# รายงานฉบับสมบูรณ์

**สัญญาเลขที่ SRI59X0602-003/2559**

## โครงการวิจัยย่อย 3

**โครงการการทบทวนต้นทุนการจัดการขยะและการประเมินตลอดวัฏจักรชีวิตของระบบการจัดการขยะมูลฝอย: หลักการและการดัดแปลงมาใช้กับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในประเทศไทย**

**ภายใต้ชุดโครงการวิจัย**
**ประสิทธิภาพและธรรมาภิบาลของนโยบายสาธารณะไทย**
**การวิจัยเพื่อเสริมสร้างนักนโยบายสาธารณะที่ดี**
**(The Efficiency and Governance of Thailand's Decentralization Policy)**
**(SRI59X0602)**


**โดย**

**ปเนต มโนมัยวิบูลย์ และพรรณนิภา ดอกไม้งาม**


**กันยายน 2560**

สัญญาเลขที่ **SRI59X0602_P3**

# รายงานฉบับสมบูรณ์

# โครงการการทบทวนต้นทุนการจัดการขยะและการประเมินตลอดวัฏจักรชีวิตของระบบการจัดการขยะมูลฝอย: หลักการและการดัดแปลงมาใช้กับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในประเทศไทย


## คณะผู้วิจัย

**1. อาจารย์ ดร. ปเนต มโนมัยวิบูลย์** **มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง**

**2. อาจารย์ ดร. พรรณนิภา ดอกไม้งาม** **มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง**



**ชุดโครงการประสิทธิภาพและธรรมาภิบาลของนโยบายสาธารณะไทยการวิจัยเพื่อเสริมสร้างนักนโยบายสาธารณะที่ดี**

**สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)**

**(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)**

# คำนำ

การศึกษาเรื่อง “การทบทวนต้นทุนการจัดการขยะและการประเมินตลอดวัฏจักรชีวิตของระบบการจัดการขยะมูลฝอย: หลักการและการดัดแปลงมาใช้กับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในประเทศไทย” เป็นส่วนหนึ่งของชุดโครงการชุดโครงการประสิทธิภาพและธรรมาภิบาลของนโยบายสาธารณะไทยการวิจัยเพื่อเสริมสร้างนักนโยบายสาธารณะที่ดี ภายใต้การสนับสนุนจาก สำนักงานสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ผู้วิจัยขอขอบคุณ ศาสตราจารย์ ดร. มิ่งสรรพ์ ขาวสอาด และผู้ทรงคุณวุฒิของ สกว. สำหรับคำแนะนำและข้อชี้แนะ ขอขอบคุณวิทยากรประจำโครงการและนักวิจัยในชุดโครงการสำหรับประสบการณ์อันดีในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและมุมมองต่อการวิจัยและการปกครองท้องถิ่นไทย และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวงและมูลนิธิสถาบันศึกษานโยบายสาธารณะที่ช่วยอำนวยการให้งานวิจัยฉบับนี้เสร็จสิ้นด้วยดี

งานวิจัยนี้จะสำเร็จไปไม่ได้หากขาดความร่วมมือจากผู้บริหารและทีมงานขององค์ปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) ที่เป็นกรณีศึกษาทั้ง 9 แห่ง ได้แก่ เทศบาลตำบลสันทราย อบต.เมืองพาน เทศบาลตำบลโรงช้าง เทศบาลตำบลเชียงเคี่ยน เทศบาลตำบลหงาว อบต.ดอนแก้ว เทศบาลเมืองน่าน อบต.ถืมตอง และอบต.ป่าคา ขอขอบคุณผู้ให้ข้อมูลสำคัญทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์และความร่วมมือทำให้การสำรวจและเก็บข้อมูล ตลอดจนแลกเปลี่ยนข้อคิดเห็นต่อผลการศึกษา หากรายงานวิจัยฉบับนี้มีข้อบกพร่องหรือผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขอน้อมรับไว้ทั้งหมด

คณะผู้วิจัย

กันยายน 2560

# บทคัดย่อ

การศึกษาเรื่อง “การทบทวนต้นทุนการจัดการขยะและการประเมินตลอดวัฏจักรชีวิตของระบบการจัดการขยะมูลฝอย: หลักการและการดัดแปลงมาใช้กับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในประเทศไทย” มีวัตถุประสงค์เพื่อวางหลักการประเมินผลด้านการเงินและด้านสิ่งแวดล้อมของระบบการจัดการขยะมูลฝอย โดยอาศัยการวิเคราะห์การเคลื่อนย้ายของวัสดุ (Material Flow Analysis หรือ MFA) เพื่อประมาณการศักยภาพของการคัดแยกขยะที่ต้นทางและต้นทุนการจัดการขยะขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) ที่เป็นกรณีศึกษา 9 แห่ง จากนั้นจึงทำการประเมินตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment หรือ LCA) เพื่อพิจารณาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 14 ด้านจากกิจกรรมและเทคโนโลยีที่พบในบริบทของประเทศไทย

ผลการศึกษาพบว่า อปท. สามารถลดปริมาณขยะที่ต้องนำไปกำจัดได้ถึง 0.82 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน ถ้าสามารถส่งเสริมการจัดการขยะที่ต้นทางตามแนวทางชุมชนปลอดขยะ (Zero Waste หรือ ZW) ได้อย่างเต็มที่ แม้ว่าทรัพยากรที่ต้องใช้เพื่อให้เกิดการคัดแยกขยะจะสูงกว่างบประมาณที่มีการจัดสรรตามปกติ แต่การลงทุนกับการจัดการขยะที่ต้นทางที่มีต้นทุนเฉลี่ย 0.91 บาทต่อกิโลกรัมจะก่อให้เกิดการประหยัดโดยเฉลี่ย 1.625 เท่าของเงินทุก 1 บาทที่ใช้ และช่วยลดต้นทุนโดยรวมของระบบของกรณีศึกษาได้ถึงร้อยละ 37 การลดปริมาณขยะที่ต้นทางยังช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลของรถบรรทุกในการเก็บและขนขยะไปกำจัด นอกจากนี้ในกรณีที่ขยะถูกกำจัดด้วยวิธีการเทกองขยะ การคัดแยกขยะยังช่วยลดการปนเปื้อนสารพิษของน้ำบาดาล ทั้งนี้ เนื่องจากต้นทุนและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ลดลงขึ้นกับปัจจัยในบริบทของท้องถิ่น เช่น ขนาดการดำเนินการ ระยะทางขนส่ง และระบบกำจัดขยะ การปรับปรุงระบบการจัดการขยะจึงต้องคำนึงถึงปัจจัยเหล่านี้เพื่อให้การจัดการขยะมีประสิทธิภาพ ประสิทธิผล และการมีส่วนร่วมของประชาชนและภาคส่วนต่างๆ สูงสุด

**คำสำคัญ :** ลำดับชั้นของการจัดการขยะ การเลี่ยงขยะ การรีไซเคิล การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน การประเมินทางสิ่งแวดล้อม

# Abstract

The main objective of this study, titled “the review of solid waste management cost and the analysis of life cycle costing of solid waste management systems: principles and customization for local governments”, is to outline an integrated approach to evaluate the costs and the environmental impacts of municipal solid waste management systems. Material Flow Analysis (MFA) is used to determine the potential and the costs of source separation based on a comparative case study of 9 local governments. Life Cycle Assessment (LCA) estimates the 14 categories of environmental impacts related to municipal solid waste management.

The results show that the local governments could divert up to 0.82 kg of waste per person*day if they followed the Zero Waste (ZW) approach to the fullest extent. Although more budget would be required to achieve waste diversion at such a level, the average cost of ZW, 0.91 THB per kg, was far lower than that of waste collection and disposal. For every 1 THB spent in working with households and communities would result in a cost saving of 1.625. For the 9 cases, the average saving in the ZW scenario was 37% of the initial cost in the business-as-usual (BAU) scenario. The management at source could also reduce all environmental impacts. This was largely due to the decreasing number of trips needed for waste collection and transportation. In addition, source separation could prevent the contamination of underground water where open dumping remains the option for waste disposal. Because the avoided impacts depends on factors such as the scale of operation, the distance, and the disposal system, improvements must consider these local conditions in order to guarantee efficiency, effectiveness, and a proper level of public participation.

