การประเมินทางเลือกและวิเคราะห์ความเสี่ยงโครงการบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชน
Alternatives Evaluation and Risk Analysis of Municipal Solid Waste Management Project

พรเทพ ม่วงสุขำ[1,*] และ พิชญ์ สุธีรวรรธนา[2]

[1,2] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร

**Corresponding author; E-mail address: pornthep.m@mail.kmutt.ac.th*

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจลงทุนก่อสร้างและการบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชนด้วยเทคโนโลยีเตาเผาขยะเพื่อผลิตไฟฟ้า ในพื้นที่ชุมชนขนาดใหญ่ มีปริมาณขยะมูลฝอยรวมกันไม่น้อยกว่า 500 ตันต่อวัน และบ่งชี้ความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นเมื่อปัจจัยต่างๆ เปลี่ยนแปลงไป โดยวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินของโครงการแบบกระแสเงินสดคิดลด ใช้เกณฑ์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายในและระยะคืนทุนที่คิดค่าปัจจุบันในการพิจารณา การศึกษานี้ได้วิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งอาจมีผลต่อการตัดสินใจในการลงทุนก่อสร้าง ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความเสี่ยงโครงการโดยการจำลองสถานการณ์มอนติ คาร์โล การวิเคราะห์การอ่อนไหวของโครงการ และประเมินสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงทางด้านการบริหารการก่อสร้างและการดำเนินโครงการ ผลการศึกษานี้แสดงผลวิเคราะห์ความเสี่ยงเพื่อให้ทราบแนวทางในการตัดสินใจสำหรับการลงทุนก่อสร้างและบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชนภายใต้สถานการณ์ความไม่แน่นอน

คำสำคัญ: การจำลองสถานการณ์มอนติ คาร์โล, การวิเคราะห์ความเสี่ยงโครงการ, โครงการก่อสร้างและบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชน

Abstract

This research paper aims to study the factors affecting the investment decision in the construction and operations management of municipal solid waste with incineration technology for electricity production, total amount of municipal waste was not less than 500 tons per day and to identify risks that may occur when various factors changed by analyzing the financial feasibility of projects using discounted cash flow method and considering net present value, internal rate of return and discounted payback period. This study analyzed various changed risk factors which may affect the decision to invest in construction with the risk analysis by using Monte Carlo simulation, sensitivity analysis method and assessment of changed situation of construction management and project operations. The results of this study showed analyzed risks in order to be concluded in a guideline for investment decision in construction and solid waste management under uncertainty.

Keywords: Monte Carlo simulation, Municipal solid waste construction and management project, Project risk analysis

1. คำนำ

ปริมาณขยะมูลฝอยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ขยะมูลฝอยที่ถูกนำมากำจัดอย่างถูกต้องกลับมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยที่ดำเนินการอย่างถูกต้องบางแห่งไม่สามารถดำเนินการได้เพราะเกินขีดความสามารถในการรองรับขยะ จึงทำให้ปริมาณขยะที่ถูกกำจัดอย่างถูกต้องลดลง [1-2] ขยะมูลฝอยส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตประชาชนและสิ่งแวดล้อม การนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์โดยนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทนในรูปความร้อนหรือไฟฟ้า เป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม และในสภาวะที่ประเทศไทยมีความจำเป็นจะต้องแสวงหาแหล่งพลังงานหมุนเวียนทดแทนพลังงาน ขยะมูลฝอยชุมชนเป็นเชื้อเพลิงชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพในการนำมาใช้เพื่อผลิตพลังงาน

การบริหารความเสี่ยงของโครงการมีความสำคัญมากในการบริหารโครงการบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชน เนื่องจากโครงการก่อสร้างและดำเนินการ มีผู้ที่เกี่ยวข้องหลายฝ่าย มีต้นทุนการก่อสร้างและงานระบบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องค่อนข้างสูง ทำให้โครงการมีความเสี่ยง การบริหารความเสี่ยงโครงการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนมีจุดมุ่งหมายเพื่อบ่งชี้ถึงความไม่แน่นอนของปัจจัยและผลกระทบต่อวัตถุประสงค์ของโครงการ โดยความเสี่ยงโครงการก่อสร้างและบริหารจัดการขยะมูลฝอยที่อาจเกิดขึ้นได้นั้นจากการศึกษาข้อมูลความเห็นของที่ปรึกษาอิสระให้กับคณะกรรมการและผู้ถือหุ้นของบริษัทแห่งหนึ่ง [3] เรื่องความเสี่ยงจากการเข้าทำรายการ เพื่อประกอบการตัดสินใจเข้าลงทุนโรงผลิตเชื้อเพลิงพลังงานขยะจังหวัดหนึ่งในภาคกลางตอนบน พบว่า ความเสี่ยงอาจเกิดจากความเพียงพอของปริมาณขยะที่เป็นวัตถุดิบใช้ผลิตไฟฟ้า ความเสี่ยงจากการไม่ได้รับอนุมัติในการทำ

สัญญาบริหารจัดการขยะ ความเสี่ยงจากการก่อสร้างจากการจัดหาที่ดิน สัญญาก่อสร้างและการจัดหาเครื่องจักรและอุปกรณ์ ความเสี่ยงด้านการดำเนินการและการดูแลรักษา ความเสี่ยงด้านการจัดหาแหล่งทุนและรูปแบบการร่วมทุน ความเสี่ยงจากการร้องเรียนผลกระทบสิ่งแวดล้อม ความเสี่ยงความผันผวนของค่าพลังงานความร้อนจากการเผาขยะ ความเสี่ยงจากการขายไฟฟ้า ความเสี่ยงจากการผันผวนของอัตราดอกเบี้ยและการเปลี่ยนแปลงมูลค่าของโครงการ เป็นต้น

