



สนับสนุนโดย



สถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
WATER AND ENVIRONMENT INSTITUTE FOR SUSTAINABILITY
THE FEDERATION OF THAI INDUSTRIES



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRANAKHON



หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (M.ENG.)
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน
SUSTAINABLE INDUSTRIES MANAGEMENT ENGINEERING : SIME

การประชุมวิชาการและการนำเสนอผลงานทางวิศวกรรมนวัตกรรม
และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 9 ปี 2563
ภายใต้งาน Eco Innovation Forum 2020
ณ ศูนย์นิทรรศการและการประชุม ไบเทค บางนา

Eco Innovation Forum 2019



คำนิยม

ด้วยทิศทางการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของโลกในปัจจุบัน ทำให้ภาคอุตสาหกรรมนอกจากต้องมีความรู้ ความสามารถทางด้านวิศวกรรมแล้ว ความสามารถด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม และการอยู่ร่วมกับชุมชน ยังเป็นสิ่งที่สำคัญ และจำเป็นของภาคอุตสาหกรรมมาก เนื่องจากการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมในปัจจุบันมุ่งเน้นไปที่การปรับโครงสร้างเศรษฐกิจให้สมดุลและยั่งยืน องค์กรธุรกิจทั้งในภาคอุตสาหกรรมการผลิตและการบริการ สามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตสินค้าและบริการให้ได้มาตรฐานตามหลักสากล และลดต้นทุนการผลิต รวมถึงลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติแต่ยังคงมีคุณภาพที่ดี อีกทั้งยังสามารถแข่งขันกับคู่แข่งในตลาดระดับประเทศ ระดับภูมิภาค และระดับโลกได้

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ได้ตระหนักถึงภารกิจที่สำคัญนี้ จึงให้การสนับสนุนสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน เพื่อผลิตมหาบัณฑิตที่มีความรู้ความสามารถและคุณธรรม สามารถสร้างสรรค์ผลงานวิจัยและนวัตกรรมใหม่ อีกทั้งเป็นการบริการสังคมในด้านวิชาการ และเป็นที่ประจักษ์ถึงการเติบโตของสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน ทั้งในเชิงจำนวนมหาบัณฑิต จำนวนคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิ และผลงานวิชาการที่มีคุณภาพ

ผมในฐานะคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ขอแสดงความยินดีกับสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน ที่ได้รับเกียรติร่วมเป็นเจ้าภาพจัดการประชุมวิชาการระดับชาติเพื่อนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 9 ประจำปี 2563 ภายในงาน Eco Innovation Forum 2020 ในวันที่ 24-25 กันยายน 2563 ณ ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค บางนา กรุงเทพมหานครโดยความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครกับสถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (ส.อ.ท.) กระผมเชื่อมั่นเป็นอย่างยิ่งว่า การประชุมวิชาการในครั้งนี้ จะสร้างความร่วมมือระหว่างสถาบันการศึกษาภาคอุตสาหกรรมที่สำคัญของประเทศ ในการพัฒนาความรู้ นวัตกรรมและเทคโนโลยีเพื่อสร้างความเข้มแข็งอย่างยั่งยืนของประเทศ อีกทั้งส่งผลต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทยให้มีความก้าวหน้าต่อไป

(ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



คำนิยม

สถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน ได้จัดการประชุมวิชาการและการนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน (Sustainable Industrial Innovation and Management Conference) ครั้งที่ 9 ประจำปี 2563 ร่วมกับสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พร้อมทั้งจัดทำผลงานวิจัยที่นำเสนอในที่ประชุมวิชาการ (Proceedings) ฉบับนี้ ซึ่งเป็นการรวบรวมผลงานเชิงวิชาการเพื่อให้เป็นสื่อกลางและส่งเสริมให้มีการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ต่างๆ ในด้านการพัฒนาอุตสาหกรรมเชิงบูรณาการทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม โดยเน้นถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในสถานการณ์ปัจจุบัน เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด อีกทั้งยังแสดงถึงศักยภาพในการศึกษาและวิจัยของสถาบันต่างๆ ในประเทศอีกด้วย

สถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน มีความชื่นชมผลงานวิชาการที่เข้าร่วมการประชุมวิชาการในครั้งนี้ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลงานวิจัยที่นำเสนอในที่ประชุมวิชาการ (Proceedings) ฉบับนี้จะเป็นองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ ที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ร่วมการประชุมและผู้ที่เกี่ยวข้องทุกคน ในการนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศไทยให้ยั่งยืนสืบไป

(นางสาวพรรรัตน์ เพชรภักดี)

ผู้อำนวยการอาวุโส สถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน

สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย



คณะกรรมการจัดประชุมวิชาการ

การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม

นวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน

“แนวทางบริหารจัดการน้ำและนวัตกรรมใหม่จากวัสดุไม้ใช้แล้ว ทางออกอุตสาหกรรม4.0 ยุค New normal”

ครั้งที่ 9 ประจำปี 2563 วันที่ 24-25 กันยายน 2563

ณ ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค บางนา กรุงเทพมหานคร

ที่ปรึกษาโครงการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1. รักษาราชการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประธานที่ปรึกษา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ
2. รองอธิการบดีฝ่ายบริหารและกิจการสภามหาวิทยาลัย ที่ปรึกษา
ดร.ปริญญา บุญกนิษฐ
3. รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ วิจัย และบริการวิชาการ ที่ปรึกษา
รองศาสตราจารย์ ดร.นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ
4. รองอธิการบดีฝ่ายวางแผนและกายภาพ ที่ปรึกษา
นายกฤษณ์ เจ็ดวรรณะ
5. รองอธิการบดีฝ่ายการเงินและทรัพย์สิน ที่ปรึกษา
ดร.ปริญญา มากลีน
6. ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายพัฒนานักศึกษาและศิษย์เก่าสัมพันธ์ ที่ปรึกษา
ดร.คมพันธ์ ชมสมุทร
7. ผู้ช่วยอธิการบดี ที่ปรึกษา
นางสาวรุ่งฤดี ตรงต่อศักดิ์
8. ผู้ช่วยอธิการบดี ที่ปรึกษา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชญาภัทร์ กี่อาริโอ
9. ผู้ช่วยอธิการบดี ที่ปรึกษา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วรรณวิมล นาคทัต



- | | |
|--|-----------|
| 10. ผู้ช่วยอธิการบดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เจทญา กิจเกิดแสง | ที่ปรึกษา |
| 11. ผู้ช่วยอธิการบดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิเชฐ จิระประเสริฐวงศ์ | ที่ปรึกษา |
| 12. ผู้ช่วยอธิการบดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรินทร์ สุตคณีง | ที่ปรึกษา |

คณะกรรมการอำนวยการจาก สถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

- | | |
|---|---------------------|
| 1. ประธานสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
นายสุพันธุ์ มงคลสุธี | ประธานดำเนินงาน |
| 2. ประธานคณะกรรมการสถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน
นายสมชาย หวังวัฒนพานิช | รองประธานดำเนินงาน |
| 3. รองประธานคณะกรรมการสถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน
นายเจริญชัย ประเทืองสุขศรี | กรรมการ |
| 4. คณะกรรมการสถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน
นายไพรัตน์ ตั้งเศรณี | กรรมการ |
| 5. คณะกรรมการสถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน
นายธัญพัฒน์ มั่นนิชนันทน์ | กรรมการ |
| 6. ผู้อำนวยการอาวุโส สถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน
นางสาวพรรัตน์ เพชรภักดี | กรรมการ |
| 7. เจ้าหน้าที่อาวุโส สถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน
นางสาววรรณัฐ การิกาญจน์ | กรรมการและเลขานุการ |



คณะกรรมการอำนวยการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

- | | |
|--|---------------|
| 1. คณะบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล | ประธานกรรมการ |
| 2. รองคณะบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย
เรืออากาศตรี ดร.พลกฤษณ์ จรรย์ตันติเวทย์ | กรรมการ |
| 3. รองคณะบดีฝ่ายบริหาร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ พันธุ์นะ | กรรมการ |
| 4. รองคณะบดีฝ่ายวางแผน
นายกร พวงนาค | กรรมการ |
| 5. รองคณะบดีฝ่ายกิจการนักศึกษา
นายสุทธิพงษ์ จำรูญรัตน์ | กรรมการ |

คณะกรรมการดำเนินงาน

- | | |
|--|---------------------------|
| 1. นายสุวิทย์ แผงศิริสุขมัย | ประธานกรรมการดำเนินงาน |
| 2. ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล | รองประธานกรรมการดำเนินงาน |
| 3. ดร.ปริญญา บุญกนิษฐ | กรรมการดำเนินงาน |
| 4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ | กรรมการดำเนินงาน |
| 5. ดร.สุวิทย์ แผงกันยา | กรรมการดำเนินงาน |
| 6. ดร.เทอดพงษ์ แดงสี | กรรมการดำเนินงาน |
| 7. ดร.สรสุธี บัวพูล | กรรมการดำเนินงาน |
| 8. นายสุทธิพงษ์ เลขาชัยวรกุล | กรรมการดำเนินงาน |
| 9. นายศิวรุตม์ จุลพรหม | เลขานุการ |



รายชื่อคณะกรรมการพิจารณาบทความ

คณะกรรมการด้านวิชาการประเมินและพิจารณาบทความวิชาการ

- 1. ดร.สำเร็จ เนตรภู**
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
- 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทร์สัจ วุฒิสัตย์วงศ์กุล**
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
- 3. ดร.วิญญู ศักดาทร**
คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- 4. ดร.รริศรา อิมภาประเสริฐ**
ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- 5. ดร.ปิณฑน์ บุตรโคตร**
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช (สไใหญ่)
- 6. ดร.อาคม ปะหลามานิต**
สถาบันวิจัยระบบพลังงาน สำนักวิจัยและระบบพลังงาน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- 7. ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล**
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- 8. ดร.สุวิทย์ แผงกันยา**
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- 9. ดร.ปริญญ์ บุญนิษฐ**
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- 10. ดร.สรสุธี บัวพูล**
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



คำนำ

การจัดประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรม เพื่อความยั่งยืน (Sustainable Industrial Innovation and Management Conference) ครั้งที่ 9 ประจำปี 2563 ภายในงาน Eco Innovation Forum 2020 โดยความร่วมมือระหว่าง สถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (ส.อ.ท.) และหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรม การจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เป็นการดำเนินการต่อเนื่องจากการจัดประชุมวิชาการครั้งที่ 8 เมื่อปี 2562 ภายใต้ข้อตกลงความร่วมมือ “พัฒนาศักยภาพบุคลากรสมาชิกสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยเพื่อการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน” ระหว่าง สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยและ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

การจัดประชุมวิชาการในครั้งที่ 9 นี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นเวทีนำเสนอผลงานเชิงวิชาการ พร้อมส่งเสริมให้มีการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ในด้านการพัฒนาอุตสาหกรรมเชิงบูรณาการ 3 ส่วน ประกอบด้วย ระบบเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม โดยนักวิจัยจากสถาบันการศึกษา ด้านวิศวกรรมศาสตร์และวิทยาศาสตร์ รวมถึงนักวิจัยจากภาคอุตสาหกรรมภายใต้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ที่ทันสมัยสอดคล้องตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

การนำเสนอผลงานวิจัยครอบคลุมด้านการจัดการองค์กรเพื่อความยั่งยืน การเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต การจัดการสิ่งแวดล้อม การจัดการของเสีย การรีไซเคิลวัสดุเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การพัฒนาพลังงานทดแทนและนวัตกรรมจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน เป็นต้น การจัดประชุมวิชาการในครั้งนี้หวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้เข้าร่วมประชุมจะได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนประสบการณ์ ได้รับความรู้ใหม่ และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย พร้อมทั้งนำความรู้ไปประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสม ทั้งการทำงานและการดำรงชีวิตที่ดีขึ้น เป็นบุคลากรสำคัญต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศไทยให้ยั่งยืนต่อไป

คณะกรรมการดำเนินการจัดประชุมวิชาการ ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการพิจารณาบทความ ผู้สนับสนุน จากทุกภาคส่วน นักวิจัย ผู้นำเสนอบทความ และผู้เข้าร่วมประชุมวิชาการทุกท่าน มา ณ ที่นี้

สถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน

สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (ส.อ.ท.)

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

กันยายน 2563



ลำดับผลงานวิชาการ (Recorded Presentation)

วันศุกร์ที่ 25 กันยายน 2563

ลำดับ	ชื่อบทความ	ชื่อเจ้าของผลงาน	หน่วยงาน
1	การเพิ่มผลผลิตในการจัดการโซ่อุปทาน การปลุกมันสำปะหลังของเกษตรกร จังหวัดนครราชสีมา	อนิรุช พิพัฒน์ประภา คณิต ไช่มุกด์	คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
2	การเพิ่มอัตราผลิตภาพการผลิต Injector Body ที่ใช้สำหรับหัวฉีดน้ำมัน ดีเซล	อภิวิชญ์ รูปสูง นนทิ สุทธิการณฤนัย	คณะบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัย หอการค้าไทย
3	การศึกษาปัจจัยสำคัญที่สนับสนุนการ ท่องเที่ยวและการฟื้นฟูหลังวิกฤต โควิด- 19	ณัฐชัย ทิวพศวัต วิษณุตร์ งามสะอาด	คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัย หอการค้าไทย
4	แนวทางการประหยัดพลังงานสำหรับ อาคารสำนักงานเช่า	พัฒนะ เมฆขำ จันทิมา รุ่งลายเงิน	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล พระนคร
5	การนำแนวคิดสินค้ามาใช้ในการลดต้นทุน ในการดำเนินงาน กรณีศึกษา บริษัท จำหน่ายสินค้าไอที	ปรเมษฐ์ เอกอุ้น	คณะบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัย หอการค้าไทย
6	การประยุกต์กระบวนการวิเคราะห์ต้นไม้ แห่งความล้มเหลวและกระบวนการ วิเคราะห์เชิงลำดับขั้นสำหรับการจัดการ สิ่งแวดล้อมในกระบวนการการผลิต ข้าวสาร	กัญยากร ผลดี จิรทยา เริ่มมนตรี อารุญ เกตุสาคร กันต์ ปานประยูร	คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร ศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
7	การเตรียมและสมบัติของเส้นใยคาร์บอน เคลือบด้วยพอลิเอทิลีน	จุฑาภัก เกษรทอง กาวิ ศรีกุลกิจ	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย
8	การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนซื้อ รถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์เพื่อทดแทน การจัดจ้างผู้รับเหมาขนส่งจากแหล่ง ภายนอก กรณีศึกษา บริษัทตัวแทนผู้รับ จัดการขนส่งระหว่างประเทศ	ศรายุทธ นามศรี ฐิติมา วงศ์อินตา	คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัย บูรพา



ลำดับ	ชื่อบทความ	ชื่อเจ้าของผลงาน	หน่วยงาน
9	ปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบอาคารพักอาศัยรูปแบบผสมผสาน เพื่อส่งเสริมสุขภาพที่ดีของผู้สูงอายุ	จิตติมนต์ มุกสิกส์สวัสดิ์ สุทาลักษณ์ ตันตวิวงศ์	คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
10	การควบคุมการเกิดปฏิกิริยาอัลคาไลน์ซิลิกาโดยใช้เถ้าลอยและซิลิกาฟุ่ม	จักรพันธ์ แสงสุวรรณ อนุรักษ์ เทพกรณ์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล พระนคร
11	การศึกษาความได้เปรียบเชิงเปรียบเทียบและส่วนแบ่งตลาดคงที่อุตสาหกรรมยางพาราของประเทศไทย	ดวงฤดี สุวรรณไตรย์ รศ.ดร.อนันต์ วัฒนกุลจรัส	คณะพัฒนาการเศรษฐกิจ สถาบัน บัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
12	ระบบประหยัดพลังงานแบบออนไลน์สำหรับเครื่องปรับอากาศ	สรายุพงษ์ หนูยิ้มชัย นิธิพร วรรณโสภณ วิสาลักษณ์ คุณธนรุ่งโรจน์	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ศรีวิชัย
13	ความเป็นไปได้ในอนาคตของเทคโนโลยีพลังงานจากแสงอาทิตย์ในประเทศไทย	ศิวรุทธ์ จุลพรหม	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล พระนคร
14	การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความจริงเสริมเพื่อสนับสนุนการใช้งานหุ่นยนต์อุตสาหกรรม	ปริญญ์ บุญกนิษฐ สมชาย ดอกไม้เงิน	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล พระนคร
15	เครื่องผลิตน้ำจากอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีศึกษาน้ำสำหรับการปลูกผักไร้ดิน	วสันต์ ศรีซังส้ม ศราวุธ เกื้อนเนา สุวิสต์ แผงธีระสุขมัย พลังวัชร แผงธีระสุขมัย สุธินนท์ พัชรชต์วิรากุล	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล พระนคร



สารบัญ

ชื่อบทความ	หน้า
การเพิ่มผลผลิตในการจัดการโซุ่ปทานการปลุกมันสำปะหลังของเกษตรกร จังหวัดนครราชสีมาอนิรุช พิพัฒน์ประภา, คณิต ไช่มุกด์	1
การเพิ่มอัตราผลิตภาพการผลิต Injector Body ที่ใช้สำหรับหัวฉีดน้ำมันดีเซล อภิวิชญ์ รูปสูง, นันทิ สุทธิการณนัย	14
การศึกษาปัจจัยสำคัญที่สนับสนุนการท่องเที่ยวและการฟื้นฟูหลังวิกฤต โควิด-19 ณัฐชัย ทิวพศวัต, วิชญูตร์ งามสะอาด	22
แนวทางการประหยัดพลังงานสำหรับอาคารสำนักงานเช่า พัฒนะ เมฆขำ, จันทิมา รี้วลายเงิน	32
การนำแนวคิดสีนมาใช้ในการลดต้นทุนในการดำเนินงาน กรณีศึกษา บริษัท จำหน่ายสินค้าไอที ปรเมษฐ์ เอกอุ่น	41
การประยุกต์กระบวนการวิเคราะห์ต้นทุนไม่แห่งความล้มเหลวและกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นสา หรับการจัดการสิ่งแวดล้อมในกระบวนการการผลิตข้าวสาร กันยากร ผลดี, จิรทยา เริ่มมนตรี, อารุญ เกตุสาคร, กันต์ ปานประยูร	50
การเตรียมและสมบัติของเส้นใยคาร์บอนเคลือบด้วยพอลิเอนิลีน จุฑาภักดิ์ เกสรทอง, กาวี ศรีกุลกิจ	69
การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนซื้อรถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์เพื่อทดแทนการจัดจ้างผู้รับเหมา ขนส่งจากแหล่งภายนอก กรณีศึกษา บริษัทตัวแทนผู้รับจัดการขนส่งระหว่างประเทศ ศรายุทธ นามศรี, ฐิติมา วงศ์อินตา	75



สารบัญ

ชื่อบทความ	หน้า
ปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบอาคารพักอาศัยรูปแบบผสมผสาน เพื่อส่งเสริมสุขภาพที่ดีของผู้สูงอายุ จิตติมนต์ มุกสิกสวัสดิ์, สุชาลักษณ์ ตันติวงศ์	82
การควบคุมการเกิดปฏิกิริยาอัลคาไลน์ซิลิกาโดยใช้เถ้าลอยและซิลิกาฟูม จักรพันธ์ แสงสุวรรณ, อนุรักษ์ เทพกรณ์	90
การศึกษาความได้เปรียบเชิงเปรียบเทียบและส่วนแบ่งตลาดคังที่อุตสาหกรรมยางพาราของประเทศไทย ดวงฤดี สุวรรณไตรย์, รศ.ดร.อนันต์ วัฒนกุลจรัส	96
ระบบประหยัดพลังงานแบบออนไลน์สำหรับเครื่องปรับอากาศ สรายุพงษ์ หนูยิ้มซ้าย, นิธิพร วรรณโสภณ, วิสาลักษณ์ คุณธนรุ่งโรจน์	105
ความเป็นไปได้ในอนาคตของเทคโนโลยีพลังงานจากแสงอาทิตย์ในประเทศไทย ศิวรุตม์ จุลพรหม	114
การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความจริงเสริมเพื่อสนับสนุนการใช้งานหุ่นยนต์อุตสาหกรรม ปริญญ์ บุญกนิษฐ, สมชาย ดอกไม้เงิน	132



การเพิ่มผลผลิตในการจัดการโซ่อุปทานการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกร จังหวัด นครราชสีมา

An Increasing Productivity of Supply Chain Management for Cassava Cultivating of Agriculturist in Nakhon Ratchasima Province

อนิรุท พิพัฒน์ประภา^{1*}, คณิต ไช้มุกต์²

1* สาขาการจัดการ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

744 ถ.สุรนารายณ์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

Anirut.pi@rmuti.ac.th

2 โครงการคุษฎีบัณฑิตทางสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพื่อศึกษาการเพิ่มผลผลิตในการจัดการโซ่อุปทานการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรจังหวัดนครราชสีมา การศึกษาวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงการสำรวจ ถึงการจัดการโซ่อุปทานในการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรจำนวน 250 ราย ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ผลโดยใช้ค่าความถี่ร้อยละ ผลการศึกษวิจัยพบว่าในการเพิ่มผลผลิตการจัดการโซ่อุปทานปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกร เริ่มจากการเตรียมพันธุ์ ส่วนใหญ่มีการเตรียมพันธุ์ในการปลูกด้วยตนเอง รองลงมาคือมีการซื้อพันธุ์จากจังหวัดใกล้เคียง เพื่อให้มีต้นพันธุ์ที่เพียงพอต่อการปลูก โดยที่ก่อนปลูกมีการเตรียมดินก่อนการปลูกมันสำปะหลัง โดยมีวิธีการเตรียมโดยการใช้ปุ๋ยคอก ระหว่างปลูกมีการกำจัดศัตรูพืชโดยเฉลี่ย 1-2 ครั้ง/การปลูก และมีการใช้สารเคมีในการปลูกมันสำปะหลังด้วยเพื่อเพิ่มผลผลิต และกำจัดโรค และแมลงศัตรูพืช สำหรับการเก็บเกี่ยวผลผลิต ส่วนใหญ่ใช้รถเป็นเครื่องจักรที่ใช้ในการเก็บเกี่ยว และมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงเวลาเช้า มีการตรวจสอบ คุณภาพของหัวมันสำปะหลังก่อนส่งขายหรือขนส่งไปยังโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งการตรวจสอบเป็นการตรวจสอบแบบอย่างง่ายโดยใช้สายตาในการคัดแยก สำหรับปัญหาที่มีความสำคัญต่อเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังคือราคารับซื้อมันสำปะหลังที่ต่ำและต้องการให้รัฐบาลช่วยสนับสนุนในการประกันราคารวมถึงหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการจัดการอบรมให้ความรู้ และเทคโนโลยีการเกษตรที่มีความเหมาะสมในการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังอย่างต่อเนื่องก็จะช่วยทำให้การปลูกมันสำปะหลังมีประสิทธิภาพมากขึ้น

คำสำคัญ: การจัดการโซ่อุปทาน มันสำปะหลัง จังหวัดนครราชสีมา



Abstract

The objective of this research was to investigate agriculturist's cassava cultivating supply chain management for increasing productivity, Nakhon Ratchasima province. This study was survey research method. An Elaborate questionnaire was constructed to collect data with 250 agriculturists in cassava plants particularly and analysis data using frequency and percentage. The results of this study found that to increase the supply chain management productivity of cassava agriculturists, preparing process approach, the most cassava stem was prepared for self-cultivation and followed by purchased the stems from neighboring provinces to increase sufficient cultivation. With regarding soil preparation, manure was fertilized to enrich the soil and weed around 1-2 times/cultivation. Moreover, for increasing cassava productivity and cassava disease and pest elimination, chemical fertilizer was used. Pushcart as machine for harvesting process and harvested the cassava in the morning mostly. Finally, before sell or transfer to tapioca starch manufactory, cassava root quality was checked by simple type inspection method (visual inspection). Furthermore, important problems of cassava agriculturists were low purchasing price of cassava roots, which need the government to support and guarantee cassava purchasing price. To increase the cassava productivity and efficiency, the related organization should create suitable training and agricultural technology continuously.

Keywords: Supply Chain Management, Cassava, Nakhon- Ratchasima province



1. บทนำ (Introduction)

มันสำปะหลังจัดได้ว่าเป็นอีกหนึ่งพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญในประเทศไทย ซึ่งปัจจุบันประเทศไทยยังคงเป็นประเทศผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังมากเป็นอันดับหนึ่งของโลก ที่ 12.2 ล้านตัน คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 71.0 โดยเป็นการส่งออกผลิตภัณฑ์มันเส้น 5.89 ล้านตัน และแป้งมันสำปะหลัง 6.26 ล้านตัน โดยตลาดส่งออกที่สำคัญที่ไทยส่งผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังไปขายคือ จีน เกาหลี นิวซีแลนด์ ฟิลิปปินส์ อเมริกา เป็นต้น (The Thai Tapioca Products Factory Association, 2019) ซึ่งจีนมีการนำเข้าผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังจากไทยเพื่อนำไปใช้ในการผลิตเอทานอลเพื่อใช้ภายในประเทศถึงร้อยละ 24 ของการผลิตทั้งหมด ในอนาคตมันสำปะหลังมีแนวโน้มที่มีความสำคัญแก่ประเทศมาก เนื่องจากเป็นสินค้าที่มีการบ่อนแก่อุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมอื่น ๆ อีกทั้งยังเป็นปัจจัยหลักในการผลิตพลังงานทางเลือกอีกมากมาย เพื่อทดแทนการใช้น้ำมันดิบที่กำลังค่อยๆ หดหายไป (Pisanwanich, 2015) จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจของสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรมฉบับที่ 12 (พ.ศ.2559-2564) ได้มีการกำหนดยุทธศาสตร์การพัฒนาอุตสาหกรรมมันสำปะหลังภายในประเทศด้านต่าง ๆ เช่น การเพิ่มศักยภาพของบุคลากรทุกระดับภายในอุตสาหกรรมมันสำปะหลัง การยกระดับอุตสาหกรรมมันสำปะหลังให้มีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ลดผลกระทบต่อสังคมและชุมชนที่อยู่รอบข้าง การส่งเสริมให้มีการพัฒนาฐานข้อมูลของผู้ประกอบการ การเข้าถึงช่องทางการตลาดและระบบการเงินเพื่อให้มีความได้เปรียบในเชิงพาณิชย์ การนำเทคโนโลยีใหม่ที่มีความทันสมัยมาช่วยในกระบวนการผลิตตั้งแต่อุตสาหกรรมต้นน้ำจนถึงอุตสาหกรรมปลายน้ำ รวมถึงการออกกฎหมายที่เป็นมาตรฐานเพื่อป้องกันสินค้าที่คุณภาพไม่ตรงตามมาตรฐานเข้ามาจำหน่ายในประเทศ (Office of the National Economic and Social Development Board, 2018).

จังหวัดนครราชสีมาเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่การเพาะปลูกมันสำปะหลังมากที่สุดในประเทศไทย โดยมีพื้นที่การเพาะปลูกมันสำปะหลังกว่า 1.9 ล้านไร่ มีจำนวนเกษตรกรที่ทำการเพาะปลูกมันสำปะหลังกว่า 7.3 หมื่นราย โดยในการเพาะปลูกมันสำปะหลังภายในจังหวัดนครราชสีมาจะมีผลผลิตเฉลี่ยไร่ละ 4-5 ตัน คิดปริมาณผลผลิตในภาพรวมของจังหวัดกว่า 7.6 ล้านตัน มีมูลค่าการผลิตถึง 17,860 ล้านบาท โดยที่จังหวัดนครราชสีมาถือว่าเป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการเพาะปลูกมันสำปะหลังไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของสภาพดิน น้ำ และลักษณะของภูมิประเทศที่เหมาะสม ซึ่งในปัจจุบันนี้ปัญหาที่เกิดขึ้นคือการขาดหัวมันสำปะหลังบ่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง ทำให้ต้องมีการขยายพื้นที่การปลูกไปยังประเทศเพื่อนบ้าน ในลักษณะของ เกษตรพันธสัญญา (Contract Framing) แล้วมีการนำเข้ามาในรูปแบบของผลผลิตที่เป็นหัวมันสด เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวข้างต้นทำให้มีผลกระทบต่อต้นทุนในการผลิตโดยรวมของอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง (Tangprasert, 2015) นอกจากนี้หากเกษตรกรมีการจัดการโซ่อุปทานในการปลูกมันสำปะหลังไม่ดีพอ เช่น การวางแผนการเก็บเกี่ยวผลผลิตโดยที่ยังไม่ถึงระยะเวลาเก็บเกี่ยวผลผลิต โดยใช้ราคาเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจเพียงอย่างเดียว ซึ่งจะส่งผลถึงคุณภาพของหัวมันสำปะหลังและปริมาณแป้งที่จะได้จากมันสำปะหลัง หรือการเก็บเกี่ยวผลผลิตโดยที่ยังไม่รู้แหล่งที่จะขายผลผลิต ก็จะส่งผลถึงต้นทุนในการขนส่งที่มากขึ้น รวมถึงปริมาณดินที่ติดไปกับหัวมันสำปะหลังที่จะขายให้โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังมาก ก็จะทำให้รายได้ที่เกษตรกรได้รับจากการขายหัวมันสำปะหลังลดลง ในขณะเดียวกันในมุมมองของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง เนื่องจากปัญหาการขาดวัตถุดิบในการผลิตแป้งมันสำปะหลังทำให้ต้องมีการรับซื้อหัวมันสำปะหลังที่มีคุณภาพไม่ได้ตามที่ต้องการ เพื่อทำให้มีวัตถุดิบเพียงพอสำหรับการผลิตและทันต่อความต้องการของลูกค้า จึงทำ



ให้เกิดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตมาก เช่น การ
ต้องเสียน้ำปริมาณมากที่ต้องใช้ในกระบวนการใน
กระบวนการล้างหัวมันสำปะหลัง การสูญเสียพลังงาน
ไฟฟ้าที่ต้องใช้ในกระบวนการผลิต คุณภาพของการผลิต
ดี ้วย (Chavalparit and Ongwande, 2009; Okunade and
Adekalu, 2014; Situmarang and Manik, 2017)

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะ
ศึกษาถึงความเชื่อมโยงการจัดการโซ่อุปทานในการปลูก
มันสำปะหลังของเกษตรกร ซึ่งจะทำให้เกิดความเข้าใจ
อย่างถูกต้องถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในห่วงโซ่อุปทานของปลูก
มันสำปะหลัง เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลให้กับหน่วยงานที่
เกี่ยวข้องในการส่งเสริมและพัฒนาเกษตรกรผู้ปลูกมัน
สำปะหลังได้อย่างถูกต้องและนำมาใช้ในการเพิ่มผลผลิต
ให้กับเกษตรกรและอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง
ได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงเป็นส่วนหนึ่งในการช่วย
เพิ่มขีดความสามารถทางการแข่งขันในอุตสาหกรรมแป้ง
มันสำปะหลังเพื่อการส่งออกของประเทศ

2. วัตถุประสงค์การวิจัย (Research Objective)

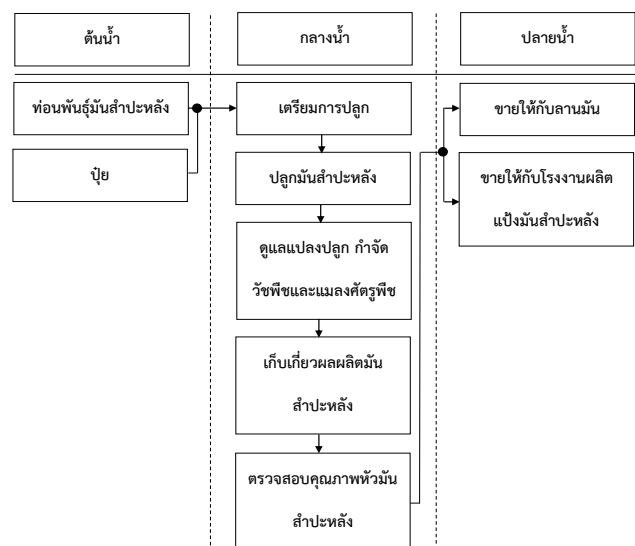
เพื่อศึกษาการจัดการโซ่อุปทานในการปลูกมัน
สำปะหลังของเกษตรกรจังหวัดนครราชสีมา

3. ทบทวนวรรณกรรม (Literature Review)

การจัดการโซ่อุปทาน (Supply Chain Management: SCM)
เป็นอีกหนึ่งกลยุทธ์ทางการจัดการที่ถูกนำมาใช้ในการ
บริหารงานทางธุรกิจโดยคำนึงการเชื่อมโยงความสัมพันธ์
ของแต่ละกิจกรรมทางธุรกิจ หรือการทำงานของ
หน่วยงานภายในองค์กรและภายนอกองค์กรเข้าด้วยกัน
โดยเริ่มจากปัจจัยนำเข้า ผ่านกระบวนการผลิตสินค้า/
บริการ และเป็นสินค้า/บริการ ซึ่งวัตถุประสงค์ของการ
จัดการโซ่อุปทาน คือเพื่อผลิตสินค้า/บริการที่ตรงต่อความ
ต้องการของลูกค้าทั้งปริมาณ คุณภาพ และสร้างความพึง
พอใจเหนือความคาดหมายให้กับลูกค้า ซึ่งเกิดจากการ

ทำงานที่มีประสิทธิภาพ และประสิทธิผล ภายใต้ข้อจำกัด
ทั้งในเรื่องของต้นทุนต่ำ และเวลาการทำงาน การส่งมอบ
สินค้า รวมถึงการจัดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในการ
ทำงาน (Waste) (Bowersox, Closs, Cooper, and Bowersox, 2020;
Chantharat and Maikaensarn, 2019; Heizer and Render, 2017;
Chumsuk et al, 2017)

มันสำปะหลังเป็นพืชที่สามารถปลูกได้เกือบตลอดทั้ง
ปี อาจแบ่งฤดูปลูกได้เป็น 2 ฤดู คือ ต้นฤดูฝน (เดือน
มีนาคม-พฤษภาคม) และปลายฤดูฝน (เดือนกันยายน -
พฤศจิกายน) ซึ่งช่วงปลูกที่ เหมาะสมควรเลือกวันปลูก
เพื่อให้มันสำปะหลังอายุ 1-5 เดือน อยู่ในสภาพที่ขาดน้ำ
น้อยที่สุด การปลูกเพื่อการผลิตท่อนพันธุ์ควรปลูกต้นฤดู
ฝน เนื่องจากมันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตได้ดี ได้
ปริมาณท่อนพันธุ์มาก ส่วนการผลิตหัวมันสดช่วงเวลา
ปลูกที่เหมาะสมขึ้นกับสภาพพื้นที่แหล่งปลูกมันสำปะหลัง
โดยทั่วไปการปลูกมันสำปะหลังปลายฤดูฝนจะให้ผลผลิต
สูงที่สุด (Muangwai, Laocharoenporn, Noiprasert,
and Mayim, 2012; Howeler and Aye, 2015) สำหรับ
โซ่อุปทานของการปลูกมันสำปะหลัง (ภาพที่ 1)
ประกอบด้วยดังนี้



ภาพที่ 1 โซ่อุปทานการปลูกมันสำปะหลัง



การเตรียมดินหรือการเตรียมพื้นที่ในการปลูกมีความสำคัญต่อการเพิ่มผลผลิตของการปลูกมันสำปะหลังเป็นอย่างมาก ควรไถพรวนให้ลึก 20-30 เซนติเมตร โดยไถกลบเศษเหลือของต้นมันสำปะหลังที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวจากการปลูกในครั้งที่ผ่านมา ไม่ควรเผา เนื่องจากการเผาจะทำให้ธาตุอาหารสูญหายไปเป็นจำนวนมาก การไถควรทำ 1-2 ครั้ง ด้วยผาน 3-4 สลับกับผาน 7 เพื่อพลิกดินชั้นล่างกลับขึ้นมา นอกจากนี้จะทำให้ดินร่วนซุย แล้วยังนำเอาธาตุอาหารที่ถูกชะล้างลงไปดินชั้นล่างกลับขึ้นมาอยู่ในดินชั้นบนให้มันสำปะหลังนำไปใช้ได้ อีก นอกจากนี้ควรมีการอาจมีการใส่แร่ธาตุเพิ่มเติม เช่น สังกะสี ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เป็นต้นเพื่อชดเชยแร่ธาตุหรือสารอาหารในดินที่สูญเสียไปจากการปลูกมันสำปะหลังในครั้งที่ผ่านมา (Fakkeao, 2014)

การคัดเลือกท่อนพันธุ์ปลูก ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่ใช้ปลูกควรได้จากต้นที่มีอายุตั้งแต่ 8 เดือนขึ้นไป และไม่ควรเกิน 18 เดือน ขนาดของท่อนพันธุ์ใหม่สด ไม่บอบช้ำปราศจากโรคแมลง ตัดต้นพันธุ์ ยาวประมาณ 20-30 เซนติเมตร เมื่อปลูกในฤดูฝน และตัดต้นพันธุ์ยาวประมาณ 25-30 เซนติเมตร เมื่อปลูกในช่วงปลาย ฤดูฝน โดยท่อนพันธุ์จะต้องมีตาอย่างน้อย 5-7 ตาต่อท่อนพันธุ์ พันธุ์ที่นิยมปลูกในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือประกอบด้วย พันธุ์เกษตรศาสตร์ พันธุ์ระยอง พันธุ์ห้วยบง และพันธุ์พิจิตร 1 ซึ่งสามารถปลูกได้ทั้งต้นฝนและปลายฝน ลดต้นทุนการผลิตได้ดี ใช้ปุ๋ยในอัตราต่ำ ด้านทานโรคใบจุดปานกลาง ปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังสูง (Department of Agricultural Extension, 2017)

วิธีการปลูก การปลูกมันสำปะหลังมีอยู่หลายวิธี ได้แก่ การปลูกแบบวางนอน(ฝัง) เป็นวิธีที่ไม่ค่อยนิยมปลูกกันและการปลูกแบบปัก เป็นวิธีนี้ที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน ซึ่งสามารถปลูกแบบ ยกร่อง หรือไม่ยกร่องก็ได้ ขึ้นอยู่กับความสะดวก โดยปักท่อนพันธุ์ให้ตั้งตรง ลึก

ประมาณ 5-10 เซนติเมตร หากปลูกในฤดูแล้งให้ปักลึก 15 เซนติเมตร และปลูกบนพื้นราบ โดยใช้เชือกที่ทำเครื่องหมายบอก ระยะวางเป็นแนวในการปลูก วิธีนี้ทำให้ระยะปลูกสม่ำเสมอ

ระยะปลูก การปลูกมันสำปะหลังใช้ระยะแตกต่างกัน โดยระยะแถวประมาณ 70 -100 เซนติเมตร ระยะหลุมประมาณ 50-100 เซนติเมตร ส่วนใหญ่ระยะปลูกประมาณ 80 x 100 เซนติเมตร หรือ 100 x 100 เซนติเมตร สามารถปลูกได้ตั้งแต่ 1,600-2,500 ต้นต่อไร่ ทั้งนี้ การปลูกมันสำปะหลังให้แถวถี่ขึ้น จะสิ้นเปลืองท่อนพันธุ์ แต่จะช่วยลดการรดกร่อนผิวดิน และช่วยเก็บน้ำไว้ในดินเพิ่มขึ้น

การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังควรเลือกเก็บเกี่ยวในช่วงที่เหมาะสมตั้งแต่อายุ 12-18 เดือน ผลผลิตสูงขึ้นเมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุมากขึ้น การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังที่อายุข้ามปี จะได้ผลผลิตสูงขึ้นเกือบเป็น 2 เท่า เมื่อเทียบกับเก็บเกี่ยวในปีเดียว แต่หัวมันสำปะหลังที่อายุเกิน 18 เดือน จะให้เปอร์เซ็นต์แป้งใน หัวสดต่ำ มีปริมาณเส้นใยสูง โดยการเก็บเกี่ยวมี 2 วิธี คือ 1) แรงงานคน โดยตัดต้นมันสำปะหลังให้เหลือส่วนล่างของลำต้นไว้ประมาณ 30-70 เซนติเมตร จากนั้นขุดหัวมันสำปะหลังขึ้นมาด้วยจอบหรือใช้วิธีถอนในกรณีที่ดินมีความชื้นสูง จากนั้นนำมาตัดเหง้าออก และขนส่งไปยังโรงงานหรือแหล่งรับซื้อ และ 2) เครื่องทุ่นแรง ในพื้นที่ที่มีปัญหาขาดแคลนแรงงานจะมีการใช้เครื่องทุ่นแรงตัดท้ายรถไถ สำหรับการพลิกหน้าดิน เพื่อให้หัวมันสำปะหลังหลุดจากดิน จากนั้นใช้แรงงานคนเดินตามไปตัดหัวมันออกจากเหง้า และขนส่งไปยังโรงงานหรือแหล่งรับซื้อ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Related Researches)

Amonpon Paisanchaoren, Thippayarug, Luanmanee, Hansethasuk, Wongtiem, and Thongchuay (2017). ศึกษาอัตราปุ๋ยเคมีที่เหมาะสมสำหรับมันสำปะหลังที่ปลูกในกลุ่มดิน



ร่วนปนทราย: ชุดดินห้วยโป่ง ซึ่งผลการศึกษาวิจัยสรุปว่า การใช้ปุ๋ยเคมีมีผลต่อการเพิ่มผลผลิตหัวสดและผลผลิตแป้งของมันสำปะหลังอย่างชัดเจน คือการใช้ปุ๋ย 16-8-24 กก./N-P₂O₅-K₂O/ไร่ ให้ผลผลิตหัวสดและผลผลิตแป้งสูงสุด 7,216 และ 2,210 กก./ไร่ ทำให้มีรายได้ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด และในการเตรียมแปลงหรือพื้นที่ปลูกในครั้งต่อไปเกษตรกรควรมีการเตรียมดิน เช่น การปลูกพืชบำรุงดิน เพื่อทำการชดเชยธาตุอาหารที่สูญเสียไปจากการปลูกครั้งที่ผ่านมาก็จะทำให้การปลูกต่อไปได้ผลผลิตที่ดีและมีประสิทธิภาพ

Naziri, Quaye, Siwoku, Wanlapatit, Phu, Tu, and Bennett (2014) ได้ศึกษาความแตกต่างของความสูญเสียในห่วงโซ่อุปทานมันสำปะหลัง ของประเทศผู้ปลูกมันสำปะหลัง 4 ประเทศคือ ประเทศกานา ประเทศไนจีเรีย ประเทศไทย และประเทศเวียดนาม โดยค่าความสูญเสียที่ทำการเปรียบเทียบในห่วงโซ่อุปทานนี้คือความสูญเสียทางกายภาพ ประกอบด้วย ความสูญเสียของมันสำปะหลังหลังจากการเก็บผลผลิต การแตกหรือเสียหายของมันสำปะหลังที่เกิดจากการขนส่ง และการสูญหายของมันสำปะหลังในห่วงโซ่อุปทาน เป็นต้น โดยที่ประเทศไทยส่วนมากจะสูญเสียจากการเก็บผลผลิตเนื่องจากใช้เครื่องจักรในการเก็บเกี่ยวทำให้เกิดหัวมันเสียหาย และหัวมันที่อยู่ใต้ดินที่ไม่ได้ทำการเก็บขึ้นมาเป็นจำนวนมาก อีกทั้งมีขั้นตอนในการเก็บผลผลิตมากเกินไปจนทำให้การสูญเสียทางกายภาพด้านการขนส่งประเทศไนจีเรีย และประเทศไทยมีระยะการขนส่งที่สั้นเนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่มีพื้นที่การปลูกใกล้โรงงานจึงให้เกิดความสูญเสียดังกล่าวน้อย

Suvittawat, Soni, Lgel, and Khang (2014) ศึกษาวิจัยการจัดการห่วงโซ่อุปทานในการปลูกมันสำปะหลังมีพื้นที่ในการศึกษาวิจัยที่บริษัท คอร์นโปรดักส์ จังหวัดนครราชสีมา จากการศึกษพบว่าปัญหาการจัดการการปลูกมัน

สำปะหลังเป็นปัญหาที่มีความสำคัญของเกษตรกรโดยส่วนใหญ่แล้วปัญหาที่พบคือ ขาดเงินทุน ขาดระบบการจัดการที่มีประสิทธิภาพในการประสานงานระหว่างโรงแปงมันสำปะหลังและเกษตรกร ทำให้เกษตรกรไม่สามารถวางแผนในการเก็บเกี่ยวผลผลิตให้มีความสอดคล้องกับความต้องการในการผลิตของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังได้

Sumithra, Thushyanthy, and Srivaratharasan (2013) ศึกษาการประเมินการสูญเสียหน้าดินในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง มีพื้นที่ในการศึกษาวิจัยที่ตำบลจางนาประเทศศรีลังกา ผลการศึกษาวิจัยพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีการปลูกมันสำปะหลังใช้เวลาในการปลูกเฉลี่ยอยู่ที่ 8 เดือน และมีการปลูกพืชเสริม คือ ผักโขม หอมหัวใหญ่ กระเทียม หอม ปืทรูท กะหล่ำปลี, หัวไชเท้าและกรัมสีเขียว ส่วนมากใช้ปุ๋ยคอกในการปลูกและหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมี โดยผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่ทดลอง 1 เมตร x 1 เมตร อยู่ที่ 3.5 กิโลกรัม ประมาณ 3-5 หัวต่อแปลงทดลอง ในการเก็บผลผลิตส่วนใหญ่ใช้เวลาในการเก็บผลผลิตในช่วงเวลาเช้าและเย็นโดยที่หากมีดินติดมากับหัวมันสำปะหลังมากก็จะใช้หลังมีดทำการกะเทาะดินออกก่อน และไม่มีกรล้างหัวมันออกก่อนทำการส่งขายให้กับโรงงานแปง สำหรับผลการทดสอบการสูญเสียหน้าดินและความชื้นสามารถสรุปได้ว่าเมื่อความชื้นสูงจะมีการสูญเสียหน้าดินมาก และระยะเวลาในการเก็บผลผลิตต้องการให้ความชื้นลดลงควรมีการปล่อยพื้นที่ก่อนเก็บเกี่ยว 1 วัน โดยที่ช่วงเวลาในการเก็บผลผลิตที่ทำให้เกิดการสูญเสียหน้าดินน้อยที่สุดและมีปริมาณของดินที่ติดหัวมันสำปะหลังน้อยที่สุดคือช่วงเวลาเย็น และผลการศึกษาวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Isabirye, Ruyschaert, Van linden, Poesen, Magunda, and Deckers (2007) ศึกษาวิจัยการสูญเสียหน้าดินในขั้นตอนของการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังกับมันเทศ ที่พบว่าระยะเวลาการเก็บเกี่ยวผลผลิตมีผลต่อความชื้นของดินที่ติดมากับ



ผลผลิต โดยที่ช่วงเช้าดินจะมีความชื้นมากกว่าช่วงเย็น และฤดูฝนก็จะมีดินที่ติดมากับหัวมันมากกว่าช่วงฤดูการปกตಿಯ่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการศึกษาวิจัยเกษตรกรมีการเก็บผลผลิตโดยใช้แรงงานทำให้เกิดการสูญเสียหน้าดินน้อย และได้ผลผลิตมากกว่าใช้เครื่องจักรในการเก็บผลผลิตซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่แสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีและเครื่องจักรอาจจะไม่ใช่วิธีที่เหมาะสมเสมอไปสำหรับการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสำหรับงานด้านเกษตรกรรม

4. วิธีการวิจัย (Research Methodology)

การศึกษาวิชาชีพเชิงการสำรวจ เป็นรูปแบบของการศึกษาวิจัยที่ต้องการศึกษาถึงการดำเนินการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรในด้านของการจัดการการปลูกมันสำปะหลัง ตั้งแต่การเตรียมพันธุ์ การเตรียมดิน ระหว่างปลูก การเก็บเกี่ยว การตรวจสอบคัดแยกก่อนส่งขาย การศึกษาวิจัยนี้มีประชากรที่ใช้ศึกษาวิจัยคือ เกษตรกรที่ปลูกมันสำปะหลัง ในเขตจังหวัดนครราชสีมา จำนวน 250 ราย

4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (Research Tools)

การศึกษาวิจัยนี้ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งสร้างขึ้นจากการศึกษาแนวความคิด ทฤษฎี และผลการวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งแบบสอบถามออกเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย เพศ อายุ สถานภาพ ระดับการศึกษา ข้อมูลเกี่ยวกับการเป็นสมาชิกกลุ่มผู้ปลูกมันสำปะหลัง แหล่งข้อมูลข่าวสารที่เกี่ยวกับการปลูกมันสำปะหลัง ประสบการณ์ในการปลูกมันสำปะหลัง พันธุ์ที่

ปลูกต่อพื้นที่ในการปลูกมันสำปะหลัง และแหล่งขายมันสำปะหลัง ลักษณะของคำถามเป็นแบบสำรวจรายการ

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลการจัดการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกร ประกอบด้วย การเตรียมพันธุ์ การเตรียมดิน ระหว่างปลูก การเก็บเกี่ยว การตรวจสอบคัดแยกก่อนส่งขาย ซึ่งลักษณะของแบบสอบถามเป็นแบบสำรวจรายการ

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะอื่น ๆ เป็นแบบสอบถามปลายเปิด (Open – Ended Question) เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับข้อเสนอแนะอื่น ๆ เกี่ยวกับการจัดการการปลูกมันสำปะหลัง

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)

ส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ของแบบสอบถามวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง เป็นมาตราวัดแบบนามบัญญัติ (Nominal Scale) สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ การหาค่าความถี่ (Frequency) และค่าร้อยละ (Percentage)

ส่วนที่ 3 ใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา (Content Analysis) ซึ่งเป็นลักษณะของการนำเอาข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ สังเคราะห์ เพื่อทำการแยกประเด็นสำคัญของข้อเสนอแนะที่เกษตรกรผู้ตอบแบบสอบถามต้องการเสนอแนะเพิ่มเติม ถึงปัญหา และสิ่งที่ต้องการได้รับการสนับสนุนอันจะนำไปสู่การเขียนข้อสรุปของการศึกษาวิจัยต่อไป

5. ผลการศึกษาวิจัย (Results)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในเขตจังหวัดนครราชสีมา ดังตารางที่ 1



ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร

ข้อคำถาม	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	135	54.00
หญิง	115	46.00
อายุ		
ต่ำกว่า 25 ปี	16	6.40
26 - 35 ปี	27	10.80
36 - 45 ปี	57	22.80
46 - 55 ปี	70	28.00
56 - 65 ปี	56	22.40
มากกว่า 55 ปี	24	9.60
ระดับการศึกษา		
ประถมศึกษา	171	68.40
มัธยมศึกษา/ปวช.	60	24.00
อนุปริญญา/ปวส.	13	5.20
การเป็นสมาชิกกลุ่ม		
กลุ่มเกษตรกร	97	38.80
สหกรณ์การเกษตร	33	13.20
ธนาคารเพื่อการเกษตร	151	60.40
กลุ่มวิสาหกิจชุมชน	5	2.00
แหล่งข้อมูลข่าวสาร		

เพื่อนบ้าน	154	61.60
ผู้นำชุมชน	124	49.60
บริษัท/โรงแปง	73	29.20
นักวิชาการส่งเสริม การเกษตร	72	28.80
วิทยุ โทรทัศน์ และ หนังสือพิมพ์	49	19.60
ประสบการณ์ในการปลูกมันสำปะหลัง		
น้อยกว่า 5 ปี	49	19.60
5 - 10 ปี	57	22.80
11 - 15 ปี	16	6.40
16 - 20 ปี	35	14.00
มากกว่า 20 ปี	93	37.20
พันธุ์ที่ปลูกต่อพื้นที่ในการปลูกมันสำปะหลัง (ไร่)		
เกษตรศาสตร์	1,798	39.43
ระยอง (72 81 82)	1,266	27.76
ห้วยบง (60 98)	682	14.96
ก้านแดง	441	9.67
แขกดำ	268	5.88
ก้านขาว	97	2.13
ไทรย้อย	8	0.18
แหล่งขายมัน		



บริษัท สวงวนวงษ์ อุตสาหกรรม จำกัด	102	49.76
บริษัท แป้งมันเอี่ยมเฮง อุตสาหกรรม จำกัด	46	22.44
บริษัท อุตสาหกรรม แป้งโคราช จำกัด	32	15.61
โรงแป้งชัยภูมิพืชผล	9	4.39
โรงแป้งชัยภูมิ	8	3.90
โรงแป้งอีสาน	8	3.90

จากตารางที่ 1 พบว่าเกษตรกรผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย จำนวน 135 คน คิดเป็นร้อยละ 54 และเป็นเพศหญิง จำนวน 115 คิดเป็นร้อยละ 46 มี สัดส่วนเพศชายและเพศหญิงใกล้เคียงกัน คิดเป็นร้อยละ 50.4 และ 49.6 ตามลำดับ ส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 46 - 55 ปี จำนวน 70 คน คิดเป็นร้อยละ 28 มีระดับการศึกษาใน ระดับประถมศึกษา จำนวน 171 คิดเป็นร้อยละ 68.40

ส่วนใหญ่เป็นสมาชิกของ ธนาคารเพื่อการเกษตร จำนวน 151 คน คิดเป็นร้อยละ 60.40 รองลงมา คือ เป็นสมาชิก กลุ่มเกษตรกร จำนวน 97 คน คิดเป็นร้อยละ 38.80 สำหรับแหล่งข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการปลูกมันสำปะหลัง ส่วนมากได้รับข้อมูลจากเพื่อนบ้าน จำนวน 154 คน คิด เป็นร้อยละ 61.60 รองลงมาคือ ได้รับข้อมูลจากผู้นำ ชุมชน จำนวน 124 คน คิดเป็นร้อยละ 49.60 และบริษัท / โรงแป้งมันสำปะหลัง จำนวน 73 คน คิดเป็นร้อยละ 29.20 มีประสบการณ์ในการปลูกมันสำปะหลัง มากกว่า 20 ปี คิดเป็นร้อยละ 37.20 ในการปลูกมันสำปะหลังมี การเลือกพันธุ์ที่ปลูกคือ ส่วนใหญ่เลือกปลูกพันธุ์ เกษตรศาสตร์ จำนวน 1,798 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 39.43 รองลงมาคือพันธุ์ระยอง (72 81 82) จำนวน 1,266 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 27.76 สำหรับแหล่งที่ขายผลผลิต โดย

ส่วนมากแล้วผู้ตอบแบบสอบถามจะขายให้กับโรงแป้งมัน สำปะหลัง โดยขายให้กับบริษัท สวงวนวงษ์อุตสาหกรรม จำกัด จำนวน 102 คน คิดเป็นร้อยละ 49.76 รองลงมา คือบริษัท แป้งมันเอี่ยมเฮงอุตสาหกรรม จำกัด จำนวน 46 คน คิดเป็นร้อยละ 22.44 และบริษัท อุตสาหกรรมแป้ง โคราช จำกัด จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 15.61 สำหรับการจัดการโซ่อุปทานในการปลูกมันสำปะหลังของ เกษตรกร ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การจัดการโซ่อุปทานในการปลูกมัน สำปะหลังของเกษตรกร

ข้อความ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
การเตรียมพันธุ์		
ตนเอง	197	78.80
สหกรณ์	23	9.20
ซื้อจากพื้นที่ ใกล้เคียงในจังหวัด	157	62.80
บริษัท / โรงแป้ง	30	12.00
ซื้อจากนอกพื้นที่ (จังหวัดอื่น ๆ)	29	11.60
การเตรียมดินก่อนปลูก		
ใช้ปุ๋ยพืชสด	27	10.80
ใช้ปุ๋ยคอก	158	63.20
ใช้ปุ๋ยหมัก	28	11.20
ใช้ปุ๋ยเคมี	127	50.80
ระหว่างปลูก		
การกำจัดศัตรูพืช/วัชพืช โดยเฉลี่ย		



1 - 2 ครั้ง	173	69.20
3 - 4 ครั้ง	77	30.80
วิธีในการกำจัดศัตรูพืช		
แรงงาน	125	49.02
สารเคมี	176	69.02
เครื่องจักร	33	12.94
การเก็บเกี่ยวผลผลิต		
แรงงาน	171	67.06
เครื่องจักร	203	79.61
เวลาในการเก็บเกี่ยว		
เช้า	249	67.65
บ่าย	150	58.82
เย็น	109	42.75
การตรวจสอบ คัดแยก ก่อนส่งขาย		
มีการตรวจสอบโดย ใช้สายตา	189	74.12
ไม่มี	61	23.92

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการปลูกมันสำปะหลัง ตั้งแต่การเตรียมพันธุ์ การเตรียมดิน ขึ้นตอนระหว่างปลูก การเก็บเกี่ยว สรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้ คือ การเตรียมพันธุ์ ส่วนใหญ่มีการเตรียมพันธุ์ในการปลูกด้วยตนเอง จำนวน 197 คน คิดเป็นร้อยละ 78.80 รองลงมาคือมีการซื้อพันธุ์จากจังหวัดใกล้เคียง จำนวน 157 คน คิดเป็นร้อยละ 62.80 ก่อนปลูกมีการเตรียมดินก่อนการปลูกมันสำปะหลัง โดยมีวิธีการเตรียมโดยใช้ปุ๋ยคอก จำนวน 158 คน คิดเป็นร้อยละ 63.20 ระหว่าง

ปลูกมีการกำจัดศัตรูพืชโดยเฉลี่ย 1-2 ครั้ง 173 คน คิดเป็นร้อยละ 69.20 โดยใช้สารเคมี จำนวน 176 คน คิดเป็นร้อยละ 69.02 สำหรับการเก็บเกี่ยวผลผลิต ส่วนใหญ่ใช้เครื่องจักร จำนวน 203 คน คิดเป็นร้อยละ 79.61 มีเวลาในการเก็บเกี่ยวผลผลิตเวลาเช้า จำนวน 249 คน คิดเป็นร้อยละ 97.65 และมีการตรวจสอบ คัดแยก อุปกรณ์ทางการเกษตร และสิ่งปลอมปนก่อนส่งขาย จำนวน 189 คน คิดเป็นร้อยละ 74.12 ซึ่งการตรวจสอบเป็นการตรวจสอบแบบอย่างง่ายใช้สายตาคัดแยก

สำหรับข้อเสนอแนะที่ได้จากเกษตรกรคือ ปัญหาราคารับซื้อมันสำปะหลังที่ต่ำซึ่งเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังมีความต้องการให้รัฐบาลช่วยสนับสนุนในการประกันราคา รวมถึงมีความต้องการให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจัดการอบรมให้ความรู้ และมีการสนับสนุนเทคโนโลยีการเกษตรที่มีความเหมาะสมในการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังอย่างต่อเนื่องก็จะช่วยทำให้การปลูกมันสำปะหลังมีประสิทธิภาพมากขึ้น

6. อภิปรายและสรุปผลการวิจัย (Discussion and Conclusion)

จากผลการศึกษาการจัดการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกร เริ่มจากการเตรียมพันธุ์ ส่วนใหญ่มีการเตรียมพันธุ์ในการปลูกด้วยตนเอง รองลงมาคือมีการซื้อพันธุ์จากจังหวัดใกล้เคียง โดยที่ก่อนปลูกมีการเตรียมดินก่อนการปลูกมันสำปะหลัง โดยมีวิธีการเตรียมโดยใช้ปุ๋ยคอกระหว่างปลูกมีการกำจัดศัตรูพืชโดยเฉลี่ย 1-2 ครั้ง และมีการใช้สารเคมีในการปลูกมันสำปะหลังด้วยเพื่อเพิ่มผลผลิต และกำจัดแมลงศัตรูพืช สอดคล้องกับงานวิจัยของวัลลีย์ และคณะ (2560) ศึกษาอัตราปุ๋ยเคมีที่เหมาะสมสำหรับมันสำปะหลังที่ปลูกในกลุ่มดินร่วนปนทราย: ชุดดินห้วยโป่ง การใช้ปุ๋ยเคมีมีผลต่อการเพิ่มผลผลิตหัวสดและผลผลิตแป้งของมันสำปะหลังอย่างชัดเจน และการเตรียมแปลงก่อนการ



การเก็บเกี่ยวผลผลิต จากการผลการศึกษาพบว่าส่วนใหญ่ใช้เครื่องจักร เพื่อความรวดเร็วในการเก็บเกี่ยว และส่วนมากมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงเวลาเช้า มีการตรวจสอบ คัดแยก อุปกรณ์ทางการเกษตร และสิ่งปลอมปนกับหัวมันสำปะหลังก่อนส่งขาย ซึ่งการตรวจสอบเป็นการตรวจสอบสอดคล้องกับงานวิจัยของ Naziri et al. (2014) ได้ศึกษาความแตกต่างของความสูญเสียในห่วงโซ่อุปทานมันสำปะหลัง ของประเทศผู้ปลูกมันสำปะหลัง 4 ประเทศคือ ประเทศกานา ประเทศไนจีเรีย ประเทศไทย และประเทศเวียดนาม โดยที่ประเทศไทยส่วนมากจะสูญเสียจากการเก็บผลผลิตเนื่องจากใช้เครื่องจักรในการเก็บเกี่ยวทำให้เกิดหัวมันเสียหาย และหัวมันที่อยู่ใต้ดินที่ไม่ได้ทำการเก็บขึ้นมาเป็นจำนวนมาก อีกทั้งมีขั้นตอนในการเก็บผลผลิตมากเกินความจำเป็น และสอดคล้องกับ Suvittawat et al (2014) ศึกษาวิจัยการจัดการห่วงโซ่อุปทานในการปลูกมันสำปะหลังมีพื้นที่ในการศึกษาวิจัยที่บริษัท คอร์นโปรดักส์ จังหวัดนครราชสีมา จากผลการศึกษาวิจัยพบว่าในการเก็บผลผลิตขาดแรงงานในการเก็บเกี่ยวผลผลิตซึ่งนอกจากต้องให้สมาชิกในบ้านช่วยแล้วยังต้องมีการจ้างแรงงานมาช่วยในการเกี่ยวหรือใช้เครื่องจักรเพิ่มเติมทำให้ต้นทุนในการเก็บเกี่ยวสูงขึ้นสำหรับเวลาในการเก็บเกี่ยวสอดคล้องกับ Sumithra et al. (2013) ที่ได้ทำการศึกษาการประเมินการสูญเสียหน้าดินในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังจากผลการศึกษาวิจัยพบว่าในการเก็บผลผลิตส่วนใหญ่ใช้เวลาในการเก็บผลผลิตในช่วงเวลาเช้า และเย็นโดยที่หากมีดินติดมากับหัวมันสำปะหลังมากก็จะใช้หลังมัดทำการกะเทาะดินออกก่อน และไม่มีการล้างหัวมันออกก่อนทำการส่งขายให้กับโรงงานแปรรูป แต่ช่วงเวลาในการเก็บผลผลิตที่ทำให้เกิดการสูญเสียหน้าดินน้อยที่สุด และมีปริมาณของดินที่ติดหัวมันสำปะหลังน้อยที่สุดคือช่วงเวลาเย็น นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ Isabirye et al. (2007) ศึกษาวิจัยการสูญเสียหน้าดินในขั้นตอนของการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังกับมัน

เทศ จากการศึกษาวิจัยเกษตรกรมีการเก็บผลผลิตโดยใช้แรงงานทำให้เกิดการสูญเสียหน้าดินน้อย และได้ผลผลิตมากกว่าใช้เครื่องจักร และระยะเวลาการเก็บเกี่ยวผลผลิตมีผลต่อความชื้นของดินที่ติดมากับผลผลิต โดยที่ช่วงเช้าดินจะมีความชื้นมากกว่าช่วงเย็นทำให้มีดินติดหัวมันสำปะหลังมาก

จะเห็นได้ว่าจากผลของการศึกษาวิจัยและจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทำให้เห็นได้ว่าการจัดการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรในเขตจังหวัดนครราชสีมาขาดการบริหารจัดการที่ดีในเรื่องของการเชื่อมโยงของเกษตรกรกับโรงงานอุตสาหกรรมที่มีประสิทธิภาพทำให้ในช่วงที่ผลผลิตมากออกสู่ตลาดมากส่งผลทำให้ราคาตกต่ำ อีกทั้งในขั้นตอนของการเก็บผลผลิตมันสำปะหลังซึ่งจะเห็นได้ว่าสาเหตุส่วนหนึ่งที่ทำให้มีปริมาณของดินมีอุปกรณ์ทางการเกษตรติดไปกับหัวมันสำปะหลังมาก นั่นคือ การเลือกเวลาในการเก็บผลผลิตที่เกษตรกรส่วนใหญ่เลือกที่จะเก็บเกี่ยวในเวลาเช้าซึ่งดินมีความชื้นมาก และก่อนส่งขายให้กับโรงแปรรูปจะเห็นได้ว่าเกษตรกรขาดการให้ความสำคัญกับการตรวจเช็คคุณภาพของมันสำปะหลังคือเรื่องของการล้างดิน หรือเคาะดินออกก่อนแล้วทำการขนส่ง ทำให้มีสิ่งปนเปื้อนติดไปกับหัวมันสำปะหลังมีปริมาณมากและส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตแปรรูปมันสำปะหลังต่อไป นอกจากนี้สิ่งที่ได้ค้นพบเพิ่มเติมคือ ช่วงเวลาของการเก็บมันสำปะหลังมีส่วนสำคัญต่อปริมาณของดินที่ติดหัวมันสำปะหลังแล้ว ยังมีผลต่อการสูญเสียหน้าดินที่แปลงปลูกอีกด้วยนั้นแสดงให้เห็นว่าในการเก็บเกี่ยวแต่ละครั้งนอกจากที่จะต้องเสียแร่ธาตุสารอาหารที่เป็นประโยชน์ไปกับหัวมันสำปะหลังแล้วยังต้องมีการสูญเสียไปกับหน้าดินที่เกิดจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตด้วย หากเกษตรกรไม่มีการวางแผนการเก็บเกี่ยวที่ดีก็จะต้องสูญเสียหน้าดิน แร่ธาตุ สารอาหารที่เป็น



ประโยชน์ต่อการปลูกมันสำปะหลังมากและส่งผลให้
เกษตรกรต้องเสียต้นทุนในการซื้อปุ๋ยเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

7. ข้อเสนอแนะ (Suggestion)

การจัดการปลูกมันสำปะหลัง เกษตรกรผู้ปลูกมัน
สำปะหลัง ควรให้ความสำคัญกับการเตรียมการสำหรับ
ปลูกมันสำปะหลัง เช่น การเตรียมพื้นที่ปลูก ควรให้
ความสำคัญกับการคัดเลือกดินต่อพันธ์ที่มีความเหมาะสม
การเตรียมแปลงปลูก เพื่อทำการชดเชยแร่ธาตุที่มี
ประโยชน์ให้กับดินที่ได้สูญเสียจากการปลูกมันสำปะหลัง
ในครั้งที่ผ่านมา เช่น การปลูกพืชประเภถั่ว การโรยปูน
ขาวเพื่อทำการฆ่าเชื้อที่แปลงปลูก การใส่สังกะสีเพื่อ
ชดเชยแร่ธาตุ นอกจากนี้ยังรวมถึงการวางแผนการปลูก
มันสำปะหลังเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุด เป็นต้น

ก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิต ควรมีการวางแผนการเก็บ
เกี่ยวร่วมกับโรงงานในการรับซื้อผลผลิต เพื่อให้ลดความ
สูญเปล่าที่เกิดจากการมีขั้นตอนการทำงานที่มากเกินไป
ความจำเป็น และเกิดประสิทธิภาพสูงสุด และนำมา
วางแผนในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในเวลาที่เหมาะสม
ซึ่งก็จะทำให้สามารถลดปริมาณของดินหรือสิ่งปลอมปนที่
จะติดหัวมันสำปะหลังได้ และจะส่งผลให้โรงงานแป่ง
สามารถลดปริมาณการใช้น้ำ และพลังงานในการทำความสะอาด
สอาดหัวมัน และลดสิ่งที่ไม่เกิดประโยชน์ในกระบวนการ
ผลิตได้ เช่น ดิน สิ่งปลอมปน เป็นต้น ซึ่งจะก่อนให้เกิด
การทำงานที่มีประสิทธิภาพของห่วงโซ่อุปทานผลิตแป่ง
มันสำปะหลัง

8. เอกสารอ้างอิง (References)

[1] The Thai Tapioca Products Factory
Association. (2019). *Thailand's Cassava
Export*. Retrieved November 18, 2019, from

[http://thaitapioca.org/2020/ส่งออกกากมัน
สำปะหลัง-16/](http://thaitapioca.org/2020/ส่งออกกากมัน
สำปะหลัง-16/)

- [2] Pisanwanich, A. (2015). Thailand's cassava: ethanal central
of ASEAN. *Bangkokbiznews*, p. 2.
- [3] Office of the National Economic and Social Development
Board. (2018). The twelfth national economic and social
development plan. Retrieved February 12, 2019, from
https://www.nesdc.go.th/ewt_dl_link.php?nid=6422
- [4] Tangprasert, P. (2015). *KOTAM project: the
center of cassava industry*. Retrieved
February 12, 2019, from
[https://www.posttoday.com/aec/news/40182
7](https://www.posttoday.com/aec/news/40182
7)
- [5] Chavalparit, O., and Ongwandee, M. (2009).
Clean technology for the tapioca starch
industry in Thailand. *Journal of Clean
Production*, 17, 105-110.
- [6] Okunade, D, A., and Adekalu, K, O. (2014). Characterization
of cassava – waste effluents contaminated soils in Ile-Ife,
Nigeria. *European International Journal of Science and
Technology*, 3(4), 173- 182.
- [7] Situmorang, A., and Manik, Y. (2017). *Initial sustainability
assessment of tapioca starch production system in Lake
Toba area*. International Conference on Industrial and
System Engineering (IConISE).
- [8] Bowersox, D, J., Closs, D, J., Cooper, M, B.,
and Bowersox, J, C. (2020). *Supply Chain
Logistics Management*. 5th Edition. United
State of America: McGraw-Hill Education.
- [9] Chantharat, M., and Maikaensarn, V. (2019).
Upstream supply chain analysis of sangyod
muang phatthalung rice using SCOR model.
Panyapiwat Journal, 11(1), 127-138.
- [10] Heizer, J., and Render, B. (2017). *Operations
Management: Sustainability and Supply Chain
Management*. 12nd edition. England, Pearson education.



- [11] Chumsuk, W., Tiengtavaj, P., Tawinunt, K., Thammapattanukun, M., and Yimsiri, S. (2017). Supply chain management, innovation capability and learning organization affecting organization performance of Thai auto parts industry. *Business Review*, 9(1), 125-142.
- [12] Muangwai, A., Laocharoenporn, K., Noiprasert, A., and Mayim B. (2012). A study of supply chain management system of cassava in amphur WatBot Phitsanulok. *National Conference Industrial Engineering Network 2012. (1938-1944)*. Sripatum University.
- [13] Howeler, R., and Aye, T, M. (2015). *Sustainable cassava management in Asia: from research to implementation*. Vietnam: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- [14] Fakkeao, P. (2014). The study of cultivation systems for casava yield increasing. *SDU Research Journal*, 7(3), 93-102.
- [15] Department of Agricultural Extension. (2017). *Cassava classification handbook*. Bangkok: Sun Packaging (2014) Co., Ltd.
- [16] Amonpon, W., Paisanchaen, K., Thippayarugs, S., Luanmanee, S., Hansethasuk, J., Wongtiem, P., and Thongchuay, S. (2017). Studies on Proper Doses of Fertilize for Cassava planting in Loamy Soil: Huai Pong Series. *Thai Agricultural Research Journal*, 35(2), 151-163.
- [17] Naziri, D., Quaye, Wilhelmina., Siwoku, B., Wanlapatit, S., Phu, T, V., and Bennett, B. (2014). The diversity of postharvest losses in cassava value chains in selected developing countries. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 115(2), 111-123.
- [18] Suvittawat, A., Soni, P., Lgel, B., and Khang, D, B. (2014). Cassava root supply chain in Nakhornratchasima province: challenges and opportunities for local starch mills. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 12(1), 332 – 338.
- [19] Sumithra, R., Thushyanthy, M., Srivaratharasan, and Tharmalingam. (2013). Assessment of soil loss and nutrient depletion due to cassava harvesting: A case study from low input traditional agriculture. *International Soil and Water Conservation Research*, 1(2), 72-79.
- [20] Isabirye, M., Ruyschaert, G., Van linden, L., Poesen, J., Magunda, M, K., Deckers, J. (2007). Soil losses due to cassava and sweet potato harvesting: A case study from low input traditional agriculture. *Soil & Tillage Research*, 92, 96-103.



การเพิ่มอัตราผลิตภาพการผลิต Injector Body ที่ใช้สำหรับหัวฉีดน้ำมันดีเซล Productivity Improvement for Diesel Injector Body Manufacturing Process

อภิวิชญ์ รูปสูง¹, นันทิ สุทธิการณนัย²

¹บัณฑิตวิทยาลัย กลุ่มวิชาการจัดการโลจิสติกส์

คณะบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

Email: Passion.apiwish@gmail.com

²กลุ่มวิชาการจัดการโลจิสติกส์, คณะบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

ถนนวิภาวดีรังสิต เขตดินแดง กรุงเทพฯ 10400

Email: ssjnsj@yahoo.com

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงอัตราผลิตภาพการผลิต Injector Body ส่วนประกอบหลักของระบบหัวฉีดน้ำมันดีเซล รุ่น PCRS5 ของบริษัททีเอสโก้ เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด ซึ่งประสบปัญหาคุณภาพในการผลิต ส่งผลให้มีอัตราการผลิตของเสียที่สูง ต้นทุนการผลิตต่อชิ้นงานสูง และไม่สามารถส่งมอบผลิตภัณฑ์ตามจำนวนที่ลูกค้าต้องการได้ โดยใช้หลักการของซิกส์ ซิกมา เริ่มต้นจากการระบุปัญหาที่ชัดเจนพบว่าปัญหาส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการเจาะและลอกผิวชิ้นในสำหรับช่องลำเลียงน้ำมันขนาด 3.5 มิลลิเมตร ที่ต้องการความเที่ยงตรงของตำแหน่งภายใต้ขนาด 0-250 ไมครอน ที่มีอัตราการผลิตงานเสียเฉลี่ย 1%-2% ของปริมาณของเสียทั้งหมด คิดเป็นมูลค่าความสูญเสีย 60,000-80,000 บาทต่อเดือน เมื่อดำเนินการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยใช้แผนผังก้างปลา วิเคราะห์สมการถดถอยศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยเหตุและผล ออกแบบการทดลองเพื่อปรับปรุงกระบวนการโดยสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และหาคำตอบสุดท้ายโดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซลโซลเวอร์จนสามารถปรับปรุงกระบวนการให้มีค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการ $CPK > 1.33$ พบว่าสามารถลดอัตราการผลิตของเสียให้ต่ำลง ลดต้นทุนการผลิตต่อชิ้นงานให้อยู่ภายใต้งบประมาณที่กำหนดไว้ คือมีค่าเท่ากับ 0.97 บาทต่อชิ้นเปรียบเทียบกับเป้าหมาย 2 บาทต่อชิ้น และสามารถผลิตงานคุณภาพได้ตามเป้าหมายที่กำหนดตามยอดคำสั่งการผลิต โดยสรุป การปรับปรุงอัตราผลิตภาพในการผลิต โดยใช้กรอบการดำเนินงานของซิกส์ ซิกมา จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถนำไปใช้ในการจัดการอุตสาหกรรมการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ สนับสนุนการทำงานแบบบูรณาการด้วยการมีส่วนร่วมของพนักงานในองค์กร ตั้งแต่ระดับผู้บริหารจนถึงระดับปฏิบัติการ และสามารถสะท้อนผลลัพธ์วัดเป็นจำนวนเงินได้อย่างชัดเจน จึงเป็นวิธีการจัดการอุตสาหกรรมการผลิตอีกรูปแบบหนึ่ง ที่สามารถส่งเสริมให้อุตสาหกรรมการผลิตให้มีการพัฒนาได้อย่างยั่งยืนต่อไป

คำสำคัญ: อัตราผลิตภาพ, ดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการ, สมการถดถอย



Abstract

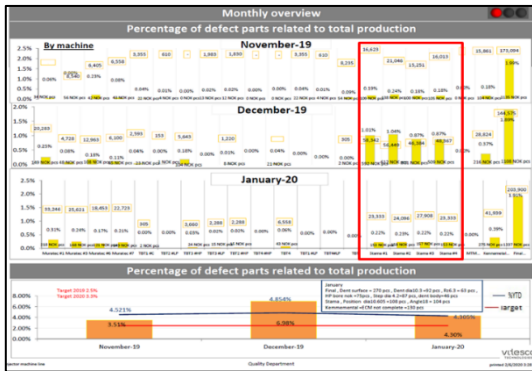
This study aims to improve the productivity rate of Injector Body, the main component of the diesel injector system. PCRS5 version of Vitesco Technology (Thailand) Co., Ltd., which has experienced quality problems in production. As a result, there is a high scrap rate. The cost of production per unit is high and the product cannot be delivered according to the number of products required by the customer. Using the principle of Six Sigma. Initially, by identifying the problem clearly, it was found that the problem was mainly caused by the drilling process and the inner casing for the oil-sized conveying cavity. 3.5 mm that requires the accuracy of positions under 0-250 microns with an average production rate of 1%-2% of the total scrap, representing a loss of 60,000-80,000 baht per month. When conducting an analysis of the cause and effect, the fishbone is used to determine the cause of the problem. Analyze regression equations, study the relationship of cause factors and results. Design experiments to improve the process by creating mathematical models and finding the final answer by using the Microsoft Excel Solver improve the process to achieve a Cpk value of 1.33%. Reduce the cost of production per unit under the budget set to be 0.97 Baht per piece compared to the target of 2 Baht per piece and to produce quality work according to the target stipulated by the production order amount. Improving production productivity using the Six Sigma operating framework is one of the ways that can be used to manage the manufacturing industry effectively. Support integrated work with employee engagement in the organization, from executive level to operational level, and can clearly reflect the results measured in amounts. This is another way to manage the manufacturing industry that can encourage the production industry to develop sustainably.