**Keywords :** Waste Management Hierarchy, Waste Diversion, Recycling, Cost-Benefit Analysis, Environmental Assessment

# บทสรุปผู้บริหาร

การจัดการขยะเป็นวาระแห่งชาติ รัฐบาลชุดปัจจุบันได้กำหนดโรดแมปสำหรับปรับปรุงการจัดการขยะทั้งระบบตั้งแต่การสร้างวินัยให้มีการคัดแยกขยะที่ต้นทางไปจนถึงการลงทุนสร้างระบบแปรรูปขยะกลับมาเป็นพลังงานเพื่อจัดการขยะมูลฝอยตกค้างทั่วประเทศจำนวน 14.80 ล้านตันและขยะที่เกิดขึ้นใหม่ 26.17 ล้านตันต่อปี (ตัวเลข ณ ปีพ.ศ. 2557) ให้เป็นไปตามหลักสุขาภิบาล

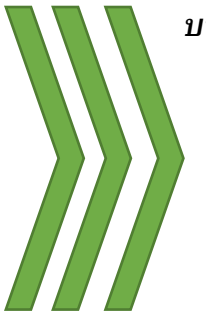
การศึกษาเรื่อง “การทบทวนต้นทุนการจัดการขยะและการประเมินตลอดวัฏจักรชีวิตของระบบการจัดการขยะมูลฝอย: หลักการและการดัดแปลงมาใช้กับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในประเทศไทย” มีวัตถุประสงค์เพื่อวางหลักการประเมินผลด้านการเงินและด้านสิ่งแวดล้อมของการจัดการขยะ เพื่อนำมาทบทวนต้นทุนและผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตตามกิจกรรมและเทคโนโลยีขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) ในประเทศไทย

การวิเคราะห์ครั้งนี้ให้ความสำคัญกับผลของการปรับปรุงการดำเนินการตามแนวทางชุมชนปลอดขยะ (Zero Waste หรือ ZW) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดสากลเรื่องลำดับชั้นของการจัดการขยะ (Waste Management Hierarchy) การจัดการขยะแบบ ZW ให้ความสำคัญกับการลดและคัดแยกขยะเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ตามหลัก 3Rs (Reduce, Reuse, Recycle) แตกต่างจากการจัดการเก็บขนขยะไปกำจัดตามปกติ (Business as usual หรือ BAU)

จากการวิเคราะห์ปริมาณและองค์ประกอบของขยะในพื้นที่ของ อปท. ที่มีการส่งเสริมการคัดแยกขยะที่ต้นทางอย่างต่อเนื่อง 9 แห่งที่ ได้แก่ เทศบาลตำบลสันทราย อบต.เมืองพาน เทศบาลตำบลโรงช้าง เทศบาลตำบลเชียงเคี่ยน เทศบางตำบลหงาว อบต.ดอนแก้ว เทศบาลเมืองน่าน อบต.ถืมตอง และ อบต.ป่าคา พบว่าการจัดการขยะที่ดีตั้งแต่ต้นทางจะสามารถลดปริมาณขยะที่ต้องเก็บขนไปกำจัดได้สูงสุดถึง 0.82 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน หรือร้อยละ 90 ของปริมาณขยะที่เกิดขึ้น

การวิเคราะห์การเคลื่อนย้ายของวัสดุ (Material Flow Analysis หรือ MFA) ของกรณีศึกษาช่วยให้สามารถระบุกิจกรรมที่เป็นปัจจัยขับเคลื่อนการคัดแยกขยะประเภทต่างๆ ใน 3 ระดับได้แก่ การให้ความรู้และอุปกรณ์จัดการขยะอินทรีย์ในครัวเรือน การรวมกลุ่มทำกิจกรรมคัดแยกขยะในระดับชุมชน และการควบคุมพฤติกรรมการทิ้งขยะของประชาชน แม้แต่ในเขตเมืองที่อาศัยกันอยู่หนาแน่นและในชุมชนขนาด

ใหญ่ที่มีข้อจำกัดในการดำเนินการ การส่งเสริมการคัดแยกขยะอย่างเต็มที่ก็สามารถลดปริมาณขยะที่เกิดขึ้นและต้องนำไปกำจัดได้ถึงร้อยละ 45



***บทเรียนเชิงนโยบาย : การกำหนดนโยบายต้องคำนึงถึงศักยภาพของการจัดการขยะที่ต้นทางอย่างจริงจัง เพื่อสามารถจัดสรรงบประมาณสำหรับการส่งเสริมการคัดแยกและลดปริมาณขยะได้อย่างเต็มที่ เป้าหมายการลดปริมาณขยะมูลฝอยที่เข้าสู่ระบบกำจัดที่ปลายทางร้อยละ 5 ตามแผนปฏิบัติการ "ประเทศไทย ไร้ขยะ" ฯ (2559-2560) นั้นเป็นเป้าหมายที่ต่ำเกินไป***

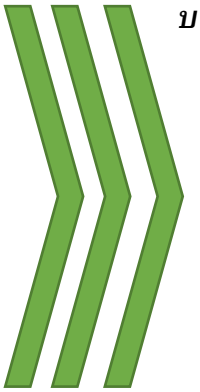
ผลการเปรียบเทียบต้นทุนการจัดการขยะแบบ ZW กับ BAU ยืนยันว่าการจัดการขยะที่ต้นทางเป็นกระบวนการที่จำเป็นสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการจัดการขยะ หากมีการคัดแยกขยะอย่างเต็มที่แล้วจะช่วยลดต้นทุนของการจัดการขยะทั้งระบบลงได้ถึงร้อยละ 40 และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากปริมาณขยะที่ อปท. ต้องเก็บขนไปกำจัดที่ลดลง

ผลการคำนวณต้นทุนการจัดการขยะแบบ BAU ที่ไม่มีการจัดการที่ต้นทางพบว่ามีต้นทุนอยู่ระหว่าง 2.14 ถึง 3.93 บาทต่อกิโลกรัม แบ่งเป็นช่วงของต้นทุนการเก็บขนระหว่าง 1.18 ถึง 1.77 บาทต่อกิโลกรัม และต้นทุนในการกำจัดระหว่าง 0.92 ถึง 2.75 บาทต่อกิโลกรัม ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับระยะทางที่ต้องขนส่งขยะไปกำจัดและวิธีการกำจัดขยะที่ อปท. เลือกใช้ ผลการคำนวณนี้ให้ค่าที่ใกล้เคียงกับอัตราค่าธรรมเนียมใหม่ตามพระราชบัญญัติรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2560 ที่กำหนดค่าเก็บและขนขยะ 150 บาทและค่ากำจัดขยะ 200 บาทต่อขยะ 120 กิโลกรัมต่อเดือน หรือรวมค่าธรรมเนียมทั้งหมดสูงสุด 350 บาทต่อเดือน หรือ 2.92 บาทต่อกิโลกรัม

ผลการคำนวณต้นทุนการจัดการขยะแบบ ZW ตามแบบจำลองของการคัดแยกขยะพบว่างบประมาณที่ต้องใช้ในการจัดการขยะที่ต้นทางอย่างเต็มรูปแบบของกรณีศึกษาทั้ง 9 แห่งอยู่ระหว่าง 732,000 ถึง 3,341,200 บาทต่อปี โดยมีต้นทุนการจัดการขยะที่ต้นทางเฉลี่ย 0.91 บาทต่อกิโลกรัมของขยะที่คัดแยกออกไปได้[1] แม้ว่าเงินจำนวนนี้จะมากกว่างบประมาณที่ปกติ อปท. จัดสรรให้กับการจัดการขยะที่ต้นทาง แต่ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าหาก อปท. สามารถบรรลุเป้าหมายการลดปริมาณขยะที่ต้องเก็บขนไปกำจัดจะเป็นการใช้จ่ายที่คุ้มค่าที่ก่อให้เกิดการประหยัดโดยเฉลี่ย 1.625 เท่าของเงินทุก 1 บาทที่ใช้ในการส่งเสริมการคัดแยกขยะที่ต้นทาง

[1] การคำนวณนี้สนใจแต่เฉพาะรายจ่ายของ อปท. โดยยังไม่รวมรายได้ที่อาจจะเกิดขึ้นจากการขายเศษวัสดุหรือผลผลิตจากการแปรรูปขยะของครัวเรือนและชุมชนซึ่งมีความไม่แน่นอนสูง

ผลการคำนวณต้นทุนการจัดการขยะแบบ ZW รวมงบประมาณที่ใช้ในการส่งเสริมการคัดแยกขยะดังกล่าวแล้วอยู่ระหว่าง 1.02 ถึง 2.11 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อคำนวณอัตราค่าธรรมเนียมการให้บริการเก็บขน และกำจัดขยะของกรณีศึกษาที่ต้องจัดเก็บจากครัวเรือนในกรณีที่มีการจัดการขยะแบบ ZW เต็มรูปแบบแล้วพบว่าอยู่ระหว่าง 31 ถึง 93 บาทต่อเดือน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 63 บาทต่อเดือนซึ่งเป็นอัตราที่ไม่ได้ปรับเพิ่มขึ้นจากปัจจุบันมากนักและประชาชนน่าจะยอมรับได้ ตารางที่ 1 เปรียบเทียบต้นทุนของการจัดการทั้ง 2 แบบในบริบทของกรณีศึกษาทั้ง 9 แห่ง



***บทเรียนเชิงนโยบาย : อปท. ควรทำความเข้าใจว่าอัตราค่าธรรมเนียมตามกฎหมายฉบับใหม่นั้นเป็นเพดานสูงสุดสำหรับกรณีที่ไม่มีการจัดการขยะที่ต้นทางเลย และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรพัฒนาคู่มือการนำเครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์นี้ไปบังคับใช้ในทางที่ทำให้เกิดแรงจูงใจในการคัดแยกขยะและความคุ้มค่ากับการให้บริการ เช่น การคิดค่าธรรมเนียมต่อหน่วย เพื่อไม่ให้นโยบายนี้กลายเป็นอุปสรรคในการปฏิบัติงานและความหนักใจของเจ้าหน้าที่ท้องถิ่น***

ผลการประเมินตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment หรือ LCA) ยังแสดงให้เห็นว่าการจัดการขยะที่ต้นทางช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในทุกด้านที่ประเมิน[2] ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ลดลงส่วนใหญ่มาจากการใช้เชื้อเพลิงในการเก็บขนขยะที่ลดลงหลังจากที่มีการคัดแยกขยะไปจัดการที่ต้นทาง โดยในเรื่องโลกร้อนนั้น โดยเฉลี่ยการลดการส่งขยะ 1 ตันไปกำจัดเป็นระยะทาง 1 กิโลเมตรจะช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงได้ถึง 550 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ (kg $CO_2$-equivalent) นอกจากนี้ในกรณีที่ อปท. ยังกำจัดขยะด้วยการเทกอง การดึงขยะ 1 ตันออกไปจัดการที่ต้นทางยังช่วยลดการปนเปื้อนสารพิษของน้ำบาดาลลงได้ถึง 5,203 ลบ.ม.

