การประเมินความเป็นไปได้ในการบริหารจัดการขยะ: กรณีศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการรื้อร่อนขยะเก่ากับการจัดหาพื้นที่ฝังกลบใหม่ ของเทศบาลเมืองน่าน

จรินทนา เชื้อสะอาด* และ สุรัตน์ เศษโพธิ์

คณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา ตำบลแม่กา อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา ประเทศไทย

Corresponding author: 65140613@up.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินทางเลือกในการบริหารจัดการขยะในอนาคตของเทศบาลเมืองน่าน เพื่อแก้ไขปัญหาระบบกำจัดขยะมูลฝอยแบบฝังกลบ ในปัจจุบันที่มีพื้นที่จำกัดและรองรับปริมาณขยะจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเครือข่ายจำนวนมาก โดยเปรียบเทียบ 2 กรณีศึกษา ได้แก่ 1) การรื้อและร่อนเอาขยะเก่าออกจากบ่อฝังกลบเดิม ร่วมกับการจัดการขยะในปัจจุบัน และ 2) การจัดหาพื้นที่ใหม่เพื่อก่อสร้างระบบฝังกลบ โดยการศึกษานี้ ได้ประยุกต์ใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) เข้ามาช่วยในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ครอบคลุมด้านการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG) ควบคู่กับการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ผลการศึกษาของ กรณีศึกษาที่ 1 พบว่ามีต้นทุนการดำเนินงาน อยู่ที่ 39.9 ล้านบาท ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ โดยมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มากกว่า 2,220 ล้านบาท และอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) เท่ากับ 9.90 จากการได้มูลค่าที่ดินกลับคืนมาใช้ประโยชน์ และรายได้จากวัสดุที่คัดแยกได้ อีกทั้งในด้านสิ่งแวดล้อมยังช่วยจัดการความเสี่ยงจากก๊าซมีเทนสะสมในบ่อฝังกลบเก่าเทียบเท่า 99,963 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO_2e) สำหรับกรณีศึกษาที่ 2 พบว่า ต้องใช้ต้นทุนเริ่มต้นสูงถึง 223.2 ล้านบาท และผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ให้ผลตอบแทนสุทธิเป็นลบ นอกจากนี้ การก่อสร้างระบบฝังกลบแห่งใหม่ ยังก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ด้านการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้วัสดุและพลังงานประมาณ 10,631 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO_2e) และไม่สามารถจัดการปัญหาก๊าซมีเทนที่มีการสะสมในหลุมฝังกลบเดิมได้ จากข้อมูลข้างต้น เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบปัจจัยด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ รวมถึงผลกระทบสิ่งแวดล้อม กรณีศึกษาที่ 1 แสดงให้เห็นถึงความได้เปรียบและมีศักยภาพในการแก้ปัญหาพื้นที่ไม่เพียงพอ อย่างไรก็ตามการตัดสินใจเลือกแนวทางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเทศบาลฯ จำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยด้านความพร้อมทางเทคนิค และการยอมรับของชุมชนในพื้นที่ รวมถึงข้อจำกัด หรือเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องที่สอดคล้องกับบริบทการบริหารจัดการขยะในพื้นที่มากที่สุด

คำสำคัญ: การบริหารจัดการขยะ / การรื้อร่อนขยะ / การประเมินความคุ้มค่า / เทศบาลเมืองน่าน / การประเมินวัฏจักรชีวิต

Feasibility study of waste management: Comparing landfill mining and new landfill development in Nan Municipality

Jarintana Chuarsa-ard * **and Surat Sedpho**

School of Energy and Environment, University of Phayao, Phayao, Thailand.
**Corresponding author: 65140613@up.ac.th*

Abstract

This research aims to assess future waste management alternatives for Nan Municipality to address the limitations of the current sanitary landfill system, which faces space constraints while supporting a large volume of waste from numerous network local administrative organizations. Two scenarios were compared: 1) Landfill mining of existing waste from the old landfill combined with current waste management practices, and 2) Acquisition of a new site for landfill system construction. This study applied Life Cycle Assessment (LCA) principles to evaluate environmental impacts, covering energy consumption and greenhouse gas (GHG) emissions, alongside an economic feasibility assessment. The results for Scenario 1 revealed an operating cost of 39.9 million THB, yielding economic returns with a Net Present Value (NPV) exceeding 2,220 million THB and a Benefit-Cost Ratio (BCR) of 9.90, derived from reclaimed land value and revenue from separated materials. Environmentally, this scenario mitigates the risk of accumulated methane gas in the old landfill, equivalent to 99,963 tons of carbon dioxide equivalent (tCO_2e). In contrast, Scenario 2 required a high initial investment of 223.2 million THB, resulting in a negative net economic return. Furthermore, constructing a new landfill generates environmental impacts from material and energy use, estimated at approximately 10,631 tCO_2e, and fails to address the methane accumulation in the existing landfill. Based on these findings, Scenario 1 demonstrates superior economic viability and environmental potential in resolving land scarcity. However, selecting the most appropriate approach for the municipality requires further consideration of technical readiness, community acceptance, and specific local constraints to ensure alignment with the regional waste management context.

