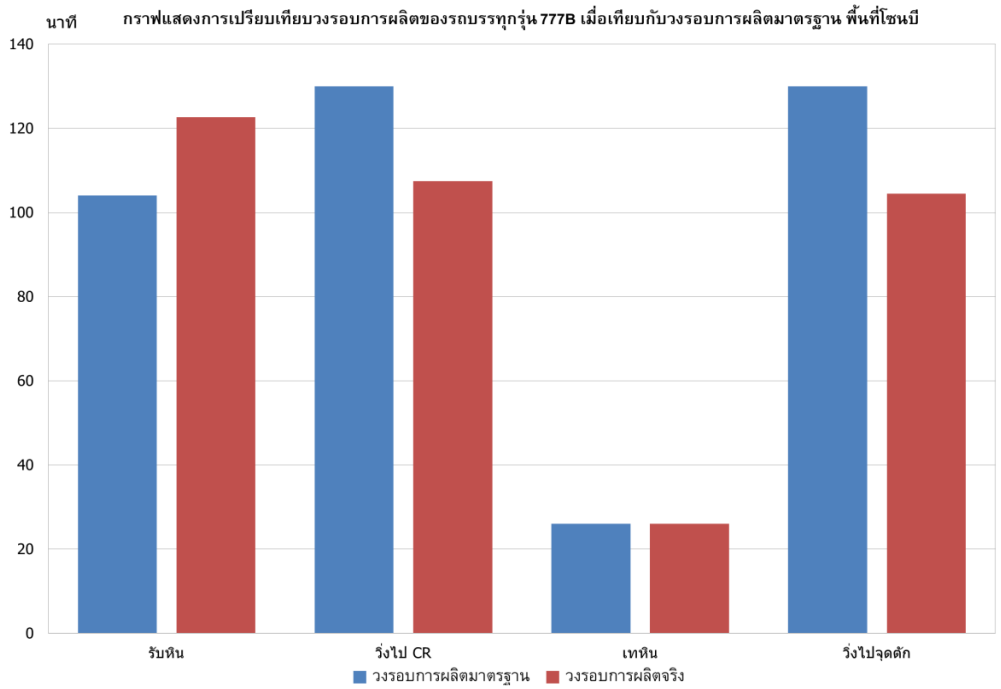
ความสูญเสียอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงาน เกิดจากความล่าช้าในการปฏิบัติงานของรถบรรทุก ณ ขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งภายในวงรอบการผลิต เช่น รถบรรทุกรอรถตักเพื่อรับหิน รถบรรทุกวิ่งไปยังเครื่องย่อยมีความล่าช้า รถบรรทุกรอเทหินลงเครื่องย่อย รถบรรทุกวิ่งกลับไปยังจุดตักล่าช้า เป็นต้น ทำให้เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานมากกว่าเวลามาตรฐานที่กำหนดไว้ จากข้อมูลความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงานของรถบรรทุกรุ่น 777B บริเวณพื้นที่โซนเอ โซนบี และโซนซี แสดงในรูปของแผนภูมิแท่งจำแนกตามกระบวนการปฏิบัติงานในขั้นตอนต่างๆของรถบรรทุก ดังรูปที่ 5-57 ถึงรูปที่ 5-59 ดังนี้

1) พื้นที่โซนเอ สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงานจะเกี่ยวข้องกับวงรอบการผลิตของรถบรรทุก จากรูปที่ 5-57เป็นกราฟแท่งแสดงวงรอบการผลิตที่ปฏิบัติจริงในแต่ละขั้นตอนเทียบกับวงรอบการผลิตมาตรฐานของรถบรรทุกรุ่น 777B พบว่าเวลาที่ใช้ในการรับหิน เวลาวิ่งไปเครื่องย่อยและเวลาวิ่งกลับไปจุดตักสูงกว่ามาตรฐาน ในขณะที่เวลาเทหินเท่ากับเวลามาตรฐาน



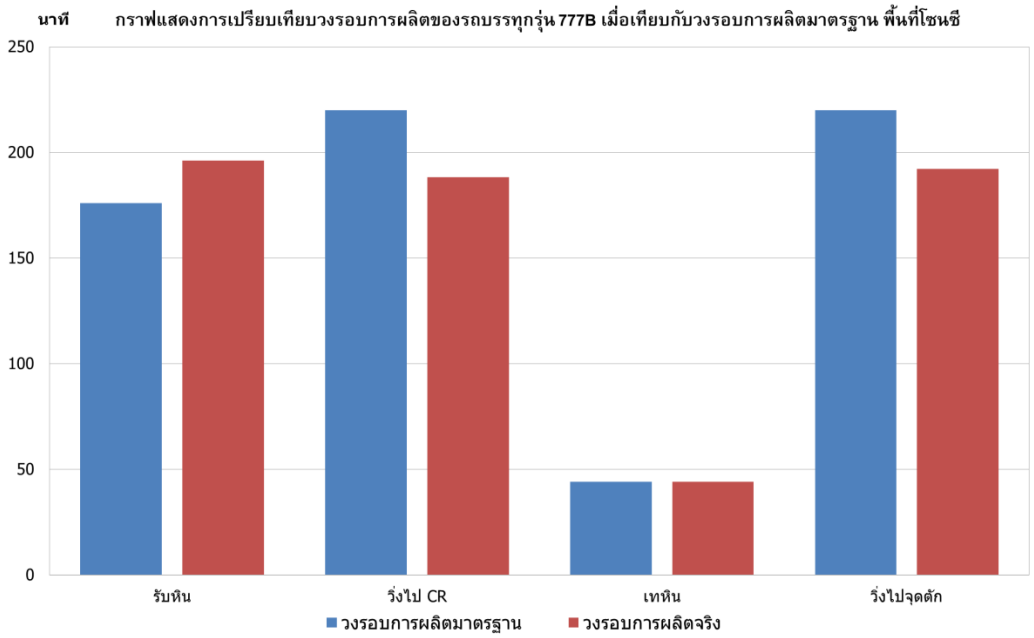
รูปที่ 5-57 วงรอบการผลิตของรถบรรทุกรุ่น 777B เทียบกับวงรอบการผลิตมาตรฐาน บริเวณพื้นที่โซนเอ

