



การประเมินศักยภาพการนำความร้อนเหลือทิ้งมาใช้เพื่อลดการใช้แก๊ส
ปิโตรเลียมเหลวของโรงงานเซรามิคในจังหวัดลำปาง

สายธาร ประสงค์ความดี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ. 2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้



716529895

MJU E-THESIS 5715301025 proposal / recv: 31052560 21:21:13 / seq: 19

การประเมินศักยภาพการนำความร้อนเหลือทิ้งมาใช้เพื่อลดการใช้แก๊ส
ปิโตรเลียมเหลวของโรงงานเซรามิคในจังหวัดลำปาง

สายธาร ประสงค์ความดี

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน

พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.นัฐพร ไชยญาติ)

วันที่ ๑๑ เดือน สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๖๐

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐภูมิ ดุษฎี)

วันที่ ๑๒ เดือน สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๖๐

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(อาจารย์ ดร.ยิ่งรักษ์ อรรถเวชกุล)

วันที่ ๑๑ เดือน สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๖๐

ประธานอาจารย์ประจำหลักสูตร

(อาจารย์ ดร.สราวุธ พลวงษ์ศรี)

วันที่ ๑๓ เดือน สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๖๐

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ๑๖ เดือน กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๐

ชื่อเรื่อง	การประเมินศักยภาพการนำความร้อนเหลือทิ้งมาใช้เพื่อลดการใช้แก๊ส ปิโตรเลียมเหลวของโรงงานเซรามิกในจังหวัดลำปาง
ชื่อผู้เขียน	นางสายธาร ประสงค์ความดี
ชื่อปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.นัฐพร ไชยญาติ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการประเมินศักยภาพการนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ เพื่อลดการใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวของโรงงานเซรามิกในจังหวัดลำปาง โดยทำการสำรวจและรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานของโรงงานเซรามิกในจังหวัดลำปางทั้งหมด รวมทั้งทำการสำรวจและเก็บข้อมูลโรงงานเซรามิกที่มีการติดตั้งห้องอบแห้งที่ใช้ไอเสียจำนวน 5 แห่ง เพื่อทำการตรวจวัดและประเมินประสิทธิภาพความร้อนก่อนและหลังการปรับปรุง และนำผลการศึกษาดังกล่าวมาทำการออกแบบห้องอบแห้งประสิทธิภาพสูง เพื่อใช้ในการวางแผนยุทธศาสตร์การใช้พลังงานของจังหวัดลำปาง โดยผลการศึกษาพบว่า การนำความร้อนที่เหลือทิ้งจากปล่องไอเสียมาใช้เพื่อลดการใช้แก๊ส LPG ของโรงงานเซรามิกในจังหวัดลำปาง 5 แห่ง พบว่า บริษัท เซราเฮาส์ จำกัด มีการนำความร้อนที่เหลือทิ้งจากปล่องไอเสียจากเตาเผาแบบโรลเลอร์ กลับมาใช้ในการอบเซรามิก สามารถทดแทนการใช้แก๊ส LPG ได้ประมาณ 50 kg/d คิดเป็นประสิทธิภาพทางความร้อนของห้องอบแห้งเท่ากับ 9.43% ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานประมาณ 1,200 Bath/d และผลการออกแบบห้องอบแห้งประสิทธิภาพสูงพบว่า ต้นแบบมีการกระจายความร้อนทั่วทั้งห้องอบได้ดีกว่าห้องอบแห้งของ บริษัท เซราเฮาส์ จำกัด โดยมีการปล่อยไอเสียเข้าสู่ห้องอบบริเวณด้านล่าง และมีช่องระบายอากาศ 2 ช่อง ด้านเดียว มีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของห้องอบแห้งประสิทธิภาพสูง โดยคิดเทียบเท่าประสิทธิภาพการประหยัดแก๊ส LPG ที่ 9.43% มีระยะเวลาคืนทุนที่ 0.56 y โดยมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเทียบเท่าการปลดปล่อย CO₂ จากโครงสร้างที่ใช้ในการสร้างห้องอบแห้ง คือ 3,850 kg CO₂-eq ตลอดอายุการใช้งานห้องอบแห้ง 20 y แต่ในขณะเดียวกันสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการลดปริมาณการใช้แก๊ส LPG ตลอด 20 ปี ได้เท่ากับ 933,990 kg CO₂-eq หรือลดลง 930,140 kg CO₂-eq และเมื่อนำผลการประหยัดของต้นแบบดังกล่าวมาวิเคราะห์ร่วมกับแผนยุทธศาสตร์การใช้พลังงานของจังหวัดลำปาง พบว่า สามารถประหยัดแก๊ส LPG ในแผนยุทธศาสตร์ระยะสั้น (1-2 y) กลาง (3-5 y) และยาว (5-10 y) ได้ประมาณ 180,000 kg/y 480,000 kg/y และ 828,000 kg/y ตามลำดับ



716529895

Title	POTENTIAL ASSESSMENT OF WASTE HEAT RECOVERY FOR REDUCING THE USE OF LIQUIFIED PETROLIUM GAS IN LAMPANG'S CERAMIC FACTORIES
Author	Mrs.Saitarn Prasongkhuarmdi
Degree	Master of Engineering in Renewable Energy Engineering
Advisor Committee Chairperson	Associate Professor Dr.Nattaporn Chaiyat

ABSTRACT

This research studies a potential assessment of waste heat recovery by reducing the use of liquified petroleum gas (LPG) at ceramic factories in Lampang province. Ceramic factories were surveyed and data of usage of energy was collected. 5 ceramic factories that had the waste heat drying room installed were studied. The energy saving efficiency of the normal and modified systems were analyzed. From the surveyed data, An optimal design of waste heat drying room is chosed in managing the energy use. From the study results, it was found that the waste heat drying room from a roller oven of CERAHOUSE Co., Ltd. showed the best efficiency at 9.43% and can save LPG at 50 kg/d or 1,200 Baht/d. From the above studies, the optimal design of waste heat drying room was using a below supply heat column and a 2 released air duct, installed at only one side of the drying room. In economic results, it was found that the payback period of the new design drying room was 0.56 y at a energy saving efficiency of 9.43%. In environment impact, it showed that CO₂ from the construction part was 3,850 kg CO₂-eq for 20 y of lifetime. This drying room model protected the environment at 933,990 kg CO₂-eq for 20 y of lifetime, which reduced 930,140 kg CO₂-eq. Using the optimal waste heat drying room combined with the energy use strategic of Lampang province. It was found that the LPG usage can be reduced for the short term (1-2 y), the middle term (3-5 y) and the



716529895

MJU E-THESIS 5715301025 proposal / recv: 31052560 21:21:13 / seq: 19

long term (5-10 y) to be 180,000 kg/y LPG 480,000 kg/y and 828,000 kg/y, respectively.



716529895

MJU E-THESIS 5715301025 proposal / recv: 31052560 21:21:13 / seq: 19



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร.นัฐพร ไชยญาติ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ ดุษฎี และ อาจารย์ ดร.ยิ่งรักษ์ อรรถเวชกุล อาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งกรุณามอบความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำ ความช่วยเหลือในทุกด้าน การแก้ปัญหาต่าง ๆ ตลอดจนตรวจสอบวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงยิ่งไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.รณชาติ มั่นศิลป์ ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่าร่วมเป็น กรรมการสอบวิทยานิพนธ์จากภายนอก และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และกระทรวงพลังงาน ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัย

สุดท้ายผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์เล่มนี้คงจะมีประโยชน์สำหรับผู้อ่านบ้างหากมีส่วนหนึ่งส่วนใดบกพร่องหรือผิดพลาด ผู้เขียนขออภัยเป็นอย่างสูงและขอน้อมรับคำแนะนำอันเป็นประโยชน์เหล่านั้น

สายธาร ประสงค์ความดี
พฤษภาคม 2560



716529895

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ง
ABSTRACT	จ
สารบัญ	ซ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมา	1
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
ขอบเขตของงานวิจัย	3
ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย	3
ระยะเวลาในการดำเนินงาน	4
งบประมาณ	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและการตรวจเอกสาร	6
กระบวนการผลิตอุตสาหกรรมเซรามิค	6
ทฤษฎีห้องอบแห้ง	10
รอยเท้าคาร์บอน	12
การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์	12
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	15
ศึกษาข้อมูลและรวบรวมข้อมูล	15
สำรวจโรงงานเซรามิคที่นำความร้อนทิ้งกลับคืนมาใช้ในการอบแห้ง	18



716529895

MU B. E-THESIS 5715301025 proposal / rev: 31052560 21:21:13 / seq: 19

การศึกษารูปแบบที่เหมาะสมของต้นแบบห้องอบแห้งที่ใช้ไอเสียเป็นแหล่งพลังงาน สำหรับโรงงาน เซรามิค.....	18
ประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์.....	18
ประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงงานเซรามิคในจังหวัดลำปาง..	19
วิเคราะห์แผนยุทธศาสตร์การใช้พลังงานของจังหวัดลำปาง.....	19
บทที่ 4 ผลและวิเคราะห์ผลการวิจัย	23
ข้อมูลโรงงานเซรามิคในจังหวัดลำปางที่ทำการคัดเลือก	23
สำรวจและเก็บข้อมูลโรงงานเซรามิคที่มีการติดตั้งห้องอบแห้งที่ใช้ไอเสียเป็นแหล่งพลังงาน.....	29
ต้นแบบห้องอบแห้งประสิทธิภาพสูงจากการนำความร้อนทิ้งกลับคืนของไอเสีย	40
ประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์.....	54
ประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงงานเซรามิคในจังหวัดลำปาง..	55
แผนยุทธศาสตร์การใช้พลังงานของจังหวัดลำปาง	57
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	64
สรุปผลการวิจัย.....	64
ข้อเสนอแนะ	65
บรรณานุกรม.....	66
ภาคผนวก.....	67
ประวัติผู้วิจัย.....	72



716529895

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย	4
2 รายละเอียดงบประมาณของการดำเนินการ	5
3 ข้อดีของห้องอบแห้ง แบบดั้งเดิม แบบซิงโกโลโล่ และแบบรวมศูนย์	10
4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก	12
5 รายชื่อโรงงานเซรามิกที่มีปริมาณการเก็บเกิน 500 kg	15
6 รายชื่อโรงงานเซรามิกที่มีปริมาณการเก็บ LPG เกิน 250 kg แต่ไม่เกิน 500 kg	16
7 รายชื่อโรงงานเซรามิกที่ทำการสำรวจและเก็บข้อมูล	18
8 ยุทธศาสตร์กระทรวงพลังงานและยุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัด	21
9 รายชื่อโรงงานเซรามิกที่มีปริมาณการเก็บเกิน 500 kg	23
10 รายชื่อโรงงานเซรามิกที่มีปริมาณการเก็บ LPG เกิน 250 kg แต่ไม่เกิน 500 kg	26
11 ปริมาณการใช้ LPG ที่ลดลงของเตาโรลเลอร์ บริษัท อินทราเซรามิก จำกัด	31
12 ปริมาณการใช้ LPG ที่ลดลงของเตาอุโมงค์ บริษัท กาสะลอง เซรามิกส์ จำกัด	33
13 ปริมาณการใช้ LPG ที่ลดลงของเตาโรลเลอร์ บริษัท กาสะลอง เซรามิกส์ จำกัด	34
14 ปริมาณการใช้ LPG ที่ลดลงของเตาซัดเตล บริษัท แสงชัย เซรามิก จำกัด	36
15 ปริมาณการใช้ LPG ที่ลดลงของเตาโรลเลอร์ บริษัท โฮมพอดเทอรี่ จำกัด	38
16 ปริมาณการใช้ LPG ที่ลดลงของเตาโรลเลอร์ บริษัท เซราเฮาส์ จำกัด	40
17 รูปแบบห้องอบแห้งประสิทธิภาพสูง	40
18 ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการสร้างห้องอบ	54
19 ผลวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์	55
20 ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดจากวัสดุต่าง ๆ ที่ใช้ในการสร้างห้องอบ	56
21 ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการลดปริมาณการใช้ LPG	57



716529895

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 กราฟแสดงจำนวนผู้ประกอบการเซรามิกของจังหวัดลำปาง	2
2 ปริมาณการใช้ LPG ของโรงงานเซรามิกของจังหวัดลำปาง	2
3 กระบวนการผลิตอุตสาหกรรมเซรามิกในภาพรวม	7
4 การสมดุลพลังงานของเตาเผาเซรามิก	8
5 บริษัท อินทราเซรามิก จำกัด	30
6 แผนภาพกระบวนการใช้แก๊ส LPG ของบริษัท อินทราเซรามิก จำกัด	30
7 การทำงานของห้องอบแบบปิด บริษัท อินทราเซรามิก จำกัด	31
8 บริษัท กาสะลอง เซรามิกส์ จำกัด (Zone 1)	32
9 แผนภาพกระบวนการใช้แก๊ส LPG ของบริษัท กาสะลอง เซรามิกส์ จำกัด (Zone 1)	32
10 การทำงานของห้องอบแบบกระเช้า บริษัท กาสะลอง เซรามิกส์ จำกัด (Zone 1)	32
11 การทำงานของห้องอบแบบปิด บริษัท กาสะลอง เซรามิกส์ จำกัด (Zone 1)	33
12 บริษัท แสงชัย เซรามิก จำกัด	34
13 แผนภาพกระบวนการใช้แก๊ส LPG ของบริษัท แสงชัย เซรามิก จำกัด	35
14 การทำงานของห้องอบแบบปิด บริษัท แสงชัย เซรามิก จำกัด	35
15 บริษัท โสมพอดเทอรี่ จำกัด	36
16 แผนภาพกระบวนการใช้แก๊ส LPG ของบริษัท โสมพอดเทอรี่ จำกัด	37
17 การทำงานของห้องอบแบบปิด บริษัท โสมพอดเทอรี่ จำกัด	37
18 บริษัท เซราเฮาส์ จำกัด	38
19 แผนภาพกระบวนการใช้แก๊ส LPG ของบริษัท เซราเฮาส์ จำกัด	39
20 การทำงานของห้องอบแบบปิด บริษัท เซราเฮาส์ จำกัด	39
21 แบบแปลนต้นแบบห้องอบแห้งแบบที่ 1	42
22 ผลการจำลองการไหลของไอเสียของต้นแบบห้องอบแห้งแบบที่ 1	43
23 แบบแปลนต้นแบบห้องอบแห้งแบบที่ 2	44
24 ผลการจำลองการไหลของไอเสียของต้นแบบห้องอบแห้งแบบที่ 2	45
25 แบบแปลนต้นแบบห้องอบแห้งแบบที่ 3	46
26 ผลการจำลองการไหลของไอเสียของต้นแบบห้องอบแห้งแบบที่ 3	47
27 แบบแปลนต้นแบบห้องอบแห้งแบบที่ 4	48



716529895

ภาพที่	หน้า
28 ผลการจำลองการไหลของไอเสียของต้นแบบห้องอบแห้งแบบที่ 4	49
29 แบบแปลนต้นแบบห้องอบแห้งแบบที่ 5	50
30 ผลการจำลองการไหลของไอเสียของต้นแบบห้องอบแห้งแบบที่ 5	51
31 แบบแปลนต้นแบบห้องอบแห้งแบบที่ 6	52
32 ผลการจำลองการไหลของไอเสียของต้นแบบห้องอบแห้งแบบที่ 6	53
33 ผลการจำลองการไหลของไอเสียของห้องอบแห้ง บริษัท เซราเฮาส์ จำกัด	55
34 แนวโน้มการใช้แก๊ส LPG ของจังหวัดลำปาง ตามแผนยุทธศาสตร์	62



716529895

อักษรย่อและสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
A	พื้นที่	m ²
Cp	ความจุความร้อนจำเพาะของของไหล	kJ/kg·K
K	ค่าการนำความร้อน	kJ/kg·K
L	ความหนา	m
ṁ	อัตราการไหลเชิงมวลของของไหล	kg/s
Q	อัตราการถ่ายเทความร้อนของไอเสีย	W
T	อุณหภูมิ	K
W	งาน	J
อักษรกรีก	ความหมาย	หน่วย
η	ประสิทธิภาพ	%
ตัวห้อย	ความหมาย	
b	อิฐผนังเตาเผา	
s	เหล็ก	



716529895

บทที่ 1

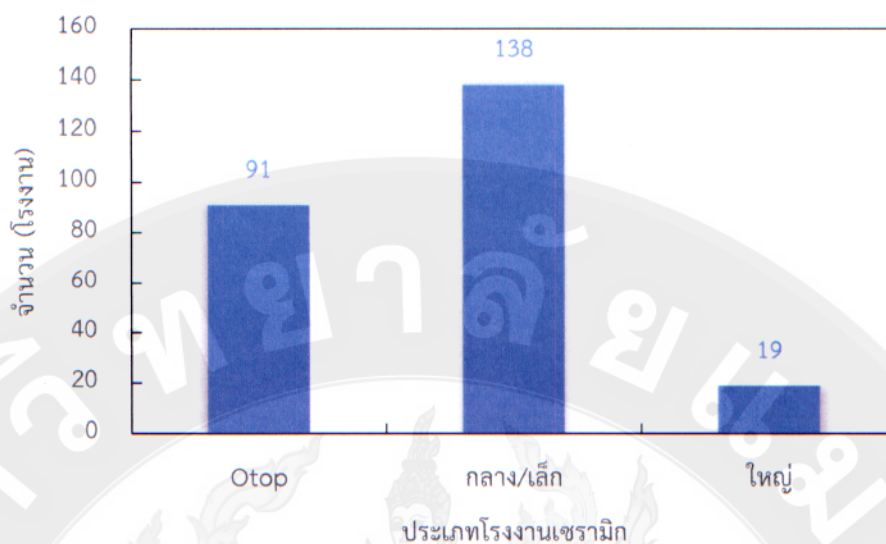
บทนำ

ความเป็นมา

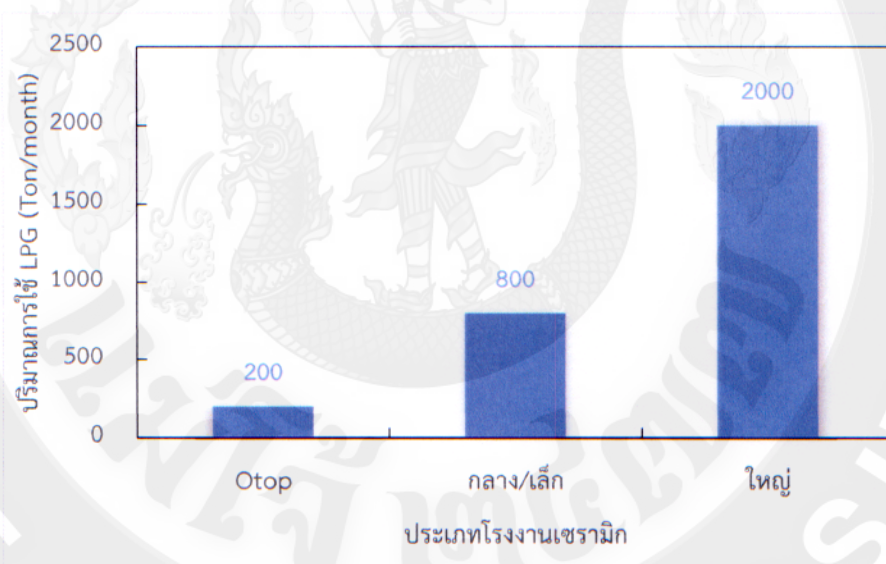
ตามที่รัฐบาลได้มีนโยบายการปรับขึ้นค่าแรงขั้นต่ำทั่วประเทศ ประกอบกับราคาแก๊สหุงต้ม แก๊สปิโตรเลียมเหลว (Liquid Petroleum Gas, LPG) ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงหลักของขบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเซรามิกที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงเป็นปัญหาให้ผู้ประกอบการเซรามิกมีค่าใช้จ่ายด้านต้นทุนการผลิตที่เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นเมื่อผู้ประกอบการประสบกับปัญหาหลายด้าน จึงทำให้กิจการขาดทุนและมีแนวโน้มในการปิดกิจการเป็นผลต่อมา ทำให้ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจของจังหวัดลำปางเป็นวงกว้าง ซึ่งจังหวัดลำปางมีอุตสาหกรรมเซรามิกเป็นอุตสาหกรรมหลักด้านเศรษฐกิจพื้นฐาน และเป็นการยกระดับรายได้ในการพัฒนาการค้า การท่องเที่ยวและการบริการของจังหวัดลำปาง ทำให้เกิดการจ้างงานให้กับประชาชนในพื้นที่ตลอดเวลาที่ผ่านมา โรงงานเซรามิกในจังหวัดลำปาง มีจำนวนทั้งสิ้น 248 โรงงาน เป็นโรงงานขนาดใหญ่ จำนวน 19 โรงงาน ขนาดกลางจำนวน 138 โรงงาน ขนาดเล็กจำนวน 91 โรงงาน (ดังแสดงภาพที่ 1) มีการใช้ LPG สำหรับการเผาเซรามิก รวมทั้งสิ้น 3,000 ตันต่อเดือน (ดังแสดงภาพที่ 2) โดยโรงงานขนาดใหญ่มีกำลังการผลิตรวมประมาณ 40 ตันวัตถุดิบต่อวัน ปริมาณการใช้ LPG สูงสุดต่อเดือนต่อแห่ง 543.2 ตันต่อเดือนต่อแห่ง ดังนั้นค่าใช้จ่ายมูลค่าเชื้อเพลิง LPG ต่อเดือนรวมทั้งหมด 32.8 ล้านบาทต่อเดือน ต้นทุนการผลิตและผลกระทบ ผู้ประกอบการขนาดใหญ่ที่มีการผลิต จำนวนมากจะมีต้นทุนเชื้อเพลิง LPG คิดเป็นร้อยละ 30-40 ของต้นทุนรวมและค่าแรงร้อยละ 30 ที่เหลือเป็นวัตถุดิบสีเคลือบค่าพลังงานไฟฟ้าและอื่น ๆ โดยการปรับราคา LPG ทุก ๆ 1 บาท จะมีผลกระทบต้นทุน (สำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2555)



716529895



ภาพที่ 1 กราฟแสดงจำนวนผู้ประกอบการเซรามิกของจังหวัดลำปาง



ภาพที่ 2 ปริมาณการใช้ LPG ของโรงงานเซรามิกของจังหวัดลำปาง

กระบวนการผลิตเซรามิกในจังหวัดลำปาง ต้องใช้พลังงานในการผลิตทุกขั้นตอน ทั้งพลังงานไฟฟ้า พลังงานกล พลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงหากมีการใช้พลังงานที่ไม่ประหยัด ในเวลาเพียงเล็กน้อยในแต่ละขั้นตอนด้วยเป็นการใช้พลังงานที่มาก แม้จะเป็นเวลาที่สั้นก็จะมี การสูญเสียความร้อนมากขึ้น เมื่อเกิดการสูญเสียเป็นประจำหลายครั้ง รวมกันก็จะเป็นมูลค่าที่มหาศาล ซึ่งจะทำให้เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น

ดังนั้นการวิจัยนี้ จึงมุ่งศึกษาการนำเอาความร้อนที่ทิ้งกลับคืนจากกระบวนการเผาที่เป็นไอเสียมาอุ่นอากาศนำมาปรับปรุงกระบวนการผลิตแทนการใช้หัวเผาแก๊ส LPG เพื่อสร้างความร้อนใน

กระบวนการอบแห้งจะทำให้เกิดประสิทธิภาพโดยรวมเพิ่มมากขึ้น ลดค่าใช้จ่ายลงมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เป็นการประหยัดพลังงานและรักษาสິงแวดล้อม

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อสนับสนุนให้ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเซรามิกในจังหวัดลำปาง สามารถลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงก๊าซหุงต้มที่ใช้ในกระบวนการผลิตเซรามิก
2. เพื่อขยายองค์ความรู้ด้านการใช้พลังงานเชื้อเพลิงอย่างมีประสิทธิภาพให้ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเซรามิกในจังหวัดลำปาง ลดการพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศ
3. เพื่อดึงเอาความร้อนทิ้งกลับคืนจากกระบวนการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกนำมาใช้ประโยชน์ในกระบวนการห้องอบแห้ง
4. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของขบวนการผลิตโดยรวม
5. เพื่อเป็นต้นแบบกระบวนการนำความร้อนทิ้งกลับคืน มาใช้กับห้องอบแห้งของโรงงานเซรามิกขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็กต่อไป
6. เพื่อใช้ในการวางแผนยุทธศาสตร์การใช้พลังงานของจังหวัดลำปาง

ขอบเขตของงานวิจัย

1. โรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกที่ทำการศึกษา คือ โรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกที่มีการใช้แก๊ส LPG ในปริมาณการเก็บ เกิน 250 kg
2. เลือกโรงงานเซรามิก จำนวน 2 แห่ง ที่มีการติดตั้งห้องอบแห้งและมีปริมาณการใช้ก๊าซเกิน 250 kg เพื่อตรวจวัดและประเมิน ประสิทธิภาพความร้อนก่อนและหลังการปรับปรุง
3. ความร้อนที่ใช้ในห้องอบแห้งด้วยไอเสียจากกระบวนการเผาเซรามิก
4. การวิเคราะห์ด้านสิ่งแวดล้อม คือ ทฤษฎีรอยเท้าคาร์บอน (Carbon Footprint)
5. การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ คือ ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1. ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเซรามิก มีความรู้ความเข้าใจด้านการอนุรักษ์พลังงาน และยังสามารถจัดการพลังงานในโรงงานให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น



716529895

2. ผู้ประกอบการมีต้นทุนการผลิตลดลง จากการนำความร้อนทิ้งกลับคืนมาใช้ประโยชน์ในห้องอบแห้ง
3. เป็นต้นแบบในการพัฒนากระบวนการผลิตอุตสาหกรรมเซรามิคให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น
4. ใช้ในการวางแผนแผนยุทธศาสตร์การใช้พลังงานของจังหวัดลำปาง

ระยะเวลาในการดำเนินงาน

ตารางที่ 1 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานวิจัย	ระยะเวลา (เดือน)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง												
2. คัดเลือกโรงงานเซรามิคที่จะเข้าไปดำเนินงานจำนวน 2 แห่ง												
3. ขอข้อมูลการใช้ไฟฟ้าและเชื้อเพลิง LPG ในรอบระยะ 1 ปี												
4. ตรวจสอบอุณหภูมิ อัตราการไหลของแก๊สไอเสีย และอัตราปริมาณสิ้นเปลืองของแก๊ส LPG												
5. นำข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดมาหาค่าประสิทธิภาพของห้องอบแห้งก่อนและหลังการปรับปรุง												
6. นำข้อมูลมาวิเคราะห์และประเมินด้านสิ่งแวดล้อม												
7. นำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลทางด้านเศรษฐศาสตร์												
8. จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์และนำเสนอบทความทางวิชาการ												
9. สอวิทยานิพนธ์												