Keywords: Productivity rate, Process Capability Index, Regression equation



1. บทนำ (Introduction)

จากข้อมูลผลิต Injector Body รุ่น PCRS5 ของบริษัทวิเทสโก้ เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด ในเดือนพฤศจิกายน ปี 2562 ถึงเดือนมกราคม ปี 2563 พบว่ามีปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตจำนวนมาก โดยกระบวนการที่ส่งผลกระทบต่อมากที่สุดคือ กระบวนการเจาะและปลอกผิวชั้นในสำหรับช่องลำเลียงน้ำมัน ด้วยเครื่อง CNC Drilling/ Milling (เครื่องเจาะรูและเครื่องกัดผิวอัตโนมัติ) หรือเครื่อง STAMA Machine ที่มีอัตราการผลิตงานเสียเฉลี่ยอยู่ที่ 1%-2% ของปริมาณของเสียทั้งหมด เมื่อคิดเป็นมูลค่าแล้วเฉลี่ยได้ประมาณ 60,000-80,000 บาทต่อเดือน



ภาพที่ 1 แสดงปริมาณของเสียในการผลิต INJECTOR รุ่น PCRS5 (พ.ย 2562-ม.ค 2563) การจัดการอุตสาหกรรมการผลิตที่มีประสิทธิภาพ พึ่งมีการกำหนดเป้าหมายที่ชัดเจน มีวางแผนการดำเนินการ มีการลงมือปฏิบัติงานหรือดำเนินการตามแผน สามารถติดตามและประเมินผลลัพธ์ที่สามารถวัดผลได้อย่างเป็นรูปธรรม จากความสำคัญดังกล่าว การศึกษาวิจัยนี้จึงเลือกกำหนดเป้าหมายในการปรับปรุงอัตราผลิตภาพการผลิต โดยกำหนดดัชนีชี้วัดความสำเร็จ (KPI หรือ KEY PERFORMANCE INDICATOR) ที่เหมาะสมสามารถประเมินผลได้เป็นสากลดังต่อไปนี้

1. OEE: Overall Equipment Effectiveness 82%

2. ความสามารถในการผลิตสินค้าคุณภาพ (GOOD PARTS)

100% จากคำสั่งการผลิตจริง

3. ต้นทุนรวมในการผลิตต่อชิ้น (Total Cost Per Parts) น้อยกว่า 2 บาทต่อชิ้น

การศึกษาวิจัยและดำเนินงาน ประยุกต์ใช้ตามหลักการทางซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งเป็นระบบที่มีการสนับสนุนกรอบความคิดที่เป็นระบบ (Systematic Thinking) การตัดสินใจภายใต้ข้อมูล (Data Analysis) ที่สามารถเชื่อถือได้ และมีการนำเสนอข้อมูลในเชิงสารสนเทศ (Information) ที่มีประโยชน์และเข้าใจง่าย ผ่านการนำเสนอทั้งวิธีการทางตรรกะ คณิตศาสตร์และทางสถิติ มาเครื่องมือสำคัญในการดำเนินการศึกษาตลอดการศึกษาวิจัย

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

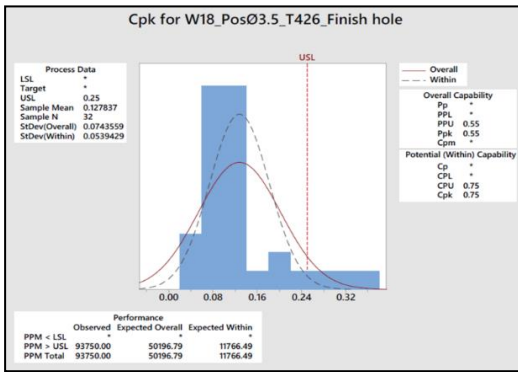
ดำเนินงานตามขั้นตอนของซิกซ์ ซิกม่า ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนการระบุปัญหา (Define Phase)

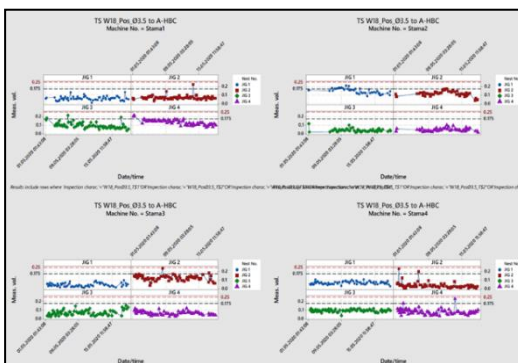
กระบวนการเจาะและปลอกผิวชั้นในสำหรับช่องลำเลียงน้ำมันขนาด 3.5 มิลลิเมตร ที่ต้องการความเที่ยงตรงของตำแหน่งภายใต้ขนาด 0-250 ไมครอน มีอัตราการผลิตงานเสียเฉลี่ย 1%-2% ของปริมาณของเสียทั้งหมด คิดเป็นมูลค่าความสูญเสีย 60,000-80,000 บาทต่อเดือน

ขั้นตอนการวัด (Measurement Phase)

ดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการมีค่า $CPK < 1.33$ บ่งชี้ถึงความไม่มีเสถียรภาพของกระบวนการ ซึ่งสอดคล้องกับความผันแปรของกระบวนการจากแผนภูมิควบคุม ที่แสดงความผันแปรของตำแหน่งการเจาะช่องลำเลียงน้ำมันขนาด 3.5 มิลลิเมตรด้วยเครื่อง CNC Drilling/ Milling หรือเครื่อง STAMA Machine ทั้ง 4 เครื่อง



ภาพที่ 2 Process Capability (CPK) ของการผลิตที่มีค่าน้อยกว่ามาตรฐาน 1.33 ที่ยอมรับได้



ภาพที่ 3 แผนภูมิควบคุมแสดงความผันแปรของตำแหน่งการเจาะช่องลำเลียงน้ำมันขนาด 3.5 มิลลิเมตร

ขั้นตอนวิเคราะห์ (Analysis Phase)

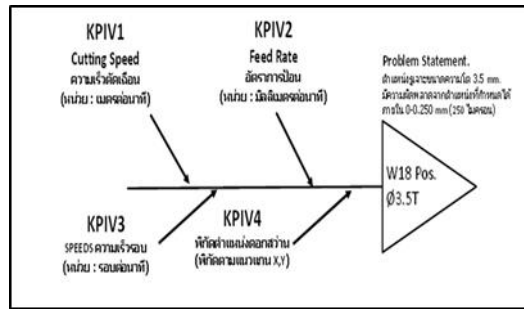
ศึกษาปัจจัยหรือสาเหตุที่ส่งผลต่อปัญหาหรือ KPIV (Key Process Input Variable) ซึ่งมีอยู่หลายปัจจัยดังต่อไปนี้

KPIV1: Cutting Speed หรือความเร็วในการตัดเฉือนเนื้อโลหะ (หน่วย: เมตรต่อนาที)

KPIV2: Feed Rate หรืออัตราป้อนงาน (หน่วย: มิลลิเมตรต่อนาที)

KPIV3: SPEED หรือความเร็วรอบของดอกสว่านเจาะงาน (หน่วย: รอบต่อนาที)

KPIV4: พิกัดตำแหน่งของดอกสว่าน ที่เป็นพิกัดตามแกน z และแกน x



ภาพที่ 4 แสดงแผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

ทั้งนี้พบว่า KPIV1: Cutting Speed หรือความเร็วในการตัดเฉือนเนื้อโลหะ (หน่วย: เมตรต่อนาที) ตัดเฉือนไขทางธุรกิจ เพราะต้องทำการทดสอบมาตรฐานทางวิศวกรรมที่มีค่าใช้จ่ายสูง จึงเลือกทำการวิจัยเฉพาะปัจจัยที่เหลือนั้น

จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการออกแบบการทดลอง เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้

ระดับตัวแปรต้นและตัวแปรตาม

No.	FEED	RPM	Z	X	W18_Pos 03.5_T	รอบการทดลอง
1	500.0	7240.0	0.062	0.050	0.159	ทดลองรอบที่ 1
2	1920.0	12000.0	0.027	0.078	0.165	
3	578.0	12000.0	0.039	0.082	0.181	
4	1920.0	5787.0	0.022	0.061	0.129	
5	578.0	5787.0	0.017	0.117	0.236	
1	500.0	7240.0	0.056	0.070	0.179	ทดลองรอบที่ 2
2	1920.0	12000.0	0.021	0.071	0.148	
3	578.0	12000.0	0.087	0.092	0.254	
4	1920.0	5787.0	0.022	0.019	0.057	
5	578.0	5787.0	0.158	0.108	0.383	
1	500.0	7240.0	0.063	0.090	0.22	ทดลองรอบที่ 3
2	1920.0	12000.0	0.070	0.123	0.289	
3	578.0	12000.0	0.074	0.070	0.204	
4	1920.0	5787.0	0.078	0.036	0.172	
5	578.0	5787.0	0.157	0.088	0.361	

ภาพที่ 5 ข้อมูลการออกแบบการทดลองผลิตงานเพื่อศึกษาตัวความสัมพันธ์ของปัจจัยเหตุและผล ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม

วิเคราะห์สมการถดถอยหรือ Regression Model เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยเหตุและผลจากข้อมูลที่ได้จากการทดลองและ ทำการสร้าง Correlation Matrix ภายใต้งี้อเนกประสงค์ดังต่อไปนี้



ค่า Multiple R หรือ ค่า R(XY) ต้องมีค่ามากกว่า 0.6 และ
ค่า P-value ต้องมีค่าน้อยกว่า 0.05 ซึ่งหมายถึงปัจจัย X มีความ
เกี่ยวข้องกับและส่งผลกระทบต่อปัจจัย Y ที่ค่าความ
เชื่อมั่น 95%

ทั้งนี้หากผลการศึกษาเป็นอย่างอื่นแสดงว่า ปัจจัยที่นำมา
พิจารณานั้น ไม่มีผลต่อกัน

ผลการทดลองพบว่า KPIV2: Feed Rate หรืออัตราการป้อน
หรืออัตราการเจาะงาน (หน่วย: มิลลิเมตรต่อนาที) และ
KPIV3: SPEED หรือความเร็วรอบในการทำงานของดอก
สว่านเจาะงาน (หน่วย: รอบต่อนาที) ไม่มีความ
สอดคล้องใดๆกับผลลัพธ์ที่ระบุใน KPOV (W18_PosØ 3.5_T)
มีเพียง KPIV4: พิกัดตำแหน่งของดอกสว่านที่เป็นพิกัดตาม
แกน z และแกน x หรือตำแหน่งของสว่านที่เจาะเท่านั้น
ที่ส่งผลกระทบต่อ KPOV (W18_PosØ 3.5_T)

X versus W18_Pos Ø3.5_T (Regression Model)						
SUMMARY OUTPUT						
Regression Statistics						
Multiple R	0.75389991	> 0.6	OK			
R Square	0.575929073					
Adjusted R Square	0.543308233					
Standard Error	0.019268897					
Observations	15					
ANOVA						
	df	SS	MS	F	Significance F	
Regression	1	0.0065552	0.006555225	17.65524936	0.00103605	<0.05 OK
Residual	13	0.0048268	0.00037129			
Total	14	0.011382				
	Coefficients	tandard Errc	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%
Intercept	0.024341323	0.0134838	1.805227293	0.094240684	-0.004788655	0.05341
W18_Pos Ø3.5_T	0.251794757	0.0599252	4.201815008	0.00103605	0.122334155	0.3811

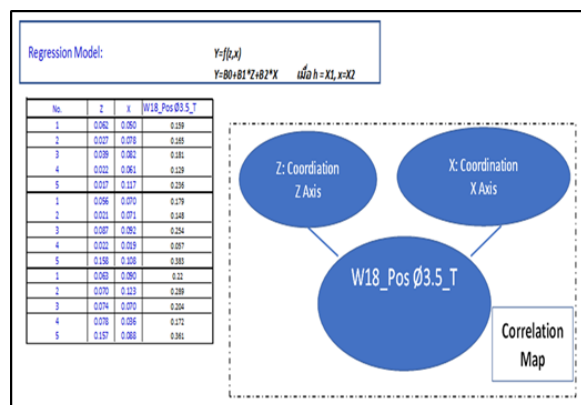
ภาพที่ 6 KPIV4: พิกัดของดอกสว่านตามแกน x มี
ผลกระทบต่อ และ KPOV (W18_PosØ 3.5_T)

Z versus W18_Pos Ø3.5_T (Regression Model)						
SUMMARY OUTPUT						
Regression Statistics						
Multiple R	0.840093734	> 0.6	OK			
R Square	0.705757482					
Adjusted R Square	0.683123442					
Standard Error	0.025170737					
Observations	15					
ANOVA						
	df	SS	MS	F	Significance F	
Regression	1	0.0197554	0.019755375	31.18124237	8.86064E-05	<0.05 OK
Residual	13	0.0082364	0.000633566			
Total	14	0.0279917				
	Coefficients	tandard Errc	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%
Intercept	-0.027881946	0.0176137	-1.582966517	0.137444229	-0.065934099	0.01011
W18_Pos Ø3.5_T	0.437114822	0.0782796	5.584016687	8.86064E-05	0.268001939	0.6062

ภาพที่ 7 KPIV4: พิกัดของดอกสว่านตามแกน z มี
ผลกระทบต่อ และ KPOV (W18_PosØ 3.5_T)

Correlation matrix					
	FEED	RPM	Z	X	W18_Pos Ø3.5_T
FEED	1				
RPM	0.103427957	1			
Z	-0.434233725	-0.219701721	1		
X	-0.352389298	0.258431089	0.2988892	1	
W18_Pos Ø3.5_T	-0.467111242	-0.052454441	0.8400937	0.75889991	1

ภาพที่ 8 สรุปความสัมพันธ์ของทุกปัจจัย จากการศึกษา
วิเคราะห์ Regression Model



ภาพที่ 9 แสดงแผนภูมิความสัมพันธ์ของปัจจัย(เหตุและ
ผลกระทบ) โดยใช้ Correlation Model



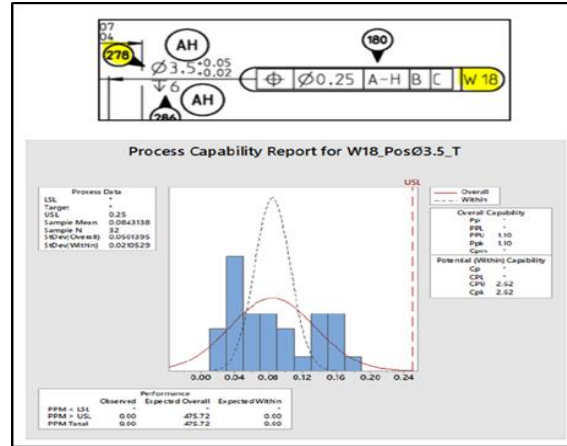
ความสามารถของกระบวนการอยู่ในระดับ CPK > 1.33 โดยสังเกตได้ว่า ผลการทดลองมีค่าความเที่ยงตรงของตำแหน่งเฉลี่ยอยู่ช่วง 50-120 ไมครอนอยู่มาก ซึ่งสอดคล้องกับการหาค่าตอบสุดท้ายจาก โปรแกรม ไมโครซอฟท์ เอ็กเซลโซลเวอร์ อย่างเห็นได้ชัด

ขั้นตอนปรับปรุง (Improvement Phase)

ดำเนินการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จาก Correlation Model ที่ได้มา ดังต่อไปนี้

$$Y = -0.0025 + 1.29426Z + 1.68065X$$

จากนั้นทำการใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์ เอ็กเซลโซลเวอร์ในการแก้ปัญหาที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่ได้กำหนดเงื่อนไขไว้สำหรับ Objective: W18_PosØ 3.5_T ไว้ 3 ระดับคือ Minimum หรือให้ได้ค่าใกล้เคียง 0 ไมครอนและค่ากลางที่ระดับ 100 ไมครอน และค่าสูงสุดที่ 120 ไมครอนตามลำดับ (ตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์กำหนดไว้ 0-250 ไมครอน)



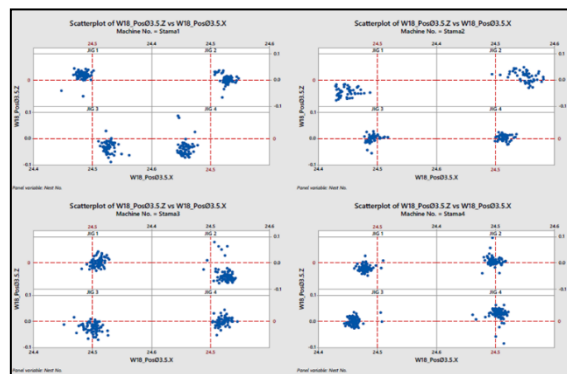
ภาพที่10 Process Capability Study จากการปรับปรุงกระบวนการที่ดีขึ้น, CPK > 1.33

Condition	Z	X	W18_PosØ 3.5_T	Target Condition
1	0.015	0.017	0.05	0 ไมครอน
2	0.031	0.037	0.10	100 ไมครอน
3	0.037	0.045	0.12	120 ไมครอน

ขั้นตอนควบคุม (Control Phase)

ทำการควบคุมคุณภาพของกระบวนการต่อเนื่องโดยประยุกต์ใช้ Scatter Plot ควบคุมการปรับตั้งค่าเครื่องจักรให้อยู่ในมาตรฐานที่กำหนด

ตารางที่ 1 ตารางแสดงค่าตอบสุดท้ายในการปรับค่า KPIV4 หรือพิกัดตำแหน่งของดอกสว่าน ที่เป็นพิกัดตามแกน Z และแกน X ให้ได้คำตอบของ $Y = W18_Pos\ \varnothing 3.5_T < 0.25$ (0-250 ไมครอน)



ภาพที่11 Scatter Plot เพื่อควบคุมการปรับตั้งค่าเครื่องจักรให้อยู่ในมาตรฐานที่กำหนด

เมื่อผู้ศึกษาวิจัย ได้ทำการปรับตั้งค่า z และ x ตามที่กำหนดจากสมการดังกล่าวและทำการทดลอง พบว่าค่าความสามารถในการผลิต เป็นที่น่าพึงพอใจ ส่งผลให้มีค่า

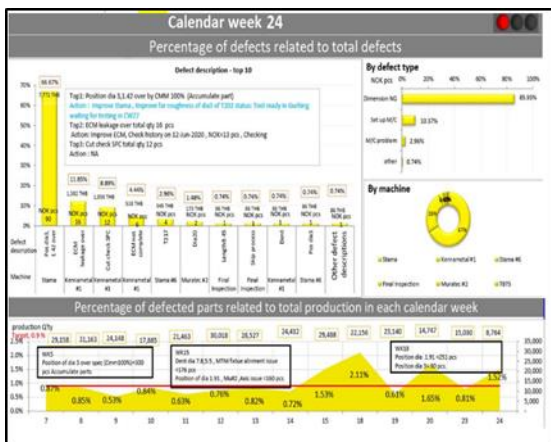


3. ผลการวิจัย (Results)

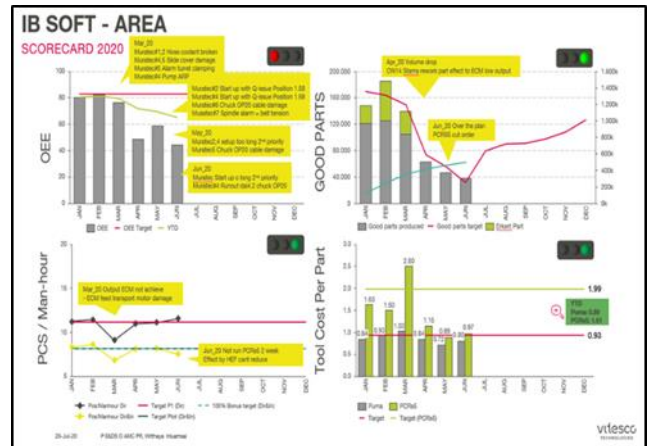
ผลการศึกษาภายใต้วิธีการทางซิกซ์ ซิกม่า เพื่อปรับปรุงอัตราผลิตภาพและลดปัญหาการผลิตงานเสียในกระบวนการผลิต Injector BODY รุ่น PCRS5 ตามลำดับตลอดงานศึกษาวิจัย ได้ผลความสำเร็จที่วัดผลได้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ดังต่อไปนี้

OEE: Overall Equipment Effectiveness การวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรและกระบวนการผลิตมีค่ามากกว่า 82%

ความสามารถในการผลิตสินค้าคุณภาพ (GOOD PARTS) มีค่าได้ตามเป้าหมายที่กำหนดตามยอดสั่งผลิต ต้นทุนในรวมการผลิตต่อชิ้น (Total Cost Per Parts) ต้องมีค่าเท่ากับ 0.97 บาทต่อชิ้นน้อยกว่า 2 บาทต่อชิ้น



ภาพที่12 แสดงปริมาณของเสียในการผลิต INJECTOR รุ่น PCRS5 (ล่าสุดเดือนพ.ค 2563)



ภาพที่13 แสดงภาพรวมของ OEE ที่ไม่พบผลกระทบด้านลบใดๆจาก STAMA Machine และ GOOD Parts และ Total Cost Per Part ที่บรรลุเป้าหมาย (ล่าสุดเดือนพ.ค 2563)

4. อภิปรายผล (Discussion)

ก่อนทำการศึกษาวิจัย กระบวนการเจาะและปลอกผิวชิ้นในสำหรับช่องลำเลียงน้ำมัน ด้วยเครื่อง CNC Drilling/Milling (เครื่องเจาะรูและเครื่องกัดผิวอัตโนมัติ) หรือเครื่อง STAMA Machine มีอัตราการผลิตงานเสียในกลุ่มของกระบวนการนี้เฉลี่ยอยู่ที่ 1%-2% ของปริมาณของเสียทั้งหมด เมื่อคิดเป็นมูลค่าแล้วเฉลี่ยได้ประมาณ 60,000-80,000 บาทต่อเดือน เมื่อทำการศึกษาวิจัยและนำผลที่ศึกษาได้ที่ได้นำไปปรับใช้จริงกับกระบวนการผลิตตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2563 เป็นต้นมา พบว่าปัญหาการผลิตสินค้าที่มีปัญหาคุณภาพลดลงอย่างชัดเจนในกลุ่มเครื่อง STAMA Machine โดยคิดเป็นมูลค่าเพียง 7,772 บาทต่อเดือนเท่านั้น

5. สรุปผล (Conclusion)

การปรับปรุงอัตราผลิตภาพในการผลิต โดยใช้กรอบการดำเนินงานของซิกซ์ ซิกม่า เป็นแนวทางหนึ่งที่ยอมรับใช้ในการจัดการการผลิตในปัจจุบันที่เป็นสากล และเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป ที่สามารถนำไปใช้ในการจัดการอุตสาหกรรมการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ สนับสนุนการทำงานแบบบูรณาการด้วยการมีส่วนร่วมของพนักงานในองค์กร ตั้งแต่ระดับผู้บริหารจนถึงระดับ



ปฏิบัติการ และสามารถสะท้อนผลลัพธ์วัดเป็นจำนวนเงินได้อย่างชัดเจน จึงเป็นวิธีการจัดการอุตสาหกรรมการผลิตอีกรูปแบบหนึ่งที่สามารถส่งเสริมให้อุตสาหกรรมการผลิตให้มีการพัฒนาได้อย่างยั่งยืนต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทิ สุทธิการณถนัย อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองบัณฑิตวิทยาลัย กลุ่มวิชาการจัดการโลจิสติกส์ คณะบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ที่ช่วยตรวจตราและแก้ไขเนื้อหาตลอดงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ หลักการและแนวคิดต่างๆอันเป็นประโยชน์ในการศึกษา คุณค่าอันพึงมีจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณพนักงานบริษัทวิทเอสโก้ เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด ที่เป็นส่วนหนึ่งในความสำเร็จในครั้งนี้ตลอดมา

7. เอกสารอ้างอิง (Reference)

จักรพันธ์ อึ้งธรรมคุณ. “การปรับปรุงความสามารถของกระบวนการประกอบชุดแขนจับหัวอ่าน

ฮาร์ดดิสก์เพื่อลดปริมาณของเสียโดยใช้วิธีซิกซ์ ซิกม่า” สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม, คณะ

วิศวกรรมศาสตร์, มหาลัยเกษตรศาสตร์, 2552

ทรศพร สกกุลพิพัฒน์. “การประยุกต์ใช้กระบวนการ DMAIC ในอุตสาหกรรมการผลิตแผ่นวงจรรวม”

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาลัยธรรมศาสตร์, 2551

อภิชาติ สถิตธรรม. “การปรับปรุงคุณภาพในการผลิตตามแนวความคิดของซิกซ์ ซิกม่า : กรณีศึกษาบริษัทชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์โดยหลักการ DMAIC” สาขาการจัดการทั่วไป, คณะบริหารธุรกิจ,

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2555

บรรหาร ลีลาและคณะ. “การลดปัญหาการอบอบของฝาครอบด้านบนในกระบวนการประกอบ

ฮาร์ดดิสก์ด้วยวิธี DMAIC” สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา, 2554

ชีวิรัตน์ กะฐินอง. “การลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องในการผลิตแกนหมุนหัวอ่านฮาร์ดดิสก์โดยใช้

ซิกซ์ ซิกม่า” สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม, วิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์,

2551

อัมพวรรณ จิระภาววงศ์ และคณะ. “การประยุกต์ใช้วิธีการ DMAIC สำหรับปรับปรุงกระบวนการ

ผลิตสุกซ์ภัณฑ์เซรามิกส์” สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์,

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2551



การศึกษาปัจจัยสำคัญที่สนับสนุนการท่องเที่ยวและการฟื้นฟูหลังวิกฤต โควิด-19 Study of Key Factors Supporting Tourism and Post-COVID-19 Recovery

ณัฐชัย ทิวพศวัต^{1*}, วิชญ์ งามสะอาด²

1.สาขาวิชาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ ,2สาขาวิศวกรรมนวัตกรรมธุรกิจระบบราง

1คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 2คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

ถนนวิภาวดีรังสิต เขตดินแดง กรุงเทพฯ 10400

[1Nattachai.teoh@gmail.com](mailto:Nattachai.teoh@gmail.com), [2witchayut ti@hotmail.com](mailto:witchayut_ti@hotmail.com)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่สนับสนุนและฟื้นฟูการท่องเที่ยวหลังวิกฤต โควิด-19 ที่มีผลต่อการตัดสินใจมาท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวต่างชาติหลังวิกฤตโควิด-19 และมาท่องเที่ยวซ้ำ โดยออกแบบแบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ IOC (Index of Item Objective Congruence) หรือ ค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ และทำการสอบถามผู้มีส่วนได้ส่วนเสียคือนักท่องเที่ยวชาวต่างชาติจำนวน 100 ตัวอย่าง โดยการกำหนดกลุ่มตัวอย่างด้วยการหาอัตราส่วนความตรงเชิงเนื้อหา และนำมาวิเคราะห์ความเชื่อมั่นโดยใช้สถิติและพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยด้านการคมนาคมทางอากาศที่มีความเที่ยงมากที่สุดอยู่ที่ 0.95 คือ ปัจจัยด้านการคมนาคมทางอากาศ สามารถแปลความหมายระดับความเที่ยงอยู่ในระดับดีมาก ซึ่งเห็นได้ถึงการศึกษาให้ความสำคัญด้านการคมนาคมทางอากาศของนักท่องเที่ยว ที่ต้องสร้างความเชื่อมั่นจะต้องนำปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้ศึกษามาใช้ โดยสามารถนำแนวทางการแก้ไขนำผลที่ได้ไปปฏิบัติตามกรอบนโยบายภาครัฐ

ABSTRACT

This research aimed to study the factors supporting and restoring post-crisis tourism. The impact of COVID-19 on foreign tourists' travel decision after COVID-19 crisis and repeat travel by issuing a questionnaire that has been audited by an IOC (Index of Item Objective Congruence) expert or the consistency between the question and the objective. Inquiring about 100 samples of the stakeholders were foreign tourists by specifying the sample groups by finding the content validity ratio. The confidence was analyzed using statistics and considered from the alpha Cronbach coefficient. The study found that the most accurate factor of air transport at 0.95 is the factor of air transport. Able to interpret the level of precision is very good. This can be seen the importance of air transport of tourists. That must build confidence, must bring in different factors Which has been studied by being able to apply the corrective actions and bring the results obtained to comply with the government policy framework.

คำสำคัญ: การท่องเที่ยวหลังวิกฤต; ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค; ไวรัสโควิด 19

Keyword: Factors for Post-Crisis Tourism Recovery; COVID-19



1. บทนำ (Introduction)

ไวรัสโคโรนา-19 เป็นไวรัสสายพันธุ์ใหม่ที่รุนแรงระบาดไปทั่วโลกสามารถแพร่กระจายจากคนสู่คน การคมนาคมระหว่างประเทศจึงเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้มีการติดเชื้อมากขึ้นในประเทศด้วยผู้โดยสารที่มาจากประเทศกลุ่มเสี่ยงสามารถนำพาไวรัสโคโรนา-19 มาแพร่สู่ผู้อื่นในประเทศได้ การคมนาคมระหว่างประเทศจึงต้องหยุดทำการ จำนวนนักท่องเที่ยวจากต่างประเทศหดตัวสูงต่อเนื่องที่ร้อยละ 100 ส่งผลกระทบแก่ธุรกิจการท่องเที่ยว ปัจจัยที่ได้รับผลกระทบคือ ไม่มีนักท่องเที่ยวต่างชาติเดินทางไปสร้างรายได้แก่ภาคท่องเที่ยวชุมชนท้องถิ่นต่าง ๆ ก็จะขาดรายได้หลักมาหมุนเวียน ทำให้รายได้หลักของประเทศไทยอย่างอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวไม่มีเงินเข้าไปหมุนเวียน โดยรายรับจากนักท่องเที่ยวต่างชาติที่เดินทางเข้ามายังประเทศไทยในไตรมาส 2 ปี 2563 ลดลงทั้งหมด โดยรายรับจากนักท่องเที่ยวต่างชาติอยู่ที่ 0.332 ล้านล้านบาท จำนวนนักท่องเที่ยวต่างชาติลดลงร้อยละ 66.2 และอัตราการเข้าพักเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 29.01 อัตราการเข้าพักเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 6.51 ลดลงจากร้อยละ 51.50 ในไตรมาสของก่อนหน้า และลดลงจากร้อยละ 70.79 ในไตรมาสเดียวกันของปีก่อน รวมครั้งแรกของปี 2563 นับได้ว่าภาคการท่องเที่ยวได้รับผลกระทบโดยตรง ด้านภาวะเศรษฐกิจไทยที่ไตรมาสที่ 2 ปี 2563 [1] ปรับตัวลดลงร้อยละ 12.2 ต่อเนื่องจากการลดลงร้อยละ 2.0 ในไตรมาสก่อน เมื่อปรับผลของฤดูกาลออกแล้วเศรษฐกิจของไทยในไตรมาสที่ 2 ปี 2563 ลดลงจากไตรมาสแรกของปี 2563 ร้อยละ 9.7 รวมครั้งแรกของปี 2563 เศรษฐกิจไทยปรับตัวลดลงร้อยละ 6.9 ส่งผลให้การส่งออกสินค้าและบริการ การบริโภค และการลงทุนของภาคเอกชนปรับตัวลดลง ขณะที่การใช้จ่ายและการลงทุนของภาครัฐนั้นขยายตัวสนับสนุนเศรษฐกิจ การบริโภคภาคเอกชน ปรับตัวลดลงร้อยละ 6.6 เทียบกับการขยายตัวร้อยละ 2.7 ในไตรมาสก่อนหน้า สอดคล้องกับการลดลงของฐานรายได้ในระบบเศรษฐกิจ และการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมผู้บริโภคในช่วงการระบาดของวิกฤตโควิด-19 พฤติกรรมผู้บริโภคที่เปลี่ยนไปกับวิกฤตโรคระบาดโควิด-19 นั่นคือ รวมถึงสายการบินของประเทศอย่างสายการบินไทย ก็เช่นกันที่ได้รับผลกระทบ

การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม
นวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 9 ประจำปี 2563

โดยตรงที่ทำให้รายได้น้อยลงจากการงดให้บริการบินชั่วคราวโดยมาตรการจากรัฐบาลส่งผลให้สายการบิน มีผลการดำเนินงาน ในไตรมาส 1 ปี 2563 ขาดทุนกว่า 22,676 ล้านบาท ขณะที่ในส่วนของไตรมาส 2 ปี 2563 ขาดทุนสุทธิ 5,353 ล้านบาท [2]

นับว่าเป็นจุดสำคัญในการศึกษาการตัดสินใจมาท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวต่างชาติ เพื่อการศึกษาปัจจัยต่าง ๆ เพื่อที่จะสร้างความเชื่อมั่นแก่นักท่องเที่ยวและฟื้นฟูการท่องเที่ยวให้นักท่องเที่ยวเลือกมาท่องเที่ยวและให้กลับมาท่องเที่ยวซ้ำหลังจากมีการเปิดให้มีการคมนาคมระหว่างประเทศเกิดขึ้น และนำผลที่ได้ไปปฏิบัติตามกรอบนโยบายภาครัฐกับองค์กรที่เกี่ยวข้องที่ได้รับผลกระทบวิกฤตโควิด-19

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

โดยการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณที่ทำการสำรวจด้วยแบบสอบถามผ่านการตรวจสอบเครื่องมือจากผู้เชี่ยวชาญ ผสมกับการวิจัยเชิงคุณภาพที่มีการ Focus Group แต่ละกลุ่มกับผู้เชี่ยวชาญเพื่อที่จะกำหนดปัจจัยที่สามารถฟื้นฟูการท่องเที่ยวหลังวิกฤตโควิด-19 และนักท่องเที่ยวต่างชาติมีการมาท่องเที่ยวซ้ำ โดยมีตัวแปรที่กำหนด ดังนี้

3.1 ตัวแปรตาม คือความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำของนักท่องเที่ยวต่างชาติ

3.2 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ ปัจจัยการฟื้นฟูการท่องเที่ยวหลังวิกฤตโควิด-19 ประกอบไปด้วย ปัจจัยด้านการคมนาคมทางอากาศ, ปัจจัยด้านหน่วยงานรักษาความปลอดภัยในท่าอากาศยาน, ปัจจัยด้านที่พัก, ปัจจัยด้านขนส่งสาธารณะ, ปัจจัยด้านสถานพยาบาล, ปัจจัยด้านร้านอาหาร และปัจจัยด้านสถานที่ท่องเที่ยว

เมื่อทราบถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้มาจากการ Focus Group แล้วจึงออกแบบแบบสอบถามด้วยการหาความตรงเชิงเนื้อหาโดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (Index of Item-Objective Congruence) ด้วย Google Form และกำหนดผู้เชี่ยวชาญ กลุ่มละ 30 คน ที่มีการทำงานใกล้ชิดกับนักท่องเที่ยวมากที่สุด ประกอบไปด้วยเจ้าหน้าที่โรงแรม, เจ้าหน้าที่สายการบินภาคพื้นดิน,



บุคคลชนส่งสารธารณะ และลูกเรือ เมื่อได้ปัจจัยที่ผ่านการตรวจจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญแล้วนำไปสอบถามชาวต่างชาติที่เป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีส่วนได้ส่วนเสีย 100 ตัวอย่าง โดยกลุ่มชาวต่างชาติถือว่าเป็นผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นกลุ่มที่มีประสบการณ์สัมผัสการท่องเที่ยวโดยตรง นำสถิติที่ใช้ในการวิจัยมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บรวบรวมนำมาวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา เพื่ออธิบายลักษณะข้อมูลที่ปรากฏในรูปแบบสอบถาม

กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา ได้แก่ นักท่องเที่ยวชาวต่างชาติ โดยมีการกำหนดกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการหาอัตราส่วนเชิงเนื้อหา CVR (content validity ratio) [5] ตามสมการที่ (1)

เมื่อ

CVR คือ อัตราส่วนความตรงเชิงเนื้อหา

Ne คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่เห็นด้วย หรือ เห็นเหมาะสม

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

$$CvR = \frac{Ne - \left(\frac{N}{2}\right)}{\left(\frac{n}{2}\right)} = \frac{2Ne - N}{N} \quad (1)$$

$$CvR = \frac{(2)(160) - (160)}{160} = 1.00 \quad (2)$$

อัตราส่วนความตรงเชิงเนื้อหาเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนกลุ่มตัวอย่างได้ที่เลือก

หลังจากได้ค่าของดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ (IOC) [3] แล้วก็นำค่าที่ได้ตรวจสอบความเชื่อมั่น (Reliability) นำมาวิเคราะห์ความเชื่อมั่นโดยใช้สถิติและพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) [4] ของคำถามปัจจัยในแต่ละด้านและวิเคราะห์ปัจจัยกับนโยบายทางภาครัฐว่ามีนโยบายใดที่รองรับความต้องการในแต่ละปัจจัยของนักท่องเที่ยวต่างชาติได้แล้ว นำไปสู่การเสนอแนะแนวทางแก้ไขถึงปัจจัยที่ยังไม่ได้รับการสนับสนุน

3. ผลการวิจัย (Results)

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นผู้ตอบแบบสอบถาม โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ การแจกแจง

การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 9 ประจำปี 2563

ความถี่ ค่าร้อยละ เพื่อที่จะอธิบายลักษณะของตัวแปรข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบ ตัวอย่างชาวต่างชาติจำนวน 100 คน พบว่า ผู้ตอบส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 58.6 และชาวต่างชาติที่ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเอเชีย ร้อยละ 37.3 ออสเตรเลีย ร้อยละ 19.1 ยุโรป ร้อยละ 16.4 รองลงมาเป็นอเมริกาเหนือร้อยละ 15.9 ซึ่งถือว่าบรรลุเป้าหมายโดยกลุ่มข้อมูลส่วนใหญ่ที่ได้ ทั้งทวีปเอเชียบางประเทศและออสเตรเลียถือว่าควบคุมโรคระบาดได้เป็นอย่างดีมีโอกาสสามารถรับเข้าประเทศได้

ตารางที่ 1 ค่าร้อยละลักษณะของตัวแปรข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อมูลส่วนบุคคล (เพศ)	ร้อยละ (%)
ชาย	58.6
หญิง	41.4
ทวีป	ร้อยละ (%)
เอเชีย	37.3
ออสเตรเลีย	19.1
ยุโรป	16.4
อเมริกาเหนือ	15.9
อเมริกาใต้	6.4
แอฟริกา	4.1
แอนตาร์กติกา	0.9

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์ของ Cronbach's ตามปัจจัยต่าง ๆ

ปัจจัย	Cronbach's alpha coefficient	
	จำนวนข้อคำถาม	กลุ่มตัวอย่าง
ปัจจัยด้านการคมนาคมทางอากาศ	42	0.95
ปัจจัยด้านหน่วยงานรักษาความปลอดภัยในท่าอากาศยาน	8	0.75
ปัจจัยด้านขนส่งสาธารณะ	13	0.8
ปัจจัยด้านที่พัก	24	0.9
ปัจจัยด้านร้านอาหาร	11	0.85
ปัจจัยด้านสถานพยาบาล	8	0.75
ปัจจัยด้านสถานที่ท่องเที่ยว	15	0.87



4. อภิปรายผล (Discussion)

การปัจจัยด้านการคมนาคมทางอากาศ จากการแปลค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ที่มีความเที่ยงมากที่สุดอยู่ที่ 0.95 คือปัจจัยด้านการคมนาคมทางอากาศ สามารถแปลความหมายระดับความเที่ยงอยู่ในระดับดีมาก ซึ่งเห็นได้ถึงการให้ความสำคัญด้านการคมนาคมทางอากาศ เมื่อพิจารณารายชื่อปัจจัยที่ค่าความแปรปรวนน้อยที่สุด **ตารางที่ 3** ค่าความแปรปรวนปัจจัยด้านการคมนาคมทางอากาศ

ปัจจัยด้านการคมนาคมทางอากาศ	ค่าความแปรปรวน
พนักงานสายการบินได้รับการวัดไข้และตรวจสุขภาพก่อนปฏิบัติงานทุกคน	0.01
ด้านอาหารและเครื่องดื่มได้รับการรักษาความสะอาดและความปลอดภัยภายใต้มาตรการควบคุมโรค โดยอาหารและอุปกรณ์รับประทานอาหารจะได้รับการซัดและแจกถุงมืออนามัยเพิ่มไปด้วยเช่นกัน ในการรับประทานอาหารเพื่อป้องกันเชื้อโรคเมื่อไม่สะดวกล้างมือเครื่องดื่มจะเสิร์ฟเป็นรูปแบบกล่องขวดหรือกระป๋องสำเร็จรูปเท่านั้น	0.03
เจ้าหน้าที่ ที่ปฏิบัติหน้าที่ทำความสะอาดภายในสนามบินต้องได้รับตรวจวัดไข้ และตรวจสอบสุขภาพเบื้องต้นก่อนปฏิบัติงาน	0.03
ในกรณีผู้โดยสารต้องการเครื่องดื่มที่ต้องชงหรือมีการผสมจะมีการสั่งกับทางสายการบิน ขณะสำรองที่นั่งเที่ยวบินเท่านั้นเพื่อทำการผสมและซัดเพื่อป้องกันเชื้อโรค	0.05
การสร้างเชื่อมั่นด้านความปลอดภัยของวัตถุดิบอาหารโดยนำเข้าแหล่งที่มาจากพื้นที่ปลอดเชื้อไวรัส และมีการบอกเล่าแหล่งที่มา	0.06

จากการพิจารณาปัจจัยด้านการคมนาคมทางอากาศ รายชื่อที่มีค่าความแปรปรวนน้อยที่สุดทำให้ทราบว่าปัจจัยหลัก ๆ ที่นักท่องเที่ยวให้ความสำคัญนั้นอยู่ที่ความปลอดภัยด้านพนักงานสายการบินที่มีต้องมีการตรวจวัดสุขภาพเบื้องต้นก่อนปฏิบัติงาน ค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.01 ซึ่งสายการบินต่าง ๆ ได้มีการปฏิบัติจริงเกิดขึ้นเป็นนโยบายแล้ว ปัจจัยดังกล่าวถือว่ามีผลกระทบต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวได้ ปัจจัยด้านอาหารและเครื่องดื่มที่ต้อง

ได้รับการรักษาความสะอาดและความปลอดภัยภายใต้มาตรการควบคุมโรค ค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.03 ทางภาครัฐได้มีนโยบายรองรับปัจจัยดังกล่าวโดยอาหารจะต้องอยู่ในกล่องหรือภาชนะที่มิดชิด เพื่อลดการสัมผัสระหว่างลูกเรือกับผู้โดยสาร ปัจจัยด้านเจ้าหน้าที่ ที่ปฏิบัติหน้าที่ทำความสะอาดภายในสนามบินต้องได้รับตรวจวัดไข้ และตรวจสอบสุขภาพเบื้องต้นก่อนปฏิบัติงาน ค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.03 เห็นได้ว่านักท่องเที่ยวเห็นความสำคัญด้านเจ้าหน้าที่ทำความสะอาดเป็นผู้ที่มีความเสี่ยงในการติดเชื้อสูงจากกิจกรรมการทำความสะอาดจากปัจจัยทางหน่วยงานได้มีนโยบายรองรับให้มีการตรวจวัดไข้ก่อนปฏิบัติงานถือว่าสามารถรองรับความต้องการของนักท่องเที่ยวได้ ปัจจัยด้านเครื่องดื่มที่ต้องชงหรือมีการผสมจะมีการสั่งกับทางสายการบินขณะสำรองที่นั่งเที่ยวบินเท่านั้นเพื่อทำการผสมและซัดเพื่อป้องกันเชื้อโรค ค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.05 ปัจจัยดังกล่าวส่วนใหญ่ยังไม่มียุทธศาสตร์รองรับจึงเสนอให้มีการเพิ่มทางเลือกรูปแบบการเสิร์ฟเครื่องดื่มที่ต้องผสมเพื่อลดการสัมผัสโดนวัตถุดิบโดยตรงในการชง ปัจจัยสร้างความเชื่อมั่นด้านความปลอดภัยของวัตถุดิบอาหารโดยนำเข้าแหล่งที่มาจากพื้นที่ปลอดเชื้อไวรัส และมีการบอกเล่าแหล่งที่มา ความแปรปรวนอยู่ที่ 0.06 ปัจจัยดังกล่าวเป็นอีกปัจจัยที่ยังไม่มีนโยบายรองรับซึ่งเป็นทางเลือกที่นักท่องเที่ยวได้เห็นถึงความเชื่อมั่นทางวัตถุดิบเป็นอีกตัวแปรในการเลือกซื้อตั๋วโดยสารสายการบินที่ต้องบินเป็นระยะเวลาอันยาวนานและต้องมีการเสิร์ฟอาหารบนเครื่องบิน

ปัจจัยด้านที่พัก จากการแปลค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ที่มีความเที่ยงรองลงมาอยู่ที่ 0.9 คือปัจจัยด้านที่พัก สามารถแปลความหมายระดับความเที่ยงอยู่ในระดับดีมาก



ตารางที่ 4 ค่าความแปรปรวนปัจจัยด้านที่พัก

ปัจจัยด้านที่พัก	ค่าความแปรปรวน
ในห้องนวดและสปาต้องมีการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อก่อนทุกครั้งที่ได้รับลูกค้า	0.04
บุคลากรทุกคนในโรงแรมมีการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันหน้ากากอนามัย	0.04
บุคลากรทุกคนในโรงแรมได้รับการตรวจสุขภาพและวัดไข้ก่อนปฏิบัติงาน	0.05
การทานอาหารเข้าในห้องอาหารจะต้องตรวจวัดไข้ก่อนจะเข้าพื้นที่โรงแรม	0.06
ต้องสวมหน้ากากอนามัยตลอดเวลาในการเดินเลือกอาหารยกเว้นตอนรับประทานอาหารที่โต๊ะ	0.07

จากการพิจารณาปัจจัยด้านที่พักรายชื่อที่มีค่าความแปรปรวนน้อยที่สุดทำให้ทราบว่าปัจจัยหลัก ๆ ที่นักท่องเที่ยวให้ความสำคัญนั้นอยู่ที่การบริการในห้องนวดและสปาต้องมีการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อก่อนทุกครั้งที่ได้รับลูกค้า ค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.04 ทำให้ทราบว่านักท่องเที่ยวให้ความสำคัญกับการพักผ่อนด้านการใช้บริการนวดและสปาในการมาพักผ่อนเป็นอันดับแรก ๆ ปัจจัยด้านบุคลากรทุกคนในโรงแรมต้องการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันหน้ากากอนามัย ค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.04 และปัจจัยด้านบุคลากรทุกคนในโรงแรมได้รับการตรวจสุขภาพและวัดไข้ก่อนปฏิบัติงานค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.05 จากสองปัจจัยทราบได้ว่านักท่องเที่ยวให้ความสำคัญทางด้านความเชื่อมั่นของบุคลากรทุกคนในโรงแรมที่จะต้องมีการป้องกันเบื้องต้นก่อนที่จะให้บริการแก่นักท่องเที่ยว ปัจจัยการทานอาหารเข้าในห้องอาหารจะต้องตรวจวัดไข้ก่อนจะเข้าพื้นที่โรงแรม ค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.06 ปัจจัยดังกล่าวเห็นได้ว่านักท่องเที่ยวให้ความสำคัญกับการคัดกรองเบื้องต้นทุกเช้าที่หลายคนจะต้องมาทานอาหารเข้าและต้องได้รับการตรวจวัดไข้ก่อนที่จะเข้าห้องอาหารและพื้นที่อื่น ๆ ในโรงแรม ปัจจัยนักท่องเที่ยวต้องสวมหน้ากากอนามัยตลอดเวลาในการเดินเลือกอาหารยกเว้นตอนรับประทานอาหารที่โต๊ะ ความแปรปรวนอยู่ที่ 0.07 เป็นปัจจัยที่ทราบถึงการให้ความสำคัญด้านรูปแบบเดินเลือกอาหารแม้ยังอยู่ภายใต้

การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม
นวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 9 ประจำปี 2563

ภาวะโรคระบาดจึงให้ความสำคัญกับการสวมหน้ากากอนามัยขณะเดินเลือกอาหาร ทุกปัจจัยด้านที่พักที่กล่าวมาทั้งหมดได้มีนโยบายรองรับและมีการนำมาปฏิบัติแล้วถือว่ามีการรองรับความต้องการของนักท่องเที่ยวได้

ปัจจัยด้านสถานที่ท่องเที่ยว ปัจจัยด้านสถานที่ท่องเที่ยวจากการแปลค่า สัมประสิทธิ์แอลฟา ที่มีความเที่ยงรองลงมาอยู่ที่ 0.87 คือปัจจัยด้านปัจจัยด้านที่พักสามารถแปลความหมายระดับความเที่ยงอยู่ในระดับดีมาก

ตารางที่ 5 ค่าความแปรปรวนปัจจัยด้านสถานที่ท่องเที่ยว

ปัจจัยด้านสถานที่ท่องเที่ยว	ค่าความแปรปรวน
การเผยแพร่จำนวนนักท่องเที่ยวแบบ Real Time ในทุกพื้นที่เพื่อเป็นข้อพิจารณาแก่นักท่องเที่ยวในการเข้าไปท่องเที่ยวในแต่ละพื้นที่	0.02
การกระจายตัวของหน่วยงานรัฐในพื้นที่แต่ละจุดอย่างทั่วถึงเพื่ออำนวยความสะดวกแก่นักท่องเที่ยวในด้านต่าง ๆ	0.03
การเปิดให้โหลด Application ก่อนเข้าประเทศที่สามารถรายงานข่าวสารแบบ Real time เกี่ยวกับการแพร่ระบาดเชื้อไวรัสโควิด-19 มีการบอกข้อมูลเบื้องต้นในการติดต่อสื่อสารกับเจ้าหน้าที่ทุกหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับเหตุฉุกเฉินทุกด้าน เช่น เบอร์โทรศัพท์ สถานที่ตำแหน่งสำนักงาน โดยรองรับภาษาหลัก มี ภาษาอังกฤษ จีน ญี่ปุ่น เกาหลี อารบิก	0.07
โปรโมชันจูงใจที่พักแถมลดราคาอาหารเช้า 10%	0.07
การแจกหน้ากากอนามัยตามพื้นที่ต่าง ๆ	0.10

จากการพิจารณาปัจจัยด้านสถานที่ท่องเที่ยวรายชื่อที่มีค่าความแปรปรวนน้อยที่สุดทำให้ทราบว่าปัจจัยหลัก ๆ ที่นักท่องเที่ยวให้ความสำคัญนั้นอยู่ที่การเผยแพร่จำนวนนักท่องเที่ยวแบบ Real Time ในทุกพื้นที่เพื่อเป็นข้อพิจารณาแก่นักท่องเที่ยวในการเข้าไปท่องเที่ยวในแต่ละพื้นที่ ค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.02 จากปัจจัยนักท่องเที่ยวได้ให้ความสำคัญกับปัจจัยการเผยแพร่จำนวนนักท่องเที่ยวแบบ Real Time ซึ่งยังไม่มีนโยบายจากภาครัฐออกมารองรับความต้องการของนักท่องเที่ยว จึง



เสนอเป็นรูปแบบ Application โฆษณา หรือสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ ประโยชน์คือ ทำให้นักท่องเที่ยวสามารถเลี่ยงการเดินทางไปพื้นที่คนเยอะ ทำให้ลดความเสี่ยงในการติดเชื้อได้ ปัจจัยด้านการกระจายตัวของหน่วยงานรัฐในพื้นที่แต่ละจุดอย่างทั่วถึงเพื่ออำนวยความสะดวกแก่นักท่องเที่ยวต่าง ๆ ค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.03 จากปัจจัยทางภาครัฐยังได้มีนโยบายปัจจัยดังกล่าวซึ่งสามารถรองรับความต้องการของนักท่องเที่ยวได้ ปัจจัยด้านการเปิดให้โหลด Application ก่อนเข้าประเทศที่สามารถรายงานข่าวสารแบบ Real time เกี่ยวกับการแพร่ระบาดเชื้อไวรัสโควิด-19 มีการบอกข้อมูลเบื้องต้นในการติดต่อสื่อสารกับเจ้าหน้าที่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับเหตุฉุกเฉินทุกด้าน เช่น เบอร์โทรศัพท์ สถานที่ตำแหน่งสำนักงาน โดยรองรับภาษาหลัก มี ภาษาอังกฤษ จีน ญี่ปุ่น เกาหลี อารบิก ค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.07 ปัจจัยดังกล่าวภาครัฐได้มีนโยบายรองรับความต้องการของนักท่องเที่ยวโดยมีการให้โหลด Application ก่อนเข้าประเทศพร้อมลงทะเบียนเมื่อเข้าไปใน Application จะพบกับข่าวสารและข้อมูลต่าง ๆ ที่ทางรัฐสร้างไว้ให้ ปัจจัยด้านโปรโมชั่นจูงใจที่พิกัดลดราคาลดเข้า 10% ค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.07 ปัจจัยดังกล่าวทำให้เห็นว่านักท่องเที่ยวให้ความสำคัญด้านโปรโมชั่น โดยภาครัฐได้มีนโยบายปลุกกระตุ้นที่จะให้ราคาพิเศษแทนซึ่งสามารถรองรับความต้องการนักท่องเที่ยวได้ ปัจจัยการแจกหน้ากากอนามัยตามพื้นที่ต่าง ๆ ค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.10 ปัจจัยดังกล่าวเป็นอีกปัจจัยที่ภาครัฐมีนโยบายสนับสนุนสามารถรองรับความต้องการของนักท่องเที่ยวโดยการแจกหน้ากากอนามัยที่สามารถลดความเสี่ยงในการติดเชื้อและสามารถสร้างความประทับใจแก่นักท่องเที่ยวได้

ปัจจัยด้านร้านอาหาร จากการแปลค่า สัมประสิทธิ์แอลฟา ที่มีความเที่ยงตรงลงมาอยู่ที่ 0.85 คือปัจจัยด้านปัจจัยด้านร้านอาหาร สามารถแปลความหมายระดับความเที่ยงอยู่ในระดับดี

ตารางที่ 6 ค่าความแปรปรวนปัจจัยด้านร้านอาหาร

ปัจจัยด้านร้านอาหาร	ค่าความแปรปรวน
ภายในร้านอาหารได้รับการฆ่าเชื้อบ่อยครั้งต่อวัน ทั้งในส่วนของโต๊ะ เก้าอี้ และของอื่น ๆ	0.07
มีการลงทะเบียนก่อนเข้าร้านอาหาร	0.08
พนักงานมีการใส่อุปกรณ์ป้องกันเพื่อป้องกันทั้งหน้ากากอนามัย Face shield และถุงมืออนามัยที่ต้องหยิบจับทำอาหาร	0.09
อุปกรณ์การกินอาหารถูกซื้อมัดทุกอย่าง	0.10
มีการให้นั่งโต๊ะละ 1-2 คน	0.11

จากการพิจารณาปัจจัยด้านร้านอาหารรายชื่อที่มีค่าความแปรปรวนน้อยที่สุดทำให้ทราบว่าปัจจัยหลัก ๆ ที่นักท่องเที่ยวให้ความสำคัญนั้นอยู่ที่ภายในร้านอาหารได้รับการฆ่าเชื้อบ่อยครั้งต่อวัน ทั้งในส่วนของโต๊ะ เก้าอี้ และของอื่น ๆ ค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.07 ซึ่งนักท่องเที่ยวส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับเรื่องนี้มากที่สุด โดยเป็นไปตามนโยบายทางภาครัฐที่ต้องมีการทำความสะอาดในร้านด้วยการฆ่าเชื้อตามอุปกรณ์สิ่งของต่าง ๆ ปัจจัยด้านการลงทะเบียนก่อนเข้าร้านอาหาร ค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.08 ทางนักท่องเที่ยวได้เห็นความสำคัญด้านการลงทะเบียนเพื่อที่จะสามารถติดตามบุคคลเมื่อพบผู้ติดเชื้อตามนโยบายเช่น การลงทะเบียนไทยชนะ ปัจจัยด้านพนักงานมีการใส่อุปกรณ์ป้องกันเพื่อป้องกันทั้งหน้ากากอนามัย Face shield และถุงมืออนามัยที่ต้องหยิบจับทำอาหาร ค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.09 จะเห็นได้ว่านักท่องเที่ยวให้ความสำคัญด้านความสะอาดในการทำอาหารภายใต้ภาวะโรคระบาด ปัจจัยด้านอุปกรณ์การกินอาหารถูกซื้อมัดทุกอย่าง ค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.10 นักท่องเที่ยวได้ให้ความสำคัญทางด้านความสะอาดของอุปกรณ์การรับประทานอาหารที่ลดการสัมผัสจากผู้อื่น ปัจจัยมีการให้นั่งโต๊ะละ 1-2 คน ค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.11 เป็นอีกปัจจัยที่นักท่องเที่ยวมองเห็นถึงความสามารถลดความเสี่ยงการติดเชื้อโดยการนั่งเว้นระยะห่างกัน จากทุกปัจจัยด้านร้านอาหารเป็นไปตามนโยบายภาครัฐที่ได้กำหนดไว้ภายใต้การแพร่ระบาดไวรัส



โควิด-19

การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม
นวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 9 ประจำปี 2563

ตารางที่ 7 ค่าความแปรปรวนปัจจัยด้านขนส่งสาธารณะ

ปัจจัยด้านขนส่งสาธารณะ	ค่าความแปรปรวน
พนักงานขับรถและบุคลากรในรถจะตรวจวัดอุณหภูมิทุกครั้งก่อนทำงาน และแสดงผลการตรวจในรถสาธารณะเพื่อสร้างความน่าเชื่อถือ	0.04
ผู้โดยสารที่ขึ้นรถขนส่งสาธารณะต้องสวมหน้ากากอนามัยตลอดเวลา	0.07
มีเอกสารติดไว้ในรถโดยสารสาธารณะเปิดเผยเกี่ยวกับจำนวนครั้งและเวลาในการทำความสะอาด	0.08
มีเจ้าหน้าที่ประจำจุดตามป้ายรถสาธารณะในการให้ความช่วยเหลือด้านต่าง ๆ เช่น การกักบัตรคิวให้และคอยควบคุมนักท่องเที่ยวให้ทำตามมาตรการป้องกันเชื้อไวรัสโควิด-19	0.08
การบริการของรถแท็กซี่มีการสวมใส่ถุงมืออนามัยและล้างเจลแอลกอฮอล์ทุกครั้งก่อนและหลังยกสัมภาระ และใส่ถุงมือล้างแอลกอฮอล์เปิดปิดประตูรถให้แก่ผู้โดยสารเพื่อป้องกันการสัมผัสและลดความเสี่ยงการกระจายเชื้อ	0.09

จากการพิจารณาปัจจัยด้านขนส่งสาธารณะรายชื่อที่มีค่าความแปรปรวนน้อยที่สุดทำให้ทราบว่าปัจจัยหลัก ๆ ที่นักท่องเที่ยวให้ความสำคัญนั้นอยู่ที่พนักงานขับรถและบุคลากรในรถจะตรวจวัดอุณหภูมิทุกครั้งก่อนทำงาน และแสดงผลการตรวจในรถสาธารณะเพื่อสร้างความน่าเชื่อถือ ค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.04 จากปัจจัยทำให้ทราบถึงการให้ความสำคัญด้านข้อมูลที่น่าเชื่อถือเพื่อเป็นเกณฑ์สร้างความเชื่อมั่นด้านขนส่งสาธารณะ โดยยังไม่มียุทธศาสตร์ที่ชัดเจนจึงเสนอการตรวจวัดอุณหภูมิบุคคลขนส่งสาธารณะเพื่อที่จะแสดงในรถโดยสารเพื่อสร้างความเชื่อมั่น ปัจจัยด้านผู้โดยสารที่ขึ้นรถขนส่งสาธารณะต้องสวมหน้ากากอนามัยตลอดเวลา ค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.07 ทางภาครัฐได้มีนโยบายรองรับความต้องการของนักท่องเที่ยว ปัจจัยดังกล่าวโดยให้สวมหน้ากากอนามัยทุกครั้งขึ้นรถโดยสารหากไม่สวมก็จะหมดสิทธิโดยสาร ปัจจัยด้านมีเอกสารติดไว้ในรถโดยสารสาธารณะเปิดเผยเกี่ยวกับ

จำนวนครั้งและเวลาในการทำความสะอาด ค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.08 จากปัจจัยทำให้นักท่องเที่ยวเห็นความสำคัญสิ่งที่บ่งบอกถึงการสร้างความเชื่อมั่นเห็นว่าการทำความสะอาดและมั่นใจที่จะโดยสารแต่ทางนโยบายภาครัฐยังไม่รองรับเป็นส่วนใหญ่ จึงเสนอให้มีการติดรายละเอียดการทำความสะอาดไม่ว่าจะเป็นเรื่องเวลาให้มีการสร้างความเชื่อมั่นแก่นักท่องเที่ยว ปัจจัยกำหนดให้มีเจ้าหน้าที่ประจำจุดตามป้ายรถสาธารณะในการให้ความช่วยเหลือด้านต่าง ๆ เช่น การกักบัตรคิวให้และคอยควบคุมนักท่องเที่ยวให้ทำตามมาตรการป้องกันเชื้อไวรัสโควิด-19 ค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.08 ปัจจัยดังกล่าวทำให้ทราบว่านักท่องเที่ยวมีความต้องการหลีกเลี่ยงการสัมผัสหน้าจอกที่ใช้ร่วมกันเช่น บัตรกดคิวรถ และการอำนวยความสะดวกเรื่องการให้ข้อมูลช่วยเหลือต่าง ๆ โดยทางนโยบายภาครัฐได้มีนโยบายการให้เจ้าหน้าที่ลงพื้นที่แต่ยังคงไม่ทั่วถึงกับบางพื้นที่ ปัจจัยการบริการของรถแท็กซี่มีการสวมใส่ถุงมืออนามัยและล้างเจลแอลกอฮอล์ทุกครั้งก่อนและหลังยกสัมภาระ และใส่ถุงมือล้างแอลกอฮอล์เปิดปิดประตูรถให้แก่ผู้โดยสารเพื่อป้องกันการสัมผัสและลดความเสี่ยงการกระจายเชื้อ ค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.09 ปัจจัยดังกล่าวทราบว่านักท่องเที่ยวเห็นความสำคัญด้านการบริการทางด้านแท็กซี่ภายใต้วิกฤตโควิด-19 โดยการบริการยกกระเป๋าและเปิดประตูโดยมีการป้องกันเบื้องต้น โดยเสี่ยงที่จะให้ผู้โดยสารจับประตูรถ ทางภาครัฐยังไม่มียุทธศาสตร์เกี่ยวกับด้านนี้จึงเสนอให้แจกเจลแอลกอฮอล์กับ Taxi ทุกคัน ทำให้ทาง Taxi มีทรัพยากรในการบริการลูกค้าเพื่อป้องกันโรคเบื้องต้น

ปัจจัยด้านสถานพยาบาล จากการแปลค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ที่มีความเที่ยงตรงลงมาอยู่ที่ 0.75 คือปัจจัยด้านปัจจัยด้านสถานพยาบาล สามารถแปลความหมายระดับความเที่ยงอยู่ในระดับพอใช้



พร้อมสถานพยาบาลที่รองรับการรักษาโรคโควิด-19 ในรูปแบบ บน Website Application หรือแบบแผ่นพับ ค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.05 ปัจจัยดังกล่าวสามารถทราบได้ว่าข้อมูลค่าใช้จ่ายการรักษาเป็นสิ่งที่นักท่องเที่ยวให้ความสำคัญโดย ตามโรงพยาบาลจะมีข้อมูลและค่ารักษาเบื้องต้น หรือทาง Website ปัจจัยด้านสถานพยาบาลสามารถเข้าถึงและใช้ข้อมูลเบื้องต้นใน Application ที่นักท่องเที่ยว ได้ใส่ข้อมูลลงไปเพื่อลดขั้นตอนการลงทะเบียน ค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.05 ทางภาครัฐสามารถรองรับความต้องการนักท่องเที่ยวตามนโยบายที่ให้ความสำคัญกับการลดขั้นตอนการลงทะเบียนโดยใช้ Application AOT Airports ปัจจัยการทำความสะอาดพื้นที่ในโรงพยาบาลเป็นประจำรวมถึงฉีดยาฆ่าเชื้อโดยเฉพาะห้องน้ำ ค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.07 โรงพยาบาลเป็นสถานที่ผู้ป่วยเข้าออกประจำทำให้ความเสี่ยงที่เชื้อไวรัสจะติดกันได้ง่ายจึงต้องมีการฉีดยาโดยทางโรงพยาบาลและการสนับสนุนตามภาครัฐ ปัจจัยที่มีบุคลากรทางการแพทย์หรือมีล่ามแปลภาษาที่เพียงพอต่อการสื่อสารถามประวัติข้อมูลเบื้องต้นของคนไข้หลัก ๆ เช่น ภาษาอังกฤษ จีน เกาหลี ญี่ปุ่น อาหรับ ค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.09 ปัจจัยดังกล่าวเป็นอีกปัจจัยที่นักท่องเที่ยวเห็นความจำเป็น ซึ่งในการเปิดรับนักท่องเที่ยวโดยแต่ละโรงพยาบาลส่วนใหญ่ก็จะมีล่ามอยู่ในการช่วยประสานงาน

ปัจจัยด้านหน่วยรักษาความปลอดภัยในท่าอากาศยาน จากการแปลค่า สัมประสิทธิ์แอลฟา ที่มีความเที่ยงรองลงมาอยู่ที่ 0.75 คือปัจจัยด้านหน่วยงานรักษาความปลอดภัยในท่าอากาศยาน สามารถแปลความหมายระดับความเที่ยงอยู่ในระดับพอใช้

ตารางที่ 8 ค่าความแปรปรวนปัจจัยด้านสถานพยาบาล

ปัจจัยด้านสถานพยาบาล	ค่าความแปรปรวน
มีการคัดกรองวัดอุณหภูมิและสอบถามอาการจนถึงสอบประวัติการเดินทางเบื้องต้นหากตรวจสอบแล้วเป็นผู้ที่มีความเสี่ยงในการติดเชื้อก็จะมีพื้นที่สำหรับตรวจคนไข้แยกที่มีการวางพื้นที่อย่างเหมาะสมเป็นพื้นที่ปลอดโปร่งและออกแบบมาเพื่อผู้ที่มีความเสี่ยงโดยเฉพาะ	0.03
การสร้างการรับรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการตรวจและค่าใช้จ่ายรักษาโรคโควิด-19 พร้อมสถานพยาบาลที่รองรับการรักษาโรคโควิด-19 ในรูปแบบ บน Website Application หรือแบบแผ่นพับ	0.05
สถานพยาบาลสามารถเข้าถึงและใช้ข้อมูลเบื้องต้นใน Application ที่นักท่องเที่ยว ได้ใส่ข้อมูลลงไปเพื่อลดขั้นตอนการลงทะเบียน	0.05
การทำความสะอาดพื้นที่ในโรงพยาบาลเป็นประจำรวมถึงฉีดยาฆ่าเชื้อโดยเฉพาะห้องน้ำ	0.07
มีบุคลากรทางการแพทย์หรือมีล่ามแปลภาษาที่เพียงพอต่อการสื่อสารถามประวัติข้อมูลเบื้องต้นของคนไข้หลัก ๆ เช่น ภาษาอังกฤษ จีน เกาหลี ญี่ปุ่น อาหรับ	0.09

จากการพิจารณาปัจจัยด้านสถานพยาบาลรายชื่อที่มีค่าความแปรปรวนน้อยที่สุดทำให้ทราบว่าปัจจัยหลัก ๆ ที่นักท่องเที่ยวให้ความสำคัญนั้นอยู่ที่มีการคัดกรองวัดอุณหภูมิและสอบถามอาการจนถึงสอบประวัติการเดินทางเบื้องต้นหากตรวจสอบแล้วเป็นผู้ที่มีความเสี่ยงในการติดเชื้อก็จะมีพื้นที่สำหรับตรวจคนไข้แยกที่มีการวางพื้นที่อย่างเหมาะสมเป็นพื้นที่ปลอดโปร่ง และออกแบบมาเพื่อผู้ที่มีความเสี่ยงโดยเฉพาะ ค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.03 ปัจจัยดังกล่าวสามารถบ่งบอกถึงการให้ความสำคัญด้านการจัดการแยกผู้ป่วยของนักท่องเที่ยว โดยมีนโยบายทางภาครัฐรองรับให้มีรูปแบบการคัดกรองเบื้องต้นทุกโรงพยาบาล ปัจจัยด้านการสร้างการรับรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการตรวจและค่าใช้จ่ายรักษาโรคโควิด-19



ตารางที่ 9 ค่าความแปรปรวนปัจจัยด้านหน่วยรักษาความปลอดภัยในท่าอากาศยาน

ปัจจัยด้านหน่วยงานรักษาความปลอดภัยในท่าอากาศยาน	ค่าความแปรปรวน
มีการตรวจสอบวัตถุอันตรายและตรวจสอบสุขภาพของเจ้าหน้าที่ตรวจคนเข้าเมืองก่อนเข้าปฏิบัติงาน	0.06
การวางสัญลักษณ์ในการเว้นระยะห่างในการรอคิวเพื่อ Security Check	0.06
การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันของเจ้าหน้าที่ Security ด้วยหน้ากากอนามัย Face Shield และถุงมืออนามัย เพื่อป้องกันในกรณีอาจเกิดการคันตัวเมื่อมีการสงสัยจากเจ้าหน้าที่	0.08
ทุกครั้งเจ้าหน้าที่ตรวจคนเข้าเมืองตรวจสอบเอกสารจะต้องสวมถุงมืออนามัยและล้างด้วยแอลกอฮอล์ทุกครั้งที่ได้รับเอกสาร	0.09
เจ้าหน้าที่สวมอุปกรณ์ป้องกันด้วยหน้ากากอนามัย Face Shield และถุงมืออนามัย	0.12

จากการพิจารณาปัจจัยด้านหน่วยงานรักษาความปลอดภัยในท่าอากาศยานรายชื่อที่มีค่าความแปรปรวนน้อยที่สุดทำให้ทราบว่าปัจจัยหลัก ๆ ที่นักท่องเที่ยวให้ความสำคัญนั้นอยู่ที่มีการตรวจสอบวัตถุอันตรายและตรวจสอบสุขภาพของเจ้าหน้าที่ตรวจคนเข้าเมืองก่อนเข้าปฏิบัติงาน ค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.06 โดยมีนโยบายภาครัฐรองรับการให้ความสำคัญในการตรวจวัตถุอันตรายเพื่อสร้างความเชื่อมั่นแก่ นักท่องเที่ยว ปัจจัยด้านการวางสัญลักษณ์ในการเว้นระยะห่างในการรอคิวเพื่อ Security Check ค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.06 ปัจจัยดังกล่าวเป็นปัจจัยเบื้องต้นในการเว้นระยะห่างภายใต้นโยบายภาครัฐในการเว้นระยะห่าง ปัจจัยด้านการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันของเจ้าหน้าที่ Security ด้วยหน้ากากอนามัย Face Shield และถุงมืออนามัย เพื่อป้องกันในกรณีอาจเกิดการคันตัวเมื่อมีการสงสัยจากเจ้าหน้าที่ 0.08 ปัจจัยดังกล่าวเป็นอีกปัจจัยที่มีนโยบายจากภาครัฐให้สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันการแพร่เชื้อโรคระบาด ปัจจัยด้านทุกครั้งเจ้าหน้าที่ตรวจคนเข้าเมืองตรวจสอบเอกสารจะต้องสวมถุงมืออนามัยและล้างด้วยแอลกอฮอล์ทุกครั้งที่ได้รับเอกสาร 0.09 โดยเป็นปัจจัยการป้องกันโรคร้ายใต้ นโยบายป้องกันโรค ปัจจัยด้านเจ้าหน้าที่สวมอุปกรณ์ป้องกันด้วยหน้ากาก อนามัย

Face Shield และถุงมืออนามัย ค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.12 ปัจจัยดังกล่าวเป็นอีกปัจจัยที่มีนโยบายให้สวมใส่ อุปกรณ์ป้องกันการแพร่เชื้อโรคระบาด

5. สรุปผล (Conclusion)

จากการเกิดวิกฤตโควิด-19 เพื่อศึกษาปัจจัยที่สนับสนุนและฟื้นฟูการท่องเที่ยวหลังวิกฤต โควิด-19 ที่มีผลต่อการตัดสินใจมาท่องเที่ยว และมาท่องเที่ยวซ้ำ จึงทำการวิจัย โดยศึกษาแนวคิดทฤษฎี คุณภาพการบริการ (Service Quality) ทฤษฎีการมาซื้อซ้ำและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาช่วยตัดสินใจในการออกแบบปัจจัยในแบบสอบถามพร้อมกับผู้เชี่ยวชาญเพื่อที่จะถามนักท่องเที่ยวต่างชาติ วิจัยครั้งนี้เป็นรูปแบบศึกษาเชิงปริมาณผสมคุณภาพโดยการ Focus Group กับผู้เชี่ยวชาญ โดยกลุ่มตัวอย่างกำหนดโดยการหาอัตราส่วนความตรงเชิงเนื้อหาจำนวนนักท่องเที่ยวต่างชาติ 100 ตัวอย่าง และเมื่อสอบถามแล้วนำไปวัดความเที่ยงของคอนบาช นำแต่ละปัจจัยที่มีค่าแปรปรวนน้อยที่สุดมาวิเคราะห์ จึงได้ทราบถึงพฤติกรรมแนวทางการความต้องการของนักท่องเที่ยวในแต่ละปัจจัยและนำแนวทางการแก้ไขมาผลที่ได้ปฏิบัติตามกรอบนโยบายภาครัฐ ผลที่ได้ส่วนใหญ่เป็นปัจจัยที่สามารถรองรับความต้องการของนักท่องเที่ยวต่างชาติที่ให้ความสำคัญในแต่ละปัจจัยซึ่งอยู่ในกรอบนโยบายภาครัฐ โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้เมื่อมีการเปิดรับนักท่องเที่ยวต่างชาติเช่น ปัจจัยด้านพนักงานสายการบินได้รับการวัดไข้และตรวจสอบสุขภาพก่อนปฏิบัติงานทุกคน ปัจจัยด้านในท้องนวดและสปาต้องมีการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อก่อนทุกครั้งที่ได้รับลูกค้า ปัจจัยด้านการคัดกรองวัตถุอันตรายและสอบถามอาการจนถึงสอบประวัติการเดินทางเบื้องต้นหากตรวจสอบแล้วเป็นผู้ที่มีความเสี่ยงในการติดเชื้อก็จะมีพื้นที่สำหรับตรวจคนไข้แยกที่มีการวางพื้นที่อย่างเหมาะสมเป็นพื้นที่ปลอดโปร่งและออกแบบมาเพื่อผู้ที่มีความเสี่ยงโดยเฉพาะ ปัจจัยเจ้าหน้าที่ตรวจคนเข้าเมืองตรวจสอบเอกสารจะต้องสวมถุงมืออนามัยและล้างด้วยแอลกอฮอล์ทุกครั้งที่ได้รับเอกสาร ปัจจัยด้านผู้โดยสารที่ขึ้นรถขนส่งสาธารณะต้องสวมหน้ากากอนามัยตลอดเวลา ปัจจัยสถานพยาบาลสามารถ



เข้าถึงและใช้ข้อมูลเบื้องต้นใน Application ที่นักท่องเที่ยงได้ใส่ข้อมูลลงไปเพื่อลดขั้นตอนการลงทะเบียน

6. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยความรู้จาก ดร.วิษณุ งามสะอาด อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ที่ได้ให้ความรู้และแนะนำความรู้และแก้ไขเนื้อหา ขอขอบคุณ ผู้อำนวยการหลักสูตร อาจารย์ ดร.ศุภสัณห์ ปรีดาวิภาต ผู้อำนวยการหลักสูตร และคณะอาจารย์มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ที่ได้คำปรึกษา แนะนำ ให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ รวมถึงพี่และเพื่อนนักศึกษามหาบัณฑิตทุกท่านที่ได้ให้การช่วยเหลือมาโดยตลอด รวมถึงเจ้าหน้าที่ของหลักสูตรทุกท่านที่คอยประสานงานเพื่อจัดทำการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองเรื่องนี้สำเร็จ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] อินโฟเควสท์, ภาวะเศรษฐกิจไทยไตรมาสที่สองของปี 2563 และแนวโน้มปี 2563, ข้อมูลจาก <https://www.ryt9.com/s/cabt/3151945> (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 สิงหาคม 2563)
- [2] การบินไทย, คำอธิบายและการวิเคราะห์ของฝ่ายจัดการ, ข้อมูลจาก <http://investor.thaiairways.com/th/downloads/mdna> (วันที่สืบค้นข้อมูล 18 สิงหาคม 2563)
- [3] ประภัสสร โคตะขุน, ioc คือ อะไร, ข้อมูลจาก <https://sites.google.com/site/prapasara/2-6> (วันที่สืบค้นข้อมูล 5 สิงหาคม 2563)
- [4] พนิดา จงสุขสมสกุล, การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพ

การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม
นวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 9 ประจำปี 2563

เครื่องมือวิจัย, ข้อมูลจาก

<http://www.research.nu.ac.th/th/signup/hen6/APanida.pdf>

(วันที่สืบค้น

ข้อมูล 5 สิงหาคม 2563)

- [5] Lawshe, A., "Content Validity Ratio", form https://en.wikipedia.org/wiki/Content_validity, 1975.