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนและการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมยังช่วยให้เห็นถึงปัจจัยเชิงบริบทของพื้นที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการจัดการขยะแบบ ZW โดย อปท. ที่มีขนาดเล็กมีประชากรอาศัยอยู่เบาบางจะมีข้อจำกัดและต้นทุนการดำเนินการต่อหน่วยที่สูงกว่า อปท. ขนาดใหญ่ที่มีข้อได้เปรียบจากการประหยัดต่อขนาด (Economy of Scale) นอกจากนี้ เมื่อ อปท. มีประชากรต่ำกว่า 9,266 คนและมีการจัดการขยะที่ต้นทางอย่างเต็มที่ ปริมาณขยะทั่วไปที่ลดลงจะทำให้การซื้อรถขยะมาดำเนินการเก็บขนเอง

[2] การประเมินครั้งนี้ครอบคลุมผลกระทบ 14 ด้าน ได้แก่ Global Warming, Ecotoxicity in Water, Stored Ecotoxicity in Water, Human Toxicity via Soil, Photochemical Ozone Formation, Spoiled Groundwater Resources, Ecotoxicity in Soil, Human Toxicity via Water, Acidification, Stratospheric Ozone Depletion, Human Toxicity via Air, Stored Ecotoxicity in Soil, Nutrient Enrichment และ Photochemical Ozone Formation

ไม่คุ้มค่า เนื่องจากจะมีต้นทุนต่อหน่วยสูงกว่า 1.25 บาทอันเป็นอัตราเพดานสำหรับค่าธรรมเนียมเก็บขนขยะที่สามารถจัดเก็บได้ตาม พรบ. ฉบับใหม่ ดังนั้นหากไม่มีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างการบริหารงาน อปท. ขนาดเล็กควรพิจารณาการใช้ทรัพยากรร่วมกันกับท้องถิ่นอื่น การดัดแปลงนำทรัพยากรที่มีอยู่มาใช้งานด้านอื่นเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด หรือการให้เอกชนเข้ามาดำเนินการแทน

***บทเรียนเชิงนโยบาย : การปรับปรุงระบบการจัดการขยะควรจะพิจารณาควบคู่ไปกับนโยบายการบริหารงานส่วนท้องถิ่น เพื่อให้มีขนาดการดำเนินการที่เหมาะสมสำหรับการให้บริการเก็บขนขยะ ส่วนการกำจัดขยะควรจะจัดการในรูปแบบของคลัสเตอร์ เพื่อให้มีปริมาณขยะเพียงพอกับการนำมาแปรรูปเป็นพลังงาน โดยพิจารณาระยะทางการขนส่งที่เหมาะสมในแต่ละคลัสเตอร์***

***สรุป*** การทบทวนต้นทุนและประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของระบบการจัดการอย่างรอบด้านตลอดวัฏจักรชีวิตตั้งแต่ต้นทางจนถึงปลายทางแสดงให้เห็นถึงความคุ้มค่าของการส่งเสริมการคัดแยกขยะที่แหล่งกำเนิด การจัดการขยะที่ยั่งยืนจึงไม่อาจเกิดขึ้นได้จากการลงทุนในเครื่องจักร อุปกรณ์และเทคโนโลยีของ อปท. เพื่อเก็บขนขยะไปกำจัดเพียงอย่างเดียว แต่ต้องอาศัยทรัพยากรเพื่อสร้างการมีส่วนร่วมของครัวเรือนและชุมชน

*ตารางที่ 1 เปรียบเทียบต้นทุนการจัดการขยะในกรณีที่ไม่มีการคัดแยกขยะ (BAU) กับกรณีที่มีการคัดแยกขยะอย่างเต็มที่ (ZW)*

| กรณีศึกษา | หมู่บ้าน (แห่ง) | ครัวเรือน (หลัง) | ประชากร (คน) | ต้นทุน BAU (บาท/ปี) | | ค่าธรรมเนียม (บาท/เดือน) | ต้นทุน ZW (บาท/ปี) | | | ค่าธรรมเนียม (บาท/เดือน) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | เก็บขน | กำจัด | | คัดแยก | เก็บขน | กำจัด | |
| ทต.สันทราย | 5 | 1,105 | 2,486 | 1,633,840 | 890,000 | **190** | 732,000 | 779,520 | 445,000 | **92** |
| อบต.เมืองพาน | 23 | 4,769 | 10,838 | 4,255,600 | 9,900,000 | **247** | 3,304,400 | 802,042 | 990,000 | **31** |
| ทต.โรงช้าง | 12 | 1,157 | 4,761 | 2,501,760 | 1,780,000 | **308** | 1,457,800 | 801,520 | 445,000 | **90** |
| ทต.เชียงเคี่ยน | 12 | 1,792 | 4,384 | 2,483,360 | 1,780,000 | **198** | 1,584,800 | 797,920 | 445,000 | **58** |
| ทต.หงาว | 20 | 3,755 | 9,597 | 4,252,000 | 3,560,000 | **173** | 2,795,000 | 848,720 | 890,000 | **39** |
| อบต.ดอนแก้ว | 10 | 5,862 | 14,636 | 5,934,240 | 4,450,000 | **148** | 2,019,400 | 1,659,840 | 1,335,000 | **43** |
| ทม.น่าน | 33 | 10,411 | 20,595 | 10,214,240 | 10,373,702 | **165** | 3,341,200 | 5,917,440 | 5,682,984 | **93** |
| อบต.ถืมตอง | 8 | 1,267 | 3,417 | 1,661,840 | 1,361,948 | **199** | 1,071,000 | 770,320 | 134,698 | **60** |
| อบต.ป่าคา | 7 | 1,663 | 5,065 | 2,489,760 | 1,780,000 | **214** | 925,500 | 807,120 | 445,000 | **63** |

ที่มา: การคำนวณของผู้วิจัย

# สารบัญ


| | | หน้า |
|---|---|---|
| **คำนำ** | | **(1)** |
| **บทคัดย่อ** | | **(3)** |
| **บทสรุปผู้บริหาร** | | **(5)** |
| **สารบัญ** | | **(11)** |
| **สารบัญรูป** | | **(13)** |
| **สารบัญตาราง** | | **(16)** |
| **บทที่ 1 บทนำ** | | **1** |
| 1.1 | ที่มาและความสำคัญของปัญหา | 1 |
| 1.2 | วัตถุประสงค์ของการศึกษา | 3 |
| 1.3 | ขอบเขตของการศึกษา | 3 |
| 1.4 | กรอบแนวคิดของการศึกษา | 4 |
| 1.5 | ลำดับของการนำเสนอ | 6 |
| **บทที่ 2 ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง** | | **9** |
| 2.1 | การจัดการขยะมูลฝอย | 9 |
| 2.2 | ต้นทุนของบริการสาธารณะ | 16 |
| 2.3 | การประเมินวัฏจักรชีวิต | 19 |
| 2.4 | สรุปท้ายบท | 27 |
| **บทที่ 3 ระเบียบวิธีการวิจัย** | | **29** |
| 3.1 | การคัดเลือกกรณีศึกษา | 29 |
| 3.2 | การเก็บรวบรวมข้อมูล | 30 |
| 3.3 | การวิเคราะห์ข้อมูล | 32 |
| 3.4 | สรุปท้ายบท | 39 |
| **บทที่ 4 กรณีศึกษาการจัดการขยะของท้องถิ่นไทย** | | **41** |
| 4.1 | เทศบาลตำบลสันทราย | 41 |
| 4.2 | องค์การบริหารส่วนตำบลเมืองพาน | 46 |
| 4.3 | เทศบาลตำบลโรงช้าง | 50 |
| 4.4 | เทศบาลตำบลเชียงเคี่ยน | 55 |

4.5 เทศบาลตำบลหงาว 60
4.6 องค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว 64
4.7 เทศบาลเมืองน่าน 69
4.8 องค์การบริหารส่วนตำบลถืมตอง 74
4.9 องค์การบริหารส่วนตำบลป่าคา 78
4.10 สรุปท้ายบท 84

**บทที่ 5 ผลการวิเคราะห์** **85**
ผลการวิเคราะห์ต้นทุนตามโครงสร้างกิจกรรม 85
ผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 102
สรุปท้ายบท 117