716529895

งบประมาณ

ตารางที่ 2 รายละเอียดงบประมาณของการดำเนินการ

รายละเอียดการดำเนินงาน	งบประมาณ (บาท)
ค่าอุปกรณ์ตรวจวัด	30,000
รวม	30,000



716529895

MUU E-THESIS 5715301025 proposal / recv: 31052560 21:21:13 / seq: 19

บทที่ 2

ทฤษฎีและการตรวจเอกสาร

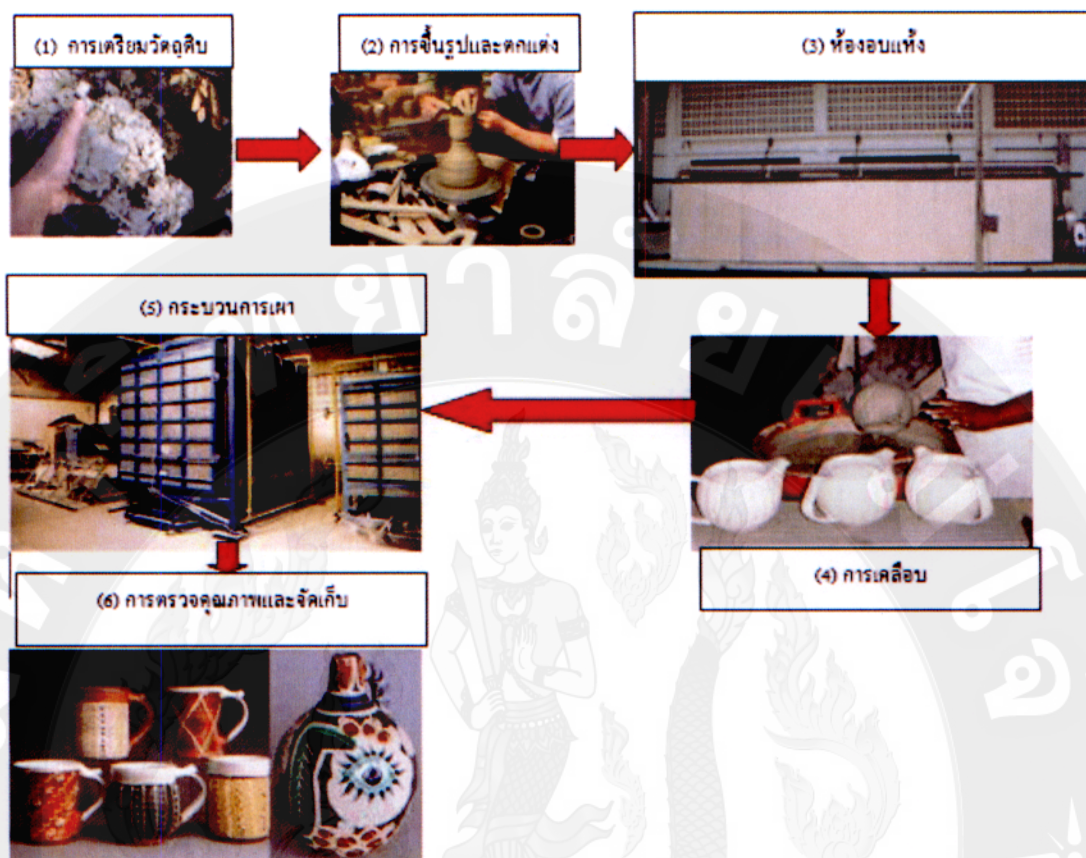
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ ประกอบไปด้วย กระบวนการผลิตอุตสาหกรรมเซรามิก ห้องอบแห้ง ทฤษฎีรอยแตกคาร์บอน และการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

กระบวนการผลิตอุตสาหกรรมเซรามิก

อุตสาหกรรมเซรามิก เป็นอุตสาหกรรมที่มีความหลากหลายของเทคโนโลยีในการผลิต ซึ่งมีกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมเซรามิกในภาพรวม ที่สำคัญตามกระบวนการ ดังนี้ เริ่มจากการเตรียมวัตถุดิบในขั้นตอนที่ 1 จะเป็นการทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นเนื้อดินเป็นแผ่นหรือเป็นแท่ง และเมื่อได้วัตถุดิบแล้วจึงก็นำมา ขึ้นรูปและตกแต่งเป็นชิ้นงานในขั้นตอนที่ 2 จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ตกแต่งไปทำการอบแห้งโดยขั้นตอนการอบในห้องอบแห้ง ในขั้นตอนที่ 3 เมื่อได้ผลิตภัณฑ์จากการอบแห้งแล้ว นำผลิตภัณฑ์ไปผ่านการเคลือบ ในขั้นตอนที่ 4 จากนั้นจึงนำผลิตภัณฑ์เข้าไปเผาที่อุณหภูมิ $1,200^{\circ}\text{C}$ ในขั้นตอนที่ 5 และนำผลิตภัณฑ์เซรามิกที่ได้จากการเผาแล้ว มาตรวจสอบคุณภาพและจัดเก็บต่อไปในขั้นตอนที่ 6 (ดังแสดงในภาพที่ 3)

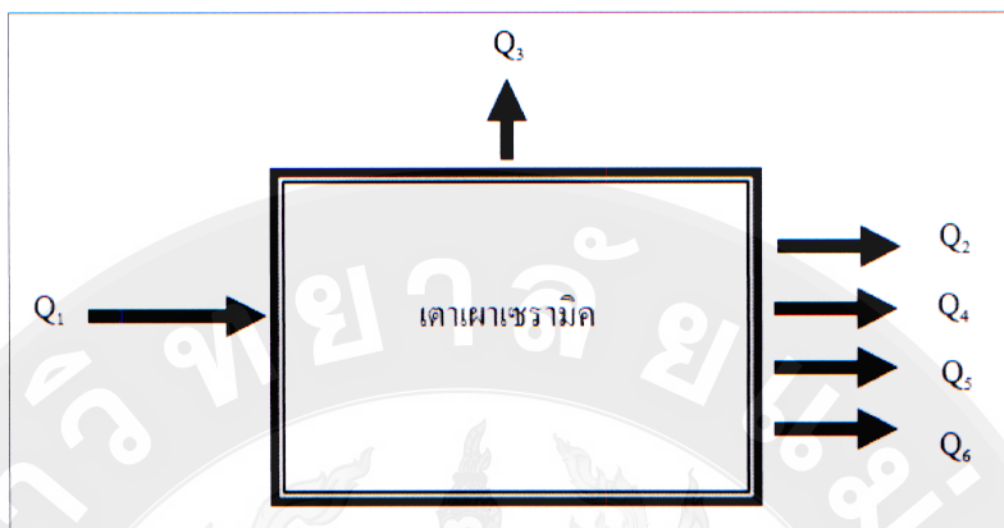


716529895



ภาพที่ 3 กระบวนการผลิตอุตสาหกรรมเซรามิกในภาพรวม

จากภาพที่ 3 แสดงการใช้พลังงานและความร้อนที่กลับคืนของกระบวนการผลิตเซรามิกพบว่าทุกขั้นตอนในกระบวนการที่ (1) ถึง (6) จะใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตเพื่อป้อนให้กับมอเตอร์ในการทำงานและพบว่าในกระบวนการผลิตที่ (3) และ (5) ได้มีการใช้เชื้อเพลิงจากก๊าซ LPG ในการอบแห้ง และกระบวนการเผา ส่วนที่เป็นการปล่อยความร้อนจากไอเสียส่วนเกิน คือ กระบวนการที่ (3) และ (5) จากการเผาไหม้ ดังนั้น การเผาไหม้ที่เกิดขึ้น มักจะเกิดไม่สมบูรณ์ร้อยละ 10-15 เปอร์เซ็นต์ จึงมีการถ่ายเทความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อม เมื่อเป็นเช่นนี้ จึงต้องมีการใช้เชื้อเพลิงมากขึ้นเพื่อให้ได้อุณหภูมิตามที่กำหนด ซึ่งจะเป็นการซื้อบอกว่าอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงกับอากาศที่แท้จริงจะเป็นเท่าไร ดังนั้นประสิทธิภาพของการเผาไหม้ จึงจำกัดความได้ว่าเป็นอัตราส่วนผสมทางทฤษฎีต่ออัตราส่วนผสมที่เกิดขึ้นจริงจึง สามารถประเมินประสิทธิภาพได้ตามสมการประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ ดังนี้



ภาพที่ 4 การสมดุลพลังงานของเตาเผาเซรามิก

จากภาพที่ 4 สามารถเขียนสมดุลพลังงานของเตาเผาเซรามิก ได้ดังนี้

ความร้อนที่เข้าสู่ระบบ = ความร้อนที่ออกจากระบบ

$$Q_{\text{input}} = Q_{\text{output}}$$

สมการที่ 1

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6$$

สมการที่ 2

เมื่อ	Q_1	คือ	ความร้อนของเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้าเตาเผาหลัก (MJ/h)
	Q_2	คือ	ความร้อนในชิ้นงานเตาเผาหลัก (MJ/h)
	Q_3	คือ	ความร้อนสูญเสียของแก๊สไอเสียออกจากเตาเผาหลัก (MJ/h)
	Q_4	คือ	ความร้อนสูญเสียผ่านผนังเตาเผาหลัก (MJ/h)
	Q_5	คือ	ความร้อนสูญเสียทางด้านช่องทางเปิดของเตาเผาหลัก (MJ/h)
	Q_6	คือ	ความร้อนสูญเสียอื่น ๆ ของเตาเผาหลัก (MJ/h)

1. ปริมาณค่าความร้อนที่ได้จากเชื้อเพลิง LPG (Q_1)

สามารถหาได้จากการนำค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้า เนื่องจากอุณหภูมิของแก๊สไอเสียที่ปล่อยออกสู่อากาศ มีอุณหภูมิสูงกว่า 100°C จึงไม่สามารถให้ใส่ค่าความร้อนสูงของเชื้อเพลิงมาคิดคำนวณได้ จึงให้ค่าความร้อนต่ำในการคำนวณจากสมการต่อไปนี้

$$\dot{m}_1 = FC_1 \times \rho_1$$

สมการที่ 3

$$Q_1 = \dot{m}_1 \times \text{LHV}$$

สมการที่ 4

เมื่อ Q_1 คือ ความร้อนของเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้าเตาเผาหลัก (MJ/h)

$\dot{m}_1$ คือ อัตราการสิ้นเปลืองแก๊ส LPG (kg/h)

FC_1 คือ อัตราปริมาณสิ้นเปลืองแก๊ส LPG (L/h)

ρ_1 คือ ความหนาแน่นของแก๊ส LPG (kg/h)

LHV คือ ค่าความร้อนต่ำของแก๊ส LPG (kJ/kg)

2. ค่าความร้อนในชิ้นงาน (Q_2)

ความร้อนที่นำออก โดยชิ้นงานหาได้จากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงของชิ้นงานที่เข้าและออกจากเตาเผาหลัก ความร้อนในผลิตภัณฑ์ที่สามารถได้จากสมการต่อไปนี้

$$Q_2 = \dot{m}_2 C_{p1} (T_2 - T_1) / 1000$$

สมการที่ 5

เมื่อ $\dot{m}_2$ คือ อัตราการป้อนชิ้นงานของเตาเผาหลัก (kg/h)

C_{p1} คือ ค่าความร้อนจำเพาะของชิ้นงานเตาเผาหลัก (kJ/kg·K)

T_1 คือ อุณหภูมิของชิ้นงานที่เข้าเตาเผาหลัก (K)

T_2 คือ อุณหภูมิของชิ้นงานที่ออกจากเตาเผาหลัก (K)

3. ค่าความร้อนสูญเสียของแก๊สไอเสีย (Q_3)

ความร้อนสูญเสียของแก๊สไอเสีย เกิดจากถูกพาออกไปทางปล่องควันไอเสีย ซึ่งจะต้องทราบองค์ประกอบของแก๊ส LPG ที่ อัตราการสิ้นเปลืองแก๊ส LPG อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้จริง และผลการตรวจวัดวิเคราะห์แก๊สไอเสียเพื่อคำนวณหาความร้อนสูญเสียของไอเสีย ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$Q_3 = \dot{m}_3 C_{p2} (T_4 - T_3) / 1000$$

สมการที่ 6

เมื่อ $\dot{m}_3$ คือ อัตราการไหลของแก๊สไอเสียเตาเผาหลัก (kg/h)

C_{p2} คือ ค่าความร้อนจำเพาะเฉลี่ยของแก๊สไอเสียเตาเผาหลัก (kJ/kg·K)

T_4 คือ อุณหภูมิของแก๊สไอเสียที่ออกจากเตาเผาหลัก (K)

T_3 คือ อุณหภูมิของอากาศที่เข้าสู่เตาเผาหลัก (K)

4. ความร้อนสูญเสียจากการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังเตา (Q_4)

ค่าความร้อนสูญเสียจากการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังเตา สามารถหาได้จากการวัดอุณหภูมิที่ผิวของผนังเตาด้านในและด้านนอก โดยให้อุณหภูมิด้านในของผนังเตาเท่ากับอุณหภูมิภายในเตา จึงสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$Q_4 = \frac{T_4 - T_5}{\frac{L_b}{K_b \times A_b}} \times \frac{3600}{\frac{L_s}{K_s \times A_s}}$$

สมการที่ 7



เมื่อ	T_4	คือ	อุณหภูมิของผนังเตาทางด้านในเตาเผาหลัก (K)
	T_5	คือ	อุณหภูมิของผนังเตาทางด้านนอกหลัก (K)
	L_b	คือ	ความหนาของอิฐผนังเตาเผาหลัก (m)
	K_b	คือ	ค่าการนำความร้อนของอิฐผนังเตาเผาหลัก (W/m·K)
	A_b	คือ	พื้นที่หน้าตัดที่มีการถ่ายเทความร้อนของอิฐผนังเตาเผา (m^2)
	L_s	คือ	ความหนาของเหล็กโครงสร้าง (m)
	K_s	คือ	ค่าการนำความร้อนของเหล็ก (W/m·K)
	A_s	คือ	พื้นที่หน้าตัดที่มีการถ่ายเทความร้อนของเหล็ก (m^2)

จากทฤษฎีข้างต้นของเตาเผาเซรามิค สามารถหาประสิทธิภาพทางความร้อนโดยรวม (η_{th}) ของระบบก่อนการปรับปรุง ได้จากการคำนวณดังนี้

$$\eta_{th} = (Q_2 / Q_1) \times 100$$

สมการที่ 8

และประสิทธิภาพของระบบหลังการปรับปรุงคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\eta_{th} = [(Q_2 + Q_3) / Q_1] \times 100$$

สมการที่ 9

ทฤษฎีห้องอบแห้ง

การอบแห้ง คือ กระบวนการดึงความชื้นออกจากวัสดุทางการเกษตรที่ทำการอบแห้ง โดยจ่ายความร้อนให้แก่ห้องอบแห้ง ห้องอบแห้งที่นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมทางภาคเหนือมี 3 รูปแบบ คือ แบบดั้งเดิม แบบซงโกโลโล่ และแบบรวมศูนย์ ในแต่ละแบบมีข้อดี ดังนี้

ตารางที่ 3 ข้อดีของห้องอบแห้ง แบบดั้งเดิม แบบซงโกโลโล่ และแบบรวมศูนย์

ระบบอบแห้ง	ข้อดี
แบบดั้งเดิม	ราคาการก่อสร้างถูก วัสดุการก่อสร้างสามารถหาได้ในท้องถิ่น ขั้นตอนการควบคุมไม่ยุ่งยาก
แบบซงโกโลโล่	สิ้นเปลืองพลังงานในการอบน้อยกว่าแบบดั้งเดิม ไม่ใช้แรงงานในการบรรจุผลิตภัณฑ์ การบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าและออกห้องอบง่ายกว่าแบบดั้งเดิม ใช้แรงงานในการเติมเชื้อเพลิงน้อย

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ระบบอบแห้ง	ข้อดี
แบบรวมศูนย์	สิ้นเปลืองพลังงานในการผลิตน้อย ไม่ต้องใช้แรงงานในการบรรจุ ผลิตผลมาก การบรรจุเข้าและเอาออกทำได้ง่าย มีจุดป้อนแหล่งพลังงานแค่จุดเดียว คุณภาพผลิตผลมีความสม่ำเสมอเนื่องจาก สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมน้อย บรรจุผลิตผลได้มากกว่าแบบอื่น ๆ

ระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์เป็นระบบที่ได้รับความนิยมแพร่หลาย ในภาคเหนือ โดยใช้ น้ำร้อนหรือไอน้ำเป็นแหล่งพลังงานความร้อนในการอบแห้ง สำหรับการอบแห้งโดยใช้แหล่งพลังงานความร้อนนั้น นัฐพร และ ชัชวาล (2552) ได้สรุปแนวทางเป็น 2 รูปแบบ คือ การนำความร้อนทิ้งอุณหภูมิสูง มาจ่ายให้แก่ห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์โดยตรง และการนำความร้อนทิ้งอุณหภูมิต่ำมาเพิ่มคุณภาพความร้อน โดยระบบเพิ่มความร้อนแบบอัดไอน้ำ จากนั้นนำน้ำร้อนอุณหภูมิสูงที่ได้จ่ายให้แก่ห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์ต่อไป

ระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์มีหลักการทำงาน คือ ใช้น้ำร้อนเป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนความร้อน น้ำร้อนที่มีอุณหภูมิสูงจะส่งผ่านแผงแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนให้กับอากาศภายในห้องอบแห้งให้มีอุณหภูมิสูง จากนั้นพัดลมและมอเตอร์จะทำหน้าที่ส่งลมร้อนให้หมุนเวียนภายในห้องอบแห้ง ผนังแจกลมทำหน้าที่แยกอากาศที่ใช้ในการอบแห้งออกจากอากาศชั้นที่ต้องผ่านแผงแลกเปลี่ยนความร้อน และอากาศแห้งก่อนเข้าทำการอบแห้ง โครงเหล็กภายในห้องทำหน้าที่รองรับน้ำหนักโครงสร้าง ชุดควบคุมไฟฟ้าและอุณหภูมิทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า พร้อมทั้งควบคุมอุณหภูมิภายในห้องอบแห้ง

รอยเท้าคาร์บอน

การประเมินรอยเท้าคาร์บอนหรือคาร์บอนฟุตพริ้นต์ (Carbon Footprint) คือ การประเมินหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะถูกปล่อยออกมา จากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วยตั้งแต่ได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การผลิต การใช้งานและการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลังใช้งาน โดยคำนวณออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า การประเมินผลกระทบต่องlobal warming จากการคำนวณ

$$CF = EF \times AD$$

สมการที่ 10

เมื่อ	CF	คือ	ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต์ (CO ₂ emission, kg CO ₂ -eq)
	EF	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor, kg CO ₂ -eq/Unit)
	AD	คือ	ข้อมูลกิจกรรมต่าง ๆ (Environmental Load, Unit)

การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นต์จากข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงได้จากข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้คูณค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดเชื้อเพลิง โดยค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ใช้ในการประเมิน ประกอบด้วยกลุ่มพลังงาน คือ LPG และกลุ่มไฟฟ้า ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ชนิดพลังงาน	หน่วย	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kg CO ₂ -eq/Unit)
LPG	kg	0.4122
ไฟฟ้า	kWh	0.6093

ที่มา : Thai National Database (2557)

การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์

ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) คือ ระยะเวลาที่ผลตอบแทนสุทธิสะสม จากการดำเนินงานมีค่าเท่ากับมูลค่าในการลงทุนทั้งหมด โครงการใดที่มีระยะเวลาลงทุนยังสั้นยิ่งมีความต้องการสูง เนื่องจากสามารถนำเงินที่คืนทุนไปลงทุนในกิจการอื่น ๆ ได้ ระยะเวลาคืนทุนที่นิยมใช้จะเป็นแบบวิธีระยะคืนทุนแบบง่าย โดยสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$PB = P / B$$

สมการที่ 11

เมื่อ	PB	คือ	ระยะเวลาดำเนิน (year)
	P	คือ	มูลค่าในการลงทุน (Baht)
	B	คือ	ผลตอบแทนสะสมสุทธิรายปี (Baht/year)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

US Department of Energy (2004) ทำการศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อน ของเตาเผาชนิดต่าง ๆ โดยการเพิ่มประสิทธิภาพ การลดการสูญเสียความร้อนที่ป้อนเข้าระบบ การเพิ่มประสิทธิภาพคือลดการสูญเสียความร้อนที่ได้ปล่อยทิ้งให้มากที่สุด โดยปรับอัตราส่วนการเผาไหม้ให้เหมาะสมและลดการสูญเสีย ของก๊าซไอเสีย สรุปพบว่า ยิ่งอุณหภูมิสูง ประสิทธิภาพจะลดลง ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพคือ อัตราส่วนของอากาศเชื้อเพลิง (Fuel-Air Ratios) ซึ่งเป็นอัตราส่วนทางด้านเคมี หากอัตราส่วนเหมาะสมจะทำให้ได้อุณหภูมิของเปลวไฟและประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุด

Joachim Georg Wunning (2004) ทำการศึกษาการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่ของหัวเผาแบบ Regenerative ด้วยการเพิ่มขึ้น ของอุณหภูมิของการเผาไหม้อากาศโดยการกักเก็บความร้อนจากก๊าซไอเสียร้อนและใช้เทคนิคการเผาไหม้ แบบไม่มีเปลวไฟ ทำให้ประหยัดพลังงาน ลดก๊าซกลุ่มไนโตรเจนออกไซด์ และเป็นการบำรุงรักษาเตาจากการทดสอบพบว่าประสิทธิภาพและความเชื่อถือได้ในระบบการเผาไหม้ (Combustion System) จะส่งผลต่อการลงทุน และการคุ้มทุนในระบบสั้น แต่สามารถให้ผลผลิตออกมาอย่างมีคุณภาพและงานต่อการเดินเครื่องจักร

Ana Mezquita Energy (2014) ทำการศึกษาปริมาณพลังงานความร้อนที่ใช้ในโรงงานเซรามิก กับเตาเผาแบบลูกกลิ้ง (Roller Kilns) ใช้ก๊าซเป็นเชื้อเพลิง 50% ของพลังงานที่ป้อนเข้าไป ได้สูญเสียไปกับก๊าซเสีย (Flue Gas) ที่ปล่อยออกมานำก๊าซหล่อเย็นนำมาใช้ในห้องเผาไหม้ ผลที่ได้พบว่ามีตัวแปรพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพ เมื่อปรับปรุงสามารถประหยัดพลังงาน 17% เมื่อสามารถนำก๊าซหล่อเย็นนำมาใช้ในห้องเผาไหม้ และไม่ได้ปล่อยออกสู่บรรยากาศ

ปิยะภัทร คุ่มปรีดี (2544) เป็นการศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์ความร้อนสำหรับเตาเผาเซรามิก เตาเผาเซรามิกเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญในกระบวนการผลิตเซรามิก และต้องการความร้อนสูงจากเชื้อเพลิงโดยตรงเป็นเวลานานในกระบวนการเผา ทำให้มีพลังงานที่ถูกปล่อยทิ้งโดยเฉลี่ยราว 35-50% ในรูปของความร้อนที่ปล่อยทิ้งทางปล่องคว้นซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 600-800 °C พบว่าอุณหภูมิปล่อยทิ้งทางปล่องประมาณ 800 °C สามารถอุ่นอากาศจากอุณหภูมิ 49 °C เพิ่มขึ้น 394 °C สามารถประหยัดก๊าซ LPG ได้ 23% ต่อการเผา 1 ครั้งคิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ประมาณ 14,553 Baht/y ระยะเวลาดำเนินการ 2.2 y อัตราผลตอบแทนการลงทุน 49.5% ประสิทธิภาพ

เชิงความร้อนของเตาเผาเซรามิกเท่ากับ 2.3% ซึ่งผลที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเตาเผาเซรามิกขนาดอื่น ๆ Recuperator มีประสิทธิภาพ 47%

ชาติชาย เดชประทุม (2551) ทำการศึกษาเครื่องอบแห้งโดยนำความร้อนเหลือทิ้งจากปล่อง Cooling เตา Roller มาใช้ในกระบวนการอบสีก่อนการชุบเคลือบ ออกแบบและสร้างเครื่องอบที่เหมาะสมกับสภาพการทำงาน of เตาและประเมินสมรรถนะของเครื่องอบแห้ง โดยพิจารณาจาก การใช้พลังงาน และอัตราการอบแห้ง ผลลัพธ์ จากการทดลองพบว่าความร้อนที่เหลือทิ้งจากปล่องเตา Roller ด้าน Cooling Zone เมื่อเทียบกับการใช้ LPG แล้วพบว่า LPG Consumption 0.83 kg/h คิดเป็น 57.96 MJ/h หรือ 20.16 kg/d (คิดการทำงาน 24 h/d) คิดเป็นเงิน 306 Baht/d (LPG เฉลี่ย 15.18 Baht/kg) หากเครื่องอบมีการใช้งาน 300 d/y สามารถคำนวณผลประหยัดได้ 91,800 Baht/y (เทียบจาก LPG Consumption 0.83 kg/h) และมีจุดคุ้มทุนประมาณ 4.2 y

จากงานวิจัยข้างต้น พบว่า มีการนำความร้อนทิ้งจากไอเสียมาใช้ในการอบในโรงงานเซรามิกและสามารถประหยัดแก๊ส LPG ได้ แต่การศึกษาดังกล่าวเป็นการวิเคราะห์ด้านพลังงานและด้านเศรษฐศาสตร์เท่านั้น รวมทั้งเป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของโรงงานเพียงแห่งเดียว ดังนั้นเพื่อให้สามารถวิเคราะห์การลดปริมาณการใช้แก๊ส LPG ของโรงงานเซรามิกในจังหวัดลำปางได้อย่างครอบคลุมทุกมิติ จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ ที่ต้องการศึกษาการนำความร้อนทิ้งจากไอเสียของโรงงานเซรามิกในจังหวัดลำปางมาใช้ในการอบแห้ง โดยการวิเคราะห์แบบ 3 มิติ ด้านพลังงาน ด้านเศรษฐศาสตร์ และด้านสิ่งแวดล้อม



716529895

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ศึกษาข้อมูลและรวบรวมข้อมูล

ทำการศึกษาข้อมูลและรวบรวมข้อมูลการใช้ไฟฟ้า การใช้แก๊ส LPG ระยะเวลาการเผาเซรามิก ปริมาณการใช้ดินในการทำเซรามิก จำนวนเตาเผา และการนำความร้อนทิ้งกลับคืนมาใช้ประโยชน์ ของโรงงานเซรามิกที่มีปริมาณการเก็บเกิน 500 kg และมีปริมาณการเก็บ LPG เกิน 250 kg แต่ไม่เกิน 500 kg ในจังหวัดลำปาง ดังแสดงรายชื่อโรงงานเซรามิกในตารางที่ 5 และตารางที่ 6 ตามลำดับ

ตารางที่ 5 รายชื่อโรงงานเซรามิกที่มีปริมาณการเก็บเกิน 500 kg

ลำดับที่	ผู้ประกอบการ	ปริมาณเก็บ LPG (kg)
1	หจก. โรงงานดินเผาแหลมทอง	960
2	บริษัท ไทยแลนด์เทเบิลแวร์ (1974) จำกัด	960
3	บริษัท แหลมทองพอร์ซเลน จำกัด	960
4	โรงงานรุ่งเจริญเซรามิก	960
5	หจก. ลำปางเจริญศิลป์เซรามิก (Zone 1)	960
6	หจก. ลำปางเจริญศิลป์เซรามิก (Zone 2)	960
7	บริษัท ธนบดีเดคคอร์เซรามิก จำกัด	960
8	บริษัท วาลด์ พอทเทอรี จำกัด	960
9	บริษัท เซรามิก เอส.ที.ซี. จำกัด	960
10	บริษัท กาสะลอง เซรามิกส์ จำกัด (Zone 1)	35,796
11	บริษัท โสมพอตเทอรี จำกัด	13,424
12	บริษัท ชิกม่าเซรามิก จำกัด	17,898
13	บริษัท ลำปางศิปนคร จำกัด	13,424
14	บริษัท เอส พี พี กระเบื้องเคลือบ จำกัด	17,898
15	บริษัท เอส พี พี เซรามิก จำกัด	13,424
16	บริษัท ควอลิตี้เซรามิก จำกัด (Zone 1)	17,898
17	บริษัท ควอลิตี้เซรามิก จำกัด (Zone 2)	17,898



716529895

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ลำดับที่	ผู้ประกอบการ	ปริมาณเก็บ LPG (kg)
18	บริษัท อินทราเซรามิค จำกัด	13,424
19	บริษัท กระเบื้องดินเผา ลำปาง-ไทย จำกัด (บ้านเอื้อม)	4,475
20	บริษัท กระเบื้องดินเผา ลำปาง-ไทย จำกัด (พระเจ้าฯ)	13,424
21	บริษัท เคอร์ราไทล์ เซรามิค จำกัด	13,424
22	โรงงานประสพสุข	8,949
23	บริษัท กาสะลอง เซรามิกส์ จำกัด (Zone 2)	35,796

ตารางที่ 6 รายชื่อโรงงานเซรามิคที่มีปริมาณการเก็บ LPG เกิน 250 kg แต่ไม่เกิน 500 kg

ลำดับที่	ผู้ประกอบการ	ปริมาณเก็บ LPG (kg)
1	นางสาวดารุณี ประพิตรไพศาล	480
2	นายกิตติภูมิ หาญแก้ว	480
3	นางสาวดารุณี ประพิตรไพศาล	480
4	นางสาวยุพิน ธนบดีสกุล	480
5	นายณรงค์ เตชะวิจิตร	480
6	นายพจน์ เตชะวิจิตร	480
7	นายกัณฑพัฒน์ จันทราช	480
8	บริษัท เซราเฮาส์ จำกัด	480
9	นายชูชัย ภูชาญเจริญ	480
10	นายสมชาติ กองแก้ว	480
11	นางสมจิตร ไทยใหม่	480
12	นางมาลัย คำยอดใจ	480
13	นางสังวาลย์ บุญแก้ว	480
14	นางสาวไพรินทร์ ประแก่น	480
15	นายเจริญ ภาแก้ว	480
16	นางสาวนุกูล ไชยเรือน	480
17	นางธนพร กองสีใจ	480
18	นายไพฑูรย์ คำคะมูล	480