แนวทางการประหยัดพลังงานสำหรับอาคารสำนักงานเช่า Strategy of Energy for Rental Office

พัฒนนะ เมฆขำ^{1*}, จันทิมา รวีลายเงิน²

1 นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

pattana-m@rmutp.ac.th

2 อาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่อง กลคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

chantima.r@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันพบว่า การประหยัดพลังงานในสำนักงานให้เช่าเป็นหนึ่งในปัจจัยในการเลือกเช่าสำนักงานของผู้ประกอบการและมีประกาศกระทรวงพลังงาน พ.ศ. 2552 เป็นเกณฑ์ขั้นต่ำในการใช้พลังงานในเรื่อง ค่าความหนาแน่นต่อความส่องสว่าง ประสิทธิภาพขั้นต่ำของเครื่องปรับอากาศและความการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคาร เป็นต้น โดยมาตรการการลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร เป็นหนึ่งในวิธีที่สามารถลดค่าการใช้พลังงานของอาคารลงได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (Overall Thermal Transfer Value: OTTV) ของอาคารสำนักงาน โดยศึกษาในพื้นที่สำนักงานเช่า โดยการรวบรวมข้อมูลวัสดุกรอบอาคารต่างๆ ได้แก่ กระจกและผนังที่บและทิศของกรอบอาคารที่มีผลกระทบต่อค่าพลังงานที่เข้ามาในอาคาร เป็นต้น ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ย OTTV เท่ากับ 92.94 w/m² ซึ่งพบว่าค่าเฉลี่ยของการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านทางกรอบอาคารของอาคารที่ทำการศึกษาสูงกว่าเกณฑ์ที่กระทรวงพลังงานกำหนดไว้ ดังนั้นควรทำการปรับปรุงอาคารกรอบอาคารเพื่อลดพลังงานความร้อนที่เข้ามา โดยการติดฟิล์มที่กระจกเพื่อลดความร้อน พบว่าสามารถลดค่าเฉลี่ย OTTV ลงได้เหลือ 49.08 ซึ่งลดลงร้อยละ 47.19 และการติดมู่ลี่ที่กระจกเพื่อลดปริมาณความร้อนจากแสงแดดที่ พบว่าสามารถลดค่าเฉลี่ย OTTV ลงได้เหลือ 47.82 ซึ่งลดลงร้อยละ 48.54 ซึ่งผลการศึกษาที่ได้ คาดว่าจะสามารถนำไปเป็นแนวทางในการปรับปรุงอาคารสำนักงานเพื่อการประหยัดพลังงานและพัฒนาไปสู่อาคารเขียวต่อไป

คำสำคัญ : อนุรักษ์พลังงาน; ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร; อาคารสำนักงานเช่า



ABSTRACT

Presently, it is found that energy saving for rental office is one of the factors that entrepreneurs determine to rent the office. The Ministry of Energy was announced in 2009 as the minimum requirement for energy consumption in terms of density to luminance, minimum efficiency of air conditioning and heat transfer through the building envelope, etc. Reducing the heat transfer from outside into the building is one of the ways in which a building's energy consumption can be reduced. Therefore, this research aims to study the Overall Thermal Transfer Value (OTTV) of rental office. The study focused on the office space for rent and collected information on various building envelope materials, including glass and solid walls, and the direction of the building envelope that affects to the energy entering into the building, etc.

The results showed that the average of OTTV was 92.94 W/m^2 , which indicated that the average of thermal transfer through the building envelope was higher than the criteria set by the Ministry of Energy. Therefore, building envelope should be renovated in order to reduce the incoming thermal energy. By attaching a film on the glass to reduce heat, it was found that the average OTTV could be reduced to 49.08 W/m^2 , which decreased 47.19%. The installing of a venetian blind on glass window to reduce amount of heat from sunlight can be reduced the average of OTTV to 47.82 W/m^2 , a decrease of 48.54%. It is expected to be a guideline for renovating office buildings for energy saving and developing into green buildings in the future.

Keywords: Energy conservation; Overall Thermal Transfer Value; Rental office

1. บทนำ

ในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมา พื้นที่สำนักงานเช่าได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในแหล่งทำเลคุณภาพ เช่น ใกล้แหล่งอาหาร และการเชื่อมโยงคมนาคมที่สะดวกสบาย อาคารเหล่านี้ส่วนใหญ่อยู่ใจกลางเมืองและมีการก่อสร้างมากกว่า 20 ปี หลายหน่วยงานเมื่อทำสัญญาเช่าแล้ว จำเป็นต้องมีการปรับปรุงอาคารเพื่ออนุรักษ์พลังงาน การศึกษาค่าเฉลี่ยของการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง (Overall Thermal Transfer Value: OTTV) สามารถเป็นแนวทางในการพิจารณาปรับปรุงอาคารได้ สำหรับอาคารสำนักงานเช่า มีเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานของระบบรอบอาคารไว้ โดยกฎกระทรวงกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคารและมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 ดังตารางที่ 1 โดยอาคารสำนักงานเช่าค่า OTTV ควรน้อยกว่าหรือเท่ากับ 50 W/m^2

ตารางที่ 1 เกณฑ์ค่า OTTV ตามประกาศกระทรวงพลังงาน พ.ศ.2552

ประเภทอาคาร	OTTV (W/m^2)
สำนักงาน สถานศึกษา	≤ 50
โรงแรมรีสอร์ท อาคารชุมนุมชน ห้างสรรพสินค้า ศูนย์การค้า	≤ 40
โรงพยาบาล โรงแรม อาคารชุด	≤ 30

จากการศึกษาของ ฌวัลริณี สุวินิจวงษ์ [1] เกี่ยวกับความคิดเห็นของพนักงานเกี่ยวกับสำนักงานเช่าพบว่า ควรมีการจัดการพลังงานในสำนักงานเช่า เช่นระบบไฟฟ้า ระบบปรับอากาศ และระบบแสงสว่าง รวมทั้งความสะดวกสบายภายในสำนักงานเช่น เช่นลิฟต์ สวนหย่อม และสถานที่ออกกำลังกาย สุทธา ศรีเผด็จ [2] ทำกล่าวถึงพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานฉบับพ.ศ. 2550 ซึ่งเป็นฉบับ



ปรับปรุงจากพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน
ในอาคาร พ.ศ. 2535 ซึ่งประกอบด้วยเกณฑ์มาตรฐาน
ประสิทธิภาพพลังงานของระบบหลัก คือระบบปรับอากาศ
ระบบแสงสว่างระบบการปรับอากาศและระบบการทำความร้อน
โดยทุกระบบต้องผ่านเกณฑ์ที่จะปฏิบัติตามกฎหมาย
แต่ถ้าระบบใดๆไม่ผ่านก็สามารถใช้วิธีการวิเคราะห์เกณฑ์
ประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารโดยวิเคราะห์จาก
ทุกระบบข้างต้นรวมกันกับการใช้พลังงานหมุนเวียนใน
อาคารในการลดการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารและเมื่อ
เกณฑ์การใช้พลังงานโดยรวมผ่านเกณฑ์อาคารนั้นก็ปฏิบัติตาม
ตามกฎหมายและถ้าไม่ผ่านต้องทำการปรับปรุงและวิเคราะห์
ค่าใหม่ โดยวิธีการคำนวณให้ทำตามประกาศกระทรวง
พลังงานเรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบ
อาคารแต่ละระบบ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และ
การใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆ ของอาคาร พ.ศ.
2552 [3] โสพิศ ชัยชนะ [4] ศึกษาแนวทางการปรับปรุง
อาคารพลังงานของสาธารณสุขจังหวัดพบว่าสามารถลดการ
ใช้พลังงานไฟฟ้าลงร้อยละ 8.16 จากการเปลี่ยนแปลงกรอบ
วัสดุจากอิฐมวลเบาปูนเรียบหนา 10 ซม. เป็นติดตั้งฉนวน
EPS หนา 35 มม. และหากติดตั้งแผ่นยิปซัมที่ผนังที่หนา 9
มม. สามารถลดค่า OTTV ลงร้อยละ 69.95 นอกจากนี้หากมี
การเพิ่มฉนวนกันความร้อน และแผ่นยิปซัมบอร์ด ฟิล์มกรอง
แสง สามารถลดค่า OTTV ได้เพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 0.57 พันธุ์ดา
พุดมีไฟโรจน์ [5] เปรียบเทียบการใช้พลังงานในระบบปรับ
อากาศของห้องที่ใช้ผนังคอนกรีตมวลเบาชั้นเดียวและสองชั้น
ผลการศึกษาพบว่า ในช่วงเวลาระหว่าง 9.00-18.00 น. ผนัง
ห้องที่ให้อิฐมวลเบาสองชั้นสามารถลดค่าการใช้พลังงานใน
การปรับอากาศลง 13.26% และในช่วงเวลาระหว่าง 21.00-
06.00 น.ผนังห้องที่ให้อิฐมวลเบาสองชั้นสามารถลดค่าการ
ใช้พลังงานในการปรับอากาศลง 9.6% กัญจณี ญาณะชัย
และคณะ [6] การติดตั้งอุปกรณ์กันแสงแดด (มู่ลี่) สามารถ
ลดค่า OTTV ภายในอาคารลงได้ประมาณร้อยละ 62.4
เนื่องจากมู่ลี่สามารถป้องกันแสงแดดที่จะเข้าสู่ภายในอาคาร
โดยตรง ส่งต่ออุณหภูมิที่จะเข้าไปภายในอาคารลดลง

ทั้งนี้อาคารสำนักงานเช่าอาจจะไม่สามารถปรับปรุง
กรอบอาคารได้มากนัก เนื่องจากข้อจำกัดด้านสัญญา และข้อ

กฎหมายเกี่ยวกับการปรับปรุงอาคาร แต่ระบบภายใน เช่น
ระบบปรับอากาศสามารถปรับปรุงได้ โดยเฉพาะอาคารที่ใช้
งานมานาน การปรับอุณหภูมิมาจากพื้นที่ส่วนกลาง บางครั้ง
ส่งผลต่อผู้ใช้งานที่รู้สึกไม่สบายคืออากาศที่เย็นเกินไปหรือ
อากาศที่ร้อนเกินไป ซึ่งมาจากหลายปัจจัย ไม่ใช่เฉพาะ
อุณหภูมิของระบบปรับอากาศ ตามที่ระบุในมาตรฐาน
ASHRAE 55 [7] ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม
กิจกรรมที่ทำ อุณหภูมิจากการแผ่รังสีและเสื้อผ้าที่สวมใส่ ซึ่ง
ตัวแปรทุกตัวมีความสัมพันธ์กันกับสภาวะความสบาย ดังนั้น
หากจะมีการปรับปรุงพื้นที่ให้เป็นไปตามมาตรฐานกระทรวง
พลังงาน จำเป็นต้องทราบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของ
พื้นที่สำนักงานเช่า เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงอาคารเพื่อ
การประหยัดพลังงาน และสามารถเป็นแนวทางพัฒนาสู่
อาคารอนุรักษ์พลังงานและรักษาสิ่งแวดล้อม (Leadership
in Energy and Environmental Design: LEED) ได้ต่อไป
ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ค่าการถ่ายเท
ความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารสำนักงานเช่าและ
เพื่อหามาตรการการจัดการพลังงานของอาคารสำนักงานเช่า

2. หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร
นั้นประกอบด้วยการหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง
ด้านนอกของอาคารและค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของ
หลังคาอาคารโดยค่าการถ่ายเทความร้อนรวมเป็นค่าที่แสดง
ถึงปริมาณความร้อน ซึ่งเกิดจากอิทธิพลของอากาศภายนอก
และปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคาร
หลักการในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมนี้ อาศัย
ทฤษฎีของการถ่ายเทความร้อน พบว่าความร้อนที่ผ่านกรอบ
อาคารเข้าสู่ภายในบริเวณอาคารนั้น ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

1. ความร้อนจากการนำความร้อนผ่านผนังทึบ
2. ความร้อนจากการนำความร้อนผ่านกระจก
3. ความร้อนจากการแผ่รังสีอาทิตย์ผ่านกระจก

เมื่อนำความร้อนทั้ง 3 ส่วน มาเฉลี่ยค่าตามพื้นที่จะ
ได้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมโดยค่าการถ่ายเทความร้อน



รวมของผนังด้าน นอกแต่ละด้าน (OTTV) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (1)

$$OTTV_i = \frac{(A_w \times U_w \times T_{eq}) + (A_f \times U_f \times \Delta T) + (A_f \times SC \times ESR \times SHGC)}{A_i} \quad (1)$$

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกทั้งหมดของอาคาร (OTTV) คือค่าเฉลี่ยที่ถ่วงน้ำหนักแล้วของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน ($OTTV_i$) คำนวณได้จากสมการที่ (2)

$$OTTV = \frac{\sum (OTTV_i \times A_i)}{\sum A_i} \quad (2)$$

จากสมการที่ (1) สามารถเขียนอยู่ในรูปของอัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา (WWR) ได้ดังสมการที่ (3)

$$OTTV_i = (U_w)(1 - WWR)(T_{eq}) + (U_f)(WWR)(\Delta T) + (WWR)(SHGC)(SC)(ESR) \quad (3)$$

โดยที่

U_w	คือ	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังที่ ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)
U_f	คือ	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังกระจก ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)
T_{eq}	คือ	ผลต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างอุณหภูมิภายในพื้นที่และอุณหภูมิภายนอก ($^\circ C$)
ΔT	คือ	ผลต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างอุณหภูมิภายในพื้นที่และอุณหภูมิภายนอก ($^\circ C$)
A_w	คือ	พื้นที่ผนังทึบ (m^2)
A_f	คือ	พื้นที่กระจก (m^2)
A_i	คือ	พื้นที่รวมผนังและกระจก (m^2)
SC	คือ	สัมประสิทธิ์การบังแดด (Shading Coefficient)

$SHGC$ คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านผนังโปร่งแสงหรือ

กระจก

ESR คือ ค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโปร่งแสงหรือผนังทึบ (W/m^2)

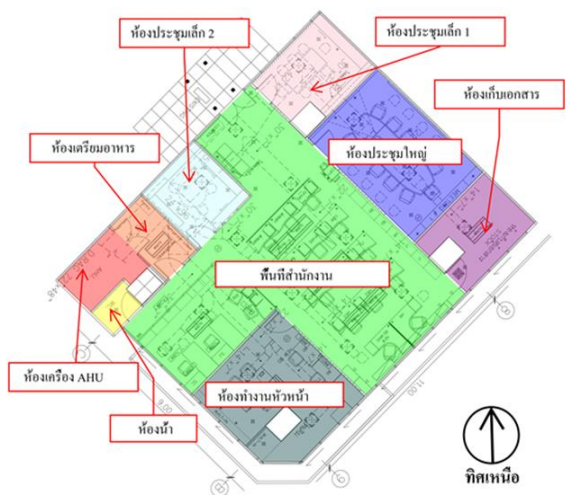
WWR คือ อัตราส่วนผนังต่อกระจก

(Window to Wall Ratio)

3. วิธีวิจัย

3.1 ศึกษาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ OTTV และการอนุรักษ์พลังงาน

3.2 รวบรวมข้อมูลที่ตั้งและสภาพแวดล้อมโดยรอบพื้นที่ที่ทำการศึกษาดังแสดงในรูปที่ 1 โดยอาคารสำนักงานพิกัดอยู่ในละติจูด $13^\circ 43' 26''$ เหนือ ลองจิจูด $100^\circ 32' 28''$ ตะวันออก เขตสาทร จ. กรุงเทพมหานครมีขนาดพื้นที่ $16 \times 14 m^2$ สูง 2.7 m ชั้นที่ทำการศึกษาคือชั้นที่ 12 ของอาคารสำนักงานจำนวน 37 ชั้นพื้นที่ใช้สอย $35,000 m^2$ ประกอบด้วยห้องประชุม ห้องเก็บเอกสาร ห้องเตรียมอาหาร พื้นที่สำนักงาน ห้องทำงานหัวหน้า ห้องเครื่อง AHU และห้องน้ำ



รูปที่ 1 พื้นที่การใช้สอยของอาคารสำนักงานเช่า ที่ทำการศึกษา



3.3 รวบรวมข้อมูลวัสดุกรอบอาคารทั้งผนังทึบและกระจก โดยการศึกษาครั้งนี้พิจารณาทั้งหมด 3 ด้าน คือทางทิศ ตะวันออกเฉียงใต้ (South East : SE) ทิศใต้ (South: S) และ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ (South West : SW) เนื่องจากด้านอื่น ไม่ติดกับอากาศภายนอกโดยห้องหรือพื้นที่ที่พิจารณา ประกอบด้วย ห้องทำงานหัวหน้า พื้นที่ทำงานและห้องเก็บ เอกสาร โดยห้องน้ำไม่นำมาพิจารณาเนื่องจากเป็นพื้นที่ไม่ ปรับอากาศถึงแม้จะติดกรอบอาคารก็ตาม โดยพื้นที่ส่วนอื่นๆ ไม่พิจารณาเนื่องจากอยู่ตรงกลางและไม่ถูกความร้อนถ่ายเท จากแสงอาทิตย์มากระทบข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 2

3.4 คำนวณค่า OTTV ของพื้นที่ที่ทำการศึกษา

3.5 หาแนวทางและวิธีการในการปรับปรุงอาคารเพื่อ

ลดพลังงานความร้อนที่เข้ามาภายในอาคาร

ตารางที่ 2 ข้อมูลพื้นที่วัสดุกรอบอาคาร (หน่วย: m²)

รายการวัสดุ/ทิศ	SE	S	SW
ข้อมูลวัสดุของผนังทึบ			
ฟิล์มอากาศภายนอก	15	1.1	9
ปูนฉาบด้านนอก	15	1.1	9
คอนกรีตบล็อก 80 mm. จำนวน 2 ชั้น	15	1.1	9
ปูนฉาบด้านใน	15	1.1	9
ฟิล์มอากาศภายใน	15	1.1	9

ข้อมูลวัสดุของผนังโปร่งแสง

ฟิล์มอากาศภายนอก	22.5	1.65	13.5
กระจกลามิเนต หนา 13.52 mm.	22.5	1.65	13.5
ฟิล์มอากาศภายใน	22.5	1.65	13.5

4. ผลการวิจัย (Results)

4.1 ผลการคำนวณ OTTV ของอาคารสำนักงานเช่า

ค่า OTTV รวมของอาคารสำนักงานเช่าที่สภาวะ ปัจจุบันโดยวัสดุผนังทึบและกระจกมีคุณสมบัติดังแสดงใน ตารางที่ 3 และ 4

ตารางที่ 3 ข้อมูลวัสดุของผนังทึบ

ชั้น ที่	วัสดุ	ความ หนา (mm)	ความ หนาแน่น (kg/m ³)	k (W/m ² °C)	C _p (kJ/kg ² °C)	R (m ² °C/ W)	DSH (kJ/m ² · °C)
1	ฟิล์มอากาศภายนอก	-	-	-	-	0.0440	-
2	ปูนฉาบ	10.0	1,860	0.720	0.840	0.0138	15.624
3	คอนกรีตบล็อกกลาง 80 mm สองชั้น	160.0	2,110	0.546	0.920	0.2930	310.59 2
4	ปูนฉาบ	10.0	1,860	0.720	0.840	0.0138	15.624
5	ฟิล์มอากาศภายใน	-	-	-	-	0.1200	-

โดยที่

K คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ (W/m.°C)

C_p คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ (kJ/kg²°C)

R คือ ค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังอาคาร
(m.°C)/W)

DSH คือ ผลคูณของความหนาแน่นและความร้อนจำเพาะ
ของวัสดุ (kJ/ m.°C)

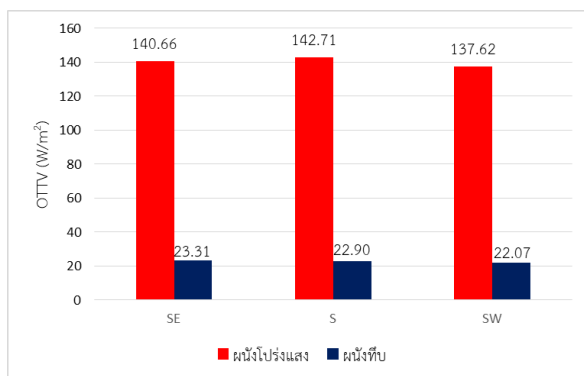
C_p คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ (kJ/kg²°C)

ตารางที่ 4 ข้อมูลวัสดุของผนังโปร่งแสงก่อนปรับปรุง

ชั้น ที่	วัสดุ	ความ หนา (mm)	ความ หนาแน่น (kg/m ³)	k (W/m ² °C)	R (m ² °C/W)	SHGC
1	ฟิล์มอากาศ ภายนอก	-	-	-	0.044	
2	กระจกลามิ เนตติดฟิล์ม	13.52	2,500	0.073008	0.185	0.48
3	ฟิล์มอากาศ ภายใน	-	-	-	0.12	

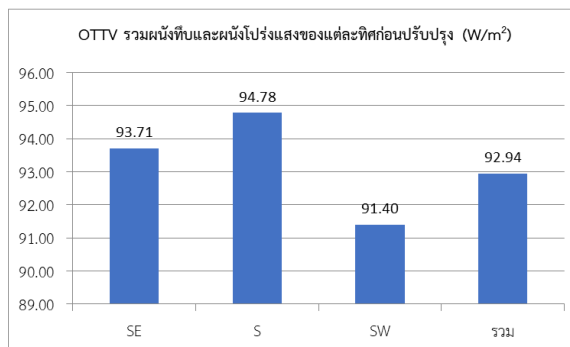


พบว่าค่า OTTV ทิศตะวันออกเฉียงใต้ของผนังที่มีค่า 23.31 W/m² และของวัสดุโปร่งแสงอยู่ที่ 140.66 W/m² ส่วน ทิศใต้ของผนังที่มีค่า 22.90 W/m² และของวัสดุโปร่งแสงอยู่ที่ 142.71 W/m² และทิศตะวันตกเฉียงใต้ของผนังที่มีค่า 22.07 W/m² และของวัสดุโปร่งแสงอยู่ที่ 137.62 W/m² ตามที่แสดงในรูปที่ 2 และเมื่อทำการคำนวณค่า OTTV รวมจากสมการที่ (2) พบว่ามีค่า OTTV รวมอยู่ที่ 92.94 W/m² จะเห็นได้ว่าค่าพลังงานความร้อนที่ถ่ายเทส่วนใหญ่มาจากทางผนังโปร่งแสง ซึ่งมีค่าเฉลี่ย OTTV ของทุกทิศสูงกว่าผนังทึบประมาณ 6 เท่า โดยถ้าต้องการลดค่า OTTV รวมของอาคารจึงต้องหามาตรการลดค่า OTTV ของผนังโปร่งแสงจะทำให้ลดค่า OTTV รวมของอาคารได้มาก



รูปที่ 2 ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสงและผนังทึบของแต่ละด้านก่อนปรับปรุง

เมื่อเปรียบเทียบผลค่า OTTV โดยดูจากทิศจะพบว่าค่า OTTV รวมของผนังในทิศตะวันออกเฉียงใต้อยู่ที่ 93.71 W/m² ของผนังในทิศใต้อยู่ที่ 94.78 W/m² และของผนังในทิศตะวันตกเฉียงใต้อยู่ที่ 91.40 W/m² และคำนวณค่า OTTV รวมได้ 92.94 W/m² ดังที่แสดงในรูปที่ 3 โดยพบว่าค่า OTTV รวมของแต่ละด้านมีค่าใกล้เคียงกันเนื่องจากพื้นที่กรอบอาคารที่ทำการศึกษามีเยื้องและอัตราส่วนผนังต่อกระจก (Window to Wall Ratio) มีค่าไม่แตกต่างกันมาก



รูปที่ 3 ค่า OTTV ของแต่ละด้านก่อนปรับปรุง

4.2 แนวทางการอนุรักษ์พลังงานภายในอาคารสำนักงานเข้า โดยจากผลการศึกษา OTTV พบว่ามีค่าเกินกว่ามาตรฐานมาตรฐานการปรับปรุงกรอบอาคารอาคารโดยการติดฟิล์มที่กระจกเพื่อลดความร้อนเพื่อให้ค่า SHGC กระจกลดลงเหลือ 0.20 โดยไม่เปลี่ยนแปลงโดยวัสดุโปร่งแสง โดยเมื่อทำการติดฟิล์มที่กระจก จะทำให้คุณสมบัติการกระจกเป็นไปตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ข้อมูลวัสดุของผนังโปร่งแสงติดฟิล์มกระจก

ชั้นที่	วัสดุ	ความหนา (mm)	ความหนาแน่น (kg/m ³)	k (W/m ² °C)	R (m ² °C/W)	SHGC
1	ฟิล์มอากาศภายนอก	-	-	-	0.044	
2	กระจกลามิเนตติดฟิล์ม	13.52	2,500	0.073008	0.185	0.23
3	ฟิล์มอากาศภายใน	-	-	-	0.12	

โดยที่

K คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ (W/m.°C)

R คือ ค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังอาคาร

((m.°C)/W)

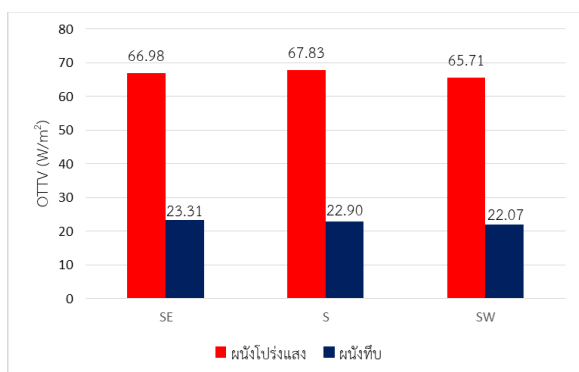
SHGC คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์

(solar heat gain coefficient)

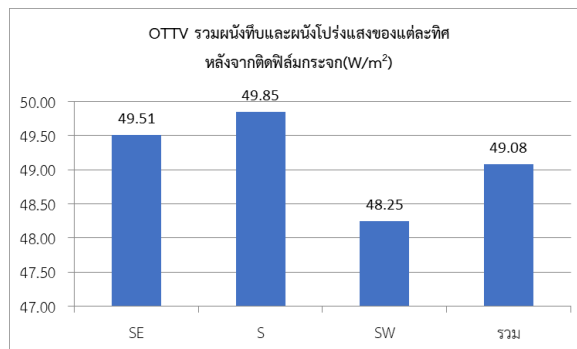


ผลการศึกษาพบว่า OTTV ของผนังที่ทิศตะวันออกเฉียงใต้มีค่า 23.31 W/m² และของวัสดุโปร่งแสงอยู่ที่ 66.98 W/m² ส่วนทิศใต้ของผนังที่มีค่า 22.90 W/m² และของวัสดุโปร่งแสงอยู่ที่ 67.83 W/m² และทิศตะวันตกเฉียงใต้ผนังที่มีค่า 22.07W/m² และของวัสดุโปร่งแสงอยู่ที่ 65.71 W/m² ตามที่แสดงในรูปที่ 4 และเมื่อทำการคำนวณค่า OTTV รวมจากสมการที่ (2) พบว่ามีค่า OTTV รวมอยู่ที่ 49.08 W/m²ซึ่งมีค่าผ่านตามเกณฑ์ของประกาศกระทรวงพลังงาน คือมีค่า OTTV ไม่เกิน 50 W/m² อยู่ในเกณฑ์ ดังแสดงในรูปที่ 5

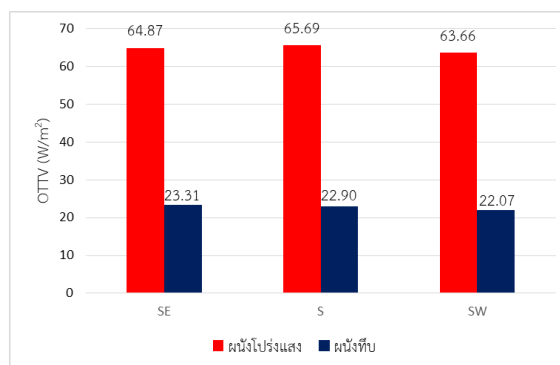
และเมื่อทำการปรับปรุงกรอบอาคารอาคารโดยการติดมู่ลี่ที่กระจกเพื่อลดความร้อนผ่านกระจกโดยให้มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (shading coefficient, SC) อยู่ที่ 0.4 โดยไม่เปลี่ยนแปลงโดยวัสดุโปร่งแสง ผลการศึกษาพบว่า OTTV ของผนังที่ทิศตะวันออกเฉียงใต้มีค่า 23.31 W/m² และของวัสดุโปร่งแสงอยู่ที่ 64.87 W/m² ส่วนทิศใต้ของผนังที่มีค่า 22.90 W/m² และของวัสดุโปร่งแสงอยู่ที่ 65.69 W/m² และทิศตะวันตกเฉียงใต้ของผนังที่มีค่า 22.07W/m² และของวัสดุโปร่งแสงอยู่ที่ 63.66 W/m² ตามที่แสดงในรูปที่ 6 และเมื่อทำการคำนวณค่า OTTV รวมจากสมการที่ (2) พบว่ามีค่า OTTV รวมอยู่ที่ 47.82 W/m² ซึ่งมีค่าผ่านตามเกณฑ์ของประกาศกระทรวงพลังงาน คือมีค่า OTTV ไม่เกิน 50 W/m² อยู่ในเกณฑ์ ดังแสดงในรูปที่ 7



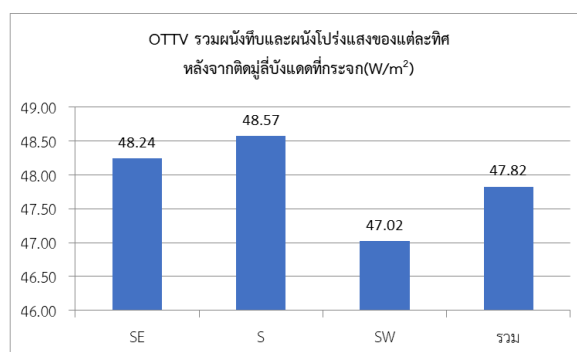
รูปที่ 4 ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสงและผนังทึบของแต่ละด้านจากการติดฟิล์มกระจก



รูปที่ 5 ผลการคำนวณค่า OTTV ใหม่จากการติดฟิล์มกระจก



รูปที่ 6 ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสงและผนังทึบของแต่ละด้านจากการติดมู่ลี่



รูปที่ 7 ผลการคำนวณค่า OTTV ใหม่จากการติดมู่ลี่



โดยผนังที่มีมีการถ่ายเทความร้อนจากการนำความร้อนจาก
ผลต่างของอุณหภูมิเท่านั้น

6. อภิปรายผล (Discussion)

จากผลการศึกษาค่าถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบ
อาคารอาคารสำนักงานที่ทำการศึกษาค่าปัจจุบันค่าการ
ถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV) มีค่า
 92.94 W/m^2 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวง
พลังงานประเภทอาคารสำนักงานที่กำหนดไว้ที่ 50 W/m^2 โดย
OTTV ของผนังที่มีค่าเฉลี่ย 22.76 W/m^2 และของผนังโปร่ง
แสงมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 144.33 W/m^2 โดยค่า OTTV รวมสูงกว่า 50
 W/m^2 จะเห็นได้ว่าถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคารอาคาร
ส่วนใหญ่มาจากการถ่ายเทผ่านผนังโปร่งแสง และเมื่อได้ทำ
การปรับปรุงกรอบอาคารในส่วนผนังโปร่งแสงโดยการติด
ฟิล์มกระจกทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมลดลงเหลือ
 49.08 W/m^2 โดยการติดฟิล์มกระจกสามารถลดพลังงานความ
ร้อนรวมที่เข้ามาทางกรอบอาคารได้ร้อยละ 47.19 และการติด
มู่ลี่เพื่อให้ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดมีค่า 0.4 ทำให้ค่า OTTV
รวมลดลงเหลือ 47.82 W/m^2 คิดเป็นการลดพลังงานความร้อน
รวมที่เข้ามาทางกรอบอาคารได้ร้อยละ 48.54 ซึ่งทำให้ผ่าน
ตามเกณฑ์ที่ประกาศกระทรวงพลังงานกำหนด นอกจากนี้
งานวิจัยนี้ยังไม่ได้พิจารณาถึงความสภาวะความสบายที่
เพิ่มขึ้นและค่าความเต็มใจจ่ายของพนักงานที่ต้องจ่ายเพื่อ
การลงทุน

7. สรุปผล (Conclusion)

การติดฟิล์มที่กระจกหรือการติดมู่ลี่สามารถช่วยลด
ค่าพลังงานความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาในอาคารเพื่อเป็นการลด
การใช้พลังงานในการปรับอากาศของอาคารได้ โดยการ
ปรับปรุงกรอบอาคารเพื่อลดพลังงานความร้อนสามารถทำได้
โดยการปรับปรุงคุณสมบัติของผนังทึบและวัสดุโปร่งแสง โดย
การปรับปรุงที่วัสดุโปร่งแสงจะช่วยให้ค่าพลังงานความร้อนที่
ถ่ายเทเข้ามาในอาคารลดลงได้มากกว่าผนังทึบเนื่องจากมี
การถ่ายเทความร้อนจากการนำความร้อนจากผลต่างของ
อุณหภูมิและการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ผ่านผนังโปร่งแสง

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไปควรนำเรื่องความ
สบายของผู้อยู่อาศัยมาพิจารณาร่วมกับการคำนวณถึงค่า
ความเต็มใจที่จะจ่ายของพนักงานเพื่อทำการปรับปรุงพื้นที่
สำนักงานเช่า

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ณวัลลภ สุนิศจวงษ์, ความต้องการและความ
คาดหวังจากการจัดการอาคารของผู้เช่าอาคารสำนักงาน.
วารสารอิเล็กทรอนิกส์ สารสนเทศ, ฉบับที่ 2/2562
เดือน กรกฎาคม 2562.
- [2] รศ.ศุทธา ศรีเผด็จ, กฎหมายอนุรักษ์พลังงานใน
อาคารฉบับใหม่. วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรม
ศาสตร์ สจล, ปีที่ 6 ฉบับที่ 12 เดือน กรกฎาคม 2554.
- [3] ประกาศกระทรวงพลังงาน, เรื่อง หลักเกณฑ์
และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบ
การใช้พลังงานโดยรวมของอาคารและการใช้พลังงาน
หมุนเวียนในระบบต่างๆของอาคาร พ.ศ. 2552, 2552.
- [4] โสพิศ ชัยชนะ, แนวทางการปรับปรุงอาคาร
สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเพื่อประหยัดพลังงาน.
วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร, ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 เดือน
มกราคม – เมษายน 2559.
- [5] พันธดา พุฒิปาโรจน์, การศึกษาเปรียบเทียบการ
ใช้พลังงานในการปรับอากาศระหว่างผนังคอนกรีตมวล
เบาชั้นเดียวและสองชั้น.วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร,
ปีที่ 3 ฉบับที่ 1 เดือน กรกฎาคม 2553.



[6] กัญจน์ ญาณะ
มุกดา วายุ

ชัย, อีรวุฒิ คูหาเปรมะ, พวง

ภัคตร์, การศึกษาการลดภาระความร้อนจาก

อุปกรณ์กันแดดภายนอกอาคารในพื้นที่หน้าต่างกระจก

เพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า : กรณีศึกษาห้องสมุดชั้น

สอง อาคารสันตนาการ สถาบันพระเจี๊วง์แห่งชาติ). วารสาร

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และ

เทคโนโลยี), ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม

2552.

for Human Occupancy, 2017.

การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม
นวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 9 ประจำปี 2563

[7] American Society of Heating, Refrigerating, and

Air-Conditioning Engineers. ASHRAE

Standard 55 :Thermal Environmental Conditions



การนำแนวคิดลิ้นมาใช้ในการลดต้นทุนในการดำเนินงาน

กรณีศึกษา บริษัท จำหน่ายสินค้าไอที

Applying lean concepts to reduce operating costs:
a case study of an IT product distribution company

ปรเมษฐ์ เอกอูน

บัณฑิตวิทยาลัย กลุ่มวิชาการจัดการ

คณะบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

126 1 ถนน วิภาวดีรังสิต ซอย 2 แขวง รัชดาภิเษก เขตดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400

poramet128@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาเพื่อลดต้นทุนด้านทรัพยากรวัสดุ บรรจุภัณฑ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงานของบริษัท เพื่อปรับกระบวนการทำงานที่ก่อให้เกิดความสิ้นเปลืองด้านระยะเวลาและขั้นตอนการทำงาน และเพื่อลดทรัพยากรแรงงานจากกระบวนการทำงานให้มีความสอดคล้องกัน และการศึกษาและปรับปรุงกระบวนการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากรเพื่อให้เกิดต้นทุนลง ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ พนักงานบริษัท ABC จำกัด ใช้การสัมภาษณ์เชิงลึกร่วมกับการอภิปรายแบบหมู่คณะ นำแผนภูมิแกงปลา มาใช้เป็นเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์สาเหตุของ ปัญหาที่ทำให้เกิดต้นทุนสูง นำเอา-วงจรเดมมิง มาใช้ในดำเนินการวิเคราะห์ ผลการศึกษาปัญหาพบว่าส่วนใหญ่เกิดจากพนักงานเป็นหลักที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการดำเนินงานที่ทั้งขาดประสบการณ์ หรือมีขั้นตอนการทำงานที่สิ้นเปลืองในส่วนของเวลาดำเนินงานและทรัพยากรที่ใช้มากจนเกินไปนำมาสู่ปัญหาของต้นทุนการดำเนินงานที่เกิดขึ้น โดยเป็นผลจากไม่มีระบบการดำเนินงานที่ชัดเจน แนวทางการแก้ไขปัญหาคือแนวทางการจัดทำคู่มือแนวทางการปฏิบัติงานใหม่ เป็นแนวทางที่มีความเป็นไปได้มากที่สุดในดำเนินการศึกษาและแก้ไขปัญหานั้น โดยมีความสิ้นเปลืองงบประมาณต่ำที่สุด ด้วยการจัดทำเอกสารแจกหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงระบบการทำงาน และมีความเป็นไปได้ที่สูง จากการที่แนวทางการดำเนินงานต่างๆ มีขั้นตอนและระบบการทำงานส่วนกลางที่ชัดเจนในการศึกษาครั้งนี้ อย่างไรก็ตามศักยภาพจะไม่สูงเท่ากับแนวทางอื่น เพราะผู้ปฏิบัติงานจะศึกษาจากเอกสารแทนการสาธิต แต่จะมีการปรับตัวที่ค่อนข้างไวเนื่องจากมีคู่มือแนะนำที่ชัดเจน

คำสำคัญ: การจัดการกระบวนการดำเนินงาน, ต้นทุนการดำเนินงาน



Abstract

This research, the objective of the research is to reduce the cost of material resources. Various packaging resulting from the operations of the company. In order to adjust the working process that is a waste of time and work procedures and to reduce labor resources from work processes to be consistent. Improve the process to increase efficiency in using resources to reduce costs. Population and sample Population used in this research are ABC employees are using in- depth interviews with group discussions. Lead fishbone chart Used as a tool to analyze the cause of Problems that cause high costs Leading- Deming circuit Used in conducting analysis which consists of Plan Do Check and Act. The results of the study found that most of the problems were caused by employees who were involved in the operations that were both inexperienced. Or there is a wastage of work processes in terms of operating time and resources that are overused leading to the problem of operating costs incurred. As a result of there is no clear operating system. Problem solving results Is the guidelines for creating new operating guidelines Or the Term of Reference (TOR) approach is the most feasible way to conduct this study and solve problems. With the lowest budgetary waste by providing documents to various departments related to work system improvements and with high possibility. As a result of the various operations, there are clear procedures and central work systems in this study. However, the potential is not as high as other approaches. Because the operator will study from the document instead of the demonstration, training, and supervisor by the supervisor, but there will be relatively adjustment because there is a clear presentation guide.

Keywords: Operation Management, Operating Costs



1. บทนำ (Introduction)

บริษัท ABC จำกัด ผู้ให้บริการจำหน่ายปลีกและส่งสินค้าไอทีและสมาร์ตโฟน ผ่านช่องทางอินเทอร์เน็ตและหน้าร้านที่กระจายอยู่ทั่วประเทศไทย และสปป.ลาว กว่า 350 สาขา ปัจจุบันมียอดขาย 12,000 ล้านบาทต่อปี ถือเป็นร้านค้าอันดับหนึ่งของประเทศไทย ทั้งทางด้านการครอบคลุมพื้นที่ และปริมาณการขายสินค้าไอที บริษัท ABC จำกัดจำหน่ายสินค้าไอทีทุกประเภทในราคายุติธรรม เพื่อบริการลูกค้าทุกกลุ่มตั้งแต่ ผู้ใช้ทั่วไป องค์กรภาครัฐ เอกชน ร้านค้าไอที และช่างอิสระ โดยมีสินค้าให้เลือกซื้อกว่า 19,000 รายการ มีทั้งคอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต สมาร์ตโฟน ชิ้นส่วนอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ (DIY) อุปกรณ์เน็ตเวิร์ค กล้องวงจรปิด ตลอดจนอุปกรณ์ต่อพ่วงจำพวกปริ้นเตอร์ เครื่องสำรองไฟ สายต่อพ่วง และแอดเซสซอรี่ทุกชนิด ปัจจุบันมีร้านค้าภายใต้เครื่องหมายการค้า ABC ครอบคลุม 77 จังหวัดทั่วประเทศ ทำให้ลูกค้าของทาง ABC มีความสะดวกในการติดต่อสื่อสารประหยัดเวลาในการเดินทางไปยังร้านสาขา และลดค่าใช้จ่ายในการซื้อสินค้าและเข้ารับบริการหลังการขาย โดยมีจำนวนร้านค้าที่มีร่องรับถึง 397 สาขา [1]

การประกอบธุรกิจในปัจจุบันไม่ว่าเป็นอุตสาหกรรมใดๆก็ตามต่างมีภาวะการแข่งขันที่รุนแรง ทั้งจากคู่แข่งรายเดิมและคู่แข่งรายใหม่ ทำให้ทุกองค์กรต่างต้องปรับตัวหาวิธีการอยู่รอดด้วยวิธีการต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการทำงานและการให้บริการเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้าและการบริหารจัดการเกี่ยวกับความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในองค์กรของตนเพื่อนำไปสู่การบริหารจัดการที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดและผลกำไรในการดำเนินงานสูงสุด [2] จากประเด็นข้างต้นในการศึกษาครั้งนี้คือการมุ่งเน้นไปที่การลดต้นทุนเพื่อสร้างส่วนต่างกำไรให้กับผลประกอบการของบริษัทให้มากที่สุด การลดอัตราความเสียหายของสินค้าโดยประยุกต์ใช้แนวความคิดเรื่องลีน หมายถึงการลดความสูญเปล่าของเสียตลอดกระบวนการทำงาน ตั้งแต่การรับคำสั่งซื้อ การผลิตจนกระทั่งการจัดจำหน่ายสินค้า ดังนั้นการดำเนินงานในองค์กร จะมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น เมื่อเกิดความร่วมมือกันระหว่างฝ่ายการผลิต และฝ่ายสนับสนุนการผลิต [3] นอกจากนี้จุดประสงค์ที่สำคัญอีกประการหนึ่งใน

การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม
นวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 9 ประจำปี 2563

การบริหารด้วยการใช้ แนวคิด เรื่องลีน คือ การลดต้นทุนเพราะความสูญเปล่าหรือของเสียจะแฝงอยู่ในต้นทุนซึ่งทำให้ต้นทุนของ องค์กรสูงเกินความจำเป็น [4] หนึ่งในวิธีการสำคัญจากแนวคิดลีนคือการจัดการสายธารคุณค่าคือกระบวนการหรือขั้นตอนการ ทำงานทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าเพิ่มและหาทางกำจัดสิ่งที่ไม่ให้ก่อให้เกิดคุณค่าเพิ่มในกระบวนการผลิตคือแนวทางที่เป็นระบบโดยให้อำนาจบุคลากรในการวางแผนว่าจะนำระบบการปรับปรุงเพื่อช่วยให้รับมือกับปริมาณความต้องการของลูกค้าได้ง่ายขึ้น [5]

จากปัญหาที่ทางบริษัทกำลังประสบปัญหาส่วนต่างกำไรที่ลดน้อยลงโดยเป็นผลจากประเด็นด้านต้นทุน โดยมีการมองหาแนวทางการลดต้นทุนในมิติต่างๆ เพื่อให้เกิดการดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพและมีผลประกอบการที่ดีมากยิ่งขึ้น จากประเด็นปัญหาดังกล่าวนำมาสู่การศึกษาครั้งนี้จะเป็นการศึกษาแนวทางการนำแนวคิดลีนมาใช้ในการลดต้นทุนในการดำเนินงานของบริษัท มาปรับกระบวนการดำเนินงานและการปรับแนวทางการดำเนินงานเพื่อแก้ไขเหตุของปัญหาดังกล่าวในการศึกษาครั้งนี้ต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการนำแนวคิดลีนมาใช้ในการลดต้นทุนในการดำเนินงานของบริษัท จำหน่ายสินค้าไอที
2. เพื่อศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากร

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาแนวทางการนำแนวคิดลีนมาใช้ในการลดต้นทุนในการดำเนินงานของบริษัทจำหน่ายสินค้าไอทีและเพื่อศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากร

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ พนักงานบริษัท ABC จำกัด จำนวน 10 คน

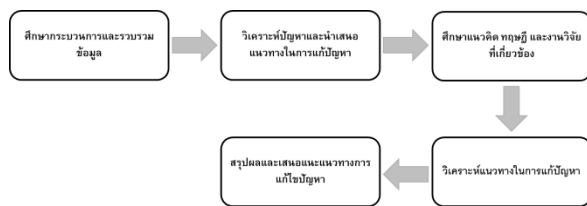
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลและดำเนินการวิจัยใช้การสัมภาษณ์เชิงลึกร่วมกับการอภิปรายแบบหมู่คณะ นำแผนภูมิ ก้างปลา (Fish Bone diagram) มาใช้เป็นเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์สาเหตุของ ปัญหาที่ทำให้เกิดต้นทุนสูง โดยใช้หลัก 4M คือ Man Machine Material และ



Method มาใช้ ในการแยกแยะสาเหตุต่าง ๆ นำเอา-วงจร
เดมมิ่ง (PDCA) มาใช้ในดำเนินการวิเคราะห์ ซึ่งประกอบไป
ด้วย Plan Do Check และ Act

วิเคราะห์ปัญหา และเสนอแนวทางแก้ไขแล้วนั้น ศึกษา
นำข้อมูลที่ รวบรวมได้มาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการ

1. เปรียบเทียบต้นทุนในการใช้บรรจุภัณฑ์กล่อง
กระดาษทั้งก่อนและหลังนำแนวคิดสั้น มาปฏิบัติ
2. พิจารณาความเหมาะสมของวิธีการดำเนินการภาย
หลังจากที่ได้นำแนวคิดสั้นมาปฏิบัติ



ภาพที่ 1 Research Methodology Diagram

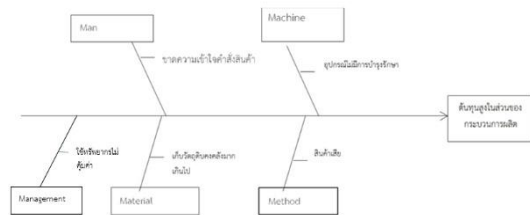
3. ผลการวิจัย (Results)

ผู้วิจัยและทีมงานได้เก็บข้อมูลสถานการณ์ปัจจุบันของ
บริษัท ABC จำกัด ช่วงเดือนมิถุนายน ถึงเดือนพฤษภาคม
พ.ศ. 2563 โดยมีรายละเอียดดังตาราง
ตารางที่ 1 ข้อมูลกำไรต่อเดือนของบริษัทกรณีศึกษา ตั้งแต่เดือน
มิถุนายน ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2563

เดือน	ยอดขายต่อเดือน	ร้อยละของ กำไรต่อ เดือน
มิถุนายน พ.ศ. 2562	1,002,630,277.03	16
กรกฎาคม พ.ศ. 2562	1,020,730,536.63	17
สิงหาคม พ.ศ. 2562	1,030,525,315.96	16
กันยายน พ.ศ. 2562	1,079,381,849.53	15
ตุลาคม พ.ศ. 2562	1,459,678,173.98	19
พฤศจิกายน พ.ศ. 2562	843,556,189.02	12
ธันวาคม พ.ศ. 2562	751,000,207.49	11
มกราคม พ.ศ. 2563	909,701,923.60	13

กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563	852,644,122.32	12
มีนาคม พ.ศ. 2563	830,782,470.76	12
เมษายน พ.ศ. 2563	779,740,520.53	11
พฤษภาคม พ.ศ. 2563	659,678,173.98	10.5

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่า ในแต่ละเดือนทางบริษัท
กรณีศึกษาเองนั้นมีกำไรต่อเดือน เฉลี่ย 12.5 ต่อเดือน จาก
เดือนมิถุนายนถึงเดือนพฤษภาคมนั้น กำไรมีแนวโน้มที่ลดลง
ซึ่งจากสถานการณ์ปัจจุบันนั้น ค่าใช้จ่าย ต่าง ๆ ก็ยิ่งเพิ่ม
สูงขึ้น ไม่ว่าจะเป็นค่าน้ำ ค่าไฟ ค่าแรงงานค่าขนส่ง และอื่น
ๆ อีกมากมาย ทางผู้วิจัยและทีมงานจึงมีแนวคิดที่จะเพิ่ม
กำไรต่อเดือนให้สูงขึ้นโดยวิธีที่ง่ายที่สุดคือการลดต้นทุน จึง
ได้นำเอาแนวคิดสั้นมาช่วยในการศึกษาหาแนวทางการลด
ต้นทุน เพื่อเพิ่มผลกำไร รวมถึงเพิ่มความสามารถในการ
แข่งขันกับคู่แข่ง ไม่ว่าจะเป็นด้านราคาคุณภาพ และการ
บริการ ให้เหมาะสมกับสถานการณ์ปัจจุบันโดยรักษาระดับ
ความพึงพอใจของ ลูกค้าเอาไว้ ผู้วิจัยและทีมงานได้นำ
หลักการเหตุและผลมาใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาที่ทำให้
ต้นทุนของบริษัท ABC จำกัดสูง โดยใช้แผนภูมิแกงปลาเป็น
เครื่องมือในการวิเคราะห์เพื่อนำไปสู่การแยกแยะสาเหตุ
ต่างๆ ที่ทำให้เกิดปัญหารายละเอียดดังภาพ



ภาพที่ 2 แผนภูมิแกงปลาวิเคราะห์ปัญหาต้นทุนสูงใน ส่วน
ของกระบวนการผลิต

จากภาพที่ 2 แผนภูมิแกงปลาที่ทางผู้วิจัยได้นำมา
วิเคราะห์ปัญหาต้นทุนในส่วนของการผลิตที่สูงนั้น ทางผู้วิจัย
ได้นำหลักการวิเคราะห์แบบ 4M คือ Man Machine
Material และ Method มาใช้ในการวิเคราะห์ และได้มีการ
เพิ่มในส่วนของการ Management เข้ามาใช้ในการวิเคราะห์
ด้วย ซึ่งสามารถจำแนกสาเหตุของปัญหาได้ ดังนี้

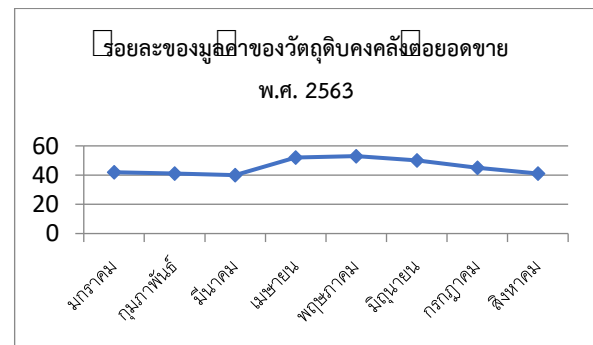


1. Man-พนักงาน กระบวนการผลิตได้ช้ากว่าเวลา
มาตรฐาน จากการเก็บข้อมูล พบว่า พนักงานส่วนใหญ่เป็น
พนักงานใหม่อายุงานน้อย ไม่ค่อยมีประสบการณ์ทำให้ขาด
ความเข้าใจในการควบคุมเครื่องอ่านสินค้า ต้องทำการเช็ค
เครื่องอ่านและคัดแยกสินค้าอยู่ตลอดเวลา รวมถึงขาดการ
ติดต่อสื่อสารที่ดีทำให้เสียเวลา จากสาเหตุนี้ทำให้เกิดความ
สูญเปล่าจากการรอคอย เช่น ค่าแรงงานของพนักงานที่
ทำงาน พนักงานไม่มีการวางแผนในการทำงานและไม่ทราบ
ข้อมูลในระบบการทำงาน ต้องมีการสั่งในแต่ละวัน หากไม่มี
การสั่งงานใด ๆ พนักงานจะไม่ทราบถึงขั้นตอนในแต่ละวันใน
การทำงาน ในช่วงนั้นจะทำหน้าที่โดยการให้บริการขาย
สินค้าเท่านั้น และสังเกตเห็นถึงการสื่อสารพนักงานกับลูกค้า
บางสินค้าพนักงานจะเข้าไม่สามารถตอบสินค้าได้ และมี
พฤติกรรมไม่เข้าใจในตัวสินค้าที่ผ่านออกไปในพฤติกรรมถึง
ลูกค้า

2. Machine – อุปกรณ์ไม่บำรุงรักษา นอกจากนี้จาก
การสำรวจพบว่าระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้การอ่านและคัดแยก
สินค้าต้องทำการรีเซ็ตใหม่อยู่ตลอดเวลา ทำให้สูญเสียระยะเวลา
ในการจัดส่งสินค้าให้เป็นไปตามเป้าหมายที่ควรได้แต่ละครั้ง
จากการสังเกตและสัมภาษณ์เชิงลึกพบว่า อายุของเครื่อง
คอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่มีอายุมากกว่า 10 ปี ทำให้เริ่มมีปัญหา
เกี่ยวกับการโหลดข้อมูลจำนวนมาก จากสาเหตุนี้ทำให้เกิด
ความสูญเปล่าจากการรอคอย จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น
ผู้วิจัยและทีมงานจึงร่วมกันคิดหาแนวทางที่จะแก้ไขปัญหาคือ
ซื้อคอมพิวเตอร์ใหม่ วางแผน PM ใหม่ให้ถี่มากขึ้น จาก
แต่ก่อนจะวางแผน PM 2 เดือนต่อ 1 ครั้งจะเพิ่มเป็นวางแผน
PM เดือนละ 1 ครั้ง รวมถึงฝึกอบรมฝ่าย Maintenance ให้
สามารถปรับปรุงระบบเองได้

3. Materials-การเก็บวัตถุดิบคงคลังมากเกินไป ทำให้
เกิดปัญหาต้นทุนจม พบว่า มูลค่าของวัตถุดิบคงคลังต่อ
ยอดขาย มีมูลค่าเฉลี่ยเดือนละร้อยละ 45.6 จากยอดขาย ทำให้
เกิดต้นทุนจม จากการสังเกตและสัมภาษณ์เชิงลึกพบว่า
สาเหตุของปัญหาส่วนใหญ่เกิดจากวัตถุดิบหลายตัวมี Lead
time ในการสั่งนานประมาณ 3 เดือน ทำให้ต้องเก็บวัตถุดิบ
คงคลังเป็นเวลาถึง 6 เดือน ต่อการสั่ง 1 ครั้ง จากปัญหา
Lead time ในการสั่งวัตถุดิบที่ใช้เวลานานนั้น เมื่อความ
ต้องการซื้อของลูกค้าเปลี่ยนไป เช่น ถ้าความต้องการซื้อมาก

ขึ้น ทำให้ไม่สามารถสั่งวัตถุดิบมาผลิตได้ทัน แต่ถ้าความ
ต้องการซื้อลดลง ก็จะทำให้เกิดวัตถุดิบคงคลังอยู่ในสต็อก
เกิดความสูญเปล่าทั้งในเรื่องต้นทุนการจัดเก็บ พื้นที่การ
จัดเก็บจากปัญหาดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยและทีมงานจึง
ร่วมกันคิดหาแนวทางที่จะแก้ไขปัญหาคือแจ้งทางฝ่ายจัดซื้อ
ให้จัดหาวัตถุดิบจาก Supplier รายอื่นที่ Lead time สั้นลง
และมี MOQ ที่เหมาะสมต่อปริมาณการใช้ เพื่อที่จะได้
ควบคุมปริมาณสินค้าคงคลังได้ง่าย หากความต้องการของ
ลูกค้ามีการเปลี่ยนแปลง โดยพบว่าหลังการปรับตัวในเดือน
พฤษภาคม 2563 พบอัตราสินค้าคงคลังลดลงดังต่อไปนี้



ภาพที่ 2 มูลค่าของวัตถุดิบคงคลังต่อยอดขาย

4. Method-มีงานเสียในระหว่างกระบวนการขนส่ง
พบว่า กระบวนการจัดการสภาพแวดล้อมระหว่างการผลิต
ของทางบริษัทก่อให้เกิดการปนเปื้อนของเศษฝุ่นในชิ้นงานได้
ง่ายส่งผลให้ชิ้นงานมีความเสียหายเฉลี่ยร้อยละ 1.8 ต่อเดือน
โดยผู้วิจัยและทีมงานได้นำหลักการ ECRS มาใช้ในการ
ปรับปรุงกระบวนการจัดการสภาพแวดล้อมระหว่างการผลิต
โดยการกำจัด (Eliminate) ส่วนร่อยต่อระหว่างการผลิต
และการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์เพื่อขึ้นไปยังคาโก้หรือพาหนะ
ขนส่ง และทำการรวม (Combine) หน่วยการบรรจุและการ
ขนส่งให้อยู่ใกล้กันหรืออยู่ในพื้นที่เดียวกันเพื่อให้เกิดรวดเร็ว
กระบวนการดังกล่าวจะเป็นการจัดการดำเนินการใหม่
(Rearrange) ให้กระบวนการทำงานมีความรวดเร็วและเกิด
ขั้นตอนที่ง่าย (Simplify) ต่อเจ้าหน้าที่ในแต่ละขั้นตอนและ
เกิดการบูรณาการด้านการสื่อสารระหว่างหน่วยงานที่รวดเร็ว
มากยิ่งขึ้นต่อไปโดยจากแนวทางดังกล่าวช่วยลดอัตราของ
เสียจากกระบวนการขนส่งเหลือร้อยละ 0.9 ต่อเดือน



5. Management-ใช้ทรัพยากรไม่คุ้มค่า จากนโยบายของ
บริษัทในการลดต้นทุน จึงมีแนวคิดเกี่ยวกับการนำวัสดุต่าง ๆ
กลับมา ใช้ใหม่ จากการระดมความคิดจากผู้วิจัยและทีมงาน
เรื่องวัสดุใดสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้บ้าง มีความเห็นว่า
บรรจุภัณฑ์กล่องกระดาษที่ใช้ส่งให้ลูกค้า นั้นสามารถนำ
กลับมาใช้ซ้ำได้อีกหลายครั้งถ้าบรรจุภัณฑ์กล่องกระดาษนั้น
สภาพดีไม่เสียหาย จากปกติบรรจุภัณฑ์กล่องกระดาษนั้นจะ
ใช้ส่งให้ลูกค้าเพียงครั้งเดียว จึงคิดว่าสามารถปรับปรุง
กระบวนการทำงานเพื่อนำบรรจุภัณฑ์กล่องกระดาษ
กลับมาใช้ใหม่ได้

สรุปจากปัญหาดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยและทีมงานจึง
ร่วมกันคิดหาแนวทางที่จะแก้ไขปัญหาคือหาแนวทางและ
วิธีการที่จะนำบรรจุภัณฑ์กล่องกระดาษกลับมาใช้ใหม่ เพื่อ
เป็นการลดต้นทุนในการใช้บรรจุภัณฑ์กล่องใหม่

ผู้วิจัยจึงได้เสนอแนวทางในการปรับปรุง โดยใช้แนวคิด
ความสมบูรณ์แบบ (Perfection) หรือ วงจร PDCA ซึ่งประกอบ
ไปด้วย 4 ขั้นตอน คือ

1. Plan (วางแผน) คือ การกำหนดเป้าหมาย/
วัตถุประสงค์ วิธีการในการดำเนินงาน ซึ่งผู้วิจัยได้มีการ
วางแผนในการเริ่มกระบวนการปรับปรุง ดังต่อไปนี้

1.1 ทาง Customer Service ขอความร่วมมือ
ลูกค้า ดังนี้

1.1.1 แจ้งทางลูกค้า ว่าทาง
บริษัทจะมีการปรับปรุงกระบวนการใช้บรรจุภัณฑ์กล่อง
โดยจะ รับกล่องคืนทุกวันพฤหัสบดี

1.1.2 จัดเตรียมพื้นที่สำหรับ
วางบรรจุภัณฑ์กล่องกระดาษของบริษัทกรณีศึกษาที่ใช้แล้ว

1.1.3 ขอความร่วมมือลูกค้าให้
นำกล่องกระดาษของบริษัทกรณีศึกษาที่ใช้แล้วมาวางใน
พื้นที่ที่ จัดไว้

1.1.4 ขอความร่วมมือขณะให้นำ

สินค้าไปใช้ ช่วยรักษาสภาพกล่องให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์

1.2 ขอความร่วมมือจากฝ่ายคลังสินค้า
บันทึกจำนวนกล่องที่ใช้ในแต่ละครั้งทั้งกล่อง ใหม่และกล่อง
recycle เพื่อดูมูลค่าของกล่องที่ใช้ไป รวมถึงจำนวนกล่องที่รับ
กลับมาจากลูกค้าในแต่ละครั้ง

1.3 ขอความร่วมมือจากพนักงานขับรถ
ในทุกวันพฤหัสบดีให้นำกล่องที่ใช้แล้วที่วางอยู่ในบริเวณที่จัดไว้
ที่บริษัทกลับมาหลังจากที่ส่งสินค้าให้ลูกค้าเสร็จ

2. Do (ลงมือทำ) เป็นการรวบรวมข้อมูลและลงมือ
ปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ โดยหลังจากที่ผู้วิจัยได้วิเคราะห์
ขั้นตอนการทำงานเดิมแล้ว ทางผู้วิจัยได้มีการปรับปรุง
ขั้นตอนการทำงานใหม่ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ
จัดส่งสินค้าให้ลูกค้า โดยกระบวนการที่ปรับปรุงใหม่นี้จะ
นำมาใช้ทุกวันพฤหัสบดีของทุกสัปดาห์ ในส่วนของพนักงาน
คลังสินค้า ในการจัดกล่องเพื่อรอมอบให้ทางส่วนPackaging ไป
ใช้ใส่สินค้านั้น จะทำโดยขั้นตอนดังนี้

1. ทางผู้วางแผนการผลิต จะออก
Production order เพื่อเบิกวัตถุดิบต่าง ๆ ในคลังสินค้ารวมทั้ง
กล่องทุกสัปดาห์ที่มีการผลิต

2. ทางพนักงานคลังสินค้านั้นก็จะเตรียม
วัตถุดิบและกล่องตาม Production order ที่ทางPlanner ออกมา
เพื่อให้ทาง Packaging นำไปใช้

3. Production order สำหรับลูกค้า ABC ใน
ส่วนของกล่องพนักงานคลังสินค้าจะหยิบกล่องจากบริเวณที่
วางกล่อง Recycle ก่อน ถ้ามีจำนวนไม่พอก็จะนำกล่องใหม่
รวมไปให้ครบจำนวนตามProduction order นั้น

3. Check (ตรวจสอบ) การตรวจสอบผลและติดตาม
กระบวนการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนของแผน โดย
หลังจากที่ผู้วิจัยได้เริ่มติดตามกระบวนการทำงานใหม่นี้ จาก
การที่ผู้วิจัยได้ปรับปรุงกระบวนการทำงานใหม่ เพื่อที่จะนำ
บรรจุภัณฑ์กล่องกลับมาใช้แล้วเป็นเวลา 6 เดือนนั้น พบว่า



เป็นการเพิ่มหน้าที่ของพนักงานบางส่วนที่เกี่ยวข้อง คือ พนักงานฝ่ายคลังสินค้า และพนักงานขับรถ ทางผู้วิจัยจึงไปสอบถามความคิดเห็นของพนักงานทั้งสองฝ่ายเกี่ยวกับขั้นตอนการทำงานที่เพิ่มขึ้นมา และความพึงพอใจของพนักงาน จากการสัมภาษณ์เชิงลึกพบว่า ขั้นตอนการทำงานที่เพิ่มขึ้นมาในส่วนของพนักงานฝ่ายคลังสินค้านั้นไม่ซับซ้อน และใช้เวลาไม่มากสามารถใช้เวลาวางมาทำได้ พนักงานฝ่ายคลังสินค้ามีความพึงพอใจ เนื่องจากได้ร่วมเป็นส่วนหนึ่งในการที่ช่วยบริษัทลดต้นทุนลงได้ จากการสัมภาษณ์เชิงลึกพบว่า พนักงานขับรถมีความพึงพอใจ เนื่องจากร่วมเป็นส่วนหนึ่งในการที่ช่วยบริษัทลดต้นทุนลงได้

4. Action (ดำเนินการ) ปรับปรุงแก้ไขส่วนที่มีปัญหา และจัดทำเป็นมาตรฐานการทำงานจากที่ผู้วิจัยได้วิเคราะห์สาเหตุต่าง ๆ ที่กล่องใช้แล้วที่นำกลับมาใช้ใหม่มีปริมาณน้อยนั้น ทางผู้วิจัยและทีมงานจึงมีแผนดำเนินการปรับปรุงเพื่อเพิ่มปริมาณกล่องที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้ใหม่รายละเอียดได้แก่

4.1 ผู้วิจัยเข้าไปประสานงานและเยี่ยมชมบริเวณสถานที่จัดเก็บกล่องที่โรงงานลูกค้าเพื่อทำความเข้าใจและขอความร่วมมือจากผู้ที่ได้รับผิดชอบโดยตรง (ฝ่ายคลังสินค้า)

4.2 ผู้วิจัยได้ขอความร่วมมือจากพนักงานขับรถในการนำกล่องที่ใช้แล้วกลับมา รวมถึงทำความเข้าใจถึงความสำคัญในกระบวนการนี้

4.3 ผู้วิจัยได้จัดทำเอกสารใบรับกล่องคืนจากลูกค้า เพื่อให้พนักงานขับรถนำไปรับกล่องคืนทุกวันทุกวัน โดยนับจำนวนจากที่บริษัทของลูกค้า จากนั้นให้ทางพนักงานของบริษัทลูกค้าลงชื่อรับทราบ เมื่อนำกล่องกลับมาถึงบริษัท ทางพนักงานคลังสินค้าของบริษัทก็จะนับจำนวนกล่องและลงชื่อรับอีกครั้ง และนำเอกสารนี้เก็บไว้ที่แผนกคลังสินค้า

4.4 ผู้วิจัยได้ขอความร่วมมือจากพนักงานคลังสินค้าในการนำกล่องที่ใช้แล้ว ที่ได้รับกลับมาไปวางใน

บริเวณที่จัดไว้ เพื่อเตรียมให้ทาง packing นำไปใช้บรรจุสินค้าในสำหรับลูกค้า

5. ในการเพิ่มพื้นที่จัดเก็บสินค้าโดยวิธีการเช่าคลังสินค้าในพื้นที่ใกล้เคียงนี้เป็นอีกหนึ่งวิธีที่ทางผู้วิจัยได้นำเสนอเป็นทางเลือกในการเพิ่มพื้นที่จัดเก็บสินค้าซึ่งจากการสำรวจในพื้นที่ใกล้เคียงกรณีศึกษาทำให้ทราบว่ามิโกดังสินค้าขนาดกว้าง 30 เมตร และยาว 30 เมตร ตั้งอยู่ระยะทางไม่ไกลทำให้ง่ายต่อการบริหารจัดการ ซึ่งทางเจ้าของโกดังได้ทำการเปิดให้เช่าโดยคิดอัตราค่าเช่า 80,000 บาท ต่อเดือน ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีเพิ่มพื้นที่จัดเก็บสินค้าที่มีต้นทุนน้อยกว่าสองวิธีการข้างต้นมาก จากการศึกษาข้อมูลของทางผู้วิจัยและข้อมูลบางส่วนจากทางผู้ประกอบการทำให้ทราบว่าในการเพิ่มพื้นที่จัดเก็บสินค้าโดยวิธีการเช่าคลังเก็บสินค้าใหม่ในพื้นที่ใกล้เคียงกับคลังสินค้าแห่งเดิม

4. อภิปรายผล (Discussion)

จากผลการศึกษาพบว่าแนวคิดสินมาใช้ในการลดต้นทุนในการดำเนินงานของบริษัท ABC ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการทำงานของพนักงานให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ งานวิจัย บุชบา พุกษาพันธุ์รัตน์ และ พชร อุไรพงษ์ [6] ทำการวิจัยเรื่องการวิเคราะห์ปรับปรุงสายการผลิตตามการผลิตแบบลีนโดยอาศัยการจำลองสถานการณ์: กรณีศึกษาอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ งานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การปรับปรุงประสิทธิภาพของสายการผลิตของโรงงานผู้ผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แห่งหนึ่ง โดยอาศัยหลักการของลีน และหลักวิเคราะห์ความสูญเสียด้วย VSM ผลการวิจัยพบว่าสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของสายการผลิตเพิ่มขึ้น 19.53% อัตราผลผลิต เพิ่มขึ้น 42.7% และสามารถลดปริมาณงานระหว่างกระบวนการผลิตโดยเฉลี่ยได้ 1.27% ของปริมาณการผลิตทั้งหมด เช่นเดียวกับงานวิจัยของสุบิน พัฒนสกุลลอย และเรืองศักดิ์ แก้วธรรมชัย [7] ได้ประยุกต์ใช้หลักการของการปรับปรุงกระบวนการทำงานซึ่งเป็นวิธีการตามแนวทางของกรีนซ์พลาเซนในกระบวนการผลิตผ่านน้ำดื่มเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งจากการศึกษาพบว่าหลักการของปรับปรุง



กระบวนการทำงานนั้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการทำงานโดยรวมได้เป็นอย่างดี สามารถลดเวลาการทำงานและลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีนัยสำคัญ

5. สรุปผล (Conclusion)

1. พนักงานส่วนใหญ่เป็นพนักงานใหม่อายุงานน้อย ไม่ค่อยมีประสบการณ์ทำให้ขาดความเข้าใจในการควบคุมเครื่องอ่านสินค้า ต้องทำการเช็คเครื่องอ่านและคัดแยกสินค้าอยู่ตลอด รวมถึงขาดการติดต่อสื่อสารที่ดีทำให้เสียเวลา จากสาเหตุนี้ทำให้เกิดความสูญเปล่าจากการรอคอย เช่น ค่าแรงงานของพนักงานที่ทำงาน

2. พนักงานไม่มีการวางแผนในการทำงานและไม่ทราบข้อมูลในระบบการทำงาน ต้องมีการสั่งในแต่ละวัน หากไม่มีการสั่งงานใด ๆ พนักงานจะไม่ทราบถึงขั้นตอนในแต่ละวันในการทำงาน ในช่วงนั้นจะทำหน้าที่โดยการให้บริการขายสินค้าเท่านั้น และสังเกตเห็นถึงการสื่อสารพนักงานกับลูกค้า บางสินค้าพนักงานจะเข้าไม่สามารถตอบสินค้าได้ และมีพฤติกรรมไม่เข้าใจในตัวสินค้าที่ผ่านออกไปในพฤติกรรมถึงลูกค้า

3. ขั้นตอนการการจัดทำเอกสารการรับสินค้า หลังจากที่ซัพพลายเออร์ผลิตพร้อมแนบใบส่งสินค้า (Invoice) พนักงานจะนำใบส่งสินค้า (Invoice) ของซัพพลายเออร์แต่ละหลายมาทำเลขที่เอกสาร (Running Number) /ลงชื่อประทับตราร้านลงบนใบส่งสินค้า (Invoice) แยกที่ละซัพพลายเออร์ทำให้เกิดความยุ่งยากในการจัดการเอกสาร และเกิดความซ้ำซ้อน

4. การตรวจรับ และการนับสินค้า ในขั้นตอนการรับสินค้าบริษัททำการตรวจรับ/นับสินค้าจริงเทียบกับใบส่งสินค้า (Invoice) ตรวจรับ/นับแยกตามซัพพลายเออร์แต่ละราย ส่งผลให้บริษัททำงานลำบาก หากสินค้าไม่เจอหากพนักงานไม่มีความชำนาญในตัวสินค้านั้น หลังจากทำการตรวจรับ/นับสินค้าแล้ว พนักงานจะนำใบส่งสินค้า (Invoice) ไปป้อนข้อมูลรับผ่านระบบการรับสินค้าที่ระบบ SC (Store Controller) ที่บริษัท โดยป้อนข้อมูลรับแยกตามใบส่งสินค้า (Invoice) แยกแต่ละซัพพลายเออร์และหากในรอบการรับ

การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม
นวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 9 ประจำปี 2563

สินค้านั้น ๆ เกิดมีสินค้าเสื่อม พนักงานต้องทำคืนสินค้า (CN) ที่ละรายการ (SKUs) ที่ละระบบงาน SC (Store Controller)

5. ส่วนของคาร์โก้ พบปัญหาการจัดเรียงสินค้าการจัดสินค้าลงตู้คอนเทนเนอร์ที่ต้องให้ เหลือพื้นที่ภายในโกดังให้น้อยที่สุดและภายในเวลาที่กำหนด จึงได้มีการเสนอหลักการ ECRS มาใช้ใน กระบวนการทำให้ง่าย (Simplify)

6. กิตติกรรมประกาศ

บทความในครั้งนี้นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจากการช่วยเหลือของอาจารย์ปิยะเนตร นาคสีดี ที่ปรึกษางานวิจัย และนำเสนอข้อมูลความรู้เพื่อเป็นแนวทางในการเขียนบทความวิจัยสำหรับการนำเสนอการประชุมวิชาการในครั้งนี้ด้วยดีเสมอมา

7. เอกสารอ้างอิง

7.1 เอกสารอ้างอิงภาษาไทย

- [1] ศุภชัย อาชีวะระงับโรค, Practical PDCA: แก้ปัญหาและปรับปรุงงานเพื่อความสำเร็จ, กรุงเทพฯ ฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด ซีโนดีไซน์, 2547
- [2] อรุมา เจริญศิลป์, การวัดผลการนำสินค้ามาใช้ในการลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพ ในการทำงานของบริษัท เบริตี้ เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2553
- [3] สายันต์ มากมูล, การประยุกต์การผลิตแบบลีนในกระบวนการผลิตเครื่องขยายเสียง, มหาวิทยาลัยศรีปทุมวิทยาเขตชลบุรี, 2556
- [4] บุชบา พุกษาพันธุ์รัตน์ และ พชร อุไรพงษ์, การวิเคราะห์ปรับปรุงสายการผลิตตามการผลิตแบบลีนโดยอาศัยการจำลองสถานการณ์: กรณีศึกษาอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์, วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2556
- [5] วิทยา สุทธิพิตรารัง, ยุพา กลอนกลาง และสุนทร ศรีลังกา, มุ่งสู่ "ลีน" ด้วยการจัดการสายธารคุณค่า, กรุงเทพฯ ฯ : อี.



