

## Cost-Benefit Analysis of Investment in Enhancing Alternative Fuel Utilization Capacity in Cement Production

Siwat Rakamthong<sup>1\*</sup> and Sommai Udomwitid<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Master of Economics (Business Economics), Faculty of Economics, Kasetsart University, Thailand*

<sup>2</sup> *Department of Economics, Faculty of Economics, Kasetsart University, Thailand*

\* *Corresponding author. E-mail: [siwat.rak@ku.th](mailto:siwat.rak@ku.th)*

### ABSTRACT

This study aims to analyze the financial and economic costs and benefits of investments to enhance the use of alternative fuels in cement production. The findings are intended to serve as guidelines for cement industry operators in planning and evaluating future investment projects. The results of the study for three cement kilns, each with different production capacities and proportions of alternative fuel usage, indicate that all kilns are profitable. The overall Net Present Value (NPV) is 3,218,617,440.14 THB, with an Internal Rate of Return (IRR) of 32.92%, a Benefit-Cost Ratio (B/C) of 2.89, and a payback period of 3 years and 1 month. Kiln 2 achieved the highest NPV due to its larger production capacity and the use of the lowest-cost alternative fuels. Kiln 3, despite having the largest capacity, relied mainly on Refuse Derived Fuel, which incurs higher costs, while Kiln 1 yielded the lowest returns due to its limited production scale. When externalities from greenhouse gas emissions were considered, the project remained economically viable overall, with an NPV of 2,715,957,030.69 THB and an IRR of 30.07%. Kilns 2 and 3 remained feasible, though with reduced NPVs, while Kiln 1 became unprofitable due to high investment costs relative to its scale and increased greenhouse gas offsets. In conclusion, investments in alternative fuel capacity are both financially and economically viable, particularly for larger kilns, and represent a practical pathway for improving sustainability and reducing reliance on fossil fuels in the cement industry.

**Keywords:** Cement Production, Alternative Fuel, Biomass, Industrial Waste

## การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของการลงทุน เพื่อเพิ่มความสามารถในการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกในการผลิตปูนซีเมนต์

ศิวัช ระกำทอง<sup>1\*</sup> และ สมหมาย อุดมวิทิต<sup>2</sup>

<sup>1</sup> เศรษฐศาสตร์มหาบัณฑิต (เศรษฐศาสตร์ธุรกิจ) คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประเทศไทย

<sup>2</sup> ภาควิชาเศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประเทศไทย

\* Corresponding author. E-mail: [siwat.rak@ku.th](mailto:siwat.rak@ku.th)

### บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ทางการเงินและด้านเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนเพื่อเพิ่มความสามารถในการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกในการผลิตปูนซีเมนต์ ทั้งนี้ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ในการวางแผนและประเมินโครงการลงทุนในอนาคต จากผลการศึกษาข้อมูลการลงทุนในเตาเผาทั้ง 3 เตา ที่มีกำลังการผลิตและสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกแตกต่างกัน ผลการวิเคราะห์ทางการเงินในกรณีฐาน พบว่าในภาพรวมโครงการมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนในทุกเตา โดยมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 3,218,617,440.14 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับร้อยละ 32.92 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) เท่ากับ 2.89 และสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 3 ปี 1 เดือน เมื่อพิจารณาในรายเตาเผา พบว่า เตาเผาที่ 2 เป็นเตาเผาที่มี NPV สูงที่สุด เนื่องจากเป็นเตาเผาที่มีกำลังการผลิตสูง ทำให้สามารถลดการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินลงได้มาก นอกจากนี้ประเภทของเชื้อเพลิงทางเลือกที่นำมาใช้ในเตาเผาที่มีต้นทุนต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับเตาเผาอื่น ๆ โดยการตัดสินใจใช้เชื้อเพลิงทางเลือกประเภทต่าง ๆ ในแต่ละเตาเผา จะขึ้นอยู่กับกระบวนการวางแผนบริหารจัดการเชื้อเพลิง และข้อกำหนดของแต่ละเตาเผา ทำให้แต่ละเตาเผามีการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกที่แตกต่างกัน ในขณะที่เตาเผาที่ 3 แม้จะมีกำลังการผลิตสูงที่สุดในการศึกษาครั้งนี้ แต่เนื่องจากประเภทของเชื้อเพลิงทางเลือกที่ใช้ในเตาเผาที่มุ่งเน้นไปที่ขยะชุมชนซึ่งมีต้นทุนที่ค่อนข้างสูง ทำให้มี NPV น้อยกว่าเตาเผาที่ 2 ในขณะที่เตาเผาที่ 1 ให้ผลตอบแทนต่ำที่สุด เป็นผลมาจากกำลังการผลิตต่ำที่สุดในการศึกษาครั้งนี้ ในกรณีที่พิจารณาถึงผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งรวมถึงมูลค่าของผลกระทบภายนอกจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่า ในภาพรวมของโครงการยังคงมีความคุ้มค่า โดยมี NPV เท่ากับ 2,715,957,030.69 บาท และ IRR เท่ากับร้อยละ 30.07 เมื่อพิจารณาในรายเตาเผา พบว่า เตาเผาที่ 2 และเตาเผาที่ 3 ยังคงมีความคุ้มค่าในการลงทุน แม้จะมี NPV ลดลงจากต้นทุนการชดเชยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในขณะที่เตาเผาที่ 1 พบว่าไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากมีต้นทุนที่เพิ่มขึ้นจากการชดเชยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นจากการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกในการผลิตปูนซีเมนต์ โดยสรุปในภาพรวมโครงการการลงทุนเพื่อเพิ่มความสามารถในการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกนี้มีความคุ้มค่าทั้งในเชิงการเงินและเศรษฐศาสตร์ ภายใต้ดัชนีชี้วัด NPV IRR B/C Ratio และ Payback Period โดยเฉพาะในเตาเผาที่มีกำลังการผลิตสูง ซึ่งสามารถสร้างผลตอบแทนได้อย่างมีประสิทธิภาพจากการลดการใช้เชื้อเพลิงทางหินได้ในปริมาณที่สูงตามไปด้วย

**คำสำคัญ:** การผลิตปูนซีเมนต์, เชื้อเพลิงทางเลือก, ชีวมวล, กากของเสียอุตสาหกรรม

© 2025 JSSP: Journal of Social Science Panyapat

### บทนำ

อุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ถือเป็นส่วนสำคัญของเศรษฐกิจไทย มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและส่งเสริมเศรษฐกิจ ประเทศไทยเป็นหนึ่งในผู้ผลิตปูนซีเมนต์รายใหญ่ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยมีโรงงานผลิตกระจายอยู่ทั่วประเทศ ปริมาณการผลิตปูนซีเมนต์ของไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเพื่อรองรับความต้องการภายในประเทศและการส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2568) และข้อมูลจาก

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม (2567) แสดงให้เห็นว่า ประเทศไทยมีปริมาณการผลิตปูนเม็ด ประมาณ 40 ล้านตันต่อปี และยังคงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของประเทศ ดังตารางที่ 1 อย่างไรก็ตาม การผลิตปูนซีเมนต์เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเผาวัตถุดิบเพื่อผลิตปูนเม็ด จากการศึกษาของศูนย์ข้อมูลก๊าซเรือนกระจก องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก พบว่า ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยจากกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์เกิดจากสองกระบวนการหลัก ได้แก่ 1) ปฏิกิริยาเคมีในกระบวนการเผาหินปูน (Calcination) และ 2) การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อให้ความร้อนในกระบวนการผลิต (Fuel Combustion) ซึ่งใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ถ่านหิน เป็นแหล่งพลังงานหลักในกระบวนการนี้ โดยพบว่า สัดส่วนการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากปฏิกิริยาเคมีในกระบวนการเผาหินปูน คิดเป็นร้อยละ 64.36 ในขณะที่กระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลคิดเป็นร้อยละ 35.64 (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2559)