716529895

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ลำดับที่	ผู้ประกอบการ	ปริมาณเก็บ LPG (kg)
19	นายปราบชัย อินตะชั้น	480
20	นายธาดา มณีพันธ์	480
21	นายบุญยืน พรหมเรือง	480
22	นางลาวัลย์ จันทรหอม	480
23	นางประครองศรี ลำพูน	480
24	นางประทุม ศรีใจ	480
25	นางประทุม ศรีใจ	480
26	นายชาตรี ศรีใจ	480
27	นางมุกดา หาญฟ้าเลื่อน	480
28	นายบุญช่วย ใจยากำ	480
29	นางอมรรัตน์ กาชัย	480
30	นายสุภาพ อัมมา	480
31	นายสมจิตร จันธิราช	480
32	นายอานนท์ วงศ์เอบุตร	480
33	นายนิพนธ์ นันทา	480
34	นายจักรกฤษณ์ ทัพหิธรวัฒน์	480
35	นางสาวภควดี จันทรสกา	480
36	นายเชวงศักดิ์ ก่อพานิชกุล	480
37	นายชัยวัฒน์ ทินนิกร	480
38	นายไชยวัฒน์ จันทรสกา	480
39	นายวุฒิชัย พลายด้วง	480
40	นายชนะ สิทธิ	480
41	นายสนธิ เมืองแนว	480
42	นายสัจด์ เมืองแนว	480
43	นางอุไรวรรณ พิสปิงคำ	480
44	บริษัท แสงชัย จำกัด	480



716529895

สำรวจโรงงานเซรามิกที่นำความร้อนทิ้งกลับคืนมาใช้ในการอบแห้ง

คัดเลือกโรงงานเซรามิกที่มีปริมาณการเก็บแก๊ส LPG มากกว่า 250 kg และมีการนำไอเสียจากกระบวนการผลิตเซรามิกกลับคืนมาใช้ในห้องอบแห้ง เพื่อประสานขอเข้าทำการสำรวจและเก็บข้อมูลลักษณะห้องอบแห้ง และนำข้อมูลที่ได้มาทำการประเมินประสิทธิภาพด้านความร้อนของห้องอบแห้งต่อไป โดยทำการเลือกโรงงานจำนวนทั้งสิ้น 5 โรงงาน ดังแสดงรายชื่อโรงงานเซรามิกที่ทำการคัดเลือกในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 รายชื่อโรงงานเซรามิกที่ทำการสำรวจและเก็บข้อมูล

ลำดับที่	รายชื่อโรงงานเซรามิก
1	บริษัท อินทราเซรามิก จำกัด
2	บริษัท กาสะลอง เซรามิกส์ จำกัด
3	บริษัท แสงชัย เซรามิก จำกัด
4	บริษัท โฮมพोटเทอรี จำกัด
5	บริษัท เซราเฮาส์ จำกัด

การศึกษารูปแบบที่เหมาะสมของต้นแบบห้องอบแห้งที่ใช้ไอเสียเป็นแหล่งพลังงานสำหรับโรงงานเซรามิก

นำผลการประเมินประสิทธิภาพทางด้านความร้อนจากข้อมูลที่ได้ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์หาต้นแบบที่เหมาะสมของห้องอบแห้งสำหรับใช้ไอเสียเป็นแหล่งพลังงานสำหรับโรงงานเซรามิก โดยใช้การวิเคราะห์จาก Flow simulation ของโปรแกรม Solid Work

จากนั้นนำผลที่ได้ไปประเมินการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงงานเซรามิกในจังหวัดลำปาง เพื่อหาปริมาณ LPG ที่สามารถลดลงได้ของจังหวัดลำปาง

ประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการติดตั้งต้นแบบห้องอบแห้งที่ใช้แหล่งความร้อนจากไอเสีย โดยพิจารณาจากระยะเวลาการคืนทุนของต้นแบบห้องอบแห้ง

ประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงงานเซรามิกในจังหวัดลำปาง

นำผลการเพิ่มประสิทธิภาพด้านความร้อนจากต้นแบบห้องอบแห้งที่ใช้แหล่งความร้อนจากไอเสีย มาประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อหาปริมาณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่สามารถลดลงได้ของโรงงานเซรามิกในจังหวัดลำปาง เทียบกับการปลดปล่อยคาร์บอนในปัจจุบัน

วิเคราะห์แผนยุทธศาสตร์การใช้พลังงานของจังหวัดลำปาง

นำผลการศึกษาในข้างต้นมาวิเคราะห์ร่วมกับแผนปฏิบัติการพลังงานจังหวัดลำปาง ปี พ.ศ. 2559-2562 สำนักงานพลังงานจังหวัดลำปาง เพื่อวางแผนแผนยุทธศาสตร์ด้านพลังงานของจังหวัดลำปาง สำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงงานเซรามิกโดยการนำความร้อนทิ้งกลับคืน มาใช้ประโยชน์ในการอบแห้ง ซึ่งแผนปฏิบัติการพลังงานจังหวัดลำปางที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน มีประเด็นยุทธศาสตร์และแผนปฏิบัติการพลังงานดังต่อไปนี้

1. ประเด็นพลังงานของจังหวัดลำปาง

จังหวัดลำปางตั้งอยู่ในสถานที่ที่มีความเอื้ออำนวยในหลายประการ ทั้งความอุดมสมบูรณ์ของป่าไม้และภูเขา แหล่งทรัพยากรธรรมชาติต่าง ๆ มากมาย ด้านการประกอบอาชีพประชากรส่วนใหญ่ของจังหวัดมีอาชีพเกษตรกรรม จึงทำให้มีวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรที่สามารถนำมาแปรเปลี่ยนให้เป็นพลังงานทดแทนได้ เช่น ชังข้าวโพด ชานอ้อย หรือ แกลบ เป็นต้น ในด้านการปศุสัตว์มูลสัตว์สามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยสำหรับเกษตรกรรมในลักษณะปุ๋ยหมัก และยังสามารถนำมาผลิตเป็นก๊าซชีวภาพได้เป็นอย่างดีทั้งนี้ในแต่ละอำเภอจะมีศักยภาพด้านพลังงานที่สามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานที่แตกต่างกัน ซึ่งจะมีการส่งเสริมและพัฒนาพลังงาน รวมทั้งการจัดการและอนุรักษ์พลังงาน จำเป็นต้องมีแผนยุทธศาสตร์พลังงานจังหวัดในภาพรวม เพื่อให้จังหวัดโดยสำนักงานพลังงานจังหวัดลำปาง จะใช้เป็นแผนปฏิบัติงานด้านพลังงานของจังหวัดในการขับเคลื่อน

ดังนั้นแผนยุทธศาสตร์พลังงานจังหวัดลำปางจะช่วยให้เกิดการใช้ทรัพยากรพลังงานที่เหมาะสมไม่เหลือทิ้งให้นำไปสู่ปัญหาทางด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม นอกจากนั้นแล้วยังเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับพืชผลทางเศรษฐกิจในระดับจังหวัด ซึ่งจะเป็นแนวทางการแก้ปัญหาของประชาชนเชิงรุก และมีต้นแบบให้ประชาชนนำไปใช้ได้

2. แผนยุทธศาสตร์พลังงานจังหวัดลำปาง

สำหรับวิสัยทัศน์

“จังหวัดที่สนับสนุนการบริหารจัดการด้านพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ พอเพียงต่อการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และสมดุลกับสิ่งแวดล้อม”

สำหรับเป้าประสงค์รวม

1. การใช้พลังงานภายในจังหวัดลดลงทั้งในภาครัฐ ภาคเอกชน ภาคประชาชนและภาคอุตสาหกรรมในจังหวัดใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ
2. ประชาชนในจังหวัดสามารถผลิตพลังงานทดแทนขึ้นมาใช้เองได้ด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิต และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
3. เกิดการยอมรับอย่างกว้างขวางต่อเทคโนโลยีพลังงานที่นำมาใช้ผลิตพลังงาน
4. มีการลงทุนด้านอุตสาหกรรมพลังงานในพื้นที่ของจังหวัดลำปาง
5. ภาครัฐ ภาคเอกชน ภาคประชาชนและภาคอุตสาหกรรมในจังหวัด มีสำนึกที่ดีต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม โดยการปฏิบัติตนให้อยู่ในกรอบของการอนุรักษ์พลังงานอย่างเคร่งครัด

สำหรับพันธกิจ

1. ศึกษา สำรวจ วิเคราะห์ ด้านพลังงานและเป็นศูนย์ข้อมูลด้านพลังงาน
2. กำหนดนโยบาย แผน และมาตรการด้านพลังงาน
3. ส่งเสริม สนับสนุน การจัดหาพัฒนา และอนุรักษ์พลังงานภายใต้การมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน
4. พัฒนาบุคลากรและถ่ายทอดความรู้ด้านเทคโนโลยีด้านพลังงาน
5. ประสานความร่วมมือด้านพลังงานทุกภาคส่วน

3. ความเชื่อมโยงของยุทธศาสตร์กระทรวงพลังงานและยุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัดลำปาง

จากยุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัดลำปาง สามารถนำมาเชื่อมโยงกับแผนยุทธศาสตร์กระทรวงพลังงาน เพื่อวางเป้าประสงค์ในการปฏิบัติงานด้านพลังงานสำหรับจังหวัดลำปาง ได้ดังแสดงในตารางที่ 8 ต่อไปนี้

ตารางที่ 8 ยุทธศาสตร์กระทรวงพลังงานและยุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัด

ยุทธศาสตร์พลังงาน ของประเทศ (ยุทธศาสตร์ กระทรวงพลังงาน พ.ศ.2557-2561)	ยุทธศาสตร์จังหวัดลำปาง (ยุทธศาสตร์จังหวัด พ.ศ.2557-2560)	แนวคิดเป้าประสงค์ด้านพลังงาน สำหรับจังหวัดลำปาง
ประเด็นยุทธศาสตร์ ที่ 1 การจัดหา พลังงานให้เพียงพอ ต่อความต้องการ	ประเด็นยุทธศาสตร์การพัฒนาที่ 4 เสริมสร้างและพัฒนาคุณภาพ ชีวิตของประชาชนและสังคม ลำปางให้เป็นสังคมแห่งการ เรียนรู้มีความเข้มแข็ง มีภูมิคุ้มกัน สามารถดำรงชีวิตตามหลัก ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง	เป้าประสงค์ที่ 1 ประชาชน ชุมชน ภาครัฐ ภาคเอกชน และ ภาคอุตสาหกรรมเข้าใจถึงการใช พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และ ได้รับความรู้ด้านอนุรักษ์พลังงาน พลังงานทดแทน สามารถนำไปใช้ใน ชีวิตประจำวันได้ และสามารถ เผยแพร่ความรู้ความเข้าใจให้กับผู้อื่น ได้
ประเด็นยุทธศาสตร์ ที่ 4 การพัฒนา พลังงานที่ยั่งยืนและ เป็นมิตรต่อ สิ่งแวดล้อม	ประเด็นยุทธศาสตร์การพัฒนาที่ 6 ส่งเสริมการบริหารจัดการ ทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อมอย่างสมดุลและยั่งยืน	เป้าประสงค์ที่ 2 เครือข่ายมีความ เข้มแข็งและต่อเนื่องในด้านพลังงาน ประชาชนได้รับความรู้ด้านพลังงาน ได้สะดวกรวดเร็วและเป็นไปอย่าง ต่อเนื่องและองค์กรภาครัฐ ที่ เกี่ยวข้องสามารถถ่ายทอด ความรู้ ด้านพลังงานเบื้องต้นได้
ประเด็นยุทธศาสตร์ ที่ 4 การพัฒนา พลังงานที่ยั่งยืนและ เป็นมิตรต่อ สิ่งแวดล้อม	ประเด็นยุทธศาสตร์การพัฒนาที่ 4 เสริมสร้างและพัฒนาคุณภาพ ชีวิตของประชาชนและสังคม ลำปางให้เป็นสังคมแห่งการ เรียนรู้มีความเข้มแข็ง มีภูมิคุ้มกัน สามารถดำรงชีวิตตามหลัก ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง	เป้าประสงค์ 3 บุคลากรภาครัฐ ภาคเอกชน และประชาชนได้รับ ความรู้ด้านพลังงานอย่างต่อเนื่อง ถูกต้อง และนำไปใช้ได้จริงเจ้าหน้าที่ ได้รับความรู้ด้านพลังงานและ สามารถนำไปถ่ายทอดความรู้ได้



716529895

ตารางที่ 8 (ต่อ)

ยุทธศาสตร์พลังงาน ของประเทศ (ยุทธศาสตร์ กระทรวงพลังงาน พ.ศ.2557-2561)	ยุทธศาสตร์จังหวัดลำปาง (ยุทธศาสตร์จังหวัด พ.ศ.2557-2560)	แนวคิดเป้าประสงค์ด้านพลังงาน สำหรับจังหวัดลำปาง
ประเด็นยุทธศาสตร์ ที่ 4 การพัฒนาพลังงานที่ ยั่งยืนและเป็นมิตร ต่อสิ่งแวดล้อม	ประเด็นยุทธศาสตร์การพัฒนาที่ 4 เสริมสร้างและพัฒนาคุณภาพชีวิต ของประชาชนและสังคมลำปางให้ เป็นสังคมแห่งการเรียนรู้มีความ เข้มแข็ง มีภูมิคุ้มกันสามารถ ดำรงชีวิตตามหลักปรัชญาของ เศรษฐกิจพอเพียง	เป้าประสงค์ 4 ชุมชนและภาคอุตสาหกรรมได้รับ ความรู้เรื่อง การประหยัดพลังงาน เทคโนโลยีพลังงาน และศักยภาพด้าน พลังงานงานของชุมชนและส่งเสริมการ ใช้พลังงานจากวัสดุเหลือใช้จาก การเกษตรเพิ่มการใช้พลังงานทดแทน เพื่อวิถีล้านนาตามหลักปรัชญา เศรษฐกิจพอเพียง

4. แผนปฏิบัติการพลังงาน

แผนงานโครงการ เป้าประสงค์ที่ 4 ชุมชนได้รับความรู้เรื่อง การประหยัดพลังงาน เทคโนโลยีพลังงาน และศักยภาพด้านพลังงานงานของชุมชนและส่งเสริมการใช้พลังงานจากวัสดุเหลือใช้จาก การเกษตรเพิ่มการใช้พลังงานทดแทนเพื่อวิถีล้านนาตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

โครงการศึกษาวิจัยเพื่อนำความร้อนที่สูญเสียในกระบวนการผลิตเซรามิกกลับมาใช้ใหม่ โดย มีเป้าหมายดังต่อไปนี้

1. ผู้ประกอบการเข้าร่วมโครงการจำนวน 5 แห่งต่อปี
2. ลดการใช้ LPG ได้ไม่น้อยกว่า 10 kg/day factory



716529895

บทที่ 4

ผลและวิเคราะห์ผลการวิจัย

ผลการศึกษาของการดำเนินงานในขั้นตอนต่าง ๆ มีผลและการวิเคราะห์ผลการศึกษาของการนำความร้อนเหลือทิ้งจากโรงงานเซรามิกมาใช้ในการอบแห้งเซรามิก เพื่อลดการใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวของกระบวนการผลิต ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ข้อมูลโรงงานเซรามิกในจังหวัดลำปางที่ทำการคัดเลือก

ทำการศึกษาสำรวจและเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้า การใช้แก๊ส LPG ระยะเวลาการเผาเซรามิก ปริมาณการใช้ดินในการทำเซรามิก จำนวนเตาเผา และการนำความร้อนทิ้งกลับคืนมาใช้ประโยชน์ของโรงงานเซรามิกที่มีปริมาณการเก็บเกิน 500 kg และมีปริมาณการเก็บ LPG เกิน 250 kg แต่ไม่เกิน 500 kg ในจังหวัดลำปาง แสดงข้อมูลในตารางที่ 9 และตารางที่ 10 ตามลำดับ

ตารางที่ 9 รายชื่อโรงงานเซรามิกที่มีปริมาณการเก็บเกิน 500 kg

ลำดับ ที่	ชื่อสถาน ประกอบการ	ปริมาณ ไฟฟ้า (kWh/d)	ปริมาณ LPG (kg/d)	ระยะเวลา การเผา (h/d)	ปริมาณ การใช้ดิน (kg/d)	เตาเผา (Unit)	การนำ ความร้อน ทิ้งกลับคืน
1	หจก. โรงงานดิน เผาแหลมทอง	15	160	10	333	2	มี
2	บริษัท ไทยแลนด์ เทเบิลแวร์ (1974) จำกัด	7,452	2,896	19	5,000	2	มี
3	บริษัท แหลมทอง พอร์ซเลน จำกัด	35	192	12	1,000	2	ไม่มี
4	โรงงานรุ่งเจริญ เซรามิก	78	192	5	500	4	ไม่มี
5	หจก. ลำปาง เจริญศิลป์เซรามิก (Zone 1)	258	1,200	24	1,000	4	ไม่มี



ตารางที่ 9 (ต่อ)

ลำดับ ที่	ชื่อสถาน ประกอบการ	ปริมาณ ไฟฟ้า (kWh/d)	ปริมาณ LPG (kg/d)	ระยะเวลา การเผา (h/d)	ปริมาณ การใช้ดิน (kg/d)	เตาเผา (Unit)	การนำ ความร้อน ที่กลับคืน
6	หจก. ลำปาง เจริณศิลป์เซรามิค (Zone 2)	258	1,200	24	1,000	4	ไม่มี
7	บริษัท ธนบดีเด คอร์เซรามิค จำกัด	507	180	7	600	2	ไม่มี
8	บริษัท วาลด์ พอ ทเทอร์รี่ จำกัด	364	384	10	1,000	4	ไม่มี
9	บริษัท เซรามิค เอส.ที.ซี. จำกัด	4,682	1,100	24	4,000	2	มี
10	บริษัท กาสะลอง เซรามิกส์ จำกัด (Zone 1)	9,685	4,646	24	15,000	4	มี
11	บริษัท โฮมพอด เทอร์รี่ จำกัด	2,900	2000	24	10,000	9	มี
12	บริษัท ชิกม่า เซรามิค จำกัด	3,893	3,500	24	7,000	2	มี
13	บริษัท ลำปางศิ ปนคร จำกัด	4,240	2,750	24	20,000	14	มี
14	บริษัท เอส พี พี กระเบื้องเคลือบ จำกัด	7,568	3,856	24	6,800	2	มี
15	บริษัท เอส พี พี เซรามิค จำกัด	6,823	4,212	24	8,500	2	มี



716529895

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ลำดับ ที่	ชื่อสถาน ประกอบการ	ปริมาณ ไฟฟ้า (kWh/d)	ปริมาณ LPG (kg/d)	ระยะเวลา การเผา (h/d)	ปริมาณ การใช้ดิน (kg/d)	เตาเผา (Unit)	การนำ ความร้อน ทิ้งกลับคืน
16	บริษัท ควอลิตี้ เซรามิค จำกัด (Zone 1)	6,960	4,210	24	18,428	3	ไม่มี
17	บริษัท ควอลิตี้ เซรามิค จำกัด (Zone 2)	3,000	1,800	24	10,000	2	ไม่มี
18	บริษัท อินทรา เซรามิค จำกัด	250	86	9	3,000	2	มี
19	บริษัท กระเบื้อง ดินเผา ลำปาง- ไทย จำกัด (บ้าน เอี่ยม)	4,523	2,589	24	5,000	3	มี
20	บริษัท กระเบื้อง ดินเผา ลำปาง- ไทย จำกัด (พระ เจ้าฯ)	468	1,325	10	3,750	8	ไม่มี
21	บริษัท เคอร์ราไทล์ เซรามิค จำกัด	2592	3530	24	15,307	3	มี
22	โรงงานประสพสุข	235	3,840	9	2,000	7	มี
23	บริษัท กาสะลอง เซรามิคส์ จำกัด (Zone 2)	10,779	5,136	24	18,221	4	มี
	ค่าเฉลี่ย	3,372	2,216	18	6,845		14 แห่ง



716529895

ตารางที่ 10 รายชื่อโรงงานเซรามิคที่มีปริมาณการเก็บ LPG เกิน 250 kg แต่ไม่เกิน 500 kg

ลำดับ ที่	ชื่อสถาน ประกอบการ	ปริมาณ ไฟฟ้า (kWh/d)	ปริมาณ LPG (kg/d)	ระยะเวลา การเผา (h/d)	ปริมาณ การใช้ดิน (kg/d)	เตาเผา (Unit)	การนำความ ร้อนทิ้ง กลับคืน
1	นางสาวดรุณี ประพิตร ไพศาล	17	120	8	500	1	มี
2	นายกิตติภูมิ หาญแก้ว	17	144	12	600	2	ไม่มี
3	นางสาวดรุณี ประพิตร ไพศาล	17	120	8	500	1	มี
4	นางสาวยุพิน ธนบดีสกุล	27	225	14	500	1	ไม่มี
5	นายณรงค์ เต ชะวิจิตร	29	96	13	666	4	ไม่มี
6	นายพจน์ เต ชะวิจิตร	78	96	12	500	1	ไม่มี
7	นายกันตพัฒน์ จันทร์ราช	33	13	8	100	3	ไม่มี
8	บริษัท เซรา แฮส จำกัด	2,107.7 4	450	24	3,500	4	มี
9	นายชูชัย กฏ ชาญเจริญ	23	27	12	250	1	ไม่มี
10	นายสมชาติ กงแก้ว	23	54	7	142	1	ไม่มี
11	นางสมจิตร ไทยใหม่	9	16	8	66	2	ไม่มี
12	นางมาลัย คำ ยอดใจ	6	13	10	71	1	ไม่มี



716529895

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ลำดับ ที่	ชื่อสถาน ประกอบการ	ปริมาณ ไฟฟ้า (kWh/d)	ปริมาณ LPG (kg/d)	ระยะเวลา การเผา (h/d)	ปริมาณ การใช้ดิน (kg/d)	เตาเผา (Unit)	การนำ ความร้อน ทิ้งกลับคืน
13	นางสังวาลย์ บุญแก้ว	4	13	8	33	2	ไม่มี
14	นางสาว ไพรินทร์ ประ แก้กัณ	2	13	8	33	2	ไม่มี
15	นายเจริญ ถา แก้ว	6	20	9	66	1	ไม่มี
16	นางสาวนุกูล ไชยเรือน	9	24	9	66	1	ไม่มี
17	นางธนพร กองสีใจ	10	24	9	142	1	ไม่มี
18	นายไพฑูรย์ คำคะมูล	13	32	8	250	1	มี
19	นายปราบชัย อินตะขัน	5	19	10	66	1	ไม่มี
20	นายธาดา มณี พันธ์	16	27	8	68	1	ไม่มี
21	นายบุญยืน พรมเรือง	6	32	10	142	1	ไม่มี
22	นางลาวัลย์ จันทร์หอม	9	36	10	112	1	ไม่มี
23	นางประคอง ศรี ลำพูน	3	13	9	66	1	มี
24	นางประทุม ศรีใจ	8	34	18	333	1	มี



716529895

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ลำดับ ที่	ชื่อสถาน ประกอบการ	ปริมาณ ไฟฟ้า (kWh/d)	ปริมาณ LPG (kg/d)	ระยะเวลา การเผา (h/d)	ปริมาณ การใช้ดิน (kg/d)	เตาเผา (Unit)	การนำ ความร้อน ทิ้งกลับคืน
25	นางประทุม ศรีใจ	7	34	18	142	1	มี
26	นายชาติ ศรี ใจ	8	34	18	142	1	มี
27	นางมุกดา หาญฟ้าเลื่อน	9.6	6.4	5	33	1	ไม่มี
28	นายบุญช่วย ใจยาคำ	16	288	9	2,000	3	ไม่มี
29	นางอมรรัตน์ กาชัย	6	20	8	33	2	ไม่มี
30	นายสุภาพ อัปมา	3	14	9	33	1	ไม่มี
31	นายสมจิตร จันธิราช	15	27	11	285	1	ไม่มี
32	นายอานนท์ วงศ์เอบุตร	8	6	9	60	1	ไม่มี
33	นายนิพนธ์ นันทา	11	144	12	400	2	ไม่มี
34	นาย จักรกฤษณ์ ทัพหิรัวัฒน์	9.6	27	10	87	1	ไม่มี
35	นางสาวภควดี จันทร์สกา	23	27	9	33	1	ไม่มี
36	นายเชวงศักดิ์ ก่อพานิชกุล	58	16	3	67	1	ไม่มี



716529895

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ลำดับ ที่	ชื่อสถาน ประกอบการ	ปริมาณ ไฟฟ้า (kWh/d)	ปริมาณ LPG (kg/d)	ระยะเวลา การเผา (h/d)	ปริมาณ การใช้ดิน (kg/d)	เตาเผา (Unit)	การนำ ความร้อน ทิ้งกลับคืน
37	นายชัยวัฒน์ ทินนิกร	19	80	8	200	3	ไม่มี
38	นายไชยวัฒน์ จันทร์สกา	31	48	10	133	2	ไม่มี
39	นายวุฒิชัย พลายด้วง	8	34	8	112	1	ไม่มี
40	นายชนะ สิทธิ	11	68	10	76	1	ไม่มี
41	นายสนธิ เมืองแนว	38	24	8	500	1	ไม่มี
42	นายสัจด์ เมือง แนว	8	144	8	1,000	2	ไม่มี
43	นางอุไรวรรณ พิสปีงคำ	28	96	14	335	1	ไม่มี
44	บริษัท แสงชัย จำกัด	500	350	9	1200	1	มี
	ค่าเฉลี่ย	74	71	10	365		9 แห่ง

สำรวจและเก็บข้อมูลโรงงานเซรามิกที่มีการติดตั้งห้องอบแห้งที่ใช้ไอเสียเป็นแหล่งพลังงาน

จากการเข้าสำรวจและเก็บข้อมูลโรงงานเซรามิกที่มีการติดตั้งห้องอบแห้งที่ใช้ไอเสียเป็นแหล่งพลังงานจำนวน 5 โรงงาน มีข้อมูลการสำรวจต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

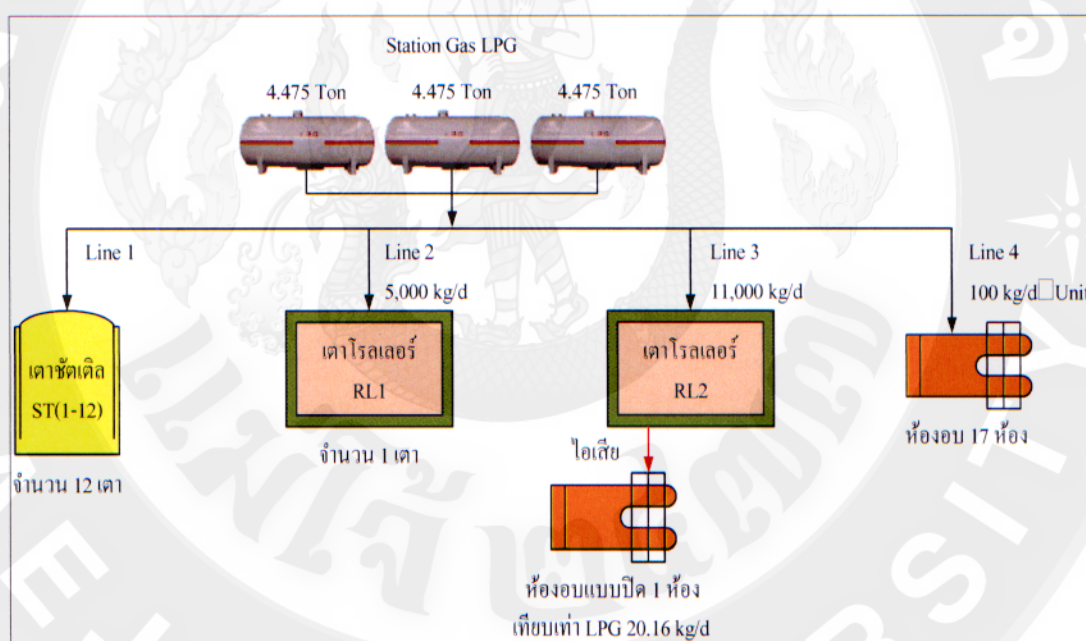
1. ผลการสำรวจและเก็บข้อมูลบริษัท อินทราเซรามิก จำกัด