ไอ. สแควร์, 2550

- [6] สุบิน พัฒนสกุลลอย และเรืองศักดิ์ แก้วธรรมชัย, การวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ภายใต้แนวคิดกรีนซัพพลายเชนสู่การบริหารจัดการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม กรณีศึกษาฝ่าน้ำดื่ม บริษัท ศรีไทยซูเปอร์แวร์ จำกัด (มหาชน). วารสารวิชาการบริหารธุรกิจ สมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย ปีที่ 3 ฉบับที่ 1 2557

7.2 เอกสารอ้างอิงภาษาอังกฤษ

- [7] Orville S., Development Of Plant Layout Using Systematic Layout Planning (SLP) To Maximize Production- A Case Study. Retrieved 7 June 2020 from http://ijmpe. iraj. in/ volume. php? volume_ id= 75 Sri



การประยุกต์กระบวนการวิเคราะห์ต้นไม้แห่งความล้มเหลวและกระบวนการวิเคราะห์เชิง ลำดับชั้นสำหรับการจัดการสิ่งแวดล้อมในกระบวนการการผลิตข้าวสาร

กันยกร ผลดี¹, จิรทยา เร็มมนตรี*², อารุญ เกตุสาคร³, กัณฑ์ ปานประยูร⁴

¹คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

999 ถนนพุทธมณฑลสาย 4, ศาลายา, พุทธมณฑล, นครปฐม 73170 anusara.nuch1406@gmail.com

²คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

999 ถนนพุทธมณฑลสาย 4, ศาลายา, พุทธมณฑล, นครปฐม 73170 jirataya.pan@mahidol.ac.th

³คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

99 หมู่ 18 ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12121 aroon.k@fph.tu.ac.th

⁴คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

999 ถนนพุทธมณฑลสาย 4, ศาลายา, พุทธมณฑล, นครปฐม 73170 gunn.pan@mahidol.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนามาตรการแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการการผลิตข้าวสารหนึ่งในจังหวัดนครปฐม โดยเริ่มจากดำเนินการสำรวจปัญหาสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการผลิตข้าวสารทำการชี้แจงและประเมินลักษณะปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยทำการสำรวจปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมในแต่ละขั้นตอนต่าง ๆ ร่วมกับการประเมินลักษณะปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีนัยสำคัญ (Significant aspect) แล้วนำข้อมูลที่ได้มาประเมินความเสี่ยงโดยชี้แจงอันตรายด้วยกระบวนการวิเคราะห์ต้นไม้แห่งความล้มเหลว (Fault Tree analysis: FTA) จากนั้นใช้เทคนิคกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) ซึ่งเป็นเครื่องมือเพื่อช่วยวิเคราะห์การตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์ (Multiple criteria decision making) มาประเมินทางเลือกเพื่อให้ได้มาซึ่งการตัดสินใจจัดลำดับปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญที่สุด จากนั้นนำข้อมูลวิเคราะห์ได้จาก AHP วางแผนกำหนดมาตรการการจัดการสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยที่เป็นไปได้มากที่สุดสำหรับกระบวนการผลิตข้าวสาร ผลการศึกษาพบว่า ปัญหาที่สำคัญและมีความเป็นไปได้ในการจัดการ ได้แก่ ปัญหาฝุ่นละออง ซึ่งมีความเสี่ยงอยู่ในระดับที่สูง และปัญหาการไม่สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) ชนิดป้องกันระบบหายใจ มีความเสี่ยงอยู่ในระดับที่สูงมาก อาจทำให้เกิดการเจ็บป่วยจากการสัมผัสฝุ่นละออง ส่วนการเกิดภาวะ Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS) ซึ่งเป็นปัญหา



จากการสัมภาษณ์

อลูมิเนียมฟอสเฟต มีความเสี่ยงอยู่ในระดับสูง โดยอาจมีสาเหตุเกิดจาก

ผู้ปฏิบัติงานไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนวิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction) เรื่องการปฏิบัติงานการรมยามอดและ
แมลง ส่วนปัญหาการระเบิด / ติดไฟจากยากำจัดมอดและแมลง และปัญหาการระเบิด/ติดไฟจากการรั่วไหลของแก๊ส
โพลีคลิฟท์มีความเสี่ยงอยู่ในระดับปานกลาง สำหรับการกำหนดมาตรการการจัดการสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย
พบว่า ปัญหาฝุ่นละอองเลือกใช้วิธีการปรับเปลี่ยนระบบกำจัดฝุ่นให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ปัญหาการเจ็บป่วย
จากการรับสัมผัสฝุ่นละอองเลือกใช้วิธีจัดหาอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) ที่เหมาะสมกับลักษณะ
ปัญหาการระเบิด/ติดไฟจากยากำจัดมอดและแมลงเลือกใช้วิธีซ่อมแซมหลังคา และผนังอาคารให้อยู่ในสภาพที่
สมบูรณ์เพื่อป้องกันการรั่วไหล ปัญหาการระเบิด/ติดไฟจากการรั่วไหลของแก๊สโพลีคลิฟท์เลือกใช้วิธีตรวจสอบ
ระบบแก๊สที่ใช้กับรถโพลีคลิฟท์เป็นประจำให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ และปัญหาการเกิดภาวะ Acute Respiratory
Distress Syndrome จากการสัมผัสสารอลูมิเนียมฟอสเฟตเลือกใช้วิธีปรับปรุงระบบระบายอากาศให้มี
ประสิทธิภาพและเหมาะสมกับพื้นที่การปฏิบัติงาน

คำสำคัญ : กระบวนการวิเคราะห์ต้นไม้แห่งความล้มเหลว, กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น, การชี้บ่งลักษณะปัญหา
ด้านสิ่งแวดล้อม, กระบวนการผลิตข้าวสาร



Application of Fault Tree Analysis and Analytic Hierarchy Process for Environmental Management in Milled Rice Production Process

Kanyakorn Phondee¹, Jirataya Roemmontri², Arroon Ketsakorn³, Gunn Panprayun⁴

¹Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University

999 Phutthamonthon 4 Road, Salaya, Phutthamonthon Nakhon Pathom, 73170 anusara.nuch1406@gmail.com

²Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University

999 Phutthamonthon 4 Road, Salaya, Phutthamonthon Nakhon Pathom, 73170 jirataya.pan@mahidol.ac.th

³Faculty of Public Health, Thammasat University

99 Moo 18 Klong Nueng, Klong Luang, Pathumthani 12121 arroon.k@fph.tu.ac.th

⁴Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University

999 Phutthamonthon 4 Road, Salaya, Phutthamonthon Nakhon Pathom, 73170 gunn.pan@mahidol.ac.th

Abstract

This research aimed to develop suitable measures for environmental management and safety for a rice production process in Nakhon Pathom province. The research started from conducting a survey on environmental problems caused by the rice production process. Characteristics of environmental problems were identified and evaluated by conducting environmental problems in each procedure in conjunction with evaluating significant aspects of environmental problems. The obtained data were used for risk evaluation. Hazard was identified by fault tree analysis (FTA). Analytic hierarchy process (AHP), a tool used to help analyze multiple criteria decision making, was used for evaluation of alternatives so as to acquire decision-making on prioritizing the most significant environmental problem. The data analyzed by AHP were planned to determine the most feasible measures for environmental management and safety for the process of rice production. The study results indicated that significant problems having feasibility of management were dust problem being at a high risk level and the problem of not wearing personal protective equipment (PPE) for respiratory protection being at a very high risk level, contributing to illness caused by exposure to dust. As for acute respiratory distress



syndrome (ARDS), a problem caused by exposure to aluminum phosphate, it was at a high risk level which was probably caused by the fact that workers did not follow work instruction about moth and pest fumigation practice. With regard to the problem related to explosive/combustible pesticidal products and the problem related to explosion/flammability from a leak of gas from forklift trucks were at a moderate risk level. As for the determination of measures for environmental management and safety, it was found a method to modify the system for eliminating dust to have more efficiency was chosen to solve the dust problem. Provision of suitable personal protective equipment (PPE) was used to solve the illness problem caused by exposure to dust. As for the problem related to explosive/combustible pesticidal products, repairing roofs and walls of buildings to be in a good condition was used to prevent a leakage. Gas system inspection on a regular basis was used for the problem related to explosion/flammability from a leak of gas from forklift trucks to ensure everything is in a good condition and modification of the ventilation system to meet efficiency and appropriateness to working areas was chosen to solve the problem related to acute respiratory distress syndrome (ARDS), a problem caused by exposure to aluminum phosphate.

Keywords: Fault Tree Analysis, Analytic Hierarchy Process, identification of environmental problems, process of rice production



1. บทนำ (Introduction)

ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มนุษย์เผชิญอยู่ในปัจจุบันส่งผลกระทบต่อดำรงชีวิตอย่างมาก มนุษย์เป็นผู้ใช้ประโยชน์จากสิ่งแวดล้อมและในขณะเดียวกันก็เป็นผู้ทำลายสิ่งแวดล้อมอีกด้วย ปัญหาต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นปัญหามลพิษทางธรรมชาติ แคลนหรือถูกทำลาย ซึ่งเป็นปัญหาจากปรากฏการณ์ธรรมชาติและการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่จำกัดอย่างรวดเร็วและขาดการอนุรักษ์ ปัญหามลพิษทางสภาวะแวดล้อมเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นจากสิ่งแวดล้อมที่มีสิ่งเจือปนไม่ว่าจะเป็นรูปของสารมลพิษหรือพลังงาน มลพิษในปริมาณที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อคุณภาพชีวิตและสังคมโดยรวมหรือปัญหาของระบบนิเวศ เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทำกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ในการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและ การสร้างสารมลพิษต่าง ๆ จนก่อให้เกิดความไม่สมดุลในระบบนิเวศ ซึ่งปัญหาดังกล่าวส่งผลให้คุณภาพของสิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรมลง และทำให้เกิดวิกฤตสิ่งแวดล้อมหรือภาวะมลพิษที่ร้ายแรงขึ้น

กระบวนการผลิตและบรรจุข้าวสารถือเป็นกระบวนการที่อยู่คู่กับประเทศไทยมาต่อเนื่องยาวนาน โดยเป็นอุตสาหกรรมที่เริ่มจากกระบวนการปลูกข้าวในภาคการเกษตรซึ่งเป็นอุตสาหกรรมต้นน้ำ และนำผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ส่งไปยังอุตสาหกรรมกลางน้ำ คือ โรงสีและโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตและบรรจุข้าวสารต่าง ๆ ที่อยู่ใกล้กับชุมชน เพื่อนำมาผ่านกระบวนการทำความสะอาด เช่น ขัดขาว ขัดมัน คัดแยกความหัก ยิงสี รมควันพิษกำจัดแมลง แล้วนำมาบรรจุในขั้นตอนสุดท้าย จากนั้นนำข้าวที่ผ่านการบรรจุส่งต่อไปยังอุตสาหกรรมปลายน้ำ คือ ผู้ค้าข้าว โดยผู้ค้าข้าวจะนำข้าวไปจัดจำหน่ายเป็นสินค้าในท้องตลาดต่อไป

เทคนิคการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงเป็นเครื่องมือที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ใช้การค้นหา วิเคราะห์ และจัดลำดับความเสี่ยง โดยพิจารณาจากการประเมินโอกาสที่จะ

เกิดความเสียหาย (Likelihood) และความรุนแรงของผลกระทบจากเหตุการณ์ความเสี่ยง (Impact) ต่อการบรรลุวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายของส่วนงานหรือหน่วยงานภายในส่วนงาน โดยเทคนิคการวิเคราะห์ต้นไม้แห่งความล้มเหลว (Fault Tree Analysis ; FTA) เป็นเทคนิคการชี้บ่งอันตรายที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมเห็นชอบให้นำมาใช้วิเคราะห์หาอันตรายจากการประกอบกิจการ 12 ประเภทเสี่ยง (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2543) โดยเทคนิค FTA นี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้วิเคราะห์หาสาเหตุของอันตรายและผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวกับงาน วิธีการทำงาน เครื่องจักร และกระบวนการผลิต อีกทั้งยังสามารถใช้วางแผนการป้องกันอุบัติเหตุและปัญหาสิ่งแวดล้อม เพราะจะทำให้ทราบถึงเหตุการณ์สำคัญที่มีโอกาสเกิดอุบัติเหตุและปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยการวิเคราะห์จะแสดงความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ต่าง ๆ ด้วยรูปภาพ ทำให้เห็นภาพได้อย่างชัดเจนและเข้าใจง่ายขึ้น

กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process ; AHP) เป็นเครื่องมือเพื่อช่วยวิเคราะห์การตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์ (Multiple criteria decision making) มีรูปแบบแนวคิดศาสตร์เป็นหลัก กล่าวคือการแปลงสิ่งที่ไม่สามารถวัดค่าในเชิงปริมาณมาพิจารณา ในเชิงปริมาณโดยการกำหนดมาตราส่วนในการพิจารณา เพื่อให้ได้คำตอบที่เป็นไปได้แบบมีเหตุผล โดยการกำหนดเป้าหมาย และสร้างโครงสร้างของปัญหาที่ต้องการพิจารณาออกมาเป็นแผนภูมิลำดับชั้น (Hierarchy) ตามลำดับชั้นของเกณฑ์ที่ใช้พิจารณา จากเกณฑ์หลักสู่เกณฑ์รองตามลำดับจัดเรียงลงมาเป็นชั้น ๆ จนถึงทางเลือก (Alternatives) ซึ่งทำให้ผู้พิจารณาสามารถมองเห็นองค์ประกอบของปัญหาโดยรวมและเปรียบเทียบปัญหาอย่างเป็นเหตุเป็นผลในทุกปัจจัยที่พิจารณาทำให้ผลการตัดสินใจมีความถูกต้องรัดกุมมากขึ้น (อภิชาติ โสภาแดง, 2552)



ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้เครื่องมือในการประเมินความเสี่ยงด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ต้นไม้แห่งความล้มเหลว (Fault Tree Analysis ; FTA) เพื่อให้ทราบถึงสาเหตุของทุกเหตุการณ์และความรุนแรงที่อาจจะเกิดขึ้นในการวางแผนจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับกระบวนการการผลิตข้าวสาร และบูรณาการกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process ; AHP) เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจในการประเมินทางเลือกสำหรับการวางแผนจัดการสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย สำหรับประเมินทางเลือกที่ดีที่สุดสำหรับการวางแผนจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยต่อไป

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงวิเคราะห์ ณ จุดเวลาใดจุดเวลาหนึ่ง (Cross - sectional Analytic Study) เพื่อค้นหาปัญหาสิ่งแวดล้อมในกระบวนการการผลิตข้าวสารแห่งหนึ่งในจังหวัดนครปฐม และประเมินระดับความเสี่ยงของปัญหาสิ่งแวดล้อมดังกล่าว รวมถึงการประยุกต์กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจในการประเมินทางเลือกสำหรับการวางแผนจัดการสิ่งแวดล้อม คำนวณค่าน้ำหนักของปัญหาสิ่งแวดล้อม และนำไปสู่การกำหนดมาตรการแนวทางการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย

2.1 การประเมินความเสี่ยงโดยใช้ Fault Tree Analysis

เริ่มจากการชี้บ่งลักษณะปัญหาสิ่งแวดล้อม (Identification of Environmental Aspect) ของทุกกิจกรรมในกระบวนการผลิตข้าวสาร และวิเคราะห์หาประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีนัยสำคัญ (significant aspect) จากนั้นทำการพิจารณาเหตุการณ์ของแต่ละกระบวนการเหตุการณ์แรก (Top Event) โดยพิจารณาลักษณะปัญหาสิ่งแวดล้อมจากสถานะที่ไม่ปกติและสถานะฉุกเฉินที่เกิดขึ้นหรืออาจเกิดขึ้นได้ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อทำให้เกิดอุบัติเหตุร้ายแรงตามมา การวิเคราะห์หา

การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม
นวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 9 ประจำปี 2563

สาเหตุของการเกิดเหตุการณ์แรกว่าเกิดจากเหตุการณ์ย่อย (Event) ของแต่ละกระบวนการว่ามาจากสาเหตุใด วิเคราะห์หาสาเหตุของเหตุการณ์ย่อยเหล่านั้นอีกจนการวิเคราะห์หาสาเหตุจะสิ้นสุด

2.2 การตัดสินใจเลือกโดยใช้ Analytic Hierarchy Process

นำข้อมูลที่ได้จากการประเมินความเสี่ยงมาใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยที่มีความเสี่ยงมาก โดยนำมาวิเคราะห์หาเกณฑ์ในการตัดสินใจและมาตรการในการแก้ไขปัญหา จากนั้นใช้เทคนิค AHP มาประเมินทางเลือกเพื่อจัดลำดับปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญของกระบวนการการผลิตข้าวสาร เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวางแผนหามาตรการจัดการสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยในขั้นต่อไป

การใช้เทคนิคกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น จะใช้โปรแกรม Expert Choice เพื่อช่วยวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ให้เกิดความแม่นยำและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะทำการเปรียบเทียบคู่ (Pair Wise Comparison) อัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio : C.R.) และยังช่วยในการวิเคราะห์ความไว (Sensitive Analysis) ในการพิจารณาว่าการเปลี่ยนแปลงความสำคัญของแต่ละวัตถุประสงค์จะมีผลอย่างไรต่อทางเลือกต่าง ๆ

2.3 การจัดทำมาตรการการจัดการสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยของกระบวนการการผลิตข้าวสาร

นำข้อมูลที่วิเคราะห์ได้จากการวิเคราะห์ FTA และ AHP มาวางแผนกำหนดมาตรการการจัดการสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยที่เป็นไปได้มากที่สุดสำหรับกระบวนการผลิตข้าวสาร เพื่อหาแนวทางสำหรับการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมในการทำงานที่เหมาะสม ให้เอื้อต่อการทำงานทั้งร่างกายและจิตใจของพนักงาน ช่วยส่งเสริมรักษาสุขภาพและป้องกันความเสี่ยงต่อปัจจัยที่อาจทำให้เกิดปัญหาสุขภาพของพนักงาน และรวมถึง



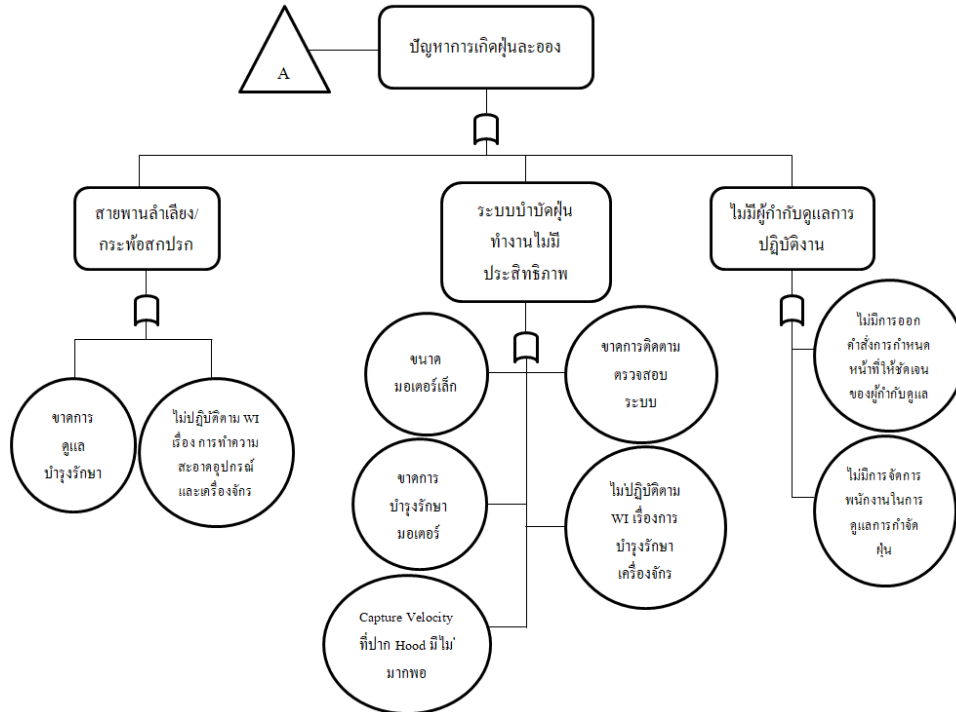
ช่วยลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม และการเกิดมลพิษต่าง ๆ ที่
อาจเกิดจากกระบวนการผลิต

3. ผลการวิจัย (Results)

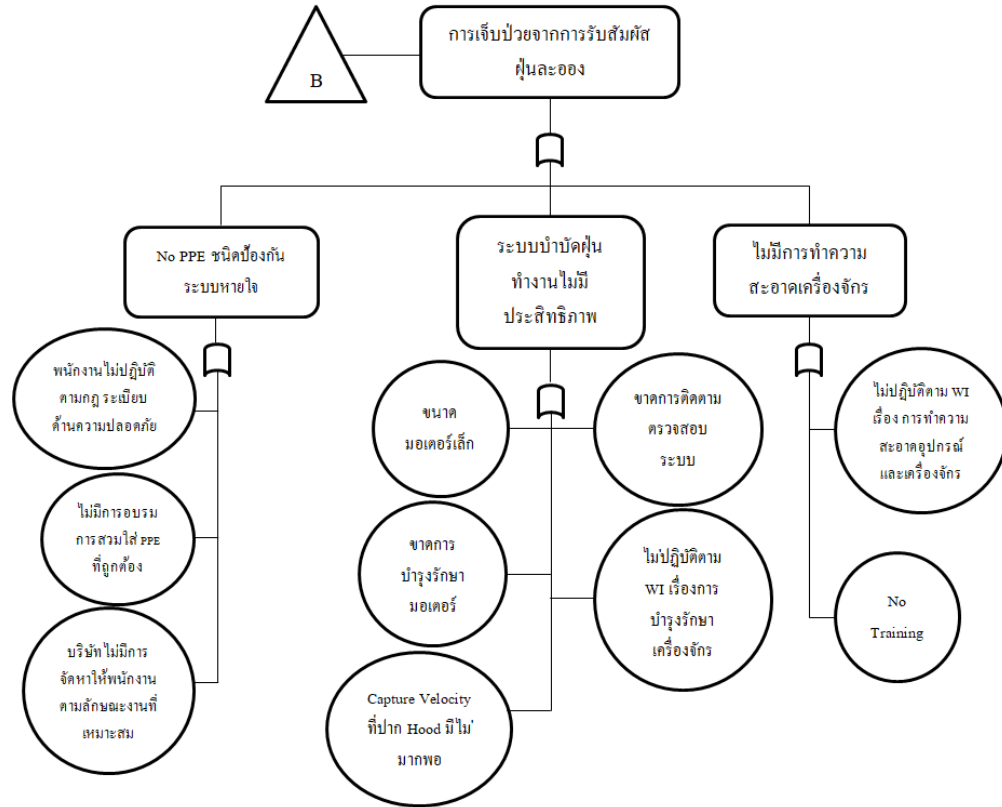
3.1 กระบวนการวิเคราะห์ต้นไม้แห่งความล้มเหลว

ทำการพิจารณาเหตุการณ์ของแต่ละกระบวนการ
เหตุการณ์แรก (Top Event) จากการชี้บ่งลักษณะปัญหา
สิ่งแวดล้อม (Identification of Environmental Aspect) โดยพิจารณา
ลักษณะปัญหาสิ่งแวดล้อมจากสถานะที่ไม่ปกติและสถานะ

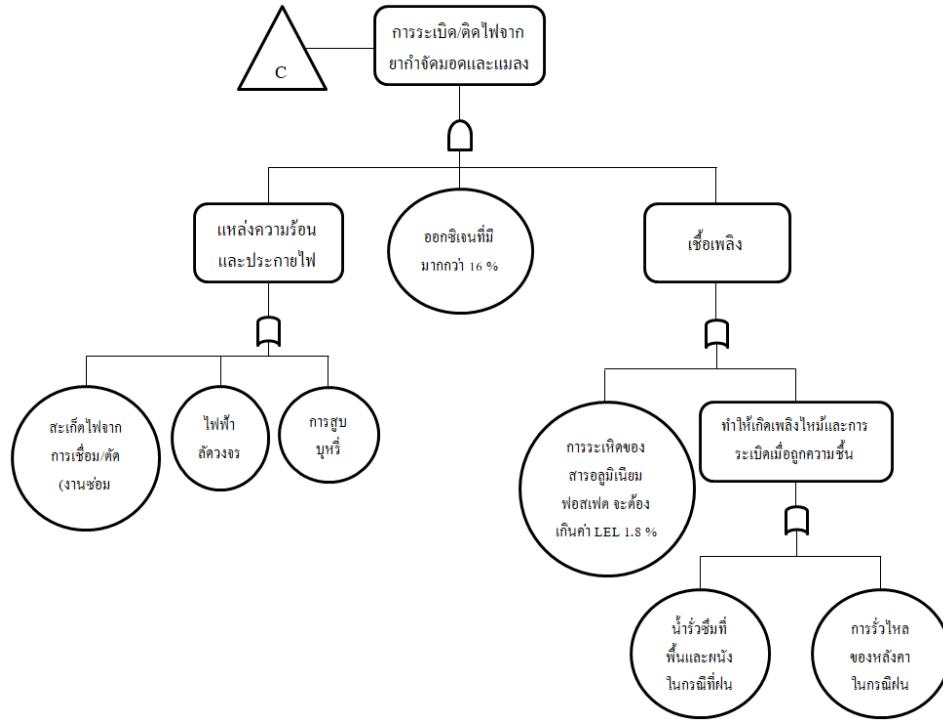
ฉุกเฉินที่เกิดขึ้นหรืออาจเกิดขึ้นได้ซึ่งจะส่งผลกระทบทำให้เกิด
อุบัติเหตุร้ายแรงตามมา การวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิด
เหตุการณ์แรกว่าได้เกิดจากเหตุการณ์ย่อย (Fault Tree Event or
Intermediate Event) ของแต่ละกระบวนการว่ามาจากสาเหตุใด
วิเคราะห์หาสาเหตุของเหตุการณ์ย่อยเหล่านั้นอีกจนการ
วิเคราะห์หาสาเหตุจะสิ้นสุด เมื่อพบว่าสาเหตุต่าง ๆ ของ
เหตุการณ์ย่อยที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากเครื่องจักรและอุปกรณ์
ความผิดพลาดของผู้ปฏิบัติงาน และระบบการจัดการ ซึ่งสิ่ง
เหล่านี้จัดเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้โดยปกติ (Basic Event) และ
แสดงผลการศึกษา วิเคราะห์ และ



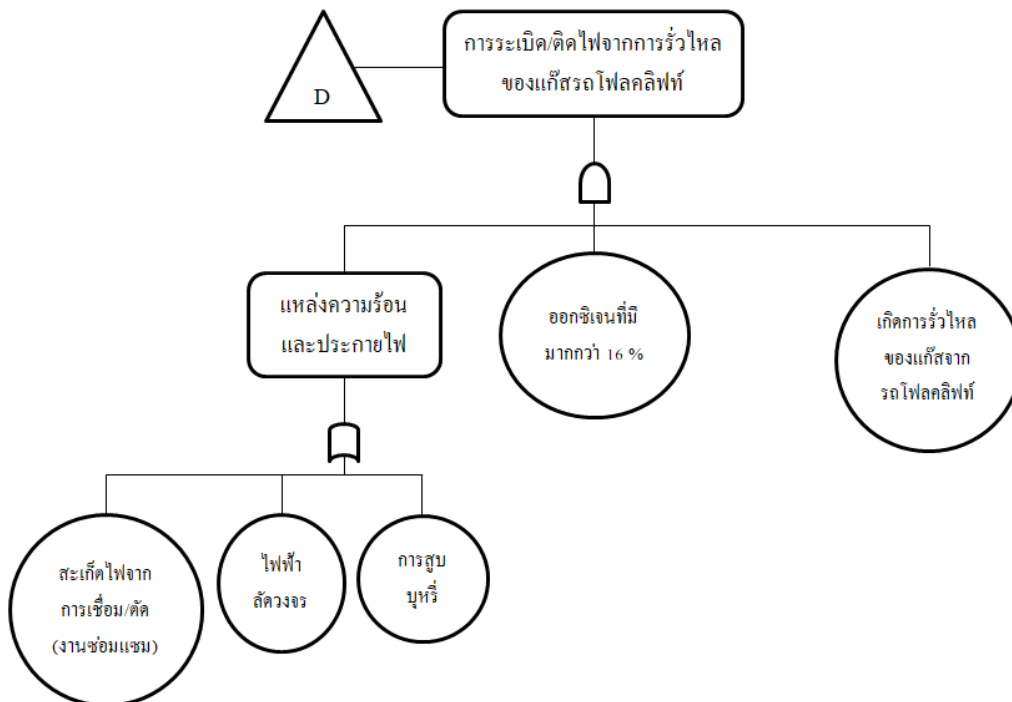
ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง Fault Tree Analysis จากปัญหาฝุ่นละออง



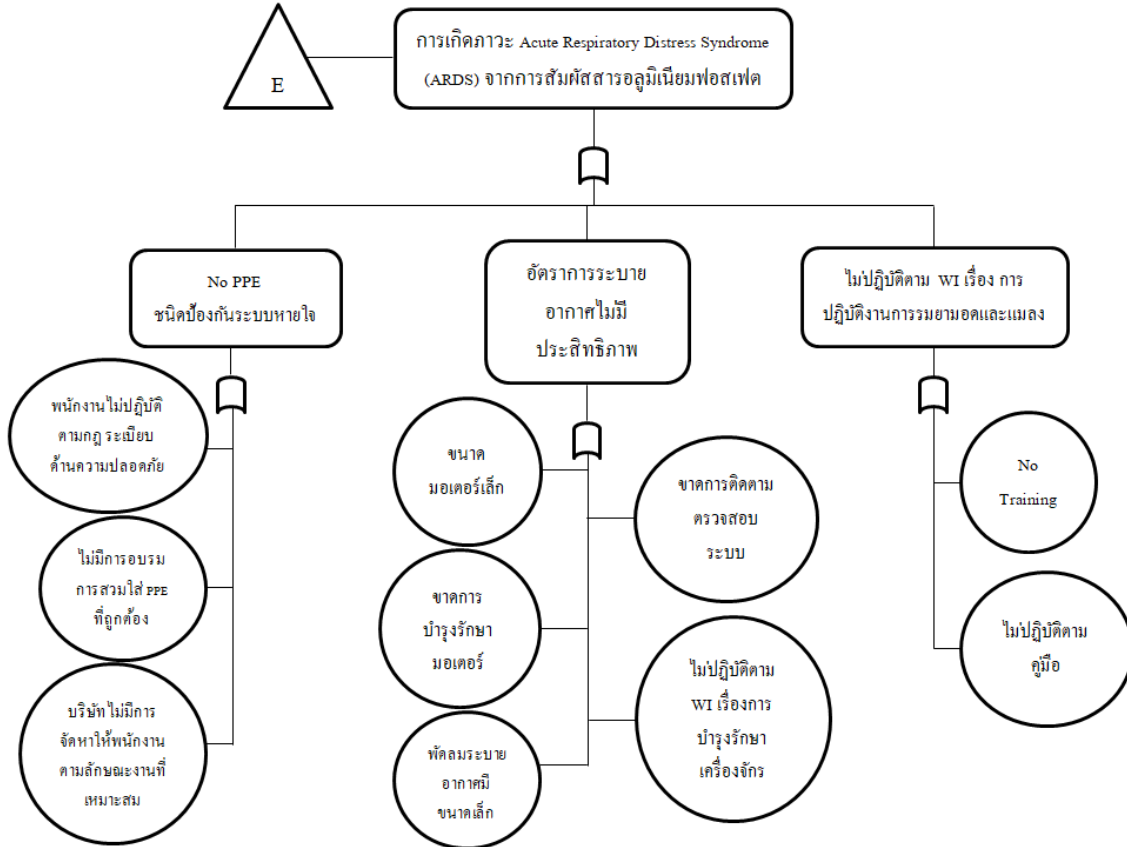
ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง Fault Tree Analysis จากอาการเจ็บป่วยจากการรับสัมผัสฝุ่นละออง



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง Fault Tree Analysis จากการระเบิด / ติดไฟจากยากำจัดมอดและแมลง



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง Fault Tree Analysis จากการระเบิด/ติดไฟจากการรั่วไหลของแก๊สรถโฟล์คลิฟท์



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง Fault Tree Analysis จากการเกิดภาวะ Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS) จากการสัมผัสสารออลูมิเนียมฟอสเฟต



ทบทวน เพื่อชี้บ่งอันตรายในรูปแบบแผนภูมิโดยใช้สัญลักษณ์
Fault Tree Analysis ได้ดังนี้

3.1.1 ปัญหาฝุ่นละออง

พบว่าเหตุการณ์ที่มีความเสี่ยงจากปัญหาฝุ่นละอองมี
3 เหตุการณ์ (GATE) คือ เหตุการณ์ที่ 1 (GATE 1) สายพาน
ลำเลียง/กระพ้อสกรปรก เหตุการณ์ที่ 2 (GATE 2) ระบบบำบัด
ฝุ่นทำงานไม่มีประสิทธิภาพ และเหตุการณ์ที่ 3 (GATE 3) ไม่มี
ผู้กำกับดูแลการปฏิบัติงาน

3.1.2 การเจ็บป่วยจากการรับสัมผัสฝุ่นละออง

พบว่าเหตุการณ์ที่มีความเสี่ยงจากการเจ็บป่วยจาก
การรับสัมผัสฝุ่นละอองมี 3 เหตุการณ์ (GATE) คือ เหตุการณ์
ที่ 1 (GATE 1) ไม่สวมใส่ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) ชนิด
ป้องกันระบบหายใจ เหตุการณ์ที่ 2 (GATE 2) ระบบบำบัดฝุ่น
ทำงานไม่มีประสิทธิภาพ และเหตุการณ์ที่ 3 (GATE 3) ไม่มี
การทำความสะอาดเครื่องจักร

3.1.3 การระเบิด / ติดไฟจากยากำจัดมอดและแมลง

พบว่าเหตุการณ์ที่มีความเสี่ยงจากการระเบิด / ติด
ไฟจากยากำจัดมอดและแมลงมี 3 เหตุการณ์ (GATE) คือ
เหตุการณ์ที่ 1 (GATE 1) แหล่งความร้อนและประกายไฟ
เหตุการณ์ที่ 2 (GATE 2) ออกซิเจน และเหตุการณ์ที่ 3
(GATE 3) เชื้อเพลิง

3.1.4 การระเบิด/ติดไฟจากการรั่วไหลของแก๊สธ โพลีคลิฟท์

พบว่าเหตุการณ์ที่มีความเสี่ยงจากการระเบิด/ติดไฟ
จากการรั่วไหลของแก๊สธโพลีคลิฟท์มี 3 เหตุการณ์ (GATE)
คือ เหตุการณ์ที่ 1 (GATE 1) แหล่งความร้อนและประกายไฟ
เหตุการณ์ที่ 2 (GATE 2) ออกซิเจน และเหตุการณ์ที่ 3
(GATE 3) เชื้อเพลิง

3.1.5 การเกิดภาวะ Acute Respiratory Distress

Syndrome (ARDS) จากการสัมผัสสารออลูมิเนียมฟอสเฟต

พบว่าเหตุการณ์ที่มีความเสี่ยงจากการเกิดภาวะ
Acute Respiratory Distress Syndrome จากการสัมผัสสาร
ออลูมิเนียมฟอสเฟตมี 3 เหตุการณ์ (GATE) คือ เหตุการณ์ที่ 1
(GATE 1) อัตราการระบายอากาศไม่มี เหตุการณ์ที่ 2 (GATE 2)
ไม่สวมใส่ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) ชนิดป้องกันระบบ
หายใจ และเหตุการณ์ที่ 3 (GATE 3) ไม่ปฏิบัติตามวิธีการ
ปฏิบัติงาน (Work Instruction) เรื่อง การปฏิบัติงานการรมยา
มอดและแมลง

3.2 กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น

จากการประเมินความเสี่ยงด้วยเทคนิค FTA ให้นำแต่ละ
เหตุการณ์พื้นฐาน (GATE) และสาเหตุ (EVENT) มาเปรียบเทียบ
แบบคู่ (Pairwise Comparisons) เพื่อหาค่าผลกระทบ ที่จะเกิด
เหตุการณ์ต่าง ๆ ว่าเหตุการณ์ใดส่งผลกระทบต่อ
สิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยในการทำงานมากที่สุด เมื่อได้
ค่าน้ำหนักความสำคัญแล้วนำมาเข้าสมการการวิเคราะห์หา
ค่าโอกาสการเกิดเหตุการณ์ดังนี้

$$\text{AND gate} = F_1 * F_2 * F_n \quad (1)$$

$$\text{OR gate} = 1 - (1 - F_1) * (1 - F_2) * (1 - F_n) \quad (2)$$

เมื่อ F คือ ความน่าจะเป็นของปัจจัยเสี่ยง

3.3 การจัดลำดับความเสี่ยง

นำค่าความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่ได้จาก
กระบวนการประเมินความเสี่ยง FTA เทียบกับตารางระดับ
ผลกระทบ และค่าผลกระทบที่ได้จากกระบวนการ AHP เทียบ
กับตารางระดับโอกาส มาประเมินความเสี่ยง สามารถสรุป
ผลได้ดังนี้



3.3.1 ปัญหาฝุ่นละออง

พบว่าเหตุการณ์ที่มีความเสี่ยงจากปัญหาฝุ่นละอองมี 3 เหตุการณ์ (GATE) คือ เหตุการณ์ที่ 1 (GATE 1) สายพานลำเลียง/กระพ้อสกรปรก มีค่าผลกระทบในการเกิดเหตุการณ์ (Impact) เท่ากับ 0.10 และค่าโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ (Probability) เท่ากับ 85.89 % ระดับความเสี่ยง 10 คะแนนซึ่งมีความเสี่ยงอยู่ในระดับสูง เหตุการณ์ที่ 2 (GATE 2) ระบบบำบัดฝุ่นทำงานไม่มีประสิทธิภาพ มีค่าผลกระทบในการเกิดเหตุการณ์ (Impact) เท่ากับ 0.69 และค่าโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ (Probability) เท่ากับ 69.38 % ระดับความเสี่ยง 16 คะแนนซึ่งมีความเสี่ยงอยู่ในระดับสูง และเหตุการณ์ที่ 3 (GATE 3) ไม่มีผู้กำกับดูแลการปฏิบัติงาน มีค่าผลกระทบในการเกิดเหตุการณ์ (Impact) เท่ากับ 0.21 และค่าโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ (Probability) เท่ากับ 81.25 % ระดับความเสี่ยง 10 คะแนนซึ่งมีความเสี่ยงอยู่ในระดับสูง

3.3.2 การเจ็บป่วยจากการรับสัมผัสฝุ่นละออง

พบว่าเหตุการณ์ที่มีความเสี่ยงจากการเจ็บป่วยจากการรับสัมผัสฝุ่นละอองมี 3 เหตุการณ์ (GATE) คือ เหตุการณ์ที่ 1 (GATE 1) ไม่สวมใส่ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) ชนิดป้องกันระบบหายใจ มีค่าผลกระทบในการเกิดเหตุการณ์ (Impact) เท่ากับ 0.69 และค่าโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ (Probability) เท่ากับ 77.96 % ระดับความเสี่ยง 20 คะแนนซึ่งมีความเสี่ยงอยู่ในระดับสูงมาก เหตุการณ์ที่ 2 (GATE 2) ระบบบำบัดฝุ่นทำงานไม่มีประสิทธิภาพ มีค่าผลกระทบในการเกิดเหตุการณ์ (Impact) เท่ากับ 0.10 และค่าโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ (Probability) เท่ากับ 69.38 % ระดับความเสี่ยง 16 คะแนนซึ่งมีความเสี่ยงอยู่ในระดับสูง และเหตุการณ์ที่ 3 (GATE 3) ไม่มีการทำความสะอาดเครื่องจักร มีค่าผลกระทบในการเกิดเหตุการณ์ (Impact) เท่ากับ 0.21 และค่าโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ (Probability) เท่ากับ 81.25 % ระดับความเสี่ยง 10 คะแนนซึ่งมีความเสี่ยงอยู่ในระดับสูง

3.3.3 การระเบิด / ติดไฟจากยากำจัดมอดและแมลง

พบว่าเหตุการณ์ที่มีความเสี่ยงจากการระเบิด / ติดไฟจากยากำจัดมอดและแมลงมี 3 เหตุการณ์ (GATE) คือ เหตุการณ์ที่ 1 (GATE 1) แหล่งความร้อนและประกายไฟ มีค่าผลกระทบในการเกิดเหตุการณ์ (Impact) เท่ากับ 0.57 และค่าโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ (Probability) เท่ากับ 2.31 % ระดับความเสี่ยง 4 คะแนนซึ่งมีความเสี่ยงอยู่ในระดับปานกลาง เหตุการณ์ที่ 2 (GATE 2) ออกซิเจน มีค่าผลกระทบในการเกิดเหตุการณ์ (Impact) เท่ากับ 0.14 และค่าโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ (Probability) เท่ากับ 1.00 % ระดับความเสี่ยง 2 คะแนนซึ่งมีความเสี่ยงอยู่ในระดับต่ำ และเหตุการณ์ที่ 3 (GATE 3) เชื้อเพลิง มีค่าผลกระทบในการเกิดเหตุการณ์ (Impact) เท่ากับ 0.29 และค่าโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ (Probability) เท่ากับ 2.30 % ระดับความเสี่ยง 2 คะแนนซึ่งมีความเสี่ยงอยู่ในระดับต่ำ

3.3.4 การระเบิด/ติดไฟจากการรั่วไหลของแก๊สรัลโพลีคลิฟท์

พบว่าเหตุการณ์ที่มีความเสี่ยงจากการระเบิด/ติดไฟจากการรั่วไหลของแก๊สรัลโพลีคลิฟท์มี 3 เหตุการณ์ (GATE) คือ เหตุการณ์ที่ 1 (GATE 1) แหล่งความร้อนและประกายไฟ มีค่าผลกระทบในการเกิดเหตุการณ์ (Impact) เท่ากับ 0.57 และค่าโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ (Probability) เท่ากับ 2.31 % ระดับความเสี่ยง 4 คะแนนซึ่งมีความเสี่ยงอยู่ในระดับปานกลาง เหตุการณ์ที่ 2 (GATE 2) ออกซิเจน มีค่าผลกระทบในการเกิดเหตุการณ์ (Impact) เท่ากับ 0.14 และค่าโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ (Probability) เท่ากับ 1.00 % ระดับความเสี่ยง 2 คะแนนซึ่งมีความเสี่ยงอยู่ในระดับต่ำ และเหตุการณ์ที่ 3 (GATE 3) เชื้อเพลิง มีค่าผลกระทบในการเกิดเหตุการณ์ (Impact) เท่ากับ 0.29 และค่าโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ (Probability) เท่ากับ 1.00 % ระดับความเสี่ยง 2 คะแนนซึ่งมีความเสี่ยงอยู่ในระดับต่ำ

3.3.5 การเกิดภาวะ Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS) จากการสัมผัสสารออลูมิเนียมฟอสเฟต



มาตรการที่ 4 บำรุงรักษา ดูแลการทำงานของระบบผลิตที่เกี่ยวข้องให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดีเป็นประจำ

พบว่าเหตุการณ์ที่มีความเสี่ยงจากการเกิดภาวะ Acute Respiratory Distress Syndrome จากการสัมผัสสารอลูมิเนียมฟอสเฟตมี 3 เหตุการณ์ (GATE) คือ เหตุการณ์ที่ 1 (GATE 1) อัตรการระบายอากาศไม่มีประสิทธิภาพ มีค่าผลกระทบในการเกิดเหตุการณ์ (Impact) เท่ากับ 0.10 และค่าโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ (Probability) เท่ากับ 68.77 % ระดับความเสี่ยง 8 คะแนนซึ่งมีความเสี่ยงอยู่ในระดับ ปานกลาง เหตุการณ์ที่ 2 (GATE 2) ไม่สวมใส่ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) ชนิดป้องกันระบบหายใจ มีค่าผลกระทบในการเกิดเหตุการณ์ (Impact) เท่ากับ 0.69 และค่าโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ (Probability) เท่ากับ 77.96 % ระดับความเสี่ยง 16 คะแนนซึ่งมีความเสี่ยงอยู่ในระดับสูง และเหตุการณ์ที่ 3 (GATE 3) ไม่ปฏิบัติตามวิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction) เรื่อง การปฏิบัติงานการรยวมอดและแมลง มีค่าผลกระทบในการเกิดเหตุการณ์ (Impact) เท่ากับ 0.21 และค่าโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ (Probability) เท่ากับ 81.25 % ระดับความเสี่ยง 10 คะแนนซึ่งมีความเสี่ยงอยู่ในระดับสูง

3.4 เกณฑ์ในการตัดสินใจและมาตรการในการแก้ไข ปัญหา

ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ของผู้เชี่ยวชาญและการรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปเป็นเกณฑ์ในการเลือกและมาตรการในการแก้ไขปัญหา ใช้เกณฑ์ในการตัดสินใจ 4 เกณฑ์ คือ 1. งบประมาณ 2. การขาดแคลนผู้ที่มีความรู้เฉพาะด้าน 3. ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น 4. ความยากง่ายในการแก้ไขปัญหา และกำหนดมาตรการในการแก้ไขปัญหา ดังนี้

1. ปัญหาฝุ่นละออง มี 4 มาตรการ คือ มาตรการที่ 1 ปรับเปลี่ยนระบบกำจัดฝุ่นให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น มาตรการที่ 2 ระบบสายพานลำเลียงต้องเป็นระบบปิด เพื่อลดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นระหว่างการลำเลียง มาตรการที่ 3 จัดให้มีผู้จัดการสิ่งแวดล้อม ผู้ควบคุมระบบบำบัดมลพิษและผู้ปฏิบัติงานประจำเครื่องระบบบำบัดมลพิษ

2. ปัญหาการเจ็บป่วยจากการรับสัมผัสฝุ่นละออง มี 4 มาตรการ คือ มาตรการที่ 1 จัดทำโครงการ 5ส ทำความสะอาดเครื่องจักรและส่วนอื่น ๆ เพื่อลดปริมาณฝุ่นสะสม มาตรการที่ 2 ปรับเปลี่ยนระบบกำจัดฝุ่นให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น มาตรการที่ 3 บำรุงรักษา ดูแลการทำงานของระบบผลิตที่เกี่ยวข้องให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดีเป็นประจำ มาตรการที่ 4 จัดหาอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) ที่เหมาะสมกับลักษณะงาน และมีการอบรมการใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ให้กับพนักงาน

3. ปัญหาการระเบิด/ติดไฟจากยากำจัดมอดและแมลง มี 4 มาตรการ คือ มาตรการที่ 1 ออกกฎ ระเบียบ ห้ามก่อประกายไฟในสถานที่ที่มีการใช้ปฏิบัติงาน มาตรการที่ 2 จัดหาผ้ากันไฟนำมาใช้สำหรับงานเชื่อม งานซ่อมแซม เพื่อป้องกันสะเก็ดไฟกระเด็น มาตรการที่ 3 ซ่อมแซมหลังคา และผนังอาคารให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์เพื่อป้องกันการรั่วไหล มาตรการที่ 4 ตรวจสอบปริมาณก๊าซของสารอลูมิเนียมฟอสเฟตว่ายังมีก๊าซคงเหลือหรือไม่

4. ปัญหาการระเบิด/ติดไฟจากการรั่วไหลของแก๊สธรีโพลีคลิฟท์ มี 3 มาตรการ คือ มาตรการที่ 1 ตรวจสอบระบบแก๊สที่ใช้กับธรีโพลีคลิฟท์เป็นประจำให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ และไม่ก่อให้เกิดอันตราย มาตรการที่ 2 ออกกฎ ระเบียบ ห้ามก่อประกายไฟในสถานที่ที่มีการใช้ปฏิบัติงาน มาตรการที่ 3 จัดหาผ้ากันไฟนำมาใช้สำหรับงานเชื่อม งานซ่อมแซม เพื่อป้องกันสะเก็ดไฟกระเด็น

5. ปัญหาการเกิดภาวะ Acute Respiratory Distress Syndrome จากการสัมผัสสารอลูมิเนียมฟอสเฟต มี 5 มาตรการ คือ มาตรการที่ 1 จัดหาอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) ที่เหมาะสมกับลักษณะงาน และมีการอบรมการใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ให้กับพนักงาน มาตรการที่ 2 จัดอบรมเกี่ยวกับวิธีการใช้สารอลูมิเนียมฟอสเฟตก่อนการปฏิบัติงาน และอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง มาตรการที่ 3 ปรับปรุงระบบ

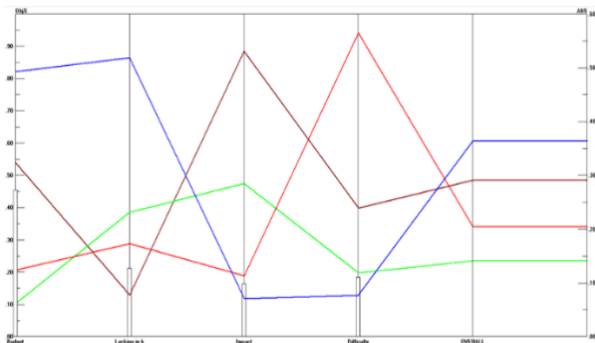


ระบายอากาศให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับพื้นที่การปฏิบัติงาน มาตรการที่ 4 ตรวจวัดปริมาณก๊าซของสารอลูมิเนียมฟอสเฟตว่ายังมีก๊าซคงเหลือหรือไม่ มาตรการที่ 5 จัดให้มีการตรวจสอบสุขภาพพนักงานก่อนรับเข้าทำงาน และตรวจสอบสุขภาพประจำปี

3.5 นำหนักความสำคัญจากกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น

3.5.1 ปัญหาฝุ่นละออง

ผลลัพธ์จากการคำนวณด้วยกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น ปรากฏว่ามาตรการที่ 1 มีความสนใจมากที่สุด ตามด้วยมาตรการที่ 4 มาตรการที่ 2 และมาตรการที่ 3 ตามลำดับ ดังนั้นจึงมีเหตุผลสนับสนุนเพียงพอที่จะเลือกมาตรการที่ 1 นำมาแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองที่เกิดจากกระบวนการผลิตข้าวสาร ถึงแม้จะต้องใช้งบประมาณสูงในการแก้ไขระบบก็ตาม (ดังแสดงในภาพที่ 6)

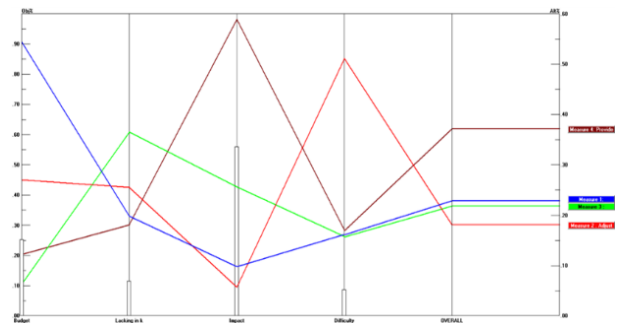


โดย สีน้ำเงิน คือ มาตรการที่ 1
สีแดง คือ มาตรการที่ 2
สีเขียว คือ มาตรการที่ 3
สีแดงเข้ม คือ มาตรการที่ 4

ภาพที่ 6 เปรียบเทียบการให้น้ำหนักความสำคัญของทางเลือกการจัดการมาตรการการปัญหาฝุ่นละออง ในแต่ละปัจจัยจากโปรแกรม Expert Choice

3.5.2 การเจ็บป่วยจากการรับสัมผัสฝุ่นละออง

ผลลัพธ์จากการคำนวณด้วยกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น ปรากฏว่ามาตรการที่ 4 มีความสนใจมากที่สุด ตามด้วยมาตรการที่ 1 มาตรการที่ 2 และมาตรการที่ 3 ตามลำดับ ดังนั้นจึงมีเหตุผลสนับสนุนเพียงพอที่จะเลือกมาตรการที่ 4 นำมาแก้ไขปัญหาการเจ็บป่วยจากการรับสัมผัสฝุ่นละอองที่เกิดจากกระบวนการผลิตข้าวสาร ถึงแม้จะต้องคำนึงถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นก็ตาม (ดังแสดงในภาพที่ 7)

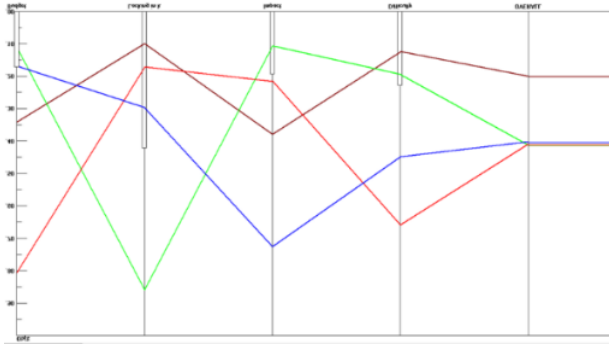


โดย สีน้ำเงิน คือ มาตรการที่ 1
สีแดง คือ มาตรการที่ 2
สีเขียว คือ มาตรการที่ 3
สีแดงเข้ม คือ มาตรการที่ 4

ภาพที่ 7 เปรียบเทียบการให้น้ำหนักความสำคัญของทางเลือกการจัดการมาตรการปัญหาการเจ็บป่วยจากการรับสัมผัสฝุ่นละอองในแต่ละปัจจัยโปรแกรม Expert Choice

3.5.3 การระเบิด / ติดไฟจากยากำจัดมอดและแมลง

ผลลัพธ์จากการคำนวณด้วยกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น ปรากฏว่ามาตรการที่ 3 มีความสนใจมากที่สุด ตามด้วยมาตรการที่ 2 มาตรการที่ 1 และมาตรการที่ 4 ตามลำดับ ดังนั้นจึงมีเหตุผลสนับสนุนเพียงพอที่จะเลือกมาตรการที่ 3 นำมาแก้ไขปัญหาการระเบิด/ติดไฟจากยากำจัดมอดและแมลงที่เกิดจากกระบวนการผลิตข้าวสาร ถึงแม้จะต้องมีผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในดำเนินการซ่อมแซมหลังคา ผนังอาคารก็ตาม (ดังแสดงในภาพที่ 8)

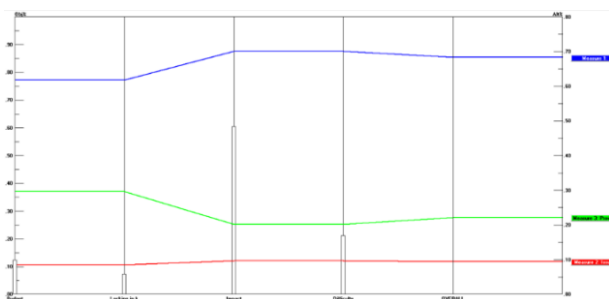


โดย สีน้ำเงิน คือ มาตรการที่ 1
สีแดง คือ มาตรการที่ 2
สีเขียว คือ มาตรการที่ 3
สีแดงเข้ม คือ มาตรการที่ 4

ภาพที่ 8 เปรียบเทียบการให้น้ำหนักความสำคัญของ
ทางเลือกการจำกัดมาตรการปัญหาการระเบิด/ติดไฟจากยา
กำจัดมอดและแมลงในแต่ละปัจจัยโปรแกรม Expert Choice

3.5.4 การระเบิด/ติดไฟจากการรั่วไหลของแก๊สรัล โพลีคลิฟท์

ผลลัพธ์จากการคำนวณด้วยกระบวนการวิเคราะห์เชิง
ลำดับชั้น ปรากฏว่ามาตรการที่ 1 มีความสนใจมากที่สุด ตาม
ด้วยมาตรการที่ 3 และมาตรการที่ 2 ตามลำดับ ดังนั้นจึงมี
เหตุผลสนับสนุนเพียงพอที่จะเลือกมาตรการที่ 1 นำมาแก้ไข
ปัญหาการระเบิด/ติดไฟจากการรั่วไหลของแก๊สรัลโพลีคลิฟท์
ที่ใช้ในกระบวนการผลิตข้าวสาร ถึงแม้จะต้องมีผลกระทบที่
อาจเกิดขึ้นในการจัดจ้างวิศวกรมาทำการตรวจสอบก็ตาม
(ดังแสดงในภาพที่ 9)



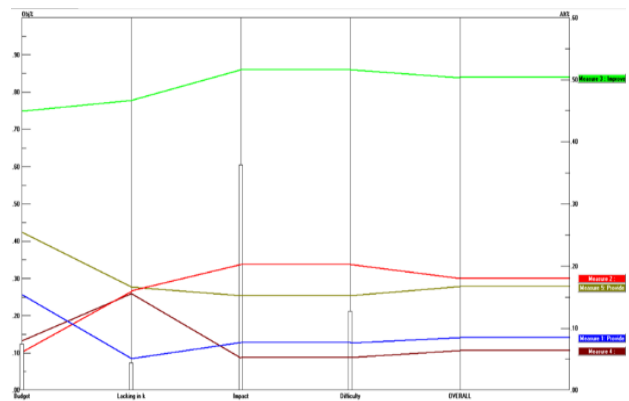
โดย สีน้ำเงิน คือ มาตรการที่ 1
สีแดง คือ มาตรการที่ 2
สีเขียว คือ มาตรการที่ 3

ภาพที่ 9 เปรียบเทียบการให้น้ำหนักความสำคัญของ
ทางเลือกการจำกัดมาตรการปัญหาการระเบิด/ติดไฟจาก
การรั่วไหลของแก๊สรัลโพลีคลิฟท์ในแต่ละปัจจัยโปรแกรม

Expert Choice

3.5.5 การเกิดภาวะ Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS) จากการสัมผัสสารออลูมิเนียมฟอสเฟต

ผลลัพธ์จากการคำนวณด้วยกระบวนการวิเคราะห์เชิง
ลำดับชั้น ปรากฏว่ามาตรการที่ 3 มีความน่าสนใจมากที่สุด
ตามด้วยมาตรการที่ 2 มาตรการที่ 5 มาตรการที่ 1 และ
มาตรการที่ 4 ตามลำดับ ดังนั้นจึงมีเหตุผลสนับสนุนเพียงพอ
ที่จะเลือกมาตรการที่ 3 นำมาแก้ไขปัญหาการเกิดภาวะ
Acute Respiratory Distress Syndrome จากการสัมผัสสาร
ออลูมิเนียมฟอสเฟตที่เกิดจากกระบวนการผลิตข้าวสาร ถึงแม้
จะต้องมีผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในการแก้ไขระบบก็ตาม
(ดังแสดงในภาพที่ 10)



โดย สีน้ำเงิน คือ มาตรการที่ 1
สีแดง คือ มาตรการที่ 2
สีเขียว คือ มาตรการที่ 3
สีแดงเข้ม คือ มาตรการที่ 4
สีเขียวน้ำเงิน คือ มาตรการที่ 5

ภาพที่ 10 เปรียบเทียบการให้น้ำหนักความสำคัญของ
ทางเลือกการจำกัดมาตรการปัญหาการเกิดภาวะ Acute
Respiratory Distress Syndrome (ARDS) จากการสัมผัสสาร
ออลูมิเนียมฟอสเฟตในแต่ละปัจจัยโปรแกรม Expert Choice



4. อภิปรายผล (Discussion)

จากผลการศึกษาพบว่าระดับความเสี่ยงที่ได้จากการประเมินความเสี่ยงและการวิเคราะห์หาค่าผลกระทบของการจัดการสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยจากกระบวนการการผลิตข้าวสาร ปัญหาฝุ่นละอองมีความเสี่ยงอยู่ในระดับที่สูง และการไม่สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) ชนิดป้องกันระบบหายใจอยู่ในระดับที่สูงมาก อาจทำให้เกิดการเจ็บป่วยจากการสัมผัสฝุ่นละออง ส่วนการเกิดภาวะ Acute Respiratory Distress Syndrome จากการสัมผัสสารอลูมิเนียมฟอสเฟต อาจเกิดจากการไม่ปฏิบัติตามวิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction) เรื่องการปฏิบัติงานการรมยามอดและแมลง เพราะความเสี่ยงอยู่ในระดับสูง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการประเมินความเสี่ยงมาใช้เป็นแนวทางในการหามาตรการการจัดการสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยของกระบวนการการผลิตข้าวสาร พบว่าปัญหาฝุ่นละอองเลือกใช้วิธีการปรับเปลี่ยนระบบกำจัดฝุ่นให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สุขสันต์ สุขวานค์ และคณะ (2560) ได้เสนอแนวทางการจัดการมลพิษทางอากาศจากโรงสีข้าวว่าควรใช้ระบบจัดการฝุ่นละอองที่มีประสิทธิภาพเพื่อลดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละออง ซึ่งควรเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสม ดูแลรักษาง่าย และราคาไม่แพง เช่น เลือกใช้เทคโนโลยีสะอาด (Clean technology) ในกระบวนการผลิต ปัญหาการเจ็บป่วยจากการสัมผัสฝุ่นละอองเลือกใช้วิธีจัดหาอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) ที่เหมาะสมกับลักษณะงาน และมีการอบรมการใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ให้กับพนักงาน สอดคล้องกับงานวิจัยของจิราภรณ์ หลาบคำ และคณะ ได้ศึกษาพฤติกรรมการป้องกันฝุ่นหินของพนักงานโรงโม่หินในอำเภอน้ำยืน จังหวัดอุบลราชธานี พบว่าพนักงานโรงโม่หินมีความรู้ในการป้องกันฝุ่นหินอยู่ในระดับดีส่งผลให้พนักงานโรงโม่หินมีความรู้ในการป้องกันอันตรายจากฝุ่นหินอยู่ในระดับดีประกอบกับสถานประกอบการโรงโม่หินมีการดำเนินการเพื่อป้องกันและลดอัตราการเจ็บป่วยตามกฎหมาย ปัญหาการระเบิด/ติดไฟจากยากำจัดมอดและแมลงเลือกใช้วิธีช่อมแซมหลังคา และผนัง

อาคารให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์เพื่อป้องกันการรั่วไหล ตามเอกสารข้อมูลความปลอดภัยสารเคมี (MSDS) ของอลูมิเนียมฟอสเฟตได้ระบุในข้อมูลการเกิดอัคคีภัยและการระเบิดไว้ว่า สารเคมีชนิดนี้เป็นสารไม่ไวไฟ ทำให้เกิดเพลิงไหม้และการระเบิดเมื่อถูกความชื้น (บริษัท เคมแพค จำกัด) ปัญหาการระเบิด/ติดไฟจากการรั่วไหลของแก๊สโรลล์คลิฟท์เลือกใช้วิธีตรวจสอบระบบแก๊สที่ใช้กับรถโฟล์คลิฟท์เป็นประจำให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ และไม่ก่อให้เกิดอันตราย วิธีการตรวจนั้นสามารถอ้างอิงได้ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมเรื่องรถโฟล์คลิฟท์ (Forklift) ที่ใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวเป็นเชื้อเพลิง พ.ศ.2545 และปัญหาการเกิดภาวะ Acute Respiratory Distress Syndrome จากการสัมผัสสารอลูมิเนียมฟอสเฟตเลือกใช้วิธีปรับปรุงระบบระบายอากาศให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับพื้นที่การปฏิบัติงาน ปัทมาพร ท่อชู และคณะ ได้กล่าวว่ากระบวนการผลิตในโรงงานต่าง ๆ เป็นจุดกำเนิดของสารพิษในบรรยากาศการทำงาน ซึ่งอยู่ในรูปของไอ ฝุ่น ฝุน แก๊ส พบว่ามีมากกว่า 500 ชนิด อากาศพิษเหล่านี้เป็นต้นเหตุของการเกิดอันตราย และโรคหลายชนิด เช่น โรคแพ้พิษตะกั่ว โรคปอดฝุ่นทราย หลอดลมอักเสบเรื้อรัง และโรคปอดเรื้อรังต่าง ๆ

5. สรุปผล (Conclusion)

จากการอภิปรายผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าระดับความเสี่ยงที่ได้จากการประเมินความเสี่ยงและการวิเคราะห์หาค่าผลกระทบส่วนใหญ่อยู่ในระดับความเสี่ยงที่สูง จึงดำเนินการหามาตรการเพื่อนำมาแก้ไขปัญหา โดยใช้เทคนิคกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นมาช่วยตัดสินใจในการหาทางเลือกในการหามาตรการสำหรับการจัดการสิ่งแวดล้อมในกระบวนการการผลิตข้าวสาร ทั้งนี้ผู้บริหารสามารถนำข้อมูลที่ได้นำไปดำเนินการในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น และสามารถนำวิธีการนี้ไปประเมินทั้งบริษัท เพื่อที่จะได้ครอบคลุมในการแก้ไขปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยในทุก ๆ ฝ่าย หรือนำวิธีการประเมินความเสี่ยงและการประเมินผลการจัดการความเสี่ยงในกระบวนการการผลิต



ข่าวสาร เพื่อเป็นทิศทางเดียวกันและนำไปใช้ได้ ใน
อุตสาหกรรมอื่น ๆ ต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณโรงงานอุตสาหกรรมการผลิต
ข่าวสารแห่งหนึ่งในจังหวัดนครปฐม ในการสนับสนุนข้อมูล
จากกระบวนการการผลิต ผู้เชี่ยวชาญด้านกระบวนการการ
ผลิตทั้ง 3 ท่าน ในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล และ
การให้ค่าความสำคัญในการหามาตรการการจัดการ
สิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยของงานวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

7.1 เอกสารอ้างอิงภาษาไทย

- [1] กรมควบคุมมลพิษ (2562). สถิติการร้องเรียนปัญหา
มลพิษ ปี 2561. [เข้าถึงเมื่อ 6 มิถุนายน 2562]. เข้าถึง
ได้จาก : www.pcd.go.th/info_ser/pol2_stat2561.cfm
- [2] กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน (2562). สัญลักษณ์ใน
การวิเคราะห์แขนงความบกพร่องของเหตุการณ์. [เข้าถึง
เมื่อ 8 กรกฎาคม 2562]. เข้าถึงได้จาก :
<http://www.twc.co.th/web/>
- [3] กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2551). มนุษย์กับ
สิ่งแวดล้อม. [เข้าถึงเมื่อ 1 มิถุนายน 2562]. เข้าถึงได้
จาก : www.local.environnet.in.th/formal_data2.php?id=8
- [4] กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2562). ความปลอดภัย การ
ประเมินความเสี่ยงโรงงาน. [เข้าถึงเมื่อ 8 กรกฎาคม
2562]. เข้าถึงได้จาก : www.diw.go.th/hawk/content.php?mode=laws&tabid=1 &secid=4
- [5] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2563). ประกาศกระทรวง
อุตสาหกรรมเรื่อง รถโฟล์คลิฟท์ (Forklift) ที่ใช้ก๊าซ
ปิโตรเลียมเหลวเป็น เชื้อเพลิง พ.ศ. ๒๕๔๕. [เข้าถึงเมื่อ
22 มิถุนายน 2563]. เข้าถึงได้จาก : <http://php.diw.go.th/safety/wp-content/uploads/2014/02/floklift.pdf>

การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม
นวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 9 ประจำปี 2563

- [6] จิราภรณ์ หลาบคำ และคณะ. (2560). พฤติกรรมการ
ป้องกันฝุ่น หินของพนักงานโรงโม่หินในอำเภอน้ำเย็น
จังหวัดอุบลราชธานี. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 2560; 19: 71 - 83
- [7] ชัชวาล เทียมถนอม (2550). ปัญหาสิ่งแวดล้อมกับแนวคิด
เชิงจิตวิทยา. [เข้าถึงเมื่อ 1 มิถุนายน 2562]. เข้าถึงได้
จาก : www.digi.library.tu.ac.th/index/0025/7-2-Jul-Dec-2550/05PAGE78-PAGE100.pdf
- [8] ชารินี ลีมสวัสดิ์ (2550). การวิเคราะห์ปัญหาในการ
บริหารงานก่อสร้างช่วงดำเนินการก่อสร้าง โดยการ
วิเคราะห์แบบฟอลท์ทรี. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรม
ศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [9] เชษฐชดา เชื้อสุวรรณ (2561). อุตสาหกรรมข้าว. แนวโน้ม
ธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2561 - 2563 ธนาคารกรุงศรี-
อยุธยา.
- [10] ดำรงค์ วงษ์นาม. (2557). การประยุกต์ใช้สแลนดักฝุ่น
เพื่อลดปริมาณฝุ่นละอองจากโรงสีข้าวชุมชน กรณีศึกษา:
โรงสีข้าว ชุมชนบ้านโนนเกษตร ตำบลเมืองเกษตร
อำเภอขามสะแกแสง จังหวัดนครราชสีมา.วารสารวิจัย
และพัฒนาระบบ สุขภาพ, 6(3), 132-135
- [11] เติตติธา ทิพย์รัตน์ (2544). แบบจำลองการวิเคราะห์
ดัชนีการประสบอุบัติเหตุโดยการวิเคราะห์ความผิดพลาด
ด้วยแผนภูมิต้นไม้ FTA และกระบวนการลำดับขั้นเชิง
วิเคราะห์ AHP. วิทยานิพนธ์ ปริญญาดุขฎฐิ-บัณฑิต
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [12] บุษราคัม เสวตสกุลานนท์ (2551). การวิเคราะห์ปัจจัยที่
มีผลกระทบต่อการทำงานของผู้รับจ้างก่อสร้าง
ขนาดเล็กในภาคกลางตอนบน โดยใช้การวิเคราะห์แบบ
ฟอลท์ทรี. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรม-ศาสตรมหา
บัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [13] บริษัท เคมแพค จำกัด (2563). aluminium phosphide 56
%. Material Safety Data Sheet (MSDS).



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม
นวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 9 ประจำปี 2563

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[14] ปัทมาพร ท่อชู และคณะ. (2563). ระบบระบายอากาศ
ในโรงงาน (Ventilation System for Factory) [เข้าถึงเมื่อ 22
มิถุนายน 2563]. เข้าถึงได้จาก :

<http://www.thailandindustry.com/onlinemag/view2.php?id=1522§ion=37&issues=82>

[15] พิมพ์ บัวพิมพ์ และคณะ (2562). การประเมินความ
เสี่ยงโดยกระบวนการวิเคราะห์ต้นไม้แห่งความล้มเหลว
และกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้นของการจัดการ
มูลฝอยติดเชื้อในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล.
วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 2562;
29(3): 465 – 480

[16] พรศิริ สุพัฒน์ (2553). การเลือกทางเลือกที่เหมาะสม
สำหรับการจัดการการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดย
ประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้นในโรงงาน
ปิโตรเคมี. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรม-ศาสตรมหา
บัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนคร
เหนือ.

[17] รัฐรุจน์ ฐิติชาติธนวงศ์ (2557). การจัดลำดับปัจจัย
ความสำคัญในการคัดเลือกเครื่องจักรโดยใช้กระบวนการ
วิเคราะห์เชิงลำดับขั้น กรณีศึกษาโรงงานผลิต
เครื่องประดับ. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตร
มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

[18] วราพงษ์ มงคลแท้ และคณะ (2552). การประเมินความ
เสี่ยงด้วยการวิเคราะห์ความผิดพลาดแบบแผนภูมิต้นไม้
สำหรับกระบวนการฉีดขึ้นรูปอะลูมิเนียม. วิศวกรรมสาร
มก 2552; 69(22) : 47 – 55

[19] วิฑูรย์ ต้นศิริมงคล (2542). AHP กระบวนการตัดสินใจที่
ได้รับความนิยมมากที่สุดในโลก. กราฟฟิคแอนด - ปริ
นติ้งเซ็นเตอร์.

[20] วรเชษฐ์ ธนะชัยพันธ์ (2554). การวิเคราะห์อุบัติเหตุทาง
หลวงที่จุดอันตรายโดยวิธีพีซีพีแอลที. วิทยานิพนธ์

[21] ศิริชัย กาญจนวาสี (2544). ทฤษฎีการประเมิน.

กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[22] สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (องค์การมหาชน)
(2562). กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น. [เข้าถึงเมื่อ
10 กรกฎาคม 2562]. เข้าถึงได้จาก :

www.dti.or.th/download/150319174753_3ahp4.pdf

[23] สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย (2553).

โครงการศึกษาแนวทางการจัดการห่วงโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ของสินค้าเกษตร. รายงานฉบับสมบูรณ์ เสนอ
สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคม
แห่งชาติ.

[24] สถาบันส่งเสริมความปลอดภัย อาชีวอนามัย และ

สภาพแวดล้อมในการทำงาน (องค์การมหาชน) (2562).

มาตรฐานความปลอดภัยและอาชีวอนามัย. [เข้าถึงเมื่อ 1
กรกฎาคม 2562]. เข้าถึงได้จาก : www.tosh.th/images/

[file/2018/210-3.pdf](http://www.tosh.th/images/file/2018/210-3.pdf)

[25] สุวิมล ว่องวานิช (2548). การวิจัยประเมินความต้องการ
ความจำเป็น. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์
แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[26] สุรินทร์ แห่งมงาม และคณะ. (2558). เครื่องดักจับฝุ่น

ด้วยไซโคลนและไฟฟ้าสถิตสำหรับโรงสีข้าว. การ

ประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่
ชุมชนแห่งประเทศไทยครั้งที่ 8. หน้า 164-167

[27] สุขสันต์ สุภาวงศ์ และคณะ (2560). แนวทางการจัดการ

มลพิษทางอากาศจากโรงสีข้าว กรณีศึกษา ตำบลแม่

ระกา อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก. การนำเสนอ

ผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา

มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 17 2560; 17:

2741 – 2750



[28] สมบัติ ท้ายเรือคำ (2551). ระเบียบวิธีวิจัยสำหรับ
มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์กาฬสินธุ์ : ประสานการ
พิมพ์

[29] สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา (2562).
พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม
แห่งชาติ พ.ศ. 2535. [เข้าถึงเมื่อ 22 มิถุนายน 2562].
เข้าถึงได้จาก : [www.web.krisdika.go.th/data/
law/law2/%CA08/%CA08-20-9999-update.pdf](http://www.web.krisdika.go.th/data/law/law2/%CA08/%CA08-20-9999-update.pdf)

[30] สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน)
(2562). คลังข้อมูลสารสนเทศข้าวเชิงลึก. [เข้าถึงเมื่อ 6
มิถุนายน 2562]. เข้าถึงได้จาก :
www.arda.or.th/kasetinfo/rice/rice-histories.html

[2] Brown, D.B. (1976). System analysis and design for safety.
New Jersey : Prentice – Hall.

[3] Louva J.F. and B.D. Louvar (1998). Health and Environmental
Risk Analysis. Prentice Hall PTR. New York.

[4] Luong Thanh By, et.al. (2016). Behavioural interventions to
promote workers' use of respiratory protective equipment.
Cochrane Library Cochrane Database of Systematic Reviews

[5] Oyong Novareza, et.al (2017). RISK ANALYSIS BY COMBINING
FAULT TREE ANALYSIS (FTA) AND ANALYTIC HIERARCHY
PROCESS (AHP) METHOD APPLICABLE TO CANE CUTTER
MACHINE. Journal of Engineering and management industrial
system. 2017; 5(1) : 37 – 45

[6] Vesely, et.al (1981). Fault tree Handbook. Washington, D.C. :
US Nuclear Regulatory Commission.

7.2 เอกสารอ้างอิงภาษาอังกฤษ

[1] American Institute of Chemical Engineers (1985). Guidelines
for Hazard Evaluation Procedures. New York.



การเตรียมและสมบัติของเส้นใยคาร์บอนเคลือบด้วยพอลิแอนิไลน์

Preparation and Properties of Carbon Fiber Grafted with Polyaniline

จุฑาภักดิ์ เกษรทอง^{1*}, กาวี ศรีกุลกิจ²

1 สาขาวิชาปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

254 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

Jutapak.k@hotmail.com

2 ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย Kawee.S@Chula.ac.th

บทคัดย่อ

ในการศึกษานี้ เราทำการเคลือบพอลิแอนิไลน์ (PANi) ลงบนพื้นผิวเส้นใยคาร์บอน (CF) ผ่านการสังเคราะห์ทางเคมี ประการแรกทำการปรับพื้นผิวของเส้นใยคาร์บอน ด้วยปฏิกิริยานิเตรชันโดยใช้กรดซัลฟิวริก/กรดไนตริก ทำให้ได้เส้นใยคาร์บอนที่ประกอบไปด้วยหมู่ไนโตร ตามด้วยปฏิกิริยารีดักชันโดยใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟด์/แอมโมเนีย ทำให้ได้เส้นใยคาร์บอนที่ประกอบไปด้วยหมู่เอมีน จากนั้นทำการต่อกิ่งพอลิแอนิไลน์บนหมู่เอมีนโดยใช้ปฏิกิริยาออกซิเดชันพอลิเมอร์ไรเซชันของแอนิไลน์ โดยมีแอมโมเนียมเพอร์ซัลเฟต เป็นตัวริเริ่ม ซึ่งหมู่ฟังก์ชัน (CF, CF-NO₂, CF-NH₂ และ CF-PANi) ได้รับการยืนยันโดยการวิเคราะห์ FTIR และ SEM นอกจากนี้เมื่อตรวจสอบด้วยเทคนิค TGA พบว่าปริมาณเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของเส้นใยคาร์บอนเพิ่มขึ้นถึง 40% โดยน้ำหนักพอลิแอนิไลน์ จากนั้นนำ PANi-g-CF มาทำการทดสอบเป็นอิเล็กโทรด เพื่อศึกษาประสิทธิภาพทางไฟฟ้า พบว่าค่าความจุของ PANi-g-CF ที่อัตราส่วน 1: 1 ของเส้นใยคาร์บอนต่อพอลิแอนิไลน์มีค่า 15.50 ฟารัดต่อกรัม ซึ่งมีค่าสูงกว่าเส้นใยคาร์บอน (0.51 ฟารัดต่อกรัม) โดยจากผลของการทดสอบดังกล่าวยืนยันว่าการสังเคราะห์ PANi-g-CF ประสบความสำเร็จ

In this study, we attempted to coat polyaniline (PANi) on carbon fiber (CF) surface by chemical synthesis. PANi coated CF was prepared. Firstly surface modifications of CF were carried out using nitration reaction using sulfuric acid/nitric acid, resulting in nitro group functionalized CF, followed by reduction reaction using sodium hydrosulfite/ammonia, resulting in amine group functionalized CF. Then grafting of PANi on amino group by oxidation polymerization of aniline with ammonium persulfate as an initiator. Functionalized groups (CF, CF-NO₂, CF-NH₂ and CF-PANi) were confirmed by FTIR analysis and SEM. PANi was successful deposited onto CF-NH₂ surface. In addition, percent weight content of grafted PANi was determined using TGA technique which 40 wt% PANi was found. PANi-g-CF was tested as electrode to study electrical performance. It was found that capacitance value of PANi-g-CF at a 1:1 ratio of CF to PANi, was 15.50 farad/gram which was significantly higher than that of CF (0.51 farad/gram), confirming the successful synthesis of PANi-g-CF.