การศึกษาวิจัยนี้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการตัดสินใจลงทุนก่อสร้างและบริหารจัดการโครงการบริหารจัดการขยะมูลฝอยด้วยเทคโนโลยีเตาเผาขยะเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าขนาด 10 เมกะวัตต์ สำหรับพื้นที่ชุมชนขนาดใหญ่ มีปริมาณขยะมูลฝอยรวมกันไม่น้อยกว่า 500 ตันต่อวัน ด้วยวิธีวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินของโครงการแบบกระแสเงินสดคิดลด จากทางเลือกผลกระทบทางด้านเวลาในการก่อสร้างและการดำเนินการทั้งหมด 10 ทางเลือก และวิเคราะห์ผลกระทบต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นเมื่อปัจจัยเสี่ยงต่างๆ เปลี่ยนแปลงไป ด้วยวิธีวิเคราะห์ความอ่อนไหวร่วมกับการจำลองสถานการณ์มอนติ คาร์โล เพื่อประเมินสถานการณ์และเป็นแนวทางในการตัดสินใจลงทุนโครงการ

2. วิธีการศึกษา

2.1 การกำหนดปัจจัยด้านการก่อสร้างและการดำเนินการ

ความเสี่ยงต่าง ๆ ด้านการบริหารการก่อสร้างโครงการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนด้วยเทคโนโลยีเตาเผาขยะ มีโอกาสเกิดขึ้นได้ทั้งช่วงจัดเตรียมโครงการ ในช่วงเวลาก่อสร้าง รวมถึงช่วงดำเนินการและการบำรุงรักษาระบบ เมื่อพิจารณาแนวทางการคัดเลือกรูปแบบเทคโนโลยีการจัดการขยะที่เหมาะสม สำหรับองค์การบริหารส่วนท้องถิ่น ประกาศกรมควบคุมมลพิษ [4] รูปแบบที่มีความเหมาะสมสำหรับองค์การบริหารส่วนท้องถิ่นที่มีขยะมากกว่า 300 ตันต่อวัน แต่ไม่เกิน 700 ตันต่อวัน คือ ระบบเตาเผาขยะเพื่อผลิตพลังงานและระบบฝังกลบอย่างถูกหลักวิชาการ โดยให้ความเห็นว่าผู้ดูแลระบบควรว่าจ้างหรือสัมปทานให้เอกชนดำเนินการในส่วนการผลิตพลังงาน งานวิจัยนี้จึงเลือกที่จะศึกษาการลงทุนโครงการบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชนด้วยเทคโนโลยีเตาเผาขยะ ในพื้นที่ชุมชนขนาดใหญ่ มีปริมาณขยะมูลฝอยรวมกันไม่น้อยกว่า 500 ตันต่อวัน กำลังการผลิต 10 เมกะวัตต์ (เตาเผาขนาด 250 ตันต่อวัน จำนวน 2 เตา) วางแผนขั้นตอนการดำเนินงาน [5] โดยมีอายุโครงการตามแผนการขอสัมปทานดำเนินการโครงการ 25 ปี แบ่งเป็น การเตรียมโครงการ ประกอบด้วย การจัดตั้งองค์กร การจัดโครงสร้างด้านการเงิน การออกแบบระบบ การจัดเตรียมเอกสารประกวดราคา ใช้เวลา 1 ปี การก่อสร้างส่วนต่างๆ ทั้งงานโยธาโครงสร้าง งานเครื่องจักรกล งานระบบไฟฟ้าและควบคุม ใช้เวลา 2 ปี และการดำเนินการ ประกอบด้วย การดำเนินการจัดการขยะจนครบอายุสัมปทาน จัดเก็บค่าบริการกำจัดขยะ 500 บาทต่อตัน และการจำหน่ายไฟฟ้าเข้าระบบกำหนดไว้ 20 ปี สอดคล้องตามระยะเวลาการสนับสนุนตามมาตรการส่งเสริมการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ Feed-in Tariff หรือ FiT ให้เป็นกรณีฐาน และกำหนดทางเลือกเพื่อประเมินผลกระทบของเวลาการก่อสร้างและการดำเนินการไว้ทั้งหมด 10 ทางเลือก

ทางเลือกที่ 1 และ 2 เวลาก่อสร้างล่าช้า เป็น 3 และ 4 ปี
ทางเลือกที่ 3 และ 4 เวลาเตรียมโครงการล่าช้า เป็น 2 ปี
ทางเลือกที่ 5 เร่งก่อสร้างเสร็จเร็ว 1 ปี
ทางเลือกที่ 6 ลงทุนก่อสร้าง 2 ช่วง (ปีที่ 2 และ ปีที่ 5)
ทางเลือกที่ 7 ปรับลดการลงทุนเหลือ 5MW เสร็จภายใน 1 ปี
ทางเลือกที่ 8 กรณีฐาน ขยายเวลาจำหน่ายไฟฟ้า
ทางเลือกที่ 9 ปรับลดการลงทุนเหลือ 5MW ขยายเวลาจำหน่ายไฟฟ้า
ทางเลือกที่ 10 ปรับลดการลงทุนเหลือ 5MW ขยายเวลาจำหน่ายไฟฟ้า และปรับลดค่าบริการจัดการขยะ 250 บาท

2.2 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินของโครงการภายใต้ความเสี่ยง

2.2.1 การวิเคราะห์ทางการเงินโครงการ

การวิเคราะห์ทางการเงินด้วยวิธีกระแสเงินสดคิดลด (Discounted Cash Flow) โดยใช้อัตราดอกเบี้ยจากต้นทุนเงินเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของโครงสร้างเงินทุน (Weighted average cost of capital: WACC) ตัวแปรนำเข้าของแบบจำลองโครงการ ประกอบไปด้วย อายุโครงการ อัตราคิดลดที่ใช้ในการคำนวณ กองทุนพัฒนาชุมชน ปริมาณขยะ ค่าบริการกำจัดขยะ ค่าซ่อมบำรุงรักษา อัตราเงินเฟ้อ อัตรารับซื้อไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ การคำนวณประกอบด้วย มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนภายในการลงทุน (IRR) อัตราผลประโยชน์ต่อเงินทุน (Benefit/Cost Ratio) ระยะเวลาคืนทุน (Regular payback) และระยะเวลาคืนทุนที่คิดค่าปัจจุบัน (Discounted payback) เพื่อใช้ในการพิจารณาว่าผลกระทบด้านเวลาการก่อสร้างและการดำเนินการจากแต่ละทางเลือก มีความคุ้มค่าต่อการลงทุน