บริษัท อินทราเซรามิก จำกัด มีลักษณะโรงงานและกระบวนการผลิตโดยรวม แสดงดังภาพที่ 5 มีการนำความร้อนทิ้งจากไอเสียของเตาเผาเซรามิกแบบโรลเลอร์ มาใช้ในห้องอบแบบปิดเพื่ออบเซรามิก ดังแสดงในภาพที่ 6 และภาพที่ 7 โดยมีปริมาณการใช้ LPG ก่อนการปรับปรุงของเตาโรล

เลอร์ประมาณ 11,000 kg/d และเมื่อมีการติดตั้งห้องอบ พบว่า มีปริมาณการใช้ LPG ลดลง 20.16 kg/d คิดเป็นประสิทธิภาพทางความร้อนของห้องอบเท่ากับ 0.18% ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 11



ภาพที่ 5 บริษัท อินทราเซรามิก จำกัด



ภาพที่ 6 แผนภาพกระบวนการใช้แก๊ส LPG ของบริษัท อินทราเซรามิก จำกัด



ภาพที่ 7 การทำงานของห้องอบแบบปิด บริษัท อินทราเซรามิค จำกัด

ตารางที่ 11 ปริมาณการใช้ LPG ที่ลดลงของเตาโรลเลอร์ บริษัท อินทราเซรามิค จำกัด

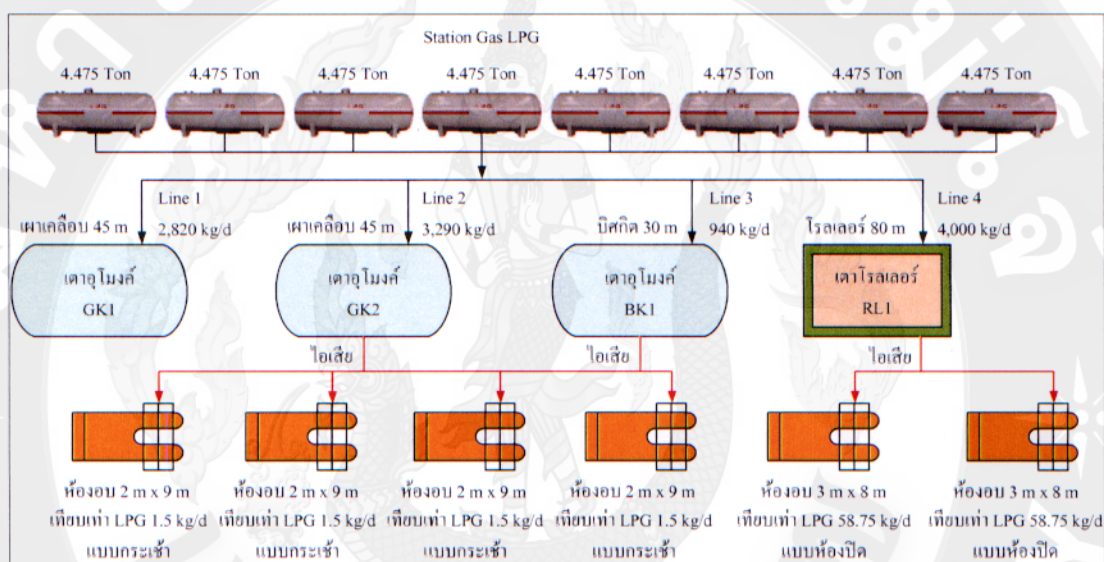
รายละเอียด	ปริมาณ	หน่วย
ปริมาณการใช้ LPG ก่อนการปรับปรุงของเตาโรลเลอร์ RL1	11,000.00	kg/d
ปริมาณการใช้ LPG หลังการปรับปรุงของเตาโรลเลอร์ RL1	10,979.84	kg/d
ปริมาณการใช้ LPG ที่ลดลง	20.16	kg/d
ประสิทธิภาพของห้องอบแห้ง	0.18	%

2. ผลการสำรวจและเก็บข้อมูลบริษัท กาสะลอง เซรามิกส์ จำกัด

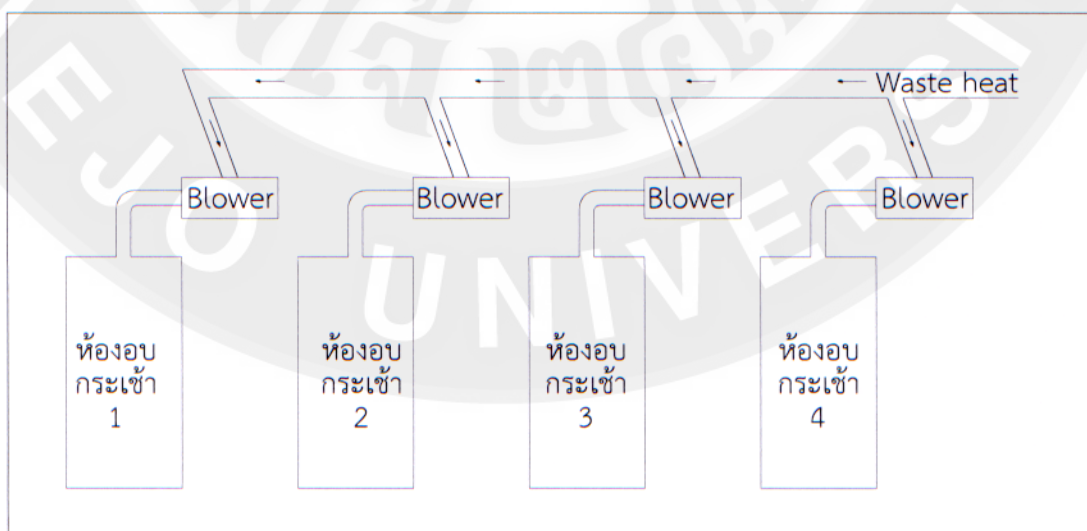
บริษัท กาสะลอง เซรามิกส์ จำกัด (Zone 1) มีลักษณะโรงงานและกระบวนการผลิตโดยรวมแสดงดังภาพที่ 8 มีการนำความร้อนทั้งจากไอเสียของเตาเผาเซรามิคแบบอุโมงค์และแบบโรลเลอร์มาใช้ในห้องอบแบบกระเช้าและแบบปิดเพื่ออบเซรามิค ดังแสดงในภาพที่ 9 โดยมีปริมาณการใช้ LPG ก่อนการปรับปรุงของเตาแบบอุโมงค์ประมาณ 4,236 kg/d และเมื่อมีการติดตั้งห้องอบแบบกระเช้า ดังแสดงในภาพที่ 10 พบว่า มีปริมาณการใช้ LPG ลดลง 6 kg/d คิดเป็นประสิทธิภาพทางความร้อนของห้องอบแห้งเท่ากับ 0.14% ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 12 ในขณะที่เตาแบบโรลเลอร์มีการใช้ LPG ก่อนการปรับปรุงประมาณ 4,118 kg/d และสามารถลดการใช้พลังงานจาก LPG ได้ประมาณ 118 kg/d ดังแสดงในภาพที่ 11 คิดเป็นประสิทธิภาพของห้องอบ 2.85% ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 13



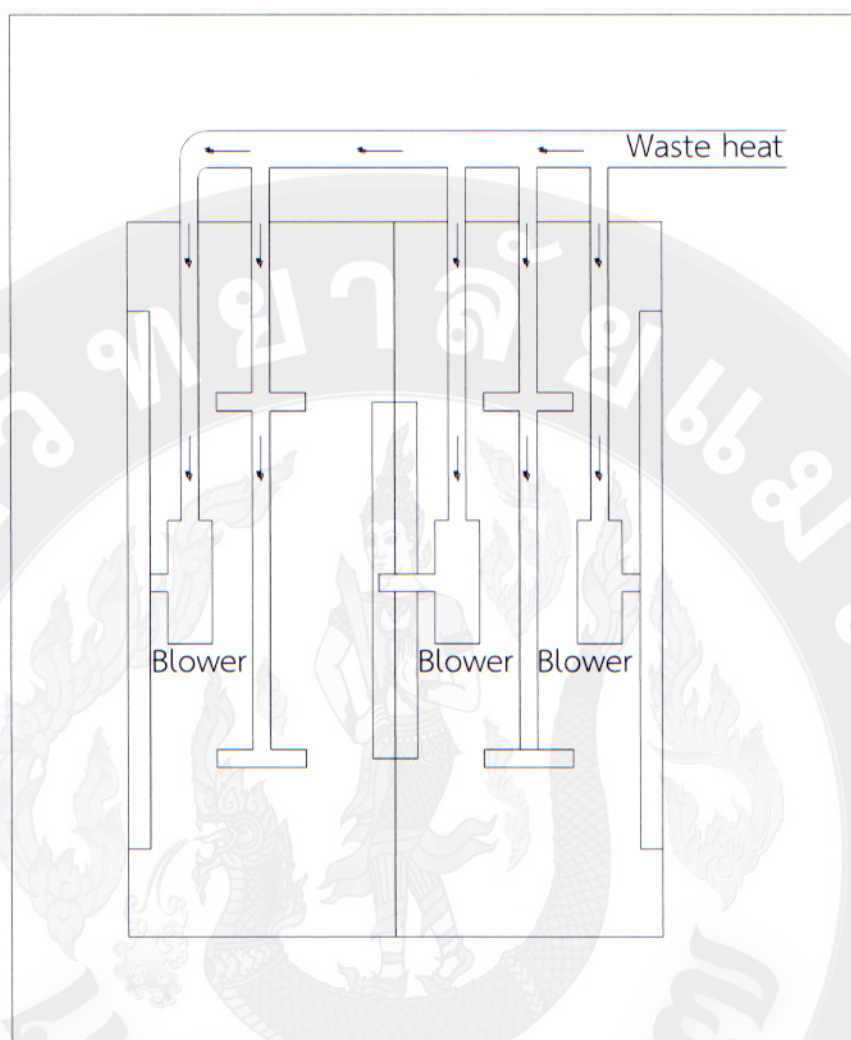
ภาพที่ 8 บริษัท กาสะลอง เซรามิกส์ จำกัด (Zone 1)



ภาพที่ 9 แผนภาพกระบวนการใช้แก๊ส LPG ของบริษัท กาสะลอง เซรามิกส์ จำกัด (Zone 1)



ภาพที่ 10 การทำงานของห้องอบแบบกระเช้า บริษัท กาสะลอง เซรามิกส์ จำกัด (Zone 1)



ภาพที่ 11 การทำงานของห้องอบแบบปิด บริษัท กาสะลอง เซรามิกส์ จำกัด (Zone 1)

ตารางที่ 12 ปริมาณการใช้ LPG ที่ลดลงของเตาอุโมงค์ บริษัท กาสะลอง เซรามิกส์ จำกัด

รายละเอียด	ปริมาณ	หน่วย
ปริมาณการใช้ LPG ก่อนการปรับปรุงของเตาอุโมงค์ GK2 และ BK1	4,236	kg/d
ปริมาณการใช้ LPG หลังการปรับปรุงของเตาอุโมงค์ GK2 และ BK1	4,230	kg/d
ปริมาณการใช้ LPG ที่ลดลง	6	kg/d
ประสิทธิภาพของห้องอบแห้ง	0.14	%

ตารางที่ 13 ปริมาณการใช้ LPG ที่ลดลงของเตาโรลเลอร์ บริษัท กาสะลอง เซรามิกส์ จำกัด

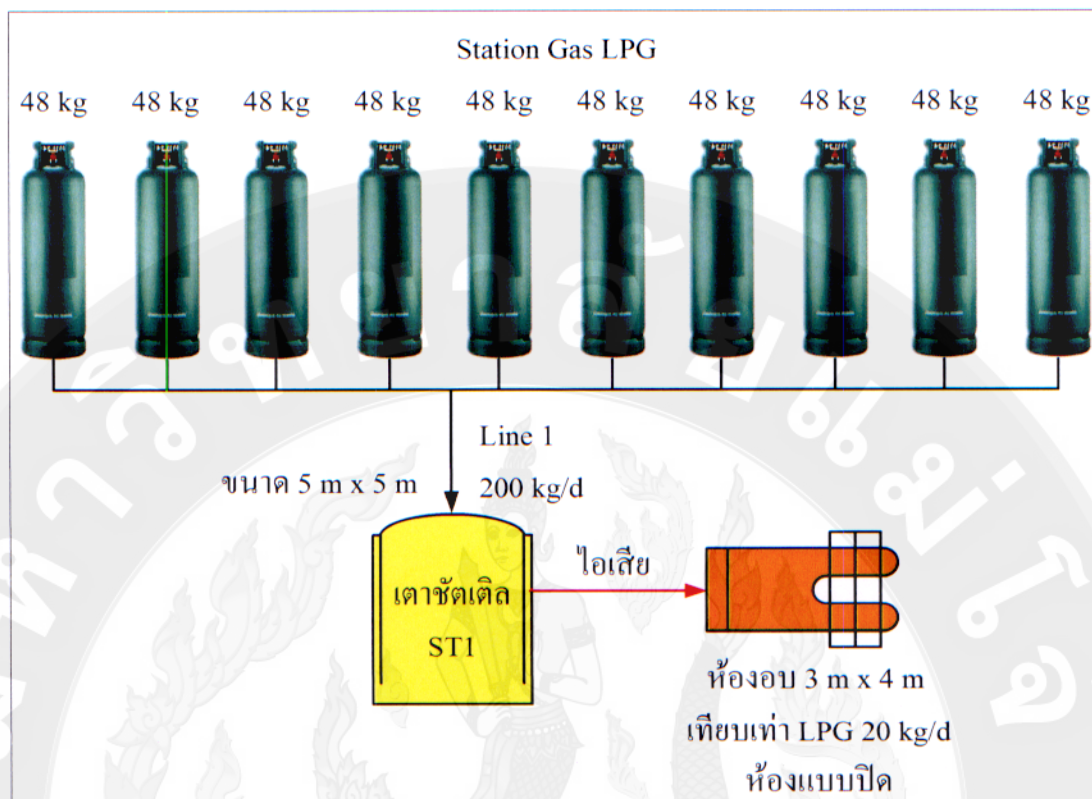
รายละเอียด	ปริมาณ	หน่วย
ปริมาณการใช้ LPG ก่อนการปรับปรุงของเตาโรลเลอร์ RL1	4,117.5	kg/d
ปริมาณการใช้ LPG หลังการปรับปรุงของเตาโรลเลอร์ RL1	4,000	kg/d
ปริมาณการใช้ LPG ที่ลดลง	117.50	kg/d
ประสิทธิภาพของห้องอบแห้ง	2.85	%

3. ผลการสำรวจและเก็บข้อมูลบริษัท แสงชัย เซรามิค จำกัด

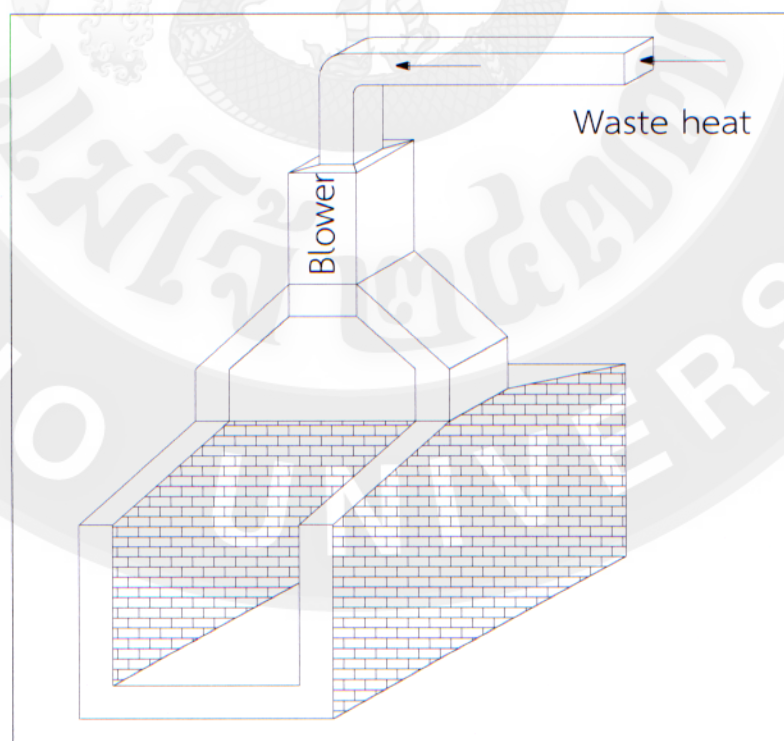
บริษัท แสงชัย เซรามิค จำกัด มีลักษณะโรงงานและกระบวนการผลิตโดยรวม แสดงดังภาพที่ 12 มีการนำความร้อนทิ้งจากไอเสียของเตาเผาเซรามิคแบบชุดเตา มาใช้ในห้องอบแบบปิดเพื่ออบเซรามิค ดังแสดงในภาพที่ 13 และภาพที่ 14 โดยมีปริมาณการใช้ LPG ก่อนการปรับปรุงของเตาชุดเตาประมาณ 220 kg/d และเมื่อมีการติดตั้งห้องอบ พบว่า มีปริมาณการใช้ LPG ลดลง 20 kg/d คิดเป็นประสิทธิภาพทางความร้อนของห้องอบแห้งเท่ากับ 9.09% ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 14



ภาพที่ 12 บริษัท แสงชัย เซรามิค จำกัด



ภาพที่ 13 แผนภาพกระบวนการใช้แก๊ส LPG ของบริษัท แสงชัย เซรามิค จำกัด



ภาพที่ 14 การทำงานของห้องอบแบบปิด บริษัท แสงชัย เซรามิค จำกัด

ตารางที่ 14 ปริมาณการใช้ LPG ที่ลดลงของเตาชุดเตีล บริษัท แสงชัย เซรามิก จำกัด

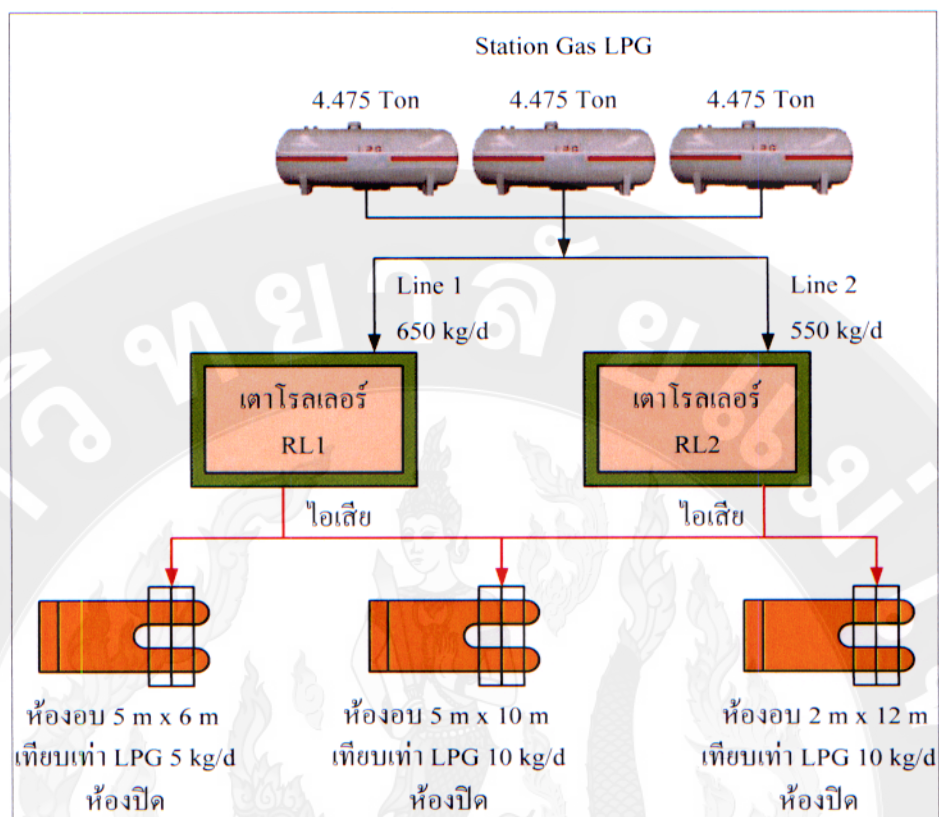
รายละเอียด	ปริมาณ	หน่วย
ปริมาณการใช้ LPG ก่อนการปรับปรุงของเตาชุดเตีล ST1	220	kg/d
ปริมาณการใช้ LPG หลังการปรับปรุงของเตาชุดเตีล ST1	200	kg/d
ปริมาณการใช้ LPG ที่ลดลง	20	kg/d
ประสิทธิภาพของห้องอบแห้ง	9.09	%

4. ผลการสำรวจและเก็บข้อมูลบริษัท โฮมพอดเทอรี่ จำกัด

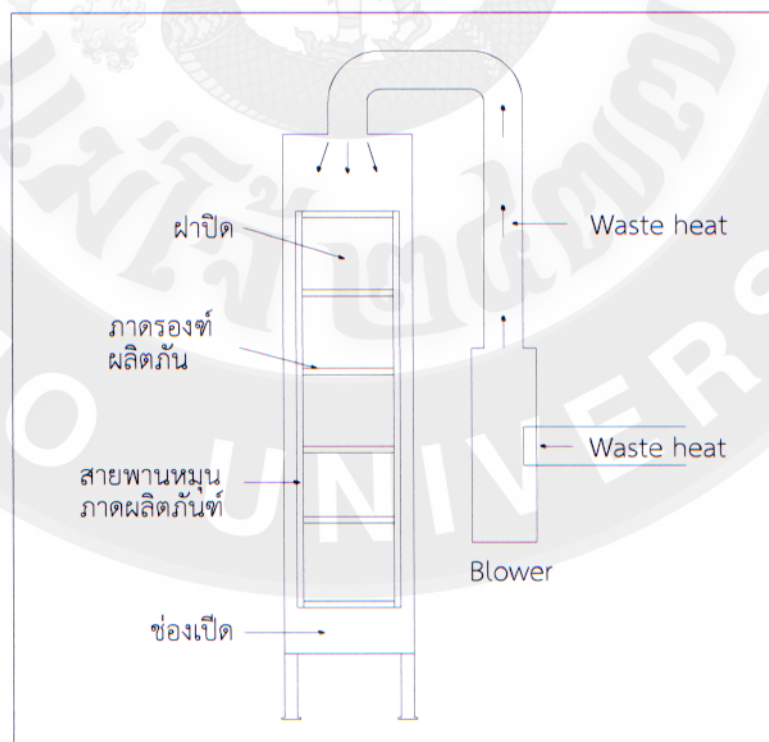
บริษัท โฮมพอดเทอรี่ จำกัด มีลักษณะโรงงานและกระบวนการผลิตโดยรวม แสดงดังภาพที่ 15 มีการนำความร้อนทิ้งจากไอเสียของเตาเผาเซรามิกแบบโรลเลอร์ มาใช้ในห้องอบแบบปิดเพื่ออบเซรามิก ดังแสดงในภาพที่ 16 และภาพที่ 17 โดยมีปริมาณการใช้ LPG ก่อนการปรับปรุงของเตาโรลเลอร์ประมาณ 1,225 kg/d และเมื่อมีการติดตั้งห้องอบ พบว่า มีปริมาณการใช้ LPG ลดลง 25 kg/d คิดเป็นประสิทธิภาพทางความร้อนของห้องอบแห้งเท่ากับ 2.04% ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 15



ภาพที่ 15 บริษัท โฮมพอดเทอรี่ จำกัด



ภาพที่ 16 แผนภาพกระบวนการใช้แก๊ส LPG ของบริษัท โฮมพอดเทอรี่ จำกัด



ภาพที่ 17 การทำงานของห้องอบแบบปิด บริษัท โฮมพอดเทอรี่ จำกัด

ตารางที่ 15 ปริมาณการใช้ LPG ที่ลดลงของเตาโรลเลอร์ บริษัท โฮมพोटเทอร์รี่ จำกัด

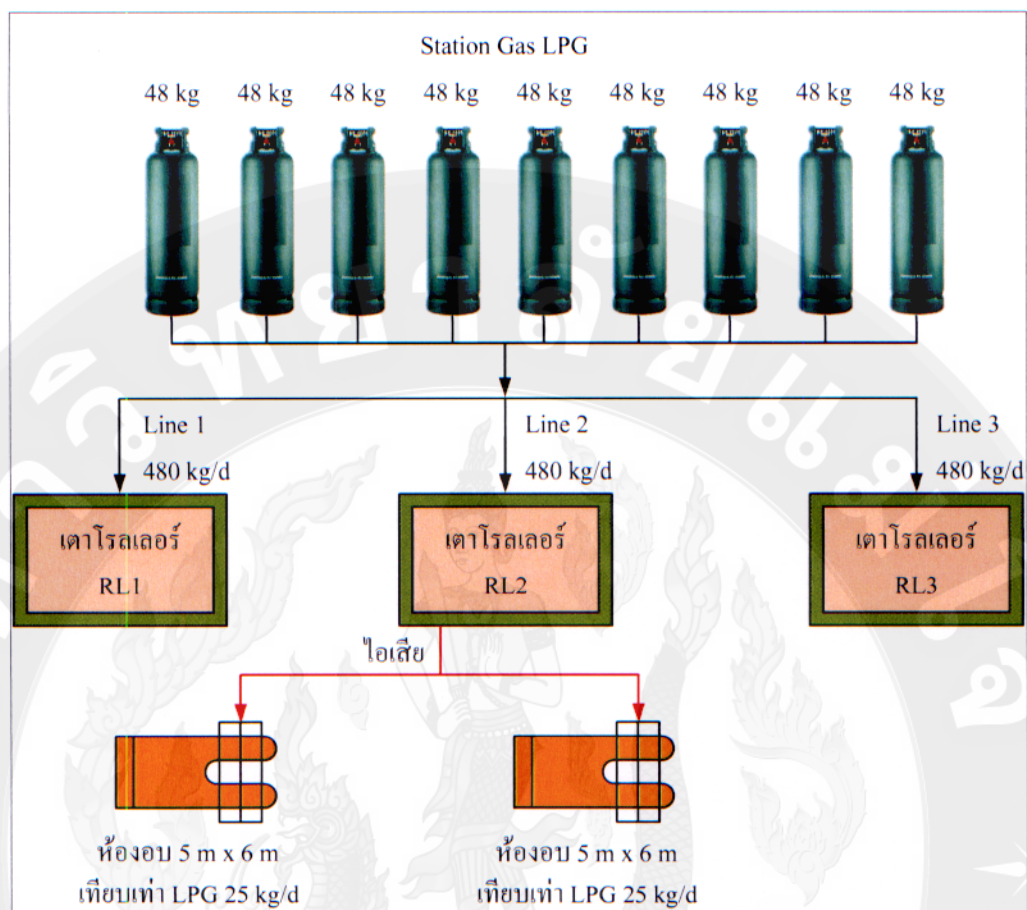
รายละเอียด	ปริมาณ	หน่วย
ปริมาณการใช้ LPG ก่อนการปรับปรุงของเตา RL1 และ RL2	1,225	kg/d
ปริมาณการใช้ LPG หลังการปรับปรุงของเตา RL1 และ RL2	1,200	kg/d
ปริมาณการใช้ LPG ที่ลดลง	25	kg/d
ประสิทธิภาพของห้องอบแห้ง	2.04	%