นอกจากนี้ ข้อมูลจากรายงาน Global Status of Cement Industry Report (2023) ยังชี้ให้เห็นว่า ต้นทุนด้านเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์สูงถึงร้อยละ 22 ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด ซึ่งเน้นย้ำถึงความท้าทายที่อุตสาหกรรมนี้ต้องเผชิญทั้งในด้านการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและการบริหารจัดการต้นทุนการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ (International Energy Agency, 2023)

### ตารางที่ 1 ปริมาณการผลิตและจำหน่ายปูนเม็ดของประเทศไทย

(หน่วย : ตัน)

ปี	2564	2565	2566	
ปริมาณการผลิต	40,651,463	40,351,790	36,993,754	
การจำหน่าย	ในประเทศ	47,237	12,800	97,312
	ส่งออก	6,139,168	6,531,789	4,745,883
	รวม	6,186,405	6,544,589	4,843,195
ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตปูนซีเมนต์	28,278,653	27,262,613	27,307,363	

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม (2567)

การลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์จึงเป็นเรื่องสำคัญอย่างยิ่งต่อการลดภาวะโลกร้อน หนึ่งในวิธีที่มีประสิทธิภาพคือการใช้เชื้อเพลิงทางเลือก (Alternative Fuels) ในการผลิตปูนซีเมนต์ผ่านกระบวนการผลิตร่วม ซึ่งไม่เพียงแต่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก แต่ยังช่วยลดต้นทุนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ เชื้อเพลิงทางเลือกที่ถูกนำมาใช้ในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ประกอบด้วย ชีวมวล (Biomass) ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และกากของเสียอุตสาหกรรม (Industrial Waste) เช่น วัสดุเหลือใช้จากกระบวนการผลิตอื่น ๆ นอกจากนี้ การใช้เชื้อเพลิงทางเลือกยังมีข้อดีหลายประการ ได้แก่ การลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต ซึ่งมุ่งเน้นการนำทรัพยากรกลับมาใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2559) อย่างไรก็ตาม การนำเชื้อเพลิงมาเลือกมาใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์ยังคงเผชิญกับความท้าทายหลายประการ โดยเฉพาะการวิเคราะห์เชิงบูรณาการระหว่างมิติการเงิน เศรษฐศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม เนื่องจากงานวิจัยที่ผ่านมามุ่งเน้นไปที่การศึกษาคุณสมบัติทางเทคนิคที่เหมาะสมของของเสียที่จะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง และผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมจากการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกเพียงเท่านั้น โดยในมิติทางด้านการเงินนั้น จะมุ่งเน้นไปที่ผลประโยชน์ที่โครงการจะได้รับจากต้นทุนค่าเชื้อเพลิงที่ลดลงจากการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกเพียงอย่างเดียว ซึ่งยังขาดการศึกษาทางด้านการเงินที่ครอบคลุมตั้งแต่การลงทุนแรกเริ่ม การติดตั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์ การบริหารจัดการเชื้อเพลิง รวมไปถึงการประเมินความคุ้มค่าของการลงทุนทั้งในเชิงการเงินและเศรษฐศาสตร์อย่างเป็นระบบ ดังนั้นการศึกษาความเป็นไปได้และประโยชน์ของการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกในภาพรวมทั้งมิติทางด้านการเงิน เศรษฐศาสตร์ และสิ่งแวดล้อมจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจาก

สามารถช่วยในการพัฒนาเทคโนโลยีและนโยบายที่เหมาะสมเพื่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และส่งเสริมการพัฒนาอย่างยั่งยืนในระยะยาว

งานวิจัยนี้จึงต้องการที่จะขยายขอบเขตของการศึกษาเพิ่มเติมจากงานวิจัยที่ผ่านมา โดยมุ่งศึกษาถึงความเป็นไปได้ของการลงทุนเพื่อเพิ่มความสามารถในการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกในการผลิตปูนซีเมนต์ เพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงถ่านหิน โดยจะศึกษาในภาพรวมทั้งมิติทางด้านการเงินและมิติทางด้านเศรษฐศาสตร์ รวมถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เปลี่ยนแปลงไปจากใช้เชื้อเพลิงทางเลือก เพื่อสะท้อนให้เห็นถึงผลประโยชน์ของโครงการที่ครอบคลุมทุก ๆ ด้าน รวมทั้งเป็นข้อเสนอแนะเชิงนโยบายในการบริหารจัดการขยะหรือกากของเสียอุตสาหกรรม และเพื่อเป็นแนวทางให้กับบริษัทผู้ผลิตปูนซีเมนต์ ใช้เป็นแนวทางในการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนต่อไป

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ทางการเงินและด้านเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนเพื่อเพิ่มความสามารถในการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกในการผลิตปูนซีเมนต์

## ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ทางการเงินและด้านเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนเพื่อเพิ่มความสามารถในการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกในการผลิตปูนซีเมนต์ โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

### 1. ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์

1.1 ข้อมูลทุติยภูมิ อันรวบรวมจากเอกสารจากบริษัทกรณีศึกษา เอกสารทางวิชาการ งานวิจัย เกี่ยวกับกระบวนการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกในการผลิตปูนซีเมนต์ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน ต้นทุนหรือผลประโยชน์ที่ได้จากการจัดหาเชื้อเพลิงทางเลือกแต่ละชนิด รวมไปถึงค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและค่าซ่อมบำรุงรักษาตลอดอายุโครงการ รวมไปถึงผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม เช่น ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเชื้อเพลิงแต่ละประเภท ราคาคาร์บอนเครดิตที่ใช้ในการประเมินมูลค่าของผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม

1.2 ข้อมูลปฐมภูมิ จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญที่ปฏิบัติงานในส่วนของการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกของบริษัทกรณีศึกษา จำนวน 4 ท่าน ประกอบไปด้วยตำแหน่ง (1) Waste Management Manager, (2) Business Improvement Manager และ (3) Clinker Production Engineer

### 2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิในครั้งนี้ คือ แบบสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) โดยข้อมูลที่ได้จากแบบสัมภาษณ์จะถูกนำมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลที่รวบรวมได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ

### 3. เกณฑ์ในการคัดเลือก รายละเอียดและข้อจำกัดของบริษัทกรณีศึกษา

3.1 บริษัทกรณีศึกษาต้องมีศักยภาพในการใช้เชื้อเพลิงทางเลือก รวมทั้งมีข้อมูลของการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกที่ครบถ้วนและเชื่อถือได้ ทั้งข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ เช่น ข้อมูลด้านการผลิต ข้อมูลทางการเงิน และแผนการซ่อมบำรุงและการบริหารจัดการเชิงเทคนิค

3.2 บริษัทกรณีศึกษาเป็น ผู้ประกอบการปูนซีเมนต์รายใหญ่ของประเทศไทย ตั้งอยู่ในจังหวัดสระบุรี โดยมีกำลังการผลิตรวมประมาณ 8 ล้านตันปูนเม็ดต่อปี

3.3 ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ใช้ข้อมูลจากบริษัทกรณีศึกษาเพียงบริษัทเดียว ผลลัพธ์ที่ได้อาจไม่สามารถสะท้อนภาพรวมของทุกบริษัทในอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องจากแต่ละโรงงานมีลักษณะเฉพาะทั้งด้านขนาดการผลิต เทคโนโลยีการผลิต การบริหารจัดการ และศักยภาพในการควบคุมต้นทุนที่แตกต่างกัน ซึ่งถือเป็นข้อจำกัดของการศึกษาในครั้งนี้