2.2.2 การจำลองสถานการณ์มอนติ คาร์โล

การจำลองสถานการณ์ (Monte Carlo Simulation) เป็นการวิเคราะห์เหตุการณ์ภายใต้ความไม่แน่นอน โดยการสร้างกลุ่มตัวอย่างของข้อมูลด้วยการสุ่มค่าจำนวนมาก ภายใต้ค่าพารามิเตอร์ปัจจัยเสี่ยงและการกระจายของข้อมูลแบบสามเหลี่ยม (Triangular distribution) ดังแสดงในตารางที่ 1 เพื่อหาผลลัพท์มูลค่าปัจจุบันสุทธิและอัตราผลตอบแทนภายในของแต่ละทางเลือก งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์การจำลองสถานการณ์เพื่อประเมินความเสี่ยงโครงการด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ @Risk (Risk Analysis and Simulation Add-In for Microsoft Excel) กำหนดให้แสดงผลลัพท์เป็นค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ความน่าจะเป็นที่มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบ (P(NPV<0)) แผนภูมิการแจกแจงเป็นรูประฆังคว่ำ แสดงค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของการแจกแจงปรกติ (Normal Distribution) และการแจกแจงแบบสะสม (Cumulative Distribution Function: DCF) และแผนภูมิวิเคราะห์ความอ่อนไหวแบบทอร์นาโด (Tornado Diagram) เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญของตัวแปรต่างๆ โดยกำหนดจำลองสถานการณ์จำนวน 50,000 ค่า ในแต่ทางเลือก

ตารางที่ 1 ข้อสมมติฐานการกระจายตัวของปัจจัยเสี่ยงรูปแบบสามเหลี่ยม

ปัจจัย	ค่าพารามิเตอร์	ที่มา
ค่าดำเนินการรายปี (ล้านบาท)	62.4, 78.0, 93.6	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนฯ
ค่าบำรุงรักษาทุก 4 ปี (ล้านบาท)	40, 50, 60	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนฯ
ต้นทุนก่อสร้าง (ล้านบาท)	1,852, 2,315, 2,778	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนฯ
ปริมาณขยะรายวัน (ตัน)	300, 500, 700	กรมควบคุมมลพิษ
พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (MW)	7.97, 9.38, 12.66	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนฯ
อัตราคิดลดตามโครงสร้างของทุน (%)	7.5, 9.5, 12.0	อัตราดอกเบี้ยธนาคารสำหรับ Project Finance และการจัดการโครงสร้างทุน

2.2.3 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการเป็นการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเหมาะสมในการลงทุนโครงการภายใต้ข้อสมมติฐานต่างๆ เพื่อชี้ให้เห็นว่าปัจจัยใดมีผลกระทบต่อทางเลือกโครงการมากที่สุด ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวเพื่อประเมินผลของปัจจัยเสี่ยงที่มีต่อโครงการ โดยพิจารณาความเสี่ยงทีละปัจจัย การเปลี่ยนของแต่ละปัจจัยเพิ่มขึ้นและลดลง (%) และมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ได้ความสัมพันธ์การเปลี่ยนแปลงเป็นเส้นตรง และพิจารณาปัจจัยที่มีความชันของกราฟมาก มีความเสี่ยงสูงที่จะส่งผลกระทบต่อผลตอบแทนการลงทุนของโครงการ

2.2.4 การจำลองเหตุการณ์ (Scenario simulation) ตามความเสี่ยงที่ประเมิน

การวิเคราะห์เหตุการณ์ (Scenario analysis) เป็นการจำลองสถานการณ์โดยการกำหนดหาความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ดี เลวหรือที่ควรจะเป็นไปได้ ในการวิเคราะห์นี้กำหนดให้เหตุการณ์ต่างๆ ไว้ 3 เหตุการณ์ในแต่ละทางเลือก คือ ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ดีที่สุด (Best-case scenario) และเลวร้ายที่สุด (Worst-case scenario) เท่ากันอย่างละ 25% และความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์พื้นฐาน (Base-case scenario) ในปัจจัยเสี่ยงที่ควรจะเป็นมากที่สุดเท่ากับ 50 %

2.2.5 การวิเคราะห์ความเครียดของปัจจัยเสี่ยง (Risk Stress Analysis)

การวิเคราะห์ความเครียดของข้อมูล (Stress Analysis) เป็นเครื่องมือวิเคราะห์ผลกระทบของการเน้นการกระจายตัว โดยการกำหนดขอบเขตการกระจายตัวของตัวแปรเข้าในช่วงที่กำหนด ในการวิเคราะห์เหตุการณ์เลวร้ายของปัจจัยเสี่ยงนี้ได้กำหนดให้การกระจายตัวของรายรับจากไฟฟ้าที่ผลิตได้และค่าบริการกำจัดขยะที่จัดเก็บ ด้วยวิธีวิเคราะห์ความเครียดของข้อมูลค่าต่ำ (Stress low values analysis) ในช่วงเปอร์เซ็นไทล์ 0-25% และรายจ่ายค่าก่อสร้าง ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา และอัตราคิดลดตามโครงสร้างทุน มีการกระจายตัวในช่วงเปอร์เซ็นไทล์ 75-100% ด้วยวิธีวิเคราะห์ความเครียดของข้อมูลค่าสูง (Stress high values analysis) ผลการวิเคราะห์โดยพิจารณาเหตุการณ์เลวร้ายที่สุดให้เน้นการกระจายตัวในช่วงที่กำหนดพร้อมกันในการจำลองเดี่ยว (Stress All Inputs in a Single Simulation)