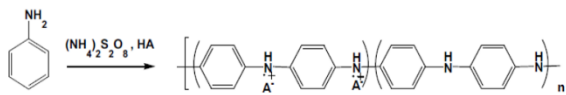
คำสำคัญ (Key word): Polyaniline-g-carbon fiber; Nitration/Reduction Reaction; Electrical properties



1. บทนำ (Introduction)

ในระบบไพคอนจูเกต (pi conjugated system) ซึ่งโมเลกุลมีลักษณะพิเศษ คือ จะมีพันธะคู่สลับกับพันธะเดี่ยว (conjugated double bonds) เช่น โมเลกุลสารให้สีอินทรีย์ (organic colorants) ซึ่งในระบบนี้ อิเล็กตรอนในชั้นไพออร์บิทัล (pi orbital) จะมีความสามารถเคลื่อนที่ (delocalization หรือ overlapping) ผ่านพันธะเดี่ยวและพันธะคู่ที่สลับกันไปมาในโครงสร้าง ทำให้โมเลกุลประเภทนี้สามารถดูดกลืนแสง ปรากฏสี และนำไฟฟ้าได้ (electrical conductivity) ความสามารถในการนำไฟฟ้าขึ้นอยู่กับความต่อเนื่องของพันธะไพคอนจูเกต ซึ่งพบปรากฏการณ์นี้ได้ ในกราไฟท์ (graphite) แกรฟีน (graphene) คาร์บอนนาโนทิวบ์ (carbon nanotubes) เส้นใยคาร์บอน (carbon fiber) และ ไพคอนจูเกตพอลิเมอร์ (pi conjugated polymers)

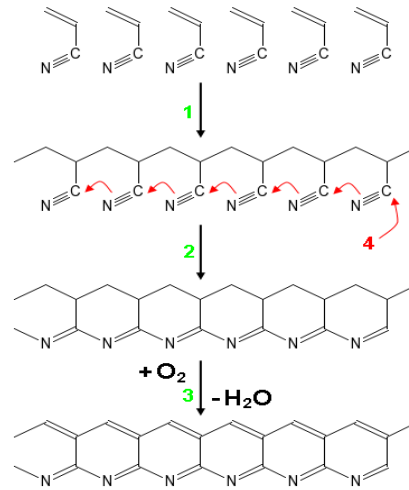
พอลิเมอร์นำไฟฟ้าที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์มากที่สุด ได้แก่ พอลิแอนิลีน (PANi) พอลิไทโอฟีน (PTh) พอลิไพร์โรล (PPy) เนื่องจากมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วงที่ใช้ได้ และเสถียร โดย พอลิแอนิลีน (PANi) ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยอย่างกว้างขวาง เนื่องจาก มีสมบัติเด่น คือสังเคราะห์ได้ง่าย มีความเสถียรต่อสภาพบรรยากาศและความชื้นสูง และราคาถูก โดยในการสังเคราะห์พอลิแอนิลีนจะสังเคราะห์โดยปฏิกิริยาออกซิเดชันพอลิเมอร์ไรเซชัน ใช้ Ammonium persulfate เป็นตัวออกซิแดนท์ ซึ่งโดยทั่วไปพอลิแอนิลีนและอนุพันธ์จะไม่ละลายน้ำ แต่จะสามารถละลายในกรด (HA) เช่น กรดไฮโดรคลอริก หรือ กรดซัลฟิวริก เพราะฉะนั้นในกระบวนการสังเคราะห์ ไอออนลบของ HSO_4^- หรือ SO_4^{2-} จะทำหน้าที่เป็น counter ion บนสายโซ่หลักของพอลิเมอร์



ภาพที่ 1 การสังเคราะห์พอลิแอนิลีนโดยปฏิกิริยาออกซิเดชันพอลิเมอร์ไรเซชัน

โดยข้อจำกัดของพอลิแอนิลีนมีเหมือนพอลิเมอร์นำไฟฟ้าทั่วไป คือ มีความสามารถในการละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ทั่วไป และไม่เกิดการหลอมเหลว เนื่องจากโครงสร้างหลักของสายโซ่มีพันธะคู่อยู่มาก ทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างสายโซ่ที่แข็งแรง และขึ้นรูปได้ยาก จึงเป็นที่มาของ

ความต้องการวัสดุที่เหมาะสมมาเป็นตัวรองรับสำหรับกราฟฟพอลิแอนิลีน โดยวัสดุดังกล่าวที่สนใจคือเส้นใยคาร์บอน เป็นเส้นใยสังเคราะห์ที่จัดอยู่ในกลุ่มเส้นใยสังเคราะห์อนินทรีย์ ซึ่งเส้นใยสังเคราะห์พวก Polyacrylonitrile (PAN) fiber ถือเป็นแหล่งกำเนิดที่นิยมนำมาผลิตเส้นใยคาร์บอนมากที่สุด โดยเส้นใยคาร์บอนเป็นเส้นใยที่มีการขยายตัวตามความร้อนต่ำ ทนต่อสารเคมี มีค่าความแข็งแรง และมีค่ามอดูลัสสูง โดยวิธีที่นิยมได้แก่ การสังเคราะห์ Polymerization จาก acrylonitrile โดยให้ความร้อน เกิดปฏิกิริยา Cyclization ซึ่ง Cyano side group จะฟอร์มเป็น cyclic ring จากนั้นที่อุณหภูมิสูงจะเกิดปฏิกิริยา carbonization มีการสูญเสีย H_2 และ cyclic ring จะเป็น aromatic pyridine group. ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การสังเคราะห์คาร์บอนไฟเบอร์จาก polyacrylonitrile (PAN)

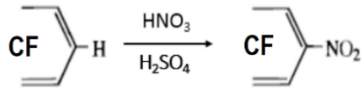
งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยสนใจศึกษาว่าจะสามารถกราฟฟพอลิแอนิลีนลงบนเส้นใยคาร์บอนได้หรือไม่ โดยการปรับสภาพผิวของเส้นใยคาร์บอนด้วยปฏิกิริยาไนเตรชัน/รีดักชัน ก่อนการทำกราฟฟพอลิเมอร์ไรเซชัน และพิสูจน์ว่ามีเกาะติดของพอลิแอนิลีนบนพื้นผิวเส้นใยคาร์บอนด้วยเทคนิค FTIR, SEM, TGA และ สมบัติด้านไฟฟ้า

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

ตัดแปรผิวของเส้นใยคาร์บอนด้วยปฏิกิริยาไนเตรชันและรีดักชัน ซึ่งขั้นตอนการทำปฏิกิริยาไนเตรชัน ทำได้โดยการเตรียมกรดผสมระหว่างกรดไนตริกเข้มข้น 60% และกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 98% ในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร

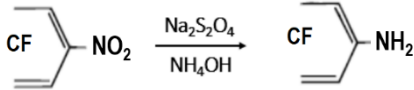


จากนั้นนำเส้นใยคาร์บอนที่เตรียมไว้ใส่ลงไปในกรดผสมที่อัตราส่วนวัสดุต่อสารละลาย 1 : 5 (ปริมาตรของกรดเทียบกับเส้นใยคาร์บอน 1 กรัม) จากนั้นนำไปแช่ในตู้แช่ในช่องแช่แข็งที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เพื่อควบคุมปฏิกิริยาไม่ให้รุนแรง และปล่อยทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง จะได้ CF-NO₂



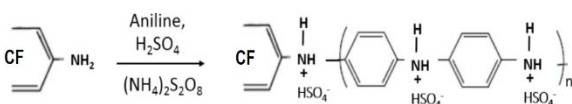
ภาพที่ 4. แสดงปฏิกิริยาไนเตรชัน

จากนั้นขั้นตอนการทำปฏิกิริยารีดักชัน ทำได้โดยการนำ CF-NO₂ ที่ได้จากขั้นตอนปฏิกิริยาไนเตรชัน มาเติมสารละลายโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ ความเข้มข้น 5%/แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 1 มิลลิลิตร ที่อัตราส่วนวัสดุต่อสารละลาย 1: 5 หลังจากนั้นปล่อยทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง จะได้ CF-NH₂



ภาพที่ 5. แสดงปฏิกิริยารีดักชัน

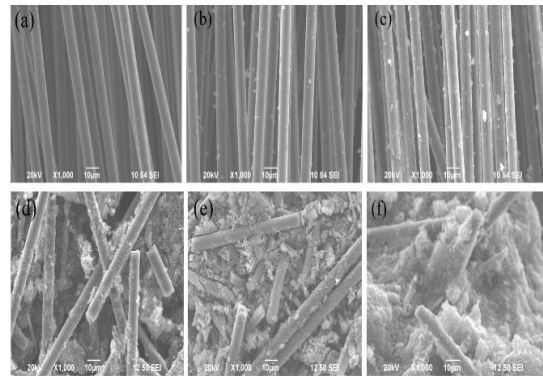
กราฟฟออลิเออนิลีนลงบนผิวของเส้นใยคาร์บอนด้วยเทคนิคออกซิเดชันพอลิเมอไรเซชัน โดยนำ CF-NH₂ ที่เตรียมได้ มาใส่ลงไปในจานเพาะเชื้อที่มีน้ำเตรียมไว้ ที่อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำที่ 1 : 10 (ปริมาตรของน้ำเทียบกับเส้นใยคาร์บอน 1 กรัม) จากนั้นเติมแอนิลีน โดยอัตราส่วน 1, 2 และ 3 เท่าของน้ำหนักเส้นใยคาร์บอน หยดกรดซัลฟิวริก 1.5 เท่าโดยโมลของแอนิลีน เพื่อให้แอนิลีนอยู่ในรูปสารละลาย และหยดสารละลายแอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต 1.25 เท่า โดยโมลของแอนิลีน นำจานเพาะเชื้อไปลดอุณหภูมิที่ 0 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 ชั่วโมง เพื่อให้พอลิเออนิลีนเกาะติดบนผิวเส้นใยคาร์บอนให้ได้มากที่สุด โดยคาดว่า การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันพอลิเมอไรเซชันของแอนิลีนจะเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์



ภาพที่ 6. แสดงปฏิกิริยาออกซิเดชันพอลิเมอไรเซชัน

3. ผลการวิจัย (Results)

วิเคราะห์สัณฐานวิทยาของเส้นใยคาร์บอนด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy, SEM) ดังแสดงในภาพที่ 7. โดยจะเห็นได้ว่าลักษณะสัณฐานวิทยาของเส้นใยคาร์บอนมีลักษณะเป็นทรงกระบอกที่มีพื้นผิวเรียบ ดังภาพที่ 7(a) เมื่อทำปฏิกิริยาไนเตรชันและรีดักชัน ส่งผลให้พื้นผิวของเส้นใยคาร์บอนไม่เรียบดังเดิม โดยจะเห็นได้ว่าการเกาะของสารที่ทำปฏิกิริยาบนเส้นใยคาร์บอนค่อนข้างน้อย ทั้งนี้เป็นเพราะตัวพื้นผิวของเส้นใยคาร์บอนไม่ชอบน้ำ ดังแสดงภาพที่ 7(b) และ 7(c) โดยการเคลือบพอลิเออนิลีนลงบนผิวของ amino carbon fiber แสดงดังภาพที่ 7(d), (e) และ (f) ซึ่งแสดงถึงสัณฐานวิทยาของ CF.NH₂/PANi ในอัตราส่วนน้ำหนัก 1:1, 1:2 และ 1:3 ตามลำดับ

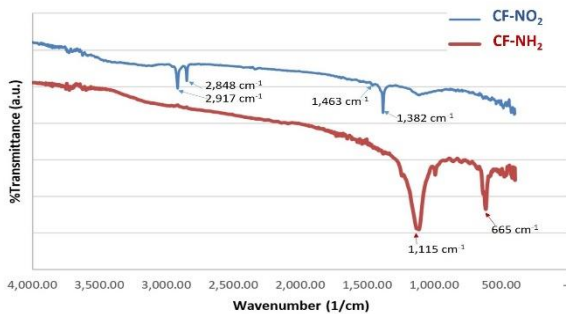


ภาพที่ 7. สัณฐานวิทยาของ (a) CF, (b) CF-NO₂, (c) CF-NH₂, (d) CF.NH₂/PANi (1:1), (e) CF.NH₂/PANi (1:2), และ (f) CF.NH₂/PANi (1:3)

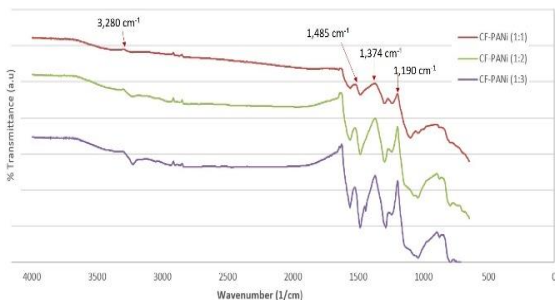
ทำการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของเส้นใยคาร์บอนตัดแปรด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (Fourier transform infrared spectrometer, FT-IR) โดยภาพที่ 8. แสดงสเปกตรัมของ CF-NO₂ และ CF-NH₂ ซึ่งสังเกตเห็นว่าค่าการดูดซับรังสีจะแสดงออกมาเป็นพีคเลขคลื่นต่างๆ (wave number) โดยเส้นใยคาร์บอนพบที่ตำแหน่ง 1,382 cm⁻¹ ซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของหมู่ C-NO₂ stretches และ 1,463 cm⁻¹ เป็นเอกลักษณ์ของหมู่ C-C stretches บนวงแหวนแอโรเมติก ตำแหน่ง 2,848 cm⁻¹ และ 2,917 cm⁻¹ เป็นเอกลักษณ์ของหมู่ C-H stretches บนวงแหวนแอโรเมติก และเมื่อพิจารณาสเปกตรัมของ CF-NH₂



พบพีคที่ 665 cm^{-1} เป็นเอกลักษณ์ของหมู่ secondary amines และพบพีคที่ลักษณะเฉพาะของพันธะ C-N ที่ตำแหน่งประมาณ $1,115\text{ cm}^{-1}$ อย่างชัดเจน ดังแสดงในภาพที่ 8. จากนั้นวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของเส้นใยคาร์บอนดัดแปรเคลือบด้วยพอลิแอนิลิน ดังแสดงในภาพที่ 9. ซึ่งพบพีคที่ตำแหน่ง $3,280\text{ cm}^{-1}$ แสดง N-H stretching ของหมู่เอมีนที่พีค $1,485\text{ cm}^{-1}$ เป็นเอกลักษณ์ของ Benzene ที่พีค $1,374$ และ $1,190\text{ cm}^{-1}$ ซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของ C-N stretching



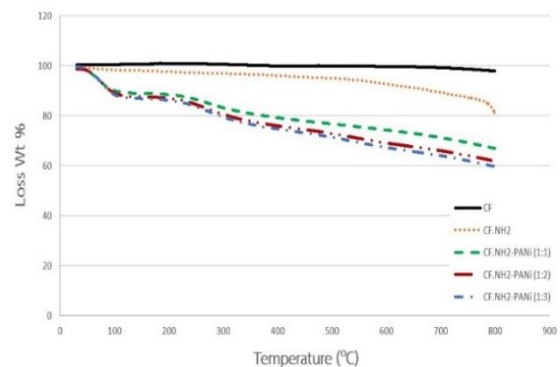
ภาพที่ 8. แสดงสเปกตรัมของเส้นใยคาร์บอน และเส้นใยคาร์บอนรีดักชัน



ภาพที่ 9. แสดงสเปกตรัมของเส้นใยคาร์บอนดัดแปรเคลือบพอลิแอนิลิน

ทำการวิเคราะห์การเคลือบติดโดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก โดยใช้คุณสมบัติทางความร้อนของเส้นใยคาร์บอน เส้นใยคาร์บอนที่ผ่านปฏิกิริยารีดักชัน และเส้นใยคาร์บอนเคลือบด้วยพอลิแอนิลินที่อัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 1:3 ตามลำดับ ด้วยเครื่องเทอร์โมกราวิเมตริกอนาไลเซอร์

(Thermo Gravimetric Analyzer) ที่อุณหภูมิ 30-80 องศาเซลเซียส อัตราความร้อน 30 องศาต่อนาที ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน พบว่าเส้นใยคาร์บอนมีเสถียรภาพความร้อนสูงถึง $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ และไม่มีเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และเมื่อทำปฏิกิริยารีดักชันมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก 18% แสดงถึงการเพิ่มขึ้นของหมู่เอมีน และเมื่อทำการทดสอบการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักของเส้นใยคาร์บอนเคลือบด้วยพอลิแอนิลินที่อัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 1:3 พบการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักที่สอดคล้องกัน โดยมีการสลายตัว 2 ช่วงอุณหภูมิ ช่วงแรกคือช่วงอุณหภูมิประมาณ $106\text{ }^{\circ}\text{C}$ มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก 10.38%, 11.83% และ 13.22% ตามลำดับ และช่วงที่สองคือช่วงอุณหภูมิประมาณ $255\text{ }^{\circ}\text{C}$ มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก 19.32%, 22.15% และ 23.62% ตามลำดับ โดยหลังจากการกราฟต์พอลิแอนิลินบนเส้นใยคาร์บอน พบว่ามีน้ำหนักเพิ่มขึ้นถึง 40% ดังแสดงในภาพที่ 10.

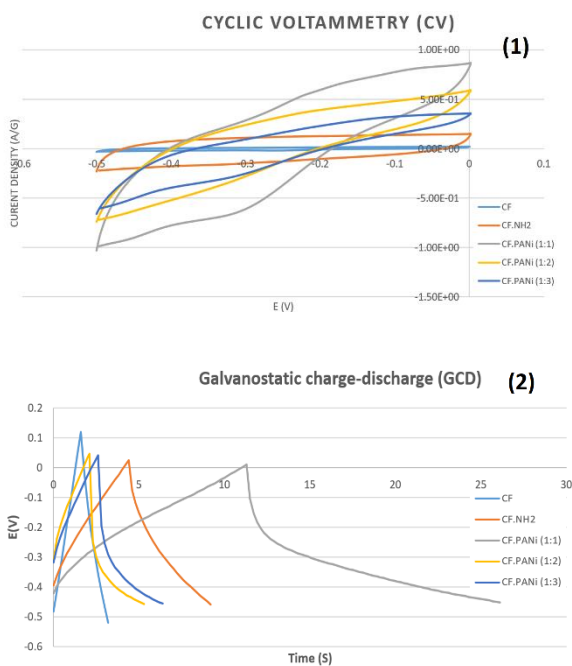


ภาพที่ 10. แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของเส้นใยคาร์บอน , เส้นใยคาร์บอนที่ผ่านปฏิกิริยารีดักชัน และเส้นใยคาร์บอนเคลือบพอลิแอนิลิน (1:1), (1:2), (1:3)

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีไฟฟ้าด้วยเครื่องโพเทนชิโอสแตส โดย cyclic voltammery (CV) เป็นการวิเคราะห์ความสามารถในการเก็บประจุของวัสดุ ซึ่งได้กราฟระหว่างกระแส (Current (A/g)) กับศักย์ไฟฟ้า (Potential (v vs. Ag/AgCl)) โดยใช้สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้น 3 โมลาร์ เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ และขั้วไฟฟ้าทำงาน



(working electrode) ใช้ไนเกิลโพลีเมอร์ที่เคลือบด้วยวัสดุตัวนำได้แก่ CF, CF-NH₂, CF-PANI (1:1), CF-PANI (1:2) และ CF-PANI (1:3) โดยให้ศักย์ไฟฟ้าตั้งแต่ -0.5 ถึง 0 โวลต์ ในการทดสอบที่อัตราศักย์ไฟฟ้า 10 มิลลิโวลต์/วินาที โดยได้ค่าความสามารถในการเก็บประจุของ CF, CF-NH₂, CF-PANI (1:1), CF-PANI (1:2) และ CF-PANI (1:3) คือ 0.51, 5.36, 15.50, 9.30 และ 5.93 ฟารัด/กรัม ตามลำดับ จากนั้นวิเคราะห์ยืนยันความสามารถในการเก็บประจุด้วย Galvanostatic charge - discharge (GCD) พบว่า CF, CF-NH₂, CF-PANI (1:1), CF-PANI (1:2) และ CF-PANI (1:3) คือ 2.50, 9.91, 31.96, 6.62 และ 7.64 ฟารัด/กรัม ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 11.



ภาพที่ 11. ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีไฟฟ้าด้วยเครื่องโพเทนชิโอสแตส (1) cyclic voltammetry (CV) และ (2) Galvanostatic charge and discharge (GCD)

4. อภิปรายผล (Discussion)

วิเคราะห์สัณฐานวิทยาของเส้นใยคาร์บอนด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด จะเห็นได้ว่าพบพอลิแอนิไลน์ที่เกาะอยู่บนผิวของเส้นใยได้อย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่าการปรับสภาพพื้นผิวของเส้นใยคาร์บอนด้วย

ปฏิกิริยาไนเตรชัน/รีดักชันมีความสำคัญอย่างมากในการที่จะทำให้พอลิแอนิไลน์เกาะติดบนพื้นผิวได้ โดยการเติมหมู่ฟังก์ชันเอมีนที่จะสามารถเกิดปฏิกิริยาต่อกับการพอลิแอนิไลน์ได้นั้นเอง จากนั้นทำการยืนยันหมู่ฟังก์ชัน ด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโคปี การพบพีคที่ตำแหน่ง 3,280 cm⁻¹ แสดง N-H stretching ของหมู่เอมีน และที่พีค 1,374 และ 1,190 cm⁻¹ เป็นเอกลักษณ์ของ C-N stretching บ่งบอกถึงการประสบความสำเร็จในการดัดแปรเส้นใยคาร์บอนตามที่คาดการณ์ไว้ นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักของเส้นใยคาร์บอนดัดแปรนั้น ถือเป็นอีกหนึ่งวิธีที่สามารถทำการวิเคราะห์การเคลือบติดโดยลักษณะการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของเส้นใยคาร์บอนเคลือบพอลิแอนิไลน์ที่อัตราส่วนต่างๆ เป็นไปในทิศทางเดียวกัน และมีช่วงการสลายตัวทางความร้อนสองช่วงซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของพอลิแอนิไลน์ โดยหลังจากการกราฟต์พอลิแอนิไลน์บนเส้นใยคาร์บอน พบว่าน้ำหนักเพิ่มขึ้นถึง 40% เพื่อเป็นการยืนยันว่าเกิดการเกาะติดของพอลิแอนิไลน์บนผิวเส้นใยจึงทดสอบสมบัติทางไฟฟ้าด้วยเครื่องโพเทนชิโอสแตส ค่าการเก็บประจุ โดย เทคนิค cyclic voltammetry (CV) และ Galvanostatic charge - discharge (GCD) สามารถยืนยันได้ว่า การสังเคราะห์เส้นใยคาร์บอนเคลือบด้วยพอลิแอนิไลน์เพียงอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก ให้ค่าการเก็บประจุสูงสุด ที่ 15.50 และ 31.96 ฟารัด/กรัม เมื่อเทียบกับอัตราส่วนอื่นๆ คาดว่ามาจากอัตราส่วน 1:1 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเคลือบพอลิแอนิไลน์บนเส้นใยคาร์บอน เมื่อดูผลของ SEM ควบคุมไปด้วยพื้นที่ผิวบนเส้นใยคาร์บอนมีปริมาณพอลิแอนิไลน์เคลือบอยู่ทั่วถึงทั้งเส้นใย ในทางกลับกันถึงแม้ว่าอัตราส่วนอื่นที่ใส่ปริมาณพอลิแอนิไลน์มากกว่า จะเป็นการยืนยันการเคลือบติดที่หน้าจะมีเปอร์เซ็นต์มากกว่า แต่คาดว่าปริมาณที่มากเกินไป โดยพอลิแอนิไลน์ที่มากเกินไปนั้นอาจไม่ได้เกาะติดกับเส้นใยคาร์บอน จึงส่งผลให้พอลิแอนิไลน์ที่กราฟต์บนเส้นใยคาร์บอนที่อัตราส่วน 1:2 และ 1:3 มีผลของ cyclic voltammetry และ Galvanostatic charge -discharge มีค่าการเก็บประจุน้อยกว่าพอลิแอนิไลน์เคลือบบนเส้นใยคาร์บอนที่อัตราส่วน 1:1



5. สรุปผล (Conclusion)

เราประสบความสำเร็จในการดัดแปรของเส้นใยคาร์บอน ด้วยปฏิกิริยาไนเตรชัน/รีดักชัน ก่อนการทำกราฟต์ผ่านการสังเคราะห์ทางเคมีโดยปฏิกิริยาออกซิเดชันพอลิเมอร์โรเซชัน และพิสูจน์ว่ามีเกาะติดของพอลิแอนิไลน์บนพื้นผิวเส้นใยคาร์บอนด้วยเทคนิค FTIR, SEM, TGA และสมบัติด้านไฟฟ้า โดยพบว่าที่อัตราส่วนต่อน้ำหนักของเส้นใยคาร์บอนต่อพอลิแอนิไลน์ที่ 1:1 สามารถเพิ่มค่าความสามารถในการเก็บประจุของคาร์บอนไฟเบอร์จาก 0.51 ฟารัดต่อกรัม เป็น 15.50 ฟารัดต่อกรัม โดยจากค่าความสามารถในการเก็บประจุที่ได้นี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเส้นใยคาร์บอนนาโนทิวป์ ซึ่งเป็นเส้นใยที่มีพื้นที่ผิวสูงเพื่อเสริมความสามารถสมบัติทางด้านไฟฟ้า ที่สามารถนำไปเป็นขั้วไฟฟ้าสำหรับ supercapacitor

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจากรองศาสตราจารย์.ดร.ภาวี ศรีภูถกิจ อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษา ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ คุณบุษยา วิลาวรรณ และคุณจรยา หอมทอง ที่คอยให้ความช่วยเหลือและอนุเคราะห์ด้านการวัดผล จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณบิดามารดา ที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจในงานวิจัยสำเร็จได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

7.1 เอกสารอ้างอิงภาษาไทย

- [1] ยิ่งพิศ พรพัฒน์กุล. พอลิเมอร์นำไฟฟ้าพอลิแอนิไลน์ที่สังเคราะห์ได้ด้วยวิธีดิสเพอร์ชันพอลิเมอร์โรเซชัน. ว.พระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2011, 21(1), 220-229
- [2] สุชีรา ธัญญรักษ์. การเตรียมวัสดุคอมพอสิตที่ได้จากยางธรรมชาติ/เส้นใยคาร์บอนและยางธรรมชาติ/เส้นใยไหม ซึ่งครอสลิงค์ด้วยรังสี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิตภาควิชาวิศวกรรมเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548

7.2 เอกสารอ้างอิงภาษาอังกฤษ

- [1] Sowmya, H. and Selvakumar, M. Carbon Fiber/Polyaniline as a High Performance Electrode for a Symmetrical Supercapacitor. Journal of Electronic Materials, 2019, 48(2), 1054-1065.
- [2] Cheng, Q., Tang, J., Ma, J., Zhang, H., Shinya, N., and Qin, L. Polyaniline-Coated Electro-Etched Carbon Fiber Cloth Electrodes for Supercapacitors. Journal of Electronic Materials, 2011, 115(47), 23584-23590.
- [3] Abe, M., Kawashima, K., Kozawa, K., Sakai, H., Kaneko, K., Amination of Activated Carbon and Adsorption Characteristics of Its Aminated Surface. Langmuir, 2000, 16(11), 5059-5063.
- [4] Mazarji, M., Aminzadeh, B., Baghdadi, M., Bhatnaga, A., Removal of nitrate from aqueous solution using modified granular activated carbon. Journal of Molecular Liquids, 2017, 233, 139-148.
- [5] Mishra, S. and Nigam A. C. Synthesis and Characterization of Polyaniline Coated Carbon Fiber Composites. International Journal of Scientific Research, 2015, 4(8), 2277-8179.
- [6] Su, C., Wang, C., Lu, K., and Shih, W. Evaluation of Activated Carbon Fiber Applied in Supercapacitor Electrodes. Fibers and Polymers, 2014, 15(8), 1708-1714.
- [7] Zhang, Y., Yang, Z., and Wen, B. An Ingenious Strategy to Construct Helical Structure with Excellent Electromagnetic Shielding Performance. Advanced Materials Interfaces, 2019, 1900375.
- [8] Bhatt, P. and Goel, A. Carbon Fibres: Production, Properties and Potential Use. Material Science Research India, 2017, 14(1), 52-57.
- [9] Zhu, H., Peng, S. and Jiang, W. Electrochemical Properties of PANI as Single Electrode of Electrochemical Capacitors in Acid Electrolytes. The ScientificWorld Journal, 2013, 940153.



การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนซื้อรถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์เพื่อทดแทนการจัดจ้าง
ผู้รับเหมาขนส่งจากแหล่งภายนอก กรณีศึกษา บริษัทตัวแทนผู้รับจัดการขนส่งระหว่าง
ประเทศ

A FEASIBILITY STUDY OF INVESTMENT IN PURCHASING TRUCK INSTEAD OF HIRING OUTSOURCING: A CASE STUDY OF FREIGHT FORWARDER COMPANY

ศรายุทธ นามศรี¹, ฐิติมา วงศ์อินตา²

Sarayut Namsri¹, Thitima Wonginta²

61920233@go.buu.ac.th, t_wonginta@hotmail.com

สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน

คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา

169 ถนนลงหาด ตำบลแสนสุข อำเภอเมืองชลบุรี 20130

บทคัดย่อ

การศึกษางานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนซื้อรถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์เพื่อทดแทนการจัดจ้างผู้รับเหมาขนส่งจากแหล่งภายนอก กรณีศึกษา บริษัทตัวแทนผู้รับจัดการขนส่งระหว่างประเทศ ซึ่งพบปัญหาคือปริมาณของรถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ของผู้รับเหมาขนส่งไม่เพียงพอต่อความต้องการ พนักงานของบริษัทผู้รับเหมาขาดการฝึกอบรม และรถเสียระหว่างการขนส่ง ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลต้นทุนการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 20 ฟุตและ 40 ฟุต ในเส้นทางจากท่าเรือแหลมฉบังไปยังคลังสินค้าในเครือของบริษัท กรณีศึกษาตั้งอยู่ในพื้นที่ของไทคอนสโโลจิสติกส์ พาร์ค (ถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 39) ระยะเวลาการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน 2562 ถึงวันที่ 30 มีนาคม 2563 ซึ่งมีปริมาณการขนส่งทั้งหมด 373 เที่ยว ซึ่งจากการเก็บรวบรวมข้อมูลต้นทุนพบว่า ต้นทุนการจัดจ้างจากผู้รับเหมาขนส่ง 1,790,400 บาท และข้อมูลต้นทุนการลงทุนซื้อรถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ทั้งหมด 1,023,044 บาท ประกอบด้วย ค่าบำรุงรักษาทั่วไป ค่าเสื่อมราคา ค่ายางรถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ ค่าภาษีและพ.ร.บ. ค่าประกันภัยรถบรรทุก เงินเดือนพร้อมเบี้ยขยันพนักงาน ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งต้นทุนของการลงทุนซื้อรถต่ำกว่าต้นทุนการจัดจ้างผู้รับเหมาขนส่งเป็นจำนวน 767,356 บาท ต่อปี และจากใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุน ระยะเวลาโครงการ 10 ปี โดยกำหนดอัตราดอกเบี้ยคิดลดคือ ร้อยละ 7 พบว่า ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) 2 ปี 9 เดือน อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) ร้อยละ 34.45 มีค่ามากกว่าอัตราดอกเบี้ยคิดลดมีผลให้ยอมรับการ



ลงทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) 4,637,166.06 บาท มีค่ามากกว่า 0 มีผลให้ยอมรับการลงทุน และอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio: BCR) 1.44 ผลให้ยอมรับการลงทุน ดังนั้น การศึกษานี้มีความเป็นไปได้ในการลงทุน

คำสำคัญ (Key word): การขนส่ง; การศึกษาความเป็นไปได้; ต้นทุนการขนส่ง

Abstract

The purpose of this research aims to study the feasibility of investment in purchasing truck instead of hiring outsourcing for a case study. The study indicated that outsourcing's truck insufficient customer's

requirement, outsourcing's employees' lack of training, and truck broke down while carrying out. This research was gathered and analyzed information, container size 20 and 40 feet, the route between Laemchabang port to the warehouse where located in Bangna km.39 road and the data collection period start on 1st April 2019 to 30th March 2020. The result was summarized the quantity by 373 rounds. The calculating financial for hiring outsourcing cost 1,790,400 baths and the calculating financial of investment in purchasing truck cost 1,023,044 baths. Thus, the purchasing cost lower than the hiring cost 767,356 baths a year. The analyzed information for 10 years investment period with a discount rate of investment 7 percent showed that Payback Period (PB) 2 years and 9 months Internal Rate of Return (IRR) 34.45 percent Net Present Value (NPV) 4,637,166.06 bath and Benefit-Cost Ratio (BCR) 1.44. All calculating results indicated that the feasibility of this project was suitable for investment.

คำสำคัญ (Key word): Transport; Feasibility study; Transportation cost

1. บทนำ (Introduction)

การดำเนินงานของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งประกอบธุรกิจเป็นตัวแทนผู้รับจัดการขนส่งระหว่างประเทศในปัจจุบัน โดยในส่วนของกิจกรรมการขนส่งส่วนใหญ่จะทำการจ้างผู้รับเหมาช่วงการขนส่งจากภายนอก เพื่อทำหน้าที่บริการขนส่งให้กับลูกค้า ซึ่งการดำเนินการที่ผ่านมา พบปัญหาว่า จำนวนรถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้งาน สาเหตุเนื่องจากผู้รับเหมาจากแหล่งภายนอกให้บริการลูกค้าหลายราย ทำให้ไม่สามารถตอบสนองความต้องการภายใต้ทรัพยากรรถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ที่มีอย่างจำกัดได้ การให้บริการที่ไม่ได้ตาม

มาตรฐานเนื่องจากพนักงานขาดการฝึกอบรมอย่างต่อเนื่อง และรถเสียในระหว่างการขนส่ง

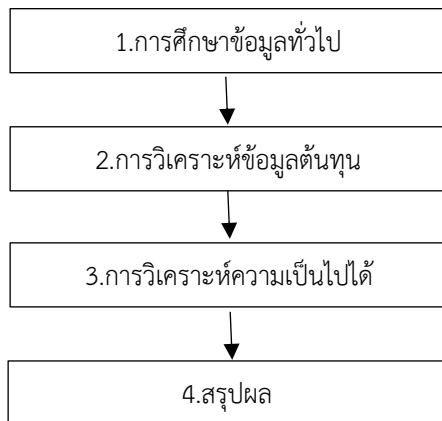
ด้วยเหตุนี้ทำให้ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงการศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนซื้อรถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์เพื่อทดแทนการจัดจ้างผู้รับเหมาขนส่งจากแหล่งภายนอก กรณีศึกษาซึ่งเป็นตัวแทนผู้รับจัดการขนส่งระหว่างประเทศ (Freight Forwarder) ในการเปรียบเทียบต้นทุนต่างๆที่เกิดขึ้น รวมถึงความคุ้มค่าที่จะได้รับในการการลงทุนซื้อรถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์เพื่อใช้ดำเนินการในระยะยาว โดยมีเป้าหมายคือการเพิ่มสมรรถนะทางการแข่งขันในอุตสาหกรรมบริการขนส่ง ในด้านความรวดเร็ว ต้นทุน และประสิทธิภาพการขนส่ง ทั้งการขนส่ง



ระหว่างประเทศและการขนส่งภายในประเทศ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนซื้อรถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์เพื่อทดแทนการจัดจ้างผู้รับเหมาขนส่งจากแหล่งภายนอก และขอบเขตของงานวิจัยประกอบด้วย 1) ศึกษาโดยอาศัยข้อมูลย้อนหลังของบริษัทธุรกิจศึกษาได้แก่ ปริมาณการนำเข้า มีระยะเวลาตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน 2562 ถึงวันที่ 30 มีนาคม 2563 2) ศึกษาโดยอาศัยข้อมูลย้อนหลังของบริษัทธุรกิจศึกษาเฉพาะตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 20 ฟุตและ 40 ฟุต และ 3) ศึกษาโดยอาศัยข้อมูลย้อนหลังของบริษัทธุรกิจศึกษาเฉพาะพื้นที่รับตู้คอนเทนเนอร์ ณ ท่าเรือแหลมฉบังไปยังคลังสินค้าในเครือของบริษัทธุรกิจศึกษาตั้งอยู่ในพื้นที่ของโทคอนส์ โลจิสติกส์ พาร์ค (ถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 39) ขั้นตอนวิธีวิจัยมีดังอธิบายในหัวข้อที่ 2

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

วิธีการดำเนินการวิจัย ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

2.1 การศึกษาข้อมูลทั่วไป

การศึกษางานวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาเฉพาะเส้นทางเพียงเส้นทางเดียวจากเส้นทางทั้งหมดในเครือของบริษัทธุรกิจศึกษาที่มีการขนส่ง 3 เส้นทาง โดยสาเหตุที่เลือกเพียงเส้นทางเดียวเนื่องจากผู้วิจัยต้องการศึกษาเพื่อเป็นจุดเริ่มต้นการลงทุน และเพิ่มความสามารถในการทำกำไร รวมถึงการเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการลูกค้า และ

สาเหตุที่เลือกเส้นทางท่าเรือแหลมฉบังไปยังคลังสินค้าในเครือของบริษัทธุรกิจศึกษาตั้งอยู่ในพื้นที่ของโทคอนส์ โลจิสติกส์ พาร์ค (ถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 39) เนื่องจากมีปริมาณการขนส่งมากที่สุด โดยจากการเก็บรวมข้อมูลปัญหาปริมาณของรถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ของผู้รับเหมาขนส่งไม่เพียงพอต่อความต้องการ พนักงานของบริษัทผู้รับเหมาขาดการฝึกอบรม และรถเสียระหว่างการขนส่ง

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลต้นทุน

ข้อมูลที่ต้องใช้เพื่อนำมาเปรียบเทียบความคุ้มค่าและวิเคราะห์ถึงความเป็นไปได้ประกอบด้วย 1) ต้นทุนซื้อรถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ ได้แก่ ราคารถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ ค่าบำรุงรักษา ค่าเสื่อมราคา ค่าต่อภาษีและพ.ร.บ. [1] ค่าประกันภัยรถบรรทุก [4] ค่ายางรถบรรทุก [3] ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง เงินเดือนพนักงาน

2) ต้นทุนการจัดจ้างจากแหล่งภายนอก เมื่อได้ข้อมูลต้นทุนครบถ้วน ขั้นตอนต่อไปเป็นการเปรียบเทียบต้นทุนทั้งสองรูปแบบ

2.3 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้

การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ในระยะยาว ซึ่งการพิจารณาเฉพาะต้นทุนที่ต่ำที่สุดยังไม่สามารถทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ได้ จึงมีเครื่องมือที่นำมาพิจารณาในการลงทุนร่วมด้วย [5] ได้แก่ 1) ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) 2) อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) 3) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) และ 4) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio: BCR)

2.4 สรุปผล

การศึกษาเปรียบเทียบความคุ้มค่าและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ สามารถพิจารณาตัดสินใจได้ว่าการลงทุนซื้อรถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์เพื่อทดแทนการจัดจ้างผู้รับเหมาขนส่งจากแหล่งภายนอกมีความเป็นไปได้มากหรือน้อยเพียงใด



3. ผลการวิจัย (Results)

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลรายละเอียดเส้นทางการขนส่งพบว่า การขนส่งจากท่าเรือแหลมฉบังไปยังคลังสินค้าในเครือของบริษัทกรณีศึกษา มีระยะทาง 160 กิโลเมตร (ไป-กลับ) มีปริมาณการขนส่งทั้งหมด 373 เที่ยว โดยใช้เงินลงทุนในการซื้อรถบรรทุก 10 ล้อพร้อมรถถังบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 40 ฟุต ราคา 3,070,000 บาท และการศึกษาข้อมูลต้นทุนค่าใช้จ่ายต่างๆในการลงทุนซื้อรถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ ซึ่งสามารถสรุปค่าใช้จ่ายดังนี้ ตารางที่ 1 ต้นทุนการดำเนินการขนส่ง

รายละเอียด	ราคา (บาท/ปี)
ค่าบำรุงรักษาทั่วไป	60,000
ค่าเสื่อมราคา	153,500
ค่างานรถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์	45,000
ค่าภาษีและพ.ร.บ.	7,812
ค่าประกันภัยรถบรรทุก	27,612
เงินเดือนพร้อมเบี้ยขยันพนักงาน	192,000
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	53,7120
รวม	1,023,044

การเก็บรวบรวมข้อมูลต้นทุนการจัดจ้างผู้รับเหมาขนส่งจากแหล่งภายนอกของบริษัทกรณีศึกษา ดังตารางที่ 2 ตารางที่ 2 ต้นทุนรวมการจัดจ้างผู้รับเหมาขนส่งจากแหล่งภายนอก

รายละเอียด	ราคา (บาท/ปี)
ค่าบริการขนส่งรวม	1,790,400

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลต้นทุนรวมของการดำเนินงานทั้งสองรูปแบบ พบว่า การลงทุนซื้อรถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ จำนวน 1 คัน มีต้นทุนรวมต่ำกว่าการจัดจ้างผู้รับเหมาขนส่งจากแหล่งภายนอก 767,356 บาท ค่าตัวเลขต้นทุนรวมยังไม่สามารถสะท้อนผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับในอนาคต จึงต้องใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์การลงทุนเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ ได้แก่

1) ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) ระยะเวลาการลงทุนในโครงการ 10 ปี ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก

3,070,000 บาท และผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ย 1,090,860 บาท คำนวณจากผลตอบแทนปีที่ 1 ถึงปีที่ 10 คือ 1,140,356 +1,130,756+1,120,676+1,110,092+1,098,979+1,087,310+1,075,058+1,062,193+1,048,685+1,034,501 ตามลำดับ นำผลรวมหาร 10 สามารถแทนสูตรได้ ดังนี้

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{3,070,000}{1,090,860}$$

ระยะเวลาคืนทุนคือ 2.8 ปี หรือ 2 ปี 9 เดือน

2) อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) คือการหาค่าของผลคูณกระแสเงินสดรับและอัตราดอกเบี้ยคิดลด ซึ่งอัตราผลตอบแทนภายในทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 0 โดยกำหนดอัตราคิดลดร้อยละ 7 ต่อปี [2] มีสมการดังนี้

$$\sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} = 0$$

จากการคำนวณพบว่าอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ที่ทำให้ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 0 คือ 34.4527326% โดยการพิสูจน์ผลดังนี้

$$\begin{aligned} NPV &= (-3,070,000) + 848,146.36 + 625,503.32 + \\ &461,074.56 + 339,688.17 + 250,115.80 + 184,049.88 \\ &+ 135,345.65 + 99,459.49 + 73,032.83 + 53,583.93 \end{aligned}$$

$$NPV = 0$$

ผลลัพธ์อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 0 คือ 34.45% ซึ่งมีค่ามากกว่าอัตราดอกเบี้ยคิดลดที่ร้อยละ 7 ดังนั้น การวิเคราะห์โดยการใช้อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มีความคุ้มค่าในการลงทุน

3) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) การวิเคราะห์ความเป็นไปได้โดยการหามูลค่าปัจจุบันสุทธิเพื่อหามูลค่าปัจจุบันโดยนำกระแสเงินสดสะสมและอัตราดอกเบี้ยคิดลดมาพิจารณาพร้อม กำหนดให้อัตราดอกเบี้ยคิดลดเท่ากับร้อยละ 7 ต่อปี มีสมการดังนี้

$$NPV = CF_0 + \frac{CF_1}{(1+r)^1} + \dots + \frac{CF_n}{(1+r)^n}$$

แทนตัวเลขในสมการได้คำตอบดังนี้



$$NPV = (-3,070,000) + 1,065,753.23 + 987,646.05 + 846,883.84 + 783,556.67 + 724,520.50 + 669,491.84 + 618,205.81 + 570,414.89 + 525,887.82$$

$$NPV = 4,637,166.06$$

โดยหลักการของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) หากผลลัพธ์ที่คำนวณได้มากกว่า 0 ส่งผลให้มีความเป็นไปได้ในการลงทุน

4) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio: BCR) คือการหาอัตราส่วนของผลตอบแทนและค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้นตลอดระยะเวลาโครงการ โดยมูลค่าปัจจุบันสุทธิของผลตอบแทน (PVB) 15,194,816 บาท โดยคำนวณจากมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน ปีที่ 1 ถึงปีที่ 10 คือ 2,021,869+1,889,597+1,765,979+1,650,448+1,542,474+1,441,565+1,347,257+1,259,118+1,176,746+1,099,763 ตามลำดับ และมูลค่าปัจจุบันสุทธิของค่าใช้จ่ายตลอดระยะเวลาโครงการ (PVC) 10,557,650 บาท โดยคำนวณจากมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย ปีที่ 0 ถึงปีที่ 10 คือ 3,070,000+956,115+901,951+851,173+803,564+758,918+717,044+677,765+640,913+606,331+573,875 ตามลำดับ มีสมการดังนี้

$$BCR = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}} = \frac{PVB}{PVC}$$

$$BCR = \frac{15,194,816}{10,557,650} = 1.44$$

โดยหลักการของอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) หากผลลัพธ์ที่คำนวณได้มากกว่า 1 ส่งผลให้มีความเป็นไปได้ในการลงทุน

4. อภิปรายผล (Discussion)

จากการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุนซื้อรถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์เพื่อทดแทนการจัดจ้างผู้รับเหมาขนส่งจากแหล่งภายนอก พบว่าเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ทั้งหมดให้ผลที่มีความคุ้มค่าในการลงทุน แสดงในตารางที่ 3 ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุน

เครื่องมือ	ผลวิเคราะห์	ตัวชี้วัด
ระยะเวลาคืนทุน	2 ปี 9 เดือน	≤ 10ปี
อัตราผลตอบแทนภายใน	34.45%	≥ 7%
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ	4,637,166.06	≥ 0
อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน	1.44	≥ 1

การศึกษางานวิจัยนี้แม้ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้จะให้ผลที่มีความคุ้มค่าในการลงทุนทั้งหมด ในแง่ของการปฏิบัติงานยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ต้องพิจารณา หากมีการลงทุนซื้อรถบรรทุกจริงรูปแบบการทำงานมีการเปลี่ยนไปมากน้อยเพียงใด ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ ข้อดี-ข้อเสียรูปแบบการทำงาน ดังตารางที่ 4 และ 5

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของการจัดจ้างจากแหล่งภายนอก

ข้อดี	ข้อเสีย
- ดำเนินการโดยผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านการขนส่ง	- ขาดความใส่ใจในการทำงานเนื่องจากมีลูกค้าหลายราย
- ลดขั้นตอนการดำเนินงานของบริษัทกรณีศึกษา	- จำนวนรถไม่เพียงพอต่อความต้องการ
- บริษัทกรณีศึกษาไม่มีความเสี่ยงในการลงทุน	- คุณภาพของบุคลากรต่ำกว่ามาตรฐานของบริษัทกรณีศึกษา

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของการลงทุนซื้อรถบรรทุก

ข้อดี	ข้อเสีย
- บุคลากรใส่ใจในการปฏิบัติงานเนื่องจากมีความผูกพันกับบริษัทกรณีศึกษา	- เพิ่มขึ้นขั้นตอนในการดำเนินงาน
- ทราบปัญหาการปฏิบัติงานโดยละเอียด	- ขาดความชำนาญในการปฏิบัติงาน
- เพิ่มความสามารถในการแข่งขันและการทำกำไร	- ค่าใช้จ่ายการดำเนินงานสูง

5. สรุปผล (Conclusion)

สรุปผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุนซื้อรถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์เพื่อทดแทนการจัดจ้างผู้รับเหมาขนส่งจากแหล่งภายนอก ระยะเวลาการลงทุนใน



โครงการคือ 10 ปี และอัตราดอกเบี้ยคิดลด (Discount Rate) ร้อยละ 7 ต่อปี พบว่า โครงการนี้มีความเป็นไปได้ในการลงทุนซื้อรถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ โดยระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) 2.8 ปี หรือ 2 ปี 9 เดือน ผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) ร้อยละ 28.83 ซึ่งมีค่ามากกว่าอัตราดอกเบี้ยคิดลดที่กำหนดไว้คือร้อยละ 7 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) 4,637,166.06 บาท มีค่ามากกว่าศูนย์ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio: BCR) 1.61 มีค่ามากกว่า 1 โดยทั้งเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ทั้ง 4 ตัวให้ผลที่เป็นบวกซึ่งส่งผลให้มีความเป็นไปได้ในการลงทุนของโครงการนี้

การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนในโครงการนี้มีปัจจัยต่างๆ ที่ให้นำหนักไปในทิศทางของการลงทุน ทั้งการเปรียบเทียบต้นทุนระหว่างการลงทุนซื้อรถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์กับการจัดจ้างผู้รับเหมาขนส่งจากแหล่งภายนอก และการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุน นอกจากนี้การลงทุนเพื่อดำเนินการเอง โดยบริษัทกรณีศึกษา เพื่อเพิ่มความสามารถในการจัดการเพื่อความยั่งยืน ในแง่ของการรักษาระดับการบริการของลูกค้า การบริหารความเสี่ยง และการจัดการการขนส่งที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อาทิ การขั้ซ้ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และการจัดการการขนส่งให้เกิดประโยชน์สูงสุด

แต่อย่างไรก็ตามเพื่อให้การวิจัยมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น จึงมีข้อเสนอแนะ ดังนี้ 1) เนื่องจากสถานการณ์โรคระบาดในปัจจุบันทำให้เกิดความเสี่ยงในการลงทุน จากความผันผวนของค่าเงิน และอัตราดอกเบี้ยคิดลดส่งผลให้เกิดความไม่แน่นอนในการลงทุนสูง ซึ่งผลการวิจัยในปัจจุบันที่ได้ อาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในอนาคต 2) การศึกษาในครั้งนี้เป็นการตัดสินใจลงทุนรถบรรทุก 1 คัน จากข้อมูลปริมาณการขนส่งเฉลี่ยของบริษัทกรณีศึกษา จำกัดคือ วันละ 2 เที่ยวต่อวัน ซึ่งรถบรรทุก 1 คันสามารถตอบสนองจากขนส่ง 2 เที่ยวต่อวันได้ โดยการวิจัยครั้งนี้ได้คำนึงถึงปัจจัยภายนอกที่ส่งผลต่อความเสี่ยงในการเดินทาง เช่น การจราจร

ที่หนาแน่น อุบัติเหตุ และเหตุการณ์อื่นๆ 3) ต้นทุนที่นำมาพิจารณาอาจยังไม่ครอบคลุม ซึ่งอาจส่งผลต่อต้นทุนรวม และส่งผลต่อความเป็นไปได้ของโครงการ โดยต้นทุนที่ไม่ได้ถูกนำมาพิจารณาคือ ต้นทุนแฝงต่างๆ ได้แก่ ต้นทุนเวลา การรอคอย เป็นต้น

6. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษางานนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยการให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆของผศ.ดร.ฐิติมา วงศ์อินตา ท่านอาจารย์ที่ให้คำปรึกษา อีกทั้งยังช่วยแก้ไขปัญหาก็เกิดขึ้นในระหว่างการดำเนินการ

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมการขนส่งทางบก, อัตราภาษีรถตาม พ.ร.บ.รถยนต์, ข้อมูลจากhttps://www.dlt.go.th/th/yearly-tax/view.php?_did=75 (วันที่สืบค้นข้อมูล 02 สิงหาคม 2563)
- [2] กฤษฎา เสกตระกูล, อัตราคิดลดที่เหมาะสม, ข้อมูลจาก<https://www.set.or.th/set/education/knowledgedetail.do?contentId> (วันที่สืบค้นข้อมูล 02 สิงหาคม 2563)
- [3] กิจการยาง, ยางรถบรรทุกชลบุรี, ข้อมูลจาก<http://www.kitkarnyang.com> (วันที่สืบค้นข้อมูล 02 สิงหาคม 2563)
- [4] ลูกถูก ประกันภัยรถยนต์, ประกันภัยรถบรรทุก, ข้อมูลจาก<https://www.thookinsure.com/truckinsure> (วันที่สืบค้นข้อมูล 01 สิงหาคม 2563)
- [5] ดุสิตา แดงทองดี, เอกสารการอบรมโครงการสนับสนุนรัฐวิสาหกิจเพื่อประสิทธิภาพด้านการบริหารจัดการองค์กร, ข้อมูลจากhttp://www.sepo.go.th/assets/document/file/1376554308_is_2556.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 02 สิงหาคม 2563)



7. เอกสารอ้างอิง

7.1 เอกสารอ้างอิงภาษาไทย

- [1] นางสาวบุญธิดา สุรทินธนากร, การวิเคราะห์และการออกแบบระบบฐานข้อมูลสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการจังหวัด, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสยาม, (2557)
- [2] อรณิชา บวรพิพัฒน์ชัย, การจัดระบบฐานข้อมูลทางการผลิต: กรณีศึกษาโรงงานผลิตอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสยาม, (2552)
- [3] ธนัช รักษศรี, การวิเคราะห์ความประหยัดพลังงานในโรงบำบัดน้ำเสียศูนย์การแพทย์กาญจนาภิเษก โดยการใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงร่วมกับอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, (2555)

7.2 ข้อมูลอ้างอิงเว็บไซต์เว็บ

- [1] สำนักงานการระบายน้ำ http://dds.bangkok.go.th/about2_8.php
- [2] ศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วม, <http://weather.bangkok.go.th:8080/>
- [3] อุปกรณ์ จากเว็บไซต์ Advanced technologies <http://www.adtech.co.th/contactus.php>
- [4] อาจารย์ลือชัย ทองนิล มาตรฐาน มอก-2553, <http://www.coe.or.th/coe-2/newsPic/N-20160907144339-4.pdf>



ปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบอาคารพักอาศัยรูปแบบผสมผสาน
เพื่อส่งเสริมสุขภาพที่ดีของผู้สูงอายุ

The Factors Affecting Combination Design of Residential Buildings for Promote the Well-being of the Elderly.

จิตติมนต์ มุกสิกส์วัตต์¹, สุฑาลักษณ์ ต้นตวงค์¹

1 สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

39 หมู่ที่ 1 ตำบลคลองหก อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี

jittimonmuksiksawat@gmail.com

sutalak_t@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

สังคมไทยกำลังก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ “สังคมสูงวัยอย่างสมบูรณ์” การออกแบบที่พักอาศัยสังคมและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน รวมถึงการส่งเสริมสุขภาพกายและจิตใจสำหรับผู้สูงอายุและคนทุกวัยจึงเป็นปัจจัยที่จำเป็นอย่างยิ่ง จากการศึกษาวิจัยวัตถุประสงค์ศึกษาปัจจัยในการออกแบบเพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบอยู่อาศัยที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุอย่างมีสุขภาพที่ดีและเพื่อศึกษาปัจจัยพื้นฐานทางสังคมและสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืนที่ส่งเสริมสุขภาพกายและจิตใจสำหรับผู้สูงอายุและคนทุกวัย นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดความเข้าใจในการออกแบบที่พักอาศัยสำหรับผู้สูงอายุและคนทุกวัย มีหลักการออกแบบสังคมและสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืนเพื่อส่งเสริมสุขภาพที่ดีในอาคาร (Well building standard) ที่เป็นปัจจัยพื้นฐานในการออกแบบที่พักอาศัยสำหรับผู้สูงอายุ

ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบอาคารพักอาศัยรูปแบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมสุขภาพที่ดีของผู้สูงอายุในด้านงานสถาปัตยกรรม นอกเหนือจากสภาพแวดล้อมบริบทโดยรอบพื้นที่ตั้งปัจจัยที่สำคัญประกอบไปด้วยสุขภาพทางด้านร่างกายและจิตใจของผู้สูงอายุ ซึ่งก่อให้เกิดการพึ่งพาตัวเองของผู้สูงอายุและส่งเสริมการบริหารอาคารได้อย่างยั่งยืน อีกทั้งสามารถนำปัจจัยที่ศึกษาประยุกต์ใช้กับสถาปัตยกรรมที่มีความคล้ายคลึงกันในอนาคตได้อีกด้วย

คำสำคัญ: ที่อยู่อาศัย, นาฬิกาชีวิต, สุขภาพ, สิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน

Abstract

Thailand is becoming a Complete aged society so the necessary factors that promoting a well-being to elderly are consists of sustainable residence and environmental design, and they are included the supporting physical and mental health. According to the research, the object of this project is studying the factors of well-being residential designing for elderly and studying the factors sustainable society and environment which promote physical and mental health to elderly and all ages. Furthermore, to comprehend to design a residence for the elderly and people of all ages. There is a principle of sustainable society and environmental design to promote well-being in buildings (Well building standard) as a fundamental factor in the design of residence for the elderly.



The result found that the factors that affecting a combination of designing residential buildings for promoting the well-being of the elderly. The factors which is surrounding site consist of physical and mental health of elderly. These factors cause the self-reliance of the elderly and sustainable building management. Moreover, the studied factors can be applied to similar architecture in the future.

Keyword: Residence, Circadian, Well-being, Sustainable environment



1. บทนำ (Introduction)

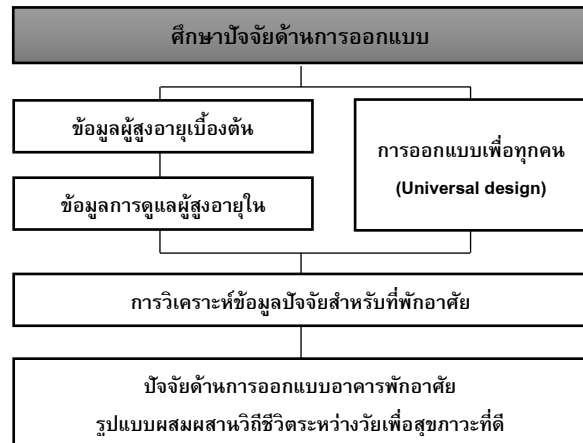
องค์การสหประชาชาติ (United Nations) มีการคาดการณ์จำนวนผู้สูงอายุ 30 ปีข้างหน้า มีปริมาณเพิ่มขึ้น 2 เท่า ซึ่งจากสถิติปี พ.ศ. 2560 มีประชากรอายุ 60 ปี ขึ้นไปจำนวน 11.3 ล้านคน ผู้สูงอายุที่มีสถานะโสดและอยู่กับคู่สมรสและไม่มีบุตรเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 6.3 เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2545 เป็นร้อยละ 10.8 อีกทั้งภูมิภาคที่มีผู้สูงอายุอาศัยและทำงานมากที่สุดคือกรุงเทพฯ โดยมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 39.7 เป็น 59.8 ในปี พ.ศ. 2553-2583 (สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2560) ดังนั้นสังคมไทยจึงควรมีการเตรียมความพร้อมทางด้าน การดูแลผู้สูงอายุที่กำลังเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งประเทศไทยมีแนวโน้มเข้าสู่ “สังคมสูงวัยอย่างสมบูรณ์” (ภุขพงศ์ โนตไธสง, 2561) หากไม่มีการเตรียมความพร้อมที่ดีทางด้านที่อยู่อาศัย ด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม ด้านสุขภาพ ด้านร่างกายและจิตใจ สามารถส่งผลกระทบต่อผู้สูงอายุและเกิดความลำบากในการใช้ชีวิตในอนาคตได้

ผลกระทบดังกล่าวก่อให้เกิดการเตรียมความพร้อมและรับมือกับสังคมผู้สูงอายุที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ด้วยจำนวนของที่เพิ่มขึ้นนั้นอาจส่งผลทำให้เกิดปัจจัยการผลิตทางด้านแรงงานลดลง ภาครัฐจึงจำเป็นต้องเพิ่มงบประมาณค่าใช้จ่ายทางด้านสวัสดิการและการรักษาพยาบาลเพิ่มขึ้นเพื่อดูแลและปฐมพยาบาลผู้สูงอายุที่เพิ่มมากขึ้น หากไม่มีการเตรียมความพร้อมการจัดสรรทรัพยากรที่จะลดลงอาจส่งผลกระทบต่อความมั่นคงทางด้านเศรษฐกิจและสังคมทำให้รายได้ประชาชาติลดลงได้ (แผนผู้สูงอายุแห่งชาติ ฉบับที่ 2, 2560)

จากข้อมูลดังกล่าวสามารถชี้ให้เห็นได้ว่ามีความเกี่ยวข้องกับการดูแลผู้สูงอายุ หรืออีกนัยยะที่เป็นปัจจัยในการสร้างหลักประกันในช่วงวัยสูงอายุ เริ่มจากการช่วยเหลือตนเอง ครอบครัวให้การเกื้อหนุน ชุมชนให้ความช่วยเหลือ รวมถึงสังคมภาครัฐให้ความเกื้อหนุนตามลำดับ จึงมีแนวคิดการแก้ปัญหา สำหรับเป็นปัจจัยที่ส่งผลการออกแบบสถาปัตยกรรมที่มีความเหมาะสมต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรวมถึงการก่อให้เกิดความสอดคล้องตามความต้องการของวัยทำงานและวัยเกษียณเพื่อสร้างพื้นที่กิจกรรมต่าง ๆ ที่สามารถรองรับการใช้ชีวิตของคนวัย

ทำงานเพื่อเตรียมพร้อมเข้าสู่วัยสูงอายุอย่างมีสุขภาวะที่ดี เพื่อให้ผู้สูงอายุใช้ชีวิตอยู่ร่วมกับวัยอื่น ๆ อย่างมีความสุขในสังคมและการเห็นคุณค่าและการพึ่งพาตนเองได้ อีกทั้งยังก่อให้เกิดความทัดเทียมกันทางสังคมและส่งผลให้เกิดสังคมผู้สูงอายุที่มีความยั่งยืน

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)



ภาพที่ 1 ขั้นตอนและวิธีการศึกษา

สำหรับการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลการออกแบบอาคารพักอาศัยรูปแบบผสมผสานวิถีชีวิตระหว่างวัยเพื่อสุขภาวะที่ดี มีกระบวนการในการศึกษา โดยมีการศึกษาปัจจัยในการออกแบบจากอาคารตัวอย่างทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศรวมทั้งสิ้น 5 อาคาร ซึ่งมีเกณฑ์การคัดเลือกอาคารตัวอย่างดังนี้

- ประเภทอาคารที่พักอาศัยความสูงไม่เกิน 23 เมตร
- แนวคิดในการออกแบบมุ่งเน้นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่ รวมถึงสังคมและสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืนในโครงการ
- กลุ่มผู้ใช้อาคารเป็นกลุ่มวัยทำงาน และผู้สูงอายุ

โดยเกณฑ์การคัดเลือกและความเป็นไปได้สำหรับปัจจัยที่ส่งผลการออกแบบอาคารพักอาศัยรูปแบบผสมผสานวิถีชีวิตระหว่างวัยเพื่อสุขภาวะที่ดี มีการศึกษาความเป็นไปได้สำหรับปัจจัยการออกแบบในด้านต่าง ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องและเชื่อมโยงกัน ด้านที่พักอาศัย สังคม และสิ่งแวดล้อม เป็นต้น



3. ผลการวิจัย (Results)

ข้อมูลผู้สูงอายุเบื้องต้น

การพัฒนาผู้สูงอายุและกลุ่มคนวัยทำงาน (ก่อนวัยเกษียณ) ด้านการบริการด้านสุขภาพบริการสาธารณะและการดำรงชีวิตประจำวันมุ่งเน้นผู้สูงอายุให้เกิดสุขภาวะที่ดีเป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญทางด้านสังคมและสิ่งแวดล้อมที่มีความเหมาะสมสำหรับคนทุกวัย ในปี พ.ศ. 2564 ประเทศไทยมีการเข้าสู่ “สังคมสูงวัยอย่างสมบูรณ์” มีสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 20 ของประชากรทั้งหมด และปี พ.ศ. 2574 ประเทศไทยจะเข้าสู่ “สังคมสูงวัยระดับสุดยอด” (Super aged society) ซึ่งมีสัดส่วนร้อยละ 28 ของประชากรทั้งหมด (กรมกิจการผู้สูงอายุ, 2562)

ข้อมูลการดูแลผู้สูงอายุในอนาคต

- 1) ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่และสังคมที่ยั่งยืนของผู้สูงอายุ

สถานการณ์ผู้สูงอายุไทยในอดีต ปัจจุบัน และแนวโน้มในอนาคต จากสถิติแนวโน้มอัตราเจริญพันธุ์รวมประเทศไทย Total Fertility Rate (TFR) ตั้งแต่ พ.ศ. 2508 - 2513 จำนวนบุตรที่สตรีให้กำเนิดคิดเป็นร้อยละ 5.98 สตรีวัยเจริญพันธุ์ 1 คน จากนั้นลดลงอย่างต่อเนื่องกระทั่งปี พ.ศ. 2558-2563 จำนวนบุตรที่สตรีให้กำเนิดจะเหลือเพียง 1.46 คน ขณะที่อายุเฉลี่ยของผู้สูงวัย พบว่าปี พ.ศ. 2508-2513 มีผู้สูงอายุมีอายุเฉลี่ยประมาณ 55.89-60.59 ปี แต่ผลการประเมินสถานการณ์ในปัจจุบันในช่วงปี พ.ศ. 2558-2563 ผู้สูงวัยจะมีอายุเฉลี่ยยาวนานขึ้น ผู้สูงอายุมีอายุเฉลี่ยประมาณ 71.82-78.46 ปี (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2562)

จากข้อมูลสถิติข้างต้นแสดงให้เห็นว่าสังคมไทยประสบปัญหา ได้รับผลกระทบของโครงสร้างประชากรในสัดส่วนประชากรวัยเด็ก วัยทำงานและผู้สูงอายุที่ไม่สมดุลกันเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่และสังคมผู้สูงอายุ ซึ่งจากข้อมูลผู้สูงอายุไทยที่อยู่ลำพังคนเดียวหรืออยู่กับคู่สมรสเท่านั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดปัญหาการขาดแคลนคนดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ลำพังหรือสมรสแต่ไม่มีบุตร หากผู้สูงอายุไม่มีการเตรียมความพร้อมทางด้านร่างกาย ด้านที่อยู่อาศัยที่เอื้ออำนวยต่อการใช้ชีวิตแบบพึ่งพา

ตนเองได้ อันเป็นปัจจัยที่ส่งผลดีต่อความเป็นอยู่ ด้านสังคมผู้สูงอายุอย่างยั่งยืน

- 2) ปัจจัยและความต้องการของวัยทำงานและผู้สูงอายุที่ก่อให้เกิดสุขภาวะที่ดี

ก. ปัจจัยและความต้องการของวัยทำงานที่ก่อให้เกิดสุขภาวะที่ดี จากการศึกษาคนวัยทำงานอายุ 35 - 49 ปี ยังคงเป็นกลุ่มที่มีคะแนนสุขภาพและความเป็นอยู่น้อยที่สุด โดยผลวิจัยพบว่าความเครียดของคนวัยทำงานเกิดจากแรงกดดันที่เกิดจากการดูแลครอบครัวและช่วงทำงานที่ทำให้เกิดความตื่นตัวตลอดเวลา ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาความเครียดอันนำไปสู่ “ภาวะซึมเศร้าและสมองเสื่อม” ในวัยทำงาน ซึ่งทั้ง 2 สาเหตุนี้สามารถเกิดขึ้นเรื้อรังจากวัยทำงานสู่ผู้สูงอายุได้ (ธนิญจิตรรา พูลเพชรพันธุ์, 2561) ดังนั้นคนวัยทำงานควรตระหนักถึงการเตรียมความพร้อมด้วยเช่นกัน เพื่อก้าวสู่การเป็นผู้สูงอายุที่มีสุขภาวะที่ดีสามารถพึ่งตนเองได้ยาวนานที่สุด

ข. ปัจจัยและความต้องการของผู้สูงอายุที่ก่อให้เกิดสุขภาวะที่ดี สิ่งที่ผู้สูงอายุต้องการคือการดูแลเอาใจใส่ ทั้งทางด้านร่างกาย จิตใจและสังคม ซึ่งเป็นปัจจัยอันก่อให้เกิด สุขภาวะที่ดี มีดังต่อไปนี้

- ด้านร่างกายของผู้สูงอายุ ความต้องการด้านสุขภาพของผู้สูงอายุ ผู้สูงอายุทุกคนย่อมต้องการมีสุขภาพที่สมบูรณ์และแข็งแรงไม่มีโรคภัยไข้เจ็บ

- ด้านจิตใจของผู้สูงอายุการเปลี่ยนแปลงหลายด้านของผู้สูงอายุไม่ว่าจะเป็นเรื่องหน้าที่การงาน (เตรียมเกษียณ) สถานะในครอบครัว ทำให้ผู้สูงอายุปรับตัวกับความเปลี่ยนแปลงและก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านจิตใจของผู้สูงอายุ

- ด้านสังคม โดยทั่วไปผู้สูงอายุยังคงต้องการเป็นที่เคารพจากคนในครอบครัวและสังคมเหมือนในสมัยที่ยังทำงานอยู่ เพราะทำให้ผู้สูงอายุรู้สึกว่าคุณค่า

- 3) ปัจจัยด้านความต้องการที่อยู่อาศัยของวัยทำงานหลังเกษียณ



ผลสำรวจความต้องการด้านที่พักอาศัยของวัยทำงาน เมื่อก้าวเข้าสู่วัยสูงอายุ โดยเฉพาะกลุ่มที่โสดหรือไม่มีบุตร ดูแลประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

- สิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมกับทุกเพศทุกวัย (Universal design) หมายถึงสถานที่หรือที่อยู่อาศัยที่มีการออกแบบโดยมีการเอื้ออำนวยต่อการใช้ชีวิตของทุกเพศทุกวัย

- การคมนาคม คือมีระบบขนส่งสาธารณะผ่านสามารถไปยังที่ต่าง ๆ ได้อย่างสะดวกโดยเฉพาะที่สำคัญ เช่น โรงพยาบาล ห้างสรรพสินค้า สถานีตำรวจ เป็นต้น

- ความปลอดภัย คือมีผู้รักษาความปลอดภัยคอยดูแลความปลอดภัยให้ผู้อาศัย

- พื้นที่สีเขียว คือพื้นที่สีเขียวที่อยู่ในที่อยู่อาศัย หรือมีสวนสาธารณะอยู่ใกล้ที่อยู่อาศัย สำหรับเป็นสถานที่พักผ่อน ออกกำลังกาย และพบปะพูดคุยกัน

4) การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นที่สำหรับที่พักอาศัย

ก. ปัจจัยด้านที่อยู่อาศัย

การออกแบบเพื่อผู้สูงอายุเบื้องต้นมีการคำนึงถึงความปลอดภัย ลดอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้น ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญที่มีก็จะเกิดขึ้นกับผู้สูงอายุ (มาตรฐานบ้านพักผู้สูงอายุ, 2555) จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นสามารถสรุปแนวความคิดในการออกแบบสภาพแวดล้อมและที่อยู่อาศัยของผู้สูงอายุมีปัจจัยดังนี้

- ความปลอดภัย ลดอุบัติเหตุ ในด้านต่าง ๆ ทั้งการเคลื่อนไหว การมองเห็น การได้ยิน

- สะดวก ต้องสามารถเข้าถึงง่าย ในส่วนต่าง ๆ ของบ้านต้องทำให้ผู้สูงอายุสามารถเข้าถึงอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างสะดวก

- สังคม และ สิ่งแวดล้อม เป็นการสร้างสรรค์สภาพแวดล้อมทางกายภาพให้มีความน่าสนใจ มีการเลือกใช้สีที่เหมาะสมและชัดเจน รวมถึงการสร้างสภาพแวดล้อมที่ผู้สูงอายุสามารถมีปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อม

การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 9 ประจำปี 2563

จากข้อมูลข้างต้นดังกล่าว จึงได้นำหลักการออกแบบในอาคารหลักการ ซึ่งตอบสนองต่อบัจจัยด้านที่อยู่อาศัยของทุกช่วงวัย โดยเฉพาะวัยทำงานและผู้สูงอายุ หลักการดังกล่าวนี้แสดงให้เห็นถึง ปัจจัยด้านการออกแบบที่มีการคำนึงถึงผู้อยู่อาศัยทุกคน (Universal design)

การออกแบบเพื่อทุกคน (Universal design)

คือคนทุกเพศทุกวัย แนวคิดในการออกแบบทั้งสภาพแวดล้อม สิ่งอำนวยความสะดวกไปจนถึงอุปกรณ์เครื่องใช้ เฟอร์นิเจอร์ ฯลฯ โดยมีหลักในการออกแบบเพื่อการใช้งานที่สะดวกสบาย ปลอดภัย เหมาะสมสำหรับทุกคน

1) ปัจจัยด้านสุขภาวะที่ดี

จากข้อมูลที่ได้ศึกษามาข้างต้น สรุปปัจจัยด้านสุขภาวะที่ดีของวัยทำงานและผู้สูงอายุที่มีร่วมกันแบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ ด้านกายภาพหรือด้านร่างกาย และด้านจิตใจที่ส่งผลซึ่งกันและกัน อันก่อให้เกิดการส่งเสริมให้เกิดสุขภาวะที่ดี ซึ่งสามารถสร้างสุขภาวะได้ดังต่อไปนี้

- ด้านร่างกายหรือกายภาพ สร้างสภาพแวดล้อมที่ก่อให้เกิดความปลอดภัย เอื้ออำนวยต่อการใช้ชีวิตในทุกวัย โดยเฉพาะวัยสูงอายุที่ต้องพึ่งพาตนเอง

- ด้านจิตใจ สร้างพื้นที่ที่สามารถทำกิจกรรมร่วมกันระหว่างผู้อื่น เพื่อสร้างปฏิสัมพันธ์อันดีต่อคนรอบข้าง ช่วยลดอาการซึมเศร้าและส่งเสริมเกิดสภาพจิตใจที่ดี

2) ปัจจัยด้านสังคมและสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน

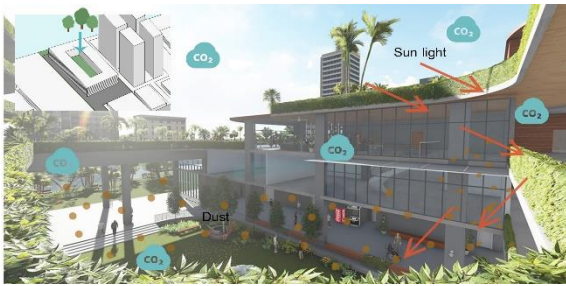
สังคมและสิ่งแวดล้อมที่ดีเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้คนทุกวัยให้มีสุขภาวะที่ดีอย่างยั่งยืน ดังนั้นการออกแบบสภาพแวดล้อมอย่างยั่งยืนเป็นส่วนสำคัญ ซึ่งจากการศึกษามีแนวทางการออกแบบเพื่อนำไปสู่สถาปัตยกรรมยั่งยืน 2 วิธี ประกอบด้วย

ก. กลยุทธ์ในการขับเคลื่อนด้วยธรรมชาติ

- การออกแบบโดยการใช้ประโยชน์จากธรรมชาติทางตรงและทางอ้อมโดยนำเทคโนโลยีเครื่องกลมาใช้ให้น้อยที่สุด สามารถแบ่งออกเป็นประเด็นต่าง ๆ ดังนี้



- การป้องกันแสงแดดโดยการอาศัยต้นไม้ อุปกรณ์บังแสงแดด และการจัดสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคาร
- การใช้แสงสว่างจากธรรมชาติ เป็นการปรับสมดุลของร่างกายรวมถึงการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า
- การใช้ฉนวนเพื่อป้องกันความร้อนถ่ายเทเข้าสู่อาคาร ทั้งผนังและหลังคา
- การนำแหล่งพลังงานที่มีอยู่มาใช้ เช่น พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์แปลงเป็นพลังงานไฟฟ้า เป็นต้น
- การหมุนเวียนการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ เช่น กักเก็บน้ำฝนเพื่อนำมารดน้ำต้นไม้ เป็นต้น
- การระบายอากาศด้วยลมธรรมชาติภายในอาคาร

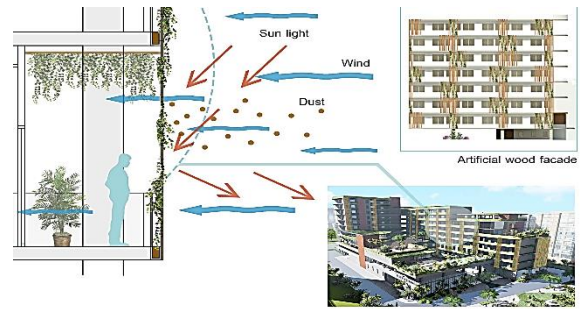


ภาพที่ 2 การออกแบบและติดตั้งวัสดุกับอาคารที่ออกแบบ (บริเวณห้องพัก)

ข. กลยุทธ์ในการขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี

เป็นการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยดัดแปลงให้ประหยัดพลังงานสามารถแบ่งออกเป็นประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

- การคัดเลือกทำเลที่ตั้งที่เพื่อเอื้อประโยชน์ในด้านสาธารณูปโภคต่าง ๆ ตลอดจนลดการสิ้นเปลืองพลังงานในการเดินทางและติดต่อ
- การควบคุมแสงสว่างที่ใช้ในอาคารให้เหมาะสม
- การใช้วัสดุสังเคราะห์ทดแทนวัสดุธรรมชาติ
- การนำทรัพยากรมาหมุนเวียนใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์



ภาพที่ 3 การติดตั้งวัสดุกับอาคาร (บริเวณห้องพัก)

3) แนวความคิดในการออกแบบ (Concept)

Circadian rhythm หรือ นาฬิกาชีวิต 24 ชั่วโมง ทำหน้าที่จัดการบริหารระบบต่าง ๆ ภายในร่างกายให้ทำงานสอดคล้องกับสภาวะแวดล้อม และพื้นที่ที่ออกแบบเพื่อให้เกิดสังคมและสิ่งแวดล้อมที่อยู่อาศัยที่ดีและยั่งยืน โดยมีแสงธรรมชาติที่ช่วยกระตุ้นสภาพร่างกายให้เกิดการรับรู้ (Natural Lighting)



ภาพที่ 4 การวิเคราะห์กิจกรรมที่สอดคล้องกับแนวคิด Circadian rhythm

4. อภิปรายผล (Discussion)

จากการศึกษาวิจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบอาคารพักอาศัยรูปแบบผสมผสานวิถีชีวิตคนวัยทำงานและสูงอายุ สามารถสรุปได้ว่าสุขภาวะที่ดี แสดงให้เห็นถึงปัจจัยด้านการออกแบบที่ส่งผลต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืนให้แก่ผู้สูงอายุ แสดงให้เห็นว่าการออกแบบประกอบด้วยปัจจัยหลัก 3 ประการคือ ปัจจัยด้านสุขภาวะที่ดีของผู้ที่อยู่อาศัยและบริบทภายในพื้นที่ปัจจัยด้านความยั่งยืนทางด้าน



สังคมและสิ่งแวดล้อม และปัจจัยด้านที่อยู่อาศัยที่มีการรองรับคนวัยทำงานเพื่อเตรียมตัวเกษียณ รวมถึงผู้สูงอายุโสดหรือไม่มีบุตร ซึ่งเป็นการรองรับสังคมผู้สูงอายุ (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบที่อยู่อาศัยสำหรับผู้สูงอายุ

ปัจจัยทั้ง 3 ประการที่กล่าวมามีผลต่อผู้สูงอายุซึ่งก่อให้เกิดความเป็นอยู่ที่ดีดังนี้

- 1) ด้านร่างกาย เมื่อเข้าสู่วัยสูงอายุร่างกายจะเริ่มเสื่อมถอย ดังนั้นสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัยจึงสำคัญอย่างมาก
- 2) ด้านจิตใจ สำหรับผู้สูงอายุบางคนมีอาการที่แปรปรวนหรือควบคุมอารมณ์ตนเองไม่ได้ ซึ่งอาจเกิดสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกายและสมอง ดังนั้นวัยสูงอายุจึงต้องการความใส่ใจจากคนรอบข้างเป็นพิเศษ
- 3) ด้านสังคม วัยสูงอายุส่วนใหญ่ไม่ได้ออกไปทำงาน ทำให้เจอผู้คนลดลง ดังนั้นการได้มีสังคมจะช่วยให้คลายเหงา อีกทั้งยังเห็นคุณค่าในตนเองมากขึ้น

ดังนั้นสิ่งที่ก่อให้เกิดปัจจัยที่เป็นแนวทางสำหรับการออกแบบที่อยู่อาศัยที่ดีและส่งผลต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน เพื่อตอบสนองปัจจัยทั้ง 3 จึงเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ จากการศึกษาจึงแบ่งออกเป็น 3 ประเด็นดังนี้

- 1) ด้านสุขภาวะที่ดี เป็นการส่งเสริมให้มีพฤติกรรมสุขภาพที่เหมาะสม เช่น การออกกำลังกายและการมีภาวะโภชนาการที่เหมาะสม ชะลอความเสื่อมด้วยวิธีฟื้นฟูด้านจิตใจด้วยธรรมชาติและสังคม เพื่อให้ผู้สูงอายุสามารถฟื้นคืนสู่สภาวะของการช่วยเหลือตัวเองได้ รวมทั้งการดูแลสุขภาพจิตผู้สูงอายุ
- 2) ด้านความยั่งยืน เป็นการส่งเสริมแนวทางการออกแบบด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม และมีการคำนึงถึง อารยสถาปัตย์

การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรมนวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 9 ประจำปี 2563

(Universal Design: UD) ที่เป็นการจัดสภาพแวดล้อมที่เป็นมิตรและเหมาะสมกับคนทุกวัย รวมถึงการจัดการภายในอาคารด้านพื้นที่สีเขียว พลังงานทดแทน การถ่ายเทอากาศ อันเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดแนวทางการออกแบบและการนำไปใช้งานทางด้านสถาปัตยกรรมที่ก่อให้เกิดความยั่งยืนทางด้านสิ่งแวดล้อมและลดการใช้พลังงานในอาคาร

3) ด้านที่อยู่อาศัย เป็นแนวทางในการออกแบบเพื่อรองรับรูปแบบการอยู่อาศัยของวัยทำงานและวัยสูงอายุ โดยการออกแบบที่คำนึงถึงสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อวัยทำงาน เพื่อให้วัยทำงานก้าวเข้าสู่วัยสูงอายุอย่างมีสุขภาวะที่ดี และมีการเตรียมพร้อมทางด้านร่างกาย จิตใจ สังคม ซึ่งส่งเสริมให้ผู้สูงอายุสามารถดูแลตนเองได้ยาวนานที่สุด

ด้วยปัจจัยและองค์ประกอบทั้งหมดสามารถนำไปประยุกต์ใช้และเป็นแนวทางสำหรับแก้ไขปัญหาด้านการออกแบบอาคารที่อยู่อาศัย ที่มีความใกล้เคียงกันต่อไป และก่อให้เกิดความยั่งยืนด้านสังคมและสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืนในอนาคต

5. สรุปผล (Conclusion)

ผลการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบอาคารพักอาศัยรูปแบบผสมผสาน นอกเหนือจากการส่งเสริมสุขภาวะที่ดีของผู้สูงอายุ พบว่าการออกแบบในด้านงานสถาปัตยกรรม นอกจากการคำนึงถึงปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมในพื้นที่แล้วนั้น ควรมีการตระหนักถึงปัจจัยทางด้านผู้ใช้งาน สภาพร่างกาย จิตใจ เพื่อเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบเพื่อผู้สูงอายุนวมถึงการออกแบบพื้นที่กิจกรรมที่เหมาะสมสำหรับวัยสูงอายุ ที่ก่อให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัยอันดีด้วย รวมถึงการออกแบบพื้นที่สังคมและสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืนที่ส่งผลให้เกิดการพึ่งพาตัวเองของผู้อยู่อาศัยและการบริหารอาคารได้อย่างยั่งยืน และสามารถเป็นปัจจัยจูงใจตัวอย่างที่นำไปประยุกต์ใช้กับสถาปัตยกรรมที่มีความคล้ายคลึงกันในอนาคตได้อีกด้วย

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (มทร.ธัญบุรี) และอาจารย์สุพาลักษณ์ ตันติวงศ์ ผู้ที่เกี่ยวข้องและ



อนุเคราะห์ข้อมูลทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาและสนับสนุนให้
บทความนี้ลุล่วงด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ข้อมูลจากเว็บไซต์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช
(วันที่สืบค้น 23 กรกฎาคม 2562)

[2] ข้อมูลจากเว็บไซต์สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม
แห่งชาติ (วันที่สืบค้น 23 กรกฎาคม 2562)

[3] ข้อมูลจากเว็บไซต์สำนักงานสถิติแห่งชาติ (วันที่สืบค้น
ข้อมูล 9 สิงหาคม 2562)

[4] ธนินจิตรา พูลเพชรพันธุ์, สมองเสียมโนวัยทำงาน, ข้อมูล
จาก <https://www.samitivejsriracha.com> (วันที่สืบค้น
ข้อมูล 25 กรกฎาคม 2562)

[5] กรมกิจการผู้สูงอายุ, ข้อมูลจาก
<http://www.dop.go.th>, (วันที่สืบค้นข้อมูล 9 สิงหาคม
2562)

[6] ไตรรัตน์ จารุทัศน์, ข้อเสนอแนะการออกแบบสภาพแวดล้อม

ที่พักอาศัยของผู้สูงอายุ, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2558

[7] สำนักส่งเสริมและพิทักษ์ผู้สูงอายุ (สทส.), มาตรฐาน
บ้านพักผู้สูงอายุ, โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ,
2555

[8] แผนผู้สูงอายุแห่งชาติ ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2545-2564),

(ออนไลน์), เข้าถึงได้จาก :

<http://www.dop.go.th/th/laws/1/28/766>, (วันที่สืบค้น

ข้อมูล 22 สิงหาคม 2562)



การควบคุมการเกิดปฏิกิริยาอัลคาไลน์ซิลิกาโดยใช้เถ้าลอยและซิลิกาฟุ่ม Alkali-Silica Reaction Control by Using Fly ash and Silica Fume

จักรพันธ์ แสงสุวรรณ¹, อนรรักษ์ เทพกรณ์²

1,2 สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

Chakkarphan.s@rmutp.ac.th, anuruk_note@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุประกอบโซลันต่อการควบคุมการขยายตัวของมอร์ตาร์ซีเมนต์ โดยใช้หินปูน (Lime Stone) ที่สามารถเกิดปฏิกิริยาแอลคาไลซิลิกา (ASR) วัสดุเถ้าลอย (Fly Ash), และซิลิกาฟุ่ม (Silica Fume) วัดค่าการขยายตัวของมอร์ตาร์ตามมาตรฐาน ASTM C-1260 และ C-1567 โดยใช้เถ้าลอยแทนที่ซีเมนต์ร้อยละ 20, 35 และ 50, และซิลิกาฟุ่มแทนที่ร้อยละ 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนักของซีเมนต์ พิจารณาการขยายตัวที่อายุ 14 และ 28 วัน ผลการศึกษาพบว่าการขยายตัวสูงสุดของมอร์ตาร์คือตัวอย่างควบคุมให้ค่าเท่ากับ (0.173%) ที่อายุ 14 วัน และ (0.252%) ที่อายุ 28 วัน เมื่อใช้ซิลิกาฟุ่มแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 15 ช่วยควบคุมการขยายตัวจากปฏิกิริยาแอลคาไลซิลิกา (ASR) ได้ดีที่สุด จากการขยายตัว 0.173% เป็น -0.003% และขยายตัวจาก 0.252% เป็น -0.002% ที่อายุ 14 วัน และ 28 วันตามลำดับ ดังนั้นประสิทธิภาพของซิลิกาฟุ่มแทนที่ซีเมนต์ร้อยละ 15 จะควบคุมการขยายตัวได้มากกว่าเถ้าลอยร้อยละ 20, 35 และ 50 ตามลำดับ

คำสำคัญ (Key word): เถ้าลอย, ซิลิกาฟุ่ม, อัลคาไลน์ซิลิกา, การขยายตัว

Abstract

The objective of this research to study effectiveness of supplementary cementing materials (SCMs) on control expansion of cement mortar due to alkali silica reaction, local potentially reactive aggregates, Lime Stone. Materials use fly ash. Measurement expansion according to ASTM C-1260 and C-1567, by used replacement cement by fly ash 20%, 35% and 50% weight of cement, replacement cement by silica fume 10%, 15% and 20% by weight of cement. Considering the expansion at the age of 14 days and 28days (after casting). The highest percentage replacement showed the best result in reducing expansion from (0.173%) to (-0.003%) and (0.252%) to (-0.002%) at 14days and 28days, respectively. Therefore, the efficiency of replacement cement showed the best result by Silica fume15% reducing expansions more than by fly ash 20%, 35% and 50%, respectively.