#### 4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ทางการเงินและด้านเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนเพื่อเพิ่มความสามารถในการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกในการผลิตปูนซีเมนต์ ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative Analysis) ผ่านการประมาณการต้นทุนและผลประโยชน์ตลอดอายุโครงการ 20 ปี โดยจะทำการวิเคราะห์ทั้งในกรณีแยกเตาเผา จำนวน 3 เตาเผา และในภาพรวมของทั้งโครงการ โดยต้นทุนของโครงการประกอบไปด้วย ค่าใช้จ่ายในการลงทุน และต้นทุนผันแปร ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง โดยค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการจัดหาเชื้อเพลิงและค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการเชื้อเพลิง ในขณะที่การวิเคราะห์ต้นทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการ นอกจากต้นทุนด้านการเงินแล้วจะรวมค่าใช้จ่ายทางอ้อมที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาณก๊าซเรือนกระจกเข้าไปด้วย โดยคำนวณมูลค่าเป็นตัวเงินโดยใช้ราคาคาร์บอนเครดิตภาคสมัครใจประเทศไทยเฉลี่ยในปี พ.ศ. 2567 ในส่วนของผลประโยชน์ของโครงการ ประกอบไปด้วย ค่าธรรมเนียมในการรับกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรม และต้นทุนค่าเชื้อเพลิงถ่านหินที่ลดลง โดยทำการวิเคราะห์ผ่านตัวชี้วัดทั้ง 4 ตัว ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio: BCR) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) โดยแสดงวิธีการคำนวณได้ดังสมการ

$$1) \text{ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ, } NPV = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}$$

$$2) \text{ อัตราผลตอบแทนภายใน, } IRR = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} = 0$$

$$3) \text{ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน, } BCR = \frac{PVB}{PVC}$$

$$4) \text{ ระยะเวลาคืนทุน, } Payback \text{ Period} = \frac{\text{Initial investment}}{\text{Annual Average Benefit}}$$

นอกจากนี้ ได้วิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการใน 3 กรณี ได้แก่

- 1) ค่าใช้จ่ายในการจัดหาเชื้อเพลิงทางเลือกปรับตัวเพิ่มขึ้น ร้อยละ 10
- 2) ค่าใช้จ่ายในการลงทุนปรับตัวเพิ่มขึ้น ร้อยละ 10
- 3) การหาสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกต่ำที่สุด ที่ทำให้ NPV มีค่าเท่ากับศูนย์

## กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการรวบรวม ทฤษฎี วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยนำมาสร้างเป็นกรอบความคิดในการวิจัยดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

## ผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัย พบว่า การลงทุนเพื่อเพิ่มความสามารถในการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกสำหรับการผลิตปูนซีเมนต์นั้น มีลักษณะเป็นการลงทุนในระบบเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่แทรกหรือติดตั้งเพิ่มเติมเข้าไปในสายการผลิตเดิม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการเผาไหม้ให้สามารถรองรับเชื้อเพลิงที่มีคุณสมบัติต่างจากเชื้อเพลิงถ่านหิน ซึ่งการลงทุนแบ่งออกเป็น 4 ระบบหลัก ได้แก่ หัวเผาเชื้อเพลิง (Satellite Burner) ระบบลำเลียงเชื้อเพลิง (Feeding System) ระบบกำจัดคลอรีน (Chlorine By-pass) และระบบกำจัดความชื้น (Dryer system) โดยแต่ละเตาเผามีโครงสร้างพื้นฐานที่แตกต่างกัน ส่งผลให้มีระบบที่ต้องลงทุนเพิ่มเติมไม่เหมือนกัน โดยมีมูลค่าเงินลงทุนที่แตกต่างกันไปตามขนาดกำลังการผลิต โดยเตาเผาที่ 1 เป็นเตาเผาที่มีกำลังการผลิตต่ำที่สุดในการศึกษาครั้งนี้ มีกำลังการผลิตเท่ากับ 2,029,830 ตันปูนเม็ดต่อปี มีค่าใช้จ่ายในการลงทุน 581 ล้านบาท ในขณะที่เตาเผาที่ 2 มีกำลังการผลิตอยู่ที่ 3,394,380 ตันปูนเม็ดต่อปี มีค่าใช้จ่ายในการลงทุน 792 ล้านบาท และเตาเผาที่ 3 ซึ่งมีกำลังการผลิตสูงที่สุดในการศึกษาครั้งนี้ ที่ 3,415,500 ตันปูนเม็ดต่อปี มีค่าใช้จ่ายในการลงทุน 330 ล้านบาท รวมมูลค่าการลงทุนรวมทั้งโครงการ 1,703 ล้านบาท รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าใช้จ่ายในการลงทุนของโครงการ (Investment cost)

รายละเอียด	เตาเผาที่ 1 (บาท)	เตาเผาที่ 2 (บาท)	เตาเผาที่ 3 (บาท)	รวมทั้งโครงการ (บาท)
ค่าติดตั้งหัวเผาเชื้อเพลิง (Satellite Burner)	71,000,000	81,000,000	81,000,000	233,000,000
ค่าติดตั้งระบบลำเลียงเชื้อเพลิง (Feeding System)	-	90,000,000	-	90,000,000
ค่าติดตั้งระบบกำจัดคลอรีน (Chlorine By-pass)	290,000,000	360,000,000	-	650,000,000
ค่าติดตั้งระบบกำจัดความชื้น (Dryer System)	220,000,000	261,000,000	249,000,000	730,000,000
<b>รวมค่าใช้จ่ายในการลงทุน</b>	<b>581,000,000</b>	<b>792,000,000</b>	<b>330,000,000</b>	<b>1,703,000,000</b>

ในส่วนของเชื้อเพลิงทางเลือกที่นำมาใช้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่ เชื้อเพลิงจากกากของเสียอุตสาหกรรม และเชื้อเพลิงจากชีวมวล โดยในกลุ่มเชื้อเพลิงจากกากของเสียอุตสาหกรรม ได้จำแนกเพิ่มเติมออกเป็น 6 ประเภทย่อย ได้แก่ Sludge, Hazardous Waste, Non-hazardous Waste, RDF, Carbon Black และ Solid Alternative Fuel ซึ่งเชื้อเพลิงแต่ละประเภทจะมีต้นทุนที่ไม่เท่ากัน และเชื้อเพลิงบางประเภทโครงการจะได้รับค่าธรรมเนียมในการกำจัดด้วย ได้แก่ เชื้อเพลิงประเภท Sludge และ Hazardous Waste

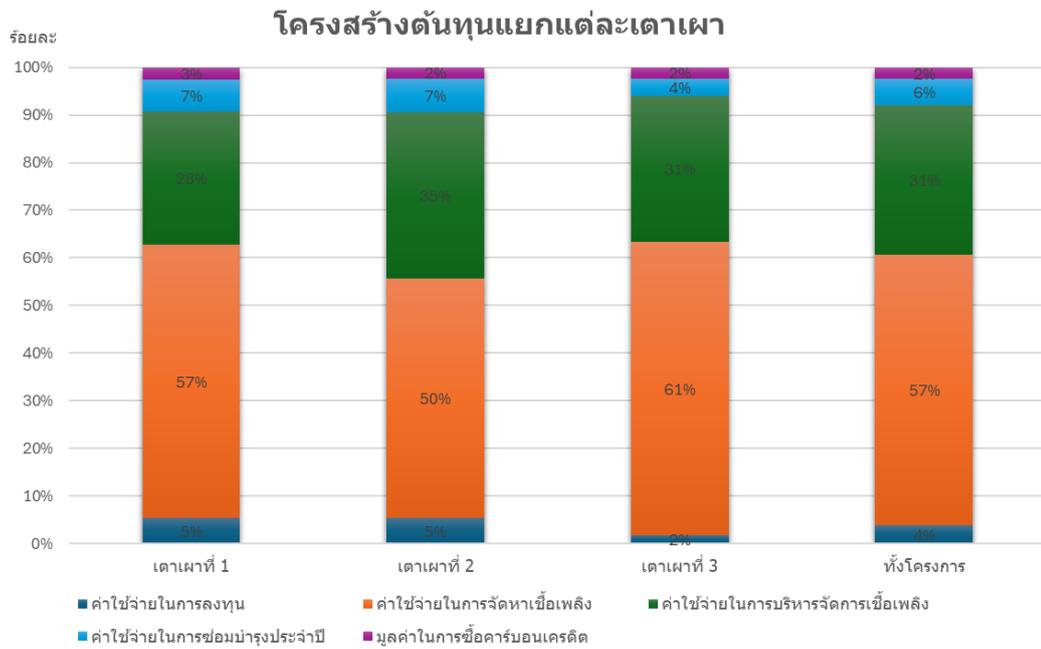
ต้นทุนผันแปรของโครงการจะประกอบไปด้วยค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (Operating cost) และค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงประจำปี (Maintenance cost) ซึ่งจะแปรผันตามปริมาณการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกของแต่ละเตาเผา ซึ่งปริมาณและประเภทของเชื้อเพลิงทางเลือกที่นำมาใช้ในแต่ละเตาเผานั้นจะขึ้นอยู่กับโครงสร้างพื้นฐานของแต่ละเตาเผา และการบริหารจัดการวัตถุดิบ โดยรายละเอียดของต้นทุนผันแปรของแต่ละเตาเผาแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ต้นทุนผันแปรของโครงการ (Variable cost)