3. การวิเคราะห์และผลการศึกษา

3.1 ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินของโครงการ

จากกรณีฐานตามแผนงานที่วางไว้ เมื่อพิจารณาการดำเนินงานโครงการตั้งแต่เริ่มโครงการ 25 ปี ใช้เวลาเตรียมโครงการ 1 ปี ก่อสร้าง 2 ปี ดำเนินการจัดการขยะ 23 ปี และจำหน่ายไฟฟ้าเข้าระบบตามระยะเวลาการสนับสนุนรับซื้อ 20 ปี พบว่าโครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกเท่ากับ 575.5 ล้านบาท มีอัตราผลตอบแทนภายใน 13.0% สูงกว่าอัตราคิดลดตามโครงสร้างของทุนที่กำหนดไว้ 9.5% อัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อเงินทุน 1.21 มีค่ามากกว่า 1 ระยะเวลาคืนทุน 8.53 ปี และระยะเวลาคืนทุนที่คิดค่าปัจจุบัน 13.85 ปี โครงการนี้ถือว่ามีความคุ้มค่าการลงทุน เนื่องจาก การก่อสร้างตามแผนงานภายใน 2 ปี ภายใต้งบประมาณ 2,315 ล้านบาท มีรายได้หลักจากการจำหน่ายไฟฟ้าเป็นเวลา 20 ปี และค่าบริการขยะตันละ 500 บาทที่เก็บได้เป็นเวลา 23 ปี จึงทำให้กระแสเงินสดเป็นบวกเมื่อเข้าปีที่ 9

ผลการวิเคราะห์ทางการเงินในแต่ละทางเลือกได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 ผลการประเมินทางเลือกของโครงการพบว่า ทางเลือกทั้ง 10 ทางเลือก มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก และมีอัตราผลตอบแทนภายในสูงกว่าอัตราคิดลดตามโครงสร้างของทุน โดยทางเลือกการเร่งระยะเวลาก่อสร้าง และการลดขนาดการลงทุนเหลือ 5 MW โดยขยายเวลาการดำเนินการผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายเข้าระบบ มีความคุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุด 898.8 ล้านบาท และมีระยะเวลาคืนทุนเร็วที่สุด 8.28 ปี

เมื่อพิจารณาผลกระทบของระยะเวลาก่อสร้าง พบว่า ผลของระยะเวลาการก่อสร้างล่าช้ากว่าแผน 1 และ 2 ปี ทำให้ผลตอบแทนสุทธิลดลงร้อยละ 16.2 และ 48.5 ตามลำดับ เป็นผลมาจากมูลค่าสุทธิของต้นทุนเพิ่มขึ้นและผลกำไรจากการดำเนินการลดลง ผลของการเริ่มก่อสร้างล่าช้ากว่าแผนทำให้ผลตอบแทนทางการเงินจากการก่อสร้างล่าช้าลดลงเฉลี่ยร้อยละ 10.3 เป็นผลมาจากมูลค่างานก่อสร้างคิดลด 1 ปี โดยผลกำไรสุทธิคิดลดในจำนวนปีที่เหลือเท่ากัน การเร่งการก่อสร้างให้เสร็จเร็วกว่าแผนส่งผลให้ผลตอบแทนทางการเงินเพิ่มขึ้นร้อยละ 28.5 เมื่อลดระยะเวลาก่อสร้างไป 1 ปี และผลตอบแทนรายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 1 ปี ซึ่งต้องวางแผนเตรียมการและทรัพยากรสำหรับการก่อสร้างภายใต้ระยะเวลาและทรัพยากรที่จำกัด

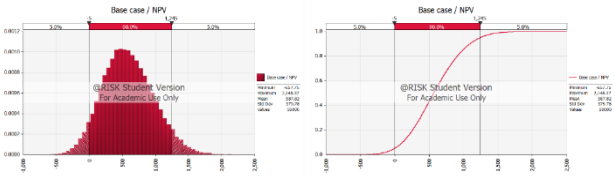
ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ความเป็นไปด้านการเงินของโครงการในแต่ละทางเลือก

ทางเลือก	ปัจจัยทางเลือก	NPV (ลบ)	IRR (%)	B/C	Discounted Payback
กรณีฐาน	P1, C2(10), E20, W23(500)*	575.5	13.0	1.21	13.85
1	P1, C3(10), E20, W22(500)	482.3	12.6	1.19	15.28
2	P1, C4(10), E20, W21(500)	296.3	11.3	1.12	18.27
3	P2, C2(10), E20, W22(500)	517.2	13.0	1.21	14.87
4	P2, C3(10), E20, W21(500)	432.1	12.6	1.19	16.30
5	P1, C1(10), E20, W24(500)	739.3	14.1	1.26	11.90
6	P1, C1(5)/1(5), E20, W24(500)	433.4	12.6	1.17	15.00
7	P1, C1(5), E20, W24(500)	825.9	19.1	1.59	8.28
8	P1, C2(10), E23, W23(500)	673.2	13.4	1.24	13.85
9	P1, C1(5), E24, W24(500)	898.8	19.3	1.63	8.28
10	P1, C1(5), E24, W24(250)	479.1	14.9	1.34	11.50

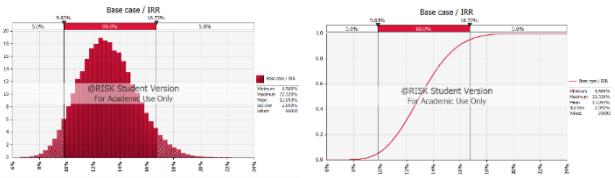
*P1, C2(10), E20, W23(500) หมายถึง เตรียมโครงการ 1 ปี ก่อสร้าง 2 ปี ระบบ 10MW จำหน่ายไฟฟ้า 20 ปี จัดการขยะ 23 ปี ค่าจัดการขยะ 500 บาทต่อตัน