Keywords: Waste management / Landfill mining / Economic Feasibility / Nan Municipality / Life cycle assessment

1. บทนำ

เทศบาลเมืองน่าน จังหวัดน่าน ขับเคลื่อนเมืองสู่เป้าหมาย เมืองเก่ามีชีวิต สิ่งแวดล้อมยั่งยืนควบคู่กับการพัฒนาตามแนวทางเมืองน่าอยู่สู่เมืองอัจฉริยะ [1] เพื่อส่งเสริมเศรษฐกิจและการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ ในด้านการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อม เทศบาลฯ มีระบบกำจัดขยะมูลฝอย ประกอบด้วย อาคารคัดแยก โรงหมักปุ๋ย และระบบบำบัดน้ำเสีย อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันเทศบาลฯ ต้องแบกรับภาระในการกำจัดขยะมูลฝอยจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) ร่วมทิ้งหลายแห่ง ทำให้มีปริมาณขยะเข้าสู่ระบบรวมกว่า 65 ตันต่อวัน ส่งผลให้บ่อฝังกลบระยะที่ 2 ซึ่งเริ่มใช้งานมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558 กำลังจะเต็มความจุ และไม่สามารถขยายพื้นที่กำจัดขยะเพิ่มเติมได้

จากข้อจำกัดดังกล่าว เทศบาลเมืองน่านจึงมีความจำเป็นต้องหาแนวทางบริหารจัดการพื้นที่ โดยมุ่งเน้นไปที่ บ่อฝังกลบระยะที่ 1 ซึ่งปิดการใช้งานไปแล้วและมีขยะสะสมกว่า 231,000 ลูกบาศก์เมตร [2] (ยังคงมีสภาพการย่อยสลายแบบไร้อากาศเนื่องจากมีการนำขยะจากบ่อปัจจุบันบางส่วนมาเทกองสมทบ) เพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ แนวทางดังกล่าวสอดคล้องกับนโยบายของกรมควบคุมมลพิษ ที่ได้ลงพื้นที่ติดตามและสนับสนุนให้มีแผนการนำขยะเก่ากลับมาใช้ประโยชน์เพื่อยืดอายุการใช้งานพื้นที่กำจัดขยะ [3] งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการบริหารจัดการขยะในอนาคต โดยเปรียบเทียบระหว่างการรื้อร่อนขยะเก่ากับการจัดหาพื้นที่ใหม่ ผ่านการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามหลักวัฏจักรชีวิต (LCA) เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจเชิงนโยบายที่เหมาะสมที่สุด

2. วัตถุประสงค์

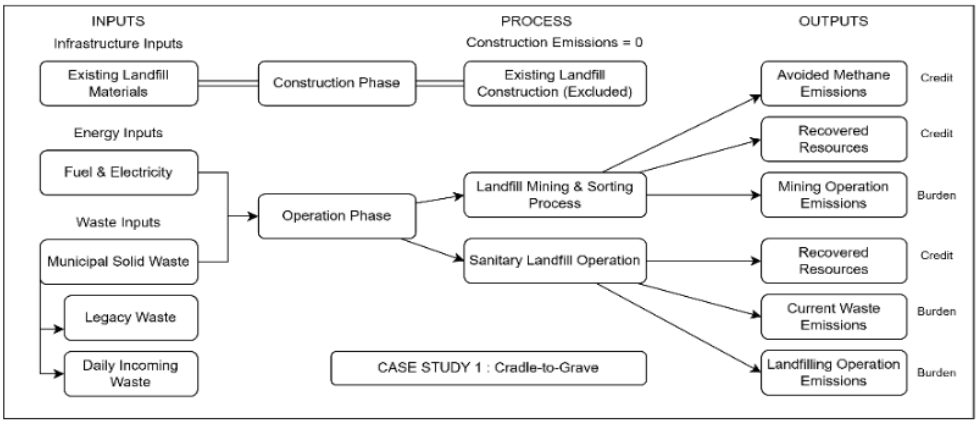
1. เพื่อประเมินทางเลือกและความเป็นไปได้ในการบริหารจัดการขยะในอนาคตของเทศบาลเมืองน่าน เพื่อแก้ไขปัญหาพื้นที่กำจัดขยะไม่เพียงพอ
2. เพื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ระหว่างกรณีการรื้อร่อนขยะเก่า ร่วมกับการดำเนินการปัจจุบัน กับการจัดหาพื้นที่ใหม่ในการจัดการขยะ
3. เพื่อเสนอแนะแนวทางบริหารจัดการขยะที่เหมาะสม และมีประสิทธิภาพสำหรับเทศบาลเมืองน่าน โดยพิจารณาจากผลตอบแทนที่คุ้มค่าและการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