รายละเอียด	เตาเผาที่ 1	เตาเผาที่ 2	เตาเผาที่ 3	รวมทั้งโครงการ
ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงทางเลือก (ตันต่อปี)	136,800	234,000	252,000	622,800
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (Operating cost)* (บาทต่อปี)	254,530,250	342,541,596	473,676,521	1,070,748,367
ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง (Maintenance cost) (บาทต่อปี)	9,704,202	16,599,292	17,876,161	44,179,655
<b>รวมค่าใช้จ่ายผันแปร (บาทต่อปี)</b>	<b>264,234,452</b>	<b>359,140,888</b>	<b>491,552,682</b>	<b>1,114,928,022</b>

หมายเหตุ: \*ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ประกอบไปด้วย ค่าใช้จ่ายในการจัดหาเชื้อเพลิงและค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการเชื้อเพลิง

นอกจากต้นทุนทางตรง โครงการยังมีต้นทุนทางอ้อมที่เกิดขึ้นจากการใช้เชื้อเพลิงทางเลือก เนื่องจากเชื้อเพลิงทางเลือกประเภทกากของเสียอุตสาหกรรมนั้นมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูงกว่าเชื้อเพลิงถ่านหิน ในขณะที่เชื้อเพลิงทางเลือกประเภทเชื้อเพลิงชีวมวลแม้จะสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีนัยสำคัญ แต่เนื่องจากมีข้อจำกัดในการใช้งานและข้อจำกัดด้านปริมาณและฤดูกาล ทำให้ไม่สามารถจัดหาและใช้งานได้ปริมาณที่มากเพียงพอต่อความต้องการของกระบวนการผลิต ทำให้ในภาพรวมโครงการ มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นสุทธิจากการใช้เชื้อเพลิงทางเลือก เท่ากับ 366,766 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี คิดเป็นมูลค่าของผลกระทบภายนอกสุทธิ เท่ากับ 38,710,300.82 บาทต่อปี ซึ่งต้นทุนทางอ้อมนี้จะถูกไปคำนวณหาความคุ้มค่าของโครงการในด้านเศรษฐศาสตร์ต่อไป โดยสามารถแสดงโครงสร้างต้นทุนของโครงการได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กราฟแสดงโครงสร้างต้นทุนแยกแต่ละเตาเผา  
ที่มา: บริษัทกรณีศึกษา (2568)

ในส่วนของผลประโยชน์ของโครงการ เนื่องจากค่าธรรมเนียมในการรับกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรม ได้ถูกหักกลับไปกับค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของโครงการแล้วนั้น จึงเหลือเพียงผลประโยชน์ในส่วนของต้นทุนค่าเชื้อเพลิงถ่านหินที่ลดลงเท่านั้น โดยผลประโยชน์จะขึ้นอยู่กับความสามารถในใช้เชื้อเพลิงทางเลือก หรือร้อยละของการลดการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินของแต่ละเตา โดยเชื้อเพลิงถ่านหินมีต้นทุนสุทธิอยู่ที่ 0.169 บาทต่อเมกะจูล รายละเอียดผลประโยชน์ของโครงการแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลประโยชน์ของโครงการ

รายละเอียด	เตาเผาที่ 1	เตาเผาที่ 2	เตาเผาที่ 3	รวมทั้งโครงการ
ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินที่ลดลง (ร้อยละ)	30.44	31.48	33.24	31.92
พลังงานความร้อนเชื้อเพลิงถ่านหินที่ลดลง (เมกะจูลต่อปี)	2,285,943,615	3,953,654,219	4,200,453,264	10,440,051,098
ต้นทุนค่าเชื้อเพลิงถ่านหินที่ลดลง (บาทต่อปี)	385,524,391	666,783,784	708,406,443	1,760,716,618

เมื่อประเมินต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการแล้ว จะทำการประมาณการต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการตลอดอายุโครงการ 20 ปี ภายใต้สมมติฐานหลักดังต่อไปนี้

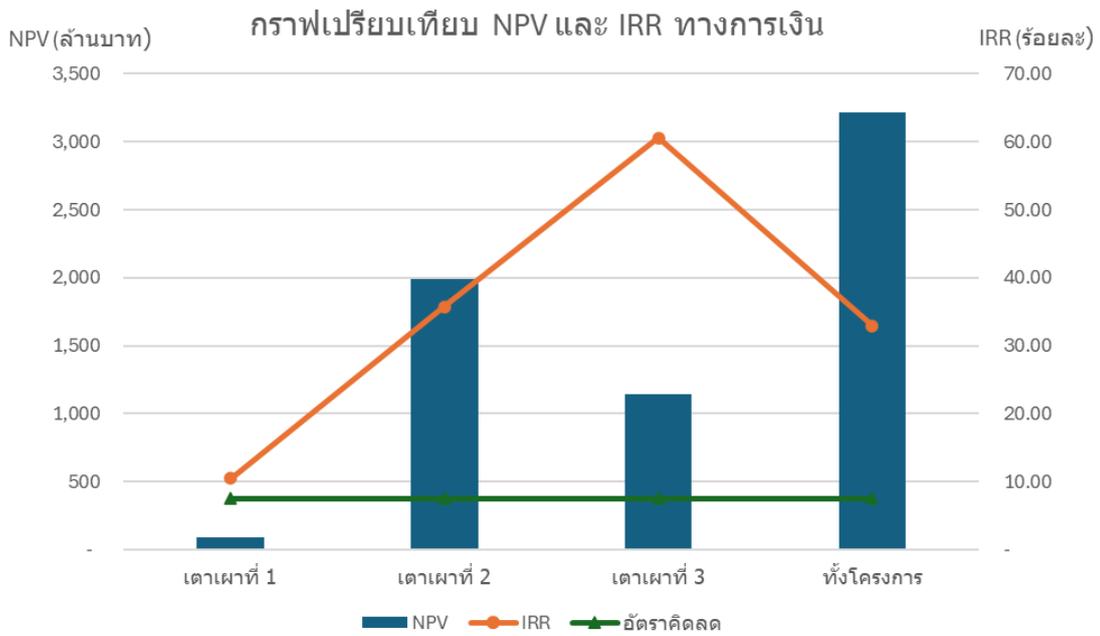
- ค่าใช้จ่ายในการจัดการและบริหารจัดการเชื้อเพลิงปรับตัวเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 5.5 ต่อปี อ้างอิงข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องของบริษัทกรณีศึกษา
- กำหนดให้มีการซ่อมบำรุงใหญ่ (Major Overhaul) ทุก ๆ 3 ปี โดยมีค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงใหญ่เท่ากับร้อยละ 15 ของมูลค่าการลงทุน อ้างอิงจากแผนการซ่อมบำรุงเครื่องจักรของบริษัทกรณีศึกษา
- ราคาคาร์บอนเครดิตปรับตัวเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 3.19 ต่อปี อ้างอิงจากรายงานสถานการณ์และแนวโน้มตลาดคาร์บอนภาคสมัครใจประเทศไทยปี 2567 ซึ่งจัดทำโดยองค์การจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

- ค่าธรรมเนียมในการรับกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรม ปรับตัวเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 5.5 ต่อปี อ้างอิงข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องของบริษัทกรณีศึกษา
- ต้นทุนค่าเชื้อเพลิงถ่านหินปรับตัวเพิ่มขึ้นเฉลี่ยในอัตราร้อยละ 3.20 ต่อปี อ้างอิงจากดัชนีราคาถ่านหิน globalCOAL NEWC Index ในช่วงปี ค.ศ. 2008–2025 ซึ่งเป็นดัชนีราคาถ่านหินมาตรฐานที่อ้างอิงราคาถ่านหินพลังงาน จากท่าเรือ Newcastle ประเทศออสเตรเลีย
- อัตราคิดลดเท่ากับร้อยละ 7.48 อ้างอิงจากข้อมูลอัตราดอกเบี้ยที่ธนาคารพาณิชย์เรียกเก็บจากลูกค้ารายใหญ่ชั้นดี (MLR) ของธนาคารพาณิชย์ที่จดทะเบียนในประเทศไทย ทั้ง 17 แห่ง รวบรวมโดยธนาคารแห่งประเทศไทย ณ วันที่ 08 เมษายน 2568