3.2 ผลการจำลองสถานการณ์ มอนติ คาร์โล

ผลการจำลองแสดงบนแผนภูมิค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของการแจกแจงปรกติ (Normal Distribution) ดังรูปที่ 1 และการแจกแจงแบบสะสม (Cumulative Distribution Function: DCF) ดังรูปที่ 2 ได้คำนวณค่าต่ำสุด (Minimum) ค่าสูงสุด (Maximum) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV, ล้านบาท) ได้ค่า -657.75, 2,148.37, 587.82, 379.78 ตามลำดับ และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR, %) ได้ค่า 6.56, 22.32, 13.09, 2.09 ตามลำดับ



รูปที่ 1 แผนภูมิการแจกแจงปรกติและการแจกแจงสะสมมูลค่าปัจจุบันสุทธิ กรณีฐาน



รูปที่ 2 แผนภูมิการแจกแจงปรกติและการแจกแจงสะสมอัตราผลตอบแทนภายใน กรณีฐาน

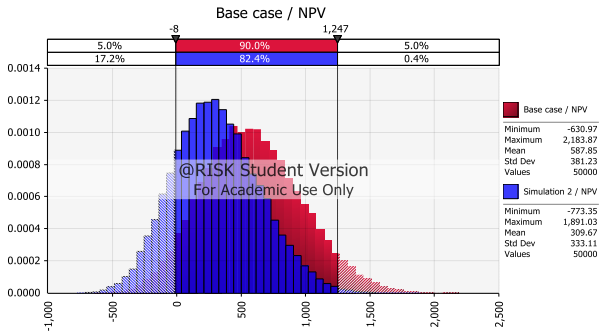
จากผลการจำลองสถานการณ์ในแต่ละทางเลือก ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า ระยะเวลาก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นเป็น 3 ถึง 4 ปี ส่งผลให้มีโอกาสที่มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบสูงขึ้น 38% และ 244% ตามลำดับ และเมื่อเร่งการก่อสร้างให้เสร็จภายใน 1 ปี โอกาสที่มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบลดลง 44% เมื่อพิจารณาผลของการดำเนินการในกรณีที่ผลกำไรสุทธิของโครงการดีที่สุด โดยการลดเวลาก่อสร้างเหลือ 1 ปี ลงทุนระบบเพียง 5MW ทั้งกรณีจำหน่ายไฟฟ้าตามระยะเวลาสนับสนุน 20 ปี (NPV=834.3 ล้านบาท) และกรณีขอขยายการจำหน่ายไฟฟ้าเป็นเวลา 24 ปี (NPV=908.9 ล้านบาท) ไม่มีโอกาสที่มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบทั้งสองกรณี

ตารางที่ 3 การจำลองสถานการณ์ในแต่ละทางเลือก

ทางเลือก	Mean NPV (ลบ)	NPV StdDev	Probability NPV<0
กรณีฐาน	587.8	379.8	5.2%
1	494.9	351.0	7.2%
2	309.4	331.1	17.9%
3	530.0	349.1	5.6%
4	445.1	322.5	7.6%
5	751.1	406.0	2.3%
6	444.2	280.1	4.6%
7	834.3	254.2	0.0%
8	687.9	400.1	3.4%
9	908.9	267.6	0.0%
10	486.7	218.1	0.6%

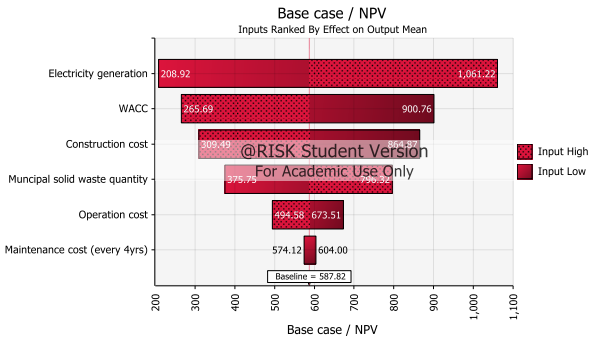
ผลการเปรียบเทียบแผนภูมิค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของการแจกแจงปรกติ (Normal Distribution) ของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ทำให้เห็นความน่าจะเป็นที่โครงการจะได้ผลตอบแทนการลงทุนลดลงและมีโอกาสที่มีค่าต่ำกว่าเป้าหมายมากยิ่งขึ้น ซึ่งการเปรียบเทียบนี้ช่วยเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจภายใต้ความเสี่ยงและเกณฑ์การยอมรับผลตอบแทนโครงการได้ โดยเมื่อกำหนดความคาดหวังของผลตอบแทนโครงการให้อยู่ในช่วงการกระจายตัวร้อยละ 90 ของกรณีฐาน

เมื่อเปรียบเทียบผลกระทบปัจจัยด้านเวลาก่อสร้าง โดยก่อสร้างตามแผนงาน 2 ปี กับก่อสร้างล่าช้าไปอีก 2 ปี ดังรูปที่ 3 พบว่าผลกระทบของระยะเวลาก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นจากกรณีฐาน 2 ปี เป็น 4 ปี ทำให้โอกาสลดลงเหลือ 82.4% ที่จะได้ผลตอบแทนในเกณฑ์กรณีฐาน ค่าเฉลี่ย มูลค่าปัจจุบันสุทธิลดลง 47% เหลือเท่ากับ 309.67 ล้านบาท โดยการก่อสร้างใช้เวลานานและล่าช้ากว่าแผน อาจเกิดปัญหามาจากการไม่สามารถจัดหาที่ดินเพื่อการก่อสร้างได้ตามแผน ปัญหาด้านสัญญาการก่อสร้างและการจัดหาเครื่องจักรและอุปกรณ์ ความเสี่ยงทางการเงินจากการจัดหาแหล่งเงินทุน ปัญหาความซับซ้อนของโครงการก่อสร้างและติดตั้งเครื่องจักรระบบเตาเผา