**บทที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ** **119**
สรุปและอภิปรายผล 119
ข้อเสนอแนะ 124

**เอกสารอ้างอิง** **127**

# สารบัญรูป


| | | หน้า |
|---|---|---|
| รูปที่ 1-1 | ลำดับชั้นวิธีการจัดการขยะมูลฝอย (Waste Management Hierarchy) | 1 |
| รูปที่ 1-2 | กรอบแนวคิดของการคำนวณต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของระบบการจัดการขยะ | 5 |
| รูปที่ 2-1 | การจัดการขยะแบบผสมผสาน | 13 |
| รูปที่ 2-2 | จุดคัดแยกประเภทย่อยของขยะรีไซเคิลตำบลโรงช้างและตำบลสันทราย | 14 |
| รูปที่ 2-3 | องค์ประกอบโครงสร้างแผนงานของหน่วยปฏิบัติการ | 17 |
| รูปที่ 2-4 | โครงสร้างต้นทุนการจัดการขยะมูลฝอยตามประเภทของต้นทุน | 18 |
| รูปที่ 2-5 | ขั้นตอนหลักในกระบวนการประเมินวัฏจักรชีวิต | 20 |
| รูปที่ 3-1 | การชี้แจงวัตถุประสงค์ของโครงการกับผู้บริหารองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น | 30 |
| รูปที่ 3-2 | การสำรวจอุปกรณ์รองรับขยะในครัวเรือน | 32 |
| รูปที่ 3-3 | การคัดแยกองค์ประกอบขยะในชุมชน | 32 |
| รูปที่ 3-4 | แบบจำลองการเทกองและเผาทำลายในเขตชนบทของประเทศไทย | 33 |
| รูปที่ 3-5 | แบบจำลองการเก็บขนและกำจัดขยะด้วยการฝังกลบในเขตเมืองของประเทศไทย | 34 |
| รูปที่ 4-1 | ข้อมูลพื้นฐานเทศบาลตำบลสันทราย อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย | 41 |
| รูปที่ 4-2 | การสำรวจองค์ประกอบขยะของเทศบาลตำบลสันทราย | 42 |
| รูปที่ 4-3 | การส่งเสริมการจัดการขยะย่อยสลายได้ที่ต้นทางที่ตำบลสันทราย | 43 |
| รูปที่ 4-4 | อุปกรณ์จัดการขยะอินทรีย์ของบ้านโพธนาราม เทศบาลตำบลสันทราย | 44 |
| รูปที่ 4-5 | เตาเผาขยะของเทศบาลตำบลสันทราย อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย | 45 |
| รูปที่ 4-6 | การเคลื่อนย้ายขยะของเทศบาลตำบลสันทราย อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย | 45 |
| รูปที่ 4-7 | ข้อมูลพื้นฐานอบต.เมืองพาน อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย | 46 |
| รูปที่ 4-8 | การเก็บขนขยะของ อบต.เมืองพาน | 47 |
| รูปที่ 4-9 | สภาพจุดรวบรวมขยะหลังสำนักงาน อบต.เมืองพาน | 47 |
| รูปที่ 4-10 | ภาพบรรยากาศการตรวจประเมินชุมชนของผู้บริหารและทีมงาน | 48 |
| รูปที่ 4-11 | การเคลื่อนย้ายขยะของอบต.เมืองพาน อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย | 49 |
| รูปที่ 4-12 | ข้อมูลพื้นฐานเทศบาลตำบลโรงช้าง อำเภอป่าแดด จังหวัดเชียงราย | 50 |
| รูปที่ 4-13 | การเก็บขนขยะในตำบลโรงช้าง อำเภอป่าแดด จังหวัดเชียงราย | 51 |
| รูปที่ 4-14 | พิธีเปิดศูนย์การเรียนรู้หมู่บ้านปลอดขยะ (Zero Waste) บ้านโป่งศรีนคร | 52 |
| รูปที่ 4-15 | การทำสินค้าจากเศษวัสดุที่บ้านโป่งศรีนคร ตำบลโรงช้าง อำเภอป่าแดด | 52 |
| รูปที่ 4-16 | การคัดแยกขยะที่บ้านโป่งศรีนคร ตำบลโรงช้าง อำเภอป่าแดด | 53 |
| รูปที่ 4-17 | การเคลื่อนย้ายขยะของเทศบาลตำบลโรงช้าง อำเภอป่าแดด จังหวัดเชียงราย | 54 |
| รูปที่ 4-18 | ข้อมูลพื้นฐานเทศบาลตำบลเชียงเคี่ยน อำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย | 55 |
| รูปที่ 4-19 | การเผาขยะที่ถูกทิ้งปากบ่อขยะตำบลเชียงเคี่ยน อำเภอเทิง | 56 |

| | | |
|---|---|---|
| รูปที่ 4-20 | การอบรมการคัดแยกขยะและการขายขยะรีไซเคิล | 57 |
| รูปที่ 4-21 | การรณรงค์ใช้ถุงผ้าแทนถุงพลาสติกบ้านสันทราย ตำบลเชียงเคี่ยน | 57 |
| รูปที่ 4-22 | ข้อตกลงว่าด้วยเรื่องการจัดการขยะชุมชนของบ้านสันปูเลย ตำบลเชียงเคี่ยน | 58 |
| รูปที่ 4-23 | การอบรมให้ความรู้การคัดแยกขยะให้กับชุมชนบ้านสันปูเลย ตำบลเชียงเคี่ยน | 58 |
| รูปที่ 4-24 | บรรยากาศการเปิดธนาคารขยะบ้านสันปูเลย ตำบลเชียงเคี่ยน | 59 |
| รูปที่ 4-25 | การเคลื่อนย้ายขยะของเทศบาลตำบลเชียงเคี่ยน อำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย | 60 |
| รูปที่ 4-26 | ข้อมูลพื้นฐานเทศบาลตำบลหงาว อำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย | 61 |
| รูปที่ 4-27 | บรรยากาศการฝึกอบรมการจัดการขยะของเทศบาลตำบลหงาว | 62 |
| รูปที่ 4-28 | การมอบท่อซีเมนต์สำหรับย่อยสลายขยะอินทรีย์ของเทศบาลตำบลหงาว | 63 |
| รูปที่ 4-29 | การตรวจเยี่ยมครัวเรือนและการชั่งน้ำหนักขยะที่บ้านดอนแยง ตำบลหงาว อำเภอเทิง | 63 |
| รูปที่ 4-30 | การเคลื่อนย้ายขยะของเทศบาลตำบลหงาว อำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย | 64 |
| รูปที่ 4-31 | ข้อมูลพื้นฐาน อบต.ดอนแก้ว อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ | 65 |
| รูปที่ 4-32 | การเก็บรวบรวมนำขยะไปกำจัดด้วยเตาเผาของ อบต.ดอนแก้ว | 66 |
| รูปที่ 4-33 | ผู้บริหาร อบต.ดอนแก้วชี้แจงการจัดการขยะและประชุมร่วมกับคณะกรรมการชุมชน | 66 |
| รูปที่ 4-34 | อบต.ดอนแก้วจัดหารถเข็นเก็บขยะสำหรับอาสาสมัครประจำหมู่บ้านและสนับสนุนถังและบ่อซีเมนต์ในการทำปุ๋ยหมัก | 67 |
| รูปที่ 4-35 | การเก็บขนขยะจากจุดเก็บรวบรวมขยะแห้งของชุมชน | 68 |
| รูปที่ 4-36 | การเคลื่อนย้ายขยะของ อบต. ดอนแก้ว อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ | 69 |
| รูปที่ 4-37 | ข้อมูลพื้นฐานเทศบาลเมืองน่าน อำเภอเมือง จังหวัดน่าน | 70 |
| รูปที่ 4-38 | รถบรรทุกขยะขนาด 10 ลบ.ม.และ 12 ลบ.ม.ของเทศบาลเมืองน่าน | 70 |
| รูปที่ 4-39 | โครงการมีส่วนร่วมของประชาชนในการดูแล ถนน ตรอก ซอยในชุมชนเขตเทศบาลเมืองน่าน | 71 |
| รูปที่ 4-40 | การฝึกอบรมทำปุ๋ยหมักจากเศษวัสดุอินทรีย์ | 72 |
| รูปที่ 4-41 | ผู้บริหารเทศบาลเมืองน่านเข้าร่วมกิจกรรมส่งเสริมการคัดแยกขยะรีไซเคิลของชุมชน | 72 |
| รูปที่ 4-42 | การเคลื่อนย้ายขยะของเทศบาลเมืองน่าน อำเภอเมือง จังหวัดน่าน | 73 |
| รูปที่ 4-43 | ข้อมูลพื้นฐาน อบต.ถืมตอง อำเภอเมือง จังหวัดน่าน | 74 |
| รูปที่ 4-44 | ถังขยะในตำบลถืมตอง อำเภอเมือง จังหวัดน่าน | 75 |
| รูปที่ 4-45 | การรับซื้อขยะรีไซเคิลของเอกชนจากธนาคารขยะบ้านวังฆ้อง ตำบลถืมตอง | 76 |
| รูปที่ 4-46 | ภาคีเครือข่ายภายในชุมชนของบ้านวังฆ้อง ตำบลถืมตอง | 80 |
| รูปที่ 4-47 | ร้านศูนย์บาทและการนำเศษวัสดุมาทำเป็นงานฝีมือที่บ้านวังฆ้อง ตำบลถืมตอง | 80 |
| รูปที่ 4-48 | การเคลื่อนย้ายขยะของ อบต.ถืมตอง อำเภอเมือง จังหวัดน่าน | 78 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| รูปที่ | 4-49 | ข้อมูลพื้นฐาน อบต.ป่าคา อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน | 79 |
| รูปที่ | 4-50 | การเก็บขนขยะของ อบต.ป่าคาเพื่อนำไปทิ้งในบ่อขยะของหมู่บ้าน | 79 |
| รูปที่ | 4-51 | บ่อขยะของหมู่บ้านในตำบลป่าคา | 80 |
| รูปที่ | 4-52 | การรับซื้อถุงพลาสติกของเอกชนที่ตำบลป่าคา | 81 |
| รูปที่ | 4-53 | บรรยากาศการชี้แจงการจัดประกวดชุมชนของ อบต.ป่าคา | 82 |
| รูปที่ | 4-54 | การศึกษาดูงานที่บ้านทุ่งศรีของคณะจาก อบต.ป่าคา | 82 |
| รูปที่ | 4-55 | การติดตามผลการดำเนินการที่บ้านหนองบัว ตำบลป่าคา | 83 |
| รูปที่ | 5-1 | กิจกรรมและปริมาณการคัดแยกขยะที่ต้นทาง | 87 |
| รูปที่ | 5-2 | ทางเลือกของการเก็บขนและกำจัดขยะขององค์การปกครองส่วนท้องถิ่น | 93 |
| รูปที่ | 5-3 | ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนการเก็บขนกับปริมาณของขยะ | 95 |
| รูปที่ | 5-4 | เปรียบเทียบต้นทุนการจัดการขยะของของกรณีศึกษาจากแบบจำลอง | 100 |
| รูปที่ | 5-5 | ผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนที่ลดลงต่อหน่วยจากการจัดการขยะที่ต้นทางของกรณีศึกษา | 116 |
| รูปที่ | 5-6 | ผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนที่ลดลงต่อหน่วยจากการจัดการขยะที่ต้นทางของกรณีศึกษา | 116 |