จากข้อมูลดังกล่าวมาข้างต้น เมื่อนำมาวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินของโครงการ พบว่าโครงการมีความคุ้มค่าในการลงทุนในทุกเตาเผา โดยเตาเผาที่ 2 และเตาเผาที่ 3 ให้ผลตอบแทนที่สูงและมีระยะเวลาคืนทุนที่ค่อนข้างสั้น ในขณะที่เตาเผาที่ 1 มีผลตอบแทนต่ำกว่าและต้องใช้ระยะเวลาคืนทุนที่นานกว่า เนื่องจากเป็นเตาเผาที่มีกำลังการผลิตต่ำ แสดงถึงปริมาณการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินที่น้อยตามไปด้วย ส่งผลให้ผลประโยชน์จากการลดต้นทุนค่าพลังงานที่ได้รับจากเตาเผาที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับเตาเผาอื่น ๆ แม้จะมีสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกใกล้เคียงกับเตาเผาที่ 2 และ 3 โดยในภาพรวมของโครงการ มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 3,218,617,440.14 บาท อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการเท่ากับร้อยละ 32.92 ซึ่งสูงกว่าอัตราคิดลดที่โครงการใช้ และมีอัตราผลตอบแทนต่อต้นทุนเท่ากับ 2.89 โดยมีระยะเวลาคืนทุนเพียง 3 ปี 1 เดือน โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 5 และกราฟแสดงการเปรียบเทียบ NPV และ IRR ของแต่ละเตาเผาแสดงดังภาพที่ 3

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ทางการเงินของโครงการ

รายการ	เตาเผาที่ 1	เตาเผาที่ 2	เตาเผาที่ 3	รวมทั้งโครงการ
มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน (PVC), (บาท)	581,000,000.00	792,000,000.00	330,000,000.00	1,703,000,000.00
มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ (PVB), (บาท)	669,501,301.48	2,782,876,273.04	1,469,239,865.62	4,921,617,440.14
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV), (บาท)	88,501,301.48	1,990,876,273.04	1,139,239,865.62	3,218,617,440.14
อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR), (ร้อยละ)	10.50	35.70	60.56	32.92
อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR), (เท่า)	1.15	3.51	4.45	2.89
ระยะเวลาคืนทุน (PB), (ปี)	6.6	2.9	1.5	3.1
สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงทางเลือก (TSR), (ร้อยละ)	30.44	31.48	33.24	31.92

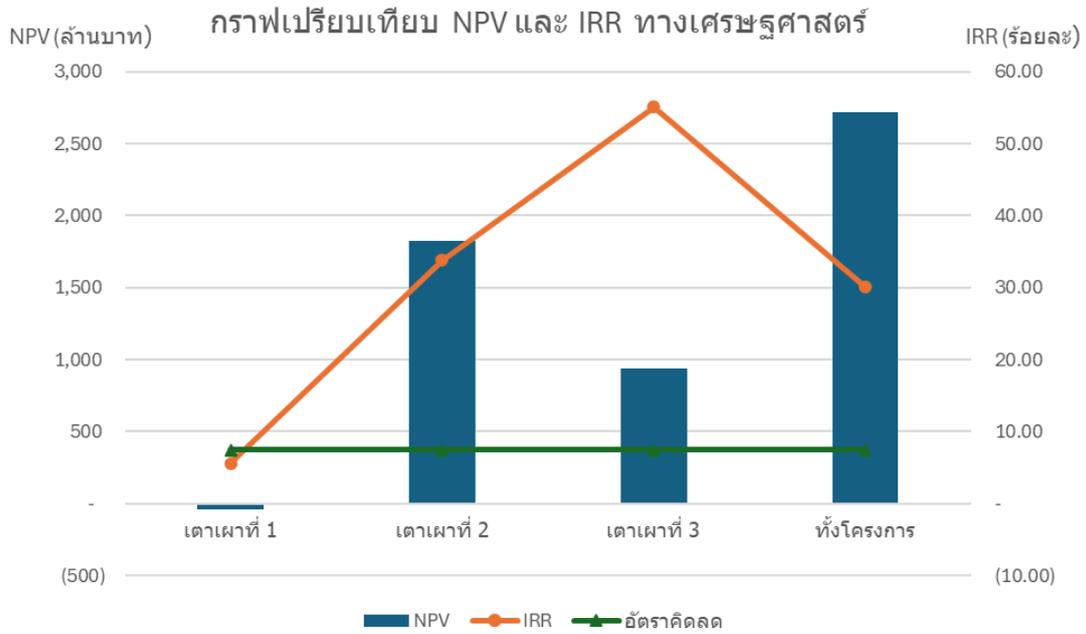


ภาพที่ 3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบ NPV และ IRR ทางการเงินของแต่ละเตาเผา  
ที่มา: บริษัทกรณศึกษา (2568)

ในขณะที่เมื่อพิจารณาถึงผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งเป็นการรวมมูลค่าของผลกระทบภายนอกที่เกิดขึ้นในด้านของการเปลี่ยนแปลงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่า โครงการมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเพิ่มขึ้นในทุกเตาเผา โดยเป็นผลมาจากการที่โครงการมีการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกประเภทกากของเสียอุตสาหกรรมเป็นหลัก ซึ่งมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูงกว่าเชื้อเพลิงถ่านหิน จากผลดังกล่าว ส่งผลให้เตาเผาที่ 1 มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิติดลบ หมายความว่า เมื่อมีการนำมูลค่าของผลกระทบภายนอกที่เกิดขึ้นมาวิเคราะห์ร่วมด้วย จะส่งผลให้เตาเผาที่ 1 ไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน อันเนื่องมาจากเตาเผาที่ 1 มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่สูง เมื่อเทียบกับผลประโยชน์ที่ได้รับ อย่างไรก็ตาม สำหรับเตาเผาที่ 2 และ เตาเผาที่ 3 ยังคงมีความคุ้มค่าในการลงทุน โดยในภาพรวมของโครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิลดลงเหลือ 2,715,957,030.69 บาท อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการเท่ากับร้อยละ 30.07 และมีอัตราผลตอบแทนต่อต้นตุนเท่ากับ 2.59 โดยระยะเวลาคืนทุนยาวนานขึ้นเป็น 3 ปี 4 เดือน โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 6 และกราฟแสดงการเปรียบเทียบ NPV และ IRR ของแต่ละเตาเผาแสดงดังภาพที่ 4

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการ

รายการ	เตาเผาที่ 1	เตาเผาที่ 2	เตาเผาที่ 3	รวมทั้งโครงการ
มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน (PVC), (บาท)	581,000,000.00	792,000,000.00	330,000,000.00	1,703,000,000.00
มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ (PVB), (บาท)	537,070,682.04	2,615,126,103.48	1,266,760,245.17	4,418,957,030.69
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV), (บาท)	(43,929,317.96)	1,823,126,103.48	936,760,245.17	2,715,957,030.69
อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR), (ร้อยละ)	5.56	33.83	55.11	30.07
อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นตุน (BCR), (เท่า)	0.92	3.30	3.84	2.59
ระยะเวลาคืนทุน (PB), (ปี)	7.4	3.1	1.7	3.3
สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงทางเลือก (TSR), (ร้อยละ)	30.44	31.48	33.24	31.92



ภาพที่ 4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบ NPV และ IRR ทางเศรษฐศาสตร์ของแต่ละเตาเผา  
ที่มา: บริษัทกรณีศึกษา (2568)

ในการศึกษาครั้งนี้ยังได้วิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ ในกรณีที่ปัจจัยทางด้านต้นทุนของโครงการเปลี่ยนแปลงไปในกรณีต่าง ๆ ดังนี้