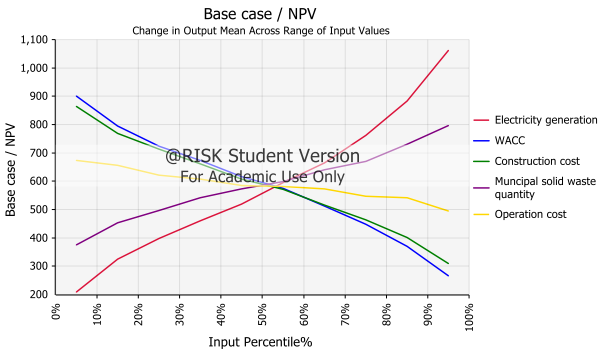
รูปที่ 3 การเปรียบเทียบแผนภูมิการแจกแจงปรกติ จากผลกระทบของระยะเวลาก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น

ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของปัจจัยต่างๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงพร้อมๆ กัน ในขอบเขตรูปแบบการกระจายตัวของแต่ละปัจจัยเสี่ยง แสดงโดยแผนภูมิวิเคราะห์ความอ่อนไหวแบบทอร์นาโด (Tornado Diagram) จากแผนภูมิกรณีฐาน ดังรูปที่ 4 พบว่า การเปลี่ยนแปลงของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตและจำหน่ายได้มีผลกระทบต่อผลตอบแทนโครงการมากที่สุด เนื่องจากเป็นรายรับหลักเข้าโครงการ อันดับสองเป็นอัตราคิดลดตามโครงสร้างของทุนซึ่งมีผลต่อมูลค่าโครงการและการดำเนินงาน อันดับสามเป็นต้นทุนก่อสร้างซึ่งมีมูลค่าการลงทุนก่อสร้างสูงในตอนเริ่มต้นโครงการ และปริมาณขยะรับเข้า ค่าดำเนินการ และค่าบำรุงรักษาทุก 4 ปี ตามลำดับ



รูปที่ 4 แผนภูมิการวิเคราะห์ความอ่อนไหวแบบทอร์นาโด จำลองสถานการณ์ กรณีฐาน

ทั้งนี้เพื่อให้เห็นตัวอย่างการแสดงผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญของตัวแปรต่างๆ ที่ส่งผลต่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิ โดยแสดงการเพิ่มขึ้นหรือลดลงตลอดช่วงของการกระจายตัวตัวของแต่ตัวแปรที่กำหนดในแบบจำลอง เรียกว่า แผนภูมิใยแมงมุม (Spider Graph) ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แผนภูมิใยแมงมุม จำลองสถานการณ์ กรณีฐาน

ผลการจำลองเหตุการณ์ (Scenario simulation) ตามความเสี่ยงที่ประเมิน พบว่า ในกรณีการก่อสร้างล่าช้ากว่าแผนงาน 2 ปี มีความน่าจะเป็นที่จะอยู่ในสถานการณ์เลวร้ายและมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิต่ำกว่า 73.2 ล้านบาท ค่าคาดหวังมูลค่าปัจจุบันสุทธิของเหตุการณ์เท่ากับ 297.3 ล้านบาท ซึ่งเป็นผลจากปริมาณไฟฟ้าที่จำหน่ายได้และปริมาณขยะที่จัดเก็บลดลง ต้นทุนการก่อสร้างเริ่มต้น ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา และอัตราคิดลดตามโครงสร้างของทุนเพิ่มขึ้น โดยผลการจำลองสถานการณ์ในทางเลือกต่างๆ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4

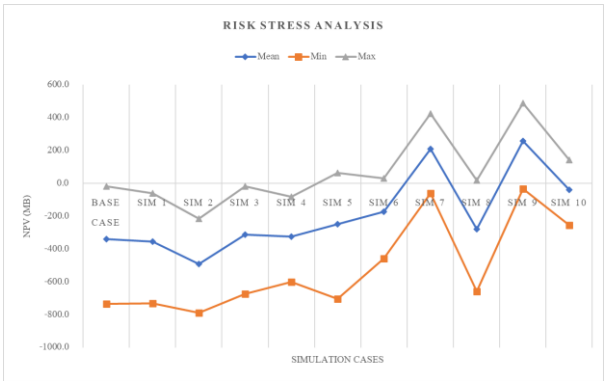
ตารางที่ 4 การจำลองเหตุการณ์ (Scenario simulation) ตามความเสี่ยงที่ประเมิน

ทางเลือก	Best case	Base case	Worst case	Expected NPV	Standard deviation
	25%	50%	25%		
กรณีฐาน	840.4	567.5	317.8	573.3	184.8
1	726.4	477.9	246.3	482.1	169.8
2	530.2	292.9	73.2	297.3	161.7
3	759.0	512.7	282.4	516.7	168.5
4	655.5	428.9	216.4	432.4	155.3
5	1019.7	731.8	463.7	736.7	196.6
6	627.2	427.1	243.2	431.1	135.8
7	1004.6	824.7	655.2	827.3	123.6
8	949.1	669.6	406.1	673.6	192.0
9	1087.5	899.2	719.8	901.4	130.0
10	630.7	477.6	331.6	479.4	105.8

เมื่อพิจารณาผลกระทบของปัจจัยเสี่ยงต่างๆ ภายใต้การจำลองการกระจายตัวของข้อมูลที่กำหนดของทุกทางเลือก พบว่า ในสถานการณ์เหตุการณ์เลวร้าย ค่าเฉลี่ยของปริมาณไฟฟ้าที่จำหน่ายได้มีค่าเท่ากับ 9.2 MW ต้นทุนการก่อสร้างเท่ากับ 2,430 ล้านบาท อัตราคิดลดตามโครงสร้างของทุนเท่ากับ 10.2% และปริมาณขยะที่จัดเก็บได้เท่ากับ 440 ตันต่อวัน ในสถานการณ์เหตุการณ์ดีที่สุด ค่าเฉลี่ยของปริมาณไฟฟ้าที่จำหน่ายได้มีค่าเท่ากับ 10.9 MW ต้นทุนการก่อสร้างเท่ากับ 2,212 ล้านบาท อัตราคิดลด