.Keywords: Fly Ash, Silica Fume, Alkaline Silica Reaction, Expansion



1. บทนำ (Introduction)

โครงสร้างคอนกรีตโดยทั่วไปที่เกิดสภาวะเสื่อมสภาพเนื่องจากปฏิกิริยาระหว่างแอลคาไลน์กับซิลิกา (ASR) เป็นกระบวนการทางเคมีที่เกิดขึ้นภายในคอนกรีตโดยที่แอลคาไล (Na+ และ K+) ส่วนใหญ่ได้มาจากปูนซีเมนต์ทำปฏิกิริยากับซิลิกาที่มีอยู่ในมวลรวม (Alkali-Aggregate Reaction หรือ AAR) เป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากแอลคาไลน์ในสารละลายในช่องว่างของคอนกรีต (Pore Solution) ทำปฏิกิริยากับซิลิกาบางชนิดในมวลรวม ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นทำให้ได้ผลผลิตเป็น Silica gel ที่มีคุณสมบัติสามารถขยายตัวเมื่อคอนกรีตอยู่ในสภาพที่มีความชื้นเพียงพอซิลิกาเจลจะดูดความชื้นและขยายตัวทำให้คอนกรีตเกิดการแตกร้าวสร้างความเสียหายอย่างรุนแรงต่อโครงสร้างคอนกรีตที่แข็งตัว ในกรณีที่รุนแรง AAR อาจมีผลทำให้เหล็กเสริมขาดได้ AAR แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ Alkali-Silica Reaction (ASR) และ Alkali-Carbonate Reaction (ACR) ซึ่งปฏิกิริยาที่พบบ่อยคือ ASR ในต่างประเทศ มีรายงานปัญหา ASR ทำให้โครงสร้างคอนกรีตเกิดความเสียหายซึ่งการเสื่อมสภาพจาก ASR นั้นจะต้องใช้เวลานานกว่าคอนกรีตจะแตกร้าว แต่เมื่อเกิดขึ้นแล้วจะยากต่อการแก้ไขและการซ่อมแซม ในบางครั้งอาจรุนแรงถึงขั้นต้องรื้อทำลายโครงสร้าง [1,2] ตามภาพที่ 1

ในอดีตปัญหา ASR ไม่มีรายงานการพบในประเทศไทย อาจเป็นเพราะมวลรวมที่มีแร่ธาตุที่ไวต่อปฏิกิริยากับอัลคาไลน์ในซีเมนต์มีน้อย หรือยังไม่ได้รับความสนใจถึงผลกระทบโดยตรง และยังไม่พบปัญหา จึงทำให้การเสื่อมสภาพจาก ASR ถูกมองข้ามไป แต่ในปัจจุบันมีการพบปัญหา ASR ในประเทศ และอาจเป็นไปได้ว่าในอนาคตอาจพบโครงสร้างที่เสียหายจาก ASR มากขึ้น เนื่องจากการแก้ไขปัญหามา ASR ในโครงสร้างที่เสียหายไปแล้วนั้นทำได้ยาก วิธีที่ดีที่สุดในการป้องกันการเกิด ASR คือการหลีกเลี่ยงการใช้หินที่ไวต่อปฏิกิริยา ASR แต่ปัจจุบันแหล่งทรัพยากรนั้นมีจำกัด การหลีกเลี่ยงการใช้วัสดุเหล่านั้นจึงทำได้ยาก ดังนั้นการป้องกันอาจทำได้ตั้งแต่การผสมคอนกรีต [3,4,5]



ภาพที่ 1 โครงสร้างสะพานที่เกิดการแตกร้าวเนื่องจากปฏิกิริยาอัลคาไลน์ซิลิกา (ASR)

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

ศึกษาการขยายตัวของมอดาร์บาร์ที่เกิดการขยายตัวเนื่องจากปฏิกิริยา ASR เมื่อหินปูน (Lime Stone) ที่ใช้มีแนวโน้มในการเกิดปฏิกิริยาได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้เป็นการหาส่วนผสมที่เหมาะสมในการควบคุมการขยายตัวของมอดาร์บาร์เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยา ASR โดยใช้ SCMs จำนวน 2 ชนิดนำมาใช้ทดแทนปูนซีเมนต์บางส่วนเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากธรรมชาติและจากภาคอุตสาหกรรมที่โรงไฟฟ้า ที่ อ.แม่เมาะ จังหวัด ลำปาง คือเถ้าลอย (Fly Ash) และซิลิกาฟุ้ง (Silica Fume) [6]

2.1 การเตรียมตัวอย่างและการทดสอบ

หินปูนที่ใช้จัดเตรียมขนาดคละตามมาตรฐาน ASTM C1260 [7,8] ตามตารางที่ 1 SCMs ใช้สำหรับแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอย (Fly Ash) และซิลิกาฟุ้ง (Silica Fume) ที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้เป็นวัสดุนำเข้าจากประเทศสหรัฐอเมริกา หินที่ใช้เป็นหินปูน (lime stone) จากภาคตะวันออกของประเทศไทยมีแนวโน้มในการเกิดปฏิกิริยา ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 จากศูนย์วิจัยและนวัตกรรมบริษัทปูนซีเมนต์ไทย จำกัดมหาชน จ.สระบุรี มีองค์ประกอบทางเคมีดังตารางที่ 1



ขยายตัว Accelerate Mortar Bar Test (AMBT) โดยมี
 หลักเกณฑ์การพิจารณาอัตราค่าแนวโน้มการขยายตัวที่อายุ 14
 น้อยกว่า 0.10% ไม่มีแนวโน้มการเกิด ASR ถ้าขยายตัวอยู่
 ระหว่าง 0.10% ถึง 0.20% ยังไม่สามารถสรุปได้ควรทดสอบ
 จนถึงอายุ 28 วัน ถ้าอัตราค่าการขยายมากกว่า 0.20% มี
 แนวโน้มการเกิด ASR และต่อจากนั้นให้ทดสอบหาแนวโน้ม
 การขยายตัวของคอนกรีต ปริซึมตามมาตรฐานของ RILEM
 AAR-5 และ AAR-4.1 ที่อายุ 28 วันและ 150 วัน (20 สัปดาห์)
 ตามลำดับ [10,11,12]

ตารางที่ 1 ขนาดคละของหินตามมาตรฐาน ASTM C 1260-01

Sieve Size		Mass (%)	Mass (g.)
Passing	Retained on		
4.75 mm (No. 4)	2.36 mm (No. 8)	10	99
2.36 mm (No. 8)	1.18 mm (No. 16)	25	247.5
1.18 mm (No. 16)	600 μ m (No. 30)	25	247.5
600 μ m (No. 30)	300 μ m (No. 50)	25	247.5
300 μ m (No. 50)	150 μ m (No. 100)	15	148.5
Total		100	990

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ Type I, PFA และ SF

Oxides (%)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O
Cement (OPC)	18.74	5.22	3.20	65.30	0.82	0.08	0.5
Fly ash (Fly ash)	36.35	19.86	14.15	18.12	2.82	1.33	2.30
Silica Fume (SF)	97.26	0.19	0.03	0.43	0.49	0.26	0.62

2.2 วิธีการดำเนินโครงการ

การศึกษานี้จะพิจารณาเฉพาะการใช้สารปอซโซลานในลักษณะวัสดุแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วน Supplementary Cementing Material (SCM_s) มีทั้งหมด 3 ชนิดประกอบด้วย เถ้าลอย (Fly Ash) ดินขาว (Meta kaolin) และซิลิกาฟุ้ง (Silica Fume) โดยนำมาใช้ในลักษณะเป็นส่วนผสมระบบสองประสาน (Binary Blends System) โดยการแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนโดยใช้เถ้าลอย (Fly Ash) แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนร้อยละ 20, 35 และ 50 ตามลำดับ สำหรับซิลิกาฟุ้ง (Silica Fume) ใช้การแทนที่ปูนซีเมนต์ที่ร้อยละ 10, 15 และ 20 ตามลำดับ [7] ส่วนผสมที่กล่าวมาข้างต้นใช้ทำตัวอย่างของแท่งมอร์ตาร์เพื่อวัดค่าแนวโน้มการขยายตัว ทำตามมาตรฐาน ASTM C1260 [8] และ C 1567 [9] เป็นการทดสอบหาแนวโน้มการขยายตัวเนื่องจากปฏิกิริยาแอลคาไลซิลิกาเป็นวิธีการเร่งให้เกิดการ

ตารางที่ 3 ส่วนผสมของแท่งมอร์ตาร์ในระบบสองประสาน

Mixes	Mat	Cem. (g)	Water (g)	Fine. (g)	PFA (g)	MK (g)
Control	-	440	206.8	990	0	0
M / FA20	FA	352	206.8	990	88	0
M / FA35	FA	286	206.8	990	154	0
M / FA50	FA	220	206.8	990	220	0
M / SF10	SF	396	206.8	990	0	44
M / SF15	SF	374	206.8	990	0	66
M / SF20	SF	352	206.8	990	0	88

หมายเหตุ : เช่น M / FA20 คือ แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยร้อยละ 20 โดยน้ำหนักซีเมนต์

3. ผลการวิจัย (Results)

วิธีการทดสอบในส่วนนี้เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการใช้งานของวัสดุปอซโซลานในการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาเนื่องจาก ASR โดยวัดการเปลี่ยนแปลงความยาวของแท่งมอร์ตาร์ตามมาตรฐาน ASTM C1260 [8] และ ASTM 1567 [9] ของหินแกรนิต โดยใช้สารปอซโซลานในส่วนผสมด้วยระบบสองใช้การแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนสำหรับแท่งมอร์ตาร์มีรายละเอียด ผลของการควบคุมแนวโน้มการขยายตัวเนื่องจาก ASR ดังแสดงในรูปที่ 2 และในตารางที่ 4 แสดงผลการขยายตัวของแท่งมอร์ตาร์บาร์ที่อายุ 14 และ 28 วันระบบสองประสาน [11,12]

3.1 ผลจากการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C-1260 [8]

โดยใช้หินปูนเป็นวัสดุทำมอร์ตาร์ควบคุมเมื่อพิจารณาที่อายุ 14 วันมีค่าการขยายตัวร้อยละ 0.173 พิจารณาว่ามีแนวโน้มในการเกิดปฏิกิริยาแอลคาไลซิลิกา (ASR) โดยให้วัดค่าการขยายตัวต่อเนื่องไปจนถึง 28 วันวันมีค่าการขยายตัว

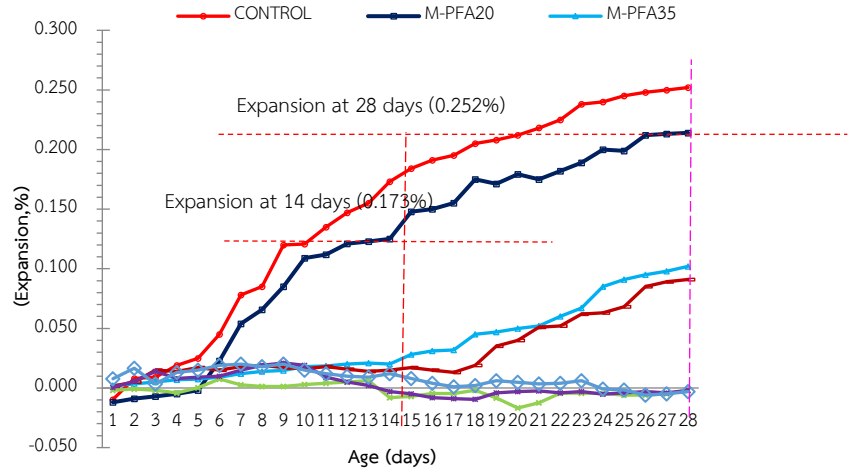


0.252% และพบว่าปริมาณที่ใช้มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพ
 การขยายตัวของวัสดุอย่างชัดเจนดังแสดงในรูปที่ 2 และตารางที่ 4

แทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 35 เนื่องจาก ถ้าแทนที่ร้อยละ 50
 จะมีผลกระทบต่อในการรับกำลังทางกายภาพและเชิงกล
 เชิงกลโดยมีแนวโน้มจะทำให้ค่ากำลังลดลง [12]

ตารางที่ 4 การขยายตัวของมอร์ตาร์ในระบบสองประสาน

Mix Proportion	AMBT Expansion (%)	
	14-day	28-c
Control	0.173	0.252
M/PFA20	0.125	0.214
M/PFA35	0.020	0.102
M/PFA50	0.006	-0.002
M/SF10	0.015	0.091
M/SF15	-0.003	-0.002
M/SF20	0.012	-0.003



สรุปอภิปรายผล (Discussion)
 การลดค่าการขยายตัวของมอร์ตาร์ควบคุม
 กับวัสดุของ Fly ash เนื่องจาก ASR ของซีเมนต์
 ซิลิกาสูงสามารถทำปฏิกิริยาปอซโซลานิกกับแคลเซียมไฮ
 ดรอกไซด์จนเกิดผลิตภัณฑ์ CSH ทำหน้าที่เข้าไปเติมเต็มใน
 ช่องว่างคาปิลารีจนกระทั่งช่องว่างเหล่านั้นเกิดความทึบแน่น
 ซึ่งมีผลทำให้ไฮดรอกซิลไอออนต่างๆและแอลคาไลน์ที่เป็น
 สารละลายในช่องว่างลดลง ค่าPH ก็ลดลงจนเหลือน้อยทำให้
 เพิ่มความทึบแน่นให้กับเนื้อคอนกรีตส่งผลลดการขยายตัว
 ของมอร์ตาร์เนื่องจากปฏิกิริยา ASR ได้มากกว่าแล้ว

เมื่อใช้ปริมาณการแทนที่ซีเมนต์ด้วยซิลิกาฟุ้งที่ร้อยละ 15 ให้
 ค่าการขยายตัว -0.003 มีค่าน้อยกว่าส่วนผสมของซิลิกาฟุ้งที่
 ร้อยละ 10 และร้อยละ 20 ที่มีค่าการขยายตัวเท่ากับ 0.015
 และ 0.012 ตามลำดับ ในขณะที่ถ้าลดที่ร้อยละ 50 ให้ค่า
 การขยายตัว เท่ากับ 0.006 ให้ค่าน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ
 ส่วนผสมของถ้าลดที่ร้อยละ 20 และร้อยละ 35 ให้ค่า
 การขยายตัวเท่ากับ 0.125 และ 0.020 ตามลำดับ ซึ่งสรุปได้
 ว่าซิลิกาฟุ้งและถ้าลดมีประสิทธิภาพในการควบคุมการ
 ขยายตัวของตัวอย่างควบคุมที่ใช้ส่วนผสมหินปูน เมื่อแนะนำ
 ให้ใช้ในปริมาณที่เหมาะสมคือซิลิกาฟุ้งใช้แทนที่ซีเมนต์ร้อยละ
 15, 20 และ 10 สำหรับถ้าลดใช้แทนที่ซีเมนต์ร้อยละ
 50, 20 และ 35 ตามลำดับ ในกรณีของถ้าลดแนะนำให้ใช้

ผลของ Fly ash มีความละเอียดน้อยกว่าซิลิกาฟุ้งซึ่ง
 Fly ash มีทั้งชนิด C และ F และมีองค์ประกอบทางเคมี ของ
 ซิลิกา กับแคลเซียม โดยที่ Fly ash (Type F) จะมีประสิทธิ
 ภาพ ในการลดการขยายตัวได้ดีกว่า Type C เพราะว่า
 Type F มีปริมาณ (CaO ต่ำ) กว่า Type C (CaO สูง) จึงเป็น
 เหตุผลว่า Fly ash Type C ที่ใช้จึงมีปริมาณการแทนที่
 ปูนซีเมนต์จึงสูงถึงร้อยละ 35-50 ต่อน้ำหนักซีเมนต์
 กล่าวคือปริมาณแคลเซียมที่ CaO มีค่าสูงจะส่งผลโดยตรงต่อ
 ประสิทธิภาพการลด alkalinity ในสารละลาย (Pore
 Solution) ที่ต่ำลง ทำให้ประสิทธิภาพในการควบคุมการ
 ขยายตัวจะลดลงทำให้ต้องใช้ปริมาณถ้าลดที่เพิ่มมากขึ้น
 เช่นการใช้ถ้าลด Type F (ปริมาณ CaO ต่ำ) จะใช้ปริมาณ
 การแทนที่ซีเมนต์น้อยกว่าถ้าหากใช้ถ้าลด Type C
 (ปริมาณ CaO สูง) จะต้องใช้ปริมาณการแทนที่ซีเมนต์



มากกว่า

5. สรุปผล (Conclusion)

ผลจากการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C-1260 [8] และ ASTM C1567 [9] เมื่อใช้หิน greywacke ทำมอร์ตาร์ควบคุมเมื่อพิจารณาที่อายุ 14 วันและ 28 วัน

1. ผลของซิลิกาฟุ้ง (Silica Fume) ช่วยลดการขยายตัวของมอร์ตาร์ควบคุมได้รองจากดินขาวเมื่อใช้ซิลิกาฟุ้งแทนที่ด้วยปูนซีเมนต์ร้อยละ 15 ของน้ำหนัก

2. ผลของเถ้าลอย (Fly ash) ช่วยลดการขยายตัวของมอร์ตาร์ควบคุมได้รองจาก Silica Fume เมื่อใช้ Fly ash แทนที่ด้วยปูนซีเมนต์ร้อยละ 35 และ 50 ของน้ำหนักซีเมนต์

3. องค์ประกอบทางเคมีของซิลิกาอลูมินาและแคลเซียมมีผลต่อการควบคุมการขยายตัวของซีเมนต์มอร์ตาร์ตามลำดับ

4. ส่วนผสมที่เหมาะสมเช่นการแทนที่ด้วยเถ้าลอยที่ร้อยละ 35 และการแทนที่ด้วยซิลิกาฟุ้งที่ร้อยละ 15 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ โดยคณะวิศวกรรมศาสตร์สาขาวิชาวิศวกรรมโยธาและภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ที่ช่วยอำนวยความสะดวกการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ และวัสดุที่ใช้ในการทดสอบรวมทั้งเจ้าหน้าที่ประจำห้องทดสอบที่ได้ให้ความรู้ในการใช้เครื่องมือจนกระทั่งทำวิจัยสำเร็จไปด้วยดี วิศวกรรมศาสตร์สาขาวิชาวิศวกรรมโยธาและภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ที่ช่วยอำนวยความสะดวกการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ และวัสดุที่ใช้ในการทดสอบรวมทั้งเจ้าหน้าที่ประจำห้องทดสอบที่ได้ให้ความรู้ในการใช้เครื่องมือจนกระทั่งทำวิจัยสำเร็จไปด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

[1] สุวิมล สัจจวาณิชย์, กฤษณ์ วันอินทร์, et al. (2555) ปัญหาจากแหล่งมวลรวมและการเสื่อมสภาพของโครงสร้างจากปัญหาอัลคาไลน์ในประเทศไทย. กรุงเทพฯ, สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่ง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[2] สุวิมล สัจจวาณิชย์, วัชรารัตน์ วงศ์คำจันทร์, et al. (2555) การศึกษาแนวโน้มการเกิด ASR ของแหล่งมวลรวมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 8 พัทยาชลบุรี.

[3] สุวิมล สัจจวาณิชย์, ปิยะ โชติไกร, et al. (2553) "ความสัมพันธ์ของพฤติกรรมการขยายตัวและปรากฏการณ์ของ ASR" วารสารวิศวกรรมสาร ฉบับวิจัยและพัฒนา ปีที่ 21 (ฉบับที่ 2).

[4] สุวิมล สัจจวาณิชย์, ปิยะ โชติไกร, et al. (2555). การศึกษาปัญหาของ ASR ต่อสาเหตุการวิบัติของโครงสร้างคอนกรีต. กลไกการตรวจสอบและป้องกัน. กรุงเทพฯ, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

[5] T. E. Stanton, "Expansion of concrete through reaction between cement and aggregate," in American Society of Civil Engineers. New York: American Society of Civil Engineers, 1940

[6] T. E. Stanton, "Expansion of concrete through

[7] C. Sangsuwan, S. Sujjavanich, Effects of Moderate Calcium Oxide Fly Ash on Expansion of Mortar Bar Due To Thai Reactive Aggregates. Engineering Journal, 16(3) : 2012.

[8] ASTM C1260, "Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar Method)," ASTM International, West Conshohocken, PA, ASTM International, 2007, 5 pp.

[9] ASTM C1567, "Standard Test Method for Determining the Potential Alkali-Silica Reactivity of Combinations of Cementitious Materials and Aggregate (Accelerated Mortar-Bar Method)," 04. 02, West Conshohocken, PA, ASTM International, 2008, 6 pp.

[10] Kurtis, K., Transmission Soft X-Ray Microscopy of the Alkali-Silica Reaction, Doctoral Dissertation, University of California at Berkeley, 1998.

[11] Kurtis, K.E. and Monteiro, P.J.M., "Chemical additives to control expansion of alkali-silica reaction gel: proposed mechanisms



of control," Journal of Materials Science, 2003, V.38, pp. 2027-2036.

[12] Thomas, M. 2011. The Effect of Supplementary Cementing Materials on Alkali-Silica Reaction: A Review. Cement and Concrete Research 41 (12): 1224-1231.



การศึกษาความได้เปรียบเชิงเปรียบเทียบและส่วนแบ่งตลาดคงที่อุตสาหกรรมยางพารา

ของประเทศไทย

The Study of Comparative Advantage in Exporting of Thailand's

Rubber Industry

ดวงฤดี สุวรรณไตรย์¹, รศ.ดร.อนันต์ วัฒนกุลจรัส²

¹คณะพัฒนาการเศรษฐกิจ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

118 ถนนเสรีไทย แขวงคลองจั่น เขตบางกะปิ กทม. 10240 aoaomm.drd@gmail.com

²คณะพัฒนาการเศรษฐกิจ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

118 ถนนเสรีไทย แขวงคลองจั่น เขตบางกะปิ กทม. 10240 ontanan@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการศึกษาความสามารถในการแข่งขันทางการค้าระหว่างประเทศของอุตสาหกรรมยางพาราของประเทศไทย โดยการศึกษาแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) การศึกษาความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบที่ปรากฏของประเทศไทย และประเทศคู่แข่งที่สำคัญในอุตสาหกรรมยางพารา เพื่อศึกษาความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบของการส่งออกยางพาราของไทย เปรียบเทียบกับประเทศคู่แข่ง 2) การวิเคราะห์ส่วนแบ่งตลาดคงที่ (Constant Market Share Model) เพื่อศึกษาถึงปัจจัยในการขยายตัวหรือหดตัวของมูลค่าการส่งออกยางพาราที่ประเทศไทย กับประเทศคู่แข่งคือ ประเทศมาเลเซีย ในตลาดส่งออกประเทศจีน ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบที่ปรากฏ เพื่อหาความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบของการส่งออกยางพาราและผลิตภัณฑ์ยางของประเทศไทยและมาเลเซียไปยังตลาดจีน พบว่า ทั้งประเทศไทยและประเทศมาเลเซีย มีความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบในการส่งออกสินค้ายางพาราและผลิตภัณฑ์ยางไปยังตลาดจีน ผลการวิเคราะห์ส่วนแบ่งตลาดคงที่ โดยเปรียบเทียบของประเทศไทยและมาเลเซีย พบว่าประเทศไทยมีมูลค่าการเปลี่ยนแปลงการส่งออกลดลง โดยมีปัจจัยที่เป็นผลในทางบวกคือ ผลจากการแข่งขันที่แท้จริง และผลในทางลบคือ ผลจากการปรับทิศทาง การส่งออก ผลจากอัตราการขยายตัวของโลก และผลจากการกระจายตลาด ในขณะที่ประเทศมาเลเซีย มีมูลค่าการเปลี่ยนแปลงการส่งออกลดลง โดยมีปัจจัยที่เป็นผลในทางบวกคือ ผลจากการปรับทิศทาง การส่งออก และผลในทางลบคือ ผลจากอัตราการขยายตัวของโลก ผลจากการกระจายตลาด และผลจากการแข่งขันที่แท้จริง

คำสำคัญ ; ความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบ, ส่วนแบ่งตลาดคงที่, อุตสาหกรรมยางพารา



Abstract

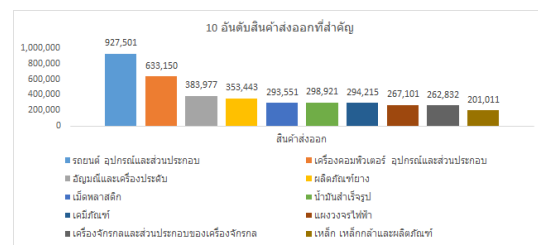
The research has the objective to analyze the international trade competitiveness of Thailand's rubber industry. The study consists of 2 parts. The first part is to compare the comparative advantage of Thailand and competitors in the rubber industry to study the comparative advantages of Thai rubber exports Compare with competitors. The second part is to analyze the Constant Market Share Model to indicate the factors of expansion or shrinkage of rubber export values of Thailand compared with Malaysia in the China market.

The result of the Revealed Comparative Advantage Index (RCA index) found that both Thailand and Malaysia had a comparative advantage in the rubber and articles thereof product exports to China. The Constant Market Share (CMS) analysis of Thailand and Malaysia found that the values of the rubber and articles thereof product exports of Thailand were decreased according to the positive effect of the competitiveness effect. the negative effect is according to the change in export direction, the expansion of the world and the market distribution. For Malaysia, the values of the rubber and articles thereof product exports of Malaysia was decreased according to the positive effect of the change in export direction and negative effect are due to the expansion of the world, the market distribution and the competitiveness effect.

Key word ; Comparative Advantages, Constant Market Share, The rubber industry

1. บทนำ (Introduction)

อุตสาหกรรมยางและผลิตภัณฑ์ยางเป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศไทย การส่งออกผลิตภัณฑ์ยางสร้างรายได้เข้าสู่ประเทศเป็นอย่างมาก เป็นสินค้าที่อยู่ใน 10 อันดับแรกของการส่งออกโดยในปี ค.ศ. 2018 มีมูลค่ารวม 353,442.9 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 4.4 ของมูลค่าการส่งออกทั้งหมดดังแสดงในภาพที่ 1 ผลิตภัณฑ์ยางที่ใช้ยางธรรมชาติมากที่สุดส่วนใหญ่จะอยู่ในอุตสาหกรรมยางล้อรถยนต์เป็นหลัก รองลงมาคือ สายยาง ยืด ถูมมือยาง และอื่นๆ อาทิ ท่อยาง ที่นอนและหมอน ยางพารา ยางรัดของ เป็นต้น ภาพที่ 1 แผนภูมิแสดงมูลค่าสินค้าส่งออกสำคัญ 10 อันดับแรกของไทย ปีค.ศ. 2018



ภาพที่ 1 แสดงมูลค่าสินค้าส่งออกสำคัญ 10 อันดับแรกของไทย ปี ค.ศ. 2018

ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกรายใหญ่ของโลกที่มีมูลค่าการส่งออกยางพาราและผลิตภัณฑ์ยาง (Rubber and Articles Thereof) เป็นอันดับที่ 3 รองจากประเทศจีน และเยอรมัน (UN Commony Trade Statistics Database, 2018) การส่งออกยางพาราและผลิตภัณฑ์ยางพาราของประเทศไทยในปี 2018 ตลาดส่งออกที่สำคัญ อันดับหนึ่งคือประเทศจีน รองลงมาคือ มาเลเซีย ญี่ปุ่น และสหรัฐอเมริกา ตามลำดับ



เมื่อพิจารณาที่มูลค่าการนำเข้าอย่างพาราและผลิตภัณฑ์ยาง
ของประเทศไทยจากตลาดต่างประเทศ พบว่าประเทศจีน
เป็นประเทศผู้นำเข้าอย่างพาราและผลิตภัณฑ์ยางที่สำคัญของ
ประเทศไทย แต่อย่างไรก็ตามประเทศจีนยังมีการนำเข้าอย่าง
และผลิตภัณฑ์ยางจากประเทศอื่น ได้แก่ มาเลเซีย ญี่ปุ่น
และอินโดนีเซีย ซึ่งถือเป็นคู่แข่งทางการค้าที่สำคัญของไทย
โดยเฉพาะประเทศมาเลเซีย

จากมูลค่าการส่งออกยางพาราและผลิตภัณฑ์ยางของ
ประเทศไทยไปยังตลาดหลักที่สำคัญอย่างประเทศจีน ที่
ประเทศไทยยังคงเป็นประเทศส่งออกอันดับหนึ่ง จึงนำไปสู่
การศึกษาความสามารถในการส่งออกยางพาราและ
ผลิตภัณฑ์ยางของประเทศไทยไปยังตลาดประเทศจีน โดย
เปรียบเทียบกับคู่แข่งที่สำคัญ คือ ประเทศมาเลเซีย เพื่อ
แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรม
ยางและผลิตภัณฑ์ยาง และศึกษาถึงปัจจัยที่เป็นตัว
กำหนดการขยายตัวหรือหดตัวของมูลค่าการส่งออก
ยางพาราและผลิตภัณฑ์ยางพาราของประเทศไทย และ
ประเทศคู่แข่ง เพื่อนำผลการศึกษามาใช้เป็นแนวทางในการ
พัฒนาอุตสาหกรรมยางพาราของประเทศไทย และนำไปสู่
ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายแก่องค์กร หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
ต่อไป

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

ผู้วิจัยได้มีการกำหนดกรอบแนวคิดในการศึกษาวิจัย
โดยแบ่งการศึกษาเป็น 2 ส่วน ส่วนแรก เป็นการศึกษา
ความสามารถในการส่งออกยางพาราและผลิตภัณฑ์ยางของ
ไทยไปยังตลาดประเทศจีน โดยเปรียบเทียบกับคู่แข่งที่สำคัญ
คือ ประเทศมาเลเซีย ศึกษาประเภทยางพาราและผลิตภัณฑ์
ยางออกเป็น 4 รหัสย่อย (Digits) ซึ่งจัดแบ่งยางพาราและ
ผลิตภัณฑ์ยางทั้งหมด 17 ประเภท โดยใช้ค่าความได้เปรียบ
โดยเปรียบเทียบที่ปรากฏ (Revealed Comparative Advantage) มี
รายละเอียดดังนี้

$$RCA_i = (X_{ij}/X_i) / (X_{wj}/X_w)$$

โดย RCA_i = ดัชนีความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบของ
สินค้า j ของประเทศ i ในประเทศ w

X_{ij} = มูลค่าการส่งออกสินค้า j ของประเทศ i ไปยัง
ประเทศ w

X_i = มูลค่าการส่งออกทั้งหมดของประเทศ i ไปยัง
ประเทศ w

X_{wj} = มูลค่าการนำเข้าสินค้า j ของประเทศ w

X_w = มูลค่าการนำเข้าสินค้าทั้งหมดของประเทศ w

โดยที่ j คือ สินค้าที่ส่งออก ได้แก่ ยางพาราและผลิตภัณฑ์
ยาง รหัส 40XX (4001-4017)

i คือ ประเทศผู้ส่งออกสินค้าแต่ละชนิด ได้แก่
ประเทศไทย และประเทศคู่แข่ง (ประเทศมาเลเซีย)

w คือ ประเทศผู้นำเข้าสินค้าแต่ละชนิด ได้แก่
ประเทศจีน

การแปลความหมายค่า RCA ที่คำนวณได้

$RCA > 1$ หมายความว่า สัดส่วนการส่งออกสินค้า j ของ
ประเทศ i ต่อการส่งออกทั้งหมดของประเทศ i ไปยังประเทศ
 w สูงกว่าสัดส่วนการนำเข้าสินค้า j ของประเทศ w ต่อการ
นำเข้าสินค้าทั้งหมดของประเทศ w หรือกล่าวได้ว่า ประเทศ i
อยู่ในฐานะที่ได้เปรียบโดยเปรียบเทียบในการส่งออกสินค้า j
หรือมีความชำนาญในการผลิตสินค้าชนิด j

$RCA < 1$ หมายความว่า สัดส่วนการส่งออกสินค้า j ของ
ประเทศ i ต่อการส่งออกทั้งหมดของประเทศ i ไปยังประเทศ
 w ต่ำกว่าสัดส่วนการนำเข้าสินค้า j ของประเทศ w ต่อการ
นำเข้าสินค้าทั้งหมดของประเทศ w หรือกล่าวได้ว่า ประเทศ i
อยู่ในฐานะที่เสียเปรียบโดยเปรียบเทียบในการส่งออก สินค้า
 j

การเปรียบเทียบระดับความสามารถในการแข่งขันทาง
การค้าระหว่างประเทศในเชิงความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบ
จึงพิจารณาจากระดับค่าดัชนีความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบ



(RCA) กล่าวคือ ถ้าดัชนีความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบ (RCA) ของประเทศที่พิจารณา เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศคู่แข่งแล้วมีค่าสูงกว่า ย่อมแสดงว่าประเทศที่พิจารณามีความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบในการส่งออกทางพาราเหนือประเทศคู่แข่ง และส่วนที่สอง เป็นการศึกษาปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดการขยายตัวหรือหดตัวของมูลค่าการส่งออกทางพาราและผลิตภัณฑ์พาราของประเทศไทย และประเทศคู่แข่ง โดยใช้แบบจำลองส่วนแบ่งตลาดคงที่ (Constant Market Share Model) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่อธิบายด้วยคณิตศาสตร์ที่สามารถแสดงให้เห็นถึงขนาด และทิศทางความสัมพันธ์ โดยเป็นแบบจำลองที่คำนวณวัดระดับ ปัจจัยต่างๆที่มีส่วนกำหนดขนาดการขยายตัวหรือ อัตราการขยายตัวของการส่งออก ภายใต้ข้อสมมติฐานที่ว่าทุกประเทศที่ส่งสินค้าเข้าไปขายในตลาดเดียวกันจะมีส่วนแบ่งตลาดเป็นของตนเองคงที่ กล่าวคือ เมื่อตลาดประเทศผู้นำเข้ามีการขยายตัวก็จะสั่งซื้อสินค้าจากประเทศผู้ส่งออกต่างๆมากขึ้น โดยจะซื้อจากแต่ละประเทศเพิ่มขึ้นในสัดส่วนเดียวกัน จึงทำให้สัดส่วนของส่วนแบ่งตลาดของประเทศผู้ส่งออกแต่ละประเทศคงที่ นอกจากนี้การวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองส่วนแบ่งตลาดคงที่ (CMS) อยู่ภายใต้ข้อสมมติที่ว่า ไม่มีข้อจำกัดทางด้านอุปทาน (Supply) และการเปลี่ยนแปลงของส่วนแบ่งตลาดของประเทศผู้ส่งออกนั้นเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยต่างๆด้านอุปสงค์เท่านั้น คือ (1) อัตราความต้องการสินค้าที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงของประเทศผู้นำเข้า (2) สินค้าประเภทที่อุปสงค์มีการขยายตัวในอัตราสูงหรือต่ำ เป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญมากเพียงใดของประเทศผู้ส่งออก (3) ประเทศผู้ส่งออกนั้นได้ส่งสินค้าไปขายในตลาดที่มีอุปสงค์การขยายตัวช้าหรือเร็ว และ (4) ประเทศผู้ส่งออกนั้น มีความสามารถในการแข่งขันเหนือประเทศคู่แข่งในตลาดเดียวกันหรือไม่

แบบจำลองส่วนแบ่งตลาดคงที่ (CMS) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่อยู่เบื้องหลังที่ทำให้เกิดการขยายตัวหรือหดตัวของมูลค่าการส่งออกทางพาราและผลิตภัณฑ์พาราของประเทศไทย และประเทศคู่แข่ง โดยใช้การวิเคราะห์จาก

แบบจำลองส่วนแบ่งตลาดคงที่ (Constant Market Share Model) โดยศึกษามูลค่าการส่งออกในปี 2014-2018 เปรียบเทียบกับมูลค่าการส่งออกในปี 2009-2013 ภายใต้สมมติฐาน ประเทศไทยมีส่วนแบ่งของตลาดคงที่ ในประเทศผู้นำเข้า กล่าวคือ การเพิ่มขึ้นของการนำเข้าเกิดจากการขยายตัวของเศรษฐกิจของประเทศผู้นำเข้า จึงทำให้มีการนำเข้าเพิ่มขึ้นจากทุกๆ ประเทศ โดยที่ส่วนแบ่งตลาดของประเทศไทย (ประเทศส่งออก) ยังมีค่าคงที่

จากแนวคิดแบบจำลอง CMS ของ Leamer and Stern (1970) และ Richardson (1971) สามารถเขียนอธิบายได้ในรูปแบบ differentiation (d) ดัง สมการที่ (1)

$$dq = S^0 dQ + Q^0 dS + dSdQ \quad (1)$$

กำหนดให้ q = การส่งออกสินค้าทั้งหมดของประเทศ i

Q = การส่งออกสินค้าทั้งหมดของโลก

S = ส่วนแบ่งการส่งออกของประเทศ i

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์รายละเอียดสินค้าพาราที่จำแนกประเภทพาราตาม Harmonized System 40 โดยแบบจำลอง CMS มีองค์ประกอบ 4 ด้านคือ 1. ผลจากอัตราการขยายตัวเฉลี่ยของการส่งออกทั้งหมดของโลก (World Growth Effect) 2. ผลจากการกระจายตลาด (Market Distribution Effect) 3. ผลจากการแข่งขัน (Competitiveness Effect) และ 4. ผลจากการปรับทิศทางส่งออกหรือการส่งเสริมการส่งออก (Interaction Effect) ซึ่งเมื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาวิเคราะห์ส่วนแบ่งตลาดพาราและผลิตภัณฑ์พาราที่ไทยมีความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบเมื่อเทียบกับตลาดโลก สามารถจัดรูปแบบสมการใหม่ได้ดังนี้

$$\sum_j X^1_{ijk} - \sum_j X^0_{ijk} = [G_k \sum_j X^0_{ijk} - \sum_j X^0_{ijk}] + [\sum_j (G_{jk} X^0_{ijk}) - G_k \sum_j X^0_{ijk}] + [\sum_j (G^*_{jk} X^1_{ijk}) - \sum_j X^0_{ijk}] + \{[\sum_j X^1_{ijk} - \sum_j (G_{jk} X^0_{ijk})] - [\sum_j (G^*_{jk} X^1_{ijk}) - \sum_j X^0_{ijk}]\} \quad (2)$$

โดยที่ $\sum_j X^1_{ijk} - \sum_j X^0_{ijk}$ คือ การเปลี่ยนแปลงที่แท้จริงของการส่งออกพาราและผลิตภัณฑ์พารา



$G_k \sum_j X_{ijk}^0 - \sum_j X_{ijk}^0$ คือ ผลจากการขยายตัวของ การส่งออก
ทางพาราทั้งหมด

$\sum_j (G_{jk} X_{ijk}^0) - G_k \sum_j X_{ijk}^0$ คือ ผลจากการกระจายตลาดของประเทศ
ผู้ส่งออกทางพาราและผลิตภัณฑ์ยาง

$\sum_j (G_{jk}^* X_{ijk}^1) - \sum_j X_{ijk}^0$ คือ ผลจากการแข่งขันของประเทศผู้ส่งออก
ทางพาราและผลิตภัณฑ์ยาง

$\{\sum_j X_{ijk}^1 - \sum_j (G_{jk} X_{ijk}^0)\} - \{\sum_j (G_{jk}^* X_{ijk}^1) - \sum_j X_{ijk}^0\}$ คือ ผลจากการปรับทิศ
ทางการส่งออกของประเทศผู้ส่งออกทางพารา

$G_k = \sum_j \sum_j X_{ijk}^1 / \sum_j \sum_j X_{ijk}^0$ คือ อัตราการขยายตัวของ การส่งออก
ทางพาราและผลิตภัณฑ์ยางของโลก

$G_{jk} = \sum_j X_{ijk}^1 / \sum_j X_{ijk}^0$ คือ อัตราการขยายตัวของ การส่งออก
ทางพาราและผลิตภัณฑ์ยาง ในตลาดประเทศจีน

$G_{jk}^* = 1/G_{jk} = \sum_j X_{0ijk} / \sum_j X_{1ijk}$ คือ ส่วนกลับของ G_{jk}

โดยที่ x คือ มูลค่าของทางพาราและผลิตภัณฑ์ยาง

i คือ ประเทศผู้ส่งออก คือ ประเทศไทย และ
ประเทศมาเลเซีย

j คือ ประเทศผู้นำเข้าทางพาราและผลิตภัณฑ์ยาง
คือ ประเทศจีน

k คือ สินค้าทางพาราและผลิตภัณฑ์ยาง

1 คือ ปีที่กำลังพิจารณา

0 คือ ปีที่ใช้ในการเปรียบเทียบ

3. ผลการวิจัย (Results)

การศึกษาในครั้งนี้ได้แบ่งผลการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน
ดังนี้

การศึกษาความสามารถในการแข่งขันเชิงความได้เปรียบ
โดยเปรียบเทียบที่ปรากฏ (Revealed Comparative

Advantage : RCA) ในอุตสาหกรรมทางพาราและผลิตภัณฑ์

ยาง โดยแบ่งออกเป็น 17 ประเภท เป็น 4 รหัสย่อย (4 Digits)
ได้ดังนี้

1) รหัส 4001 : ยางธรรมชาติ ยางแผ่นรมควัน บาลาตา กัตตา
เปอร์ชา กวายุล ชิเคิล และกัมธรรมชาติที่คล้ายกัน ใน
ลักษณะชั้นปลูมภูมิ หรือเป็นแผ่น บางและเป็นแถบ

2) รหัส 4002 : ยางสังเคราะห์และแปกตีซที่ได้จากน้ำมัน ใน
ลักษณะชั้นปลูมภูมิ หรือเป็นแผ่น บาง และเป็นแถบ รวมทั้ง
ของผสมที่ได้จากผลิตภัณฑ์ใดๆ ตามประเภท 4001 ผสมกับ
ผลิตภัณฑ์ใดๆ ตามประเภทนี้ในลักษณะชั้นปลูมภูมิ หรือเป็น
แผ่น บาง

3) รหัส 4003 : ยางปรับสภาพ (สีเคลม) ในลักษณะชั้นปลูมภูมิ
หรือเป็นแผ่น บาง และเป็นแถบ

4) รหัส 4004 : ยางเศษ เศษตัด และของที่ใช้ไม่ได้ที่เป็นยาง
รวมทั้งผงและเม็ดที่ได้จากสิ่งดังกล่าว

5) รหัส 4005 : ยางผสม (คอมพาวนด์) ชนิดอันวัลแคนไนซ์ใน
ลักษณะชั้นปลูมภูมิ หรือเป็นแผ่น บางและเป็นแถบ

6) รหัส 4006 : ยางอันวัลแคนไนซ์ในลักษณะอื่น เช่น เส้นหลอด
หรือท่อ และที่เป็นของสำเร็จรูป เช่น วงแหวน

7) รหัส 4007 : ด้าย และด้ายชนิดคอร์ด ทำด้วยยางวัลแคนไนซ์

8) รหัส 4008 : แผ่น แผ่นบาง แถบ เส้น และรูปทรงโพรไฟล์
ทำด้วยยางวัลแคนไนซ์นอกจากยางแข็ง

9) รหัส 4009 : หลอดหรือท่อและท่ออ่อน ทำด้วยยางวัลแคน
ไนซ์นอกจากยางแข็ง

10) รหัส 4010 : สายพานลำเลียง สายพานส่งกำลัง หรือของที่ใช้
ใช้เป็นสายพาน ทำด้วยยางวัลแคนไนซ์

11) รหัส 4011 : ยางนอกชนิดอัดลมที่เป็นของใหม่

12) รหัส 4012 : ยางนอกชนิดอัดลมที่หล่อดอกใหม่หรือที่ใช้
แล้ว ยางตัน ดอกยาง และยางรองยางใน



13) รหัส 4013 : ยางใน ประกอบด้วย ยางชนิดที่ใช้กับรถยนต์
รถบรรทุก และยางในชนิดอื่นๆ

14) รหัส 4014 : ของใช้เพื่อการรอนามัยหรือใช้ในทางเภสัช
กรรม ทำด้วยยางวัลแคนไนลอนนอกจากยางแข็ง เช่น ถุงยาง
คุมกำเนิด ถุงมือยาง หัวนมสำหรับขวดนม จุกสำหรับใช้
ในทางเภสัชกรรม เป็นต้น

15) รหัส 4015 : เครื่องแต่งกายและของที่ใส่ประกอบเครื่อง
แต่งกาย ทำด้วยยางวัลแคนไนลอนนอกจากยางแข็ง

16) รหัส 4016 : ของอื่นๆทำด้วยยางวัลแคนไนลอนนอกจากยาง
แข็ง เช่น แผ่นนวมสำหรับเครื่องแต่งกาย หรือของที่ใส่
ประกอบเครื่องแต่งกาย ยางลบ เครื่องป้องกันการกระแทก
ยางขอบกระจกหรือขอบประตูชนิดที่ใช้กับยานยนต์

17) รหัส 4017 : ยางแข็งทุกลักษณะ รวมถึงเศษและของที่ใส่
ไม่ได้ และของทำด้วยยางแข็ง เช่น กระจับปฐพี กระจับ
ตีผนัง หลอดและท่อ เป็นต้น โดยสามารถอธิบายผล
การศึกษาได้ดังนี้

**การวิเคราะห์ความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบที่ปรากฏ ใน
อุตสาหกรรมยางพาราแต่ละประเภทของประเทศไทยที่
ส่งออกไปตลาดจีน**

การวิเคราะห์ความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบที่ปรากฏ
ในการส่งออกสินค้ายางพาราและผลิตภัณฑ์ยางของประเทศไทย
ไปยังตลาดส่งออกประเทศจีนระหว่างปี ค.ศ. 2009-2018
พบว่าประเทศไทยมีค่าดัชนีความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบที่
ปรากฏ (Revealed Comparative Advantage Index) ที่มากกว่า 1
ในสินค้ายางพาราและผลิตภัณฑ์ยาง 13 ประเภท คือ รหัส
4001, 4002, 4003, 4005, 4007, 4009, 4010, 4011, 4012, 4013, 4014,
4015, 4016 และรหัส 4017 กล่าวคือ ประเทศไทยมีความ
ได้เปรียบโดยเปรียบเทียบในสินค้ายางพาราและผลิตภัณฑ์
ยางไปยังประเทศจีน ยกเว้นสินค้ายางพาราและผลิตภัณฑ์
ยาง 3 ประเภท คือ รหัส 4004, 4006 และรหัส 4008 ที่ประเทศ
ไทยไม่มีความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบในสินค้ายางพารา
และผลิตภัณฑ์ยางที่ส่งออกไปยังตลาดประเทศจีน

**การวิเคราะห์ความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบที่ปรากฏ ใน
อุตสาหกรรมยางพาราแต่ละประเภทของประเทศมาเลเซีย
ที่ส่งออกไปตลาดจีน**

การวิเคราะห์ความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบที่ปรากฏ
ในการส่งออกสินค้ายางพาราและผลิตภัณฑ์ยางของประเทศ
มาเลเซียไปยังตลาดส่งออกประเทศจีนระหว่างปี ค.ศ. 2009-
2018 พบว่าประเทศมาเลเซียมีค่าดัชนีความได้เปรียบโดย
เปรียบเทียบที่ปรากฏ (Revealed Comparative Advantage Index)
ที่มากกว่า 1 ในสินค้ายางพาราและผลิตภัณฑ์ยาง 9 ประเภท
คือ รหัส 4001, 4002, 4003, 4005, 4006, 4007, 4009, 4014 และ
รหัส 4017 กล่าวคือ ประเทศมาเลเซียมีความได้เปรียบโดย
เปรียบเทียบในสินค้ายางพาราและผลิตภัณฑ์ยางที่ส่งออกไป
ยังตลาดประเทศจีน ยกเว้นสินค้ายางพาราและผลิตภัณฑ์ยาง
อีก 8 ประเภท คือ รหัส 4004, 4008, 4010, 4011, 4012, 4013,
4016 และรหัส 4017 ที่ประเทศมาเลเซียไม่มีความได้เปรียบ
โดยเปรียบเทียบในสินค้ายางพาราและผลิตภัณฑ์ยางที่
ส่งออกไปยังตลาดประเทศจีน

**ส่วนที่ 2 การศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดการขยายตัวหรือหด
ตัวของมูลค่าการส่งออกยางพาราและผลิตภัณฑ์ยาง**

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงมูลค่าการส่งออก
ยางพาราและผลิตภัณฑ์ยางของประเทศไทยในตลาดส่งออก
ที่สำคัญ คือ ประเทศจีน โดยการใช้แบบจำลองส่วนแบ่ง
ตลาดคงที่ (Constant Market Share: CMS) โดยเปรียบเทียบ
ข้อมูลรายปีของมูลค่าการส่งออกเฉลี่ยระหว่างปี 2009-2013
และมูลค่าการส่งออกเฉลี่ยปี 2014-2018 พบว่าในช่วงเวลาที่
เปรียบเทียบระหว่างปี ค.ศ. 2009-2013 และปี ค.ศ. 2014-2018
อัตราการขยายตัวของการส่งออกรวมของโลกนั้นเพิ่มขึ้น
ร้อยละ 0.0585 แต่มีอัตราการขยายตัวของการส่งออกสินค้า
ยางพาราและผลิตภัณฑ์ยางของโลกลดลง ร้อยละ 0.046
แสดงให้เห็นว่ามีความต้องการสินค้ายางพาราและผลิตภัณฑ์
ยางในตลาดโลกลดลง ซึ่งอาจเป็นผลมาจากภาวะเศรษฐกิจ
โลก (International Rubber Study Group (IRSG) ประมาณการ
ความต้องการใช้ยางโลกทั้งปี 2019 อยู่ที่ 13,750 พันตัน ซึ่ง
ลดลงจากปี 2018 โดยลดลงตามความต้องการใช้ของจีนและ



ประเทศผู้ใช้หลักลดลง จากการชะลอตัวของเศรษฐกิจจีน และโลก) ประเทศจีนนั้นมีอัตราการขยายตัวของ การส่งออก รวมสินค้าทางพาราและผลิตภัณฑ์ยางในประเทศจีนลดลง ร้อยละ 0.11 ส่วนหนึ่งเป็นผลกระทบมาจากชะลอตัวของ เศรษฐกิจจีน และผลของภาวะสงครามการค้าระหว่างสหรัฐ และจีน

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ทำให้เกิดการขยายตัวหรือหดตัว ของมูลค่าการส่งออกยางพาราและผลิตภัณฑ์ยางของ ประเทศไทย ในตลาดประเทศจีน

พิจารณาปัจจัยที่ทำให้เกิดการขยายตัวหรือหดตัวของ มูลค่าการส่งออกยางพาราและผลิตภัณฑ์ยางประเทศไทย ใน ตลาดประเทศจีน ในช่วงปี ค.ศ. 2009-2013 และปี ค.ศ. 2014- 2018 โดยเปรียบเทียบกับประเทศคู่แข่ง คือ มาเลเซีย พบว่า การเปลี่ยนแปลงของมูลค่าการส่งออกเฉลี่ยสินค้ายางพารา และผลิตภัณฑ์ยางของประเทศไทยนั้นลดลง เท่ากับ - 2,247,560,061 ดอลลาร์สหรัฐ และมาเลเซียมีการเปลี่ยนแปลง ของมูลค่าการส่งออกเฉลี่ยสินค้ายางพาราและผลิตภัณฑ์ ลดลง เท่ากับ -5,369,296,999 ดอลลาร์สหรัฐ ดังแสดงในตาราง ที่ 1 ซึ่งผลจากการเปลี่ยนแปลงมูลค่าการส่งออกดังกล่าว ประกอบด้วยผลกระทบ 4 ด้านสามารถอธิบายได้ดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงค่าการคำนวณแบบจำลองส่วนแบ่งตลาดคงที่ใน การส่งออกยางพาราและผลิตภัณฑ์ยางของประเทศไทย และ มาเลเซีย ในตลาดประเทศจีน

ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง	มูลค่าการส่งออก	
	ประเทศไทย	ประเทศมาเลเซีย
ผลจากอัตราการขยายตัวของโลก	-1,196,142,695	-620,100,643
ผลจากการกระจายตลาด	-1,647,017,281	-853,841,669
ผลการแข่งขันที่แท้จริง	669,313,002	-4,377,454,520

ผลจากการปรับทิศทางการส่งออก	-73,713,087	482,099,832
การเปลี่ยนแปลงมูลค่าการส่งออกเฉลี่ย	-2,247,560,061	-5,369,296,999

ที่มา : จากการคำนวณ

ผลจากอัตราการขยายตัวของโลก (World Growth Effect) เป็นการแสดงถึงแนวโน้มการค้าของโลก ซึ่งวัดได้จากการขยายตัวของ การส่งออกรวมของโลก ความต้องการของโลก ที่เพิ่มสูงขึ้นแสดงถึงการส่งออกได้มากขึ้น เนื่องจากตลาดโลก มีความต้องการสินค้าเพิ่มขึ้นโดยที่ส่วนแบ่งการส่งออกใน ตลาดโลกยังคงเดิม จากการคำนวณพบว่าอัตราการขยายตัว ของโลก ส่งผลในทางลบให้กับประเทศไทยสามารถส่งออก สินค้ายางพาราและผลิตภัณฑ์ยางไปยังตลาดจีนลดลงเป็น มูลค่า เท่ากับ 1,196,142,695 ดอลลาร์สหรัฐ ในขณะที่ มาเลเซียมีมูลค่าการส่งออกสินค้ายางพาราและผลิตภัณฑ์ยาง ไปยังตลาดจีนลดลงเป็นมูลค่า เท่ากับ 620,100,643 ดอลลาร์สหรัฐ ซึ่งเป็นผลมาจากภาวะเศรษฐกิจโลกและ เศรษฐกิจของประเทศจีนที่ชะลอตัวลงในช่วงที่ผ่านมา

ผลจากการกระจายตลาด (Market Distribution Effect) แสดง ถึงการขยายตัวของ การส่งออกที่อธิบายโดยความแตกต่าง ของทิศทางการส่งออก หรือการกระจายตลาด โดยชี้ให้เห็น ว่าประเทศส่งออกสินค้าแต่ละชนิดส่วนใหญ่ไปยังประเทศที่มี การขยายตัวของตลาดสูงหรือต่ำ ซึ่งจะมีผลต่อการ เปลี่ยนแปลงการส่งออกทั้งหมดของประเทศ จากการคำนวณ พบว่าการกระจายตลาด ส่งผลในทางลบให้กับประเทศไทย สามารถส่งออกสินค้ายางพาราและผลิตภัณฑ์ยางที่ลดลงเป็น มูลค่า เท่ากับ 1,647,017,281 ดอลลาร์สหรัฐ ใน ขณะเดียวกันกับมาเลเซีย ที่ผลจากการกระจายตลาด ส่งผล ในทางลบต่อมูลค่าการส่งออกสินค้ายางพาราและผลิตภัณฑ์ ยางที่ลดลงเป็นมูลค่า เท่ากับ 853,841,669 ดอลลาร์สหรัฐ สะท้อนให้เห็นว่า ทั้งสองประเทศส่งออกสินค้าของตนส่วน ใหญ่ไปยังตลาดที่มีอัตราขยายตัวต่ำ



ผลการแข่งขันที่แท้จริง (Comparativeness Effect) เป็นผลของการส่งออกที่เพิ่มขึ้นจากความสามารถในการแข่งขัน กล่าวคือ สามารถเพิ่มส่วนแบ่งตลาดสินค้านั้นได้ โดยกำหนดให้ปริมาณการค้าของประเทศนั้นคงที่ จากการคำนวณพบว่าการแข่งขันที่แท้จริง ส่งผลในทางบวกให้กับประเทศไทยสามารถส่งออกสินค้าอย่างพาราและผลิตภัณฑ์ยางไปยังตลาดจีนเพิ่มขึ้นเป็นมูลค่า เท่ากับ 669,313,002 ดอลลาร์สหรัฐ สะท้อนให้เห็นว่า ประเทศไทยสามารถเพิ่มส่วนแบ่งตลาดในตลาดส่งออกประเทศจีนได้ ในขณะที่มาเลเซีย ที่ผลจากการแข่งขันที่แท้จริง ส่งผลในทางลบต่อมูลค่าการส่งออกสินค้าอย่างพาราและผลิตภัณฑ์ยางที่ลดลง เป็นมูลค่า เท่ากับ 4,377,454,520 ดอลลาร์สหรัฐ สะท้อนให้เห็นว่า ส่วนแบ่งตลาดประเทศมาเลเซียในตลาดส่งออกประเทศจีนนั้นลดลง

ผลจากการปรับทิศทางส่งออก (Interaction Effect) เป็นผลเนื่องมาจากการปรับการส่งออกที่ถูกหรือผิดทาง โดยพิจารณาทั้งการเปลี่ยนแปลงส่วนแบ่งตลาดและการเปลี่ยนแปลงปริมาณการค้าของประเทศผู้นำเข้า จากการคำนวณพบว่าการปรับทิศทางส่งออก ส่งผลในทางลบให้กับประเทศไทยสามารถส่งออกสินค้าอย่างพาราและผลิตภัณฑ์ยางไปยังตลาดจีนลดลงเป็นมูลค่า เท่ากับ 73,713,087 ดอลลาร์สหรัฐ สะท้อนให้เห็นว่า ประเทศไทยหรือประเทศผู้ส่งออกพยายามขยายการส่งออกในตลาดที่อยู่ในสภาวะหดตัว ในขณะที่มาเลเซีย ผลจากการปรับทิศทางส่งออก ส่งผลในทางบวกต่อมูลค่าการส่งออกสินค้าอย่างพาราและผลิตภัณฑ์ยางไปยังตลาดจีนเพิ่มขึ้นเป็นมูลค่า เท่ากับ 482,099,832 ดอลลาร์สหรัฐ สะท้อนให้เห็นว่า ประเทศมาเลเซียพยายามขยายการส่งออกในตลาดที่อยู่ในสภาวะขยายตัว

4.สรุปผล (Conclusion)

ผลการวิเคราะห์ความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบในการส่งออกสินค้าอย่างพาราและผลิตภัณฑ์ยางของประเทศไทย และประเทศมาเลเซีย ในระหว่างปี ค.ศ. 2009-2018 พบว่า ประเทศไทยมีค่าดัชนีที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า 1 ในสินค้า

อย่างพาราและผลิตภัณฑ์ยาง 13 ประเภท คือ รหัส 4001, 4002, 4003, 4005, 4007, 4009, 4010, 4011, 4012, 4013, 4014, 4015, 4016 และรหัส 4017 กล่าวคือ ประเทศไทยมีความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบในสินค้าอย่างพาราและผลิตภัณฑ์ยางไปยังประเทศจีน ในขณะที่มาเลเซีย มีค่าดัชนีที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า 1 ในสินค้าอย่างพาราและผลิตภัณฑ์ยาง 9 ประเภท คือ รหัส 4001, 4002, 4003, 4005, 4006, 4007, 4009, 4014 และรหัส 4017 กล่าวคือ ประเทศมาเลเซียมีความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบในสินค้าอย่างพาราและผลิตภัณฑ์ยางไปยังประเทศจีน

ผลการวิเคราะห์ส่วนแบ่งตลาดคงที่ พบว่า อัตราการขยายตัวของ การส่งออกรวมของโลกนั้นเพิ่มขึ้น ร้อยละ 0.0585 แต่มีอัตราการขยายตัวของ การส่งออกสินค้าอย่างพาราและผลิตภัณฑ์ยางของโลกลดลง ร้อยละ 0.046 ซึ่งอาจเป็นผลมาจากภาวะเศรษฐกิจโลก สำหรับประเทศจีน มีอัตราการขยายตัวของ การส่งออกรวมสินค้าอย่างพาราและผลิตภัณฑ์ยางในประเทศจีนลดลง ร้อยละ 0.11 ส่วนหนึ่งเป็นผลกระทบมาจากชะลอตัวของเศรษฐกิจจีน และผลของภาวะสงครามการค้าระหว่างสหรัฐและจีน ทำให้มูลค่าการส่งออกเฉลี่ยสินค้าอย่างพาราและผลิตภัณฑ์ยางของประเทศไทยนั้นลดลง เท่ากับ 2,247,560,061 ดอลลาร์สหรัฐ เป็นผลจากการแข่งขันที่แท้จริงมากที่สุด มีมูลค่าเท่ากับ 669,313,002 ดอลลาร์สหรัฐ รองลงมาคือ ผลจากการปรับทิศทางส่งออก ผลจากอัตราการขยายตัวของโลก และผลจากการกระจายตลาด มีมูลค่าเท่ากับ -73,713,087, -1,196,142,695 และ -1,647,017,281 ดอลลาร์สหรัฐ ตามลำดับ ในขณะที่ประเทศมาเลเซีย มีมูลค่าการส่งออกเฉลี่ยสินค้าอย่างพาราและผลิตภัณฑ์ยางนั้นลดลง เท่ากับ 5,369,296,999 ดอลลาร์สหรัฐ โดยเป็นผลมาจากการปรับทิศทางส่งออกมากที่สุด มีมูลค่าเท่ากับ 482,099,832 ดอลลาร์สหรัฐ รองลงมาคือ ผลจากอัตราการขยายตัวของโลก ผลจากการกระจายตลาด และผลจากการแข่งขันที่แท้จริง มีมูลค่าเท่ากับ -620,100,643, -853,841,669 และ -4,377,454,520 ดอลลาร์สหรัฐ ตามลำดับ



จากผลการศึกษาประเทศไทยนั้นมีศักยภาพ และความสามารถในการแข่งขันของประเทศไทย เช่น มีความได้เปรียบด้านต้นทุนต่ำกว่าคู่แข่ง มีความได้เปรียบจากลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศที่สามารถสร้างผลผลิตยางพาราและผลิตภัณฑ์ยางได้ตลอดทั้งปี แต่อย่างไรก็ตามยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่ควรพัฒนาและปรับปรุง จึงมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. จากผลการศึกษาพบว่าสินค้าในอุตสาหกรรมยางพาราและผลิตภัณฑ์ยางทั้ง 17 ประเภทนั้น มีทั้งประเภทที่ไทยมีความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบ และมีทั้งที่ไทยไม่มีความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบแต่ก็ยังเป็นสินค้าที่ไทยยังคงส่งออกให้กับตลาดส่งออกอย่างประเทศจีน ดังนั้น หากพิจารณาตามหลักทฤษฎีการค้าระหว่างประเทศ ในการจัดสรรทรัพยากรธรรมชาติให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จึงควรที่จะส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพในกลุ่มสินค้ายางพาราที่ไทยมีความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ

2. การศึกษาครั้งนี้ สะท้อนให้เห็นว่าประเทศไทยยังคงมีความสามารถในการแข่งขันในกลุ่มสินค้ายางพาราและผลิตภัณฑ์ยาง แต่ก็เป็นที่สังเกตได้ว่ามีโอกาสที่จะถูกแย่งส่วนแบ่งตลาดในตลาดส่งออกที่สำคัญ ดังนั้น ในการศึกษาครั้งต่อไป อาจนำการศึกษาไปพัฒนาต่อ เพื่อหาแนวทางในการรักษาส่วนแบ่งตลาดในตลาดส่งออกที่สำคัญต่อไป

5.เอกสารอ้างอิง (References)

[1] การค้าระหว่างประเทศของไทย. จาก : <http://www2.ops3.moc.go.th/>, 15 พฤษภาคม 2563

[2] ขวานิสากล, อ. (2544). การวิเคราะห์ศักยภาพการส่งออกยางธรรมชาติของประเทศไทย. (ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[3] ณัฏฐร กลิบุตร. (2544). การศึกษาความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบของผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานของประเทศไทยในตลาดส่งออกที่สำคัญ. กรุงเทพมหานคร: วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[4] ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2562). รายงานราคาสินค้าเกษตรสำคัญของไทย ปี 2562. จาก:<https://www.bot.or.th>, 15 พฤษภาคม 2563

[5] ปริญญา เปี้ยเพชร. (2545). การศึกษาศักยภาพการส่งออกสินค้าผักกระป๋องและผักแปรรูปของประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[6] ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์. 2562. ข้อมูลสถิติ

[7] สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย. (2542). การเสริมสร้างความสามารถในการแข่งขัน (รายงานทิศทางการเศรษฐกิจและการค้าไทย: ภาคการค้าระหว่างประเทศ).

[8] Database, U.N.C.T.S. (2018) UN Comtrade.

<https://trendeconomy.com/>, 15 พฤษภาคม 2563

[9] Market Analysis and Research, International Trade Centre. 2562. Trade statistics for international business development. จาก : <http://www.trademap.org>, 15 พฤษภาคม 2563



ระบบประหยัดพลังงานแบบออนไลน์สำหรับเครื่องปรับอากาศ

An Online Energy Saving System for Air Conditioners

สรานพงศ์ หนูยิ้มซ้าย¹, นิธิพร วรณโสภณ², วิสาลักษณ์ คุณธนรุ่งโรจน์³

สาขาเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

109 หมู่ 2 ตำบลถ้ำใหญ่ อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80110

E-mail : 1saranpong.n@rmutsv.ac.th, 2nitiporn.r@rmutsv.ac.th, 3visalak.c@rmutsv.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอการพัฒนาของระบบประหยัดพลังงานแบบออนไลน์สำหรับเครื่องปรับอากาศ การทำงานของระบบจะเป็นการตั้งเวลาสำหรับปิดเครื่องปรับอากาศจำนวน 10 เครื่อง ให้หยุดทำงานโดยอัตโนมัติเมื่อถึงเวลาที่กำหนดไว้ล่วงหน้าจำนวน 4 ช่วงเวลา เมื่อเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องทำงานถึงเวลาที่กำหนดระบบจะทำการปิดเครื่องปรับอากาศทันที ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันการเปิดเครื่องปรับอากาศทิ้งไว้หลังเลิกใช้งาน และหากต้องการเปิดเครื่องปรับอากาศใหม่จะสามารถเปิดได้จากการกดปุ่มที่ตู้ควบคุมหรือเปิดผ่านอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อระบบอินเทอร์เน็ต ได้แก่ คอมพิวเตอร์ มือถือ หรือ แท็บเล็ต นอกจากนี้ระบบสามารถปิดได้โดยอัตโนมัติแล้วยังสามารถแจ้งสถานะการทำงานของเครื่องปรับอากาศแต่ละตัวว่าเครื่องใดเปิดใช้งานอยู่หรือไม่ ทั้งนี้เพื่ออำนวยความสะดวกกับทางเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลในการตรวจสอบในแต่ละวัน ในการพัฒนาระบบผู้พัฒนาระบบได้ใช้ บอร์ด Arduino Mega 2560 เป็นตัวประมวลผลหลักและใช้บอร์ด Ethernet Shield W5100 สำหรับเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต และใช้เซนเซอร์ตรวจจับกระแสเพื่อให้ระบบทราบถึงสถานะการทำงานของเครื่องปรับอากาศว่าเปิดหรือปิด ในส่วนของการทดลองผู้พัฒนาระบบได้ทำการทดลองระบบกับเครื่องปรับอากาศของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จำนวน 10 เครื่อง ผลการทดลองพบว่าระบบสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยจากเดิมประมาณ 8 % ต่อเดือน

คำสำคัญ : เครื่องปรับอากาศ; การตั้งเวลา; ออนไลน์; พลังงาน; การประหยัด

Abstract

This paper presented the development of an online energy saving system for air conditioners. The timer system was applied for switching off 10 air conditioners which allowed the appliances to stop working automatically at the set times with 4 intervals. At each set time, every air conditioner would turn off automatically to avoid the problems of leaving the air conditioners unattended



after working hours. After switching off automatically, the air conditioners can be re-switched on at the control board or the equipment linked with the Internet system such as computers, smart phones or tablets. Besides the ability of switching off automatically, the system also allowed the users to inspect the operation status of each air conditioner; that is, indicating which appliance was in use. In addition, it was more convenient for the users and system administrators to maintain the system and the appliances. To develop the online system, the Arduino Mega 2560 was used as the main processor and the Ethernet Shield W5100 as the Internet interface. The sensors were installed to detect the currents and check the working status of the air conditioners whether they were switched on or off. The trial of the online system was conducted with 10 air conditioners at Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya. The results showed energy saving at approximately 8% per month.