กรณีที่ 1 ได้กำหนดให้ค่าใช้จ่ายในการจัดหาเชื้อเพลิงทางเลือกปรับตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 พบว่า เตาเผาที่ 1 มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิติดลบ ทั้งการวิเคราะห์การด้านการเงินและด้านเศรษฐศาสตร์ นั้นแสดงให้เห็นว่า เตาเผาที่ 1 ไม่มีความสามารถในการรองรับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนค่าเชื้อเพลิงที่สูงขึ้น ในขณะที่เตาเผาที่ 2 และเตาเผาที่ 3 ยังคงให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าต่อการลงทุน เมื่อพิจารณาในภาพรวมของโครงการ พบว่าโครงการยังคงให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าในการลงทุน โดยมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิในด้านการเงินและเศรษฐศาสตร์เท่ากับ 2,117,337,873.32 บาท และ 1,614,677,463.87 บาทตามลำดับ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ของโครงการ ในกรณีที่ค่าใช้จ่ายในการจัดหาเชื้อเพลิงทางเลือกปรับตัวเพิ่มขึ้น ร้อยละ 10

ผลการวิเคราะห์ทางการเงิน				
รายการ	เตาเผาที่ 1	เตาเผาที่ 2	เตาเผาที่ 3	รวมทั้งโครงการ
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV), (บาท)	(186,839,482.49)	1,659,198,786.25	644,978,569.55	2,117,337,873.32
ระยะเวลาคืนทุน (PB), (ปี)	9.6	3.2	1.8	3.5
ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์				
รายการ	เตาเผาที่ 1	เตาเผาที่ 2	เตาเผาที่ 3	รวมทั้งโครงการ
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV), (บาท)	(319,270,101.93)	1,491,448,616.70	442,498,949.10	1,614,677,463.87
ระยะเวลาคืนทุน (PB), (ปี)	N/A*	3.3	2.0	3.7

หมายเหตุ: \*N/A หมายถึง ไม่สามารถคำนวณได้

กรณีนี้ที่ 2 เมื่อกำหนดให้ค่าใช้จ่ายในการลงทุนปรับเพิ่มขึ้น ร้อยละ 10 พบว่า เตาเผาที่ 1 ยังคงให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าในด้านการเงิน แต่เมื่อพิจารณาในด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่าให้ผลตอบแทนที่ไม่คุ้มค่า โดยมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิติดลบ ในขณะที่ เตาเผาที่ 2 และเตาเผาที่ 3 ยังคงให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าทั้งในด้านการเงินและเศรษฐศาสตร์ โดยในภาพรวมของโครงการ ยังคงมีความคุ้มค่าในการลงทุน โดยมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิในด้านการเงินเท่ากับ 2,971,465,174.74 บาท และมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิในด้านเศรษฐศาสตร์เท่ากับ 2,468,804,765.29 บาท รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ของโครงการ ในกรณีนี้ที่ค่าใช้จ่ายในการลงทุนปรับตัวเพิ่มขึ้น ร้อยละ 10

ผลการวิเคราะห์ทางการเงิน				
รายการ	เตาเผาที่ 1	เตาเผาที่ 2	เตาเผาที่ 3	รวมทั้งโครงการ
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV), (บาท)	4,182,178.64	1,875,935,231.23	1,091,347,764.87	2,971,465,174.74
ระยะเวลาคืนทุน (PB), (ปี)	7.3	3.2	1.7	3.4
ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์				
รายการ	เตาเผาที่ 1	เตาเผาที่ 2	เตาเผาที่ 3	รวมทั้งโครงการ
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV), (บาท)	(128,248,440.80)	1,708,185,061.68	888,868,144.42	2,468,804,765.29
ระยะเวลาคืนทุน (PB), (ปี)	9.4	3.4	1.8	3.6

ในกรณีนี้ที่ 3 ซึ่งพิจารณาในด้านของสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกที่ต่ำที่สุดทำให้โครงการมี NPV เท่ากับศูนย์ กล่าวคือ สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกที่ต่ำที่สุดที่ยังคงทำให้โครงการมีความคุ้มค่าในการลงทุน พบว่า เตาเผาที่ 1 สัดส่วนเชื้อเพลิงทางเลือกที่ต่ำที่สุดที่ทำให้โครงการมี NPV เท่ากับศูนย์ อยู่ที่ร้อยละ 27.55 ในขณะที่เตาเผาที่ 2 และ เตาเผาที่ 3 อยู่ที่ร้อยละ 11.52 และ 9.84 ตามลำดับ โดยในเตาเผาที่ 1 มีสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกขั้นต่ำที่สูงเมื่อเทียบกับเตาเผาอื่น ๆ เนื่องจากมีเงินลงทุนที่สูง มีกำลังการผลิตที่ต่ำ ทำให้จำเป็นต้องการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกในปริมาณมาก เพื่อลดรายจ่ายค่าเชื้อเพลิงถ่านหินให้ได้มากที่สุด รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 สัดส่วนเชื้อเพลิงทางเลือกที่ต่ำที่สุด ที่ทำให้ NPV มีค่าเท่ากับศูนย์

รายการ	เตาเผาที่ 1	เตาเผาที่ 2	เตาเผาที่ 3	รวมทั้งโครงการ
สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงทางเลือก (TSR), (ร้อยละ)	27.55	11.52	9.84	13.86
ระยะเวลาคืนทุน (PB), (ปี)	7.3	10.0	7.1	9.2