ตามโครงสร้างของทุนเท่ากับ 8.8% และปริมาณขยะที่จัดเก็บได้เท่ากับ 557 ตันต่อวัน การวิเคราะห์เหตุการณ์ช่วยให้สามารถกำหนดตัวแปรปัจจัยเสี่ยงนำเข้าที่มีความสำคัญในการบรรลุเป้าหมายได้ผลตอบแทนการลงทุนที่คาดหวังสูงสุดได้ และกำหนดเกณฑ์ขั้นต่ำที่ยอมรับได้ในการป้องกันไม่ให้เกิดสถานการณ์เลวร้ายได้

ผลการวิเคราะห์โดยพิจารณาเหตุการณ์เลวร้ายที่สุดให้เน้นการกระจายตัวในช่วงที่กำหนดพร้อมกัน (Stress All Inputs in a Single Simulation) ดังแสดงในรูปที่ 6 พบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิเฉลี่ยของทางเลือกโดยเร่งเวลาก่อสร้าง 1 ปี พร้อมปรับลดการลงทุนเหลือ 5MW และขอขยายเวลาการจำหน่ายไฟฟ้าเข้าระบบตลอดอายุสัมปทานยังคงมีความคุ้มค่าในการลงทุนในสถานการณ์เลวร้าย



รูปที่ 6 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ความเครียดของปัจจัยเสี่ยง

4. สรุปผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์ตัวชี้วัดทางการเงินด้วยวิธีกระแสเงินสดคิดลดของโครงการ สรุปได้ว่าโครงการมีความคุ้มค่าการลงทุน ผลการเร่งก่อสร้างให้เสร็จภายใน 1 ปี และการลดขนาดการลงทุนเหลือ 5 MW โดยขยายเวลาการดำเนินการผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายเข้าระบบ มีความคุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุด จากมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 898.8 ล้านบาท อัตราผลตอบแทนภายใน 19.26% อัตราผลประโยชน์ต่อเงินทุน 1.63 และมีระยะเวลาคืนทุนเร็วที่สุด 8.28 ปี ผลกระทบการก่อสร้างล่าช้า 2 ปี โดยควบคุมงบประมาณก่อสร้างระบบ 10 MW ยังอยู่ในงบประมาณ 2,315 ล้านบาท เป็นทางเลือกที่มีความคุ้มค่าการลงทุนต่ำที่สุดเท่ากับ 296.3 ล้านบาท ระยะเวลาคืนทุนโครงการนานที่สุดเท่ากับ 18.27 ปี

ผลการจำลองสถานการณ์มอนติ คาร์โล เพื่อใช้วิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินของโครงการภายใต้ความเสี่ยง สามารถสรุปได้ว่า ผลของระยะเวลาก่อสร้างที่ล่าช้าส่งผลให้มีโอกาสที่โครงการไม่คุ้มค่าการลงทุนสูงขึ้น และเมื่อเร่งการก่อสร้างให้เสร็จภายใน 1 ปี ทำให้โอกาสที่มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบลดลง ทางเลือกการลดการลงทุนค่าก่อสร้างเหลือเพียงระบบ 5 MW และใช้เวลาก่อสร้าง 1 ปี ไม่มีความเสี่ยงที่จะไม่คุ้มค่าการลงทุน แนวทางจัดการความเสี่ยงโดยการควบคุมงานที่ต้องเร่งให้หลายส่วนงานขนานกันอย่างมีประสิทธิภาพ เตรียมความพร้อมเครื่องจักรอุปกรณ์ ความพร้อมงบประมาณ และความพร้อมด้านแรงงานและผู้ควบคุมงาน ระยะเวลาการก่อสร้างล่าช้าส่งผลกระทบทางลบมีความน่าจะเป็นที่โครงการไม่คุ้มค่าการลงทุนมากขึ้น แนวทางจัดการความเสี่ยงจากปัญหาการจัดหาที่ดินก่อสร้าง สัญญาการก่อสร้างและการจัดหาเครื่องจักรและอุปกรณ์ การจัดการทางการเงินและการจัดหาแหล่งเงินทุน และการเตรียมจัดการความซับซ้อนของโครงการก่อสร้างและติดตั้งระบบเตาเผา

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อโครงการมากที่สุดจากการจำลองสถานการณ์ คือ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ อัตราคิดลด ต้นทุนก่อสร้าง ปริมาณขยะ ค่าดำเนินการและค่าบำรุงรักษา ตามลำดับ

ผลการจำลองสถานการณ์ตามความเสี่ยงที่ประเมินจากเหตุการณ์ที่เลวร้ายของมูลค่าปัจจุบันสุทธิที่เกณฑ์ความน่าจะเป็น 25% สามารถสรุปเกณฑ์ยอมรับขั้นต่ำของปัจจัยเสี่ยงภายใต้รูปแบบการกระจายตัวที่กำหนดสำหรับแต่ละทางเลือก ได้ข้อสรุปดังนี้ ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้สำหรับต้องไม่น้อยกว่า 9.2 เมกะวัตต์ บริหารจัดการต้นทุนก่อสร้างต้องควบคุมไม่เกิน 2,430 ล้านบาท บริหารทางการเงินทุนโดยควบคุมอัตราคิดลดตามโครงสร้างทุนไม่เกินร้อยละ 10.2 และปริมาณขยะที่รวบรวมได้ในพื้นที่ขนาดใหญ่ไม่น้อยกว่า 440 ตันต่อวัน ในส่วนสถานการณ์ดีที่สุดสามารถกำหนดเกณฑ์การควบคุมต้นทุนก่อสร้างคาดหวังให้ลดได้ถึง 2,212 ล้านบาท ซึ่งทำให้มีโอกาสที่ผลตอบแทนโครงการเกิน 1,000 ล้านบาท