2) พื้นที่โซนบี สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงานจะเกี่ยวข้องกับวงรอบการผลิตของรถบรรทุก จากรูปที่ 5-58เป็นกราฟแท่งแสดงวงรอบการผลิตที่ปฏิบัติจริงในแต่ละขั้นตอนเทียบกับวงรอบการผลิตมาตรฐานของรถบรรทุกรุ่น 777B พบว่าเวลาที่ใช้ในการรับหินสูงกว่ามาตรฐาน เวลาวิ่งไปเครื่องย่อยและเวลาวิ่งกลับไปจุดตักมีค่าน้อยกว่ามาตรฐาน ในขณะที่เวลาเทหินเท่ากับเวลามาตรฐาน



รูปที่ 5-58 วงรอบการผลิตของรถบรรทุกรุ่น 777B เทียบกับวงรอบการผลิตมาตรฐาน บริเวณพื้นที่โซนบี

3) พื้นที่โซนซี สาเหตุความสูญเสียอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงานจะเกี่ยวข้องกับวงรอบการผลิตของรถบรรทุก จากรูปที่ 5-59เป็นกราฟแท่งแสดงวงรอบการผลิตที่ปฏิบัติจริงในแต่ละขั้นตอนเทียบกับวงรอบการผลิตมาตรฐานของรถบรรทุกรุ่น 777B พบว่าเวลาที่ใช้ในการรับหินสูงกว่ามาตรฐาน .เวลาวิ่งไปเครื่องย่อยและเวลาวิ่งกลับไปจุดตักมีค่าน้อยกว่ามาตรฐาน ในขณะที่เวลาเทหินเท่ากับเวลามาตรฐาน

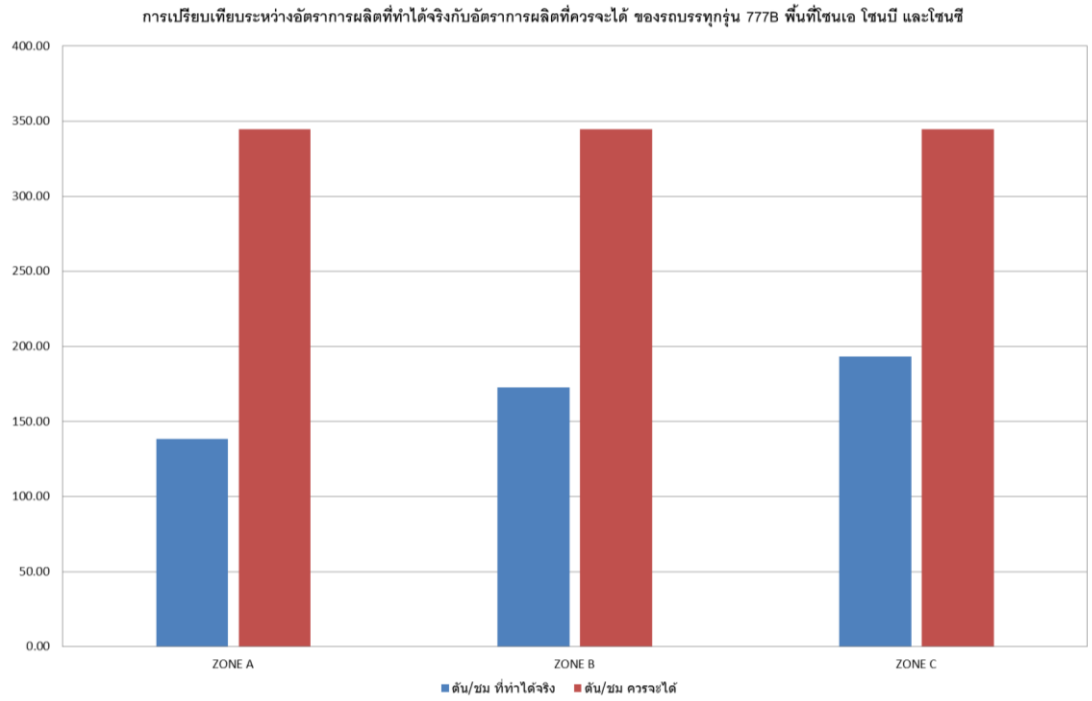


รูปที่ 5-59 วงรอบการผลิตของรถบรรทุกรุ่น 777B เทียบกับวงรอบการผลิตมาตรฐาน บริเวณพื้นที่โซนซี

5.4.1.2 ค่าปัจจัยด้านสมรรถนะ

ปัจจัยด้านสมรรถนะ คือ สัดส่วนระหว่างอัตราการผลิตเฉลี่ยที่ทำได้จริง (1)เทียบกับอัตราการผลิตเฉลี่ยที่ควรจะได้ (2) สำหรับภาพรวมของค่าปัจจัยด้านสมรรถนะของรถบรรทุกรุ่น 777B ในพื้นที่โซนเอ โซนบีและโซนซี เท่ากับ 13.96% 48.52% และ 49.65% (ตารางที่ 5-3)

จากรูปที่ 5-28 เป็นแผนภูมิแท่งแสดงอัตราการผลิตเฉลี่ยที่ทำได้จริงเทียบกับอัตราการผลิตเฉลี่ยที่ควรจะได้ของรถบรรทุกรุ่น 777B พบว่าอัตราการผลิตของรถบรรทุกรุ่น 777B พื้นที่โซนเอ พื้นที่โซนบี และพื้นที่โซนซี เท่ากับ 138.25 ตัน/ชม 172.78 ตัน/ชม และ 193.42 ตัน/ชม (ตารางที่ 5-6) ซึ่งต่ำกว่าอัตราการผลิตที่ควรจะเป็น เนื่องจากความสูญเสียที่เกิดขึ้นในระบบค่อนข้างมาก ทั้งความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องจักรและความสูญเสียอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงาน ส่งผลให้อัตราการผลิตที่ทำได้ของรถบรรทุกอยู่ในระดับต่ำกว่าที่ควรจะเป็น



รูปที่ 5-60 วงรอบการผลิตของรถบรรทุกรุ่น 777B เทียบกับวงรอบการผลิตมาตรฐาน บริเวณพื้นที่โซนซี

ตารางที่ 5-6 แสดงอัตราการผลิตที่ทำได้จริงเทียบกับอัตราการผลิตที่ควรจะได้ของรถบรรทุกรุ่น 777B พื้นที่โซนเอ โซนบีและโซนซี

777B	ตัน/ชม ที่ทำได้จริง	ตัน/ชม ควรจะได้
ZONE A	138.25	344.73
ZONE B	172.78	344.73
ZONE C	193.42	344.73