## อภิปรายผล

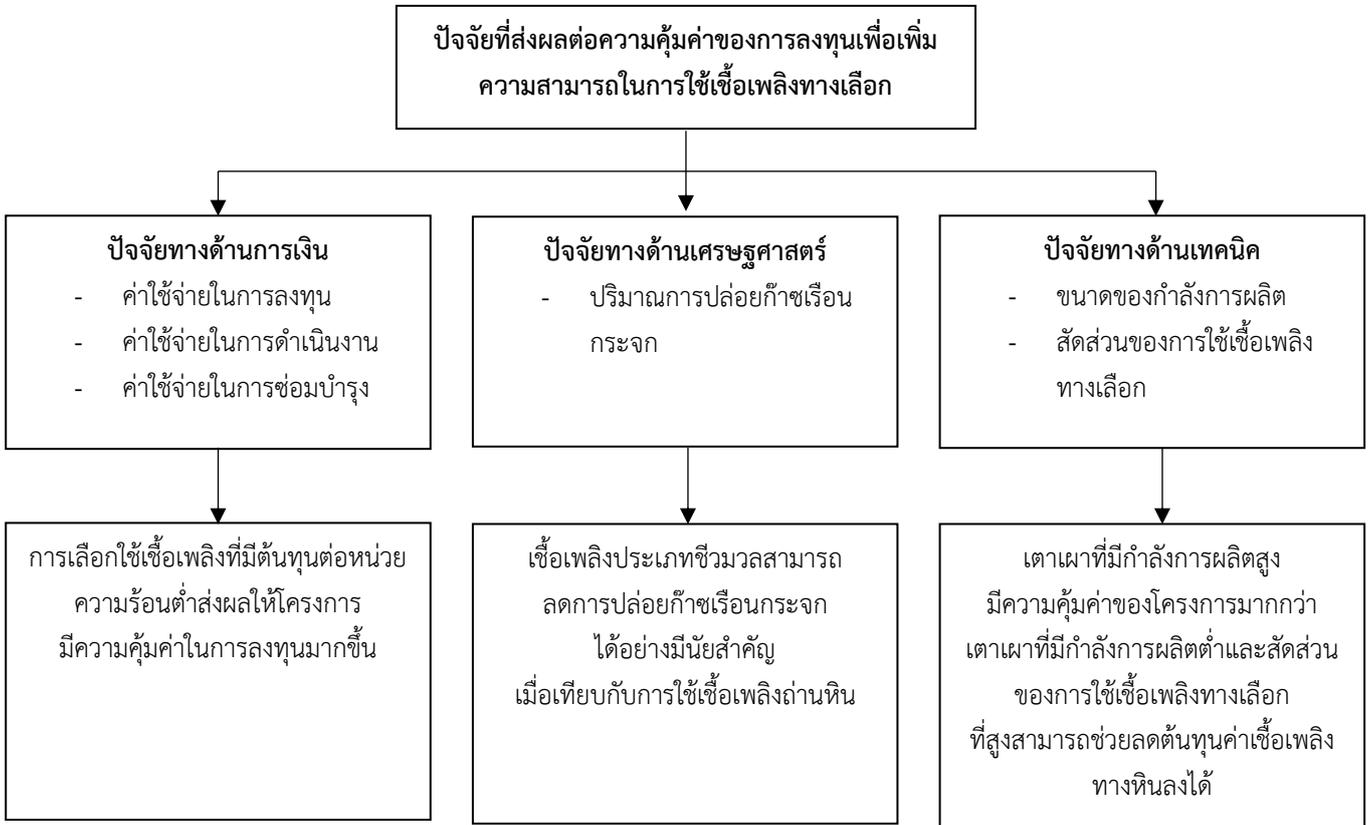
การใช้เชื้อเพลิงทางเลือกในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ สามารถช่วยลดต้นทุนทางด้านเชื้อเพลิงในภาพรวมลงได้อย่างมีนัยสำคัญ ที่เป็นเช่นนี้เพราะเชื้อเพลิงทางเลือกส่วนใหญ่มักเป็นของเสียหรือผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมอื่น ที่ปกติจะไม่ถูกนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรง ทำให้มีต้นทุนที่ต่ำกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิล และในเชื้อเพลิงบางประเภท โรงงานผู้ผลิตปูนซีเมนต์อาจได้รับค่าตอบแทนในการรับกำจัดของเสีย เช่น การรับกำจัดขยะอันตรายหรือของเสียจากอุตสาหกรรมอื่น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วิชุตตา กุญมาเมือง (2562) ที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการผลิตไฟฟ้าโดยใช้ก๊าซชีวภาพจากการฝังกลบ โดยเปรียบเทียบระหว่างกรณีของบริษัทดำเนินการรับกำจัดขยะและผลิตไฟฟ้า และกรณีที่บริษัทดำเนินการผลิตไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว พบว่าในกรณีที่บริษัทดำเนินการรับกำจัดขยะและผลิตไฟฟ้านั้น โครงการให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าทั้งด้านการเงินและเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากบริษัทได้รับผลประโยชน์เพิ่มขึ้นจากการรับกำจัดขยะ รวมไปถึงยังช่วยลดก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะมูลฝอยลงได้ ในขณะที่กรณีที่บริษัทดำเนินการผลิตไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว พบว่า ไม่มีความคุ้มค่าต่อการลงทุนทั้งทางด้านการเงินและเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากบริษัทต้องจัดหาเชื้อเพลิงจากภายนอกเข้ามา ทำให้มีต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ งานวิจัยนี้ยังสอดคล้องกับ มานะชัย พงศ์ประภัสสร (2554) ที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการของเสียเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงทางเลือกในอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ พบว่า การใช้เชื้อเพลิงทางเลือกส่วนใหญ่มีต้นทุนที่ต่ำกว่าเชื้อเพลิงถ่านหิน รวมไปถึงเชื้อเพลิงทางเลือกบางประเภทได้รับค่าธรรมเนียมนในการกำจัด โดยต้นทุนด้านเชื้อเพลิงของการผลิตจะลดลงตามปริมาณการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกที่มากขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนโดยรวมของการผลิตปูนซีเมนต์ลดลงไปด้วย ดังนั้น หากพิจารณาในด้านของการลงทุน พบว่าการลงทุนในเตาเผาที่มีกำลังการผลิตสูงจะให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่ากว่าการลงทุนในเตาเผาที่มีกำลังการผลิตต่ำ เนื่องจากเตาเผาที่มีกำลังการผลิตสูงจะมีการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินในปริมาณที่มากตามไปด้วย เมื่อมีการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกเข้ามาทดแทน จึงสามารถลดเชื้อเพลิงถ่านหินลงได้มากกว่าเมื่อเทียบกับเตาเผาที่มีขนาดเล็ก โดยแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขสำหรับเตาเผาที่มีขนาดเล็ก สามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ การควบคุมค่าใช้จ่ายในการลงทุนไม่ให้สูงเกินไปและเลือกใช้เชื้อเพลิงทางเลือกที่มีต้นทุนต่อหน่วยความร้อนต่ำ นอกจากนี้การเพิ่มสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกสำหรับเตาเผาที่มีกำลังการผลิตต่ำ จะยิ่งช่วยเพิ่มผลตอบแทนให้กับโครงการได้

ในด้านของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม พบว่า การใช้เชื้อเพลิงทางเลือกประเภทกากของเสียอุตสาหกรรมมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิมากกว่าการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลอย่างถ่านหิน ที่เป็นเช่นนี้เพราะ กากของเสียอุตสาหกรรมมักมีองค์ประกอบที่หลากหลาย เช่น พลาสติก สารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างซับซ้อน หรือสารที่มีคาร์บอนสูง นอกจากนี้กากของเสียอุตสาหกรรมบางประเภทอาจเกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ มีเทน หรือสารอินทรีย์ระเหยอื่นที่มีศักยภาพในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หลายเท่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เนตรนภิส ตันเต็มทรัพย์ และคณะ (2551) ที่ได้ศึกษาและประเมินความเหมาะสมของเชื้อเพลิงทางเลือกที่ใช้ในอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ โดยใช้หลักการบัญชีสิ่งแวดล้อมและการประเมินวงจรชีวิต โดยทำการเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตปูนซีเมนต์โดยใช้เชื้อเพลิงลิกไนต์ และเชื้อเพลิงทางเลือกจากกากของเสียอุตสาหกรรม 7 ชนิด พบว่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกในการผลิตปูนซีเมนต์มีมากกว่าการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ การกำจัดของเสียในเตาเผาปูนซีเมนต์มีผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมากกว่าการกำจัดของเสียโดยการฝังกลบ ทั้งนี้ใช้เชื้อเพลิงทางเลือกจะช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงถ่านหิน ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงประเภทใช้แล้วหมดไปลงได้ และเป็นการลดของเสียที่จะนำไปเผาและฝังกลบได้

## องค์ความรู้ใหม่

การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า การลงทุนเพื่อเพิ่มความสามารถในการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกในการผลิตปูนซีเมนต์นั้น มีความคุ้มค่าในการลงทุน โดยเฉพาะการลงทุนในเตาเผาที่มีกำลังการผลิตสูง ซึ่งมีการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินในปริมาณที่มากตามไปด้วย ในขณะที่การเลือกประเภทของเชื้อเพลิงทางเลือกที่จะนำมาใช้มีความสำคัญอย่างมาก โดยต้องพิจารณาเชื้อเพลิงที่มีต้นทุนต่อหน่วยความร้อนต่ำที่สุด ในกรณีที่เชื้อเพลิงชนิดนั้นได้รับค่าธรรมเนียมนในการรับกำจัด จะส่งผลให้โครงการ

เกิดผลประโยชน์สุทธิจากการใช้เชื้อเพลิงดังกล่าว ในขณะที่เมื่อพิจารณาในด้านผลกระทบภายนอกที่เกิดขึ้นจากการใช้เชื้อเพลิงทางเลือก พบว่าการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกประเภทกากของเสียอุตสาหกรรม มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลอย่างถ่านหิน ในขณะที่การใช้เชื้อเพลิงทางเลือกประเภทชีวมวลสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นในการเลือกใช้เชื้อเพลิงทางเลือก โรงงานควรมุ่งเน้นไปที่การใช้เชื้อเพลิงทางเลือกประเภทชีวมวลเป็นหลัก แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 องค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัย

**สรุปผลการวิจัย**

จากผลการศึกษาพบว่า การลงทุนเพื่อเพิ่มความสามารถในการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์มีความคุ้มค่าในเชิงการเงินอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในกรณีของเตาเผาที่มีกำลังการผลิตสูง เช่น เตาเผาที่ 2 และ 3 ซึ่งสามารถลดต้นทุนด้านเชื้อเพลิงได้อย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลให้โครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 3,218,617,440.14 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับร้อยละ 32.92 และมีระยะเวลาคืนทุนสั้นเพียง 3 ปี 1 เดือน ในขณะที่เตาเผาที่ 1 แม้จะให้ผลตอบแทนที่น้อยกว่า แต่ยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่คุ้มค่าต่อการลงทุนเมื่อพิจารณาเฉพาะในมิติเชิงการเงิน

เมื่อพิจารณาความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยรวมผลกระทบภายนอกที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาณก๊าซเรือนกระจก พบว่าโครงการยังคงมีความคุ้มค่าโดยรวม โดยเฉพาะในเตาเผาที่ 2 และ 3 อย่างไรก็ตามเตาเผาที่ 1 เริ่มแสดงให้เห็นถึงความไม่คุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ อันเนื่องมาจากเตาเผาที่ 1 มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่สูงเมื่อเทียบกับขนาดกำลังการผลิต และเมื่อมีการพิจารณาผลกระทบภายนอกที่เกิดขึ้นร่วมด้วย ส่งผลให้เตาเผาที่ 1 มีต้นทุนผันแปรที่สูงขึ้นจนทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิติดลบ

นอกจากนี้ การวิเคราะห์ความอ่อนไหวยังชี้ให้เห็นถึงประเด็นสำคัญ เมื่อต้นทุนของโครงการเปลี่ยนแปลงไป เตาเผาที่มีกำลังการผลิตต่ำจะมีความสามารถในการรองรับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนได้ต่ำกว่า และมีโอกาสเผชิญกับภาวะขาดทุนได้ นอกจากนี้ ในด้านของสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกที่ต่ำที่สุดที่ทำให้โครงการยังคงคุ้มค่า พบว่าเตาเผาที่ 1 ซึ่งเป็น

เตาเผาที่มีกำลังการผลิตต่ำที่สุด จำเป็นต้องใช้เชื้อเพลิงทางเลือกถึงร้อยละ 27.55 ในขณะที่เตาเผาที่ 2 และ เตาเผาที่ 3 ซึ่งเป็นเตาเผาที่มีกำลังการผลิตสูง ต้องใช้เชื้อเพลิงทางเลือกเพียงร้อยละ 11.52 และ 9.84 ตามลำดับ เพื่อให้โครงการยังมีความคุ้มค่าในการลงทุน

ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า การนำเชื้อเพลิงทางเลือกมาใช้ในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ มีความเป็นไปได้ทั้งในเชิงเทคนิคและในเชิงของมูลค่าในด้านการเงินและเศรษฐศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเตาเผาที่มีกำลังการผลิตสูง ซึ่งจะสามารถลดต้นทุนเชื้อเพลิงได้อย่างมีนัยสำคัญ

## ข้อเสนอแนะ

### 1. ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับโครงการ

1.1 การตัดสินใจลงทุนควรมุ่งเน้นไปที่เตาเผาที่มีกำลังการผลิตสูง เนื่องจากสามารถลดค่าใช้จ่ายค่าเชื้อเพลิงถ่านหินได้มากกว่าเมื่อเทียบกับเตาเผาที่มีกำลังการผลิตต่ำ ซึ่งจะทำให้โครงการได้ประโยชน์จากการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกมากกว่า และจะส่งผลให้โครงการมีอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนที่สูงขึ้น ซึ่งจากผลการศึกษาในครั้งนี้ ชี้ให้เห็นว่าเตาเผาที่มีขนาดเล็ก แม้จะมีความคุ้มค่าในทางการเงิน แต่เมื่อพิจารณาถึงความไม่แน่นอนต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต หรือการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนต่าง ๆ รวมไปถึงเมื่อมีการนำผลกระทบภายนอกที่เกิดขึ้นมาพิจารณาจะทำให้เตาเผาดังกล่าวเผชิญกับภาวะขาดทุน

1.2 การพิจารณาเลือกประเภทของเชื้อเพลิงทางเลือก นอกจากต้นทุนต่อหน่วยความร้อนที่ต้องพิจารณาแล้วนั้น ควรให้ความสำคัญกับผลกระทบภายนอกที่เกิดขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่อาจกลายเป็นต้นทุนทางอ้อมแก่สังคมในอนาคต หากภาครัฐมีการบังคับใช้นโยบายหรือมาตรการด้านสิ่งแวดล้อมที่เข้มงวดมากขึ้น เช่น การซื้อขายคาร์บอนเครดิตภาคบังคับหรือการจัดเก็บภาษีคาร์บอน รวมไปถึงโครงการอาจต้องมีการลงทุนเพิ่มขึ้นเพื่อป้องกันและลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการใช้เชื้อเพลิงทางเลือก

### 2. ข้อเสนอแนะด้านการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาและพิจารณาด้านคุณภาพของเชื้อเพลิงทางเลือกร่วมด้วย เนื่องจากเชื้อเพลิงทางเลือกส่วนใหญ่มีจุดด้อยในด้านคุณภาพ รวมไปถึงคุณสมบัติทางเคมีต่าง ๆ เช่น ความชื้นสูง การปนเปื้อนของคลอรีนหรือโลหะหนัก รวมไปถึงค่าความร้อนที่ไม่คงที่ ซึ่งเชื้อเพลิงเหล่านี้จะถูกเผาไหม้ร่วมกับวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์ เช่น หินปูนและหินดินดาน ทำให้ต้องใช้วัตถุดิบหลักที่คุณภาพสูงมากขึ้น เพื่อชดเชยกับคุณภาพของเชื้อเพลิงทางเลือก ซึ่งจะส่งผลให้ปริมาณสำรองของวัตถุดิบลดน้อยลง และอาจส่งผลทำให้อายุของโครงการสั้นลง

2.2 ในการศึกษาครั้งนี้ อาศัยวิธีการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้อ้างอิงข้อมูลจาก คู่มือการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร โดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก และใช้ข้อมูล Emission Factor จาก 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019) ซึ่งไม่ได้มีการตรวจวัดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจริงจากกระบวนการผลิต ดังนั้นเพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่มีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น ในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการตรวจวัดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจริงของเชื้อเพลิงทางเลือกแต่ละประเภท เพื่อดูถึงปริมาณการเปลี่ยนแปลงของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจริงจากการใช้เชื้อเพลิงทางเลือก

## เอกสารอ้างอิง

- เนตรนภิส ตันเต็มทรัพย์, ฉัตรเพชร ยศพล และ เหมือนจิตต์ วิษณุพงษ์. (2551). การประเมินความเหมาะสมของเชื้อเพลิงทางเลือกที่ใช้ในอุตสาหกรรมซีเมนต์ โดยใช้หลักการบัญชีสิ่งแวดล้อมและการประเมินวงจรชีวิต (รายงานการวิจัย). กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย.
- มานะชัย พงศ์ประภัสร. (2554). การจัดการของเสียเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงทางเลือกในอุตสาหกรรมผลิตปูนซีเมนต์. (วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์).

- สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. (2567). *สถานการณ์และแนวโน้มปริมาณการผลิตปูนซีเมนต์ของประเทศไทย*. สืบค้นจาก <https://shorturl.asia/4Mjb8>.
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2559). *ศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ในประเทศไทย*. สืบค้นจาก [http://conference.tgo.or.th/download/tgo\\_or\\_th/Article/2016/Article\\_MA%20plan\\_Cement\\_Final.pdf](http://conference.tgo.or.th/download/tgo_or_th/Article/2016/Article_MA%20plan_Cement_Final.pdf).
- \_\_\_\_\_. (2568). *รายงานสถานการณ์และแนวโน้มตลาดคาร์บอนภาคสมัครใจประเทศไทยปี 2567*. สืบค้นจาก <https://carbonmarket.tgo.or.th/download.php?download=Mzk=>.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2019). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Retrieved from <https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories>.
- International Energy Agency. (2023). *Global Status of Cement Industry Report 2023*. Retrieved from <https://iea.blob.core.windows.net/assets/d7e6b848-6e96-4c27-846e-07bd3aef5654/THEBREAKTHROUGHAGENDAREPORT2023.pdf>.