3. ขอบเขตของการศึกษา

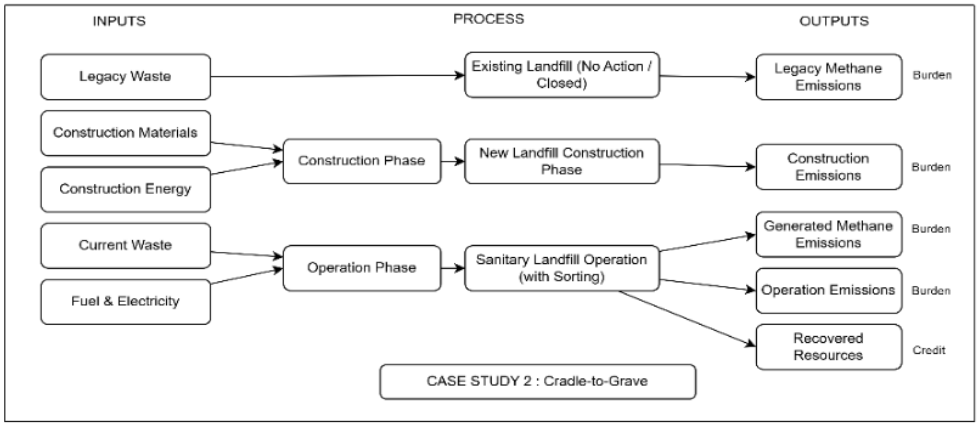
งานวิจัยนี้เป็นการประเมินความเป็นไปได้ในการบริหารจัดการขยะมูลฝอยของเทศบาลเมืองน่าน จังหวัดน่าน โดยมุ่งเน้นการเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามหลักวัฏจักรชีวิต (LCA) ระหว่างการรื้อร่อนขยะเก่ากับการจัดหาพื้นที่ฝังกลบใหม่ เพื่อเสนอแนวทางที่เหมาะสมที่สุดภายใต้กรอบระยะเวลาการประเมินโครงการ 20 ปี (พ.ศ. 2569-2588) โดยมีขอบเขตของการศึกษา ดังนี้

1. ขอบเขตด้านพื้นที่และกรณีศึกษา กำหนดพื้นที่ศึกษา ณ ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลเมืองน่าน ซึ่งประกอบด้วย บ่อฝังกลบเดิมที่ปิดใช้งานแล้ว ที่มีขยะสะสมประมาณ 159,390 ตัน และบ่อฝังกลบปัจจุบันที่กำลังดำเนินการอยู่ โดยเปรียบเทียบ 2 กรณีศึกษา ได้แก่ 1) กรณีศึกษาที่ 1 การดำเนินการรื้อร่อนขยะเก่าจากบ่อที่ปิดดำเนินการควบคู่ไปกับการบริหารจัดการขยะมูลฝอยที่เข้าสู่ระบบปัจจุบัน ณ บ่อที่ยังดำเนินการอยู่ และ 2) กรณีศึกษาที่ 2 การจัดหาพื้นที่ฝังกลบใหม่ และดำเนินการปิดบ่อเดิมถาวร โดยจัดหาพื้นที่ใหม่ขนาด 100 ไร่ เพื่อสร้างระบบฝังกลบพร้อมโรงคัดแยกขยะ สำหรับรองรับขยะในอนาคตทดแทนพื้นที่เดิม

2. ขอบเขตการดำเนินงาน กำหนดขอบเขตการศึกษาแบบ Cradle-to-Grave ครอบคลุมวัฏจักรชีวิตของขยะทั้ง 3 ส่วนสำคัญที่มีอยู่ ดังรูปที่ 1 โดยศึกษากรณีเปรียบเทียบ ดังนี้ 1) กรณีศึกษาที่ 1 คือ ไม่มีการก่อสร้างหลุมฝังกลบใหม่ และใช้โครงสร้างพื้นฐานเดิม (Cradle), ดำเนินการรื้อร่อนขยะเก่า และจัดการขยะขาเข้าปัจจุบัน (Gate) รวมทั้งภาระหรือเครดิตที่เกิดจากการเกิดก๊าซมีเทนจากขยะเก่าและขยะใหม่ (Grave), การดำเนินการในการจัดการขยะ และการนำวัสดุที่ได้จากการคัดแยกกลับคืนมาใช้ประโยชน์ และ 2) กรณีศึกษาที่ 2 คือ การจัดหาวัสดุเพื่อการก่อสร้างหลุมฝังกลบแห่งใหม่ (Cradle), การดำเนินการฝังกลบและคัดแยกขยะใหม่ (Gate) รวมทั้งภาระของการสะสมของก๊าซมีเทนของขยะเก่าและขยะใหม่ (Grave)