ความสูญเสียอันเนื่องมาจากเครื่องจักรและความสูญเสียอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงาน จากผลการวิเคราะห์ความสูญเสียทั้งสองกรณีที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกรุ่น 777C 777D และ 777B สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5-7 ถึงตารางที่ 5-12

ตารางที่ 5-7 แสดงความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องจักรที่มีผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777C 777D และ 777B บริเวณพื้นที่โซนเอ

ความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องจักร			
ZONE A	รถตัก	เครื่องย่อย	รถบรรทุก
777C	✓	✓	
777D	✓		✓
777B	✓		✓

ตารางที่ 5-8 แสดงความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องจักรที่มีผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777C 777D และ 777B บริเวณพื้นที่โซนบี

ความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องจักร			
ZONE B	รถตัก	เครื่องย่อย	รถบรรทุก
777C	✓	✓	
777D	✓	✓	
777B	✓	✓	

ตารางที่ 5-9 แสดงความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงานที่มีผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777C 777D และ 777B บริเวณพื้นที่โซนซี

ความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องจักร			
ZONE C	รถตัก	เครื่องย่อย	รถบรรทุก
777C	✓	✓	
777D	✓	✓	
777B	✓	✓	

ตารางที่ 5-10 แสดงความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องจักรที่มีผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777C 777D และ 777B บริเวณพื้นที่โซนเอ

ความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงาน				
ZONE A	เวลารับหิน	เวลาวิ่งไปเทหิน	เวลาเทหิน	เวลาวิ่งไปจุดตัก
777C	✓			
777D	✓	✓		
777B	✓	✓		✓

ตารางที่ 5-11 แสดงความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงานที่มีผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777C 777D และ 777B บริเวณพื้นที่โซนบี

ความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงาน				
ZONE B	เวลารับหิน	เวลาวิ่งไปเทหิน	เวลาเทหิน	เวลาวิ่งไปจุดตัก
777C	✓		✓	
777D	✓			
777B	✓			

ตารางที่ 5-12 แสดงความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงานที่มีผลต่อรถบรรทุกรุ่น 777C 777D และ 777B บริเวณพื้นที่โซนซี

ความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงาน				
ZONE C	เวลารับหิน	เวลาวิ่งไปเทหิน	เวลาเทหิน	เวลาวิ่งไปจุดตัก
777C	✓			
777D	✓		✓	
777B	✓			

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.5 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของรถบรรทุกในระบบปฏิบัติการขนส่งภายในเหมืองหินปูนด้วยวิธีการชี้วัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร พบว่าค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งานและปัจจัยด้านสมรรถนะมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร โดยสาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องจักรและจากการปฏิบัติงาน ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple linear regression) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อค่าปัจจัยองค์ประกอบ และเป็นแนวทางในการกำหนดยุทธศาสตร์การปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานรถบรรทุกภายในระบบปฏิบัติการขนส่งได้อย่างเหมาะสม

จากผลการวิเคราะห์ความสูญเสียที่เกิดขึ้นภายในระบบปฏิบัติการขนส่ง พบว่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งานและค่าปัจจัยด้านสมรรถนะส่งผลต่อค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกโดยค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งานเกี่ยวข้องกับความสูญเสียที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 กรณี ได้แก่ ความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องจักรและความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงานและค่าปัจจัยด้านสมรรถนะเกี่ยวข้องกับอัตราการผลิต ดังนั้นตัวแปรที่ต้องการหาความสัมพันธ์ คือ เวลา ได้แก่ เวลาในการปฏิบัติงานของรถบรรทุก เวลาความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากทั้ง 2 กรณี และวงรอบการผลิตของรถบรรทุกในแต่ละขั้นตอน ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรกับปัจจัยองค์ประกอบ โดยผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรเหล่านี้ บริเวณพื้นที่โซนเอ โซนบี และโซนซี มีรายละเอียดดังนี้

5.5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการปฏิบัติงานของรถบรรทุกกับความสูญเสียที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นที่โซนเอ

ตารางที่ 5-13 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรระหว่างเวลาในการปฏิบัติงานของรถบรรทุกกับความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องจักรและเนื่องมาจากการปฏิบัติงานบริเวณพื้นที่โซนเอ

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.816708142
R Square	0.667012189
Adjusted R Square	0.661726669
Standard Error	0.085649608
Observations	129

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	2	1.85151288	0.92575644	126.1961147	8.18437E-31
Residual	126	0.924317771	0.007335855		
Total	128	2.775830652			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*	*Lower 99.0%*	*Upper 99.0%*
Intercept	1.866082582	0.076837501	24.28609167	2.30747E-49	1.714023427	2.018141736	1.665120851	2.067044312
ความสูญเสียจากการปฏิบัติงาน	-0.077456447	0.01204673	-6.429665657	2.4053E-09	-0.101296572	-0.053616323	-0.108963612	-0.045949283
ความสูญเสียจากเครื่องจักร	0.314367091	0.031707061	9.91473454	1.76459E-17	0.25161975	0.377114432	0.23144006	0.397294122

ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการปฏิบัติงานของรถบรรทุกกับความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องจักรและเนื่องมาจากการปฏิบัติงานบริเวณพื้นที่โซนเอ มีความสัมพันธ์กันดังสมการที่ (9) ดังนี้

$$\log Y = -0.07746\log X_1 + 0.31437\log X_2 + \log 1.86608 \quad \text{..... (9)}$$

โดยที่ Y=เวลาปฏิบัติงานของรถบรรทุก X_1=ความสูญเสียจากการปฏิบัติงาน,X_2=ความสูญเสียจากเครื่องจักร

5.5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างวงรอบการผลิตและขั้นตอนการปฏิบัติงานของรถบรรทุกบริเวณพื้นที่โซนเอ

ตารางที่ 5-14 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรระหว่างวงรอบการผลิตและขั้นตอนการปฏิบัติงานของรถบรรทุกบริเวณพื้นที่โซนเอ

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.996617228
R Square	0.9932459
Adjusted R Square	0.993028025
Standard Error	0.005742175
Observations	129