ผลการวิเคราะห์ความเครียดของปัจจัยเสี่ยงโดยเน้นการกระจายตัวของตัวแปรเข้าหรือปัจจัยเสี่ยงทางลบ ซึ่งเป็นการประเมินสถานการณ์เลวร้ายที่สุดที่ปัจจัยเสี่ยงมีแนวโน้มทางลบพร้อมกันในการจำลองเดี่ยว ด้วยวิธีวิเคราะห์ความเครียดของข้อมูลค่าต่ำในช่วงเปอร์เซ็นไทล์ 0-25% และรายจ่ายค่าก่อสร้าง ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา และอัตราคิดลดตามโครงสร้างทุน มีการกระจายตัวในช่วงเปอร์เซ็นไทล์ 75-100% ด้วยวิธีวิเคราะห์ความเครียดของข้อมูลค่าสูง โดยผลของการเร่งเวลาก่อสร้างพร้อมปรับลดการลงทุน และขอขยายเวลาการจำหน่ายไฟฟ้าเข้าระบบตลอดอายุสัมปทานยังคงมีความคุ้มค่าในการลงทุนในสถานการณ์เลวร้าย

วิธีการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินโครงการภายใต้ความเสี่ยงด้วยวิธีจำลองสถานการณ์และเหตุการณ์ และการแสดงผลในรูปแบบแผนภูมิเปรียบเทียบ สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางประยุกต์เป็นเครื่องมือการบริหารจัดการความเสี่ยงโครงการโครงสร้างพื้นฐานและวิศวกรรมอื่นๆ ได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่สนับสนุนงานวิจัยและวิชาการ และข้อมูลการวิเคราะห์การลงทุนสำหรับโครงงานวิศวกรรมจาก ผศ.ดร.เฉลิมเกียรติ วงศ์วนิชทวี ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยสยาม

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมควบคุมมลพิษ (2563), รายงานสถานการณ์ขยะมูลฝอยมูลฝอยของประเทศไทย, *ฐานข้อมูลระบบสารสนเทศด้านการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน*, ณ.วันที่ 10 มีนาคม พ.ศ 2563

[2] สรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย (2561X. *กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม*, กุมภาพันธ์ 2562, หน้า 36-38.

[3] บริษัท หลักทรัพย์ ฟิลลิป (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) (2558). ความเสี่ยงจากการเข้าทำรายการ, *รายงานความเห็นของที่ปรึกษาทางการเงินอิสระเกี่ยวกับการได้มาซึ่งสินทรัพย์ ของ บริษัท ชัยวัฒนา แทนเนอรี่ กรุ๊ป จำกัด (มหาชน)*, วันที่ 9 มิถุนายน 2558, หน้า 37-40.

[4] กรมควบคุมมลพิษ (2561), ประกาศกรมควบคุมมลพิษ เรื่อง แนวทางการพิจารณาคัดเลือกรูปแบบเทคโนโลยีการจัดการขยะมูลฝอยที่เหมาะสมสำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น, กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 26 กันยายน 2561, หน้า 7-8.

[5] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2558), ขั้นตอนการดำเนินโครงการ โครงการโรงเตาเผาขยะเพื่อผลิตไฟฟ้า, *รายงานการศึกษาความเป็นไปได้ของการลงทุนผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย (Incineration)*, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน พฤศจิกายน 2558, หน้า 14

[6] การประมาณราคาค่าก่อสร้างและค่าดำเนินการบำรุงรักษาเทคโนโลยีพลังงานไฟฟ้าจากขยะ (2559), *โครงการศึกษาและจัดทำข้อมูลการลงทุนด้านพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน*. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, กุมภาพันธ์ 2559, หน้า 36-38.

[7] เฉลิมเกียรติ วงศ์วนิชทวี (2561), การประยุกต์ใช้ไมโครซอฟท์เอ็กเซลในการวิเคราะห์การลงทุนของโครงการ. *การวิเคราะห์การลงทุนสำหรับโครงการงานวิศวกรรม*, มิถุนายน 2561, หน้า 247-251.

[8] ดวงตา สราญรมย์ (2560), การประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนโครงการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานจากขยะ กรณีศึกษา เทศบาลนครนนทบุรี, *วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์*, ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม – สิงหาคม 2560, หน้า 203-215

[9] กรมควบคุมมลพิษ (2559), *แผนแม่บทการบริหารจัดการขยะมูลฝอยของประเทศ (2559-2564)*. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กุมภาพันธ์ 2559, หน้า 5-12.

[10] พชรพร เพ็งอ้น, ฐิติศักดิ์ บุญปราโมทย์ (2560). การประเมินทางเลือกของการลงทุนโรงไฟฟ้าขยะชุมชนขนาด 3 เมกะวัตต์ โดยวิธีการเรียลออปชั่น. *การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 14*, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน วันที่ 7-8 ธันวาคม 2560, หน้า 521-529.

[11] Devyansh Pant, K Srinivas. (2019). Cost Estimation of Construction Project Using Monte Carlo Simulation. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, March-April 2019, pp.13-19.

[12] Palisade Corporation (2016), User's Guide @RISK Risk Analysis and Simulation Add-In for Microsoft Excel, Version 7, July 2016.

[13] Pratik Ganame, Pravin Chaudhari. (2015) . Construction Building Schedule Risk Analysis Using Monte Carlo Simulation. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, July 2015, pp.1402-1406.

[14] Wongvanichtawee, C. (2002) The Risk Management in Construction Projects by Using Influence Diagram and Delphi Method, *Engineering Journal of Siam University*, Vol.5