5. ผลการสำรวจและเก็บข้อมูลบริษัท เซราเฮาส์ จำกัด

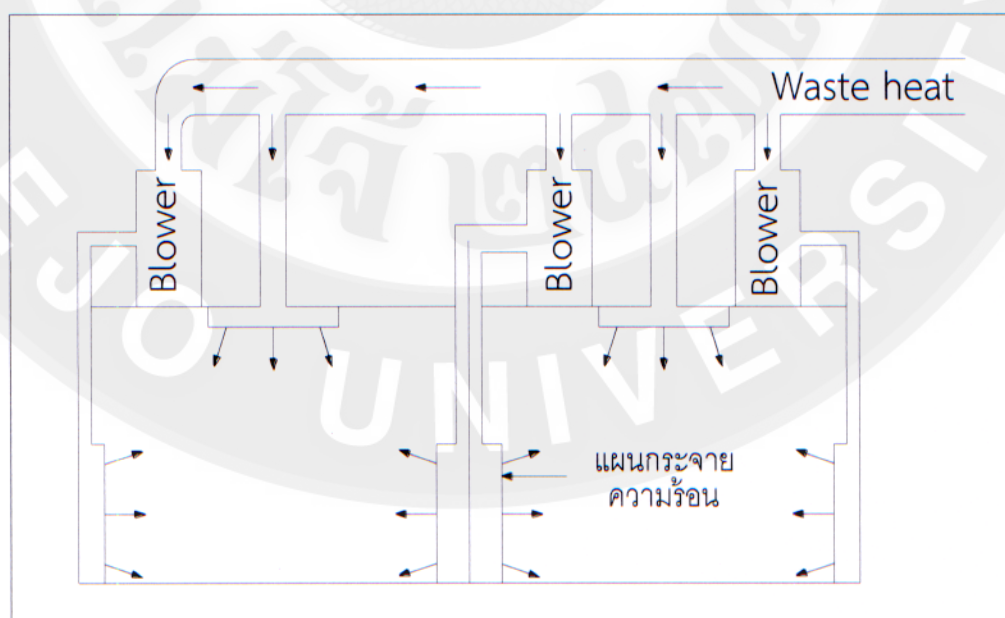
บริษัท เซราเฮาส์ จำกัด มีลักษณะโรงงานและกระบวนการผลิตโดยรวม แสดงดังภาพที่ 18 มีการนำความร้อนทิ้งจากไอเสียของเตาเผาเซรามิคแบบโรลเลอร์ มาใช้ในห้องอบแบบปิดเพื่ออบเซรามิค ดังแสดงในภาพที่ 19 และภาพที่ 20 โดยมีปริมาณการใช้ LPG ก่อนการปรับปรุงของเตาโรลเลอร์ประมาณ 530 kg/d และเมื่อมีการติดตั้งห้องอบ พบว่า มีปริมาณการใช้ LPG ลดลง 50 kg/d คิดเป็นประสิทธิภาพทางความร้อนของห้องอบแห้งเท่ากับ 9.43% ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 16



ภาพที่ 18 บริษัท เซราเฮาส์ จำกัด



ภาพที่ 19 แผนภาพกระบวนการใช้แก๊ส LPG ของบริษัท เซราเฮาส์ จำกัด



ภาพที่ 20 การทำงานของห้องอบแบบปิด บริษัท เซราเฮาส์ จำกัด

ตารางที่ 16 ปริมาณการใช้ LPG ที่ลดลงของเตาโรลเลอร์ บริษัท เซราเฮาส์ จำกัด

รายละเอียด	ปริมาณ	หน่วย
ปริมาณการใช้ LPG ก่อนการปรับปรุงของเตา RL2	530	kg/d
ปริมาณการใช้ LPG หลังการปรับปรุงของเตา RL2	480	kg/d
ปริมาณการใช้ LPG ที่ลดลง	50	kg/d
ประสิทธิภาพของห้องอบแห้ง	9.43	%

ต้นแบบห้องอบแห้งประสิทธิภาพสูงจากการนำความร้อนทิ้งกลับคืนของไอเสีย

จากผลการศึกษาในขั้นตอนที่ผ่านมา พบว่า ห้องอบเซรามิคจากการนำความร้อนทิ้งกลับคืนของโรงงานเซรามิคในจังหวัดลำปาง มีลักษณะแตกต่างกันออกไป ทำให้ประสิทธิภาพทางความร้อนแตกต่างกันไปด้วย ดังนั้นเพื่อหารูปแบบห้องอบแห้งที่เหมาะสมในการนำความร้อนทิ้งกลับคืนของไอเสียกลับมาอบเซรามิค งานวิจัยจึงได้ทำการออกแบบต้นแบบห้องอบแห้งประสิทธิภาพสูง ที่มีการนำไอเสียกลับมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยนำจุดเด่นของห้องอบแห้งแต่ละแห่ง จากผลการสำรวจและเก็บข้อมูลในหัวข้อที่ผ่านมา มาเป็นแนวทางในการออกแบบ ซึ่งในงานวิจัยนี้นำเสนอรูปแบบห้องอบแห้งทั้งหมด 6 รูปแบบดังแสดงในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 รูปแบบห้องอบแห้งประสิทธิภาพสูง

ห้องอบแห้ง	คุณลักษณะ
รูปแบบที่ 1	ปล่องไอเสียอยู่ด้านล่าง ช่องระบายอากาศ 2 ช่อง ด้านเดียว
รูปแบบที่ 2	ปล่องไอเสียอยู่ด้านล่าง ช่องระบายอากาศ 1 ช่อง สองด้าน
รูปแบบที่ 3	ปล่องไอเสียอยู่ด้านล่าง ช่องระบายอากาศ 2 ช่อง สองด้าน
รูปแบบที่ 4	ปล่องไอเสียอยู่ด้านล่างและกลางห้อง ช่องระบายอากาศ 2 ช่อง ด้านเดียว
รูปแบบที่ 5	ปล่องไอเสียอยู่ด้านล่างและกลางห้อง ช่องระบายอากาศ 1 ช่อง สองด้าน

ตารางที่ 17 (ต่อ)

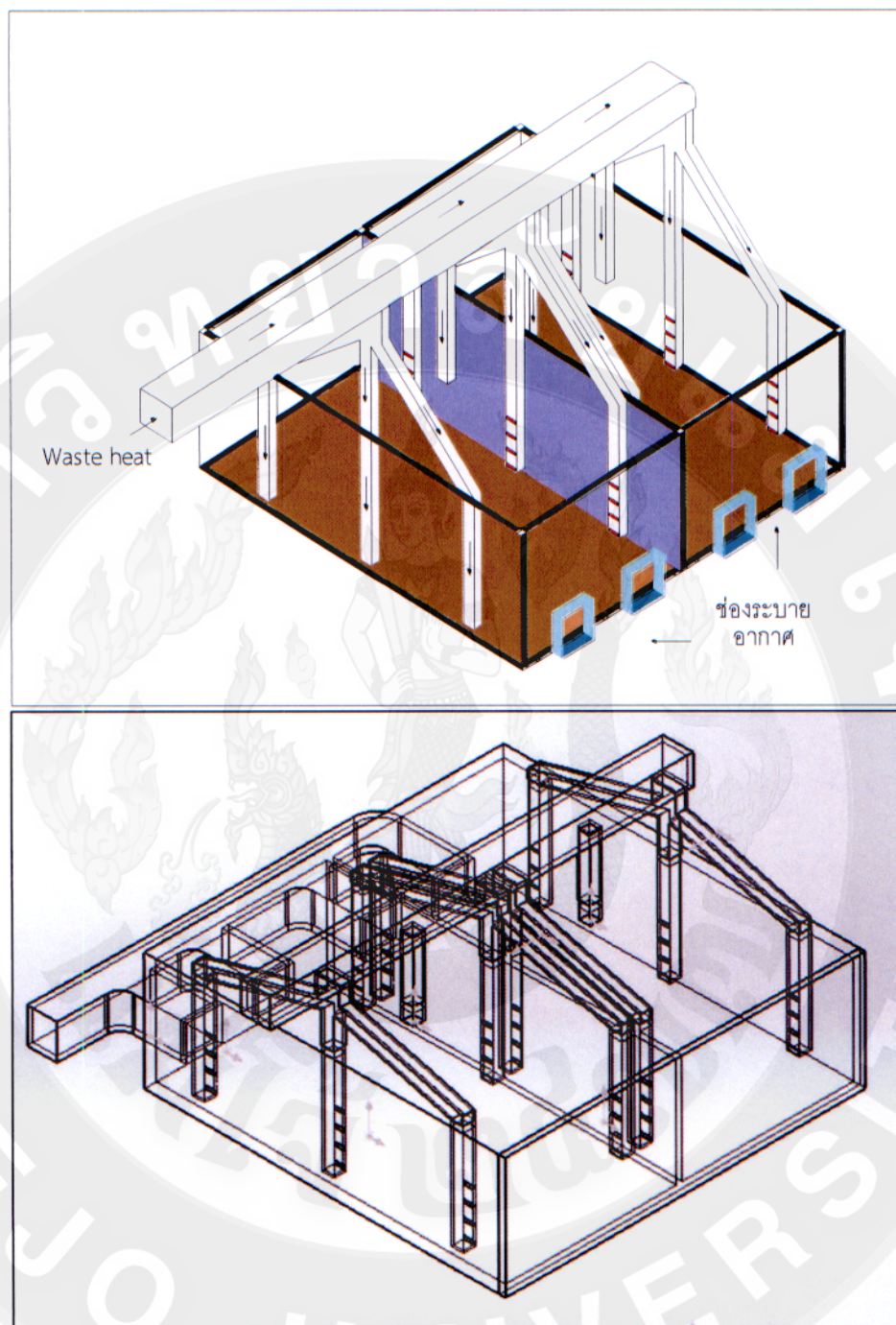
ห้องอบแห้ง	คุณลักษณะ
รูปแบบที่ 6	ปล่องไอเสียอยู่ด้านล่างและกลางห้อง ช่องระบายอากาศ 2 ช่อง สองด้าน

โดยเงื่อนไขเริ่มต้นของการจำลองที่ได้จากผลการสำรวจและเก็บข้อมูล มีดังต่อไปนี้

1. ความเร็วไอเสีย 1.47 kg/s
2. อุณหภูมิไอเสียเฉลี่ย 450 °C
3. ห้องอบแห้งจำนวน 2 ห้อง
4. ห้องอบแห้ง 1 ห้อง ขนาด 3 m x 6 m x 2 m
5. ผนังเป็นฉนวนกันความร้อน ไม่คิดการสูญเสียความร้อนให้แก่สิ่งแวดล้อม (Adiabatic surface)

1. รูปแบบที่ 1: ปล่องไอเสียอยู่ด้านล่าง และมีช่องระบายอากาศ 2 ช่อง ด้านเดียว

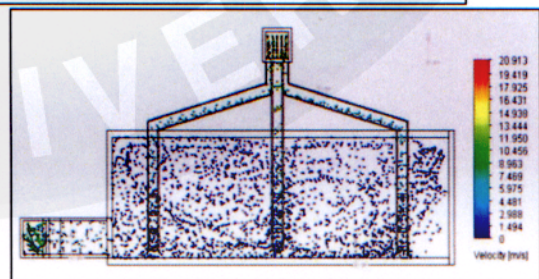
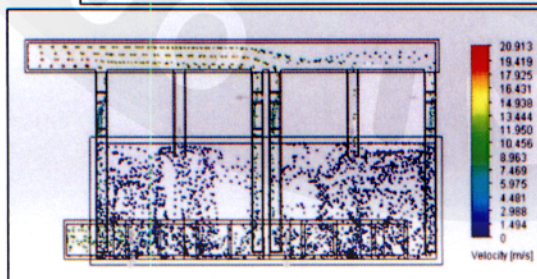
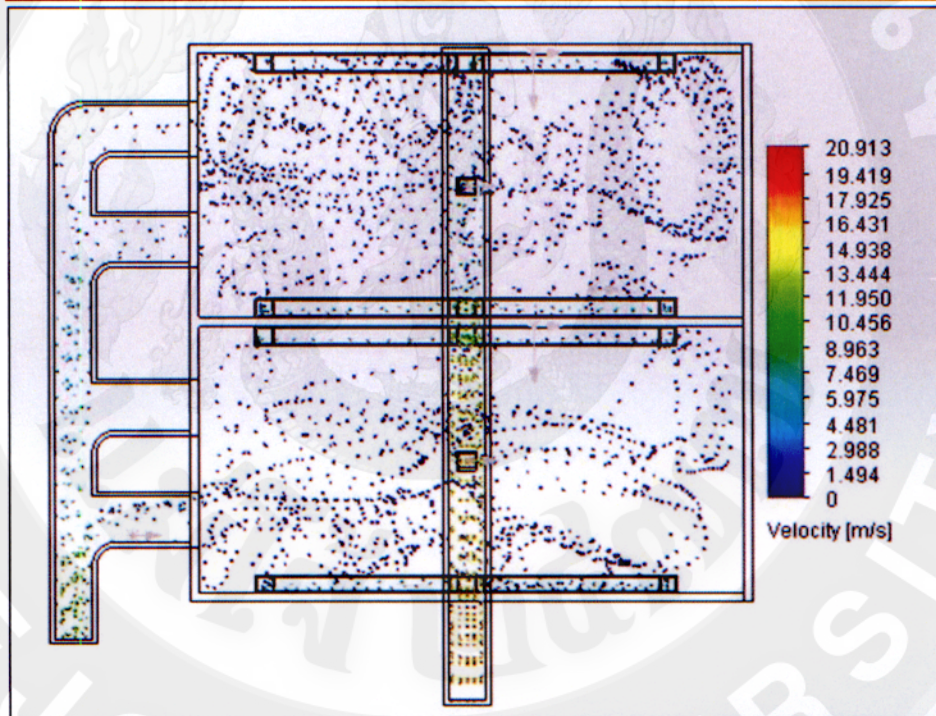
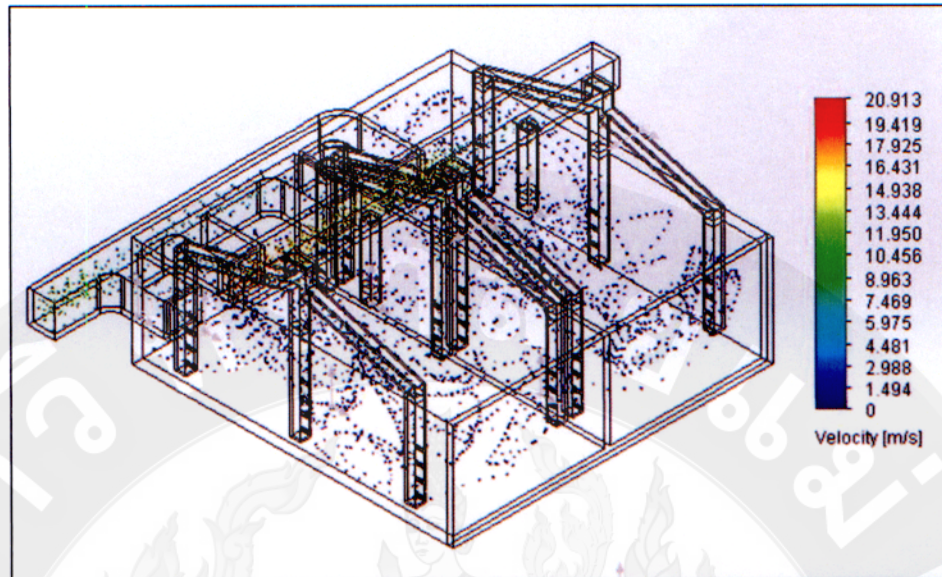
จากผลการจำลองห้องอบแห้งรูปแบบที่ 1 ที่มีการปล่อยไอเสียเข้าสู่ห้องอบบริเวณด้านล่าง และมีช่องระบายอากาศ 2 ช่อง ด้านเดียว ดังแสดงในภาพที่ 21 พบว่า ภายในห้องอบแห้งมีความเร็วลมสูงสุดประมาณ 21.79 m/s และมีจุดบอดลมบริเวณมุมห้องทั้งสองห้องเล็กน้อย แต่มีการกระจายลมทั่วทั้งห้องอบ 2 ห้อง ค่อนข้างสม่ำเสมอ ดังแสดงในภาพที่ 22 นอกจากนั้นยังพบอีกว่า รูปแบบที่ 1 มีความเร็วลมภายในห้องอบสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับอีก 5 รูปแบบที่เหลือ



ภาพที่ 21 แบบแปลนต้นแบบห้องอบแห้งแบบที่ 1



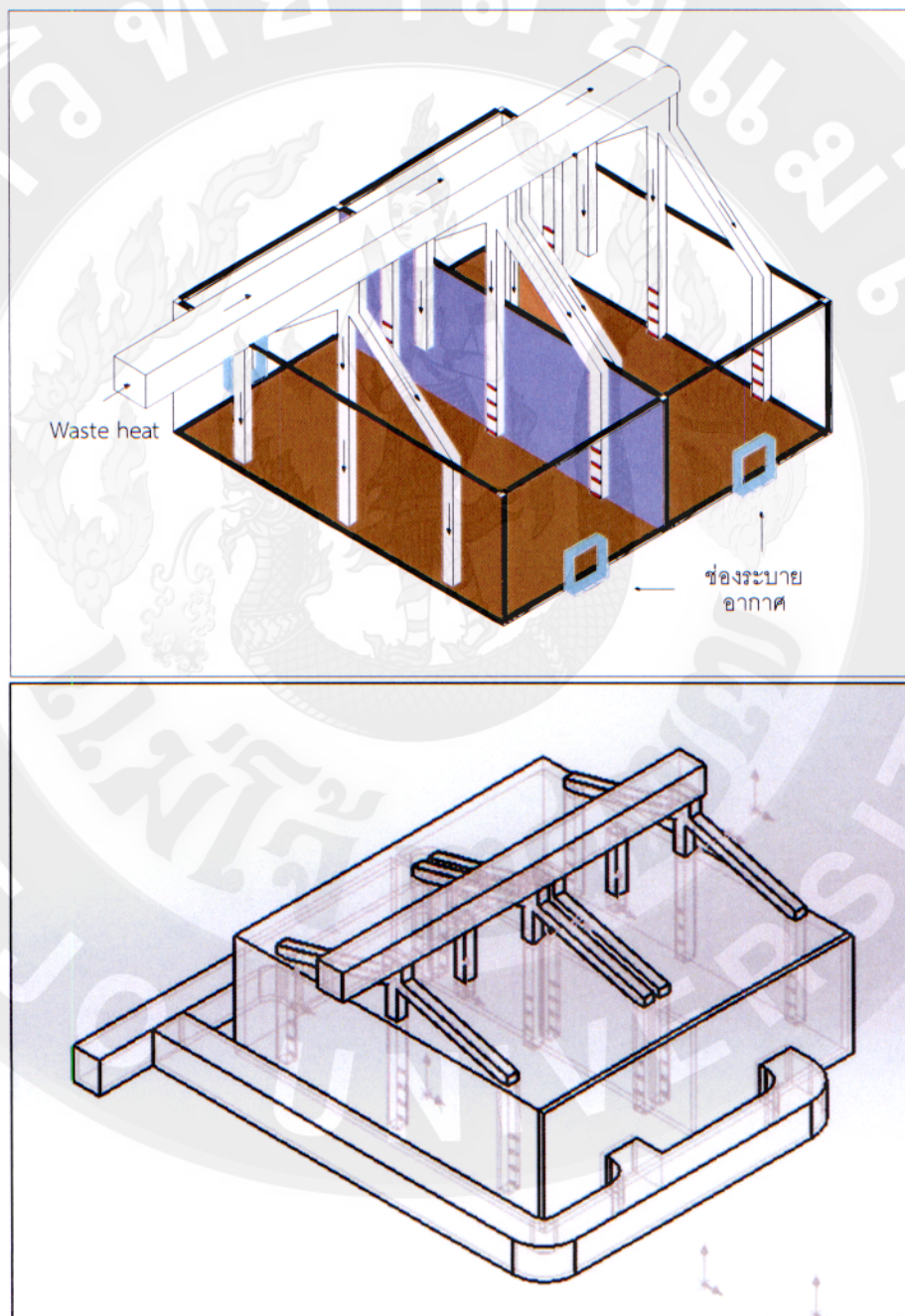
716529895



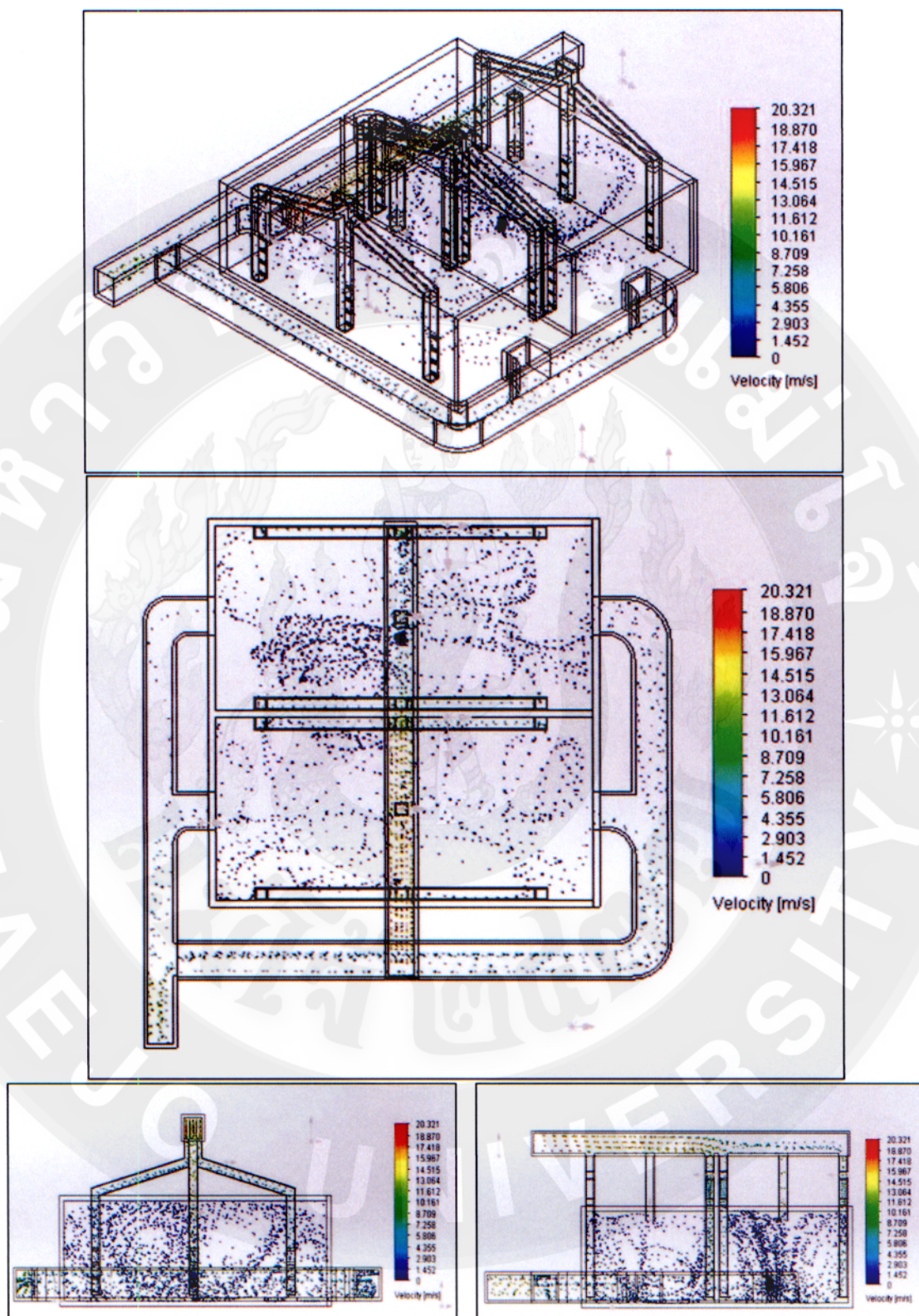
ภาพที่ 22 ผลการจำลองการไหลของไอเสียของต้นแบบห้องอบแห้งแบบที่ 1

2. รูปแบบที่ 2: ปล่องไอเสียอยู่ด้านล่าง และมีช่องระบายอากาศ 1 ช่อง สองด้าน

จากผลการจำลองห้องอบแห้งรูปแบบที่ 2 ที่มีการปล่อยไอเสียเข้าสู่ห้องอบบริเวณด้านล่าง และมีช่องระบายอากาศ 1 ช่อง สองด้าน ดังแสดงในภาพที่ 23 พบว่า ภายในห้องอบแห้งมีความเร็วลมสูงสุดประมาณ 20.91 m/s และมีการกระจายลมภายในห้องค่อนข้างน้อย จึงไม่เหมาะสำหรับการอบเซรามิก ดังแสดงในภาพที่ 24



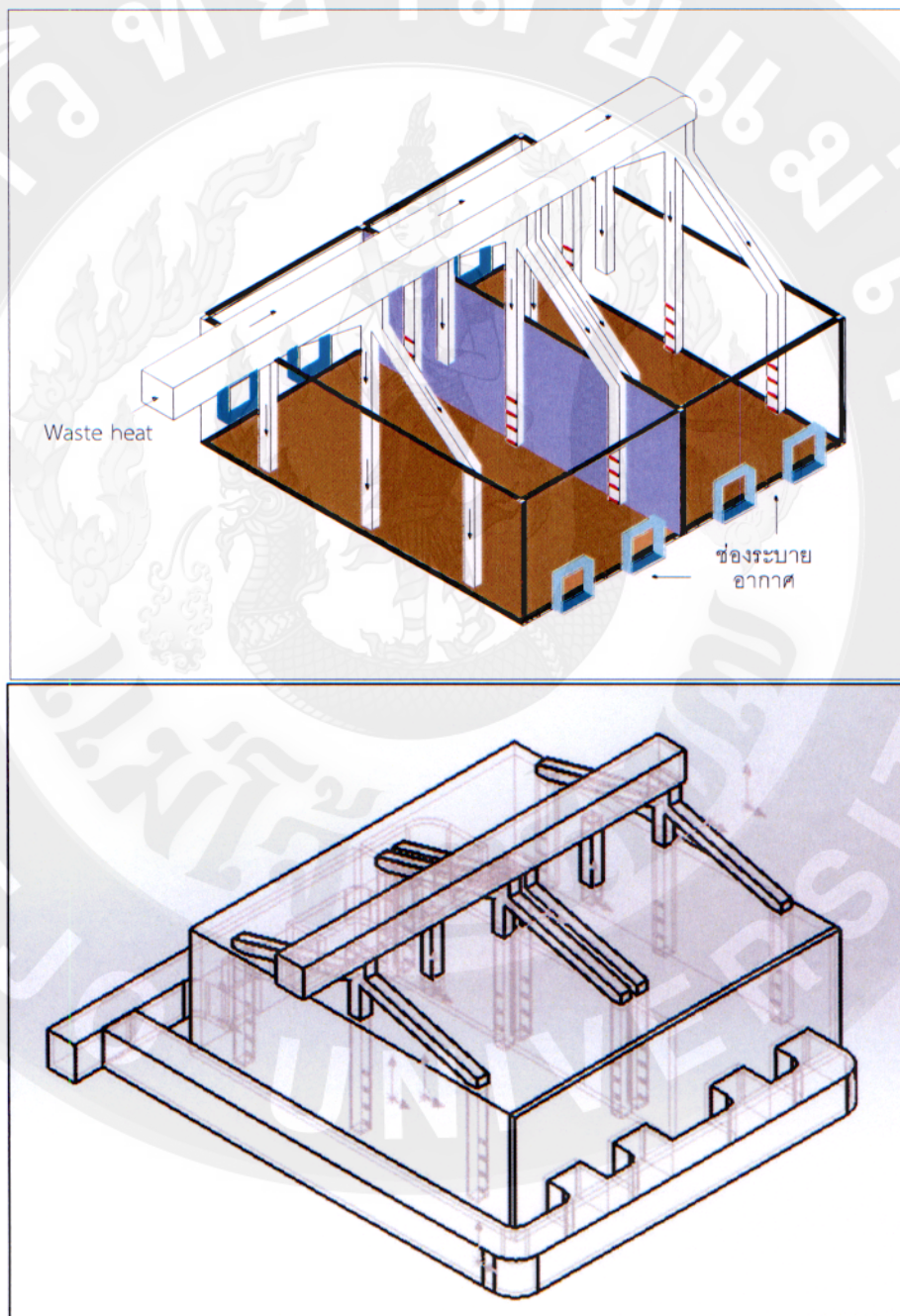
ภาพที่ 23 แบบแปลนต้นแบบห้องอบแห้งแบบที่ 2