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	4	0.601262134	0.150315533	4558.804482	1.6968E-133
Residual	124	0.0040886	3.29726E-05		
Total	128	0.605350733			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*	*Lower 99.0%*	*Upper 99.0%*
Intercept	0.560650609	0.005179373	108.2468066	1.2526E-124	0.550399179	0.570902039	0.547101059	0.574200159
เวลารับหิน	0.264792959	0.007543376	35.10271188	2.90331E-66	0.249862505	0.279723413	0.245059035	0.284526883
เวลาวิ่งไปเทหิน	0.093838344	0.027585778	3.401692851	0.00090192	0.039238362	0.148438326	0.021672297	0.166004392
เวลาเทหิน	0.335117657	0.007071606	47.38918472	2.67051E-81	0.321120967	0.349114347	0.316617911	0.353617402
เวลาวิ่งกลับไปจุดตัก	0.323614727	0.006121377	52.86633014	6.49609E-87	0.311498808	0.335730647	0.307600839	0.339628615

ความสัมพันธ์ระหว่างวงรอบการผลิตกับขั้นตอนการปฏิบัติงานของรถบรรทุกพื้นที่โซนเอ มีความสัมพันธ์กันดังสมการที่ (10) ดังนี้

$$\log Y = 0.26479\log X_1 + 0.09384\log X_2 + 0.33512\log X_3 + 0.32361\log X_4 + \log 0.56065 \quad \text{..... (10)}$$

โดย Y=วงรอบการผลิตของรถบรรทุก, X_1 = เวลารับหิน,X_2=เวลาวิ่งไปเทหิน, X_3=เวลาเทหิน X_4=เวลาวิ่งกลับไปยังจุดตัก

5.5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกกับปัจจัยองค์ประกอบ บริเวณพื้นที่โซนเอ

ตารางที่ 5-15 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรระหว่างค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกกับปัจจัยองค์ประกอบบริเวณพื้นที่โซนเอ

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.981351825
R Square	0.963051405
Adjusted R Square	0.962164638
Standard Error	0.026344936
Observations	129

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	3	2.261287897	0.753763	1086.026	2.62914E-89
Residual	125	0.086756959	0.000694		
Total	128	2.348044856			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*	*Lower 99.0%*	*Upper 99.0%*
Intercept	-0.54183	0.035050545	-15.4587	8.56E-31	-0.611204209	-0.472465453	-0.63351771	-0.450151951
AF%	0.40364	0.034421351	11.72652	7.08E-22	0.335518417	0.471766668	0.313605466	0.493679619
PF%	0.50068	0.028494761	17.57079	1.43E-35	0.444280894	0.55707023	0.426140865	0.575210259
QF%	0.37070	0.035485246	10.44646	9.56E-19	0.300465379	0.440924789	0.277875142	0.463515025

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกกับปัจจัยองค์ประกอบทั้งสามปัจจัยของพื้นที่โซนเอ มีความสัมพันธ์กันดังสมการที่ (11) ดังนี้

$$OEE\% = 0.40364X_1+0.50068X_2+0.37070X_3-0.54183 \quad \text{(11)}$$

โดยที่ X_1=AF%,X_2=PF%, X_3=QF%

5.5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการปฏิบัติงานของรถบรรทุกกับความสูญเสียที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นที่โซนบี

ตารางที่ 5-16 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรระหว่างเวลาในการปฏิบัติงานของรถบรรทุกกับความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องจักรและเนื่องมาจากการปฏิบัติงานบริเวณพื้นที่โซนบี

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.543532124
R Square	0.29542717
Adjusted R Square	0.291850658
Standard Error	0.360889831
Observations	397

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	2	21.51642194	10.75821097	82.60203896	1.10002E-30
Residual	394	51.31513913	0.13024147		
Total	396	72.83156106			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*	*Lower 99.0%*	*Upper 99.0%*
Intercept	2.152751291	0.24166213	8.908103596	1.93859E-17	1.67764277	2.627859813	1.527241501	2.778261082
ความสูญเสียจากการปฏิบัติงาน	-0.315059398	0.029734405	-10.59578619	2.99609E-23	-0.373517334	-0.256601463	-0.392022891	-0.238095906
ความสูญเสียจากเครื่องจักร	0.278286065	0.100700608	2.76349936	0.00598677	0.080308348	0.476263782	0.01763614	0.53893599

ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการปฏิบัติงานของรถบรรทุกกับความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักรพื้นที่โซนบีมีความสัมพันธ์กันดังสมการที่ (12) ดังนี้

$$\log Y = -0.31506\log X_1+0.27828\log X_2+2.15275 \quad \text{(12)}$$

โดยที่ Y= ตันหินรวม X1=ความสูญเสียจากการปฏิบัติงาน, X2=ความสูญเสียจากเครื่องจักร

5.5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างวงรอบการผลิตและขั้นตอนการปฏิบัติงานของรถบรรทุกบริเวณพื้นที่โซนบี

ตารางที่ 5-17 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรระหว่างวงรอบการผลิตและขั้นตอนการปฏิบัติงานของรถบรรทุกบริเวณพื้นที่โซนบี

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.986064991
R Square	0.972324166
Adjusted R Square	0.972041759
Standard Error	0.012591157
Observations	397

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	4	2.183371744	0.545842936	3442.995354	8.5917E-304
Residual	392	0.062146593	0.000158537		
Total	396	2.245518337			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*	*Lower 99.0%*	*Upper 99.0%*
Intercept	0.555689715	0.005296299	104.920381	5.5101E-289	0.545277011	0.56610242	0.54198062	0.569398811
เวลารับหิน	0.373818659	0.008327504	44.88963941	1.43E-156	0.357446502	0.390190816	0.352263504	0.395373814
เวลาวิ่งไปเทหิน	0.328932379	0.007932428	41.46679635	2.0596E-145	0.313336955	0.344527803	0.308399851	0.349464908
เวลาเทหิน	0.082006398	0.007111951	11.53078811	1.09525E-26	0.06802406	0.095988736	0.063597616	0.100415179
เวลาวิ่งกลับไปจุดตัก	0.226423362	0.006160066	36.75664443	4.4393E-129	0.214312462	0.238534262	0.210478467	0.242368257

ความสัมพันธ์ระหว่างวงรอบการผลิตกับขั้นตอนการปฏิบัติงานของรถบรรทุกพื้นที่โซนบี มีความสัมพันธ์กันดังสมการที่ (13) ดังนี้

$$\log Y = 0.37382\log X_1 + 0.32893\log X_2 + 0.08201\log X_3 + 0.22642\log X_4 + \log 0.55569 \quad \text{.....(13)}$$