# สารบัญตาราง


| | | หน้า |
|---|---|---|
| ตารางที่ 2-1 | ผลกระทบจากการนำปุ๋ยอินทรีย์ 1 ตันปรับปรุงในดิน | 22 |
| ตารางที่ 2-2 | ข้อมูลตัวอย่างการผลิตพลาสติก HD-PE จากพลาสติกที่ใช้แล้วและการผลิตเม็ดพลาสติก HD-PE บริสุทธิ์ | 23 |
| ตารางที่ 2-3 | ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO2eq.) | 23 |
| ตารางที่ 2-4 | ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG) ของกิจกรรมการจัดการขยะ | 25 |
| ตารางที่ 3-1 | องค์ประกอบของการคำนวณต้นทุนการจัดการขยะของกรณีศึกษา | 35 |
| ตารางที่ 5-1 | ปริมาณขยะมูลฝอยที่คาดว่าจะเกิดขึ้นของกรณีศึกษาจากแบบจำลอง | 86 |
| ตารางที่ 5-2 | แบบจำลองประสิทธิภาพของกิจกรรมส่งเสริมการคัดแยกขยะที่ต้นทาง | 88 |
| ตารางที่ 5-3 | ปริมาณขยะมูลฝอยหลังจากการคัดแยกขยะของกรณีศึกษาจากแบบจำลอง | 89 |
| ตารางที่ 5-4 | ประมาณการต้นทุนของกิจกรรมการคัดแยกขยะที่ต้นทาง | 90 |
| ตารางที่ 5-5 | ต้นทุนการส่งเสริมการคัดแยกที่ต้นทางของกรณีศึกษาจากแบบจำลอง | 91 |
| ตารางที่ 5-6 | ต้นทุนต่อหน่วยของการคัดแยกขยะที่ต้นทางของกรณีศึกษาจากแบบจำลอง | 92 |
| ตารางที่ 5-7 | ความถี่และจำนวนรถที่ต้องใช้เก็บขนขยะของกรณีศึกษาจากแบบจำลอง | 94 |
| ตารางที่ 5-8 | ต้นทุนการเก็บขนเมื่อไม่มีการคัดแยกขยะของกรณีศึกษาจากแบบจำลอง | 95 |
| ตารางที่ 5-9 | ต้นทุนการเก็บขนเมื่อมีการคัดแยกขยะของกรณีศึกษาจากแบบจำลอง | 96 |
| ตารางที่ 5-10 | ปริมาณและความถี่ของการกำจัดขยะของกรณีศึกษาจากแบบจำลอง | 97 |
| ตารางที่ 5-11 | ต้นทุนการกำจัดขยะของกรณีศึกษาจากแบบจำลอง | 98 |
| ตารางที่ 5-12 | ต้นทุนการจัดการขยะของกรณีศึกษาจากแบบจำลอง | 99 |
| ตารางที่ 5-13 | ต้นทุนการคัดแยกขยะและผลการประหยัดของกรณีศึกษาจากแบบจำลอง | 100 |
| ตารางที่ 5-14 | ค่าธรรมเนียมขยะก่อนและหลังการจัดการที่ต้นทางของกรณีศึกษาจากแบบจำลอง | 101 |
| ตารางที่ 5-15 | ค่าพารามิเตอร์การจัดการขยะกรณีที่ไม่มีการคัดแยกขยะที่ต้นทาง | 102 |
| ตารางที่ 5-16 | ปริมาณขยะที่ถูกคัดแยกขยะที่ต้นทาง | 103 |
| ตารางที่ 5-17 | ค่าพารามิเตอร์การจัดการขยะกรณีที่มีการคัดแยกขยะที่ต้นทาง | 104 |
| ตารางที่ 5-18 | ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเทศบาลตำบลสันทรายก่อนคัดแยกขยะ (BAU) | 105 |
| ตารางที่ 5-19 | ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการคัดแยกขยะของเทศบาลตำบลสันทราย | 106 |
| ตารางที่ 5-20 | ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเทศบาลตำบลสันทรายหลังคัดแยกขยะ (ZW) | 107 |
| ตารางที่ 5-21 | ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของ อบต.เมืองพาน (BAU) | 108 |
| ตารางที่ 5-22 | ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการคัดแยกขยะของ อบต.เมืองพาน | 109 |
| ตารางที่ 5-23 | ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมขององค์การบริหารส่วนตำบลเมืองพาน (ZW) | 110 |
| ตารางที่ 5-24 | ตัวอย่างการปรับค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเทศบาลตำบลสันทราย | 111 |
| ตารางที่ 5-25 | ตัวอย่างการปรับค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของ อบต.เมืองพาน | 112 |

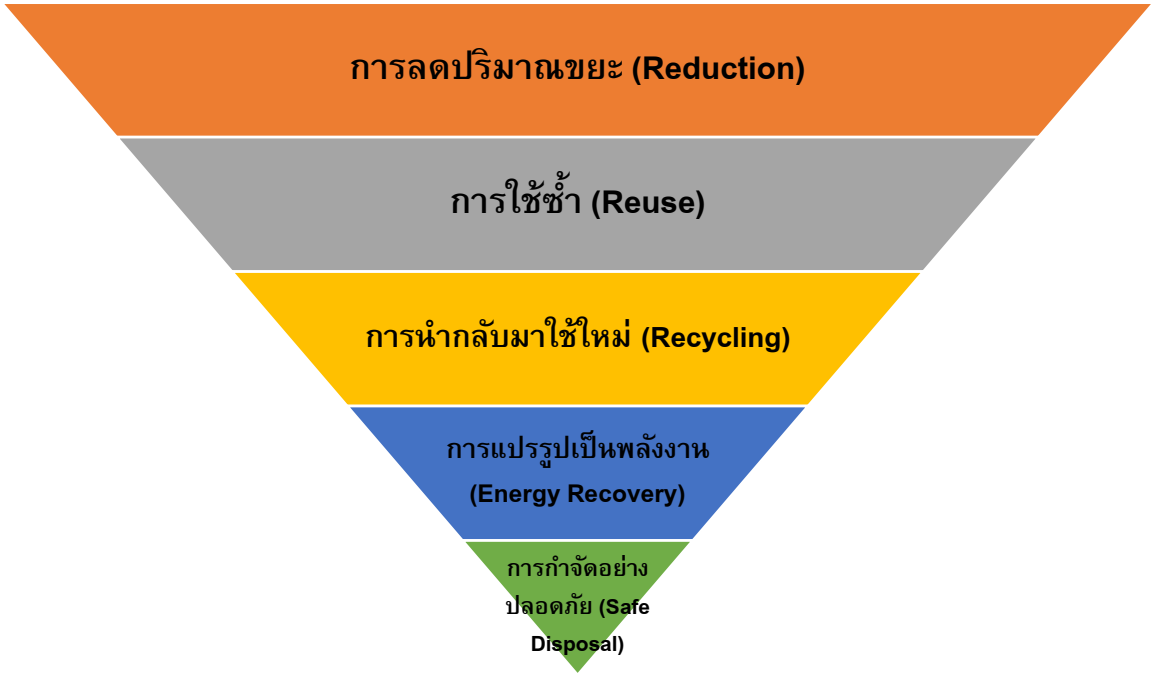
ตารางที่ 5-26 ผลกระทบที่เปลี่ยนแปลงไปต่อการจัดการขยะ 1 ตันภายใต้บริบทของกรณีศึกษาจากแบบจำลอง 114
ตารางที่ 5-27 สัดส่วนผลกระทบที่เปลี่ยนแปลงไปเทียบกับผลกระทบก่อนการจัดการที่ต้นทางภายใต้บริบทของกรณีศึกษาจากแบบจำลอง 115
ตารางที่ 6-1 อัตราค่าธรรมเนียมของกรณีศึกษาในกรณีที่ไม่มีและมีการคัดแยกที่ต้นทาง 123

# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การจัดการขยะเป็นกิจกรรมที่มีต้นทุนและก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แนวคิดเรื่องลำดับชั้นการจัดการขยะ (Waste Management Hierarchy) รูปที่ 1-1 เป็นหลักการพื้นฐานของการจัดการขยะอย่างยั่งยืนเน้นการเลี่ยงการนำขยะไปกำจัด โดยให้ความสำคัญกับการลด (Reduce) การใช้ซ้ำ (Reduce) และการนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ (Recycle) ก่อนที่จะนำขยะไปกำจัดอย่างปลอดภัยด้วยการเผาหรือฝังกลบที่มีและไม่มีการนำพลังงานกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ตามลำดับ