Key word: Air conditioners; Timer; Online; Energy saving

1. บทนำ (Introduction)

ด้วยเครื่องปรับอากาศเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำงานสูง ส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายในส่วนค่าไฟฟ้าขององค์กรจากการที่มีเครื่องปรับอากาศไว้ใช้งานสูงตามไปด้วย หากผู้ใช้งานเครื่องปรับอากาศใช้งานโดยไม่มีการดูแลหรือใส่ใจในการปิดเครื่องปรับอากาศเท่าที่ควร ก็อาจจะมีโอกาสในการลืมปิดเครื่องปรับอากาศเมื่อไม่ใช้งานแล้วก็ตาม และจากการที่ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจการหลงลืมในแต่ละครั้งโดยส่วนใหญ่จะเป็นการหลงลืมข้ามวันที่จะมีผู้มาพบเจอและทำการปิดเครื่องปรับอากาศนั้น เมื่อนับเป็นจำนวนชั่วโมงของการเปิดเครื่องปรับอากาศทั้งวันในแต่ละครั้งไม่น้อยกว่า 12 ชั่วโมง ซึ่งเป็นการสูญเสียพลังงานโดยไม่เกิดประโยชน์

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้ทำการค้นคว้าหาข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ช่วยในการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าตามเวลาที่ผู้ใช้กำหนดพบว่ามีอุปกรณ์ที่มีชื่อว่า Smart Relay[10] โดยอุปกรณ์ดังกล่าวมีคุณสมบัติที่ช่วยเปิดและปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ตามเวลาที่กำหนด แต่ด้วยอุปกรณ์ดังกล่าว 1 ตัวสามารถควบคุมอุปกรณ์ได้สูงสุด 7 อุปกรณ์ และมีราคาค่อนข้างสูงรวมถึงไม่สามารถตรวจสอบได้ว่าอุปกรณ์ที่เชื่อมต่ออยู่นั้นมีการเปิดใช้งานอยู่หรือไม่ และที่สำคัญไม่สามารถสั่งให้ทำงานแบบออนไลน์ได้ และผู้วิจัยได้ค้นเจองานวิจัยที่ระบบสามารถ

ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบออนไลน์ผ่านเว็บเบราว์เซอร์[1][7] จึงได้นำหลักการดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยชิ้นนี้

ด้วยเหตุดังกล่าวทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะสร้างระบบที่ช่วยในการปิดเครื่องปรับอากาศได้จำนวน 10 เครื่องต่อ 1 ระบบ โดยระบบสามารถปิดเครื่องปรับอากาศได้โดยอัตโนมัติตามเวลาที่กำหนดไว้ล่วงหน้าจำนวน 4 ช่วงเวลา ซึ่งระบบจะทำหน้าที่ปิดเครื่องปรับอากาศแทนผู้ใช้งานที่ลืมปิดหลังเลิกงาน และทำหน้าที่ปิดแทนผู้ดูแลอาคารที่ต้องคอยตรวจสอบความเรียบร้อยของอาคารในภายหลังจากการตรวจสอบผ่านระบบแบบออนไลน์ ทั้งนี้เพื่อมีวัตถุประสงค์ในการลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียไปโดยไม่ก่อให้เกิดประโยชน์

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

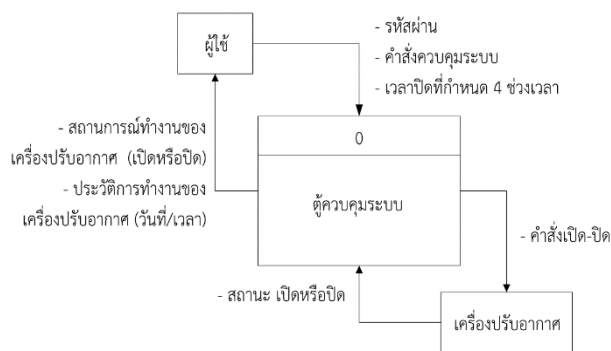
สำหรับวิธีวิจัยผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และออกแบบระบบเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาของการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศจากการที่ผู้ใช้งานลืมปิดเครื่องปรับอากาศทำให้บางครั้งเครื่องปรับอากาศต้องทำงานข้ามคืนและต้องการให้ระบบสามารถทำงานแบบออนไลน์ได้ รวมถึงมีการเก็บข้อมูล (Data logger) ของการใช้เครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องว่าใช้งานแต่ละครั้งเป็นระยะเวลาเท่าใดเพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการหาทาง



ประหยัดพลังงานในรูปแบบอื่นต่อไป โดยผู้วิจัยได้กำหนด
วัตถุประสงค์ของการวิจัยไว้ดังนี้

- 1) เพื่อพัฒนาระบบให้สามารถช่วยประหยัดพลังงาน
ของเครื่องปรับอากาศได้
- 2) เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกของเจ้าหน้าที่ในการ
ตรวจสอบดูแลการเปิดปิดเครื่องปรับอากาศได้
- 3) เพื่อได้ข้อมูลในการนำมาวิเคราะห์เพื่อปรับลด
ปริมาณการใช้เครื่องปรับอากาศให้มีการประหยัดพลังงาน
มากยิ่งขึ้น

เพื่อให้เห็นถึงสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับระบบ
และการไหลของข้อมูลผู้วิจัยเสนอภาพที่ 1

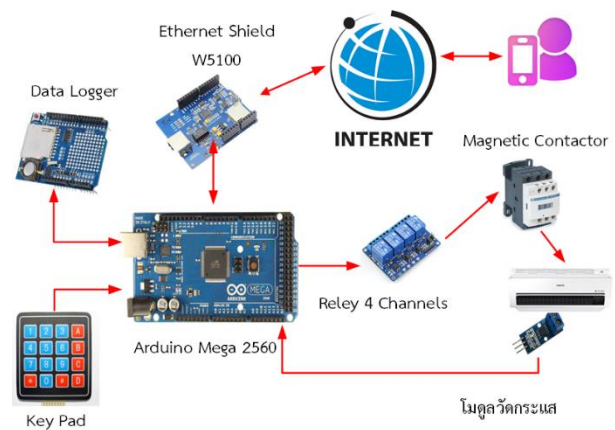


ภาพที่ 1 แผนภาพแสดงสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับระบบ

จากภาพที่ 1 จะมีส่วนที่เกี่ยวข้องกับระบบ 2 ส่วน คือ
ผู้ใช้งานและเครื่องปรับอากาศ โดยผู้ใช้งานจะทำการตั้งเวลปิด
ของเครื่องปรับอากาศ 4 ช่วงเวลาเข้าไปในระบบผ่านหน้า
เว็บเบราว์เซอร์ที่ผู้วิจัยได้ออกแบบไว้ซึ่งข้อมูลนี้จะเข้าไปเก็บ
ในฐานข้อมูลในเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย หลังจากนั้นระบบ
จะทำการตรวจสอบตลอดเวลาว่าเครื่องปรับอากาศแต่ละ
เครื่องถึงเวลาปิดแล้วหรือไม่ ถ้าถึงเวลาปิดระบบก็จะทำการ
ตัดระบบไฟที่จ่ายให้กับเครื่องปรับอากาศตัวนั้น ๆ ใน
ขณะเดียวกันระบบจะทำการเก็บข้อมูลของการเปิดและปิด
เครื่องไว้ในฐานข้อมูล รวมถึงระบบจะแสดงสถานะของ
เครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องว่าเครื่องไหนเปิดหรือปิดอยู่ไป
ที่หน้าเว็บตลอดเวลาเพื่อให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบได้ด้วย

2.1 การออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์

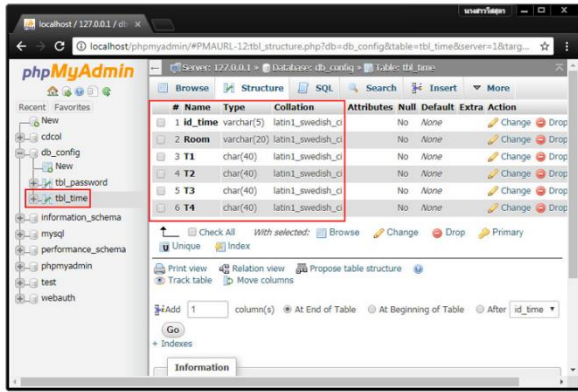
การออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์ผู้วิจัยได้ใช้บอร์ด
Arduino Mega 2560[6] เป็นตัวประมวลผล โดยมี Input
ที่นำมาเชื่อมต่อได้แก่ Keypad เพื่อรับคำสั่งที่ผู้ควบคุม
เซนเซอร์วัดกระแส[4]เพื่อใช้ในการตรวจจับเพื่อให้ระบบ
ทราบว่าเป็นเครื่องปรับอากาศเครื่องใดเปิดใช้งานอยู่หรือไม่ ใน
ส่วนของ Output จะประกอบด้วย Relay 4 ช่องจำนวน 3
ตัวสำหรับควบคุมการทำงานของ Magnetic Contactor 10
ตัวเพื่อใช้ในการเปิดและปิดเครื่องปรับอากาศ สำหรับการทำให้
เป็นระบบออนไลน์ผู้วิจัยได้ใช้โมดูล Ethernet Shield
W5100[3] เป็นตัวเชื่อมเข้ากับเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบใช้
สายสัญญาณ และภาพรวมของระบบทางด้านฮาร์ดแวร์แสดง
ได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 โครงสร้างระบบด้านฮาร์ดแวร์

2.2 การออกแบบฐานข้อมูล

เพื่อให้ระบบสามารถเก็บค่าคงที่ของระบบ ได้แก่ เวลา
สำหรับปิดเครื่องปรับอากาศแต่ละตัวใน 4 ช่วงเวลา รวมถึง
จัดเก็บข้อมูลประวัติของการเปิดปิดเครื่องปรับอากาศ ผู้วิจัย
ได้ทำการเก็บข้อมูลบนเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายที่ได้ทำการ
ติดตั้งโปรแกรมบริหารจัดการข้อมูลด้วยโปรแกรม
MySQL[7][8][9] และได้ออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลแสดง
ได้ดังภาพที่ 3

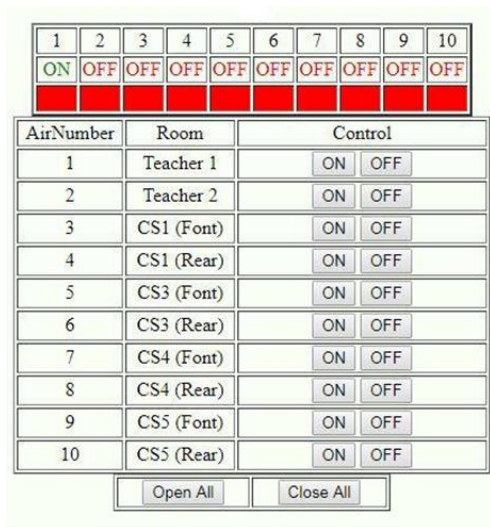


ภาพที่ 3 โครงสร้างฐานข้อมูล

จากภาพที่ 3 จะเห็นได้ว่าในฐานข้อมูลจะมี Table ที่ชื่อว่า TB_Time สำหรับเป็นค่าคงที่ของระบบประกอบด้วย Field ที่ชื่อว่า ID_Room และ T1 ถึง T4 โดย T1 ถึง T4 คือเวลาที่กำหนดไว้สำหรับให้ระบบปิดเครื่องปรับอากาศ

2.3 การออกแบบเว็บสำหรับควบคุมระบบ

เพื่อให้ระบบสามารถควบคุมระบบแบบออนไลน์ได้ ผู้วิจัยได้ทำการเขียนโปรแกรมที่บอร์ด Arduino Mega2560[6] ให้รับคำสั่งจากหน้าเว็บเพื่อสั่งงานเปิดปิดเครื่องปรับอากาศแต่ละตัว และสำหรับการตั้งค่าเวลาปิดเครื่องปรับอากาศแต่ละตัวได้ทำการสร้างหน้าเว็บเพื่อบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล ซึ่งแสดงได้ดังภาพที่ 4 และ 5



ภาพที่ 4 หน้าเว็บสำหรับควบคุมการเปิดปิดเครื่องปรับอากาศแต่ละตัว

Room	Time1	Time2	Time3	Time4	Edit
Teacher1	1200	1800		0000	<input type="checkbox"/>
Teacher2	1200	1800	2000	0000	<input type="checkbox"/>
CS1 (Front)	1200	1800	2000	0000	<input type="checkbox"/>
CS1 (Rear)	1200	1800	2000	0000	<input type="checkbox"/>
CS3 (Front)	1200	1800	2000	0000	<input type="checkbox"/>
CS3 (Rear)	1200	1800	2000	0000	<input type="checkbox"/>
CS4 (Front)	1200	1800	2000	0000	<input type="checkbox"/>
CS4 (Rear)	1200	1800	2000	0000	<input type="checkbox"/>
CS5 (Front)	1200	1800	2000	0000	<input type="checkbox"/>
CS5 (Rear)	1200	1959	2000	0000	<input type="checkbox"/>

ภาพที่ 5 หน้าเว็บสำหรับกำหนดเวลาการปิดเครื่อง

2.4 การออกแบบตู้ควบคุมระบบ

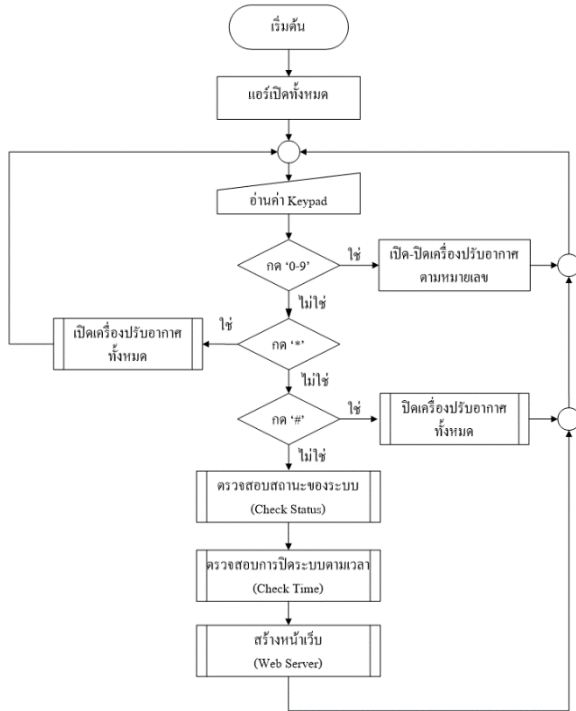
ด้านหน้าตู้ควบคุมระบบจะประกอบด้วยหลอดไฟ LED จำนวน 10 ดวงสำหรับแสดงสถานะของเครื่องปรับอากาศแต่ละตัวว่าเปิดหรือปิดอยู่ และแป้นกดเพื่อกดหมายเลขของเครื่องปรับอากาศที่ต้องการสั่งให้เปิดหรือปิดโดยการรับคำสั่งจะเป็นลักษณะ Toggle สำหรับภายในตู้จะประกอบด้วยบอร์ด Arduino Mega[6] โมดูล Ethernet[4] โมดูล Relay เซนเซอร์วัดกระแส และ Magnetic Contractor โดยการออกแบบภายนอกและภายในตู้ควบคุมแสดงได้ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ภายนอกและภายในตู้ควบคุมระบบ

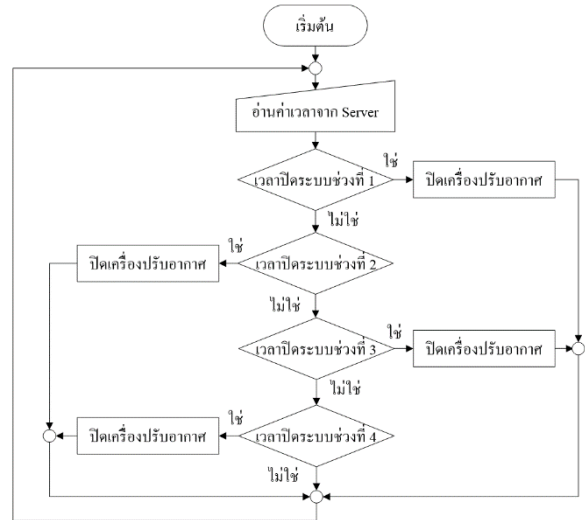
2.5 กระบวนการทำงานทางด้านซอฟต์แวร์

ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมภาษาซีสำหรับบอร์ด Arduino (Arduino IDE)[2] ในการสร้างกระบวนการทำงานทางด้านซอฟต์แวร์ โดยผังงานแสดงการทำงานของระบบหลักแสดงได้ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 กระบวนการทำงานทางด้านซอฟต์แวร์ของระบบ

จากภาพที่ 7 เมื่อเริ่มต้นจะสั่งให้ระบบเปิดเครื่องปรับอากาศทุกตัว แล้วจะรอรับคำสั่งจากแป้นคีย์บอร์ดว่ามีการกดแป้นของตัวเลข 0 – 9 ถ้ามีการกดระบบจะทำการเปิดหรือปิดเครื่องปรับอากาศตามหมายเลขนั้น ๆ ในลักษณะ Toggle หลังจากนั้นโปรแกรมจะเข้าสู่กระบวนการตรวจสอบสถานะของเครื่องปรับอากาศแต่ละตัวแล้วไปแสดงผลที่ LED และหน้าเว็บ ถัดไปเป็นการตรวจสอบการปิดเครื่องปรับอากาศตามเวลาที่กำหนดไว้ในฐานข้อมูลเมื่อถึงเวลาระบบจะทำการเปิดเครื่องปรับอากาศ และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการสร้างหน้าเว็บเพื่อติดต่อกับผู้ใช้ซึ่งหน้าเว็บที่ทำการสร้างจะมีหน้าเว็บสำหรับสั่งเปิดปิด แสดงสถานะ และหน้าเว็บสำหรับกำหนดเวลาปิดเครื่อง สำหรับผังงานของการให้ระบบสามารถปิดเครื่องปรับอากาศได้ตามเวลาที่กำหนดไว้ 4 ช่วงเวลาแสดงได้ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ผังงานการปิดเครื่องปรับอากาศตามเวลาที่กำหนด

จากภาพที่ 8 จะเริ่มต้นจากการอ่านค่าเวลาที่กำหนดไว้ในฐานข้อมูลมาเก็บไว้ในหน่วยความจำของบอร์ด Arduino Mega หลังจากนั้นระบบจะทำการตรวจสอบตามเงื่อนไขว่ามีเครื่องปรับอากาศใดถึงเวลาที่ปิดเครื่องหรือไม่ ถ้าถึงเวลาปิดระบบก็จะสั่งให้ Magnetic ตัดการจ่ายไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศนั้น

2.6 การติดตั้งระบบ

การติดตั้งระบบได้ทำการติดตั้งตู้ควบคุมไว้ใกล้กับตู้เบรกเกอร์ย่อยรวมสำหรับเครื่องปรับอากาศของอาคารและได้ทำการเดินสายไฟของระบบเครื่องปรับอากาศแต่ละตัวเข้าไปผ่าน Magnetic Contractor ภายในตู้ควบคุม แสดงได้ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 การติดตั้งตู้ควบคุมระบบเข้ากับตู้เบรกเกอร์



จากภาพที่ 9 ผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งตู้ควบคุมไว้ตู้เบรกเกอร์เพื่อความสะดวกในการเดินสายไฟฟ้า โดยได้ทำการเดินสายไฟจากตู้เบรกเกอร์มาเข้าแมคเนติกที่ตู้ควบคุมเพื่อให้ตู้ควบคุมทำการสั่งเปิดหรือปิดเครื่องปรับอากาศได้ตามการควบคุมของระบบ

2.7 การวัดประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานไฟฟ้า

เพื่อได้ทราบถึงค่าการประหยัดพลังงานไฟฟ้าระหว่างก่อนติดตั้งระบบและหลังติดตั้งระบบผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งมิเตอร์สำหรับวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแต่ละตัว ซึ่งการติดตั้งมิเตอร์แสดงได้ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 แสดงการติดตั้งมิเตอร์วัดปริมาณการใช้ไฟฟ้า

จากภาพที่ 10 จะเห็นได้ว่ามิเตอร์ไฟฟ้าสำหรับวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ติดตั้งไว้บริเวณด้านข้างของตู้เบรกเกอร์ โดยทำการต่อมิเตอร์ก่อนเข้าตู้ควบคุมระบบ หลังติดตั้งมิเตอร์แล้วก็ทำการจดเลขมิเตอร์และวันที่ทำการติดตั้งเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับการใช้ไฟฟ้าหลังติดตั้งระบบ

3. ผลการวิจัย (Results)

เพื่อให้ทราบถึงผลการวิจัย ผู้วิจัยได้แบ่งการบรรยายผลวิจัยเป็นดังนี้

3.1 ประสิทธิภาพของระบบ

ระบบที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพของระบบดังนี้

1. ระบบช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้ดูแลอาคารที่ต้องรับผิดชอบดูแลการใช้งานไฟฟ้าขององค์กร
2. ระบบช่วยลดค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าไฟฟ้าที่สิ้นเปลืองไปสำหรับกรณีที่มีการลิมิตการใช้งานเครื่องปรับอากาศ
3. ระบบช่วยลดค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศที่เปิดใช้งานจากการลิมิตและมีเหตุระบบไฟฟ้าขัดข้องในช่วงดังกล่าว เช่น ไฟกระชาก ไฟตก ไฟไม่ครบเฟส เป็นต้น
4. ระบบมีการบันทึกข้อมูลการใช้งานเครื่องปรับอากาศซึ่งสามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อปรับนโยบายด้านการประหยัดพลังงานขององค์กรได้
5. ราคาของระบบมีความคุ้มค่ากว่าเมื่อเทียบกับอุปกรณ์ที่มีขายโดยทั่วไปที่ทำงานคล้ายคลึงกัน
6. การออกแบบผู้วิจัยใช้อุปกรณ์ที่หาซื้อมาทดแทนได้ง่ายในปัจจุบัน ส่งผลให้ค่าบำรุงรักษาระบบมีค่าใช้จ่ายไม่สูงมาก

3.2 ผลการประหยัดพลังงาน

ระบบสามารถช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี ตีถ้านำระบบดังกล่าวไปใช้กับเครื่องปรับอากาศของห้องที่มีการใช้งานหลายคนผลัดเปลี่ยนกัน เช่น ห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ เนื่องจากห้องดังกล่าวมีผู้ใช้งานหลายคนไม่มีผู้ดูแลเป็นการเฉพาะ ทำให้มีการหลงลืมในการปิดเครื่องปรับอากาศอยู่บ่อยครั้ง หากไม่มีระบบดังกล่าวการลิมิตปิดเครื่องปรับแต่ละครั้งส่งผลให้เกิดการสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์เป็นอย่างมาก และในการทดสอบเพื่อให้ได้ทราบถึงการประหยัดพลังงานผู้วิจัยได้ทำการวัดบันทึกผลของการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแต่ละตัวก่อนติดตั้งระบบซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าก่อนติดตั้งระบบ



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม
นวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 9 ประจำปี 2563

ลำดับที่	ประจำห้อง	ก่อนติดตั้งระบบ (ระยะเวลา 60 วัน)		
		เลขมิเตอร์วัน ติดตั้งมิเตอร์	เลขมิเตอร์วัน ติดตั้งระบบ	จำนวน หน่วยใช้ไป (หน่วย)
1	สำนักงานสาขา	0	329	329
2	ห้องพักอาจารย์	0	295	295
3	ห้องปฏิบัติการ CS1 (หน้าห้อง)	0	279	279
4	ห้องปฏิบัติการ CS1 (หลังห้อง)	1	307	306
5	ห้องปฏิบัติการ CS3 (หน้าห้อง)	2	215	213
6	ห้องปฏิบัติการ CS3 (หลังห้อง)	1317	1487	170
7	ห้องปฏิบัติการ CS4 (หน้าห้อง)	822	961	139
8	ห้องปฏิบัติการ CS4 (หลังห้อง)	765	894	129
9	ห้องปฏิบัติการ CS5 (หน้าห้อง)	2548	2695	147
10	ห้องปฏิบัติการ CS5 (หลังห้อง)	895	1033	138
รวมปริมาณไฟฟ้าใช้ไปในระยะเวลา 60 วันก่อนติดตั้งระบบ				2,145

จากตารางที่ 1 ผู้วิจัยได้ทำการบันทึกการใช้ไฟฟ้าก่อนติดตั้งระบบเป็นระยะเวลา 60 วันใช้ไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 2,145 หน่วย และสำหรับปริมาณการใช้ไฟฟ้าหลังติดตั้งระบบที่ระยะเวลา 60 วัน แสดงได้ดังตารางที่ 2

จากตารางที่ 2 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าหลังติดตั้งระบบที่ระยะเวลา 60 วัน ใช้ไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 1,973 หน่วย คิดเป็นปริมาณที่ไฟฟ้าที่ลดลง 8.02 %

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าหลังติดตั้งระบบ

ลำดับที่	ประจำห้อง	หลังติดตั้งระบบ (ระยะเวลา 60 วัน)		
		เลขมิเตอร์วัน ติดตั้งระบบ	เลขมิเตอร์ หลังใช้ ระบบ60วัน	จำนวน หน่วยใช้ไป (หน่วย)
1	สำนักงานสาขา	329	638	309
2	ห้องพักอาจารย์	295	569	274
3	ห้องปฏิบัติการ CS1 (หน้าห้อง)	279	535	256
4	ห้องปฏิบัติการ CS1 (หลังห้อง)	307	589	282
5	ห้องปฏิบัติการ CS3 (หน้าห้อง)	215	410	195
6	ห้องปฏิบัติการ CS3 (หลังห้อง)	1487	1643	156
7	ห้องปฏิบัติการ CS4 (หน้าห้อง)	961	1087	126
8	ห้องปฏิบัติการ CS4 (หลังห้อง)	894	1011	117
9	ห้องปฏิบัติการ CS5 (หน้าห้อง)	2695	2827	132
10	ห้องปฏิบัติการ CS5 (หลังห้อง)	1033	1159	126
รวมปริมาณไฟฟ้าใช้ไปในระยะเวลา 60 วันหลังติดตั้งระบบ				1,973

เพื่อให้เห็นถึงปริมาณร้อยละที่เครื่องปรับอากาศแต่ละห้องใช้ไฟฟ้าลดลงหลังติดตั้งระบบที่ระยะเวลา 60 วันแสดงได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงร้อยละปริมาณไฟฟ้าที่ลดลงหลังติดตั้งระบบของเครื่องปรับอากาศแต่ละห้อง

ลำดับที่	ประจำห้อง	ปริมาณไฟฟ้า ก่อนติดตั้ง ระบบ(หน่วย)	ปริมาณไฟฟ้า หลังติดตั้งระบบ (หน่วย)	ส่วน ต่าง (หน่วย)	ร้อยละที่ ลดลง(%)
1	สำนักงานสาขา	329	309	20	6.08
2	ห้องพักอาจารย์	295	274	21	7.12
3	ห้องปฏิบัติการ CS1 (หน้าห้อง)	279	256	23	8.25
4	ห้องปฏิบัติการ CS1 (หลังห้อง)	306	282	24	7.85
5	ห้องปฏิบัติการ CS3 (หน้าห้อง)	213	195	18	8.46
6	ห้องปฏิบัติการ CS3 (หลังห้อง)	170	156	14	8.24
7	ห้องปฏิบัติการ CS4 (หน้าห้อง)	139	126	13	9.36
8	ห้องปฏิบัติการ CS4 (หลังห้อง)	129	117	12	9.31
9	ห้องปฏิบัติการ CS5 (หน้าห้อง)	147	132	15	10.21
10	ห้องปฏิบัติการ CS5 (หลังห้อง)	138	126	12	8.70

3.3 การนำไปประยุกต์ใช้งาน

ระบบดังกล่าวสามารถประยุกต์ไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นที่มีการหลวมในการปิดเครื่องบ่อย ๆ ได้ เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ตามห้องปฏิบัติการ ที่ระบบสามารถไปตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ในแต่ละแถวโดยต้องจรรยาเข้ากับระบบสะพานไฟของเครื่องคอมพิวเตอร์

ระบบดังกล่าวในอนาคตหากพัฒนาให้ระบบมีความฉลาดมากขึ้นในการพิจารณาการตัดวงจรไฟฟ้า เช่น จากเดิมการตัดวงจรไฟฟ้าจะตัดตามเวลาที่ตั้งไว้เพียงอย่างเดียวแต่หากพัฒนาให้ระบบสามารถรับรู้ได้ว่าในห้องไม่มีคนอยู่ด้วยวิธีการตรวจจับความเคลื่อนไหวภายในห้อง หรือใช้กล้องจับภาพเพื่อนำมาวิเคราะห์การอยู่ของคนภายในห้อง และนำข้อมูลดังกล่าวเป็นตัวช่วยพิจารณาการปิดเครื่องปรับอากาศก็จะส่งผลให้เวลาที่เครื่องปรับอากาศทำงานโดยไม่มีคนอยู่ภายในห้องลดลงด้วย

3.4 ความซับซ้อนของระบบ

จากการวิจัยทำให้ทราบถึงเงื่อนไขต่าง ๆ ในการพัฒนาระบบและเห็นถึงความซับซ้อนต่าง ๆ ของระบบดังนี้

1. เงื่อนไขของโปรแกรมในส่วนของการให้ระบบสั่งการให้เครื่องปรับอากาศตัดการทำงานตามช่วงเวลาที่กำหนดไว้ถึง 4 ช่วงเวลา



2. การรับค่าคงที่ของระบบในส่วนของเวลาที่ใช้ในการตัดการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่ต้องการให้รับค่าคงที่จากหน้าเว็บ แล้วไปเก็บในฐานข้อมูล MySQL[7][8][9] หลังจากนั้น ระบบไมโครคอมพิวเตอร์นำค่าดังกล่าวที่อยู่ในเครื่องของ Server ไปใช้เป็นเงื่อนไขในการตัดการทำงานของเครื่องปรับอากาศอีกทอดหนึ่ง

3. การแก้ปัญหาในเรื่องของเวลาของบอร์ดควบคุม ไม่ตรงกับเวลาจริงแม้จะใช้ Clock Module ที่มีฐานสำรองแล้วก็ตาม

4. อภิปรายผล (Discussion)

จากผลการวิจัยที่ได้ตามข้อ 3 พบว่าระบบมีประสิทธิภาพการทำงานเป็นที่พอใจของผู้ใช้งานโดยเฉพาะผู้ดูแลควบคุมอาคารสถานที่ขององค์กร และมีผลการประหยัดพลังงานจากการบันทึกค่ามิเตอร์ไฟฟ้าระหว่างก่อนใช้งานระบบและหลังใช้ระบบที่ระยะเวลา 60 วัน มีค่าการประหยัดพลังงานไฟฟ้าลดลงที่ 8.02 % และจากตารางที่ 3 เป็นที่สังเกตได้ว่าเครื่องปรับอากาศที่อยู่ตามห้องเรียน (ลำดับที่ 3 – 10) มีค่าร้อยละของการประหยัดไฟฟ้าสูงกว่าห้องที่ไม่ใช่ห้องเรียน ทั้งนี้เนื่องจากห้องเรียนมีการผลัดเปลี่ยนกันใช้งานหลายคนทั้งอาจารย์และนักศึกษาทำให้อากาศที่จะลึ้มปิดเครื่องปรับอากาศมากกว่าห้องที่ไม่ได้เป็นห้องเรียน ซึ่งสรุปได้ว่าระบบดังกล่าวจะช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ดีเมื่อนำไปใช้กับเครื่องปรับอากาศที่เป็นห้องเรียน ทั้งนี้ระบบยังมีความสามารถในการบันทึกข้อมูลการเปิดปิดเครื่องปรับอากาศจึงช่วยให้ผู้วิจัยได้มีข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการหาแนวทางประหยัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในรูปแบบอื่นต่อไป

5. สรุปผล (Conclusion)

5.1 ระบบดังกล่าวสามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อช่วยในการตัดการทำงานของเครื่องปรับอากาศแทนคน กรณีที่มีการลึ้มปิดเครื่องปรับอากาศ ซึ่งหากไม่มีระบบดังกล่าวเครื่องปรับอากาศเครื่องที่ลึ้มปิดอาจต้องทำงานไปจนถึงวันทำงานอีกวันหรือถ้าเป็นวันหยุดหลายวันก็จะยิ่งส่งผลให้

เครื่องปรับอากาศเครื่องนั้นทำงานโดยเปล่าประโยชน์เป็นเวลาหลายชั่วโมง ส่งผลต่อให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าและเครื่องปรับอากาศอาจชำรุดก่อนเวลาอันควร

5.2 การที่ออกแบบระบบให้เป็นแบบออนไลน์ทำให้ผู้ดูแลอาคารสามารถตรวจสอบได้ว่า มีเครื่องปรับอากาศเครื่องใดเปิดอยู่หรือไม่โดยไม่ต้องเดินขึ้นไปตรวจสอบบนตัวอาคาร ซึ่งจากการใช้งานจริง ผู้ดูแลอาคารจะสังเกตเห็นไฟแสงสว่างว่าห้องใดบ้างที่ไม่มีการใช้งานแล้วจากมุมไกลนอกตัวอาคาร และเข้าระบบไปดูสถานะของเครื่องปรับอากาศว่า ห้องนั้น ๆ เครื่องปรับอากาศได้เปิดทิ้งไว้หรือไม่ หรือพบว่าห้องที่ไฟแสงสว่างไม่เปิดใช้งานแต่เครื่องปรับอากาศทำงานอยู่แสดงว่ามีการลึ้มปิดเครื่องปรับอากาศ ซึ่งกรณีนี้ผู้ดูแลอาคารสามารถเข้าระบบออนไลน์ผ่านมือถือลึ้มปิดเครื่องปรับอากาศเครื่องดังกล่าวได้ โดยไม่ต้องรอให้ถึงเวลาตัดการทำงานของเครื่อง ส่งผลให้ช่วยลดการสิ้นเปลืองพลังงานได้ดียิ่งขึ้น

5.3 ระบบช่วยให้เกิดการประหยัดพลังงานอย่างเห็นได้ชัดและช่วยอำนวยความสะดวกในการตรวจสอบว่าห้องใดที่ยังไม่ปิดเครื่องปรับอากาศ และสามารถลึ้มปิดการทำงานได้ผ่านระบบที่ออนไลน์ได้

5.4 แนวทางในการพัฒนาระบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นมีดังนี้

1.ปรับปรุงให้ระบบสามารถทำงานได้โดยไม่ต้องอาศัยเครื่อง Server เป็นตัวช่วยเก็บข้อมูล โดยพัฒนาให้ระบบเก็บข้อมูลภายในตู้ควบคุมระบบ

2.ปรับปรุงให้ระบบสามารถใช้เวลาจากระบบอินเทอร์เน็ตมาเป็นเวลานานาฬิกาให้กับตัวเครื่องควบคุมเพื่อให้เวลาในการตัดการทำงานเครื่องปรับอากาศเที่ยงตรงแม่นยำมากขึ้น

3.ปรับปรุงให้ระบบสามารถตรวจสอบการทำงานของเครื่องปรับอากาศได้ เช่น หากเครื่องปรับอากาศเครื่องใดมีการใช้งานที่กินกระแสไฟฟ้ามากกว่าปกติซึ่งแสดงว่าเครื่องดังกล่าวเริ่มชำรุด ก็ให้ทำการแจ้งเตือนไปยังผู้ควบคุมระบบผ่านช่องทางต่าง ๆ

4.ปรับปรุงการตรวจจับว่าเครื่องปรับอากาศเครื่องใดกำลังทำงานอยู่ให้มีค่าแม่นยำมากขึ้น



5. ปรับปรุงให้ระบบมีความฉลาดมากขึ้น เช่น หากมีการตรวจจับได้ว่าเครื่องใดมีแนวโน้มชำรุดและใช้งานที่กินกระแสไฟฟ้ามากผิดปกติ ก็จะไม่อนุญาตให้ทำการใช้เครื่องปรับอากาศเครื่องนั้น จนกว่าจะมีการแก้ปัญหาแล้วเสร็จ

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ได้สนับสนุนงบประมาณวิจัย อุปกรณ์การวิจัย รวมถึงสถานที่สำหรับทดสอบระบบ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่แผนกอาคารสถานที่ ที่ให้ความร่วมมือในการทดสอบระบบและเฝ้าติดตามการทำงานของระบบอย่างใกล้ชิด

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ประธาน เนียมน้อย จิตติ คงแก้ว และจตุรงค์ มะโนปลื้ม, ระบบควบคุมไฟฟ้าไร้สายผ่านเว็บเบราว์เซอร์, ปรินต์นิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2555
- [2] ประภาส สุวรรณเพชร, เครื่องมือเขียนโปรแกรม ArduinoIDE, ข้อมูลจาก <http://praphas.com/index.php/arduino/87-arduino-2-sketch>, (วันที่สืบค้น 22 ตุลาคม 2560)
- [3] โมดูล Ethernet Shield, ข้อมูลจาก <https://www.arduitronics.com/product/652/arduino-ethernet-shield-w5100-r3>, (วันที่สืบค้น 5 สิงหาคม 2560)
- [4] โมดูลวัดกระแสไฟฟ้า, ข้อมูลจาก <https://www.arduinoall.com/product/26/30-a-current-sensor-module-ac712-30a>, (วันที่สืบค้น 29 กรกฎาคม 2560)
- [5] ระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านด้วย Android ข้อมูลจาก http://openfog.net/homectrl_doc_p1.html, (วันที่สืบค้น 17 สิงหาคม 2561)
- [6] วินัส ชัพพลาย, Arduino Mega 2560, ข้อมูลจาก <http://www.thaieasyelec.com/products/development-boards/arduino-mega-2560-detail.html>, (วันที่สืบค้น 13 มิถุนายน 2560)
- [7] เสฐียรพงษ์ สมบัติใหม่, ระบบควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างผ่านเครือข่ายไร้สาย, ปรินต์นิพนธ์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, 2557

[8] APICHAH KHUMSAWAT, ใช้ ARDUINO + Ethernet Shield เป็น Client อ่านข้อมูลจาก Database มาสั่งเปิดปิดอุปกรณ์, ข้อมูลจาก

<https://www.youtube.com/watch?v=BakNon5WGeU>, (วันที่สืบค้น 18 สิงหาคม 2561)

[9] Udbhav Singh Chauhan, phpMyAdmin database - Sending and receiving data using Arduino (6 steps), ข้อมูลจาก

<https://www.youtube.com/watch?v=6hi9Wf99hfg>, (วันที่สืบค้น 18 สิงหาคม 2561)

Zelio Smart Relay, ข้อมูลจาก <https://www.vsl-solutions.com/product/22145/schneider-electric-ซีไนเดอร์-อีเล็คทริค-zeliosmart-relay>, (วันที่สืบค้น 18 สิงหาคม 2561)



ความเป็นไปได้ในอนาคตของเทคโนโลยีพลังงานจากแสงอาทิตย์ในประเทศไทย Future Potential of Solar Energy in Thailand

ศิวรุตม์ จุลพรหม

1 สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

siwarut.j@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการอธิบายทฤษฎีเบื้องต้นของเทคโนโลยีที่ผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์ ซึ่งประกอบไปด้วย ระบบ Photovoltaic, Solar Collector, ใบไม้เทียม (Artificial Leaf) และการผลิตเชื้อเพลิงจากสาหร่าย ตั้งแต่วิธีการทำงาน ขั้นตอนการผลิต วิธีการใช้งานจริง ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม กฎหมายและนโยบายที่เกี่ยวข้อง ไปจนถึงความเป็นไปได้ในอนาคต โดยมุ่งเน้นไปที่การปรับใช้กับประเทศไทย

คำสำคัญ: พลังงานแสงอาทิตย์, เซลล์สุริยะ, ตัวเก็บรังสีอาทิตย์, ใบไม้เทียม และการผลิตเชื้อเพลิงจากสาหร่าย

Abstract

This paper is describing the basic principle of solar energy technology which consist of Photovoltaic, Solar collector, Artificial Leaf and Biofuel from algae. Starting at the mechanism, production process, practical usability, environmental impact, related laws, related policy and finally future potential by aiming at adaptation in Thailand

Keyword: Solar energy, Photovoltaic, Solar collector, Artificial leaf and Biofuel from algae

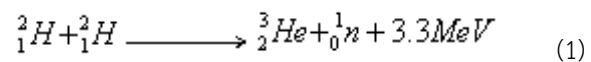


1. บทนำ (Introduction)

ปัจจุบันพลังงานทางเลือกถือเป็นสิ่งที่ทุกประเทศทั่วโลกให้ความสนใจ เนื่องจากพลังงานหลักที่ใช้ในปัจจุบันมาจากฟอสซิลซึ่งเป็นพลังงานที่ไม่สามารถสร้างขึ้นใหม่ได้ ประกอบกับข้อมูลปริมาณน้ำมันดิบสำรองของแต่ละประเทศ [1] เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกาที่มีปริมาณน้ำมันสำรองเหลืออีก 68.9 พันล้านบาร์เรล เมื่อเทียบกับปริมาณการใช้น้ำมันดิบของประเทศที่ 25 ล้านบาร์เรล/วัน พบว่าประเทศสหรัฐอเมริกายังมีปริมาณน้ำมันดิบสำรองภายในประเทศเหลือให้ใช้อีกเพียงแค่ 7 ปี แตกต่างกับเวเนซุเอล่าที่มีปริมาณน้ำมันดิบสำรองอยู่ที่ 303 พันล้านบาร์เรล ซึ่งมากที่สุดในโลกเมื่อเทียบกับปริมาณการใช้น้ำมันดิบของประเทศที่ 0.36 ล้านบาร์เรล/วัน จะเหลือปริมาณน้ำมันดิบสำรองภายในประเทศเหลือให้ใช้อีก 2305 ปี แต่หากคิดจากปริมาณการผลิตน้ำมันดิบของประเทศที่ 0.92 ล้านบาร์เรล/วัน จะเหลือน้ำมันดิบให้ผลิตได้อีก 902 ปี ส่วนประเทศซาอุดีอาระเบียที่มีปริมาณน้ำมันดิบสำรองอยู่ที่ 297.6 พันล้านบาร์เรล เทียบกับปริมาณการผลิตน้ำมันดิบที่ 11.8 ล้านบาร์เรล/วัน จะเหลือน้ำมันดิบให้ผลิตได้อีก 68 ปี หากสังเกตประเทศที่มีการเติบโตของเศรษฐกิจสูงเช่น จีน อินเดีย อินโดนีเซีย และรัสเซีย ซึ่งเป็นผู้ที่ต้องการบริโภคน้ำมันปริมาณมากและจะสูงขึ้นในทุกๆปี ทำให้พอที่จะคาดการณ์ได้ว่าในอนาคตเมื่อประเทศผู้ผลิตน้ำมันอื่นที่ไม่ใช่ ซาอุดีอาระเบียและเวเนซุเอล่าเหลือปริมาณน้ำมันดิบให้ผลิตน้อยยั้งโลกจะต้องหันไปสั่งซื้อน้ำมันจากสองประเทศนี้ ถึงแม้ประเทศผู้ผลิตหรือผู้กักเก็บน้ำมันหลายๆประเทศจะไม่ได้มีความต้องการใช้น้ำมันดิบต่อปีที่สูงมากเท่ากับสหรัฐอเมริกา แต่เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันดิบสำรองรวมทั่วโลกกับปริมาณการใช้น้ำมันดิบทั่วโลกที่ 1734 พันล้านบาร์เรล กับปริมาณการใช้น้ำมันดิบของทั้งโลกที่ 101 ล้านบาร์เรล/วัน แล้วจะพบว่า เรายังเหลือน้ำมันดิบให้ใช้อีก 47 ปี ทำให้หลายๆประเทศเกิดการตื่นตัว เพื่อค้นหาพลังงานทางเลือก

ใหม่ๆมาใช้แทนเชื้อเพลิงจากฟอสซิล

ในโลกของเรามีพลังงานทางเลือกให้ใช้มากมายทั้งพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำจากเขื่อน พลังงานคลื่นในทะเล พลังงานนิวเคลียร์ พลังงานจากขยะ พลังงานความร้อนใต้พิภพ และพลังงานจากก๊าซธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งจัดเป็นแหล่งพลังงานที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในระบบสุริยะจักรวาล และยังมีอายุยืนยาวมากอีกหลายล้านปี ดวงอาทิตย์คือลูกไฟขนาดใหญ่ที่เกิดจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชั่น ดังสมการที่ (1) จากการทำ H 2 อะตอม รวมกันเป็น He 1 อะตอม ทำให้มีการปลดปล่อยพลังงานออกมา 3.3 MeV ดวงอาทิตย์มีความสามารถในการปลดปล่อยพลังงานออกมาประมาณ 384×10^{18} Megawatts เมื่อส่งผ่านชั้นบรรยากาศของโลกลงมาจะมีการหักเหและดูดซับโดยชั้นบรรยากาศทำให้เหลือพลังงานเท่ากับ 175 W/m^2 [2] ซึ่งหากเมื่อเทียบกับความสามารถในการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยที่ 186 Terawatts-hr [1] หากสามารถเก็บพลังงานส่วนนี้มาใช้ให้ได้ 10% จะต้องการพื้นที่เพียงแค่ $2,952 \text{ km}^2$ ซึ่งเทียบเท่ากับขนาดของจังหวัดระนองเพียงจังหวัดเดียว เพื่อที่จะผลิตพลังงานให้เท่ากับความสามารถของโรงไฟฟ้าทั้งประเทศในปัจจุบัน



การเก็บเกี่ยวพลังงานจากแสงอาทิตย์บนพื้นโลกนั้นไม่มีความแน่นอนจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับฤดูกาล ทำให้ในปัจจุบันมีผู้ที่พัฒนาความสามารถและประสิทธิภาพของการเก็บเกี่ยวพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นจำนวนมาก ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันคือ การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (Photo Voltaic) และ การกักเก็บความร้อนจากแสงอาทิตย์ (Solar Collector) แต่ยังมีอีกหลายระบบที่อยู่ในช่วงกำลังพัฒนา หรือพัฒนาจนใช้ได้จริงแล้วเพียงแต่ต้นทุนยังสูงเกินไปสำหรับการทำในเชิงพาณิชย์ เช่น การผลิต

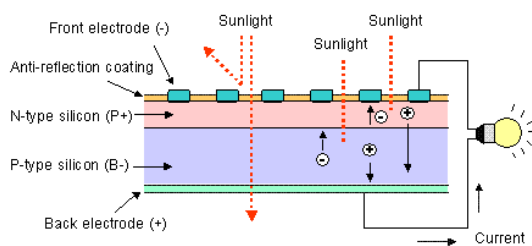


ไฮโดรเจนจากน้ำโดยใช้ใบไม้เทียม (Artificial Leaf) การผลิตเชื้อเพลิงจากสาหร่ายสามารถแยกออกเป็น 3 วิธีหลักๆได้แก่ การผลิต Biodiesel จากสาหร่าย การผลิต Ethanol จากสาหร่าย และการผลิต Biocrude oil จากสาหร่าย หรือแม้กระทั่งการปลูกพืชพลังงานก็นับเป็นอีกวิธีในการพยายามเก็บเกี่ยวพลังงานจากดวงอาทิตย์มาใช้ ซึ่งจะอธิบายในส่วนถัดไป

2. ข้อมูลเบื้องต้นของแต่ละวิธี

2.1 การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic)

การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นขบวนการที่สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นกระแสไฟฟ้าได้โดยตรง โดยเมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงานกระทบกับสารกึ่งตัวนำ จะเกิดการถ่ายเทพลังงานระหว่างกัน พลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า (อิเล็กตรอน) ขึ้นในสารกึ่งตัวนำ จึงสามารถต่อกระแสไฟฟ้าดังกล่าวไปใช้งานได้ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 หลักการทำงานของ solar cell [3]

วัสดุสำคัญที่ใช้ทำเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ใช้มากที่สุดในปัจจุบันได้แก่ สารซิลิคอน (Si) ซึ่งเป็นสารชนิดเดียวกับที่ใช้ทำชิปในคอมพิวเตอร์และเครื่อง มีการนำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ใช้กันอย่างแพร่หลายเพราะมีราคาถูก คงทน และเชื่อถือได้ [4] สามารถแบ่งวิธีการผลิต Solar cell ที่ใช้กันอยู่ในตลาดได้ 2 วิธี ตามลักษณะผลึกของตัว Solar cell

การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ แบบผลึกเดี่ยว (Single Crystalline) หรือที่รู้จักกันในชื่อ Mono-Crystalline การเตรียมสารซิลิคอนชนิดนี้ เริ่มต้นจากนำสารซิลิคอนซึ่งผ่านการทำให้เป็นก้อนที่มีความบริสุทธิ์สูงมาก (99.999%) มาหลอมละลายในเตา Induction Furnace ที่อุณหภูมิสูงถึง 1,500 องศาเซลเซียส เพื่อทำการสร้างแท่งผลึกเดี่ยวขนาดใหญ่ (เส้นผ่านศูนย์กลาง 6-8 นิ้ว) พร้อมกับใส่สารเจือปน Boron เพื่อทำให้เกิด P-type แล้วทำให้เกิดการเย็นตัวจับตัว

กันเป็นผลึกด้วย Seed ซึ่งจะตกผลึกมีขนาดหน้าตัดใหญ่แล้วค่อยๆ ดึงแท่งผลึกนี้ขึ้นจากเตาหลอม ด้วยเทคโนโลยีการดึงผลึก จะได้แท่งผลึกยาวเป็นรูปทรงกระบอก คุณภาพของผลึกเดี่ยวจะสำคัญมากต่อคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์ จากนั้นนำแท่งผลึกมาตัดให้เป็นแผ่นบาง ๆ ด้วยลวดตัดเพชร (Wire Cut) เรียกว่า เวเฟอร์ ซึ่งจะได้แผ่นผลึกมีความหนาประมาณ 300 ไมโครเมตร และขีดความเรียบของผิว จากนั้นก็จะนำไปเจือสารที่จำเป็นในการทำให้เกิดเป็น p-n junction ขึ้นบนแผ่นเวเฟอร์ ด้วยวิธีการ Diffusion ที่อุณหภูมิระดับ 1,000 องศาเซลเซียสจากนั้นนำไปทำขั้วไฟฟ้าเพื่อนำกระแสไฟออกใช้ ที่ผิวบนจะเป็นขั้วลบ ส่วนผิวล่างเป็นขั้วบวก ชั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการเคลือบฟิล์มผิวหน้าเพื่อป้องกันการสะท้อนแสงให้น้อยที่สุด ตอนนี้ได้เซลล์ที่พร้อมใช้งาน หลังจากนั้นก็นำไปประกอบเข้าแผงโดยใช้กระจกเป็นเกราะป้องกันแผ่นเซลล์ และใช้ซิลิโคน และ อีวีเอ (Ethelele Vinyl Acetate) ช่วยป้องกันความชื้น ในการใช้งานจริง เราจะนำเซลล์แต่ละเซลล์มาต่ออนุกรมกันเพื่อเพิ่มแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้ได้ตามต้องการ

การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ แบบผลึกรวม (Poly Crystalline) วิธีนี้จะมีค่าใช้จ่ายที่ถูกกว่าวิธีแรก คือการทำแผ่นเซลล์ จะใช้วิธีการหลอมสารซิลิคอนให้ละลายพร้อมกับใส่สารเจือปน Boron เพื่อทำให้เกิด P-type แล้วเทลงในแบบพิมพ์ เมื่อสารละลายซิลิคอนแข็งตัวก็จะได้เป็นแท่งซิลิคอนแบบผลึกรวม (ตกผลึกไม่พร้อมกัน) จากนั้นนำไปตัดเป็นแผ่นเช่นเดียวกับแบบผลึกเดี่ยว ความแตกต่างระหว่างแบบผลึกเดี่ยวและแบบผลึกรวมสังเกตได้จากผิวผลึก ถ้ามีโทนสีที่แตกต่างกันซึ่งเกิดจากผลึกเล็ก ๆ หลายผลึกในแผ่นเซลล์จะเป็นแบบผลึกรวม ในขณะที่แบบผลึกเดี่ยวจะเห็นเป็นผลึกเนื้อเดียว คือ มีสีเดียวตลอดทั้งแผ่น ส่วนกรรมวิธีการผลิตเซลล์ที่เหลือนี้อาจจะเหมือนกัน เซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกรวม (Poly Crystalline) จะให้ประสิทธิภาพต่ำกว่าแบบผลึกเดี่ยว ประมาณ 2-3 % อย่างไรก็ตามเซลล์ทั้ง 2 ชนิด มีข้อเสียในการผลิต คือ แดงหักง่ายเช่นกัน

ในการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์นั้นมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยมากเนื่องจากไม่มีการปลดปล่อยของเสียอะไรออกสู่สิ่งแวดล้อมเลย แต่ตรงกันข้ามกับขั้นตอนการผลิตและการกำจัดแผง Solar Cell และแบตเตอรี่ ที่มี



ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากทั้งจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก การใช้ทรัพยากร [5] มีหลายงานวิจัยพบว่าตลอดอายุการใช้งานของระบบ Photovoltaic ขนาดไม่เกิน 300 W มีการปลดปล่อยมลพิษสูงถึง $1.12 \text{ kgCO}_2\text{e/ชิ้น}$ และต้องการพลังงานในการผลิต 15.83 MJ/แผ่น แล้วยังพบอีกว่าต้องใช้เวลา 3.5-6.5 ปี ในการเก็บเกี่ยวพลังงานแสงอาทิตย์ให้ได้เท่ากับพลังงานที่ใช้ไปในการผลิตแผง Solar Cell ซึ่งปกติแล้วจะมีอายุการใช้งานอยู่ที่ 20-30 ปี ในการผลิตแบตเตอรี่ Lithium Ion ขนาด 1kWh น้ำหนัก 7 kg มีการปลดปล่อยมลพิษสูงถึง $73 \text{ kgCO}_2\text{e/ชิ้น}$ และมีการใช้น้ำสูงถึง 725 ลิตร [6]

ปัจจุบันการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์โดยระบบ Photovoltaic เป็นที่นิยมอย่างมากในประเทศไทย ตั้งแต่พื้นที่กันดารที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ไปจนถึงเขตโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่ต้องการประหยัดพลังงานในระยะยาว สังเกตได้จากที่มีธุรกิจเกี่ยวกับระบบ Solar Cell เกิดขึ้นทั่วประเทศ ตั้งแต่นำเข้า รับผิดชอบ ไปจนถึงรับดูแล

2.2 การเก็บความร้อนจากแสงอาทิตย์ (Solar Collector)

Solar collector คืออุปกรณ์ที่ถูกออกแบบมาเพื่อเก็บพลังงานความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์มาไว้ในตัวกลางที่เป็นของเหลวเช่น น้ำ แล้วใช้ประโยชน์จากร้อนที่สะสมอยู่ในรูปแบบต่างๆ ทั้งใช้ผลิตน้ำร้อนเพื่ออุปโภค หรือ ผลิตไฟฟ้า มีด้วยกัน 3 รูปแบบประกอบด้วย แบบแผ่นแบน (Flat plate collector), แบบพาราโบลา (Parabolic trough collector) และ แบบท่อ (Tubular collector)

ตัวเก็บรังสีทั้งสามรูปแบบมีหลักการทำงานที่เหมือนกัน ทำให้ใช้วัสดุในการผลิตใกล้เคียงกัน ประกอบด้วย ชั้นกระจกที่ใช้กักเก็บความร้อน แผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนที่ทำหน้าที่ส่งผ่านความร้อนที่สะสมไว้ในตัวอุปกรณ์เข้าสู่ของเหลวที่ทำหน้าที่กักเก็บความร้อน ท่อโลหะให้ของเหลวไหลผ่านในระหว่างการแลกเปลี่ยนความร้อน และฉนวนเพื่อป้องกันความร้อนที่กักเก็บได้ถ่ายเทออกนอกอุปกรณ์ วัสดุที่ใช้จึงมักประกอบด้วย ซิลิก้า (Si) สำหรับผลิตกระจก ทองแดง สำหรับผลิตท่อและระบบแลกเปลี่ยนความร้อน สังกะสีสำหรับทาบนแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน และโพลีเมอร์โฟมสำหรับผลิตฉนวน

ในการผลิตชั้นกระจกนั้นจะใช้วัสดุประเภททรายแก้ว

(silica sand) หินฟันม้า หินโดโลไมต์ (dolomite) เศษกระจก (cullets) แต่ก็ยังมีวัตถุดิบที่นำเข้าจาก ต่างประเทศ ได้แก่ โซดาแอช ผงคาร์บอน ผงเหล็ก โซเดียมซัลเฟต กรรมวิธีการผลิตกระจกจะเริ่มผลิตโดยการนำวัตถุดิบซึ่งได้แก่ ทรายแก้ว หินฟันม้า หินโดโลไมต์ เศษกระจก โซดาแอช หินปูน และโซเดียมซัลเฟตมาผสมเข้าด้วยกันตามอัตราส่วนที่ได้กำหนดไว้ แล้วนำส่วนผสมที่ได้นั้นไปใส่ในเตาที่มีอุณหภูมิ 1,500 องศาเซลเซียส จนวัสดุต่าง ๆ เกิดการหลอมละลายจนได้น้ำแก้ว (เชื้อเพลิงได้แก่ น้ำมันเตาซึ่งใช้แทนถ่านหิน) หลังจากนั้น จะปรับอุณหภูมิของน้ำแก้วให้เหลือประมาณ 1,100 องศาเซลเซียสจนมีความหนืดพอเหมาะต่อการขึ้นรูปน้ำแก้ว จะถูกนำไป ผ่านกระบวนการที่ทำให้เป็นแผ่นโดยวิธีการปล่อยให้ไหลลงไปฟอร์มตัวเป็นแผ่นกระจก

ในส่วนของการผลิตท่อทองแดงนั้นมีการใช้ทรัพยากรแร่ทองแดง และความร้อนในการหลอมแผ่นทองแดงให้กลายเป็นแท่งทองแดง จากนั้นจึงเอาไปอัดเป็นท่อแล้วค่อยปรับขนาดท่อให้ได้ตามต้องการ ในหลายๆกระบวนการมีการใช้พลังงานความร้อนและไฟฟ้า

ระบบ Solar Collector ไม่ค่อยเป็นที่นิยมในระดับครัวเรือนของประเทศไทย เนื่องจากประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนจึงไม่นิยมอบน้ำอุ่นกัน แต่ในระดับโรงงานยังมีใช้อยู่บ้างประปรายในโรงงานที่ต้องการใช้น้ำร้อนโดยส่วนใหญ่จะใช้เป็นระบบ Preheat ก่อนเข้าหม้อต้ม เนื่องจากการที่ระบบนี้จะผลิตน้ำร้อนที่อุณหภูมิสูงมากๆ ในปริมาณมากจำเป็นที่จะต้องใช้พื้นที่ที่กว้างมาก

2.4 การผลิตไฮโดรเจนจากน้ำโดยใช้ใบไม้เทียม (Artificial Leaf)

ใบไม้เทียม (Artificial Leaf) คือเทคโนโลยีที่ใช้แสงร่วมกับกระบวนการทางเคมีเพื่อเปลี่ยนน้ำให้กลายเป็นก๊าซไฮโดรเจน (H_2) และ ออกซิเจน (O_2) โดยตัวใบไม้เทียมนั้นมีลักษณะเป็นแผ่นคล้ายกับแผ่น Solar Cell ในระบบ Photovoltaic

ส่วนประกอบพื้นฐานของใบไม้เทียมคือแผ่นซิลิกอนที่ถูกเคลือบด้วยสารเคมีที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการเปลี่ยนน้ำให้กลายเป็นก๊าซไฮโดรเจน (H_2) และ ออกซิเจน (O_2) มีขั้นตอนการผลิตที่คล้ายกับแผ่น Solar Cell ของ



ระบบ Photovoltaic แตกต่างกันแค่ตัวสารที่ใช้เคลือบในแต่
ละด้าน

วิธีใช้งานคือทิ้งแผ่นใบไม้เทียมไว้ในน้ำที่โดนแสงแดด
ตัวแผ่นจะหน้าที่ผลิตก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจน ให้เองโดย
อัตโนมัติ ซึ่งผู้ใช้จะต้องมีระบบกับเก็บก๊าซที่ผลิตได้เพื่อเอา
ไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่นเป็นแหล่งพลังงานความร้อน
หรือใช้ผลิตไฟฟ้าใน Fuel Cell ซึ่งจะเหมาะสมมากเนื่องจาก
Fuel Cell จะใช้ก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจน ในการผลิต
ไฟฟ้าและน้ำที่จะสามารถวนกลับไปใช้ในกระบวนการผลิตได้
อีกครั้ง

ถึงแม้จะมีการศึกษาเกี่ยวกับการผลิตใบไม้เทียมมานาน
แล้ว แต่ปัจจุบันใบไม้เทียมก็ยังเป็นเทคโนโลยีที่จำกัดอยู่เพียง
แคในระดับห้องทดลองเนื่องมาจากหลายๆเหตุผล เนื่องจาก
ความยุ่งยากในการปรับเปลี่ยนระบบโครงสร้างพื้นฐานของ
สังคมให้เหมาะสมกับการใช้พลังงานจากไฮโดรเจนที่มีความ
อันตรายสูงกว่าพลังงานชนิดอื่น จึงทำให้ไม่พบการใช้จริงใน
เชิงธุรกิจเลยแม้แต่ในประเทศที่พัฒนาแล้วทั้งในอเมริกาและ
ยุโรป

2.5 การผลิต Biodiesel จากสาหร่าย

การผลิต Biodiesel จากสาหร่ายคือการเพาะเลี้ยง
สาหร่ายสายพันธุ์ที่เหมาะสมในสภาพที่เหมาะสม เพื่อให้
สาหร่ายสะสมไขมันไว้ในเซลล์ให้มากที่สุด จากนั้นจึงเก็บ
เกี่ยวสาหร่ายที่เลี้ยงไว้มาสกัดแยกเอาไขมันออกไปผลิต
เป็น Biodiesel โดยใช้กระบวนการ Transesterification
สายพันธุ์ของสาหร่ายที่นิยมใช้ในปัจจุบัน คือ *Botryococcus
braunii*, *Chlorella vulgaris* [7] เนื่องจากเป็นสายพันธุ์ที่
สามารถสะสมไขมันไว้ในเซลล์ได้สูงถึง 30-40% ของน้ำหนัก
เซลล์ และยังสามารถสกัดเอาน้ำมันออกมาได้ง่าย

ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายนั้นใช้ CO_2 เป็นอาหารของ
สาหร่าย ร่วมกับสารอาหารชนิดอื่นเช่น nitrogen และ
phosphorous เพื่อให้สาหร่ายเติบโตได้ตามที่ต้องการ แต่ใน
ขั้นตอนสุดท้ายก่อนเก็บเกี่ยวจะต้องมีการรดให้อาหารแก่
สาหร่ายช่วงก่อนเก็บเกี่ยว เพื่อให้สาหร่ายเกิดการปรับตัว
เพื่อเอาชีวิตรอดโดยการสะสมไขมันไว้ในเซลล์เป็นจำนวน
มาก จึงค่อยเก็บเกี่ยวมาคัดแยกเอาน้ำมันออกโดยการบีบอัด
และใช้สารละลาย Hexane

การทำปฏิกิริยา Transesterification จำเป็นจะต้องใช้

Triglyceride และ Alcohol เป็นสารตั้งต้นแล้วจะได้ผลผลิต
เป็น Glycerol และ Biodiesel เมื่อพิจารณาทั้งระบบจะ
พบว่าการผลิต Biodiesel 1 MJ มีการกักเก็บก๊าซเรือน
กระจก 70-75 $kgCO_2eq$ ซึ่งถือเป็นจุดเด่นของการเพาะเลี้ยง
สาหร่าย ที่ตรงข้ามกับการผลิตพลังงานในรูปแบบอื่นที่มีแต่
ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก แต่ก็ยังส่งผลกระทบต่อ
สิ่งแวดล้อมในด้านการใช้น้ำ 0.3 – 2 ลิตรต่อการผลิต
สาหร่าย 1 g ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระบบเพาะเลี้ยงและสายพันธุ์ของ
สาหร่ายที่ใช้ แต่มีข้อดีคือในบางสายพันธุ์สามารถเพาะเลี้ยง
ในน้ำเสียหรือน้ำทะเลได้ ซึ่งลดปัญหาการแย่งน้ำกับชุมชนได้
อีกทั้งยังสามารถช่วยบำบัดน้ำเสียได้ในระดับหนึ่งด้วย

ในปัจจุบันมีการใช้ Biodiesel อย่างแพร่หลายใน
ประเทศไทย เพียงแต่ไม่ได้ผลิตมาจากสาหร่าย เนื่องจากใน
ปัจจุบันต้นทุนการเพาะเลี้ยงสาหร่ายยังสูงเกินกว่าจะใช้เป็น
แหล่งผลิตวัตถุดิบได้ แต่ก็ยังเป็นข้อได้เปรียบที่ทำให้เพียงแค
มีการพัฒนาระบบเพาะเลี้ยงสาหร่าย และระบบผลิต
Biodiesel ให้อยู่ในช่วงที่คุ้มทุนก็จะสามารถผลิตเชื้อเพลิง
ป้อนเข้าสู่ระบบได้เลย

2.6 การผลิต Ethanol จากสาหร่าย

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต
Ethanol มีลักษณะใกล้เคียงกับการเพาะเลี้ยงเพื่อผลิต
Biodiesel ต่างกันตรงที่การเพาะเลี้ยงเพื่อผลิต Ethanol นั้น
ไม่จำเป็นต้องกระตุ้นให้สาหร่ายสะสมไขมันไว้ในเซลล์
เมื่อสาหร่ายเติบโตถึงขนาดที่กำหนดก็สามารถเก็บเกี่ยวได้เลย
สายพันธุ์ของสาหร่ายที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือ *Chlorella
vulgaris*, *Chlamydomonas reinhardtii*, *Scenedesmus
maxima* และอื่น ๆ [8] เนื่องจากสายพันธุ์เหล่านี้มี
ความสามารถในการผลิตและสะสมน้ำตาลหรือแป้งที่สูงมาก
เมื่อเทียบกับสายพันธุ์อื่นๆ ซึ่งแต่ละสายพันธุ์ก็จะมีจุดเด่นที่
แตกต่างกันไปเช่น ความสามารถในการทนความร้อน ทนน้ำ
เสีย หรือทนความเป็นกรดได้มากกว่าสายพันธุ์อื่น ซึ่งสามารถ
เลือกใช้ให้เหมาะสมกับสภาพการเพาะเลี้ยงของแต่ละที่ได้

วิธีนี้ใช้ CO_2 เป็นอาหารเพาะเลี้ยงสาหร่ายเช่นเดียวกับ
วิธีก่อนหน้านี้ แต่ที่แตกต่างกันคือเมื่อเก็บเกี่ยวสาหร่ายขึ้น
มาแล้วจะใช้กระบวนการหมักด้วยยีสต์ ให้คาร์โบไฮเดรตใน
เซลล์สาหร่ายเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์ สายพันธุ์ของยีสต์ที่
นิยมใช้คือ *Saccharomyces* เมื่อหมักจนได้ Alcohol สูง



ที่สุดแล้วก็จะเอามาเข้ากระบวนการกรองเพื่อแยกเอากาก
ออกแล้วจากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการกลั่นและ Dehydration
เพื่อเพิ่มความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ เมื่อพิจารณาทั้งระบบ
จะพบว่าการผลิต Ethanol ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมใกล้เคียง
กับการผลิต Biodiesel เนื่องจากใช้ระบบเพาะเลี้ยงที่
เหมือนกัน แตกต่างกันเพียงแค่สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการ

ในปัจจุบันมีการใช้ Ethanol อย่างแพร่หลาย
เช่นเดียวกับ Biodiesel เพียงแต่แหล่งผลิตก็ไม่ได้มาจาก
สาหร่ายเช่นกัน และก็เกิดจากเหตุผลเดียวกันคือต้นทุนการ
เพาะเลี้ยงสาหร่ายที่สูงเกินไป

2.7 การผลิต Biocrude oil จากสาหร่าย

การผลิต Biocrude oil มีหลักการคือใช้กระบวนการ
ทางความร้อนและความดันที่เรียกว่า Hydrothermal
Liquefaction ในการแปรสภาพสาหร่ายให้อยู่ในสภาพคล้าย
น้ำมันดิบในธรรมชาติ ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายจะเหมือนกับการ
เพาะเลี้ยงสาหร่ายเพื่อผลิต Ethanol เนื่องจาก
กระบวนการนี้สามารถใช้เซลล์ทั้งหมดของสาหร่ายมาเป็น
วัตถุดิบในการผลิตน้ำมันได้ แต่ผลผลิตที่ได้จะประกอบด้วย
Bio-char, Bio-tar, Bio-oil และ gas ขึ้นอยู่กับสภาพที่ใช้ใน
การผลิต

กระบวนการนี้จะใช้สาหร่ายที่ความเข้มข้น 20% ขึ้นไป
โดยน้ำหนัก ผ่านเข้าท่อโลหะที่มีอุณหภูมิ 250 - 380°C
ความดัน 4 - 22 MPa ภายในเวลา 1 - 60 นาที ผลผลิตที่
ได้จะอยู่ในลักษณะที่คล้ายน้ำมันดิบในธรรมชาติ เมื่อ
พิจารณาทั้งระบบจะพบว่าการผลิต Biocrude oil ส่งผล
กระทบต่อสิ่งแวดล้อมใกล้เคียงกับสองวิธีก่อนหน้านี้ แต่จะมี
การปลดปล่อย CO₂ สูงกว่าเนื่องจากการใช้ความร้อนใน
การผลิต ในปัจจุบันยังไม่มีมีการปรับใช้ระบบในเชิงธุรกิจ
ด้วยเหตุผลเดียวกับสองวิธีก่อนหน้านี้

3. เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของแต่ละเทคโนโลยี

การที่จะเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของแต่ละระบบนั้นจะ
เป็นจะต้องพิจารณาวิธีการใช้งานจริงของแต่ละระบบ เริ่มต้น
ที่ระบบ Photovoltaic จะต้องมีติดตั้งในพื้นที่โล่ง หรือ
หลังคาตึกเพื่อให้สามารถรับแสงอาทิตย์ได้ จะต้องมี
แบตเตอรี่สำหรับกักเก็บไฟฟ้า และระบบควบคุมไฟฟ้า
สำหรับจัดเก็บในแบตเตอรี่ ข้อดีของระบบนี้คือไม่ก่อให้เกิด
มลพิษในขณะที่ผลิตไฟฟ้า ในระบบการผลิตไฟฟ้าโดยใช้

Solar Cell ปัจจุบันมีความสามารถ 3 - 4 kWh/m²

ระบบ Solar Collector มีวิธีการใช้ที่ใกล้เคียงกับ
ระบบ Photovoltaic คือจะต้องติดตั้งในพื้นที่โล่ง แต่
แตกต่างกันที่ ผลผลิตที่ได้จะอยู่ในรูปความร้อน หรือน้ำร้อน
ทำให้การใช้ประโยชน์ต่างกัน ในประเทศไทยที่เป็นประเทศ
ในเขตร้อน ไม่ค่อยมีความต้องการใช้น้ำร้อนเพื่ออาบน้ำ ทำ
ให้ไม่ค่อยพบเห็นการใช้ระบบ Solar Collector ที่เป็นขนาด
เล็กสำหรับครัวเรือน แตกต่างกับระบบ Photovoltaic ที่พบ
เห็นได้บ่อยกว่า

ระบบการผลิตไฮโดรเจนจากไบโวมัสเป็นระบบที่ยัง
ไม่มีการใช้จริงในประเทศไทย เนื่องจากก๊าซไฮโดรเจนเป็น
ก๊าซที่สามารถระเบิดได้รุนแรงมากทำให้เกิดปัญหาในการกัก
เก็บก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตได้ หรือการนำไปใช้ร่วมกับระบบ
Fuel Cell ในการผลิตไฟฟ้าก็ยังมีราคาที่สูงเกินไปที่จะใช้ใน
ครัวเรือน

การผลิตเชื้อเพลิงจากสาหร่ายทั้ง 3 วิธีนั้นมีลักษณะที่
คล้ายคลึงกันมาก กล่าวคือจำเป็นต้องมีระบบเพาะเลี้ยง
สาหร่ายในรูปแบบบ่อ ท่อ ราง หรือถุ๊งก็ได้ซึ่งแต่ละแบบจะมี
ข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกัน การเลือกใช้แต่ละแบบจะขึ้นอยู่กับ
ความเหมาะสมของแต่ละสถานที่ การเพาะเลี้ยงแบบบ่อ นั้น
จำเป็นที่จะต้องใช้พื้นที่ที่กว้างมาก แต่จะมีค่าก่อสร้างที่ต่ำที่สุด
ในทุกวิธี และจะเก็บเกี่ยวสาหร่ายได้ยากเนื่องจากความกว้าง
ของพื้นที่และความเข้มข้นของสาหร่ายที่ต่ำกว่าวิธีอื่น แบบ
ท่อเป็นวิธีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายให้ได้รับความเข้มข้นสูง และ
สามารถใช้พื้นที่ได้คุ้มค่ากว่าแบบบ่อเป็นอย่างมาก แต่ค่า
ก่อสร้างก็สูงมากเช่นกัน เนื่องจากจำเป็นต้องมีทั้งระบบท่อ
ปั๊ม และถังเติมอากาศ อีกทั้งจำเป็นต้องมาการค้ำเนินความ
ยาวท่อระหว่างแต่ละจุดเติมอากาศด้วย ทำให้ต้องใช้ผู้ที่มี
ความเชี่ยวชาญที่มากกว่าแบบบ่อในการดูแล ระบบรางเป็น
การผสมผสานข้อดีของระบบบ่อและท่อเข้าด้วยกัน กล่าวคือ
สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเพาะปลูกให้สูงมากกว่าแบบ
บ่อ แต่ก็ยังสามารถดูแลได้ง่ายกว่าแบบท่อ และการ
เพาะเลี้ยงแบบถุ๊งเป็นการปรับปรุงระบบท่อให้ลดต้นทุนลง
และเปลี่ยนจากระบบเพาะเลี้ยงแบบต่อเนื่องเป็นแบบกะ ทำ
ให้มีข้อดีเพิ่มขึ้นอีกคือสามารถควบคุมระบบได้ง่ายขึ้น และ
สามารถควบคุมสภาพการเลี้ยงให้สาหร่ายสะสมไขมันได้ง่าย
ขึ้น การเพาะเลี้ยงสาหร่ายนั้นมีข้อดีกว่าระบบอื่นคือสามารถ



ใช้บำบัด CO₂ ได้เนื่องจากสาหร่ายต้องการ CO₂ ในการสังเคราะห์แสง วิธีการเก็บเกี่ยวสาหร่ายส่วนใหญ่จะใช้การกรอง จะสังเกตได้ว่าวิธีเพาะเลี้ยงที่ให้ความเข้มข้นสูงจะมีความได้เปรียบในส่วนของค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยวสาหร่ายขึ้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงแต่ละระบบจะแตกต่างกัน การผลิต Ethanol ใช้ยีสต์ในการหมักน้ำตาลและแป้งในเซลล์สาหร่ายให้กลายเป็นแอลกอฮอล์ ทำให้ต้องการสาหร่ายที่สะสมน้ำตาล หรือแป้งมาก ในการผลิต Biodiesel จะใช้สาหร่ายซึ่งมีความสามารถในการสะสมไขมันได้ดีในสภาพที่ไม่เหมาะสมกับการดำรงชีวิต แต่ปกติแล้วสาหร่ายจะผลิตน้ำตาล ไขมัน และโปรตีน ซึ่งโปรตีนไม่เหมาะที่จะใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต Ethanol และ Biodiesel แต่ในการผลิต Biocrude oil นั้นสามารถใช้ได้ทุกส่วนของสาหร่ายเนื่องจากกระบวนการทางความร้อนจะเปลี่ยนสภาพสาหร่ายให้คล้ายกับน้ำมันดิบในธรรมชาติซึ่งสามารถแปรสภาพเป็นพลาสติกชนิดต่างๆได้อีกด้วย จึงทำให้ระบบผลิต Biocrude oil มีข้อได้เปรียบในเรื่องการเพาะเลี้ยงสาหร่ายที่ไม่จำเป็นต้องสนใจว่าสาหร่ายจะผลิตสารอะไรแต่สนใจแค่สาหร่ายโตมากแค่ไหน

เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตที่ได้จากทุกกระบวนการพบว่าผลผลิตที่ได้จากสาหร่ายส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของเชื้อเพลิงเหลวซึ่งสามารถใช้ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้อยู่ในปัจจุบันได้เลยทำให้มีข้อได้เปรียบระบบอื่นๆ ตรงที่ไม่จำเป็นต้องมีการปรับปรุงระบบโครงสร้างพื้นฐานเช่น ระบบการขนส่งเชื้อเพลิง ตรงข้ามกับกรณีของไบโอดีเซลที่ผลิตเชื้อเพลิงออกมาเป็นก๊าซไฮโดรเจน ซึ่งไม่ใช่เชื้อเพลิงที่ใช้ในปัจจุบันจึงเป็นข้อจำกัดในการปรับใช้จริงในอนาคต ในกรณีของ Solar Collector นั้นมีข้อเสียคือต้องการพื้นที่กว้างมากในการผลิตน้ำร้อน ขาดความคงที่ในแต่ละฤดูกาล และยังใช้ได้เฉพาะกลางวัน ทำให้ไม่เป็นที่นิยมในระดับครัวเรือนและอุตสาหกรรม โดยในโรงงานที่ต้องการน้ำร้อนมักจะใช้เชื้อเพลิงในการผลิตน้ำร้อนแทนระบบ Solar Collector

4. กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

ตาม พรบ.ส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พศ.2535 มาตรา 40 [10] ที่มีการส่งเสริมให้โรงงานที่มีการอนุรักษ์พลังงานได้รับการช่วยเหลือทางด้านภาษี ทำให้โครงการที่มีระบบที่สามารถปรับใช้กับโรงงานที่มีอยู่แล้วเช่น

Photovoltaic เกิดได้ง่ายขึ้น ในกรณีของโรงงานที่มีการปล่อย CO₂ นั้นสามารถปรับใช้ระบบผลิตเชื้อเพลิงจากสาหร่ายมาช่วยได้ ซึ่งในปัจจุบันยังไม่พบเห็นในประเทศไทยเนื่องจากต้นทุนที่ยังสูงเกินไป แล้วและความยุ่งยากในการดัดแปลงระบบบำบัดอากาศให้เชื่อมต่อเข้าสู่ระบบเพาะเลี้ยงสาหร่าย

5. แนวทางและความเป็นไปได้ในอนาคต

จากการพิจารณาข้อมูลทั้งหมดพบว่าเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์ที่มีความเป็นไปได้ว่าจะกลายเป็นแหล่งพลังงานสำคัญของประเทศไทยในอนาคตมีอยู่ 2 ชนิดคือ ระบบ Photovoltaic และ การผลิต Biocrude oil จากสาหร่าย โดยจะกล่าวถึงความเป็นไปได้ทีละระบบ ระบบ Photovoltaic นั้นจะอยู่ในรูปแบบของ Solar Roof Top เป็นส่วนใหญ่ ส่วน Solar Farm นั้นเน้นไปที่การติดตั้งในน้ำเพื่อลดปัญหาการแย่งชิงพื้นที่

ในอนาคตที่น้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติทำได้ยาก พลังงานประเภทถ่านหินและนิวเคลียร์จะกลับมามีบทบาทมากขึ้น ประกอบกับการเพิ่มขึ้นของประชากรทั่วทั้งโลกทำให้เทคโนโลยีที่ต้องการพื้นที่กว้างมากในการผลิตพลังงานจะถูกลดบทบาทลง เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการแย่งพื้นที่กับชุมชน โรงงาน ไปจนถึงการเกษตร อีกทั้งการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสามารถทำได้เกือบทุกที่ๆสามารถสร้างระบบไหลเวียนน้ำและระบบเติมอากาศได้ สามารถเพาะเลี้ยงแม้จะอยู่ในเมืองหรือการใช้พื้นที่แหล่งเลี้ยงที่ปลูกพืชชนิดอื่นไม่ขึ้นก็ได้ การผลิตเชื้อเพลิงจากสาหร่ายจะเข้ามามีบทบาทช่วยในการผลิตเชื้อเพลิงเข้ามาทดแทนสัดส่วนน้ำมันดิบที่ลดลง และเทคโนโลยีที่จะได้รับการสนับสนุนมากที่สุดจะเป็นการผลิต Biocrude oil เนื่องจากในปัจจุบันภาคอุตสาหกรรมพึ่งพาวัสดุหลายชนิดที่มาจากน้ำมันดิบ เช่น โพลีเมอร์ น้ำมันหล่อลื่นและสารเคมีอื่นๆอีกมากมาย ทำให้การผลิต Biodiesel และ Ethanol จากสาหร่ายไม่ตอบโจทย์ความต้องการของภาคอุตสาหกรรมเท่าที่ควร และจากนโยบายด้านพลังงานที่ปรากฏในคำแถลงนโยบายของคณะรัฐมนตรีพลเอก ประยุทธ์ จันทร์โอชา นายกรัฐมนตรี แถลงต่อรัฐสภา เมื่อวันที่ 25 กรกฎาคม 2562 ในข้อที่ 5 ที่มีความสำคัญให้มุ่งเน้นพัฒนาอุตสาหกรรมภายใต้แนวคิด เศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว



เพื่อเสริมสร้างความมั่นคงทางด้านพลังงานให้สามารถพึ่งพาตนเองได้ ทำให้ยิ่งแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการพัฒนาระบบการผลิตเชื้อเพลิงจากสาหร่ายให้เป็นพลังงานทางเลือกที่สำคัญของประเทศได้ในอนาคต

6. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้ได้รับการสนับสนุนการหาแหล่งข้อมูลจากสาขาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Bernard L. et.al, "World Energy Consumption", Centre for Energy Economics Research and Policy, Heriot-Watt University, bp Statistical Review of World Energy 69th edition, 2020
- [2] Jeff T. et al., "Solar FAQs", U.S. Department of Energy, Office of Basic Energy Science, Working Draft Version 2006
- [3] กองพัฒนาพลังงานทดแทน ฝ่ายแผนงานพัฒนาโรงไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย [Online]:
http://www4.egat.co.th/re/solarcell/solarcell.htm?fbclid=IwAR3H0iiYkQcJBvcCC_DhsADaC7UtvC490sgX7OGpUO0f44HSYE3bCncVBos , 20 กันยายน 2563
- [4] บริษัท วัฒนาวาณิช จำกัด, ขบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ [Online]:
http://www.solargen.co.th/th/blog/988/blog-988?fbclid=IwAR3WE8HMrWQOL-ZVLBvmvYz9ODUv3KmdHf9oR1m1Nyja0nXc_LHWWnIISE , 20 กันยายน 2563
- [5] Ellen B. et al, "Taking Evolution into Account in a Parametric LCA Model for PV Panels", 25th CIRP Life Cycle Engineering (LCE) Conference, 30 April – 2 May 2018, Copenhagen, Denmark
- [6] Qiang D. et al. "Life Cycle Analysis of Lithium-Ion Batteries for Automotive Applications", MDPI journal of battery 2019

- [7] Suliman K. et al., "Biodiesel Production From Algae to Overcome the Energy Crisis", HAYATI Journal of Biosciences 24, 2017
- [8] Jihae P. et al., "Microalgae and Alcohol", Microalgae in Health and Disease Prevention, 2018
- [9] A.R.K. Gollakota, "A review on hydrothermal liquefaction of biomass", Renewable and Sustainable Energy Reviews 81 (2018) 1378–1392
- [10] พระราชบัญญัติ การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535



การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความจริงเสริมเพื่อสนับสนุนการใช้งานหุ่นยนต์อุตสาหกรรม

Application of Augmented Reality Technology

for Supporting Industrial Robot

ปริญญ์ บุญนิษฐ¹, สมชาย ดอกไม้เงิน²

1 สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

prin.b@rmutp.ac.th

2 สถาบันสหวิทยาการดิจิทัลและหุ่นยนต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

somchai.d@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality, AR) ในการสนับสนุนการใช้งานหุ่นยนต์อุตสาหกรรม (แขนกล) เพื่อช่วยเพิ่มศักยภาพในการเรียนรู้และการประยุกต์ใช้ โดยการวิจัยเริ่มจากการศึกษาคุณลักษณะของแขนกลอุตสาหกรรมต้นแบบ และวิธีการใช้งาน จากคู่มือและการใช้งานจากผู้เชี่ยวชาญ หลังจากนั้นจึงทำการสรุป เรียบเรียง บันทึก ขั้นตอนการทำงาน แล้วนำข้อมูลที่ได้มาทำการสร้างโมเดล 3 มิติ สร้างฐานข้อมูล สร้างโปรแกรมเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม คิวอาร์โค้ด และมาร์คเกอร์ (QR code marker) เพื่อใช้สแกนแอปพลิเคชัน (AR application) และสอบทวนระบบต้นแบบกับกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (Verify) ก่อนทำการปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาดระบบให้สมบูรณ์ แล้วจึงนำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานในอุตสาหกรรมกรณีศึกษาอีกครั้ง (Validate) ซึ่งผลที่ได้จากการทดสอบพบว่า ค่าระดับความพึงพอใจของการใช้แอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม กลุ่มผู้ใช้งานมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก และมีผลต่อการพัฒนาความสามารถการใช้งานหุ่นยนต์อุตสาหกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่งผลให้แนวทางการพัฒนาแอปพลิเคชัน นี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นต้นแบบในการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีในการทำงานด้านหุ่นยนต์ของภาคอุตสาหกรรมเพื่อรองรับการพัฒนาเข้าสู่อุตสาหกรรมยุค 4.0 ต่อไป

คำสำคัญ (Key word): ความเป็นจริงเสริม; หุ่นยนต์; แขนกลอุตสาหกรรม; อุตสาหกรรม 4.0



Abstract

This research aims to apply Augmented Reality (AR) technology in industrial robots to enhance the efficiency of learning and applying robotic mechanical arms. The properties and instructions of the prototype mechanical arm from the manuals and training from the experts were studied. Then, the instructions were summarized, edited, and recorded. The retrieved information was used to create a 3D model and a database by applying augmented reality technology. The QR code marker for AR application scanning was created and verified by the experts, before fixing the error to improve the system. After that, it was tested with the samples who work in a case study industry to validate the data. The result shows that the satisfaction of the application was at a high rate, and it also significantly indicates the improvement of the ability to use industrial robots. This confirmed that this application development can be applied to use as a prototype to enhance industrial robot technology development in the Industry 4.0.