โดย Y=วงรอบการผลิตของรถบรรทุก, X_1 = เวลารับหิน,X_2=เวลาวิ่งไปเทหิน, X_3=เวลาเทหิน X_4=เวลาวิ่งกลับไปยังจุดตัก

5.5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกกับปัจจัยองค์ประกอบ บริเวณพื้นที่โซนบี

ตารางที่ 5-18 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรระหว่างค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกกับปัจจัยองค์ประกอบบริเวณพื้นที่โซนบี

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.976129249
R Square	0.952828311
Adjusted R Square	0.952468222
Standard Error	0.028880928
Observations	397

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	3	6.621373211	2.207124404	2646.089473	3.6976E-260
Residual	393	0.327804445	0.000834108		
Total	396	6.949177656			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*	*Lower 99.0%*	*Upper 99.0%*
Intercept	-0.397514432	0.016743923	-23.74081855	6.32173E-78	-0.430433296	-0.364595568	-0.440854351	-0.354174512
AF%	0.376124085	0.020528299	18.32222395	1.19766E-54	0.335765068	0.416483102	0.322988698	0.429259471
PF%	0.51696237	0.016565417	31.20732613	2.0122E-108	0.484394452	0.549530288	0.474084494	0.559840245
QF%	0.216565282	0.016874065	12.83420918	9.87506E-32	0.183390556	0.249740008	0.172888502	0.260242062

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกกับปัจจัยองค์ประกอบทั้งสามปัจจัยของพื้นที่โซนบีมีความสัมพันธ์กันดังสมการที่ (14) ดังนี้

$$OEE\% = 0.37612X_1+0.51696X_2+0.21656X_3-0.39751 \quad (14)$$

โดยที่ X1=AF%, X2=PF%, X3=QF%

5.5.7 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการปฏิบัติงานของรถบรรทุกกับความสูญเสียที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นที่โซนซี

ตารางที่ 5-19 แสดงผลการวิเคราะห์ตัวแปรระหว่างเวลาในการปฏิบัติงานของรถบรรทุกกับความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องจักรและเนื่องมาจากการปฏิบัติงานบริเวณพื้นที่โซนซี

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.585558135
R Square	0.34287833
Adjusted R Square	0.341022054
Standard Error	0.134084184
Observations	711

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	2	6.641751316	3.320875658	184.713021	2.79647E-65
Residual	708	12.72882634	0.017978568		
Total	710	19.37057765			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*	*Lower 99.0%*	*Upper 99.0%*
Intercept	2.49314553	0.059497443	41.90340641	6.7231E-194	2.376332993	2.609958067	2.339476056	2.646815004
ความสูญเสียจากการปฏิบัติงาน	-0.1392838	0.008627332	-16.14448097	3.71355E-50	-0.156222016	-0.122345583	-0.161566398	-0.117001202
ความสูญเสียจากเครื่องจักร	0.053864202	0.024833016	2.169056035	0.030410559	0.005109039	0.102619366	-0.010274293	0.118002697

ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการปฏิบัติงานของรถบรรทุกกับความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักรพื้นที่โซนซีมีความสัมพันธ์กันดังสมการที่ (15)

$$\log Y = -0.13928\log X_1+0.05386\log X_2+ \log 2.49315 \quad (15)$$

โดยที่ Y=เวลาปฏิบัติงานของรถบรรทุก X1=ความสูญเสียจากการปฏิบัติงาน, X2=ความสูญเสียจากเครื่องจักร

5.5.8 ความสัมพันธ์ระหว่างวงรอบการผลิตและขั้นตอนการปฏิบัติงานของรถบรรทุกบริเวณพื้นที่โซนซี

ตารางที่ 5-20 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรระหว่างระหว่างวงรอบการผลิตและขั้นตอนการปฏิบัติงานของรถบรรทุกบริเวณพื้นที่โซนซี

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.977535802
R Square	0.955576244
Adjusted R Square	0.955324551
Standard Error	0.012616057
Observations	711

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	4	2.417141264	0.604285316	3796.599403	0
Residual	706	0.11237041	0.000159165		
Total	710	2.529511675			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*	*Lower 99.0%*	*Upper 99.0%*
Intercept	0.60378852	0.004566541	132.2200983	0	0.594822894	0.612754146	0.591994007	0.615583033
เวลารับหิน	0.228633892	0.005102315	44.80983355	1.2907E-208	0.218616364	0.238651419	0.215455576	0.241812208
เวลาวิ่งไปเทหิน	0.259079146	0.005979798	43.32573612	4.8701E-201	0.24733883	0.270819461	0.243634458	0.274523834
เวลาเทหิน	0.125634381	0.018968588	6.62328594	6.96419E-11	0.088392787	0.162875975	0.076642104	0.174626659
เวลาวิ่งกลับไปจุดตัก	0.368193312	0.006166925	59.7045216	3.8098E-278	0.356085604	0.38030102	0.35226531	0.384121314

ความสัมพันธ์ระหว่างวงรอบการผลิตกับขั้นตอนการปฏิบัติงานของรถบรรทุกพื้นที่โซนเอ มีความสัมพันธ์กันดังสมการที่ (16) ดังนี้

$$\log Y = 0.22863\log X_1+0.25907\log X_2+0.12563\log X_3+0.36819\log X_4 +\log 0.60378 \quad (16)$$

โดย Y=วงรอบการผลิตของรถบรรทุก, X_1 = เวลารับหิน,X_2=เวลาวิ่งไปเทหิน, X_3=เวลาเทหิน, X_4=เวลาวิ่งกลับไปยังจุดตัก

5.5.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกกับปัจจัยองค์ประกอบ บริเวณพื้นที่โซนซี

ตารางที่ 5-21 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรระหว่างค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกกับปัจจัยองค์ประกอบบริเวณพื้นที่โซนเอ

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.986067726
R Square	0.97232956
Adjusted R Square	0.972212147
Standard Error	0.022763435
Observations	711

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	3	12.87337555	4.291125185	8281.244187	0
Residual	707	0.366348997	0.000518174		
Total	710	13.23972455			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*	*Lower 99.0%*	*Upper 99.0%*
Intercept	-0.715803285	0.01206704	-59.31888042	1.0721E-276	-0.739494806	-0.692111764	-0.746970048	-0.684636521
AF%	0.444980885	0.007886865	56.42050045	5.3989E-264	0.429496405	0.460465365	0.42461068	0.465351089
PF%	0.710168653	0.004870824	145.8005234	0	0.700605643	0.719731663	0.697588284	0.722749022
QF%	0.394088054	0.010588964	37.21686619	1.0246E-168	0.373298476	0.414877632	0.366738866	0.421437242