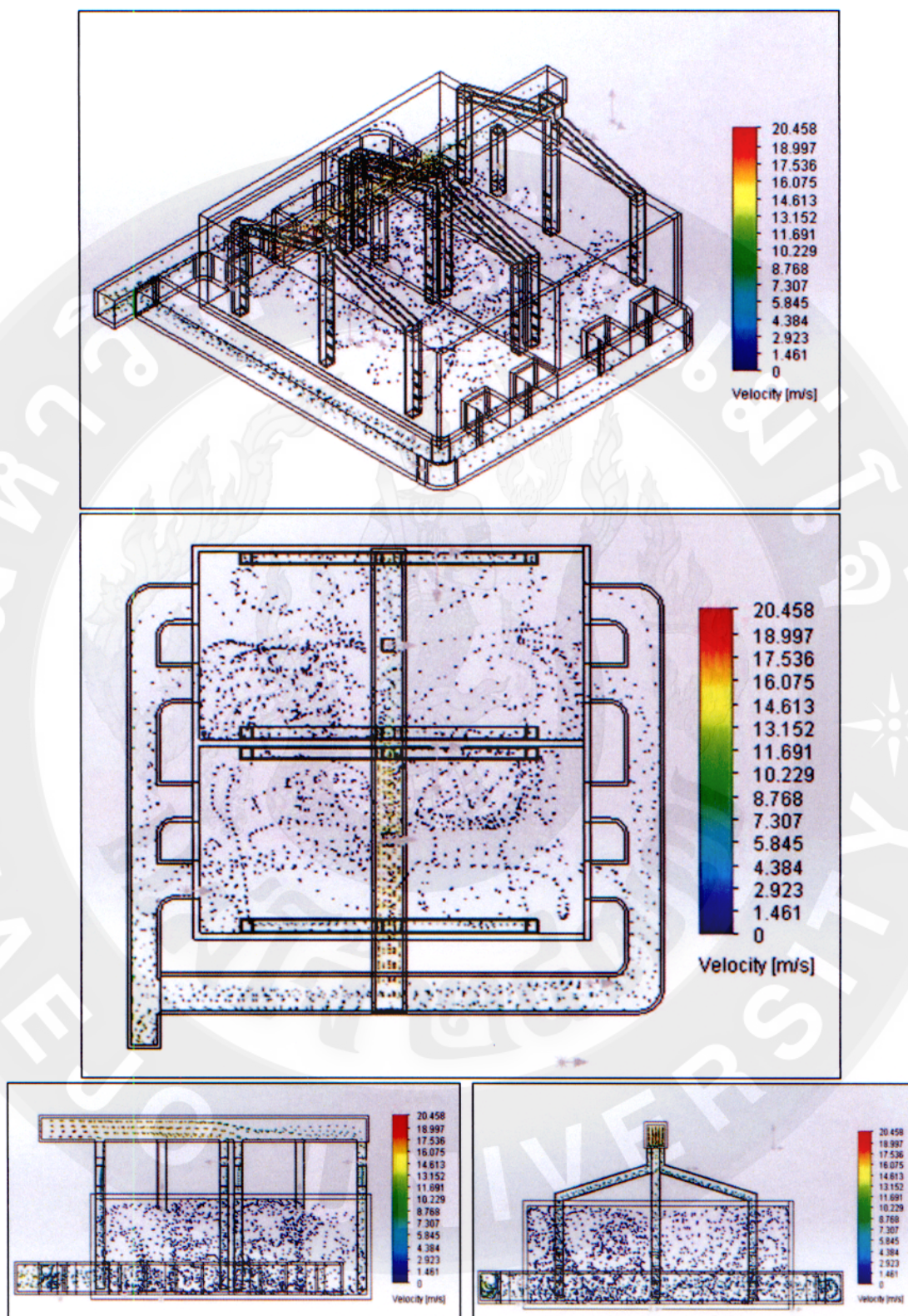
ภาพที่ 24 ผลการจำลองการไหลของไอเสียของต้นแบบห้องอบแห้งแบบที่ 2

3. รูปแบบที่ 3: ปล่องไอเสียอยู่ด้านล่าง และมีช่องระบายอากาศ 2 ช่อง สองด้าน

จากผลการจำลองห้องอบแห้งรูปแบบที่ 3 ที่มีการปล่อยไอเสียเข้าสู่ห้องอบบริเวณด้านล่าง และมีช่องระบายอากาศ 2 ช่อง สองด้าน ดังแสดงในภาพที่ 25 พบว่า ภายในห้องอบแห้งมีความเร็วลมสูงสุดประมาณ 21.19 m/s และมีการกระจายลมภายในห้องไม่สม่ำเสมอ โดยเฉพาะบริเวณกลางห้องอบ จึงไม่เหมาะสำหรับการอบเซรามิค ดังแสดงในภาพที่ 26



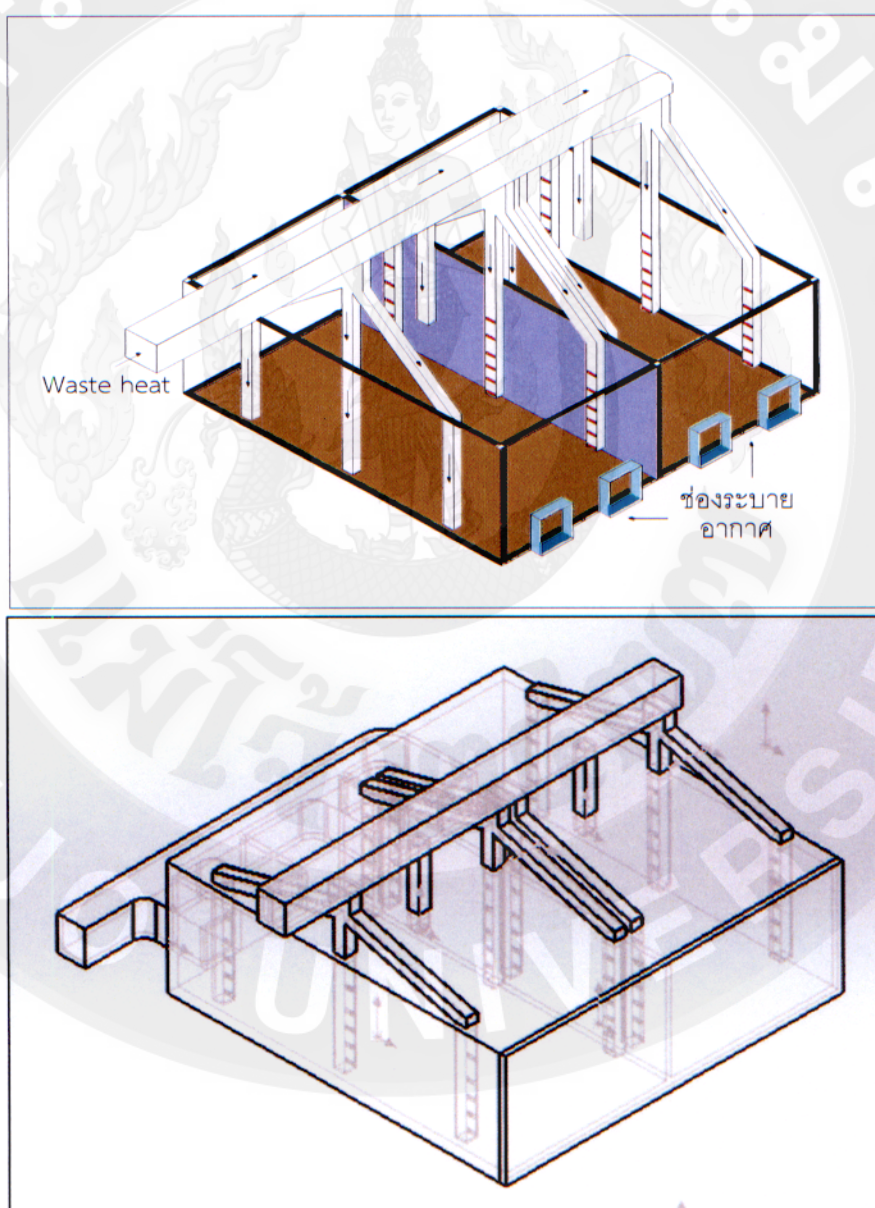
ภาพที่ 25 แบบแปลนต้นแบบห้องอบแห้งแบบที่ 3



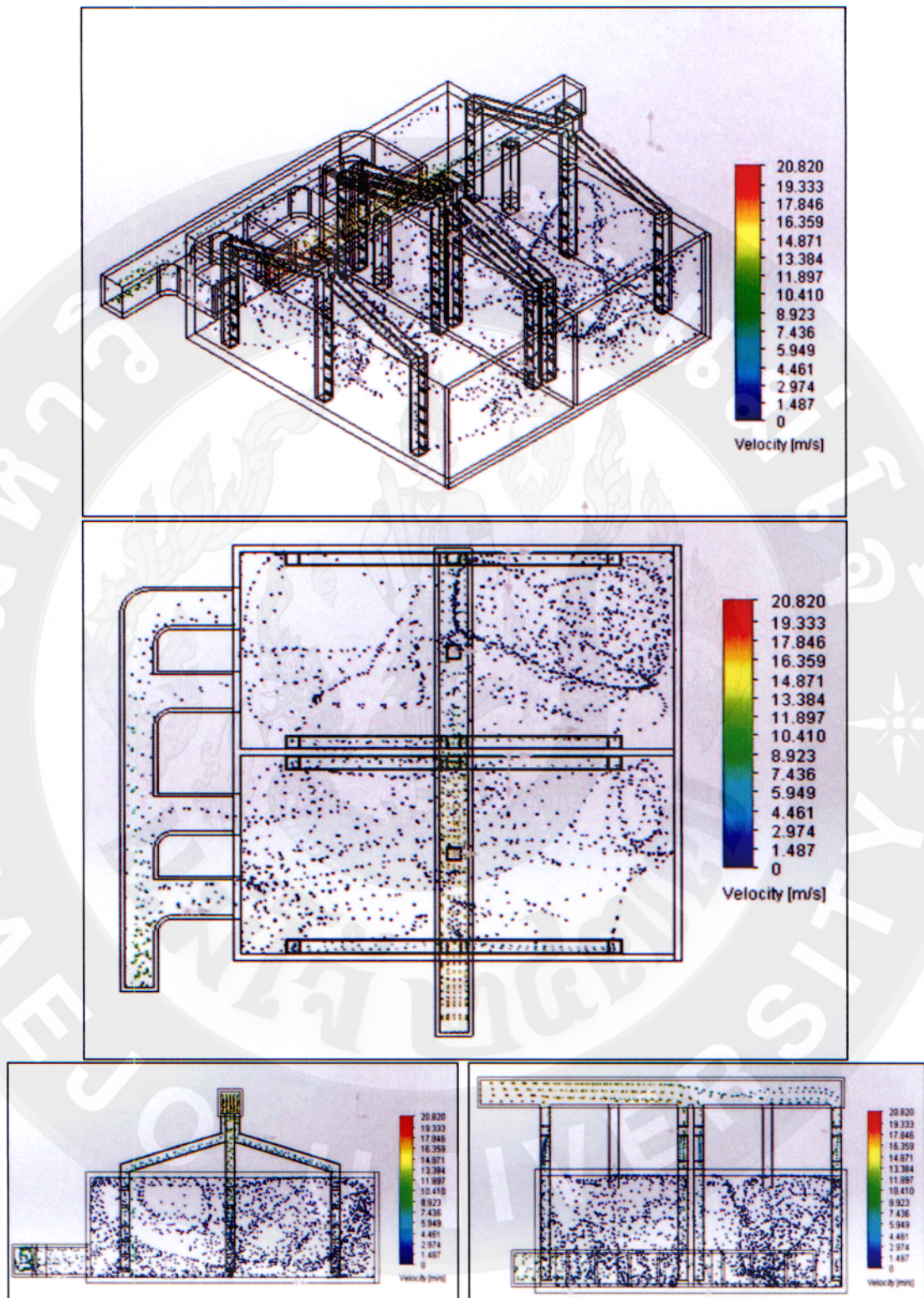
ภาพที่ 26 ผลการจำลองการไหลของไอเสียของต้นแบบห้องอบแห้งแบบที่ 3

4. รูปแบบที่ 4: ปล่องไอเสียอยู่ด้านล่างและกลางห้อง และมีช่องระบายอากาศ 2 ช่อง ด้านเดียว

จากผลการจำลองห้องอบแห้งรูปแบบที่ 4 ที่มีการปล่อยไอเสียเข้าสู่ห้องอบบริเวณด้านล่างและกลางห้อง มีช่องระบายอากาศ 2 ช่อง ด้านเดียว ดังแสดงในภาพที่ 27 พบว่า ภายในห้องอบแห้งมีความเร็วลมสูงสุดประมาณ 19.97 m/s และมีจุดบอดลมบริเวณมุมห้องทั้ง 2 ห้อง ดังแสดงในภาพที่ 28 ซึ่งคล้ายกับการติดตั้งช่องจ่ายลมร้อนด้านล่าง และมีช่องระบายอากาศ 2 ช่อง (รูปแบบที่ 1) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ห้องอบแห้งควรมีช่องระบายอากาศทั้งสองด้านของห้องอบ



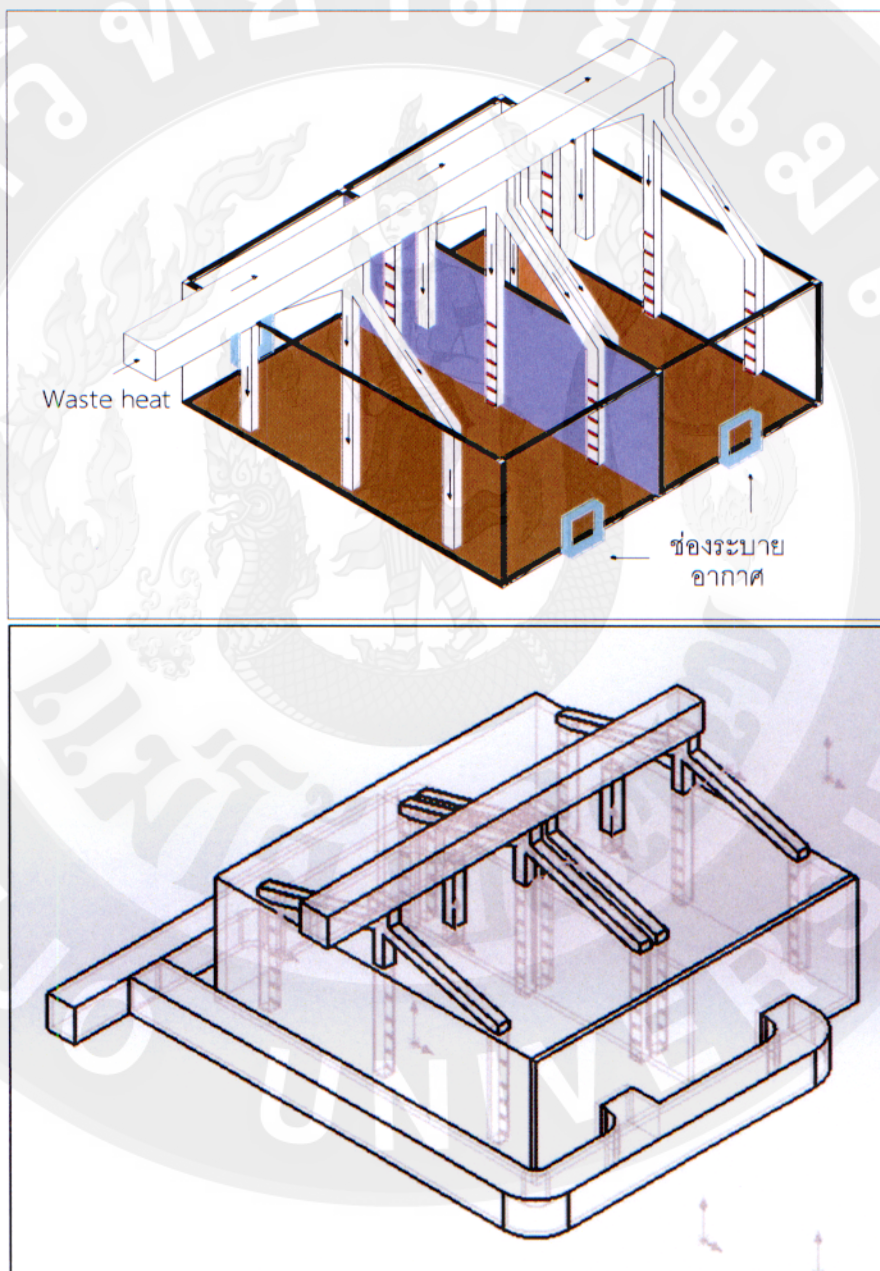
ภาพที่ 27 แบบแปลนต้นแบบห้องอบแห้งแบบที่ 4



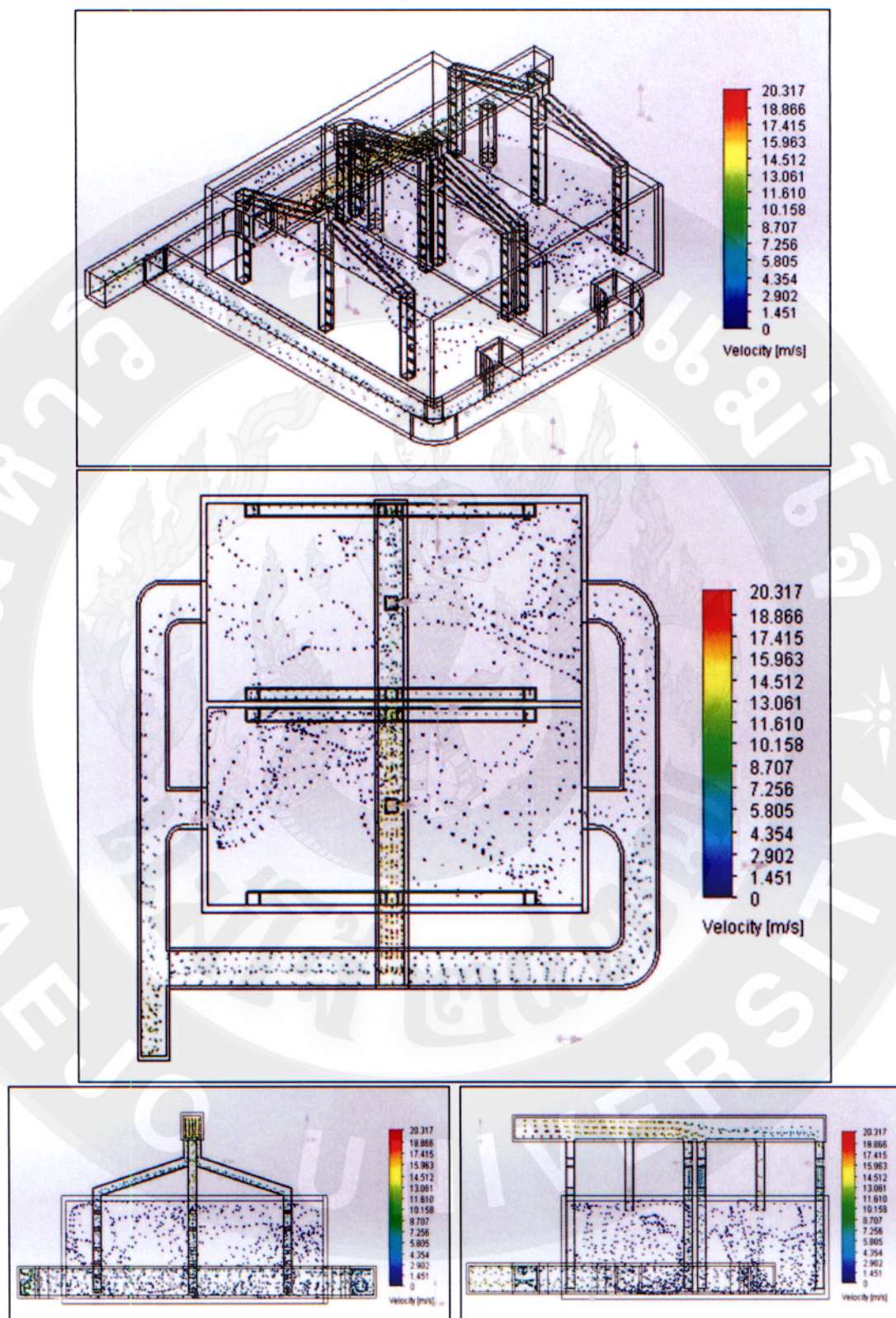
ภาพที่ 28 ผลการจำลองการไหลของไอเสียของต้นแบบห้องอบแห้งแบบที่ 4

5. รูปแบบที่ 5: ปล่องไอเสียอยู่ด้านล่างและกลางห้อง และมีช่องระบายอากาศ 1 ช่อง สองด้าน

จากผลการจำลองห้องอบแห้งรูปแบบที่ 5 ที่มีการปล่อยไอเสียเข้าสู่ห้องอบบริเวณด้านล่างและกลางห้อง มีช่องระบายอากาศ 1 ช่อง สองด้าน ดังแสดงในภาพที่ 29 พบว่า ภายในห้องอบแห้งมีความเร็วลมสูงสุดประมาณ 20.91 m/s และมีการกระจายลมไม่สม่ำเสมอทั่วทั้งห้องอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณมุมห้องอบแห้ง ที่ไม่มีช่องระบายอากาศ ดังแสดงในภาพที่ 30



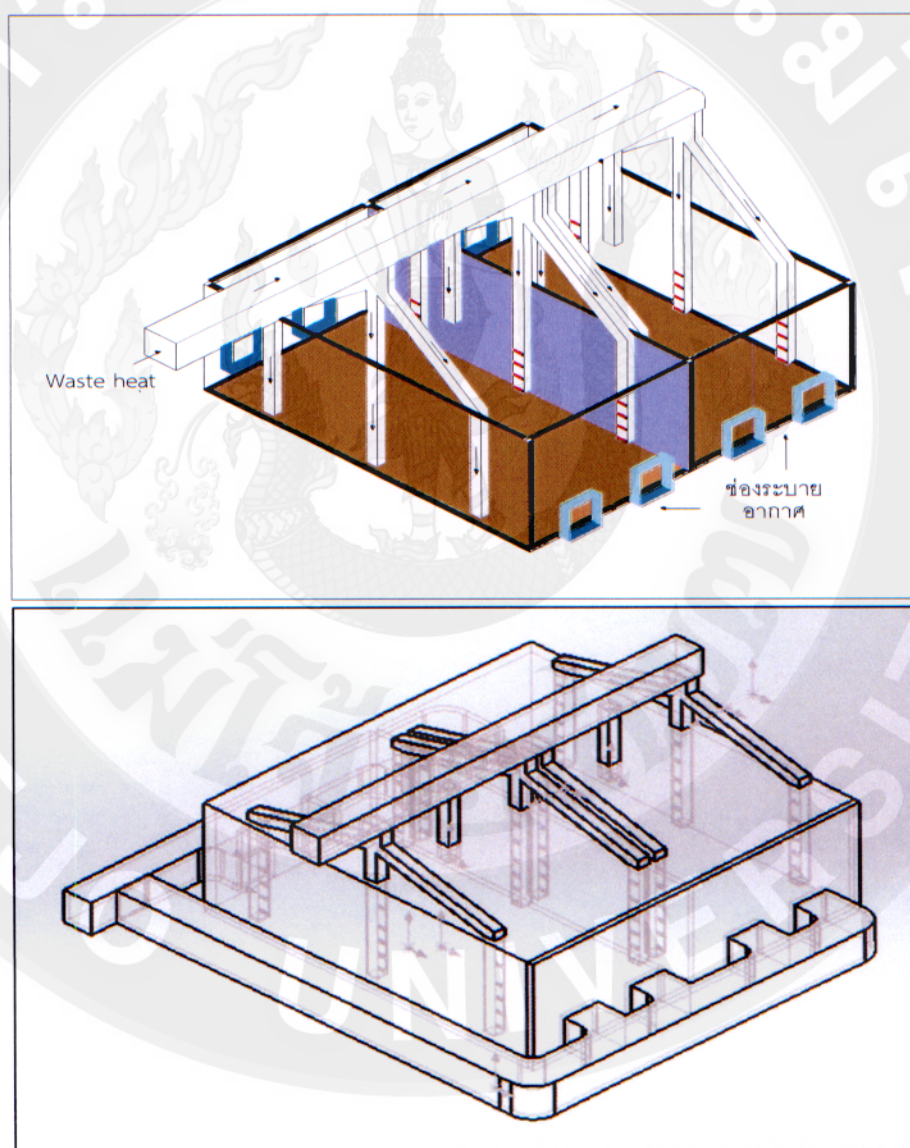
ภาพที่ 29 แบบแปลนต้นแบบห้องอบแห้งแบบที่ 5



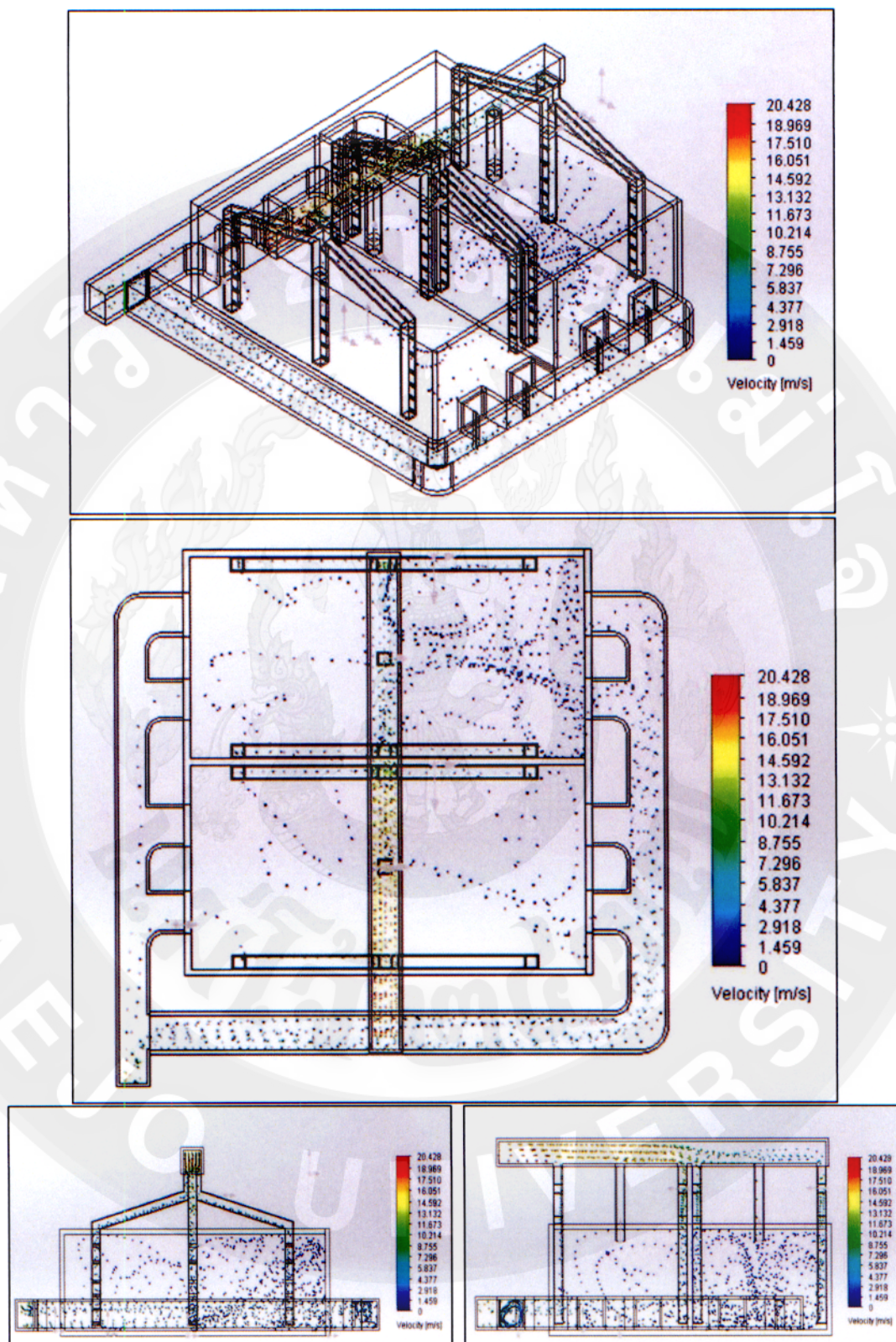
ภาพที่ 30 ผลการจำลองการไหลของไอเสียของต้นแบบห้องอบแห้งแบบที่ 5

6. รูปแบบที่ 6: ปล่องไอเสียอยู่ด้านล่างและกลางห้อง และมีช่องระบายอากาศ 2 ช่อง สองด้าน