*รูปที่ 1-1 ลำดับชั้นวิธีการจัดการขยะมูลฝอย (Waste Management Hierarchy)*

สำหรับประเทศไทย รัฐบาลชุดปัจจุบันได้ประกาศให้ขยะเป็นวาระแห่งชาติ จากการสำรวจสถานการณ์ขยะมูลฝอยปี 2557 ของกรมควบคุมมลพิษพบว่าทั่วประเทศมีปริมาณขยะตกค้างอยู่ถึง 14.80 ล้านตัน และมีปริมาณขยะที่เกิดขึ้นใหม่อีก 26.17 ล้านตัน ในจำนวนนี้ร้อยละ 18 หรือ 4.82 ล้านตันถูกนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ ส่วนปริมาณขยะที่ถูกกำจัดตามหลักสุขาภิบาลมีเพียง 7.53 ล้านตัน แบ่งเป็นการฝังกลบ 7.04 ล้านตัว การเผาในเตาเผาที่มีระบบบำบัดมลพิษ 390,153 ตันและการหมักทำปุ๋ย 56,627 ตันตามลำดับ ส่วนขยะอีก 6.91 ล้านตันถูกกำจัดอย่างไม่ถูกต้อง และอีก 6.39 ล้านตันเกิดขึ้น

ในพื้นที่ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) จำนวน 3,337 แห่งซึ่งไม่มีการจัดการขยะตามพระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 (กรมควบคุมมลพิษ, 2558)

การจัดการขยะของประเทศไทยในภาพรวมไม่เป็นไปตามลำดับชั้นการจัดการขยะ ไม่เพียงแต่สัดส่วนการหลีกเลี่ยงไม่นำขยะไปกำจัดหรือการนำขยะกลับมาใช้ใหม่จะอยู่ในระดับต่ำ แต่ยังมีขยะมากกว่าครึ่งหนึ่งที่ถูกจัดการอย่างไม่ปลอดภัย อปท.หลายแห่งยังอาศัยการเทกองขยะและเผาขยะทิ้งในที่แจ้ง หรือกำจัดขยะด้วยเตาเผาโดยไม่มีการบำบัดมลพิษ ปัญหาการกำจัดขยะที่ไม่ถูกหลักสุขาภิบาลนี้ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการขาดการประเมินด้านสิ่งแวดล้อมที่เป็นต้นทุนภายนอก (External Cost) อย่างรอบด้าน (อภิสม อินทรลาวัณย์ และปเนต มโนมัยวิบูลย์, 2557)

การตระหนักถึงต้นทุนของระบบการจัดการขยะเป็นจุดเริ่มต้นของการจัดการขยะที่ยั่งยืน (ปเนต มโนมัยวิบูลย์, 2558ข) หลายท้องถิ่น เช่น เทศบาลตำบลเชียงเคี่ยนที่เลือกที่จะส่งเสริมการลดและคัดแยกขยะเนื่องจากเห็นว่าเป็นวิธีการชะลอการใช้งบพัฒนาของท้องถิ่นไปลงทุนสร้างระบบเก็บขนและกำจัดขยะ (พัทธยาพร อุ่นโรจน์, 2558) ในขณะที่ อบต.เมืองพานสามารถลดค่าใช้จ่ายจากการส่งขยะไปกำจัดจากเดือนละ 2 แสนบาทเหลือเพียง 7 หมื่นบาทจากการจัดกระตุ้นให้ชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการขยะที่ต้นทางผ่านกลไกของการจัดประกวด (มงคลกร ศรีวิชัย, 2558)

อย่างไรก็ดี อปท.ส่วนใหญ่ยังไม่มีการคิดคำนวณต้นทุนของการจัดการขยะอย่างเป็นระบบ จากการศึกษาการสมรรถนะการจัดการขยะของ อปท. (ปเนต มโนมัยวิบูลย์ และณัฏฐิกาฑ์ เหมภัทรสุวรรณ, 2557) พบว่าค่าใช้จ่ายการจัดการขยะที่ อปท.รายงานยังไม่ครอบคลุมถึงต้นทุนของการจัดการทั้งหมด โดยมักจะรายงานเพียงข้อมูลต้นทุนในส่วนของค่าใช้จ่ายแปรผันที่เกิดขึ้นโดยตรงจากการเก็บขนและกำจัดขยะและรายรับจากค่าธรรมเนียม แต่ไม่มีการคำนวณต้นทุนจากการลงทุน ค่าเสื่อมราคา ต้นทุนการบริหารจัดการและค่าโสหุ้ย (Overhead Cost) ของระบบการจัดการขยะ เช่น สัดส่วนเวลาของเจ้าหน้าที่ธุรการ นักวิชาการสุขาภิบาล ผู้อำนวยการกองสาธารณสุข ปลัด และผู้บริหารที่ต้องใช้ในการดูแลเรื่องขยะ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของต้นทุนการจัดการขยะของ อปท. นอกจากนี้ยังไม่มีการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นต้นทุนภายนอก (External Costs) ของการจัดการขยะ

การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการจัดการขยะมักอาศัยเทคนิคการวิเคราะห์วัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment, LCA) ในการสร้างแบบจำลองประเมินผลที่เกิดจากการใช้ทรัพยากรและการปล่อยมลพิษจากกระบวนการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายของวัสดุ (Martinez-Sanchez et al., 2015; Bierer et al., 2015) LCA เป็นวิธีการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่โปร่งใสมีความครอบคลุมสูง ลดปัญหาการปิดบังข้อดี-ข้อเสีย เพราะตามแนวคิดของการทำการประเมินที่ยึดผลที่ตามมา (Consequential LCA) ผู้ประเมินจะต้องคิดถึงผลในระบบเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นจากการตัดสินใจ เช่น หากมีการรวบรวมขวดพลาสติกใช้แล้วไปรีไซเคิลตามหลักรีไซเคิลก็จะช่วยให้ลดผลกระทบของการนำวัตถุดิบใหม่มาผลิตเม็ดพลาสติก เช่นเดียวกับการนำพลังงานจากการกำจัดขยะกลับมาใช้ใหม่ก็จะทดแทนการผลิตพลังงานเพิ่มจากเชื้อเพลิงฟอสซิล เป็นต้น

การทำ LCA ยังเป็นวิธีการประเมินพื้นฐานของการวิเคราะห์ขนาดรอยเท้าคาร์บอน (Carbon Footprint) และคาร์บอนเครดิต (Carbon Credit) ซึ่งเป็นประเด็นทางสิ่งแวดล้อมที่ได้รับความสนใจในวงกว้าง การรายงานผลการวิเคราะห์ในรูปของหน่วยกิโลกรัมของคาร์บอนไดออกไซด์ (kg $CO_2$ equivalent) บ่งบอกถึงการส่วนทำให้เกิด (หรือช่วยลด) ภาวะโลกร้อนของระบบการจัดการขยะและเป็นวิธีการสื่อสารที่กระชับเข้าใจได้ง่ายในหมู่ผู้ที่สนใจเรื่องสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างเช่นในการนำเสนอระบบการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศเกาหลีใต้ ทั้งทางกระทรวงสิ่งแวดล้อมและทางองค์การที่เอกชนรับผิดชอบการจัดการระบบ (Korea Association of Electronics Environment, KAEE) นอกจากจะนำเสนอปริมาณซากที่ได้จัดการนำไปรีไซเคิลและมูลค่าของเศษวัสดุแล้ว ยังรายงานผลการลดภาวะโลกร้อนอีกด้วย (Ko, 2013)

ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาข้อมูลต้นทุนของระบบการจัดการขยะควบคู่ไปกับข้อมูลเชิงปริมาณของการจัดการขยะ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจของผู้บริหารในการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบการจัดการขยะหรือส่งเสริมการจัดการขยะที่ต้นทางตามแนวทางของชุมชนปลอดขยะ (Zero Waste) สร้างความตระหนักมากขึ้นถึงต้นทุนที่แท้จริงของการจัดการขยะทั้งในส่วนของต้นทุนทางตรง ต้นทุนทางอ้อม และต้นทุนภายนอก โดยพัฒนาฐานข้อมูลตามหลักการของ LCA ของการจัดการขยะในบริบทของการลดและคัดแยกขยะในประเทศไทย และอยู่ในรูปแบบที่สามารถสนับสนุนการตัดสินใจและการสื่อสารของผู้กำหนดนโยบายและผู้ปฏิบัติงาน

### 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อวางหลักการคำนวณต้นทุนและการวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตของระบบการจัดการขยะและแนวทางการดัดแปลงมาใช้ในบริบทของประเทศไทย
2. เพื่อทบทวนกิจกรรมและเทคโนโลยีการจัดการขยะมูลฝอยขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น
3. เพื่อจัดทำฐานข้อมูลต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของระบบการจัดการและนวัตกรรมการจัดการขยะมูลฝอยของท้องถิ่นไทย

### 1.3 ขอบเขตของการศึกษา

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณที่มีสมมติฐานว่า ประสิทธิภาพการจัดการขยะของ อปท. แตกต่างกัน โดยเมื่อพิจารณารวมต้นทุนตามฐานกิจกรรมและต้นทุนทางด้านสิ่งแวดล้อมแล้วการจัดการขยะตามแนวทางการสร้างการมีส่วนร่วมและการพัฒนาชุมชนปลอดขยะจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการบริหารจัดการ

เนื่องจากขนาดของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการเลี่ยงการนำขยะไปกำจัดด้วยการลดหรือนำขยะไปใช้ใหม่ขึ้นอยู่กับระบบกำจัดขยะที่ใช้อยู่เดิม ดังนั้นในการคัดเลือกกรณีศึกษาจะให้ครอบคลุมพื้นที่ที่มีการเลี่ยงขยะภายใต้บริบทของระบบการกำจัดขยะที่แตกต่างกันแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เป็น อปท.ที่นำขยะไปกำจัดยังสถานที่กำจัดขยะแบบคลัสเตอร์รวมศูนย์ (Cluster) ได้แก่ เทศบาลเมืองน่านและ อบต.ถืมตองที่นำขยะไปทิ้งที่ศูนย์กำจัดขยะของเทศบาลเมืองน่านที่ตำบลผาสิงห์ และ อบต.เมืองพานที่นำขยะไปทิ้งที่ศูนย์กำจัดขยะของเอกชนที่ตำบลบ้านตาล จังหวัดเชียงใหม่

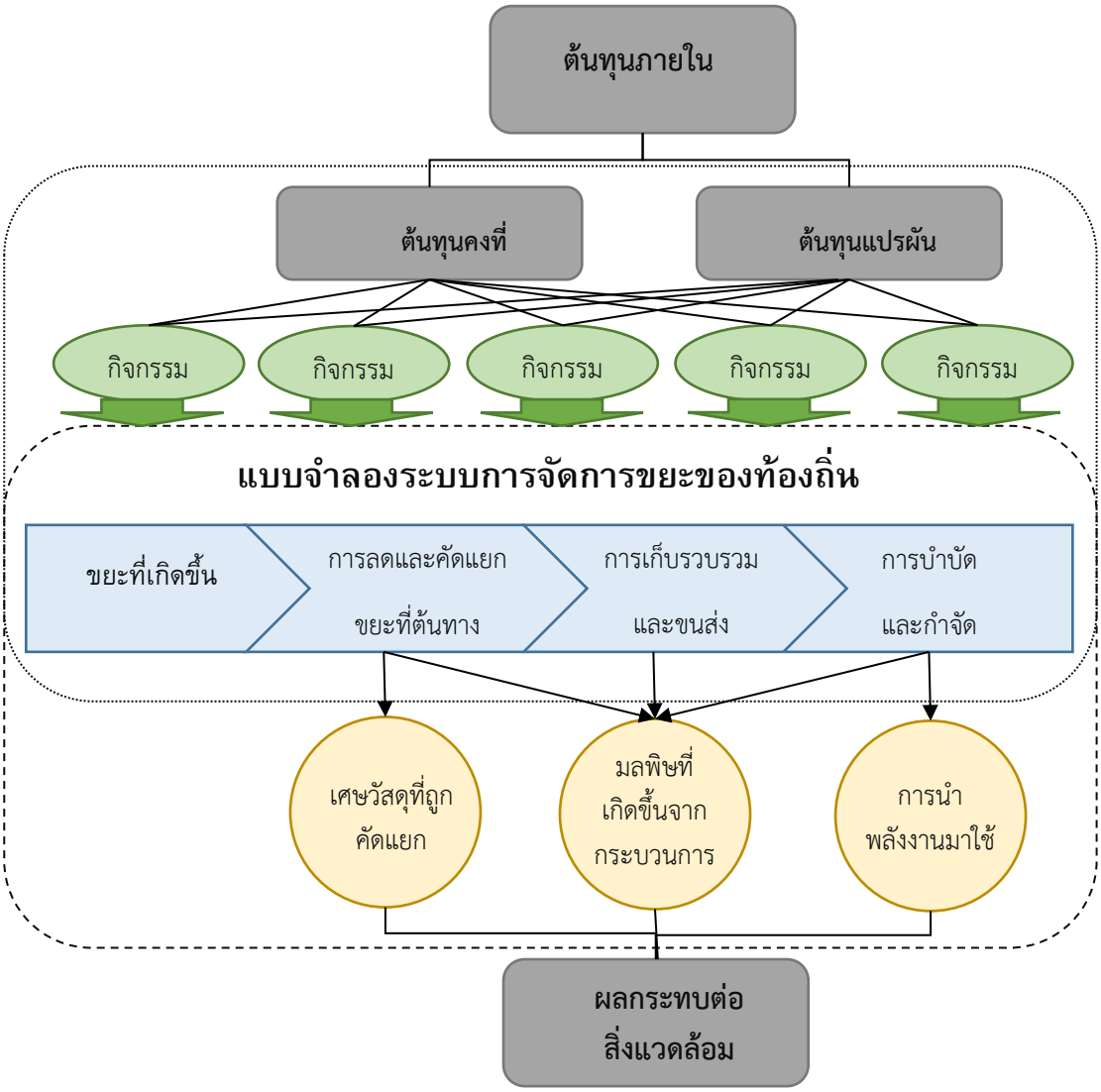
กลุ่มที่ 2 เป็น อปท.ที่มีการลงทุนจัดหาเครื่องจักรและอุปกรณ์มากำจัดขยะภายในตำบล ได้แก่ อบต.ดอนแก้ว และเทศบาลตำบลสันทราย โดยทั้ง 2 แห่งใช้เตาเผาขยะกำจัดขยะที่เก็บรวบรวมได้

กลุ่มที่ 3 เป็น อปท.ในพื้นที่ชนบทที่ยังอาศัยการกำจัดขยะด้วยการเทกองในบ่อขยะของหมู่บ้าน ได้แก่ เทศบาลตำบลหงาว เทศบาลตำบลโรงช้าง เทศบาลตำบลเชียงเคี่ยน และ อบต.ป่าคา

เนื่องจากการศึกษานี้เป็นการหาตัวอย่างสร้างแบบจำลองของต้นทุนกิจกรรมและเทคโนโลยีการจัดการขยะมูลฝอยไม่ได้อาศัยการวิเคราะห์ทางสถิติที่ต้องการอ้างอิงกลับไปยังกลุ่มประชากร นอกจากนี้กรณีศึกษาหนึ่งที่เป็นตัวอย่างของชุมชนปลอดขยะจะมีการเลี่ยงการนำขยะไปกำจัดซึ่งเป็นหน่วยของการวิเคราะห์หลายวิธี เช่น การคัดแยกขยะรีไซเคิลไปขาย การทำสิ่งประดิษฐ์ การผลิตน้ำหมักชีวภาพ และการผลิตปุ๋ยหมัก ฯลฯ ดังนั้นการมี 9 กรณีศึกษาในโครงการจึงเพียงพอต่อการคำนวณค่าเฉลี่ยต้นทุนของกิจกรรม และปัจจัยนำเข้าและผลผลิตของเทคโนโลยี

### 1.4 กรอบแนวคิดของการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักที่จะวางหลักการคำนวณต้นทุนที่สะท้อนถึงผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของระบบการจัดการขยะและจัดทำฐานข้อมูลต้นทุนของระบบการจัดการและนวัตกรรมการจัดการขยะตามสภาพบริบทของกิจกรรมและเทคโนโลยีที่พบในประเทศไทย โดยเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลจาก อปท.จำนวน 9 แห่งในภาคเหนือของประเทศไทยซึ่งได้มีการจัดการขยะด้วยการส่งเสริมให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมลดและคัดแยกขยะที่ต้นทาง แต่มีระบบการเก็บรวบรวมและระบบการกำจัดขยะที่แตกต่างกันออกไปรูปที่ 1-2 แสดงกรอบแนวคิดของการศึกษาที่อาศัยกรสร้างแบบจำลองการจัดการขยะของ อปท. ในประเทศไทยที่เป็นกรณีศึกษาในการวิเคราะห์ต้นทุนของการจัดการและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น




***รูปที่ 1-2 กรอบแนวคิดของการคำนวณต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของระบบการจัดการขยะ***

การส่งเสริมให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการขยะตั้งแต่ต้นทางเป็นแนวทางการจัดการขยะที่สอดคล้องกับแนวคิดเรื่องลำดับชั้นของการจัดการขยะซึ่งเป็นหลักการจัดการขยะที่ยั่งยืน ทุกเทศบาลและ อบต.ที่เป็นกรณีศึกษามีการส่งเสริมให้ครัวเรือนลดและคัดแยกขยะผ่านโครงการการจัดประกวดการจัดการขยะระดับตำบล โครงการสร้างหมู่บ้านนำร่อง และโครงการสนับสนุนอุปกรณ์และความรู้การจัดการขยะให้กับครัวเรือน 6 ใน 9 แห่งมีชุมชนอย่างน้อย 1 ชุมชนในพื้นที่ที่เคยได้รับการคัดเลือกให้เป็นชุมชนต้นแบบการจัดการขยะของหน่วยงานภายนอกก่อนการศึกษาครั้งนี้ และมี 2 หมู่บ้าน คือ หมู่บ้านโป่งศรีนคร ตำบลโรงช้าง อำเภอป่าแดด จังหวัดเชียงราย และหมู่บ้านวังฆ้อง ตำบลถืมตอง อำเภอเมือง จังหวัดน่านที่ชนะเลิศการประกวดระดับประเทศ