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกกับปัจจัยองค์ประกอบทั้งสามปัจจัยของพื้นที่โซนซี มีความสัมพันธ์กันดังสมการที่ (17) ดังนี้

$$OEE\% = 0.44450X_1+0.71017X_2+0.39409X_3-0.71580 \quad (17)$$

โดยที่ X_1=AF%,X_2=PF%, X_3=QF%

5.6 การวิเคราะห์ความไว (sensitivity analysis) ของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆรวมถึงค่าปัจจัยองค์ประกอบที่ส่งผลต่อค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร พบว่าในพื้นที่โซนเอ โซนบีและโซนซี ความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องจักรมีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานของรถบรรทุก เมื่อพิจารณาร่วมกับผลการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรและปัจจัยองค์ประกอบ รวมถึงสาเหตุความสูญเสียต่างๆ พบว่าเครื่องจักรดังกล่าว คือ รถตัก ในขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการปฏิบัติงานและวงรอบการผลิตนั้นจะมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ดังนี้

5.6.1 พื้นที่โซนเอ

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการปฏิบัติงานและวงรอบการผลิต พบว่าเมื่อเวลาในแต่ละขั้นตอนการปฏิบัติงานเพิ่มขึ้น เวลาในการเทหินและเวลาในการวิ่งกลับไปยังจุดตักจะมีผลต่อวงรอบการผลิตของรถบรรทุก โดยทำให้เกิดการรอรับหินพร้อมกันของรถบรรทุกมากกว่า 1 คันต่อรถตัก เมื่อรับหินและวิ่งไปเทพร้อมกัน ทำให้เกิดการรอเทหินบริเวณหน้าเครื่องย่อยและการวิ่งกลับไปยังจุดตักเกิดความล่าช้า เนื่องจากต้องรอรถที่วิ่งสวนทางเพื่อไปเทหิน ส่งผลต่ออัตราการผลิตที่ทำได้มีค่าลดลงและส่งผลต่อค่าปัจจัยด้านสมรรถนะ เห็นได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปัจจัยองค์ประกอบและค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร เมื่อปัจจัยด้านสมรรถนะลดลง ตามด้วยค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งาน ซึ่งเกี่ยวข้องกับเวลาในการปฏิบัติงานของรถบรรทุก เมื่อความสูญเสียที่เกิดอันเนื่องมาจากเครื่องจักรเพิ่มสูงขึ้น ปัจจัยด้านความพร้อมใช้งานลดลง จะมีผลต่อค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรลดลง

5.6.2 พื้นที่โซนบี

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการปฏิบัติงานและวงรอบการผลิต พบว่าเมื่อเวลาในแต่ละขั้นตอนการปฏิบัติงานเพิ่มขึ้น เวลาในการรับหินและเวลาในการวิ่งไปเท จะมีผลต่อวงรอบการผลิตของรถบรรทุก โดยทำให้เกิดการรอรับหินพร้อมกันของรถบรรทุกมากกว่า 1 คันต่อรถตัก เมื่อรับหินและวิ่งไปเทพร้อมกัน ทำให้เกิดการรอเทหินบริเวณหน้าเครื่องย่อยและการวิ่งกลับไปยังจุดตักเกิดความล่าช้า เนื่องจากต้องรอรถที่วิ่งสวนทางเพื่อไปเทหิน ส่งผลต่ออัตราการผลิตที่ทำได้มีค่าลดลงและส่งผลต่อค่าปัจจัยด้านสมรรถนะ เห็นได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปัจจัยองค์ประกอบและค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร เมื่อปัจจัยด้านสมรรถนะลดลง ตามด้วยค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งาน ซึ่งเกี่ยวข้องกับเวลาในการปฏิบัติงานของรถบรรทุก เมื่อความสูญเสียที่เกิดอันเนื่องมาจากเครื่องจักรเพิ่มสูงขึ้น ปัจจัยด้านความพร้อมใช้งานลดลง จะมีผลต่อค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรลดลง

5.6.3 พื้นที่โซนซี

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการปฏิบัติงานและวงรอบการผลิต พบว่าเมื่อเวลาในแต่ละขั้นตอนการปฏิบัติงานเพิ่มขึ้น เวลาวิ่งไปเทหินและเวลาในการวิ่งกลับไปยังจุดตักจะมีผลต่อวงรอบการผลิตของรถบรรทุก เมื่อวิ่งไปเทหินพร้อมกัน ทำให้เกิดการรอเทหินบริเวณหน้าเครื่องย่อยและการวิ่งกลับไปยังจุดตักเกิดความล่าช้า เนื่องจากต้องรอรถที่วิ่งสวนทางเพื่อไปเทหิน ส่งผลต่ออัตราการผลิตที่ทำได้มีค่าลดลงและส่งผลต่อค่าปัจจัยด้านสมรรถนะ เห็นได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปัจจัยองค์ประกอบและค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร เมื่อปัจจัยด้านสมรรถนะลดลง ตามด้วยค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งาน ซึ่งเกี่ยวข้องกับเวลาในการปฏิบัติงานของรถบรรทุก เมื่อความสูญเสียที่เกิดอันเนื่องมาจากเครื่องจักรเพิ่มสูงขึ้น ปัจจัยด้านความพร้อมใช้งานลดลง จะมีผลต่อค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรลดลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของรถบรรทุกด้วยวิธีการชี้วัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร ซึ่งปฏิบัติงานภายในพื้นที่โซนเอ พื้นที่โซนบีและพื้นที่โซนซี จากผลการศึกษาที่แสดงในบทที่ 5 สามารถสรุปได้ว่า ค่าปัจจัยด้านสมรรถนะและค่าปัจจัยด้านความพร้อมใช้งานมีอิทธิพลต่อค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร โดยทั้งสองปัจจัยองค์ประกอบมีความเกี่ยวข้องกับเวลาในการปฏิบัติงานและวงรอบการผลิตของรถบรรทุก ดังนั้นเมื่อเกิดความสูญเสียในการปฏิบัติงานมากขึ้นทำให้เวลาในการปฏิบัติงานของรถบรรทุกจะลดลง ส่งผลต่ออัตราการผลิตที่ได้มีค่าลดลงตามไปด้วย จากการพิจารณาค่าปัจจัยด้านความพร้อมการใช้งาน พบว่าสามารถแบ่งประเภทความสูญเสียที่เกิดขึ้นภายในระบบปฏิบัติการขนส่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องจักรและความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงาน โดยความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเครื่องจักรที่ปฏิบัติงานในระบบปฏิบัติการขนส่ง ได้แก่ รถตักและเครื่องย่อย ซึ่งสาเหตุความสูญเสียส่วนใหญ่ที่เกิดจากรถตัก คือ การเคลียร์หน้างานและการคัดหินก้อน ขณะที่สาเหตุความสูญเสียที่เกิดจากเครื่องย่อย คือ การรอเทหน้าเครื่องย่อย ความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงานส่วนใหญ่เกิดจากการรอรับหิน ดังนั้นสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นจึงสามารถนำไปสู่การกำหนดยุทธศาสตร์การปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานเครื่องจักรภายในระบบปฏิบัติการขนส่งได้อย่างเหมาะสมต่อไป