ภาพ (ก) แสดงขอบเขตของกรณีศึกษาที่ 1 ซึ่งไม่มีการก่อสร้างหลุมฝังกลบใหม่แต่ใช้โครงสร้างพื้นฐานเดิมในการรื้อร่อนขยะเก่าและจัดการขยะปัจจุบัน



ภาพ (ข) แสดงขอบเขตของกรณีศึกษาที่ 2 ซึ่งเป็นการจัดหาวัสดุเพื่อก่อสร้างหลุมฝังกลบแห่งใหม่และการดำเนินการฝังกลบขยะใหม่

รูปที่ 1 กรอบแนวคิดและขอบเขตการศึกษา (System Boundary) เปรียบเทียบ 2 กรณีศึกษา

4. วิธีการศึกษา

งานวิจัยนี้ ได้กำหนดระเบียบวิธีวิจัยโดยอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative Analysis) โดยวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) และการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน (CBA) ภายใต้สมมติฐานและกรอบระยะเวลาการประเมินโครงการ 20 ปี (พ.ศ. 2569 – 2588) โดยมีรายละเอียดและวิธีการศึกษาดังนี้

4.1 รวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดและตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา ดังนี้

1. ข้อมูลพื้นฐาน รวบรวมจากกองช่างสุขาภิบาล เทศบาลเมืองน่าน และเอกสารที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดสมมติฐานเปรียบเทียบ 2 กรณีศึกษา โดยที่ กรณีศึกษาที่ 1 พิจารณาข้อมูลปริมาณขยะเก่าในหลุมฝังกลบเดิมที่ปิดใช้งานแล้ว 231,000 ลูกบาศก์เมตร (159,390 ตัน) [2], ข้อมูลองค์ประกอบสำหรับการคัดแยกขยะ และข้อมูลการบริหารจัดการพื้นที่เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ และกรณีศึกษาที่ 2 พิจารณาข้อมูลบัญชีปริมาณงานและราคา (BOQ) สำหรับก่อสร้างพื้นที่ฝังกลบขยะมูลฝอยใหม่ พื้นที่ 100 ไร่ [4], [5], [6], [7] รวมถึงราคาประเมินที่ดินราชการในพื้นที่จังหวัดน่าน [8]

2. ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (LCI) รวบรวมข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) แยกตามกรณีศึกษา โดยอ้างอิงปริมาณงานจากการเก็บข้อมูลในพื้นที่ และโครงการต้นแบบ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) จากฐานข้อมูลขององค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก (TGO) และ IPCC [9] [10]

4.2 สถิติที่ใช้ในการศึกษา

เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการประเมินความคุ้มค่าโครงการ จึงใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และตัวชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อมในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยรวบรวมข้อมูลปริมาณขยะเก่าในหลุมฝังกลบเดิมที่ปิดใช้งานแล้ว ประมาณ 231,000 ลูกบาศก์เมตร พบว่า ประกอบด้วยขยะเดิม ประมาณ 200,000 ลูกบาศก์เมตร และขยะจากบ่อฝังกลบปัจจุบัน 31,000 ลูกบาศก์เมตร ที่ถูกนำไปเทกองสมทบ เป็นปัจจัยสำคัญต่อการประเมินศักยภาพการเกิดก๊าซที่ยังคงเหลืออยู่ มีรายละเอียดสมการที่ใช้ในการศึกษา ดังนี้

1. การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG Assessment) ใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ตามแนวทางของ IPCC (2006) [10] และองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (TGO) แยกตามกรณีศึกษา โดยมีสมการคำนวณพื้นฐานดังนี้

$$\mathrm{GHG} = \Sigma\ (\text{Activity Data} \times \text{Emission Factor})$$

โดยที่ Activity Data คือ ข้อมูลปริมาณกิจกรรม เช่น ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร), ไฟฟ้า (kWh) หรือ ปริมาณวัสดุก่อสร้าง (กิโลกรัม) เป็นต้น

Emission Factor (EF) คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก อ้างอิงจากฐานข้อมูล TGO (2565) [9] และ IPCC Tier 1 [10]

2. การประเมินศักยภาพการลดและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การศึกษานี้ประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีการขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (TGO) ตามคู่มือ T-VER-S-TOOL-02-02 [11] ในการคำนวณศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทนจากขยะมูลฝอย ซึ่งสอดคล้องกับแบบจำลอง First-Order Decay (FOD) ของ IPCC ดังนี้

$$\mathrm{BE_{CH_4}} = \mathrm{W_y} \times \sum\left(\mathrm{p_j} \times \mathrm{Coeff_j}\right) \times \mathrm{CF} \times 0.1$$

โดยที่ BE_{CH4} คือ ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้น (tCO_2e)

Wy คือ ปริมาณขยะมูลฝอย (ตัน)

P_j คือ สัดส่วนองค์ประกอบขยะแต่ละประเภท

$Coeff_j$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยสลาย (เศษอาหาร เท่ากับ 1.00, กระดาษ เท่ากับ 3.72, สิ่งทอ เท่ากับ 2.23)