จากผลการจำลองห้องอบแห้งรูปแบบที่ 5 ที่มีการปล่อยไอเสียเข้าสู่ห้องอบบริเวณด้านล่างและกลางห้อง มีช่องระบายอากาศ 2 ช่อง สองด้าน ดังแสดงในภาพที่ 31 พบว่า ภายในห้องอบแห้งมีความเร็วลมสูงสุดประมาณ 20.98 m/s และมีการกระจายลมไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากมีปริมาณช่องลมร้อนเข้าและช่องระบายลมออกมากเกินไป ทำให้ลมร้อนไม่กระจายตัวภายในห้องอบ ดังแสดงในภาพที่ 32 นอกจากนั้นยังสามารถสรุปได้อีกว่า การติดตั้งช่องลมร้อนจากไอเสีย ควรติดตั้งบริเวณด้านล่างของห้องอบ เพื่อให้ลมร้อนมีการกระจายตัวของลมร้อนจากล่างขึ้นบน



ภาพที่ 31 แบบแปลนต้นแบบห้องอบแห้งแบบที่ 6



ภาพที่ 32 ผลการจำลองการไหลของไอเสียของต้นแบบห้องอบแห้งแบบที่ 6

ประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

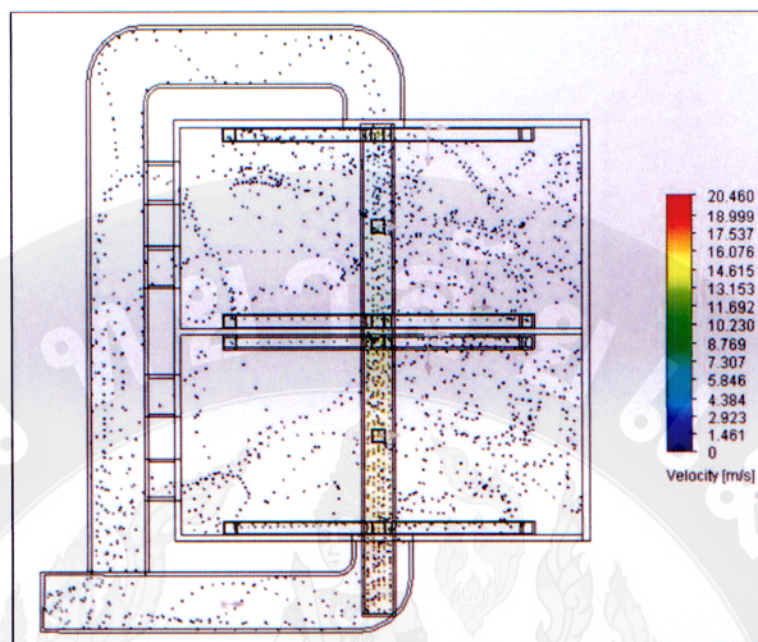
จากผลการออกแบบและวิเคราะห์ห้องอบแห้งในขั้นตอนที่ผ่านมา พบว่า ห้องอบแห้งที่เหมาะสมสำหรับนำความร้อนจากไอเสียกลับมาใช้ในการอบเซรามิค คือ แบบที่ 1 ที่มีปล่อยไอเสียเข้าสู่ห้องอบบริเวณด้านล่าง และมีช่องระบายอากาศ 2 ช่อง ด้านเดียว และเมื่อทำการถอดแบบวัสดุต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบและสร้างห้องอบดังกล่าว พบว่า มีมูลค่าการลงทุนรวม 170,880 Baht โดยค่าใช้จ่ายที่มีมูลค่าการลงทุนมากที่สุด คือ ผนังอบแห้งที่สร้างฉนวน Isowall ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 18

และเมื่อนำมาคิดผลประโยชน์ที่ได้จากห้องอบแห้ง โดยคิดเทียบเท่าประสิทธิภาพการประหยัดแก๊ส LPG ของห้องอบแห้ง บริษัท เซราเฮาส์ จำกัด ที่ 9.43% หรือลดปริมาณการใช้ LPG ลดลง 50 kg/d ที่มีการกระจายความร้อนภายในห้องอบแห้งไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากมีช่องระบายอากาศด้านข้างห้องและกลางห้อง ดังแสดงในภาพที่ 33 และจากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ห้องอบแห้งประสิทธิภาพสูงที่ได้จากการศึกษาของงานวิจัยนี้ จะมีประสิทธิภาพไม่น้อยกว่า 9.43% และจะมีระยะเวลาการคืนทุนน้อยกว่า 6 month หรือประมาณ 0.56 y ดังแสดงรายละเอียดการวิเคราะห์ในตารางที่ 19

ตารางที่ 18 ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการสร้างห้องอบ

รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาต่อหน่วย (Baht/Unit)	ราคารวม (Baht)
ท่อลมขนาด 30 cm x 30 cm	70	m	700	49,000
โครงเหล็ก	96	m ²	250	24,000
ผนัง Isowall หนา 3 inch	96	m ²	650	62,400
ชุดท่อกระจายลมร้อนภายในห้อง	14	Unit	500	7,000
ค่าแรงดำเนินการ ¹	1	Work	28,480	28,480
รวมทั้งสิ้น				170,880

หมายเหตุ: ¹ (20% ของราคาวัสดุทั้งหมด)



ภาพที่ 33 ผลการจำลองการไหลของไอเสียของห้องอบแห้ง บริษัท เซราเฮาส์ จำกัด

ตารางที่ 19 ผลวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

รายละเอียด	ปริมาณ
ค่าก่อสร้างห้องอบแห้ง (Baht/room)	170,880
ประสิทธิภาพการประหยัดแก๊ส LPG	9.43%
ปริมาณ LPG ที่ลดลง (kg/d)	50
ระยะเวลาการทำงาน (h/d)	24
วันการทำงาน (d/y)	300
ราคา LPG (Baht/kg)	24
ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ประหยัดได้ (Baht/y)	360,000
ระยะเวลาการคืนทุน (y)	0.47

ประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงงานเซรามิกในจังหวัดลำปาง

จากผลการประหยัดพลังงานการใช้แก๊ส LPG ของห้องอบแห้งประสิทธิภาพสูง ที่มีประสิทธิภาพไม่น้อยกว่า 9.43% และข้อมูลโครงสร้างต่าง ๆ ที่ใช้ในการสร้างห้องอบ พบว่า ห้องอบแห้งประสิทธิภาพสูงจะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเทียบเท่าการปลดปล่อย CO₂ จากโครงสร้างที่ใช้ในการสร้างห้องอบแห้งประมาณ 3,850 kg CO₂-eq ตลอดอายุการใช้งานห้องอบแห้ง 20 ปี แต่ใน

ขณะเดียวกันจะสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จากการใช้แก๊ส LPG ตลอด 20 ปี ได้ประมาณ 933,990 kg CO₂-eq หรือลดลงประมาณ 930,140 kg CO₂-eq

ตารางที่ 20 ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดจากวัสดุต่าง ๆ ที่ใช้ในการสร้างห้องอบ

Component	Raw material	Quantity (kg)	Emission factor (kg CO ₂ -eq /unit)	GHG emission (kg CO ₂ -eq)
ท้อลม	Galvanized steel sheet (Galvanized steel sheet, at plant/RNA)	460.545	2.710	1,248
โครงเหล็ก	Steel, low-alloyed, hot rolled	107.360	2.310	248
ผนัง Isowall	EPS foam (Polystyrene expandable granulate (EPS), production mix, at plant RER)	353.561	3.480	1,230
ชุดท่อกระจายลมร้อนภายในห้อง	Galvanized steel sheet	414.439	2.710	1,123
Total GHG emission (kg CO ₂ -eq/Lifetime)				3,850



716529895

ตารางที่ 21 ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการลดปริมาณการใช้ LPG

รายละเอียด	ปริมาณ
ประสิทธิภาพทางความร้อนของห้องอบแห้งจากโอเลีย (%)	9.43
ปริมาณ LPG ที่ลดลงของโรงงานเซรามิก (kg/d)	50
ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kg CO ₂ -eq/kg)	3.1133
ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลง (kg CO ₂ -eq/d)	155.67
ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงต่อปี ¹ (kg CO ₂ -eq/y)	46,699
ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงตลอดอายุการใช้งานห้องอบ ² (kg CO ₂ -eq/ Lifetime)	933,990

หมายเหตุ: ¹ ทำงาน 300 d/y

² อายุการใช้งานระบบ 20 y

แผนยุทธศาสตร์การใช้พลังงานของจังหวัดลำปาง

จากผลการศึกษาในหัวข้อต่าง ๆ ที่ผ่านมา เมื่อนำผลการศึกษาออกแบบห้องอบแห้งประสิทธิภาพสูง ไปใช้ในการวางแผนยุทธศาสตร์การใช้พลังงานจังหวัดลำปาง โดยกำหนดมาตรการการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานเซรามิก จากการติดตั้งห้องอบแห้งที่ใช้โอเลียจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊ส LPG กลับมาใช้งาน ในกระบวนการอบเซรามิก พบว่า สามารถกำหนดแผนยุทธศาสตร์การใช้พลังงานจังหวัดลำปางในระยะสั้น (1-2 ปี) กลาง (3-5 ปี) และยาว ได้ดังต่อไปนี้

1. แผนยุทธศาสตร์การใช้พลังงานจังหวัดลำปาง

การนำแนวทางการใช้โอเลียจากความร้อนของเตาเผาเซรามิกมาใช้กับห้องอบแห้ง โดยบูรณาการขับเคลื่อนแผนยุทธศาสตร์พลังงานจังหวัดลำปาง ในแผนบูรณาการพลังงานระยะยาว เพื่อให้สามารถขับเคลื่อนไปตามแผนยุทธศาสตร์พลังงานระดับจังหวัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ พบว่าจำนวนโรงงานเซรามิกในจังหวัดลำปาง 248 โรง สามารถขับเคลื่อนดำเนินการได้ทั้งหมด เมื่อมีความพร้อม ดังนั้นแผนยุทธศาสตร์พลังงานจังหวัดลำปางจะช่วยให้เกิดการใช้ทรัพยากรพลังงานที่เหมาะสมไม่เหลือทิ้งให้นำไปสู่ปัญหาทางด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม นอกจากนั้นแล้วยังเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผู้ประกอบการโรงงานเซรามิกทางเศรษฐกิจในระดับจังหวัด ซึ่งจะเป็นแนวทางการแก้ปัญหาของโรงงาน และมีต้นแบบให้สามารถนำไปใช้เองได้ ตามพื้นที่จังหวัดใกล้เคียง

จากข้อมูลแผนบูรณาการพลังงานระยะยาว (Thailand International Energy Blueprint, TIEB) การกำหนดแผนยุทธศาสตร์และแนวทางส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานของแผนยุทธศาสตร์พลังงานจังหวัดลำปาง สามารถนำมาวางแผนยุทธศาสตร์ด้านอนุรักษ์พลังงานในการนำแนวทางการใช้ไอเสียจากความร้อนของเตาเผาใช้กับห้องอบแห้ง 3 ระยะ อนึ่งระยะเวลาของแผนงานแต่ละระยะนั้นไม่ได้หมายถึงระยะเวลาของโครงการ แต่หมายถึงระยะเวลาที่จะสามารถดำเนินการเพื่อให้เป็นไปตามยุทธศาสตร์พลังงานด้านส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ตามศักยภาพของโรงงานแต่ละแห่ง โดยแผนงานในระยะต่างๆ มีรายละเอียดดังนี้

ระยะที่ 1 แผนงานระยะสั้น ดำเนินการภายในระยะเวลา 1-2 ปี คือ ซึ่งสามารถดำเนินการได้ทันที เพราะเป็นโรงงานที่มีความพร้อมด้านศักยภาพของความร้อนเหลือทิ้งจากการเผาผลิตภัณฑ์จากเตาเผา โดยยังไม่มีให้นำความร้อนไปใช้ ด้านอื่นๆ และมีพื้นที่เหมาะสมในการดำเนินการติดตั้งห้องอบแห้งได้ทันที โดยมีแหล่งทุนของงบประมาณจาก งบประมาณตามพระราชบัญญัติงบประมาณรายจ่าย แผนงานบูรณาการส่งเสริมการพัฒนาจังหวัด และกลุ่มจังหวัดแบบบูรณาการ (งบพัฒนาจังหวัด)

โดยเก็บรวบรวมข้อมูลกระบวนการผลิต หลักการเผาเซรามิกที่ใช้ก๊าซหุงต้ม เป็นเชื้อเพลิง ในกลุ่มผู้ประกอบการที่มีศักยภาพของความร้อนเหลือทิ้งและไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์และความพร้อมได้ทันทีในการดำเนินงานโครงการฯ ทั้งหมด 30 แห่ง พร้อมดำเนินการออกแบบและสร้างระบบห้องอบแห้งเซรามิคดิบ ที่ใช้ความร้อนทั้งจากปล่องไอเสียของเตาเผาเซรามิกเป็นแหล่งพลังงานความร้อนสำหรับการอบแห้ง และมีปริมาตรความจุภายในไม่น้อยกว่า 15 m^3 ติดตั้งในสถานประกอบการทั้ง 30 แห่ง และทดสอบระบบอบแห้งเซรามิคดิบที่ผ่านการติดตั้งเสร็จเรียบร้อยแล้วเบื้องต้นทั้งนี้สามารถเก็บรวบรวมผลการทดสอบ เพื่อนำมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพของห้องอบแห้งเซรามิคดิบ และดัชนีการใช้พลังงานต่อหน่วยผลิตต่อไปและศึกษารูปแบบ แนวทางการดำเนินงานโครงการ สำหรับระยะต่อไป

ระยะที่ 2 แผนงานระยะกลาง ดำเนินการภายในระยะเวลา 3-5 ปี คือ กระบวนการนำความร้อนเหลือทิ้งจากการเผาผลิตภัณฑ์จากเซรามิกที่มีการเผาผลิตภัณฑ์จำนวนไม่มากจึงต้องใช้เวลาในการนำศักยภาพความร้อนเหลือทิ้งที่มาใช้ประโยชน์และต้องปรับปรุงพื้นที่ เพื่อนำเทคโนโลยีมาใช้งาน และสำรวจโรงงานที่มีการผลิตในกระบวนการเผาที่มีไอเสียนำไปใช้ประโยชน์ในห้องอบแห้งอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน และไม่สามารถดำเนินการได้ในทันที จึงกำหนดเป็นแผนระยะกลางโดยมีแหล่งทุนของงบประมาณจาก งบกระทรวงพลังงาน งบประมาณกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

โดยศึกษาดูงานจากผลการดำเนินการจากโรงงานเซรามิคต้นแบบจำนวน 30 แห่ง จากแผนงานระยะสั้น เพื่อดำเนินการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น พร้อมทั้งสำรวจพื้นที่ วางแผนการติดตั้ง และการใช้งานห้องอบแห้ง รวมไปถึงการตรวจวัดในมิติต่าง ๆ ของสถานประกอบการเซรามิกที่มีศักยภาพ

ของความร้อนเหลือทิ้งและไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์และมีความพร้อมเพียงพอที่จะดำเนินการจำนวน 80 แห่ง อาทิเช่น ระยะเดินท่อส่งลมร้อนจากเตาเผาเซรามิกมายังห้องอบแห้ง เป็นต้น เพื่อนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาดำเนินการออกแบบและสร้างระบบห้องอบแห้งเซรามิคดิบ ที่ใช้ความร้อนทิ้งจากปล่องไอเสียของเตาเผาเซรามิคเป็นแหล่งพลังงานความร้อนสำหรับการอบแห้ง และมีปริมาตรความจุภายในไม่น้อยกว่า 15 m^3 พร้อมติดตั้งในสถานประกอบการทั้ง 80 แห่ง และต้องทดสอบ ควบคุม อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในการอบแห้ง ให้มีความเหมาะสมกับการใช้งาน พร้อมทั้งวิเคราะห์ ประสิทธิภาพของห้องอบแห้งเซรามิคดิบ และดัชนีการใช้พลังงานต่อหน่วยผลิต ตลอดจนดำเนินการ ถ่ายทอดองค์ความรู้ หลักการใช้งาน การดูแลรักษาและซ่อมบำรุงระบบที่ติดตั้ง และต้องมีคู่มือการใช้งานและการดูแลรักษาระบบอบแห้งเซรามิคดิบสำหรับระยะต่อไป โดยเน้นการมีส่วนร่วม หรือการร่วมลงทุนของผู้ประกอบการในพื้นที่ เพื่อเผยแพร่ต่อไป

ระยะที่ 3 แผนงานระยะยาว ดำเนินการภายในระยะเวลา 6-10 ปี คือ เป็นกระบวนการต่อเนื่องจากแผนงานระยะที่ 2 เนื่องจาก แผนงานระยะที่ 2 หากสามารถดำเนินการได้แล้วเสร็จมี ศักยภาพจากการทดลองใช้การเก็บข้อมูลนำมาปรับปรุงในแผนระยะยาว โดยนำผลของการดำเนินงานของแผนงานระยะสั้น ระยะกลาง จะได้ปริมาณการลดใช้แก๊ส LPG ลดลง จากกระบวนการนำไอเสียกลับมาใช้ 100% โดยมีแหล่งทุนของงบประมาณจาก งบประมาณท้องถิ่น

โดยศึกษาดูงานจากผลการดำเนินการจากโรงงานเซรามิคต้นแบบ จากแผนงานระยะสั้นและ แผนงานระยะกลางเพื่อดำเนินการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น พร้อมทั้งสำรวจพื้นที่ วางแผนการติดตั้ง และ การใช้งานห้องอบแห้ง รวมไปถึงการตรวจวัดในมิติต่างๆ ของสถานประกอบการเซรามิคที่มีศักยภาพ ของความร้อนเหลือทิ้งและไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์และมีความพร้อมเพียงพอที่จะดำเนินการจำนวน 138 แห่ง อาทิเช่น ระยะเดินท่อส่งลมร้อนจากเตาเผาเซรามิกมายังห้องอบแห้ง เป็นต้น เพื่อนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาดำเนินการออกแบบและสร้างระบบห้องอบแห้งเซรามิคดิบ ที่ใช้ความร้อนทิ้งจากปล่องไอเสียของเตาเผาเซรามิคเป็นแหล่งพลังงานความร้อนสำหรับการอบแห้ง และมีปริมาตรความจุภายในไม่น้อยกว่า 15 m^3 พร้อมติดตั้งในสถานประกอบการทั้ง 138 แห่ง และต้องทดสอบ ควบคุม อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในการอบแห้ง ให้มีความเหมาะสมกับการใช้งาน พร้อมทั้งวิเคราะห์ ประสิทธิภาพของห้องอบแห้งเซรามิคดิบ และดัชนีการใช้พลังงานต่อหน่วยผลิต ตลอดจนดำเนินการ ถ่ายทอดองค์ความรู้ หลักการใช้งาน การดูแลรักษาและซ่อมบำรุงระบบที่ติดตั้ง และต้องมีคู่มือการใช้งานและการดูแลรักษาระบบอบแห้งเซรามิคดิบ

2. แผนบูรณาการพลังงานระยะยาว

กระทรวงพลังงานจัดทำแผนบูรณาการในภาพรวมระยะยาวโดยให้มีระยะเวลาของแผนสอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) กระทรวงพลังงานได้ดำเนินการวางกรอบแผนบูรณาการพลังงานแห่งชาติ โดยจัดทำเป็น 5 แผนหลัก ดังนี้

1. แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (Power Development Plan, PDP)
2. แผนอนุรักษ์พลังงาน (Energy Efficiency Plan, EEP)
3. แผนพัฒนาพลังงาน ทดแทนและพลังงานทางเลือก (Alternative Energy Development Plan, AEDP)
4. แผนการจัดหาก๊าซธรรมชาติของไทย (Gas Plan, GAS)
5. แผนบริหารจัดการน้ำมัน เชื้อเพลิง (Oil Plan, OIL)

การวิเคราะห์แผนบูรณาการพลังงานระยะยาว มีความสอดคล้องเกี่ยวกับการวิจัยครั้งนี้ดังต่อไปนี้

แผนอนุรักษ์พลังงาน (EEP)

แผน EEP พ.ศ. 2558-2579 มีการดำเนินการผลักดันปี พ.ศ. 2559-2560 ให้เกิดโครงการ ESCO ในหน่วยงานภาครัฐ ผลักดันให้มีการออกกฎกระทรวงเพื่อให้การกำหนดมาตรฐานการใช้พลังงานในอาคารใหม่ (BEC) สามารถบังคับใช้ได้จริง โดยบูรณาการกับกระทรวงมหาดไทยซึ่งเป็นหน่วยที่จะนำไปปฏิบัติอย่างใกล้ชิด เดินหน้าโครงการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ในโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้พลังงานอย่างไม่มีประสิทธิภาพ เช่น อุตสาหกรรมห้องเย็น แห่แห้ง และตรวจสอบการใช้พลังงานโรงงาน/อาคารควบคุมอย่างเข้มข้น

แนวทางการดำเนินแผนอนุรักษ์พลังงาน (พ.ศ. 2558-2579) เป็นไปในรูปแบบผสมผสาน นั่นคือมีทั้งมาตรการบังคับ (Push) ควบคู่กับการจูงใจ (Pull) พร้อมทั้งมาตรการสนับสนุนช่วยเหลือและการอุดหนุนจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานโดยเน้นดำเนินการใน 4 กลุ่มเศรษฐกิจหลัก คือ ภาคอุตสาหกรรม ภาคอาคารธุรกิจ ภาคที่อยู่อาศัย และภาคขนส่ง โดยประกอบด้วย 3 กลยุทธ์ 10 มาตรการ ตัวอย่างเช่น การกำหนดมาตรฐานการใช้พลังงานในอาคาร (Building code) และโรงงาน การติดฉลากแสดงประสิทธิภาพการใช้พลังงานกับอุปกรณ์ไฟฟ้า สนับสนุนมาตรการด้านการเงินเพื่อเร่งให้มีการเปลี่ยนอุปกรณ์และเกิดการบริหารจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ การยกเลิกและทบทวนการอุดหนุนราคาเชื้อเพลิงเพื่อส่งสัญญาณให้ผู้บริโภคตระหนักถึงราคาเชื้อเพลิงที่แท้จริงที่สูงขึ้นและเปลี่ยนลักษณะการใช้พลังงาน สนับสนุนงานวิจัยพัฒนาเทคโนโลยี รวมถึงการรณรงค์ด้านพฤติกรรมการใช้พลังงานและการปลูกจิตสำนึกเพื่อให้ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เป็นต้น ทั้งนี้มาตรการต่างดังกล่าวยังคงต้องขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น การปรับปรุงและ

บังคับใช้กฎหมายนั้นอาจกระทบต่อผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทำให้เกิดความไม่พอใจบ้างไม่มากนักน้อย
มาตรการสร้างแรงจูงใจอาจยังไม่ตอบสนองความต้องการแท้จริงของกลุ่มเป้าหมาย หรืออุปสรรคใน
การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานในเรื่องของการเวนคืนที่ดินและทำความเข้าใจกับคนในพื้นที่ เป็นต้น การ
ที่จะดำเนินการให้เป็นไปตามแผนได้นั้นจึงต้องขึ้นอยู่กับความเข้าใจและความร่วมมือจากทุกภาคส่วน
รวมไปถึงการมีมาตรการรองรับในกรณีที่การดำเนินการไม่เป็นไปตามแผนที่วางไว้ด้วย

จากแผนบูรณาการพลังงานระยะยาว ด้านการอนุรักษ์พลังงานเล็งเห็นความสำคัญของ “การ
อนุรักษ์พลังงานในสถานประกอบการเซรามิก” โดยการนำความร้อนเหลือทิ้งจากปล่องไอเสียในช่วง
ระหว่างการผลิตเซรามิก หรือจากเตาเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล มาอบแห้งเซรามิกดิบภายในห้องอบที่
สามารถควบคุม อุณหภูมิ ความชื้น และการหมุนเวียนของอากาศที่เหมาะสมต่อสภาวะในการอบแห้ง
ทั้งนี้สามารถควบคุมความชื้นของชิ้นงานก่อนเผาจริงเพื่อลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นจากการ
เผาเซรามิกที่มีความชื้นเริ่มต้นแตกต่างกัน ลดระยะเวลาในการเผา รวมไปถึงการช่วยลดปริมาณการ
ใช้ก๊าซหุงต้มสำหรับการเผาเซรามิก อันเป็นวัตถุประสงค์หลักของการดำเนินงานโครงการนี้ และจาก
ผลการดำเนินงานทั้งหมดจะสามารถนำไปขยายผลโครงการต่อโดยการส่งเสริมสนับสนุน รวมทั้ง
ถ่ายทอดองค์ความรู้ ความเข้าใจด้านการอนุรักษ์พลังงานของกระบวนการเผาเซรามิกให้แก่
ผู้ประกอบการในพื้นที่จังหวัดลำปางได้ต่อไปในอนาคตเห็นได้ว่าการพัฒนาให้การสนับสนุนเพิ่มขึ้น
ในจังหวัดลำปาง แต่แผนนี้ยังไม่ได้ระบุในการใช้กับห้องอบแห้งอย่างแท้จริง ดังนั้นในการวิจัยจึงเสนอ
แนวทางการใช้ไอเสียจากความร้อนของเตามาใช้กับห้องอบแห้งในจังหวัดลำปางสำหรับการ
ดำเนินงานในอนาคตทางกระทรวงพลังงาน อาจจะมีแนวทางส่งเสริมเทคโนโลยีผ่านวิธี การต่างๆ
อาทิเช่น การส่งเสริมการลงทุนร่วมกันระหว่าง กระทรวงพลังงาน และผู้ประกอบการเอง เป็นต้น
ส่วนการก่อสร้างนั้นอาจจะใช้ช่างเทคนิคที่ได้รับการถ่ายทอดความรู้ผ่านโครงการฯ ไปช่วยดำเนินการ
สร้าง ติดตั้งระบบ พร้อมทั้งถ่ายทอดองค์ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีให้แก่ผู้ประกอบการได้ และ
เพื่อให้ผู้ประกอบการ ที่มีความพร้อมทั้งสถานที่ งบประมาณ และความต้องการที่จะดำเนินการติดตั้ง
ระบบอบแห้งเซรามิกดิบสามารถเป็นส่วนหนึ่งของการอนุรักษ์พลังงานในสถานประกอบการเซรามิก
และช่วยลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศได้เป็นอย่างดี

3. การใช้พลังงานของจังหวัดลำปาง

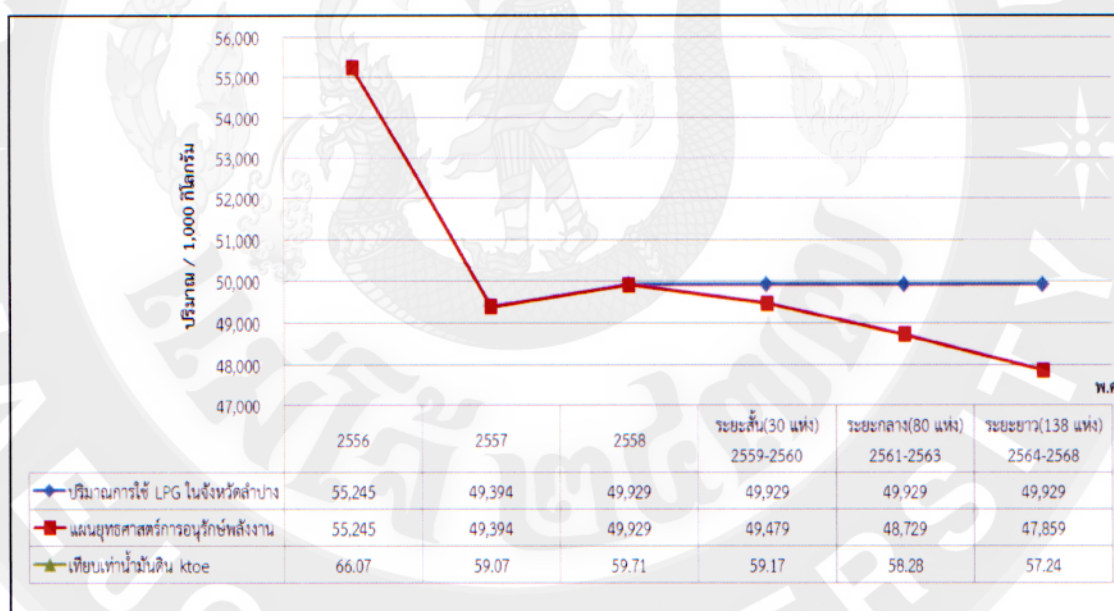
จากแผนบูรณาการระยะยาว 20 ปี ของกระทรวงพลังงาน ด้านการอนุรักษ์พลังงาน สามารถ
ผลักดันเสนอแนวทางการใช้ไอเสียจากความร้อนของเตามาใช้กับห้องอบแห้งในจังหวัดลำปาง นำไป
บูรณาการกับแผนยุทธศาสตร์พลังงานจังหวัดลำปาง เพื่อขับเคลื่อนแนวทางการแก้ไขปัญหาการลดใช้
แก๊ส LPG ในภาพรวมของจังหวัดลำปาง จะส่งผลทำให้ลดการนำเข้าพลังงานและสามารถลดต้นทุน