6.1 การกำหนดยุทธศาสตร์เพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรภายในระบบปฏิบัติการขนส่ง

จากตารางที่ 6-1 ถึง ตารางที่ 6-6 เป็นตารางแสดงค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรและค่าปัจจัยองค์ประกอบ ของรถบรรทุกรุ่น 777C 777D และ 777B เมื่อทำการกำจัดความสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากรถตักและเครื่องย่อย จะเห็นว่าค่าปัจจัยองค์ประกอบต่างๆมีค่าเพิ่มสูงขึ้นจากเดิมที่ยังไม่มีการกำจัดความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักรดังกล่าว แต่จากตารางที่ 6-7 ถึงตารางที่ 6-12 ซึ่งแสดงผลต่างก่อนและหลังของค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรและค่าปัจจัยองค์ประกอบ พบว่าการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการกำจัดความสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากรถตักมีมากกว่าการกำจัดความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากเครื่องย่อย ซึ่งยืนยันได้ว่ารถตักมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพในการทำงานของรถบรรทุกในระบบปฏิบัติการขนส่งของเหมืองหินปูน

ดังนั้นยุทธศาสตร์สำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร จะมุ่งเน้นไปที่การกำจัดความสูญเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากรถตัก โดยการเพิ่มเครื่องจักรเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกให้กับการทำงานของรถตัก การปรับรูปแบบการระเบิดหิน เพื่อให้ได้หินที่มีขนาดที่เหมาะสม

สะดวกต่อการตักของรถตัก เพื่อให้เวลาในการตักหินอยู่ในระดับมาตรฐานที่กำหนดไว้ ทำให้ความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงาน คือ เวลารับหิน ถูกกำจัดไปด้วย รวมไปถึงการบำรุงรักษาเครื่องจักร

ตารางที่ 6-1 ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกรุ่น 777C เมื่อปฏิบัติงานกับรถตัก

รถตักเมื่อปฏิบัติงานร่วมกับรถบรรทุกรุ่น 777C เมื่อลดความสูญเสียที่เกิดขึ้น			
ปัจจัยองค์ประกอบ	**โซน A**	**โซน B**	**โซน C**
AF%	88.94%	85.19%	88.77%
PF%	94.50%	96.11%	96.87%
QF%	100.00%	98.26%	98.82%
OEE%	84.40%	81.70%	84.35%

ตารางที่ 6-2 ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกรุ่น 777D เมื่อปฏิบัติงานกับรถตัก

รถตักรถตักเมื่อปฏิบัติงานร่วมกับรถบรรทุกรุ่น 777D เมื่อลดความสูญเสียที่เกิดขึ้น			
ปัจจัยองค์ประกอบ	**โซน A**	**โซน B**	**โซน C**
AF%	86.66%	85.40%	85.49%
PF%	89.29%	94.78%	93.26%
QF%	90.75%	90.37%	91.09%
OEE%	70.79%	73.64%	73.32%

ตารางที่ 6-3 ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกรุ่น 777B เมื่อปฏิบัติงานกับรถตัก

รถตักเมื่อปฏิบัติงานร่วมกับรถบรรทุกรุ่น 777B เมื่อลดความสูญเสียที่เกิดขึ้น			
ปัจจัยองค์ประกอบ	**โซน A**	**โซน B**	**โซน C**
AF%	87.63%	81.93%	89.01%
PF%	78.54%	94.80%	98.90%
QF%	98.95%	96.82%	99.18%
OEE%	67.66%	76.02%	87.62%

ตารางที่ 6-4 ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกรุ่น 777C เมื่อปฏิบัติงานกับเครื่องย่อย

เครื่องย่อยเมื่อปฏิบัติงานร่วมกับรถบรรทุกรุ่น 777C เมื่อลดความสูญเสียที่เกิดขึ้น			
ปัจจัยองค์ประกอบ	**โซน A**	**โซน B**	**โซน C**
AF%	74.64%	68.07%	73.80%
PF%	79.58%	77.28%	81.51%
QF%	100.00%	98.26%	98.82%
OEE%	60.26%	53.06%	60.59%

ตารางที่ 6-5 ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกรุ่น 777D เมื่อปฏิบัติงานกับเครื่องย่อย

เครื่องย่อยเมื่อปฏิบัติงานร่วมกับรถบรรทุกรุ่น 777D เมื่อลดความสูญเสียที่เกิดขึ้น			
ปัจจัยองค์ประกอบ	**โซน A**	**โซน B**	**โซน C**
AF%	75.00%	68.81%	74.73%
PF%	77.75%	76.71%	81.68%
QF%	90.75%	90.37%	91.09%
OEE%	53.90%	48.53%	56.73%

ตารางที่ 6-6 ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกรุ่น 777B เมื่อปฏิบัติงานกับเครื่องย่อย

เครื่องย่อยเมื่อปฏิบัติงานร่วมกับรถบรรทุกรุ่น 777B เมื่อลดความสูญเสียที่เกิดขึ้น			
ปัจจัยองค์ประกอบ	**โซน A**	**โซน B**	**โซน C**
AF%	79.79%	69.91%	74.69%
PF%	71.92%	81.21%	83.05%
QF%	98.95%	96.82%	99.18%
OEE%	58.45%	55.60%	62.39%