CF คือ ค่า Correction Factor ตามสภาพบ่อขยะ

0.1 คือ ค่าคงที่สำหรับการแปลงหน่วยและปัจจัยการออกซิเดชัน

สำหรับกรณีศึกษาที่ 1 คำนวณค่าจากขยะเก่าเป็น เครดิตการลดก๊าซเรือนกระจก (Avoided Emissions) เนื่องจากการรื้อร่อนช่วยกำจัดแหล่งกำเนิดก๊าซมีเทนที่ยังคงตกค้าง แม้หลุมฝังกลบจะปิดดำเนินการในปี พ.ศ. 2558 แต่กระบวนการย่อยสลายแบบ First-Order Decay ยังดำเนินอยู่ต่อเนื่องจากการนำขยะปัจจุบัน (ประมาณ 31,000 ลบ.ม.) มาเทกองสมทบ ทำให้ภายในบ่อยังมีศักยภาพในการผลิตก๊าซมีเทนในอนาคต ในขณะที่ กรณีศึกษาที่ 2 ค่าจากขยะใหม่จะถูกคำนวณเป็นภาระการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตลอดอายุโครงการ ทั้งนี้ การบริหารจัดการขยะปัจจุบันถือเป็นภาระร่วมที่เกิดขึ้นเท่ากันทั้งสองกรณี โดยการศึกษาใช้ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (GWP) ของก๊าซมีเทนเท่ากับ 28 ตามมาตรฐาน IPCC Fifth Assessment Report (AR5)

3. Economic Analysis การศึกษานี้วิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการ (Cost-Benefit Analysis) ภายใต้กรอบเวลา 20 ปี ดังนี้

- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) คือ การคำนวณผลตอบแทนสุทธิของโครงการโดยปรับค่าของเงินในอนาคตให้กลับมาเป็นมูลค่าปัจจุบัน

$$\mathrm{NPV} = \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

- อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อทุน (Benefit-Cost Ratio: BCR) คือ การเปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบันของ ผลประโยชน์รวมกับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม

$$\mathrm{BCR} = \frac{\sum_{t=0}^{n} \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

โดยที่ B_t คือ ผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นในปีที่ t (เช่น มูลค่าที่ดินที่ได้คืน, รายได้จากการขาย RDF หรือวัสดุรีไซเคิล)

C_t คือ ต้นทุนที่เกิดขึ้นในปีที่ t (เช่น ค่าที่ดิน, ค่าก่อสร้าง, ค่าดำเนินงาน, ค่าเชื้อเพลิง)

r คือ อัตราคิดลด (Discount Rate) กำหนดที่ ร้อยละ 2.25 ต่อปี (อัตราดอกเบี้ยนโยบายของธนาคารแห่งประเทศไทย ณ เดือนธันวาคม 2567)

n คือ อายุโครงการ 20 ปี

5. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

จากการวิเคราะห์ข้อมูลตลอดอายุโครงการ 20 ปี ของเทศบาลเมืองน่าน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นความแตกต่างของทั้ง 2 กรณีศึกษา โดยมีรายละเอียดผลการศึกษา ดังนี้

5.1 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ผลการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) และอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) แสดงให้เห็นว่า กรณีศึกษาที่ 1 เป็นทางเลือกที่มีความเป็นไปได้มากกว่าในการลงทุน โดยมีรายละเอียดสรุปในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปผลการเปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) และอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR)

รายละเอียดการประเมิน	กรณีศึกษาที่ 1	กรณีศึกษาที่ 2
1) ต้นทุนเริ่มต้น (เงินลงทุนเริ่มแรก)	39,900,000 บาท	223,200,000 บาท
2) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	+2,220,404,548 บาท	-981,256,484 บาท
3) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อทุน (BCR)	9.90	0.03

จากผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า กรณีศึกษาที่ 2 มีต้นทุนเริ่มต้นสูงกว่ากรณีศึกษาที่ 1 ถึง 5.6 เท่า เนื่องจาก งบประมาณในการจัดหาที่ดินและก่อสร้างระบบฝังกลบขยะมีมูลค่าสูง ในขณะที่กรณีศึกษาที่ 1 ให้ผลตอบแทนเป็นบวก เนื่องจากสามารถเปลี่ยนสถานะพื้นที่จากบ่อขยะที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ ให้กลับมามีมูลค่าทางเศรษฐกิจอีกครั้งจากการได้ที่ดินเดิมคืนมาใช้ประโยชน์ใหม่ ร่วมกับรายได้เสริมจากการขายเชื้อเพลิง RDF และวัสดุที่คัดแยกได้