Keywords: Augmented reality; Robots; Robotic arms; Industry 4.0

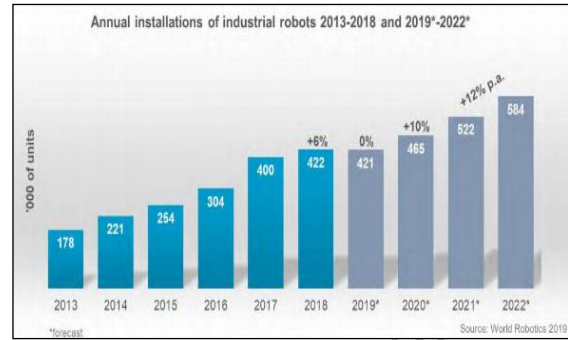


1. บทนำ

การเปลี่ยนแปลงเข้าสู่อุตสาหกรรม 4.0 ส่งผลให้เทคโนโลยีดิจิทัลและหุ่นยนต์เข้ามามีบทบาทในการผลิตมากขึ้น เนื่องจากไม่เพียงแต่ช่วยแก้ปัญหาด้านแรงงาน เพิ่มประสิทธิภาพ และลดระยะเวลาในการผลิตให้ลดลงแล้วยังสามารถช่วยให้กระบวนการผลิตมีความเสถียรมากยิ่งขึ้นอีกด้วย ซึ่งปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมหลายแห่งทั่วโลกกำลังหันมาพึ่งพาเทคโนโลยีดิจิทัลและหุ่นยนต์ทดแทนแรงงานมนุษย์มากขึ้นอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามพบว่าการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลและหุ่นยนต์ในระยะเริ่มต้นจะต้องใช้เงินทุนที่ค่อนข้างมาก แต่หากพิจารณาให้ครบถ้วนในระยะยาวทั้งทางด้านประสิทธิภาพการทำงาน ความเสถียรภาพของระบบ และด้านเศรษฐศาสตร์แล้วจะพบว่า การลงทุนนี้มีความคุ้มค่าในระยะยาวอย่างยิ่ง โดยเฉพาะการพัฒนากระบวนการผลิตที่ต้องการความเร็วในการตอบสนองความต้องการของตลาดและลูกค้าผลิตภัณฑ์ที่มีความละเอียดแม่นยำสูงมาก หรือกระบวนการผลิตที่เป็นอันตรายต่อแรงงานมนุษย์

World robotics (International Federation for Robotics, 2019) ระบุว่าในปี 2019 มีการใช้หุ่นยนต์บริการจำนวน 361,000 หน่วย และจะมีการใช้งานเพิ่มกว่า 1,000,000 หน่วย ในปี 2022 หรือมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องประมาณ +41% ต่อปี ส่วนหุ่นยนต์อุตสาหกรรมมีการใช้งาน 421,000 หน่วย และจะมีการใช้งานเพิ่ม 584,000 หน่วย ในปี 2022 หรือมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องประมาณ 12% ต่อปี ดังแสดงในภาพที่

1



ภาพ 1 การติดตั้งหุ่นยนต์อุตสาหกรรมในช่วงปี 2013-2020 (IFR, 2019)

สำหรับประเทศไทยพบว่า การนำเทคโนโลยีระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์ เข้ามาใช้งานเพื่อให้สินค้าสามารถแข่งขันในตลาดโลกได้ ทั้งในเรื่องราคา และคุณภาพ โดยเฉพาะในเรื่องคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความสม่ำเสมอเป็นมาตรฐานเดียวกัน โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้หุ่นยนต์อุตสาหกรรมที่มีการใช้อย่างแพร่หลายในวงการอุตสาหกรรมการผลิตซึ่งประเทศไทยถือว่าเป็นฐานการผลิตสำคัญของอุตสาหกรรมหลายประเภทไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมยานยนต์ ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ และอุตสาหกรรมเกษตร เนื่องจากหุ่นยนต์สามารถใช้นำมาทดแทนแรงงานที่ต้องทำงานอย่างต่อเนื่อง งานที่เป็นอันตราย งานที่หนักและยากเกินที่แรงงานคนจะทำไหว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานที่ดีขึ้น ผลผลิตมีความแน่นอน แม่นยำ ซึ่งการใช้งานหุ่นยนต์อุตสาหกรรมสามารถพบเห็นได้ในทุกอุตสาหกรรมของประเทศไทย เช่น ในโรงงานผลิต ประกอบรถยนต์ งานเชื่อมอุตสาหกรรมงานประกอบเครื่องจักร งานในโรงงานผลิตเหล็กงานเกี่ยวกับคลังสินค้าขนาดใหญ่ และอื่น ๆ อีกมากมาย

จากการศึกษาข้อมูลของกระทรวงอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ (2562) พบว่าแนวโน้มความต้องการบุคลากรในอุตสาหกรรมเป้าหมายแห่งอนาคต New S-Curve และทิศทางการพัฒนากำลังคนของประเทศ พ.ศ. 2563-2567 (Demand New S-Curve 2563-2567) ยังแสดงให้เห็นว่า ภาคอุตสาหกรรมมีความต้องการแรงงานคนที่มีความรู้ความสามารถใช้เทคโนโลยีด้านหุ่นยนต์กว่า 12,816 ตำแหน่งในอีก 5 ปี ข้างหน้า โดยเฉพาะในกลุ่ม



อุตสาหกรรมเป้าหมายอนาคตของประเทศ (New S-Curve) ใน
เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor,
EEC) ในพื้นที่ 3 จังหวัดภาคตะวันออกได้แก่ จังหวัด
ฉะเชิงเทรา ชลบุรี และระยอง ภายใต้ แผนยุทธศาสตร์ไทย
แลนด์ 4.0 ของรัฐบาล

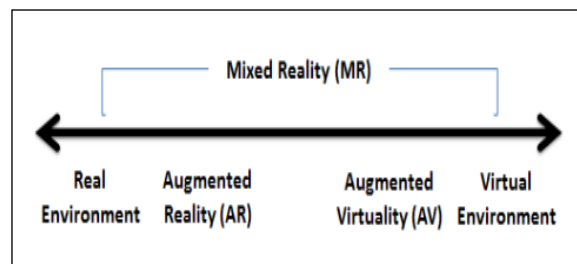
จากแนวโน้มการใช้งานหุ่นยนต์อุตสาหกรรมทั่วโลกและ
ความต้องการในการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลและหุ่นยนต์เข้ามา
ขับเคลื่อนอุตสาหกรรมเป้าหมายของประเทศ จะเห็นได้ว่า
การพัฒนาทักษะแรงงาน (Labor skill) โดยเฉพาะในกลุ่ม
อุตสาหกรรมเป้าหมาย ให้มีความสามารถในการใช้งาน
เทคโนโลยีหุ่นยนต์ได้มากขึ้น จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งที่
จะต้องมีการพัฒนาวิธีการหรือประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัล
ใหม่ๆเข้ามาช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ การใช้งานหุ่นยนต์ให้
สามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งเทคโนโลยี
ความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality, AR) ก็ เป็นอีก
เทคโนโลยีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการสนับสนุนการพัฒนา
ดังกล่าว เนื่องจากเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมสามารถ
ผสมผสานระหว่างความเป็นจริงและโลกเสมือนที่สร้างขึ้นมา
ผสานเข้าด้วยกันผ่านซอฟต์แวร์และอุปกรณ์เชื่อมต่อต่างๆ
ทำให้ผู้ใช้งานสามารถมีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับสิ่งแวดล้อม
วัตถุ สถานที่ เครื่องมือได้อย่างรวดเร็ว จูงใจ ให้ผู้ใช้ได้รับ
ประสบการณ์ที่แตกต่างไปจากเดิม ซึ่งถือว่าเป็นเครื่องมือที่มี
ประสิทธิภาพและมีความเหมาะสมในยุคดิจิทัล

จากที่กล่าวมาทั้งหมดตั้งแต่ทิศทางของโลกอุตสาหกรรม
ความต้องการของประเทศ และประโยชน์ของเทคโนโลยี
จะเห็นได้ว่าความต้องการในการใช้หุ่นยนต์อุตสาหกรรมมี
เพิ่มขึ้นอย่างมากและมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ที่จะต้องนำ
เทคโนโลยีดิจิทัลใหม่ๆเข้ามาเสริมในการสนับสนุนการ
ประยุกต์ใช้หุ่นยนต์ให้มีความสะดวกและมีประสิทธิภาพมาก
ยิ่งขึ้นโดยเฉพาะเทคโนโลยีดิจิทัลความเป็นจริงเสริม ที่กำลัง
ได้รับความนิยมและมีการประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายใน
ภาคอุตสาหกรรมระดับโลก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์
เพื่อประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม AR มาช่วยใน
การสนับสนุนการเรียนรู้ และประยุกต์ใช้งานใน
ภาคอุตสาหกรรม โดยเน้นหุ่นยนต์กลุ่มแขนกลอุตสาหกรรม

ที่มีการใช้งานค่อนข้างมากและแพร่หลายและมีความสำคัญ
ต่อภาคอุตสาหกรรมของประเทศสูงเป็นต้นแบบ
โดยรายละเอียดและกระบวนการของงานวิจัยมีดังต่อไปนี้

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา (2562) ได้บัญญัติศัพท์
คำว่า Augmented Reality (AR) เป็นภาษาไทยว่า “ความ
เป็นจริงเสริม” ซึ่งหมายถึง สภาวะจริงที่แต่งเติมขึ้นด้วย
เทคโนโลยี เช่น ผู้ใช้กำลังดูรถยนต์อยู่และต้องการทราบ
ข้อมูลเกี่ยวกับรถยนต์ ก็อาจจะใช้แว่นตาชนิดพิเศษซึ่ง
สามารถแสดงข้อมูลรถยนต์ซ้อนลงบนภาพรถยนต์ที่กำลัง
มองอยู่ได้ ซึ่งสามารถจำแนก AR ประเภทได้ 2 ประเภทหลัก
คือ การใช้สัญลักษณ์ (Marker-Based) เป็นสื่อ เช่น ภาพ 2 มิติ
QR Code หรือ สัญลักษณ์ต่าง ๆ ในการอ้างอิงข้อมูลที่ต้องการ
อธิบายหรือแสดงผล และ การไม่ใช้สัญลักษณ์ (Marker-less
หรือ Location or Position Based) การทำงานความ
เป็นจริงเสริมในรูปแบบนี้ ทำงานโดยใช้อุปกรณ์บางอย่าง
เช่น อุปกรณ์ในการระบุตำแหน่ง (GPS) หรือ เครื่องวัด
ความเร็ว เป็นต้น Milgram and Kishino (1994) ได้สรุปว่า AR
คือส่วนที่อยู่ใกล้กับโลกจริง และ Virtual Reality (VR) คือส่วนที่
อยู่ใกล้ชิดกับโลกเสมือน และมี Mixed Reality (MR) เป็นร่มใหญ่
ที่ครอบคลุมทั้งหมด ดังแสดงในภาพที่ 2 ส่วน Ronald
(1997) ได้ นิยามเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม AR ว่าเป็น
เทคโนโลยีที่ผสมผสานโลกแห่งความจริงและโลกเสมือน (Real and
Virtual Environment) ไว้ด้วยกัน โดยใช้วิธีซ้อนภาพ
สองมิติ หรือ สามมิติ ที่อยู่ในโลกเสมือน ให้อยู่บนภาพที่เห็น
จริงที่สามารถโต้ตอบได้ทันที (Interactive in Real Time)



ภาพที่ 2 Augmented Reality (AR)

(Milgram and Kishino, 1994)



ต่อมามีนักวิจัยหลายๆ ท่านได้นำแนวคิดนี้ไปขยายและต่อยอดงานวิจัยในหลากหลายรูปแบบ เช่น Khan et al. (2011) ได้กล่าวถึงการใช้ความเป็นจริงเสริม (AR) ในรูปแบบการผสมกับความเป็นจริงเสมือน (VR) จนเกิดเป็นเทคโนโลยีความจริงผสม (MR) Yuen et al. (2011) ได้พยากรณ์ว่า AR จะมีการนำไปใช้จนเป็นผลสำเร็จอย่างแพร่หลาย ในหลายด้านไม่ว่าจะเป็นการประยุกต์ใช้งานด้านการศึกษา การผลิต การตลาด การท่องเที่ยว งานบันเทิงต่างๆ Georgel (2011) ก็ได้กล่าวถึงแนวทางการใช้ AR ภาคอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น การสนับสนุนกระบวนการผลิต การออกแบบ การผลิต การประกอบ การซ่อมบำรุง การตรวจสอบ การฝึกอบรม พนักงาน เป็นต้น หรือในงานวิจัยใหม่ๆ เช่น Fraga-Lamas et al. (2018) ที่กล่าวว่า เทคโนโลยี AR ถือเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงที่กำลังได้รับความนิยมในบริษัทชั้นนำของโลกและยังสามารถประยุกต์ใช้กับภาคอุตสาหกรรมได้อย่างหลากหลาย Palmarini et al., (2018) ได้กล่าวถึง การประยุกต์ใช้ AR สนับสนุนการประกอบชิ้นงานด้วยมือ การโปรแกรมหุ่นยนต์ ซ่อมบำรุง หรือการตรวจสอบคุณภาพ ได้อย่างดี หรือ จินตนา (2561) ได้กล่าวถึง การประยุกต์ใช้ AR ในอุตสาหกรรมยานยนต์และการแพทย์เช่น BMW ได้ใช้เทคโนโลยีความจริงเสริม มาช่วยในการผลิตโดยให้ผู้ใช้ได้เรียนรู้การทำงานด้วยการใส่แว่นตาที่จะมีคำแนะนำและจำลองการทำงานแสดงให้เห็นแต่ละขั้นตอนก่อนปฏิบัติจริง จารุวรรณและพินันทา (2561) ได้กล่าวถึง มิติใหม่ของการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงในการศึกษาเสนอแนวความคิดในการนำเอาเทคโนโลยีเสมือนจริง AR เข้ามาใช้ในการศึกษาเพื่อสนับสนุนการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงกับการเรียนการสอนโดยเน้นกิจกรรมการเรียนการสอน หรือ ลิขิตและคณะ (2561) ได้กล่าวถึงการพัฒนาเครือข่ายสังคมออนไลน์เพื่อเสริมทักษะการสร้างสื่อการสอน AR ให้มีคุณภาพด้านสื่อและการนำเสนอ โดยงานวิจัยนี้พบว่า AR ทำให้คุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในระดับมากที่สุด และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาหลังเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน Wang et al. (2019) ได้ทำการวิจัยการสร้างชิ้นงานประกอบลูกสูบด้วยเทคโนโลยีความจริงเสริม McLean and Wilson (2019) ได้ศึกษาถึงผลกระทบจากการใช้ AR ผ่านโทรศัพท์มือถือ กับกลุ่ม

ผู้บริโภคซึ่งผลการวิจัยพบว่า AR สามารถตอบสนองความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อยี่ห้อสินค้าได้เป็นอย่างดี จากตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะเห็นได้ว่า AR สามารถประยุกต์ใช้ได้อย่างหลากหลายและตอบสนองความพึงพอใจของผู้ใช้งานได้เป็นอย่างดี

3. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การพัฒนาแอปพลิเคชัน augmented reality โดยใช้เทคโนโลยีความจริงเสริม โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากรายละเอียด แขนกลต้นแบบ ด้วยการประยุกต์ใช้ โปรแกรม unity และทำการสร้าง แแถบ Marker โดยการเขียนโปรแกรมผู้ศึกษาได้พัฒนาแอปพลิเคชัน AR Robotic arms โดยขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมและการทดสอบมีทั้งหมด 6 ขั้นตอน ดังแสดงในภาพที่ 3 ต่อไปนี้



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการพัฒนาแอปพลิเคชัน
เทคโนโลยีความจริงเสริม

ขั้นตอนการพัฒนาแอปพลิเคชัน เทคโนโลยีความจริงเสริมมีดังต่อไปนี้

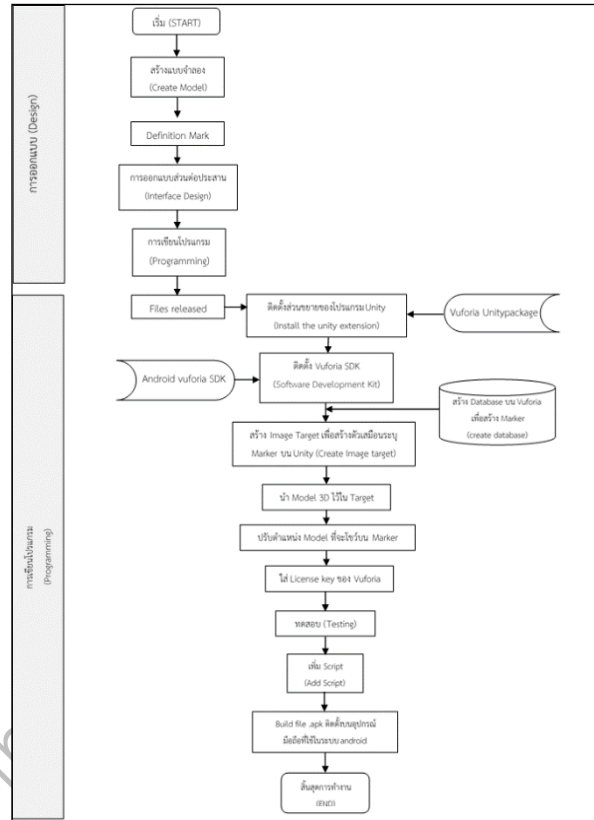
- 1) กำหนดความต้องการแอปพลิเคชัน (Requirement) ของโปรแกรม สำหรับแอปพลิเคชัน AR แขนกลนี้ จะเน้นส่วน



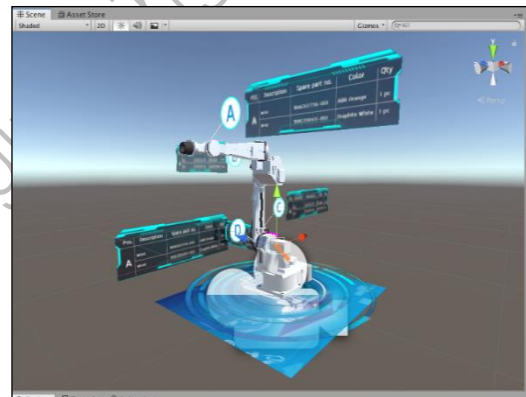
ของแอปพลิเคชันแสดงข้อมูลจากคู่มือการทำงาน
แขนกล (Robotics Arms Manual) แบบ Drawing และ ข้อมูล
ตัวอย่างการใช้งานในรูปแบบวิดีโอคลิปที่ได้บันทึกไว้โดย
ผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งแขนกลรุ่นที่นำมาทำต้นแบบประกอบด้วย
แขนกล Nachi MZ-04 (ultra-high-speed motion) และ ABB
Articulated Robots model IRB 1520 ซึ่งหุ่นยนต์ ทั้งสองรุ่น
เป็นอุปกรณ์หลักที่ถูกใช้ในการฝึกอบรมและการสอนพื้นฐาน
การใช้งานแขนกลในการหยิบจับ (Pick and Place) และการ
เชื่อมชิ้นงาน (Welding)

2) ส่วนของการวิเคราะห์และออกแบบแอปพลิเคชัน
(Analyze and Design) และออกแบบ ส่วนต่อประสานกับ
ผู้ใช้งาน (User Interface) เช่น การออกแบบจอภาพ
(Screen Design) การออกแบบสภาพแวดล้อมที่ใช้งานของ
ระบบ เป็นต้น ซึ่งโปรแกรมนี้เน้นการใช้งานง่ายบน
โทรศัพท์มือถือระบบ Android และเน้นการสร้าง user
interface ให้ดูน่าสนใจแบบเทคโนโลยีดิจิทัลสมัยใหม่ด้วย
ปุ่มกดเพื่อให้เข้าใจได้ง่าย เพื่อใช้แสดงส่วนประกอบหุ่นยนต์
ตัวอย่างการใช้งาน และรายละเอียดการซ่อมบำรุงหุ่นยนต์
เบื้องต้น

3) ทำการออกแบบและเขียนโปรแกรมตามทีออกแบบ
ไว้ (Programming development) ด้วย โปรแกรม Unity
และ Augmented Reality Software Development Kit
(SDK) Vuforia ดังแสดงในรูปที่ 4 จนได้โปรแกรม
แอปพลิเคชัน AR สำหรับการประยุกต์ใช้แขนกล ดังแสดงใน
แผนภาพขั้นตอนการออกแบบและเขียนโปรแกรม
ในภาพที่ 4 และ 5



ภาพที่ 4 ขั้นตอนการออกแบบและเขียนโปรแกรม



ภาพที่ 5 การสร้างโปรแกรมแอปพลิเคชัน AR สำหรับการ
ประยุกต์ใช้แขนกล ABB IRB 1520

4) หลังจากพัฒนาโปรแกรมแอปพลิเคชันความจริงเสริม
AR สำหรับการประยุกต์ใช้แขนกลแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การ
นำแอปพลิเคชันหุ่นยนต์ AR ที่ได้ไปทำการสอบทวน
(Verification) และปรับปรุงแอปพลิเคชัน AR Robotic arms
เพื่อให้เกิดความสมบูรณ์ และนำเทคโนโลยีความเป็นจริง



เสริมให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน (ประกอบด้วย วิศวกรจาก
บริษัทผลิตแขนกล วิศวกรประจำห้องปฏิบัติการระบบ
อัตโนมัติ และนักพัฒนาและออกแบบ VR และ AR) โดยทำ
การพิจารณาทั้งหมด 4 ด้าน คือ ด้านคุณสมบัติการใช้งาน
ด้านการเขียนโปรแกรม ด้านการออกแบบโมเดลแขนกล
ด้านการออกแบบมาร์คเกอร์และความสามารถในการทำงาน
โดยทำการประเมินตามระดับคะแนนค่าความเหมาะสม
Likert scale (Likert, 1932) เป็นช่วงคะแนน ดังนี้ 1 (ไม่
เหมาะสม) 2 (เหมาะสมน้อย) 3 (เหมาะสมปานกลาง) 4
(เหมาะสมมาก) 5 (เหมาะสมมากที่สุด) ซึ่งผลการประเมินที่ได้
พบว่าค่าคะแนนประเมินโดยรวมอยู่ในระดับเหมาะสมมาก
ดังแสดงในตารางที่ 1 และภาพประกอบโปรแกรมที่ได้
พัฒนาขึ้นแสดงในภาพที่ 6 และ 7



ภาพที่ 6 การทดสอบโปรแกรมแอปพลิเคชันเทคโนโลยี

ความจริงเสริม Nachi MZ-04

ตารางที่ 1 การประเมินจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ

ประเด็นคุณสมบัติการใช้งาน	1	2	3	Mean	S.D.
ด้านการเขียนโปรแกรม	4	4	5	4.47	0.50
ด้านการออกแบบโมเดล แขนกล และการ เชื่อมโยงข้อมูล	4	5	5	4.64	0.44
ด้านการออกแบบมาร์ค เกอร์และการสแกน	3	4	4	3.63	0.44
ความสามารถในการ ทำงานโดยรวมของ โปรแกรม	4	3	5	3.91	0.67
รวม	15	16	19	4.17	0.51

จากผลการประเมินคุณสมบัติการใช้งานจาก
ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านทั้งด้านการเขียนโปรแกรม การออกแบบ
โมเดลแขนกล และการเชื่อมโยงข้อมูล ด้านการออกแบบ
มาร์คเกอร์ และการสแกนที่ และความสามารถในการทำงาน
โดยรวมของโปรแกรม พบว่า มีค่าคะแนนโดยรวม 4.17
ซึ่งถือว่ามีค่าความพึงพอใจในระดับมาก



ภาพที่ 7 การทดสอบโปรแกรมแอปพลิเคชันเทคโนโลยี

ความจริงเสริม ABB IRB 1520

5) หลังจากได้โปรแกรมที่สมบูรณ์จากการประเมิน
โดยผู้เชี่ยวชาญและทำการแก้ไขข้อผิดพลาดในโปรแกรม
เรียบร้อยแล้ว โปรแกรมได้ถูกนำไปทดสอบและประยุกต์ใช้กับกลุ่ม
ผู้ใช้งานของอุตสาหกรรมกรณีศึกษา (Validation) วิศวกรและ
พนักงานในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วน



มาตรวัดน้ำแห่งหนึ่ง จำนวน 30 คน และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้แขนกลอุตสาหกรรมเดิมที่ไม่มีโปรแกรม AR กับการใช้แขนกลอุตสาหกรรมร่วมกับเทคโนโลยีความจริงเสริม AR ผ่านการประเมินด้วย การสัมภาษณ์ และการให้คะแนน ความสามารถในการประยุกต์ใช้งาน โปรแกรมเทคโนโลยี AR แขนกลอุตสาหกรรม (ก่อนการประยุกต์ใช้ AR และ หลังการประยุกต์ใช้ AR) โดยกำหนดระดับคะแนนในการประเมินแบบ Likert scale 1-5 (Likert, 1932) ซึ่งได้ผลจากประเมินระดับคะแนนค่าความเข้าใจก่อนและหลังการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี AR แบบมาตราส่วนประมาณค่า Likert scale 5 ระดับ คือ

5 หมายถึง มีความเข้าใจมากที่สุด

4 หมายถึง มีความเข้าใจมาก

3 หมายถึง มีความเข้าใจปานกลาง

2 หมายถึง มีความเข้าใจน้อย

1 หมายถึง มีความเข้าใจน้อยที่สุด

การวิเคราะห์ค่าทางสถิติแสดงได้ดังต่อไปนี้

	N	Mean	StDev	SE Mean
Before AR	30	2.97	1.10	0.20
After AR	30	4.200	0.664	0.12

Difference = μ (Before AR) - μ (After AR)

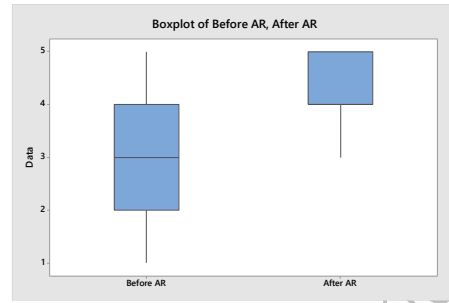
Estimate for difference: -1.233

95% CI for difference: (-1.705, -0.762)

T-Test of difference = 0 (vs \neq): T-Value = -5.26,

P-Value = 0.000, DF = 47

การทดสอบ T test ของกลุ่มตัวอย่างระหว่างการใช้งาน ก่อนหลังมีโปรแกรม AR (Before AR vs After AR)



ภาพที่ 8 ผลประเมินระดับคะแนนค่าความพอใจก่อนและหลังการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี AR (Boxplot)

จากผลการทดสอบสถิติของกลุ่มตัวอย่างก่อนใช้โปรแกรม และหลังใช้โปรแกรม AR ด้วย Box plot แสดงได้ดังภาพที่ 8 พบว่าระดับความสามารถในการใช้งานแขนกลอุตสาหกรรม ก่อนและหลังการใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ระดับคะแนนอยู่ที่ 2.97 กับ 4.20 เพิ่มขึ้นจากระดับ ระดับความเข้าใจปานกลางเป็นระดับความสามารถมีความเข้าใจมาก โดยมีค่าระดับคะแนนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติที่ 95% ค่า p-value 0.000 < 0.05 แสดงให้เห็นได้ว่าโปรแกรม AR สามารถเพิ่มระดับความสามารถในการใช้งานแขนกลได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

4.ผลการวิจัย

จากการพัฒนาแอปพลิเคชันแบบจำลองแขนกลอุตสาหกรรมโดยใช้เทคโนโลยีความจริงเสริม พบว่า เมื่อนำแอปพลิเคชัน ไปใช้กับเครื่องหมาย ที่ได้กำหนดไว้แล้ว โปรแกรมจะแสดงข้อมูลสื่อที่เกี่ยวข้องกับแขนกลต้นแบบออกมาทั้งภาพประกอบ คลิปวีดีโอ และรายละเอียดคุณลักษณะของแขนกลนั้นๆ รวมถึงโปรแกรมยังสามารถเชื่อมระบบไปยัง ข้อมูลอื่นๆ เช่น website บริษัทแหล่งข้อมูลแขนกลรุ่นนั้นๆ เป็นต้น ซึ่งผลการศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อโปรแกรมความจริงเสริมแบบจำลองแขนกลอุตสาหกรรม พบว่าระดับความเข้าใจของกลุ่มตัวอย่าง



จำนวน 30 คน ในการใช้งานหุ่นยนต์แขนกล ได้ดี
ขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

5.อภิปรายผล

การประยุกต์ใช้แอปพลิเคชันเทคโนโลยีความจริงเสริม
แขนกลอุตสาหกรรม พบว่าผู้ใช้งานมีความระดับ
ความสามารถดีขึ้นเนื่องจากเทคโนโลยีดังกล่าวสามารถช่วย
ให้ผู้ใช้งาน มีความสะดวก มีความสนใจ และได้รับรายละเอียด
ข้อมูลที่ต้องการในการใช้งานหุ่นยนต์ผ่านข้อมูลดิจิทัลที่แสดง
ขึ้น ส่งผลให้การเรียนรู้และการประยุกต์ใช้มีการสื่อสารที่
ดีกว่าในการออกแบบให้กับลูกค้า (Better Design
Communication to Clients) สามารถเพิ่มทักษะในการเรียนรู้
รวมถึงทำข้อมูลที่ได้รับมีความชัดเจน ถูกต้องและเข้าใจง่าย
มากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่าผู้ใช้งานมีข้อเสนอแนะบาง
ประเด็นในการปรับปรุงโปรแกรมให้ดีขึ้น เช่น การเพิ่มความ
เสถียรของแอปพลิเคชัน การสร้างโมเดลแขนกลที่
หลากหลายมากขึ้น การขยายศักยภาพโปรแกรมไปยัง Mixed
Reality ที่ครอบคลุมส่วน Augmented Reality (AR) และ Virtual
Reality (VR) เป็นต้น นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังพบว่า การผสม
เทคโนโลยี AR กับแขนกลอุตสาหกรรม มีข้อดีต่อการศึกษา
และการทดลองประยุกต์ใช้กับกลุ่มพนักงานที่มีประสบการณ์
ด้านแขนกลน้อย หรือไม่มีเลย เนื่องจากโปรแกรมสามารถ
เรียกใช้ได้ทันทีผ่านเครื่องหมาย (Mark-up) ที่นำไปติดไว้ที่
สถานีหรือตำแหน่งแขนกล ช่วยด้านความ
ปลอดภัยลดความเสี่ยงในการใช้งานผิดพลาด การขาดข้อมูล
การเรียกข้อมูลล่าช้าจากคู่มือแบบเดิม (Paper-Based)
โดยเฉพาะส่วนประกอบรายละเอียดต่างๆของแขนกล
(Specification) ซึ่งถือว่าการวิจัยการประยุกต์ใช้งานโปรแกรม
แขนกลด้วยเทคโนโลยีความจริงเสริมครั้งนี้ เป็นไปตาม
วัตถุประสงค์ การวิจัยในการพัฒนาเทคโนโลยีดิจิทัลเข้าไป
สนับสนุนการพัฒนาศักยภาพกำลังคนด้านหุ่นยนต์ของ
ประเทศ และสอดคล้องกับงานวิจัยด้านการคาดการณ์การใช้
เทคโนโลยีความจริงเสริมของ Yuen et al. (2011) และ Georget
(2011) อีกด้วย

6.กิติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระ
นครที่ให้ความสำคัญในการสนับสนุนให้บุคลากร ทำวิจัยมา
อย่างต่อเนื่อง รวมถึง สถาบันสหวิทยาการดิจิทัลและหุ่นยนต์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และบริษัท
กรณีศึกษา ที่เอื้อเพื่อ บุคลากร สถานที่ และเครื่องมือ ใน
การทำต้นแบบโปรแกรมและทำการทดลอง

7.เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
แห่งชาติ (2562) แนวโน้มความต้องการบุคลากรใน
อุตสาหกรรมเป้าหมายแห่งอนาคต New S-Curve และ
ทิศทางการพัฒนากำลังคนของประเทศ พ.ศ.
2563-2567 (Demand New S-Curve 2563-2567)พรีนเ
อเบิล กรุงเทพ ISBN978-616-8261-05-7
- [2] จารุวรรณ กาฬภักดี และ พินันทา ฉัตรวัฒนา. มิติใหม่
ของการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงในการศึกษา (A New
Dimension of Augmented Reality in Education).
วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้า
พระนครเหนือ ปีที่ 9 ฉบับที่ 3 กันยายน-ธันวาคม 2561.
หน้า 311-316
- [3] จินตนา ดาวใส (2561) การพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศ
สามมิติเชิงแนะนำสำหรับผลิตภัณฑ์ ฟาร์มเกษตร ด้วย
เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยี
สารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
- [4] ลิขิต เกิดมงคล สวรินทร์ แดงประเสริฐ และธิดารัตน์
กุลณัฐรวงศ์.การพัฒนาเครือข่ายสังคมออนไลน์ เพื่อ
เสริมทักษะการสร้างสื่อการสอน Augmented Reality,
วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมพระจอมเกล้า



พระนครเหนือ ปีที่ 9 ฉบับที่ 3 กันยายน-ธันวาคม 2561.

หน้า 140-148

- [5] Douglas Schmidt and Mani Golparvar-Fard. Applications of Augmented Reality Article in Proceedings of the IEEE, February 2014
- [6] Fraga-Lamas, P., Fernández-Caramés, T. M., Blanco-Novoa, & Vilar-Montesinos, M. (2018). A review on industrial augmented reality systems for the industry 4.0 Shipyard. IEEE Access, 6, 13358–13375. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2808326><https://ieeexplore.ieee.org/document/8298525/>.
- [7] Georgel, F.P., (2011). IS THERE A REALITY IN INDUSTRIAL AUGMENTED REALITY? British Machine Vision Conference (BMVC), Dundee, UK, August 2011.
- [8] Khan, W., Raouf, A., Cheng, K. C., 2011. Augmented Reality for Manufacturing. Springer Series in Advance Manufacturing, February, DOI: 10.1007/978-0-85729-186-8_1
- [9] International Federation for Robotics, 2019. Press Conference. 18th September 2019, Shanghai
- [10] Likert, R.A. (1932, May). "Technique for the Measurement of Attitudes," Arch Psychological. 25(140) : 1 – 55.
- [11] McLean, G., A., Wilson, 2019. Shopping in the digital world: Examining customer engagement through augmented reality mobile applications. Computers in Human Behavior, Volume 101, December 2019, Pages 210-224
- [12] Milgram, P., Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. IEICE Transactions on Information Systems, 77(12). Retrieved July 24, 2010 from http://etclub.mie.utoronto.ca/people/paul_dir/IEICE94/ieice.html
- [13] Palmarini, R., Erkoyuncu, J., Roy, R., & Torabmostaedi, H. (2018). A systematic review of augmented reality applications in maintenance. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 49,215–228. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2017.06.002>.
- [14] Ronald, T. A., 1997. A Survey of Augmented Reality PRESENCE: Virtual and Augmented Reality, Volume 6, Issue 4, August p.355-385
- [15] Wang, W.L, Sichen J. J., WANG, M., LI, S., 2019. Research on the visual elements of augmented reality assembly processes, Virtual Reality & Intelligent Hardware Vol 1 Issue 6 : 622—634.
- [16] Yuen, S.; Yaoyuneyong, G.; & Johnson, E. (2011). Augmented reality: An overview and five directions for AR in education. Journal of Educational Technology Development and Exchange, 4(1), 119-140



เครื่องผลิตน้ำจากอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีศึกษาน้ำสำหรับการปลูกผักไร้ดิน

The Machine Produces Water from the Air with Solar Energy

A Case Study of Water for Hydroponics Vegetables

วสันต์ ศรีซังส้ม^{1*}, ศรารุธ เกื่อนเนา¹, สุวิมลล์ แพ่งธีระสุขมัย¹, พลังวัชร แพ่งธีระสุขมัย², สุธินันท์ พันธ์ชัตวีรา

กุล³

1 สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมนวัตกรรมเพื่อความยั่งยืน, 2 สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

*wasansrisangsom@gmail.com

3 คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ สาขาวิชาการจัดการ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจรัลพงษานุรักษ์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาเครื่องผลิตน้ำจากอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีศึกษาน้ำสำหรับการปลูกผักไร้ดินเพื่อให้เห็นถึงความสำคัญของทรัพยากร รวมถึงข้อจำกัดจากการคิดค้นนวัตกรรมเครื่องผลิตน้ำจากอากาศที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิต จึงเป็นโอกาสในการคิดค้นออกแบบและต่อยอดการพัฒนาเครื่องผลิตน้ำจากอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นพลังงานสะอาด เพื่อสร้างนวัตกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการนำเสนอเกี่ยวกับวิธีการดำเนินงาน การพัฒนาเครื่องผลิตน้ำจากอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ฯ ซึ่งประกอบด้วยการออกแบบและวิธีการตรวจสอบระบบการทำงานของเครื่อง การพัฒนาเครื่องผลิตน้ำจากอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ฯ และได้มีการทดลองการผลิตน้ำใน 6 วัน วันละ 5 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่า สามารถผลิตน้ำจากอากาศได้สูงสุดปริมาณ 650 มิลลิลิตร ในอุณหภูมิที่แตกต่างของช่วงเวลาแต่ละวัน และได้มีการอภิปรายผลข้อจำกัดในการผลิตตัวเครื่องผลิตน้ำจากอากาศ และได้มีข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปปรับปรุงและแก้ไขในอนาคต และมีการสรุปผลเครื่องผลิตน้ำจากอากาศมีประสิทธิภาพการทำงาน และการนำไปใช้ประโยชน์ ที่สามารถไปประยุกต์ใช้ใน ชีวิตประจำวันและการทำงานได้ในอนาคต

คำสำคัญ : พลังงานสะอาด, เครื่องผลิตน้ำจากอากาศ, นวัตกรรม



ABSTRACT

This project aims to develop a machine for producing water from the air using solar energy. Case study of water for hydroponics To see the importance of resources Including imitations from the invention of innovative water-air generating machines that use electrical energy to produce Therefore is an opportunity to Discover, design, and expand development With solar energy which is clean energy To create innovations that are environmentally friendly Reduce greenhouse gas emissions that lead to climate change And presentations about how the project works Development of a machine to produce water from the air with solar energy Case study of water for hydroponics And experimented with producing water in 6 days, 5 hours a day, able to produce a maximum of 650 milliliters of water at different temperatures each day And has meta end results in an error And have suggestions for improvement and future solutions As a conclusion, it can be concluded that the efficiency of the water from the air can be condensed in the air for the production of water. And as for the utilization, it can be said how the water from the air can be used and the production cost has been calculated. Including calculations that can be applied to daily life and work in the future.

Keywords: Clean energy, Air water production machine, innovation



1. บทนำ (Introduction)

น้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของระบบนิเวศและสิ่งมีชีวิต โดยอัตราร้อยละ 97 ของปริมาณน้ำทั้งหมดบนโลกเป็นน้ำทะเลในมหาสมุทร มีส่วนที่เหลือเพียงร้อยละ 3 เท่านั้นที่เป็นน้ำจืดออกเป็น 100 ส่วน ประมาณ 68.7 ส่วนถูกกักเก็บในรูปแบบของน้ำแข็งหิมะอีก 30.1 ส่วนเป็นน้ำใต้ดินประมาณ 0.9 ส่วนเป็นความชื้นในดินและชั้นบรรยากาศ ดังนั้น จึงเหลือน้ำจืดเพียง 0.3 ส่วนเท่านั้นที่เป็นน้ำผิวดินที่มนุษย์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทั้งในด้านการอุปโภคบริโภค อุตสาหกรรม การคมนาคม การเกษตร การท่องเที่ยว และนันทนาการ เป็นต้น [1] จากทิศทางการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรโลกในปัจจุบัน รวมทั้งการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของโลกเป็นแรงขับเคลื่อนต่อการเพิ่มปริมาณความต้องการใช้น้ำในทุกภาคส่วน ส่งผลให้มีความเสี่ยงต่อวิกฤตน้ำในโลกที่มีความเป็นไปได้สูงในอนาคต รวมถึงปัญหาภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในปัจจุบัน อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโลกเพิ่มสูงขึ้นส่งผลกระทบต่อวัฏจักรของน้ำบนโลก เกิดภาวะฝนแล้ง ฝนทิ้งช่วงยาวนาน ซึ่งส่งผลกระทบต่อภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมซึ่งเป็นรากฐานที่สำคัญของความมั่นคงทางด้านเศรษฐกิจของโลก จากปัญหาขาดแคลนน้ำของโลกทำให้องค์การสหประชาชาติได้ให้ความสำคัญและรณรงค์ให้นานาชาติช่วยกันอนุรักษ์น้ำ [2] จากข้อมูลการรายงานสถานการณ์น้ำของโลกชี้ให้เห็นว่าประชากรโลก 1 ใน 5 คน ไม่สามารถเข้าถึงน้ำสะอาดตามหลักสูตรสุขภาพได้ สถาบันจัดการน้ำระหว่างประเทศ (IWMI) ประมาณการว่าในปี ค.ศ. 2025 ประชากร 4,000 ล้านคนใน 48 ประเทศ (2 ใน 3 ของประชากรโลก) จะเผชิญกับปัญหาความขาดแคลนน้ำ [3]

ปัจจุบันการส่งเสริมการใช้น้ำอย่างประหยัด นอกจากลดการใช้น้ำยังลดค่าใช้จ่ายแล้ว ยังทำให้ปริมาณน้ำเสียที่จะทิ้งลงแหล่งน้ำมีปริมาณน้อย และป้องกันการขาดแคลนน้ำได้ การสงวนน้ำไว้ใช้ในบางฤดูหรือในสถานะที่มีน้ำมากเหลือใช้ควรมีการเก็บน้ำไว้ใช้ ในบางพื้นที่ที่ขาดแคลนน้ำจำเป็นที่จะต้องหาแหล่งน้ำเพิ่มเติมเพื่อให้มีน้ำไว้ใช้ทั้งในครัวเรือน และในการเกษตรได้อย่างพอเพียงปัจจุบันการนำน้ำบาดาลขึ้นมาใช้กำลังแพร่หลาย แต่อาจมีปัญหาเรื่องแผ่นดินทรุด น้ำเป็นแหล่งกำเนิดของสิ่งมีชีวิต และน้ำยังมีความจำเป็นทั้งใน

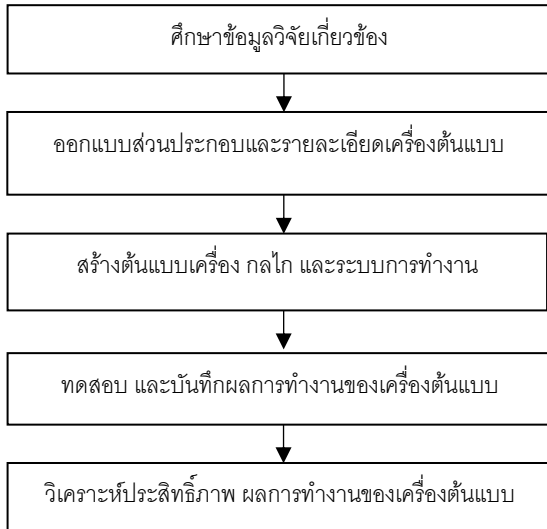
ภาคเกษตรกรรม และอุตสาหกรรม ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาประเทศ [4] กลุ่มอาชีพเกษตรกรปลูกผักสำหรับการบริโภคได้ให้ความสนใจในการปลูกผักปลอดสารพิษ จากกระแสความนิยมบริโภคอาหารสุขภาพของผู้บริโภคมากขึ้น น้ำจึงเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการปลูกผักชนิดนี้ เนื่องจากน้ำประปาถือว่าเป็นสิ่งเจือปนต่างๆ ง่าย และยังมีต้นทุนที่ไม่สูงนัก เพราะรากของพืชจะอยู่ในน้ำและดูดธาตุและสารอาหาร โดยตรง ดังนั้น เกษตรกรปลูกพืชในระบบไฮโดรจะต้องคำนึงถึงแหล่งที่มาของน้ำที่จะใช้ในระบบ สืบเนื่องจากการปลูกผักประเภทนี้ใช้ปริมาณน้ำน้อยกว่าการปลูกผักด้วยดิน จึงเป็นต้นทุนที่ดีของเกษตรกรที่อยู่ในพื้นที่ที่น้ำประปาสามารถเข้าถึง แต่ในทางตรงกันข้ามกลุ่มเกษตรกรปลูกพืชประเภทนี้ที่อยู่พื้นที่ห่างไกลการเข้าถึงน้ำประปายังเป็นข้อจำกัด น้ำที่ใช้จึงเป็นน้ำประเภตน้ำบาดาล น้ำจากน้ำตก แหล่งน้ำธรรมชาติต่างๆหรือน้ำจากการชลประทานในพื้นที่นั้นๆ ซึ่งกระบวนการต่อมาคือการนำเอาน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติเข้าสู่การตรวจวัดค่า ก่อนนำมาปลูกผักด้วย ส่วนใหญ่น้ำประเภนี้จะมีสารเจือปนที่สูงมาก คุณสมบัติน้ำยังไม่คงที่ อาจจะไปเปลี่ยนไปตามแหล่งที่น้ำนั้นไหลผ่านจากพื้นที่ต่างๆ ซึ่งต้องทำการวัดค่า EC ก่อนเข้ากระบวนการ ซึ่งจะกลายเป็นข้อจำกัดด้าน การเพิ่มต้นทุนที่สูงจากการปรับค่าน้ำให้เหมาะสมของเกษตรกร ผู้ปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ [5] กระแสการใช้น้ำในการทำเกษตรยุคใหม่ การสนับสนุนลดการใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติโดยมีนวัตกรรมการผลิตน้ำจากอากาศเช่น เครื่องผลิตน้ำจากอากาศรุ่นAW3 สามารถผลิตน้ำดื่มที่สะอาดและบริสุทธิ์ การแปลงไอน้ำเป็นน้ำโดยสามารถผลิตน้ำจากอากาศได้ 32 ลิตรต่อวัน [6]

จากข้อมูลข้างต้นที่กล่าวมานั้น โครงการนี้ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของทรัพยากรน้ำ โดยเฉพาะการผลิตน้ำเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค โดยเฉพาะเกษตรกรที่จำเป็นต้องใช้น้ำสะอาด ที่มีค่าปนเปื้อนน้อยในการผลิตผลผลิตทางการเกษตร รวมถึงข้อจำกัดจากการคิดค้นนวัตกรรมเครื่องผลิตน้ำจากอากาศที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิต จึงเป็นโอกาสในการค้นคิดค้นออกแบบและต่อยอดการพัฒนาเครื่องผลิตน้ำจากอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีศึกษานี้สำหรับการปลูกผักไร้ดิน ซึ่งเป็น

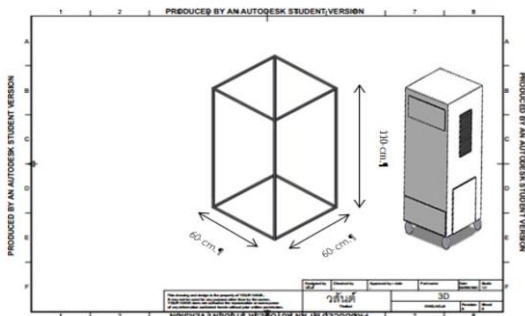


พลังงานสะอาดเพื่อสร้างนวัตกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้อย่างยั่งยืน

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)



2.1 ขนาดโครงสร้างเครื่องผลิตน้ำจากอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีศึกษาสำหรับการปลูกผักไร้ดิน



ภาพที่ 1 ลักษณะการออกแบบโครงสร้างเครื่องผลิตน้ำ

จากภาพที่ 1 แสดงการภาพการออกแบบเครื่องผลิตน้ำจากอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีศึกษาสำหรับการปลูกผักไร้ดินมีขนาดกว้าง 60 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร และมีความสูง 110 เซนติเมตร

3. ผลการวิจัย (Results)

การทดลองน้ำที่ไหลออกจากตัวคอยล์ซึ่งการทดลองน้ำที่ไหลจากตัวคอยล์เย็นจะต้องอาศัยความร้อนจากแผงคอยล์ทำ ความร้อนที่ทำให้คอยล์เย็นเกิดการละลายของตัวน้ำแข็งที่เกาะอยู่บนตัวคอยล์เย็น น้ำที่ได้จากตัวคอยล์ทำความเย็น

การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 9 ประจำปี 2563

ต้องอาศัยความชื้นในอากาศและอุณหภูมิเพื่อให้ได้น้ำที่ ปริมาณแตกต่างกันโดยการทดลองแต่ละครั้งจะนับเป็นเวลา 5 ชั่วโมงด้วยความเร็วรอบอยู่ที่ 5,400 รอบต่อนาทีและ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ 1,560 วัตต์

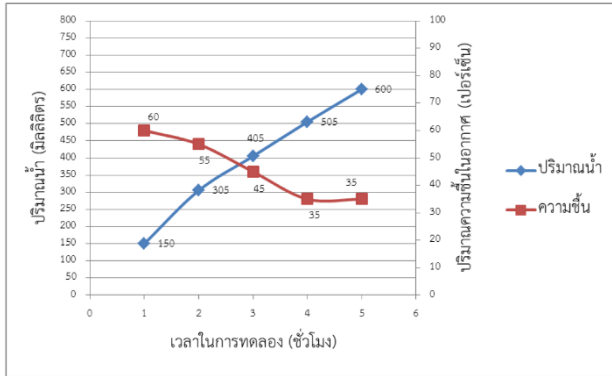
ตารางที่ 1 การทดลองเก็บข้อมูลตัวแปรครั้งที่ 1 ของการผลิต ปริมาณน้ำ (วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2562)

ครั้งที่	ช่วงเวลา	ความชื้น (%)	อุณหภูมิ (C°)	ปริมาณน้ำที่ผลิตได้ (มิลลิเมตร)
1.	08.00 – 09.00 น.	60	29	150
2.	09.00 – 10.00 น.	55	30	155
3.	10.00 – 11.00 น.	45	34	100
4.	11.00 – 12.00 น.	35	35	100
5.	12.00 – 13.00 น.	35	34	95

จากตารางที่ 1 แสดงข้อมูลการทดลองเก็บข้อมูลตัวแปร ครั้งที่ 1 ของการผลิตปริมาณน้ำ พบว่า ชั่วโมงที่ 1 มีปริมาณ น้ำที่ 150 มิลลิเมตร (ml) ด้วยความชื้นที่ 60% ในชั่วโมง ที่ 2 ปริมาณน้ำได้เพิ่มขึ้น 155 ml ด้วยความชื้นที่ 55% น้ำที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากน้ำที่ตัวคอยล์ยังมีการตกค้างอยู่จึงทำให้ ปริมาณน้ำสูงกว่าในชั่วโมงที่ 1 จากนั้นชั่วโมงที่ 3 ปริมาณน้ำ ได้ลดลงผลิตได้เพียง 100 ml ด้วยความชื้นที่ 45% จึงทำให้ ปริมาณน้ำที่ลดลงเนื่องจากความชื้นเหลือเพียง 45% และ ชั่วโมงที่ 4 ปริมาณน้ำที่ได้ 100 ml ด้วยความชื้นที่ 35% จนถึงชั่วโมงที่ 5 ด้วยความชื้นที่ลดลงทำให้ปริมาณน้ำที่ผลิต ได้เพียง 95% โดยข้อมูลสามารถแสดงความสัมพันธ์ของ ค่าความชื้นกับปริมาณน้ำที่ผลิตได้ของการทดลองครั้งที่ 1 ในระยะเวลา 5 ชั่วโมง ดังภาพที่ 2



5 ชั่วโมง ดังภาพที่ 3

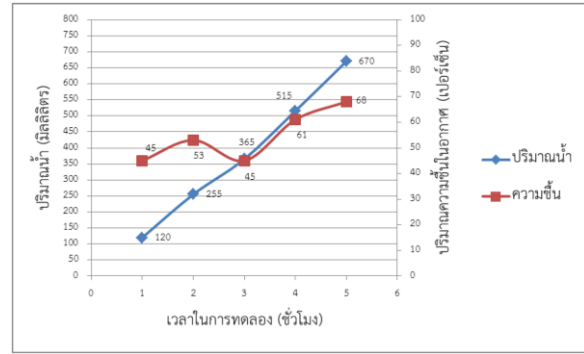


ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ของค่าความชื้นกับปริมาณน้ำที่ผลิต
ได้ของการทดลองครั้งที่ 1 ในระยะเวลา 5 ชั่วโมง

ตารางที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลตัวแปรครั้งที่ 2 ของการผลิต
ปริมาณน้ำ (วันที่ 2 ตุลาคม พ.ศ. 2562)

ครั้งที่	ช่วงเวลา	ความชื้น (%)	อุณหภูมิ (C°)	ปริมาณน้ำที่ผลิตได้ (มิลลิลิตร)
1.	13.00 – 14.00 น.	45	29	120
2.	14.00 – 15.00 น.	53	30	135
3.	15.00 – 16.00 น.	45	31	110
4.	16.00 – 17.00 น.	61	29	150
5.	17.00 – 18.00 น.	68	28	155

จากตารางที่ 2 แสดงข้อมูลการทดลองเก็บข้อมูลตัวแปรครั้งที่ 2 ของการผลิตปริมาณน้ำ พบว่า ชั่วโมงที่ 1 มีปริมาณน้ำที่ 120 ml ด้วยความชื้นที่ 45% ในชั่วโมงที่ 2 ปริมาณน้ำได้เพิ่มขึ้น 135 ml ด้วยความชื้นที่ 53% น้ำที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากความชื้นในอากาศเพิ่มขึ้น จากนั้นชั่วโมงที่ 3 ปริมาณน้ำได้ลดลงผลิตได้เพียง 110 ml ด้วยความชื้น 45% ในชั่วโมงที่ 4 มีปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นถึง 150 ด้วยความชื้น 61% และชั่วโมงที่ 5 ปริมาณน้ำที่ได้ 150 ml ด้วยความชื้น 61% โดยข้อมูลสามารถแสดงความสัมพันธ์ของค่าความชื้นกับปริมาณน้ำที่ผลิตได้ของการทดลองครั้งที่ 2 ในระยะเวลา

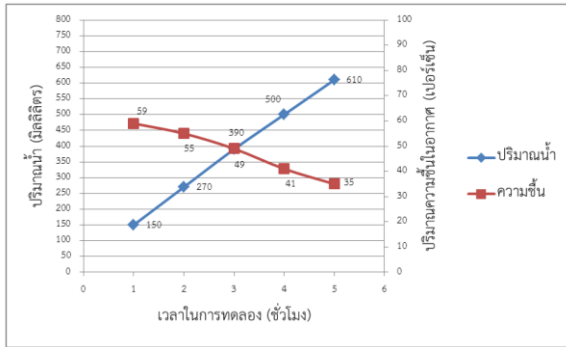


ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ของค่าความชื้นกับปริมาณน้ำที่ผลิต
ได้ของการทดลองครั้งที่ 2 ในระยะเวลา 5 ชั่วโมง

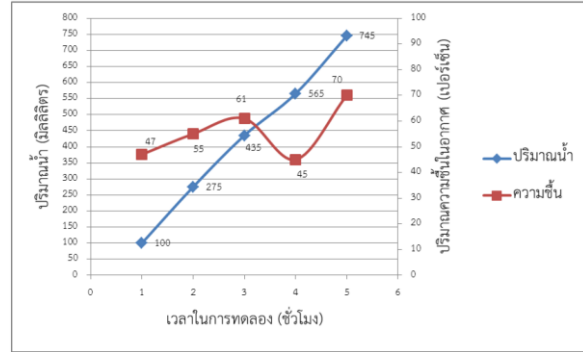
ตารางที่ 3 การทดลองเก็บข้อมูลตัวแปรครั้งที่ 3 ของการผลิต
ปริมาณน้ำ (วันที่ 3 ตุลาคม พ.ศ. 2562)

ครั้งที่	ช่วงเวลา	ความชื้น (%)	อุณหภูมิ (C°)	ปริมาณน้ำที่ผลิตได้ (มิลลิลิตร)
1.	08.00 – 09.00 น.	59	29	150
2.	09.00 – 10.00 น.	55	31	120
3.	10.00 – 11.00 น.	49	31	120
4.	11.00 – 12.00 น.	41	32	110
5.	12.00 – 13.00 น.	35	35	110

จากตารางที่ 3 แสดงข้อมูลการทดลองเก็บข้อมูลตัวแปรครั้งที่ 3 ของการผลิตปริมาณน้ำ พบว่าชั่วโมงที่ 1 มีปริมาณน้ำที่ 150 ml ด้วยความชื้นที่ 59% ในชั่วโมงที่ 2 ปริมาณน้ำได้เพิ่มขึ้น 120 ml ด้วยความชื้นที่ 55% น้ำที่ลดลงเนื่องจากความชื้นในอากาศลดลง จากนั้นชั่วโมงที่ 3 ปริมาณน้ำได้ลดลงผลิตได้เพียง 120 ml ด้วยความชื้นที่ 49% ในชั่วโมงที่ 4 มีปริมาณน้ำได้ลดลงผลิตได้เพียง 110 ด้วยความชื้น 41% และชั่วโมงที่ 5 ปริมาณน้ำที่ได้ 110 ml ด้วยความชื้นที่ 35% โดยข้อมูลสามารถแสดงความสัมพันธ์ของค่าความชื้นกับปริมาณน้ำที่ผลิตได้ของการทดลองครั้งที่ 3 ในระยะเวลา 5 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ของค่าความชื้นกับปริมาณน้ำที่ผลิตได้ของการทดลองครั้งที่ 3 ในระยะเวลา 5 ชั่วโมง



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ของค่าความชื้นกับปริมาณน้ำที่ผลิตได้ของการทดลองครั้งที่ 4 ในระยะเวลา 5 ชั่วโมง

ตารางที่ 4 การทดลองเก็บข้อมูลตัวแปรครั้งที่ 4 ของการผลิตปริมาณน้ำ (วันที่ 4 ตุลาคม พ.ศ. 2562)

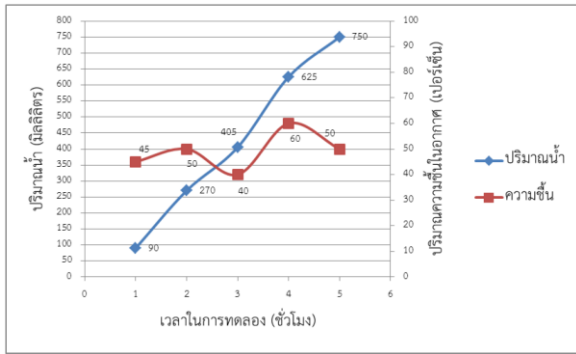
ครั้งที่	ช่วงเวลา	ความชื้น (%)	อุณหภูมิ (C°)	ปริมาณน้ำที่ผลิตได้ (มิลลิลิตร)
1.	13.00 – 14.00 น.	47	29	100
2.	14.00 – 15.00 น.	55	30	175
3.	15.00 – 16.00 น.	61	31	160
4.	16.00 – 17.00 น.	45	29	130
5.	17.00 – 18.00 น.	70	27	185

จากตารางที่ 4 แสดงข้อมูลการทดลองเก็บข้อมูลตัวแปรครั้งที่ 4 ของการผลิตปริมาณน้ำ พบว่าชั่วโมงที่ 1 มีปริมาณน้ำที่ 100 ml ด้วยความชื้นที่ 47% ในชั่วโมงที่ 2 ปริมาณน้ำได้เพิ่มขึ้น 175 ml ด้วยความชื้นที่ 55% น้ำที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากความชื้นในอากาศเพิ่มขึ้น จากนั้นชั่วโมงที่ 3 ปริมาณน้ำได้ลดลงผลิตได้เพียง 160 ml ด้วยความชื้นที่ 61% ในชั่วโมงที่ 4 มีปริมาณน้ำได้ลดลงผลิตได้เพียง 130 ml ด้วยความชื้น 45% และชั่วโมงที่ 5 ปริมาณน้ำที่ได้ 185 ml ด้วยความชื้นที่ 70% โดยข้อมูลสามารถแสดงความสัมพันธ์ของค่าความชื้นกับปริมาณน้ำที่ผลิตได้ของการทดลองครั้งที่ 4 ในระยะเวลา 5 ชั่วโมง ดังภาพที่ 5

ตารางที่ 5 การทดลองเก็บข้อมูลตัวแปรครั้งที่ 5 ของการผลิตปริมาณน้ำ (วันที่ 5 ตุลาคม พ.ศ. 2562)

ครั้งที่	ช่วงเวลา	ความชื้น (%)	อุณหภูมิ (C°)	ปริมาณน้ำที่ผลิตได้ (มิลลิลิตร)
1.	08.00 – 09.00 น.	45	29	90
2.	09.00 – 10.00 น.	50	30	180
3.	10.00 – 11.00 น.	40	31	135
4.	11.00 – 12.00 น.	60	29	220
5.	12.00 – 13.00 น.	50	28	125

จากตารางที่ 5 แสดงข้อมูลการทดลองเก็บข้อมูลตัวแปรครั้งที่ 5 ของการผลิตปริมาณน้ำ พบว่าชั่วโมงที่ 1 มีปริมาณน้ำที่ 90 ml ด้วยความชื้นที่ 45% ในชั่วโมงที่ 2 ปริมาณน้ำได้เพิ่มขึ้น 180 ml ด้วยความชื้นที่ 50% น้ำที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากความชื้นในอากาศเพิ่มขึ้น จากนั้นชั่วโมงที่ 3 ปริมาณน้ำได้ลดลงผลิตได้เพียง 135 ml ด้วยความชื้นที่ 40 % ในชั่วโมงที่ 4 มีปริมาณน้ำได้เพิ่มขึ้นผลิตได้ 220 ml ด้วยความชื้น 60% และชั่วโมงที่ 5 ปริมาณน้ำที่ได้ 125 ml ด้วยความชื้นที่ 50% โดยข้อมูลสามารถแสดงความสัมพันธ์ของค่าความชื้นกับปริมาณน้ำที่ผลิตได้ของการทดลองครั้งที่ 5 ในระยะเวลา 5 ชั่วโมง ดังภาพที่ 6

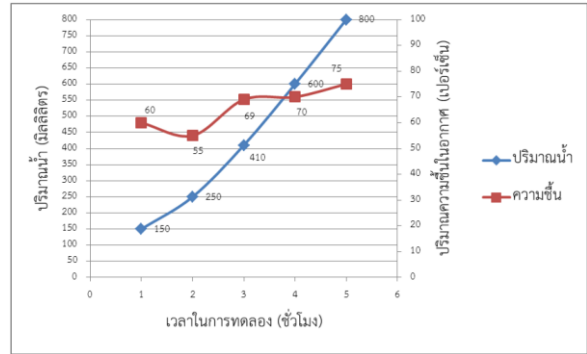


ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ของค่าความชื้นกับปริมาณน้ำที่ผลิตได้ของการทดลองครั้งที่ 5 ในระยะเวลา 5 ชั่วโมง

ตารางที่ 6 การทดลองเก็บข้อมูลตัวแปรครั้งที่ 6 ของการผลิตปริมาณน้ำ (วันที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2562)

ครั้ง ร.	ช่วงเวลา	ความชื้น (%)	อุณหภูมิ (C°)	ปริมาณน้ำที่ผลิตได้ (มิลลิลิตร)
1.	13.00 – 14.00 น.	60	30	150
2.	14.00 – 15.00 น.	55	29	100
3.	15.00 – 16.00 น.	69	28	160
4.	16.00 – 17.00 น.	70	29	190
5.	17.00 – 18.00 น.	75	27	200

จากตารางที่ 6 แสดงข้อมูลการทดลองเก็บข้อมูลตัวแปรครั้งที่ 6 ของการผลิตปริมาณน้ำ พบว่าชั่วโมงที่ 1 มีปริมาณน้ำที่ 150 ml ด้วยความชื้นที่ 60% ชั่วโมงที่ 2 ปริมาณน้ำได้ลดลงผลิตได้เพียง 100 ml ด้วยความชื้นที่ 55% น้ำที่ลดลงเนื่องจากความชื้นในอากาศลดลง จากนั้นชั่วโมงที่ 3 ปริมาณน้ำได้เพิ่มขึ้นผลิตได้ 160 ml ด้วยความชื้นที่ 69% ชั่วโมงที่ 4 มีปริมาณน้ำได้ลดลงผลิตได้เพียง 190 ด้วยความชื้น 70% และชั่วโมงที่ 5 ปริมาณน้ำที่ได้ 200 ml ด้วยความชื้นที่ 75% โดยสามารถแสดงความสัมพันธ์ของค่าความชื้นกับปริมาณน้ำที่ผลิตได้ของการทดลองครั้งที่ 6 ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ของค่าความชื้นกับปริมาณน้ำที่ผลิตได้ของการทดลองครั้งที่ 6 ในระยะเวลา 5 ชั่วโมง

ทั้งนี้ ศิววิจัยได้ทำการทดลองวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเพื่อทดสอบความเหมาะสมกับการไปใช้ในการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าความเป็นกรดและด่างของน้ำที่ผลิตได้จากอากาศ

วันที่	ช่วงเวลา	จำนวนชั่วโมง	ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH)
1.	08.00 – 09.00 น.	5	7
2.	09.00 – 10.00 น.	5	7
3.	10.00 – 11.00 น.	5	7
4.	11.00 – 12.00 น.	5	7
5.	12.00 – 13.00 น.	5	7
6.	13.00 – 18.00 น.	5	7

จากตารางที่ 7 เมื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพน้ำตั้งแต่วันที่ 1 ถึง วันที่ 6 ซึ่งการวัดค่าน้ำด้วยกระดาษ (pH) ผลที่ออกมาทั้งหมด 6 วัน ได้มีค่าออกมาระดับ 7 ซึ่งค่าที่ออกมาได้มีค่าเหมาะสมที่สามารถนำไปใช้ในการปลูกผักไรดิน

4. อภิปรายผล (Discussion)

จากการศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตน้ำจากอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีศึกษานี้สำหรับการปลูกผักไรดินที่ จะผลิตน้ำเพื่อทดแทนทรัพยากรและลดต้นทุนซึ่งเปรียบเทียบกับปริมาณการผลิต ระยะเวลาความชื้นในอากาศ และคุณสมบัติต่างๆ จากผู้ผลิตซึ่งสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

4.1 เครื่องผลิตน้ำจากอากาศ AIRQUA จากสิงคโปร์

ใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิตน้ำโดยกัลการผลิตน้ำต่อวัน



เท่ากับ 32 ลิตรต่อวัน ซึ่งได้กำหนดความชื้นอยู่ที่ 80% โดย 4.2 เครื่องผลิตน้ำ Eco water EW30 จากอเมริกา ใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิตน้ำ และน้ำที่ผลิตได้เท่ากับ 30 ลิตรต่อวัน ซึ่งกำหนดปริมาณความชื้นอยู่ที่ 80% มีระบบการกรองน้ำด้วยแสง UV เพื่อกำจัดเชื้อโรคและการกรอง 3 ชั้นตอนทำให้น้ำมีคุณภาพเหมาะสมต่อการดื่มและอุปโภค

4.3 เครื่องผลิตน้ำจากอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีศึกษา ซึ่งใช้พลังงานสะอาดจากแสงอาทิตย์ในการผลิตน้ำ ปริมาณน้ำที่สามารถผลิตได้ 3 ลิตรต่อวัน โดยความชื้นอยู่ที่ 75% และการกรองน้ำ 2 ชั้นตอนซึ่งการนำน้ำไปใช้อุปโภคจึงแตกต่างจาก 2 เครื่องที่ผลิตได้น้ำ 30 ถึง 32 ลิตรต่อวัน ซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้าที่ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำ และต้นทุนการผลิตเครื่องมีราคาสูง ทั้งนี้ เครื่องผลิตน้ำจากอากาศ กรณีศึกษา เป็นการใช้พลังงานสะอาดเพื่อลดปัญหาการใช้พลังงานและส่งเสริมให้ใช้พลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

5. สรุปผล (Conclusion)

เครื่องผลิตน้ำจากอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีศึกษานี้สำหรับการปลูกผักไร้ดิน เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมโดยใช้พลังงานสะอาดจากแสงอาทิตย์เพื่อลดต้นทุนในการซื้อน้ำประปามาใช้ในการปลูกพืชไร้ดิน โดยการทำงานจะใช้ระบบคอมพิวเตอร์ทำการอัดสารทำความเย็นเพื่อทำให้เกิดระบบความเย็นที่แผงคอยล์เย็น และมีแผงคอยล์ร้อน ทำงานร่วมกันจนเกิดการละลายของน้ำที่มีการควบแน่นของคอยล์เย็นจนเกิดเป็นหยดน้ำ โดยการทดสอบความชื้นกำหนดระยะเวลา 6 วัน สามารถวัดความชื้นสูงสุดได้ 75% และความชื้นต่ำสุด 29% การทดสอบปริมาณน้ำสามารถผลิตได้สูงสุดต่อวันเท่ากับ 800 ml ที่ความชื้นเท่ากับ 60-75% และปริมาณน้ำที่ผลิตได้น้อยที่สุดต่อวันเท่ากับ 600 ml ความชื้น 35-39% การทดสอบการบริโภคกระแสไฟฟ้าของคอมพิวเตอร์ใช้กระแสไฟต่อชั่วโมงเท่ากับ 1,560 วัตต์ การทดสอบค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในช่วงระยะเวลาที่ทำการทดลอง 6 วัน ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในระดับ 7 ซึ่งมีความเหมาะสมในการปลูกพืชไร้ดิน

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณคณาจารย์จากสาขาวิชาเทคโนโลยี วิศวกรรมนวัตกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ทุกท่านที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการจัดทำเครื่องผลิตน้ำจากอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีศึกษา นี้ รวมถึงคอยช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกจนสามารถสำเร็จจุลวงได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Pathompong (2555). ปริมาณน้ำในโลก (สืบค้นเมื่อ 13 กรกฎาคม 2559) (ข้อมูลจากhttp://pathompong-geo29.blogspot.com/2012/06/blogpost_18.html)
- [2] ปริมาณน้ำในระดับโลกระดับประเทศ (สืบค้นเมื่อ 2 สิงหาคม 2554)(ข้อมูลจาก<http://www.wwf.or.th/what-we-do/wetlands-and-productionland-scape/freshwater>)
- [3] ปัญหาการขาดแคลนน้ำจากผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศ (สืบค้นเมื่อ 4 ธันวาคม 2556) (ข้อมูลจาก<http://www.tgo.th/2015/thai/content.php?s1=8&s2=27&sub3=sub3>)
- [4] สถานการณ์ก๊าซเรือนกระจก / ผลกระทบ (สืบค้นเมื่อ 4 กรกฎาคม 2562) (ข้อมูลจาก<http://www.tgo.or.th/2015thai/content.php?s1=8&s2=27&sub3=sub3>)
- [5] แล้งหนักสุตรอบ 30 ปี ต้นเหตุ "เอลนีโญ" มาเร็วกว่าทุกปี (2562) (สืบค้นเมื่อ 4 กันยายน 2562) (ข้อมูลจาก <https://www.thairath.co.th/news/local/151013>)
- [6] Workpoint News (2561) ภัยแล้งคุกคามหลายพื้นที่ ประชาชนขาดน้ำอุปโภคบริโภคทำเกษตร (สืบค้นเมื่อ 4 มีนาคม 2562) (ข้อมูลจาก<https://workpointnews.com>)