716529895

การผลิตในระยะยาวให้กับโรงงานเซรามิคในจังหวัดลำปาง โดยกำหนดแผนยุทธศาสตร์ด้านอนุรักษ์พลังงาน 3 ระยะ ระยะสั้น ระยะกลาง ระยะยาว ของโรงงานเซรามิคทั้งหมด 248 แห่ง

จากปริมาณก๊าซ LPG ของผู้ค้าน้ำมันจำหน่ายให้ลูกค้าและผู้ใช้ในจังหวัดลำปางรวมทุกสาขา ปี พ.ศ.2556-2558 ได้ข้อมูลการใช้ LPG ในปี พ.ศ. 2556 จำนวน $55,245 \times 10^3$ kg ในปี พ.ศ. 2557 ปริมาณ $49,394 \times 10^3$ kg และในปี พ.ศ. 2558 ปริมาณ $49,929 \times 10^3$ kg จะเห็นได้ว่าการใช้แก๊ส LPG ในจังหวัดลำปางรวมทุกสาขา ถ้าหากมีการลดใช้แก๊ส LPG จากกระบวนการผลิตเซรามิค โดยนำไอเสียมาใช้ประโยชน์ในห้องอบแห้งในโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิค ทั้งหมดจำนวน 248 แห่ง ตามแผนยุทธศาสตร์ทั้ง 3 ระยะ โดยนำผลจากการทดลองของบริษัทเซราเฮาส์ พบว่า ปริมาณการใช้ LPG ก่อนการปรับปรุงของเตาโรลเลอร์และเมื่อมีการติดตั้งห้องอบ มีปริมาณการใช้ LPG ลดลง 50 kg/d คิดเป็นประสิทธิภาพทางความร้อนของห้องอบแห้งเท่ากับ 9.43% (คิดจากการทำงาน 24 hr/d หรือ 300 d/y) จะลดปริมาณการใช้แก๊ส LPG ตามแผนยุทธศาสตร์การใช้พลังงานของจังหวัดลำปาง ดังแสดงในภาพที่ 34



ภาพที่ 34 แนวโน้มการใช้แก๊ส LPG ของจังหวัดลำปาง ตามแผนยุทธศาสตร์

จากกราฟ ตามแผนยุทธศาสตร์ด้านการอนุรักษ์พลังงานทั้ง 3 ระยะ จากการนำความร้อนที่เหลือทิ้งจากปล่องเตาเผาใช้ใหม่ เมื่อเทียบกับปริมาณการใช้ LPG รวมทุกสาขาในจังหวัดลำปางปี พ.ศ. 2556-2558 พบว่า ปริมาณการใช้แก๊ส LPG ที่ลดลง 50 kg/d (LPG เฉลี่ย 24 Baht/kg) (คิดการทำงาน 300 d/y)

ตามแผนระยะสั้น ลดปริมาณการใช้แก๊ส LPG 450,000 kg/y สามารถคำนวณผลประหยัดได้ 10,800,000 Baht/y

ตามแผนระยะกลาง ลดปริมาณการใช้แก๊ส LPG 1,200,000 kg/y สามารถคำนวณผลประหยัดได้ 28,800,000 Baht/y

ตามแผนระยะยาว ลดปริมาณการใช้แก๊ส LPG 2,070,000 kg/y สามารถคำนวณผลประหยัดได้ 49,680,000 Baht/y



716529895

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาวิจัยการประเมินศักยภาพการนำความร้อนเหลือทิ้งกลับคืน เพื่อลดการใช้แก๊ส LPG ของโรงงานเซรามิกในจังหวัดลำปาง โดยทำการสำรวจและรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานของโรงงานเซรามิกในจังหวัดลำปางทั้งหมด รวมทั้งทำการสำรวจและเก็บข้อมูลโรงงานเซรามิกที่มีการติดตั้งห้องอบแห้งที่ใช้ไอเสีย เป็นแหล่งพลังงานจำนวน 5 แห่ง เพื่อทำการตรวจวัดและประเมินประสิทธิภาพความร้อนก่อนและหลังการปรับปรุง และนำผลการศึกษาดังกล่าวมาทำการออกแบบห้องอบแห้งประสิทธิภาพสูง เพื่อใช้ในการวางแผนยุทธศาสตร์การใช้พลังงานของจังหวัดลำปาง สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังต่อไปนี้

สรุปผลการวิจัย

1. การนำความร้อนที่เหลือทิ้งจากปล่องไอเสียมาใช้เพื่อลดการใช้แก๊ส LPG ของโรงงานเซรามิกในจังหวัดลำปาง 5 แห่ง พบว่า บริษัท เซราเฮาส์ จำกัด มีการนำความร้อนที่เหลือทิ้งจากปล่องไอเสียจากเตาเผาแบบโรลเลอร์ กลับมาใช้ในการอบเซรามิก สามารถทดแทนการใช้แก๊ส LPG ได้ประมาณ 50 kg/d คิดเป็นประสิทธิภาพทางความร้อนของห้องอบแห้งเท่ากับ 9.43% ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานประมาณ 1,200 Bath/d
2. ห้องอบแห้งประสิทธิภาพสูงที่ได้จากการออกแบบ พบว่า มีการกระจายลมร้อนได้ดีกว่าห้องอบแห้งของ บริษัท เซราเฮาส์ จำกัด โดยมีการปล่อยไอเสียเข้าสู่ห้องอบบริเวณด้านล่าง และมีช่องระบายอากาศ 2 ช่อง ด้านเดียว
3. ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของห้องอบแห้งประสิทธิภาพสูง โดยคิดเทียบเท่าประสิทธิภาพการประหยัดแก๊ส LPG ของห้องอบแห้ง บริษัท เซราเฮาส์ จำกัด ที่ 9.43% จะมีระยะเวลาคืนทุนน้อยกว่า 6 month หรือประมาณ 0.47 y
4. ห้องอบแห้งประสิทธิภาพสูงมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเทียบเท่าการปลดปล่อย CO₂ จากโครงสร้างที่ใช้ในการสร้างห้องอบแห้งประมาณ 3,850 kg CO₂-eq ตลอดอายุการใช้งานห้องอบแห้ง 20 ปี แต่ในขณะเดียวกันจะสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จากการใช้แก๊ส LPG ตลอด 20 y ได้ประมาณ 933,990 kg CO₂-eq หรือลดลงประมาณ 930,140 kg CO₂-eq
5. สามารถนำมาวิเคราะห์ร่วมกับแผนยุทธศาสตร์การใช้พลังงานของจังหวัดลำปาง ได้ว่าสามารถลดการใช้พลังงานจากแก๊ส LPG ในภาพรวมของจังหวัดลำปาง ได้ดังต่อไปนี้

ตามแผนระยะสั้น สามารถลดปริมาณการใช้แก๊ส LPG 450,000 kg/y สามารถคำนวณผลประหยัดได้ 10,800,000 Baht/y

ตามแผนระยะกลาง สามารถลดปริมาณการใช้แก๊ส LPG 1,200,000 kg/y สามารถคำนวณผลประหยัดได้ 28,800,000 Baht/y

ตามแผนระยะยาว สามารถลดปริมาณการใช้แก๊ส LPG 2,070,000 kg/y สามารถคำนวณผลประหยัดได้ 49,680,000 Baht/y

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษางานวิจัยในครั้งนี้ มีข้อเสนอแนะในการดำเนินการศึกษาการนำความร้อนทิ้งจากโรงงานเซรามิก กลับมาใช้ในการอบแห้ง ดังต่อไปนี้

1. ในการดำเนินงานตามแผนยุทธศาสตร์ ในทางปฏิบัติจริงจะมีการคลาดเคลื่อนไปจากแผนเนื่องจากโรงงานบางแห่งไม่มีศักยภาพเพียงพอ
2. โรงงานที่จะสร้างห้องอบแห้ง ควรตรวจสอบราคาของวัสดุและอุปกรณ์ก่อนสร้างเพราะราคาเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดไม่คงที่
3. ในการสร้างห้องอบแห้ง ผู้ที่จะนำไปพัฒนาควรสร้างขนาดของห้องอบใหญ่หรือเล็กกว่า ที่มีอยู่เพราะจะได้มีข้อเปรียบเทียบในการทำงานต่อไป
4. ควรนำผลการวิจัยครั้งนี้ไปก่อสร้างจริง เพื่อเปรียบเทียบกับผลจากแบบจำลองของห้องอบแห้งประสิทธิภาพสูง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองอีกครั้งหนึ่ง



716529895

บรรณานุกรม

- นัฐพร ไชยญาติ และ ชัชวาล ชัยชนะ. 2552. ห้องอบแห้งพลังงานความร้อนใต้พิภพ (Drying Room from Geothermal Energy). น. 211-217. ในการประชุมวิชาการการถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อนครั้งที่ 8 ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่.
- ปิยะภัทร คุ่มปรีดี. 2544. การศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับเตาเผาเซรามิค วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Energy, A. M. 2014. Saving in Ceramic the Kilns: Cooling Gas Heat Recovery. **Applied Thermal Engineering**, 65, 102-110.
- Wunning, J. G. 2004. Advanced Combustion Equipment for Continuous. **Furnaces** IFRF Combustion Journal, 200402, 1-25.
- Thai National Database. 2552. ตารางค่า Emission Factor ก๊าซเรือนกระจก, [Online]. Available http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/download/Emission_Factor_CFP.pdf. (1 sep 2552).
- US Department of Energy. 2004. Waste Heat reduction & Recovery for Improving Furnace efficiency, Productivity and Emissions Performance. [Online] Available <https://energy.gov/sites/prod/files/2014/05/f15/35876.pdf>. (1 sep 2552).



716529895



716529895

MJU E-THESIS 5715301025 proposal / recv: 31052560 21:21:13 / seq: 19



ภาคผนวก



716529895

MJU E-THESIS 5715301025 proposal / recv: 31052560 21:21:13 / seq: 19



ภาคผนวก ก

บทความทางวิชาการ



การประเมินการนำความร้อนทิ้งกลับคืนของโรงงานเซรามิกของจังหวัดลำปางแบบ 3 มิติ: พลังงาน เศรษฐศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม

(Assessment of Waste Heat Recovery of Ceramic Factory of Lamphang on 3 Models: Energy, Economic and Environment)

สายธาร ประสงค์ความดี¹, ณัฐภูมิ คุญภู² และนิรุพร โชยญาติ^{3*}

¹ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้
Email : ningenergy@hotmail.com

² วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้
Email : natthawugij@gmail.com

^{3*} วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้
Email : benz1788@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการนำความร้อนทิ้งจากไอเสียมาใช้ในการอบแห้ง การอบสี และการอบเคลือบ โดยหาค่าของต้นทุนของโรงงานเซรามิก ในจังหวัดลำปางแบบ 3 มิติ คือ ด้านพลังงาน ด้านเศรษฐศาสตร์ และด้าน สิ่งแวดล้อม เพื่อลดอัตราการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว ระยะเวลาการคืนทุน และผลกระทบสิ่งแวดล้อม ผลจากการศึกษาพบว่า การนำความร้อน ทิ้งเหลือทิ้งจากปล่องเผาไอเสีย มาใช้เป็นแหล่งความร้อนในการอบสีก่อน อบเคลือบ สามารถทดแทนการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวได้ประมาณ 0.83 kg/h ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานประมาณ 300 Baht/d (ทำงาน 24 h/d) หรือ 90,000 Baht/y (ทำงาน 300 d/y) และมีระยะเวลาคืนทุน ประมาณ 4.4 ปี ผลการประเมินด้านสิ่งแวดล้อม พบว่า สามารถลดอัตรา การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ประมาณ 159,308 kg CO₂ eq ต่อ 1 โรงงานเซรามิก (ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 3,1133 kg CO₂ eq/kg) และสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงงานเซรามิกขนาดใหญ่อีก 17 แห่ง ในจังหวัดลำปางได้ประมาณ 2,708,235.82 kg CO₂ eq

คำสำคัญ: การนำความร้อนทิ้งกลับคืน โรงงานเซรามิก ห้องอบแห้งแบบ รวมศูนย์

Abstract

This research studies a concept of waste heat recovery from exhaust of ceramic factory for a central drying room in Lamphang province. A 3 models of energy, economic and environment has been considered to evaluate a reduced rate of Liquid Petroleum Gas (LPG), payback period and environmental impact, respectively. From the study result, it could be concluded that waste heat recovery of exhaust from the operating process of ceramic factory could use instead of LPG as around 0.83 kg/h. The energy cost of LPG could be decreased around 300 Baht/d (Operating time 24 h/d) or 90,000 Baht/y (Operating day 300 d/y), which payback period is about 4.4 y. For the environmental impact, it could be found that this concept could reduce a released carbon dioxide at around 159,308 kg CO₂ eq for the ceramic factory 1 plant, thus, the amount of greenhouse gas at around 2,708,235.82 kg CO₂ eq could be reduced for the 17 plants of high-consumption ceramic factory in Lamphang province.

Keywords: Waste heat recovery, Ceramic factory, Central drying room

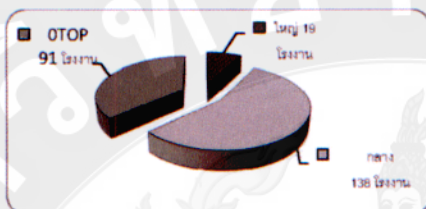
1. บทนำ

ตามที่รัฐบาลได้มีนโยบายการปรับขึ้นค่าแรงขั้นต่ำทั่วประเทศ ประกอบกับราคาก๊าซหุงต้ม แก๊สปิโตรเลียมเหลว (Liquid Petroleum Gas, LPG) ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงหลักของกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเซรามิกที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงเป็นปัญหาให้ผู้ประกอบการเซรามิกมีค่าใช้จ่ายด้านต้นทุนการผลิตที่เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นเมื่อผู้ประกอบการประสบกับปัญหาดังกล่าว จึงทำให้เกิดการขาดทุนและมีแนวโน้มในการปิดกิจการเป็นผลต่อมา ทำให้ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจของจังหวัดลำปางเป็นวงกว้าง ซึ่งจังหวัดลำปางมีอุตสาหกรรมเซรามิกเป็นอุตสาหกรรมหลักด้านเศรษฐกิจพื้นฐาน และเป็นการยกระดับรายได้ในการพัฒนาการค้า การท่องเที่ยวและการบริการของจังหวัดลำปาง ทำให้เกิดการจ้างงานให้กับประชาชนในพื้นที่ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา โรงงานเซรามิกในจังหวัดลำปาง มีจำนวนทั้งสิ้น 248 โรงงาน เป็นโรงงานขนาดใหญ่ จำนวน 19 โรงงาน ขนาดกลางจำนวน 138 โรงงาน ขนาดเล็กจำนวน 91 โรงงาน ดังแสดงรูปที่ 1 มีการใช้ LPG สำหรับการเผาเซรามิกรวมทั้งสิ้น 3,000 ตันต่อเดือน โดยมีมูลค่าเชื้อเพลิง LPG ประมาณ 32.8 ล้านบาทต่อเดือน [1]

กระบวนการผลิตเซรามิกต้องใช้พลังงานในการผลิตทุกขั้นตอน ทั้งพลังงานไฟฟ้า พลังงานกล พลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิง ดังนั้นหากสามารถนำเอาความร้อนที่เกิดขึ้นในโรงงานเซรามิกกลับมาใช้ประโยชน์ได้ จะสามารถลดอัตราการใช้พลังงานของโรงงานเซรามิกได้อย่างหนึ่งด้วย โดยงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการนำความร้อนทิ้งจากไอเสียมาใช้ประโยชน์มีดังนี้ Joachim [2] ทำการศึกษาการนำความร้อนทิ้งจากหัวเผาแบบ Regenerative ของก๊าซไอเสียร้อน คล้ายกับ Ana [3] ที่นำความร้อนทิ้งในโรงงานเซรามิก จากเตาเผาแบบลูกกลิ้ง (Roller Kilns) มาช่วยในการอบเซรามิก และสามารถประหยัดพลังงานประมาณ 17% ปีละ [4] ศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์ความร้อนสำหรับเตาเผาเซรามิก ที่ปล่อยทิ้งทางปล่องควันอุณหภูมิประมาณ 600-800 °C พบว่า สามารถนำความร้อนจากปล่องอุณหภูมิ 49 เป็น 394 องศาเซลเซียส และประหยัดก๊าซ LPG ได้ร้อยละ 23 ต่อการเผา 1 ครั้ง คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ประมาณ 14,553 บาทต่อปี ระยะเวลาในการคืนทุน 2 ปี 2 เดือน ซึ่งคล้ายกับการศึกษาของสุกิจ [5] จากงานวิจัยข้างต้น พบว่า มีการศึกษานำความร้อนทิ้งจากไอเสียมาใช้ในการอบแห้งในโรงงานเซรามิกและสามารถประหยัดแก๊ส LPG ได้ แต่การศึกษาดังกล่าวเป็นการวิเคราะห์ด้านพลังงาน



และด้านเศรษฐศาสตร์เท่านั้น รวมทั้งเป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของ
โรงงานเพียงแห่งเดียว ดังนั้นเพื่อให้สามารถวิเคราะห์การลดปริมาณการใช้
แก๊ส LPG ของโรงงานเซรามิกในจังหวัดลำปางได้อย่างครอบคลุมทุกมิติ จึง
เป็นที่ยอมรับของงานวิจัยนี้ ที่ต้องการศึกษาการนำความร้อนทิ้งจากไอเสียของ
โรงงานเซรามิกในจังหวัดลำปางมาใช้ในการอบแห้ง โดยการวิเคราะห์แบบ
3 มิติ ด้านพลังงาน ด้านเศรษฐศาสตร์ และด้านสิ่งแวดล้อม

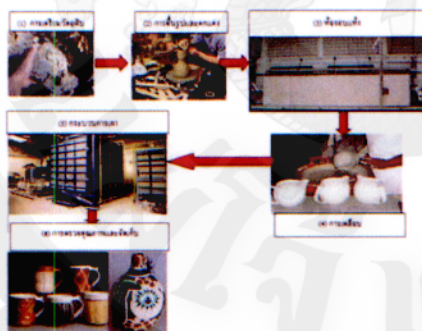


รูปที่ 1 จำนวนผู้ประกอบการเซรามิกของจังหวัดลำปาง

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระบวนการผลิตอุตสาหกรรมเซรามิก

อุตสาหกรรมเซรามิก เป็นอุตสาหกรรมที่มีความหลากหลายของ
เทคโนโลยีในการผลิต ซึ่งมีกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมเซรามิกดังแสดง
ในรูปที่ 2 คือ การเตรียมวัตถุดิบในขั้นตอนที่ 1 จะเป็นการทำให้ได้
ผลิตภัณฑ์ที่เป็นเนื้อดินเป็นแผ่นหรือเป็นแท่ง และเมื่อได้วัตถุดิบแล้วจึงก็
นำมา ขึ้นรูปและตากแห้งเป็นชิ้นงานในขั้นตอนที่ 2 จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่
ตากแห้งไปทำการอบแห้งโดยขึ้นคอนการอบในหี้ออบแห้ง ในขั้นตอนที่ 3
เมื่อได้ผลิตภัณฑ์จากการอบแห้งแล้ว นำผลิตภัณฑ์ไปผ่านการเคลือบ ใน
ขั้นตอนที่ 4 จากนั้นจึงนำผลิตภัณฑ์เข้าไปเผาที่อุณหภูมิ 1,200 °C ใน
ขั้นตอนที่ 5 และนำผลิตภัณฑ์เซรามิกที่ได้จากการเผาแล้ว มาตรวจสอบ
คุณภาพและจัดเก็บต่อไปในขั้นตอนที่ 6



รูปที่ 2 การผลิตอุตสาหกรรมเซรามิก

2.2 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint)

การประเมินรอยเท้าคาร์บอนหรือคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon
Footprint) คือ การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะถูกปล่อยออกมา
จากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วย ตั้งแต่ได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การผลิต การ

ใช้งานและการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลังใช้งาน โดยคำนวณออกมาในรูป
ของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ดังสมการต่อไปนี้

$$CF = EF \times AD \quad \text{สมการที่ 1}$$

เมื่อ CF คือ คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (CO₂ emission, kg CO₂ eq)

EF คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission
Factor, kg CO₂ eq)

AD คือ ข้อมูลกิจกรรมต่างๆ (Environmental Load)

โดยค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกลุ่มพลังงานของ
LPG และไฟฟ้า แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 : ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก [6]

ชนิดพลังงาน	หน่วย	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kg CO ₂ eq)
ไฟฟ้า	kWh	0.6093
LPG	kg	3.1133

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- คัดเลือกโรงงานเซรามิกที่มีการติดตั้งหี้ออบแห้ง โดยการนำความร้อนทิ้งกลับคืนจากไอเสีย และมีปริมาณการเก็บแก๊ส LPG เป็น 250 kg จำนวน 1 แห่ง เพื่อสำรวจและเก็บข้อมูล
- ดำเนินการตรวจวัดอุณหภูมิ อัตราการไหลของแก๊สไอเสีย และอัตราปริมาณสิ้นเปลืองของแก๊ส LPG
- นำข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด มาวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของเตาเผาเซรามิกก่อนและหลังการปรับปรุง
- ทำการเก็บข้อมูลสถิติ อัตราการใช้แก๊ส LPG และอัตราการใช้ไฟฟ้าของโรงงานเซรามิกในจังหวัดลำปาง ที่มีอัตราการใช้ LPG มากกว่า 1,000 kg/d
- วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงงานเซรามิกในจังหวัดลำปาง
- วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

4. ผลและวิจารณ์ผล

ผลการตรวจวัดโรงงานเซรามิกที่มีอัตราการใช้ LPG ประมาณ 18.68 kg/h พบว่า การติดตั้งหี้ออบแห้งที่นำไอเสียจากปล่อง Cooling zone ของเตา Roller มาใช้ในการอบเซรามิก ที่มีขนาดหี้ออบแห้ง 1.2 m x 1.2 m x 1.8 m ดังแสดงในรูปที่ 3 พบว่า ความร้อนที่เหลือทิ้งจากปล่องเตา Roller ด้าน Cooling zone สามารถลดอัตราการใช้ LPG ได้ประมาณ 0.83 kg/hr หรือประมาณ 4.44% คิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงประมาณ 300 Baht/d (ราคา LPG เฉลี่ย 15.18 Baht/kg) หากเครื่องอบมีการใช้งาน 300 d/y สามารถประหยัดค่า LPG ได้ประมาณ 90,000 Baht/y โดยหี้ออบแห้งดังกล่าวมีการลงทุนติดตั้งประมาณ 400,000 Baht และหาจุดคุ้มทุนออกมาได้ประมาณ 4.2 ปี



รูปที่ 3 การนำความร้อนที่กลับคืนของห้องอบแห้งโรงงานเซรามิก

ตารางที่ 2 รายชื่อและปริมาณการใช้ LPG ของโรงงานเซรามิกขนาดใหญ่

ชื่อสถานประกอบการ	ปริมาณการใช้ LPG (kg/d)	การประหยัด LPG (kg/d)
ควอซีเซรามิก	6,000	266.58
อินทราเซรามิก จำกัด	1,700	75.53
ลำปางศิลปนคร จำกัด	2,750	122.18
โรงงานประสิทธิ์เซรามิก	3,840	170.61
ควอซีเซรามิก 002	6,000	266.58
บริษัท โคมพอลิเมอร์ จำกัด	2,000	88.86
หจก.ลำปางเจริญศิลป์ เซรามิก	1,200	53.32
ควอซีเซรามิก 001	6,000	266.58
บริษัท กะละมัง เซรามิก	5,136	228.19
บริษัท ไทยแลนด์เบร็กเก็ต (1974) จำกัด	2,896	128.67
บริษัท เอส พี ซี เซรามิก จำกัด	4,212	187.14
บริษัท เอส พี ซี กระเบื้องเคลือบ จำกัด	3,856	171.32
บริษัท ชีวามเซรามิก จำกัด	3,500	155.50
บริษัท เซรามิก เอส ซี ซี จำกัด	1,100	48.87
บริษัท กระเบื้องดินเผาลำปาง-ไทย จำกัด (สาขาทะเลน้ำเงิน)	4,590	203.93
บริษัท กระเบื้องดินเผาลำปาง-ไทย จำกัด (สาขาน้ำเงิน)	2,589	115.03
บริษัท ผลิตภัณฑ์กระเบื้อง (ลำปาง) จำกัด	7,895	350.77
รวม	65,264	2,899.64

จากการสำรวจโรงงานเซรามิกขนาดใหญ่ในจังหวัดลำปางที่มีอัตราการใช้ LPG เป็น 1,000 kg/d พบว่า มีโรงงานขนาดใหญ่จำนวน 17 แห่ง ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2 มีอัตราการใช้ LPG รวมประมาณ 65,000 kg/d ซึ่งหากโรงงานเหล่านี้มีการติดตั้งห้องอบแห้งที่ใช้ความร้อนที่จากไอเสีย จะสามารถลดอัตราการใช้ LPG ได้ประมาณ 2,900 kg/d หรือ 869,892 kg/y คิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงานจาก LPG ประมาณ 13,204,966 Baht/y

ผลด้านสิ่งแวดล้อม พบว่า สามารถลดอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ประมาณ 159,308 kg CO₂ eq ต่อ 1 โรงงานเซรามิก และสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงงานเซรามิกขนาดใหญ่ 17 แห่ง ในจังหวัดลำปางได้ประมาณ 2,708,235.82 kg CO₂ eq

5. สรุป

จากผลการศึกษาสามารถสรุปสาระสำคัญได้ดังต่อไปนี้

- การนำความร้อนที่เหลือทิ้งจากปล่องเผาไอเสีย มาใช้เป็นแหล่งความร้อนในการอบสีก่อนชุบเคลือบ สามารถทดแทนการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวได้ประมาณ 0.83 kg/h ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานประมาณ 300 Baht/d และมีระยะเวลาการคืนทุนประมาณ 4.4 y
- สามารถลดอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ประมาณ 159,308 kg CO₂ eq ต่อ 1 โรงงานเซรามิก
- สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงงานเซรามิกขนาดใหญ่ 17 แห่ง ในจังหวัดลำปางได้ประมาณ 2,708,235.82 kg CO₂ eq/y

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และกระทรวงพลังงาน ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดลำปาง, จำนวนผู้ประกอบการเซรามิกของจังหวัดลำปาง, [ออนไลน์] เข้าถึงจาก <http://www.industry.go.th/lampang/>, (วันที่ 29 กันยายน 2558).
- [2] Joachim Georg Wunning. (2004). Advanced Combustion Equipment for Continuous Furnaces IFRF Combustion Journal, Page 1-25.
- [3] Ana Mezquita Energy. (2014). Saving in Ceramic the Kilns: Cooling Gas Heat Recovery, Applied Thermal Engineering, Volume 65, Page 102-110.
- [4] ปิยะภัทร คัมภีร์ดี. (2544). การศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับเผาเซรามิก จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ป็นขีดวิทย, หน้า 1-2.
- [5] สุกิจ พุ่มพวงพิบูลธรรม. (2545). การนำความร้อนของแก๊สไอเสียจากเตาเผาหลักกลับมาใช้ประโยชน์ในการอบแห้ง, หน้า 1-2.
- [6] Thai National Database, ค่า Emission Factor ก๊าซเรือนกระจก, [ออนไลน์] เข้าถึงจาก http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/download/Emission_Factor_CFP.pdf (วันที่ 29 กันยายน 2558)



นายธนา ปะธงค์ความดี, วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สาขาวิชาวิจัย: พลังงานทดแทน



ผศ.ดร.นัฐพร ไชยญาติ, วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สาขาวิชาวิจัย: Organic Rankine Cycle, Thermal design, Combined cooling heating and power (CCHP)



ผศ.ดร.ณัฐวุฒิ ศุภกิจ, วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สาขาวิชาวิจัย: พลังงานทดแทน