5.2 ผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (LCA) การศึกษานี้ได้จำแนก บัญชีรายการข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) ของแต่ละกรณีศึกษา จากการประเมินโดยใช้ข้อมูลองค์ประกอบขยะจริงของเทศบาล ปี 2567 ดังแสดงในตารางที่ 2 และตารางที่ 3 โดยแยกค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emissions Factor) ไว้อ้างอิงในตารางที่ 4

ตารางที่ 2 บัญชีรายการข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) ของกรณีศึกษาที่ 1

กิจกรรม	ปริมาณ	หน่วย	หมายเหตุ
1) การก่อสร้าง (Cradle)	0	-	ใช้พื้นที่เดิม
2) พลังงาน (Gate)			
- น้ำมันดีเซล (งานรื้อรอน)	551,150	ลิตร	
- น้ำมันดีเซล (งานจัดการขยะปัจจุบัน)	10,978,910	ลิตร	20 ปี
- ไฟฟ้า (โรงคัดแยกและสำนักงาน)	1,418,400	kWh	20 ปี
3) ก๊าซมีเทน (Grave)			
- ก๊าซจากขยะบ่อเดิม	3,570,107	$kgCH_4$	Total Avoided
- ก๊าซจากบ่อปัจจุบัน	2,075,571	$kgCH_4$	Total Burden
4) การกู้คืนวัสดุ (Grave)			
4.1) ขยะจากบ่อเก่า			
- RDF	32,802	ตัน	
- วัสดุรีไซเคิล	12,831	ตัน	
- วัสดุปรับปรุงบำรุงดิน	47,685	ตัน	
4.2) ขยะจากบ่อที่ดำเนินการอยู่			
- RDF	97,652	ตัน	20 ปี
- วัสดุรีไซเคิล	38,197	ตัน	20 ปี
- วัสดุปรับปรุงบำรุงดิน	65,633	ตัน	20 ปี

ตารางที่ 3 บัญชีรายการข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) ของกรณีศึกษาที่ 2

กิจกรรม	ปริมาณ	หน่วย	หมายเหตุ
1) วัสดุและการก่อสร้าง (Cradle)			
- พลาสติกกันซึม (HDPE)	162,150	kg	
- ปูนซีเมนต์ (Cement)	799,200	kg	
- เหล็กเส้น (Steel)	240,000	kg	
- หินคลุกและงานหิน	46,200,000	kg	
- น้ำมันดีเซล (งานก่อสร้าง)	192,000	ลิตร	
2) พลังงาน (Gate)			
- น้ำมันดีเซล (การขนส่งวัสดุ)	1,460,000	t-km	
- น้ำมันดีเซล (การจัดการขยะ)	10,978,910	ลิตร	20 ปี
- ไฟฟ้า (โรงคัดแยกและสำนักงาน)	1,458,400	kWh	20 ปี
3) ก๊าซมีเทน (Grave)			
- ก๊าซจากบ่อขยะใหม่	5,190,785	$kgCH_4$	20 ปี
- ก๊าซจากบ่อที่ปิดดำเนินการ (2 บ่อ)	5,645,678	$kgCH_4$	Legacy Stock
4) การกู้คืนวัสดุ (Grave)			
- เชื้อเพลิงขยะ	97,652	ตัน	20 ปี
- วัสดุรีไซเคิล	38,197	ตัน	20 ปี
- วัสดุปรับปรุงบำรุงดิน	65,633	ตัน	20 ปี

ตารางที่ 4 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor)

รายการ	ค่า EF ($kgCO_2e$/หน่วย)	อ้างอิง	หมายเหตุ
1) น้ำมันดีเซล	2.7446	TGO (2565)	รายการที่ 55 โดยคำนวณแปลงหน่วยจาก kg เป็นลิตร (ความหนาแน่น 0.84 kg/L) สำหรับการเผาไหม้ในเครื่องยนต์
2) ไฟฟ้า	0.5986	TGO (2565)	รายการที่ 59 ค่าการปล่อยก๊าซจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย
3) พลาสติก	6.7071	TGO (2565)	รายการที่ 3 สำหรับคำนวณภาระจากการผลิตแผ่นพลาสติกปูพื้นบ่อฝังกลบ
4) ปูนซีเมนต์	0.5070	IPCC (2006)	เทียบเคียงจากค่าการผลิตปูนเม็ด เพื่อใช้เป็นตัวแทนของปูนซีเมนต์ก่อสร้างทั่วไป
5) เหล็กเส้น	1.6382	TGO (2565)	รายการที่ 684 ใช้เป็นค่าตัวแทนสำหรับการประเมินภาระจากการผลิตเหล็กเสริมคอนกรีต
6) หินคลุก	0.0025	TGO (2565)	รายการที่ 616 ใช้เป็นค่าตัวแทนของหินคลุกสำหรับงานถมบดอัดพื้นถนนและลานพื้นบ่อ
7) งานขนส่ง	0.0449	TGO (2565)	รายการที่ 149 (รถบรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ วิ่งปกติ 100% Loading) ภาระจากการขนส่งวัสดุก่อสร้างจากแหล่งผลิตมายังพื้นที่โครงการ
8) เชื้อเพลิงขยะ	-1.200 (ต่อ kg)	TGO/IPCC	หลีกเลี่ยงการเผาไหม้ถ่านหินในภาคอุตสาหกรรม โดยใช้ค่าความร้อนเทียบเท่า