ตารางที่ 6-7 ผลต่างของค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรและค่าปัจจัยองค์ประกอบของรถบรรทุกรุ่น 777C เมื่อปฏิบัติงานกับรถตัก

ผลต่างก่อนและหลังเมื่อลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากรถตักที่ปฏิบัติงานร่วมกับรถบรรทุกรุ่น 777C			
ปัจจัยองค์ประกอบ	**โซน A**	**โซน B**	**โซน C**
AF%	(+) 35.80%	(+) 21.16%	(+) 19.47%
PF%	(+) 53.01%	(+) 45.98%	(+) 40.42%
QF%	(+) 25.34%	(+) 0.33%	-0.50%
OEE%	(+) 55.16%	(+) 50.11%	(+) 45.52%

ตารางที่ 6-8 ผลต่างของค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรและค่าปัจจัยองค์ประกอบของรถบรรทุกรุ่น 777D เมื่อปฏิบัติงานกับรถตัก

ผลต่างก่อนและหลังเมื่อลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากรถตักที่ปฏิบัติงานร่วมกับรถบรรทุกรุ่น 777D			
ปัจจัยองค์ประกอบ	**โซน A**	**โซน B**	**โซน C**
AF%	(+) 11.04%	(+) 21.20%	(+) 17.38%
PF%	(+) 41.54%	(+) 45.72%	(+) 43.61%
QF%	-0.60%	(+) 0.43%	-8.99%
OEE%	(+) 39.54%	(+) 45.16%	(+) 39.05%

ตารางที่ 6-9 ผลต่างของค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรและค่าปัจจัยองค์ประกอบของรถบรรทุกรุ่น 777B เมื่อปฏิบัติงานกับรถตัก

ผลต่างก่อนและหลังเมื่อลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากรถตักที่ปฏิบัติงานร่วมกับรถบรรทุกรุ่น 777B			
ปัจจัยองค์ประกอบ	**โซน A**	**โซน B**	**โซน C**
AF%	(+) 47.18%	(+) 17.40%	(+) 23.32%
PF%	(+) 64.58%	(+) 46.28%	(+) 49.25%
QF%	(+) 49.47%	(+) 0.22%	-0.90%
OEE%	(+) 56.29%	(+) 45.73%	(+) 54.76%

ตารางที่ 6-10 ผลต่างของค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรและค่าปัจจัยองค์ประกอบของรถบรรทุกรุ่น 777C เมื่อปฏิบัติงานกับเครื่องย่อย

ผลต่างก่อนและหลังเมื่อลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากเครื่องย่อยที่ปฏิบัติงานร่วมกับรถบรรทุกรุ่น 777C			
ปัจจัยองค์ประกอบ	**โซน A**	**โซน B**	**โซน C**
AF%	(+) 21.50%	(+) 4.04%	(+) 4.50%
PF%	(+) 38.09%	(+) 27.15%	(+) 25.06%
QF%	(+) 25.34%	(+) 0.33%	-0.50%
OEE%	(+) 31.02%	(+) 21.47%	(+) 21.76%

ตารางที่ 6-11 ผลต่างของค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรและค่าปัจจัยองค์ประกอบของรถบรรทุกรุ่น 777D เมื่อปฏิบัติงานกับเครื่องย่อย

ผลต่างก่อนและหลังเมื่อลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากเครื่องย่อยที่ปฏิบัติงานร่วมกับรถบรรทุกรุ่น 777D			
ปัจจัยองค์ประกอบ	**โซน A**	**โซน B**	**โซน C**
AF%	-0.62%	(+) 4.61%	(+) 6.62%
PF%	(+) 30.00%	(+) 27.65%	(+) 32.03%
QF%	-0.60%	(+) 0.43%	-8.99%
OEE%	(+) 22.65%	(+) 20.05%	(+) 22.46%

ตารางที่ 6-12 ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรของรถบรรทุกรุ่น 777B เมื่อปฏิบัติงานกับเครื่องย่อย

ผลต่างก่อนและหลังเมื่อลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากเครื่องย่อยที่ปฏิบัติงานร่วมกับรถบรรทุกรุ่น 777B			
ปัจจัยองค์ประกอบ	**โซน A**	**โซน B**	**โซน C**
AF%	(+) 39.34%	(+) 5.38%	(+) 9.00%
PF%	(+) 57.96%	(+) 32.69%	(+) 33.40%
QF%	(+) 49.47%	(+) 0.22%	-0.90%
OEE%	(+) 47.08%	(+) 25.31%	(+) 29.53%

รายการอ้างอิง

1. Akande, et al. (2013). "Optimization of the overall equipment efficiency (OEE) of loaders and rigid frame trucks in NAMDEB Southern." science publishing group 6: 158-166.
2. ÄLMEGRAN, A. K. J. (2013). Efficiency and Productivity Improvements at a Platinum Concentrator Development of a Management Tool to Measure and Monitor OEE and Process Pain. Department of Product and Production Development, CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY.
3. Elevil.S and Elevli.B (2010). "Performance Measurement of Mining Equipments by Utilizing OEE." Acta Montanistica Slovaca 15: 95-101.
4. Muhammad Abdus Samad, M. R. H., Md. Asrafuzzaman (2012). "Analysis of Performance by Overall Equipment Effectiveness of the CNC Cutting Section of a Shipyard." ARPN Journal of Science and Technology 2(11): 1091-1096.
5. Ngadiman, Y. b. (2013). Exploring The Overall Equipment Effectiveness (OEE) In An Industrial Manufacturing Plant. The 2nd International Conference On Global Optimization and Its Applications 2013, Avillion Legacy Melaka Hotel, Malaysia.
6. Ponce-Hernández M.M., G.-A. A., Navarro-González C.R. and Cabrera-Córdova E. (2013). "Overall Equipment Effectiveness (OEE) Diagnosis and Improving in a small Business as an Essential tool for Business Competitiveness." Research Journal of Recent Sciences 2: 58-65.
7. Scodanibbio, C. (2009). How to calculate Overall Equipment Effectiveness (OEE). http://www.scodanibbio.com.
8. Wauters , F. and J. Mathot (2010). Overall Equipment Effectiveness (OEE). ABB Inc, .
9. Williamson, R. M. (2006) Using Overall Equipment Effectiveness: the Metric and the Measures. 1-6

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวหทัยกานต์ กิจพานิช เกิดเมื่อวันที่ 29 กรกฎาคม 2530 จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2552 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมทรัพยากรธรณี ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2555

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University