ตารางที่ 4 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) (ต่อ)

รายการ	ค่า EF ($kgCO_2e$/หน่วย)	อ้างอิง	หมายเหตุ
9) วัสดุรีไซเคิล	-2.8854 (ต่อ kg)	TGO (2565)	รายการที่ 22 หลีกเลี่ยงการผลิตเม็ดพลาสติกบริสุทธิ์
10) วัสดุปรับปรุงบำรุงดิน	-1.5083 (ต่อ kg)	TGO (2565)	รายการที่ 714 หลีกเลี่ยงการผลิตและการใช้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15

จากการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมระหว่างกรณีศึกษาที่ 1 และกรณีศึกษาที่ 2 พบประเด็นสำคัญ ดังนี้

1. กรณีศึกษาที่ 1 มีศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิได้ถึง 484,298 tCO_2e (Net Credit) โดยมีปัจจัยสนับสนุนหลัก 3 ประการ คือ 1) การรื้อร่อนขยะเก่าช่วยหยุดยั้งการเกิดก๊าซมีเทนได้ทันที 99,963 tCO_2e 2) การคัดแยกวัสดุจากขยะเก่าและใหม่เพื่อผลิตเชื้อเพลิงขยะ (RDF) และวัสดุรีไซเคิล ช่วยสร้างเครดิตจากการหลีกเลี่ยงการใช้ทรัพยากรธรรมชาติรวมกันกว่า 4.7 แสนตันคาร์บอนเทียบเท่า และ 3) การใช้โครงสร้างพื้นฐานเดิมทำให้ไม่มีภาระจากการก่อสร้างบ่อใหม่
2. กรณีศึกษาที่ 2 ภาระสุทธิ (Net Burden) เท่ากับ 10,631 tCO_2e สาเหตุหลักเกิดจากการปล่อยทิ้ง ขยะเก่า (Legacy Stock) ให้สร้างก๊าซมีเทนสะสมกว่า 1.58 แสนตันคาร์บอนฯ ผนวกกับภาระก๊าซจากบ่อใหม่และการก่อสร้าง ซึ่งมีค่าความเสียหายสูงกว่าเครดิตที่ได้จากการคัดแยกขยะใหม่เพียงอย่างเดียว
3. ทั้งสองกรณี ยังคงต้องรับภาระจากการปล่อยก๊าซมีเทนของ หลุมฝังกลบปัจจุบัน (Active Cell) ในปริมาณ 58,116 tCO_2e ซึ่งเป็นภาระที่ทางเทศบาลฯ จะต้องบริหารจัดการไม่ว่าทางเลือกใด แต่กรณีศึกษาที่ 1 มีข้อได้เปรียบที่สามารถนำเครดิตจากการรื้อร่อนฯ มาชดเชยภาระส่วนนี้ได้จนหมดสิ้น

5.3 ข้อจำกัดในการศึกษา เพื่อให้การนำผลการศึกษาไปใช้งานเป็นไปอย่างถูกต้อง ผู้วิจัยได้กำหนดข้อจำกัดของการศึกษาดังต่อไปนี้

1. การประเมินกรณีศึกษาที่ 2 ครอบคลุมเฉพาะงานโครงสร้างบ่อฝังกลบและอาคารประกอบ โดยยังไม่รวมระบบบำบัดน้ำชะขยะและระบบจัดการก๊าซ หากนำปัจจัยเหล่านี้มาพิจารณาด้วย ต้นทุนและผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของกรณีศึกษาที่ 2 จะสูงกว่าที่นำเสนอในการศึกษานี้
2. การวิเคราะห์ใช้สมมติฐานคงที่สำหรับปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์ โดยไม่รวมอัตราเงินเฟ้อและความผันผวนของราคาน้ำมันและราคาจำหน่าย RDF ในอนาคต นอกจากนี้ การประเมินก๊าซเรือนกระจกใช้ค่าสัมประสิทธิ์มาตรฐาน ซึ่งในสภาพจริงอาจแปรผันตามสภาวะความชื้นและอุณหภูมิของพื้นที่ศึกษา
3. ความไม่แน่นอนของค่าสัมประสิทธิ์การย่อยสลาย (k) อ้างอิงงานวิจัยของ Niu และคณะ (2023) [12] พบว่าในพื้นที่เขตร้อนชื้น ค่า k เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของการประเมินก๊าซมีเทนสูงถึงร้อยละ 95.6 เนื่องจากแปรผันตามอุณหภูมิและความชื้น

6. สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การรื้อร่อนขยะเก่าร่วมกับการดำเนินการปัจจุบัน เป็นแนวทางที่เหมาะสมสำหรับเทศบาลเมืองน่าน เมื่อเปรียบเทียบกับการจัดหาพื้นที่ฝังกลบใหม่ โดยมีผลการศึกษา ดังนี้

1. ด้านเศรษฐศาสตร์ กรณีศึกษาที่ 1 มีความคุ้มค่ากว่า กรณีศึกษาที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญ (BCR = 9.90, NPV = +2,220 ล้านบาท) จากการได้มูลค่าที่ดินกลับคืนมา และรายได้จากวัสดุรีไซเคิลและ RDF ในขณะที่การจัดหาพื้นที่ใหม่ต้องลงทุนสูง (223.2 ล้านบาท) และให้ผลตอบแทนติดลบ

2. ด้านสิ่งแวดล้อม กรณีศึกษาที่ 1 สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม 513,762 tCO_2e จากการจัดการก๊าซมีเทนสะสม, การป้องกันการเกิดก๊าซจากขยะใหม่ และการหลีกเลี่ยงภาระการก่อสร้าง

3. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เทศบาลฯ ควรพิจารณาแนวทางเสริมดังนี้ ประการแรก ส่งเสริมการนำวัสดุที่กู้คืนได้ไปใช้ประโยชน์อย่างเต็มศักยภาพ โดยมุ่งเน้นการผลิต RDF คุณภาพสูง การคัดแยกวัสดุรีไซเคิล และการใช้ประโยชน์จากวัสดุ

ปรับปรุงบำรุงดิน พร้อมทั้งระดมทุนจากกองทุนสิ่งแวดล้อมหรือแหล่งทุนภายนอกเพื่อลงทุนในเทคโนโลยีการคัดแยกที่ทันสมัย ประการที่สอง สร้างกลไกการมีส่วนร่วมของประชาชนตั้งแต่การวางแผนจนถึงการประเมินผลอย่างโปร่งใส เพื่อลดความกังวลและสร้างความเข้าใจที่ถูกต้อง ควบคู่กับการพัฒนาศักยภาพบุคลากรด้านเทคโนโลยีการจัดการขยะสมัยใหม่ เพื่อให้การดำเนินโครงการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

[1] เทศบาลเมืองน่าน. (2568). แผนพัฒนาท้องถิ่น (พ.ศ. 2566-2570) เพิ่มเติม ครั้งที่ 1/2568. เทศบาลเมืองน่าน.

[2] สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดน่าน. (2567). องค์ประกอบขยะมูลฝอยของเทศบาลเมืองน่าน ปี 2567. สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดน่าน.

[3] กรมควบคุมมลพิษ. (2565). อธิบดีกรมควบคุมมลพิษ ลงพื้นที่ติดตามการดำเนินงานการจัดการขยะของเทศบาลเมืองน่าน. สืบค้นเมื่อ 17 ธันวาคม 2568 จาก https://epo02.pcd.go.th/th/news/detail/107320

[4] กรมควบคุมมลพิษ. (2565). แนวทางการวางแผนการฝังกลบขยะมูลฝอย. กองจัดการกากของเสียและสารอันตราย.

[5] สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2558). คู่มือการสำรวจและประเมินระบบกำจัดขยะมูลฝอยแบบฝังกลบ. สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

[6] ธเรศ ศรีสถิต. (2557). แบบรายละเอียดก่อสร้างหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยขนาดเล็ก แบบ Control Dump Landfill. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[7] กองช่าง เทศบาลตำบลเขตอุดมศักดิ์. (2561). บัญชีปริมาณงาน (BOQ) โครงการก่อสร้างอาคารคัดแยกขยะ ณ ศูนย์กำจัดขยะเขาเพชร. เทศบาลตำบลเขตอุดมศักดิ์.

[8] คณะกรรมการประเมินราคาทรัพย์สินเพื่อประโยชน์แห่งรัฐประจำจังหวัดน่าน. (2564). บัญชีราคาประเมินที่ดินสำหรับที่ดินซึ่งมีเอกสารสิทธิประเภทอื่นนอกเหนือจากโฉนดที่ดิน (น.ส. 3 ก.). สำนักงานธนารักษ์พื้นที่น่าน.

[9] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2565). ค่าปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) UPDATE: กรกฎาคม 2565. สืบค้นเมื่อ 17 ธันวาคม 2568 จาก http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/

[10] Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories, Volume 5: Waste. IPCC.

[11] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2566). T-VER-S-TOOL-02-02 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน (ฉบับที่ 01). องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก.

[12] Niu, X.-X., Wang, S.-Z., Niu, Y.-C., Wei, L.-F., & Yu, L.-Y. (2023). Improvement and optimization for the first order decay model parameters at typical municipal solid waste landfills in China. Advances in Climate Change Research, 14(4), 605–614. https://doi.org/10.1016/j.accre.2023.06.004