เมื่อพิจารณาจากมุมมองของ LCA ปริมาณขยะที่ลดลงและองค์ประกอบของขยะที่เปลี่ยนแปลงเป็นปัจจัยสำคัญต่อผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากระบบ นอกจากนี้ตามแนวคิดแบบ Consequential LCA เศษวัสดุที่ชุมชนเลี่ยงไม่ส่งให้ท้องถิ่นไปกำจัดยังก่อช่วยเลี่ยงผลกระทบถึง 2 ต่อ ได้แก่ การเลี่ยงการเกิดมลพิษจากการกำจัดขยะ และการลดผลกระทบที่เกิดจากการผลิตสินค้าที่หากไม่มีการใช้ซ้ำหรือการนำกลับมาใช้ใหม่จะต้องมีการผลิตขึ้นจากวัสดุใหม่ ดังนั้นการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของระบบการจัดการขยะจึงต้องพิจารณาผลจากการทดแทนผลิตภัณฑ์ในส่วนนี้ด้วยวิธีการขยายขอบเขตของระบบ ในกรณีที่ระบบการจัดการขยะไม่เพียงแต่กำจัดขยะ แต่ยังมีการผลิตวัสดุกลับเข้าสู่ระบบการผลิตเป็นผลพลอยได้ของการทำหน้าที่ของระบบ

การพิจาณาผลประโยชน์ที่ต้นน้ำที่เกิดขึ้นจากการส่งเสริมการลดและคัดแยกขยะจะช่วยให้เกิดการประเมินที่เป็นธรรมขึ้นสำหรับ อปท.ที่เลือกไม่นำงบประมาณที่มีจำกัดมาลงทุนกับการจัดหาอุปกรณ์มาเก็บขนและกำจัดขยะ แต่ใช้วิธีส่งเสริมให้ครัวเรือนลดปริมาณขยะที่ต้องนำไปกำจัดผ่านโครงการและกิจกรรมการมีส่วนร่วมที่ให้ประชาชนเข้ามามีบทบาทในการดำเนินการ ตัวอย่างเช่น เทศบาลตำบลโรงช้าง เทศบาลตำบลเชียงเคี่ยน และอบต.ป่าคาที่ยังนำขยะที่เหลือไปเทกองทิ้ง เนื่องจากผลกระทบที่เกิดจากการขาดระบบกำจัดขยะที่ได้มาตรฐานและมีประสิทธิภาพจะถูกนำมาพิจารณาคู่ไปกับผลดีที่เกิดขึ้นจากการจัดการขยะที่ต้นทาง

### 1.5 ลำดับของการนำเสนอ

รายงานฉบับสมบูรณ์นี้มีเนื้อหาแบ่งออกเป็น 6 บท ได้แก่

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึง ความเป็นมาและความจำเป็นของการศึกษา วัตถุประสงค์ ขอบเขตการวิจัย และกรอบแนวคิดของการศึกษา

บทที่ 2 ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง กล่าวถึง ชุดแนวคิด 3 กลุ่ม ได้แก่ การจัดการขยะมูลฝอย การ การคิดต้นทุนของบริการสาธารณะ และการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยการประเมินวัฏจักรชีวิต พร้อมทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย อธิบาย กระบวนการและเหตุผลของการคัดเลือกกรณีศึกษา กระบวนการและกิจกรรมเก็บรวบรวมข้อมูล และวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อเปรียบเทียบต้นทุนและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการจัดการขยะ 2 รูปแบบได้แก่ การจัดการขยะแบบดั้งเดิม (Business as usual – BAU) ที่เน้นการเก็บขนขยะไปกำจัด และแบบปลอดขยะ (Zero Waste – ZW) ที่เน้นการส่งเสริมการลดและคัดแยกขยะที่ต้นทาง

บทที่ 4 กรณีศึกษาการจัดการขยะของท้องถิ่นไทย พรรณนา สภาพปัญหา ความท้าทาย และการจัดการขยะที่ต้นทางของกรณีศึกษาทั้ง 9 แห่งในภาคเหนือตอนบน ที่มีชุมชนปลอดขยะต้นแบบ

บทที่ 5 ผลการวิเคราะห์ นำเสนอ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา โดยคำนวณการประหยัดทางการคลังและการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากการจัดการขยะที่ต้นทางตลอดวัฏจักรชีวิต

บทที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ ประมวลและอภิปราย ข้อค้นพบที่สำคัญภายใต้บริบทของนโยบายการจัดการขยะในประเทศไทย พร้อมให้ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายและเชิงวิชาการสำหรับงานวิจัยในอนาคต

# บทที่ 2

# ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

ในประเทศไทยกำหนดให้การจัดการขยะเป็นบริการสาธารณะที่ อปท. ต้องจัดให้มี ในอดีตการจัดการขยะมีความหมายอย่างแคบหมายถึงเพียงการเก็บขนและนำขยะออกไปกำจัดด้วยการเผาทำลายหรือการฝังกลบ ต่อมาแนวคิดเรื่องการจัดการขยะได้พัฒนามากขึ้นครอบคลุมไปถึงการจัดการขยะที่ต้นทาง เพื่อลดปริมาณขยะและนำเศษวัสดุกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงต่อต้นทุนของการจัดบริการสาธารณะและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

บทที่ 2 นำเสนอทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวกับการศึกษาครั้งนี้ โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 ส่วน ส่วนแรกนำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการขยะซึ่งจะกล่าวถึงพัฒนาการของการจัดการขยะแบบดั้งเดิมที่เน้นการเก็บขนไปกำจัดมาถึงการจัดการแบบผสมผสานที่ครอบคลุมการจัดการขยะที่ต้นทางอย่างมีส่วนร่วม ส่วนที่สองกล่าวถึงการวิเคราะห์ต้นทุนบริการสาธารณะเพื่ออธิบายขอบเขตและกรอบของการวิเคราะห์ต้นทุนที่จะกล่าวถึงในบทต่อไป เนื่องจากการวิเคราะห์ต้นทุนของการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงให้การจัดทำบัญชีต้นทุนตามกิจกรรมการจัดการของ อปท. มีความถูกต้องมากขึ้น แต่ไม่ได้มุ่งเน้นการประเมินมูลค่าต้นทุนภายนอก ดังนั้นจึงต้องมีการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแยกต่างหาก สุดท้ายของบทนี้จึงจะกล่าวถึงการประเมินวัฏจักรชีวิตซึ่งเป็นเทคนิคการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของฉากทัศน์การจัดการระบบการผลิตและการบริโภคที่มีความครอบคลุมสูง เหมาะสมกับใช้สำรวจประเด็นสิ่งแวดล้อมที่มีความสำคัญของการจัดการขยะมูลฝอยรูปแบบต่างๆ

## 2.1 การจัดการขยะมูลฝอย

ขยะมูลฝอย (Solid Waste) เป็นคำที่ใช้เรียกสิ่งที่เจ้าของไม่ต้องการและประสงค์จะทิ้ง ดังนั้นจึงไม่มีสิ่งใดที่เป็นขยะโดยธรรมชาติด้วยตัวของมันเอง (Strasser, 2000) แต่ขึ้นอยู่กับการให้คุณค่าของคนในสังคม เศษผักจากตลาดหรือเศษอาหารที่เหลือจากการรับประทานอาจจะเป็นขยะของคนในเมือง แต่มีค่าเป็นอาหารสัตว์ในสังคมชนบทที่ไม่ทิ้งเศษวัสดุเหล่านี้เป็นขยะ

### 2.1.1 พัฒนาการของการจัดการขยะ

ความต้องการบริการจัดการขยะจากท้องถิ่นของชุมชนเกิดขึ้นจากการพัฒนาของเมือง (Urbanization) หลังการพัฒนาอุตสาหกรรม สภาพชุมชนที่แออัด โรคระบาดและการแพร่ขยายของพาหะนำโรค ตลอดจนการล้มสลายของธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการนำเศษวัสดุมาใช้ประโยชน์ เช่น การเก็บรวบรวมขี้เถ้าสำหรับการทำอิฐ (Veil et al., 2009) ในประเทศอุตสาหกรรมทำให้การรักษาความสะอาดของถนนและการเก็บขนขยะมูลฝอยกลายเป็นภารกิจหลักของ อปท. ในเขตเมืองเพื่อประโยชน์ของการ

สาธารณสุข โดยการให้บริการจัดการขยะในยุคแรกเน้นการนำขยะออกจากเขตเมือง (Waste Removal) เพื่อนำไปกำจัด (Waste Disposal) ในประเทศอังกฤษกฎหมายว่าด้วยการสาธารณสุข (Public Health Act) ฉบับปีค.ศ. 1885 ได้กำหนดให้ครัวเรือนต้องทิ้งขยะลงใน “ภาชนะรองรับที่เคลื่อนย้ายได้” (Movable Receptacles) และให้ท้องถิ่นเก็บขนขยะไปกำจัดเป็นประจำทุกสัปดาห์ ในเมืองที่มีขนาดใหญ่หรือมีสถานที่กำจัดขยะอยู่ไกลอาจจะมีการสร้างสถานีขนถ่าย (Transfer Stations) เพื่อรวบรวมขยะและเปลี่ยนรถขนขยะให้มีประสิทธิภาพจากความประหยัดต่อขนาด (Economies of Scale) มากขึ้น กรมควบคุมมลพิษ (2557) ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเทคโนโลยีการกำจัดขยะที่เหมาะสมกับปริมาณขยะในระดับต่างๆ อย่างไรก็ดีการกำจัดขยะมูลฝอยแบ่งได้ออกเป็น 2 วิธี คือ การนำขยะไปกำจัดด้วยการฝังกลบ (Landfill) หรือการเผาทำลาย (Incineration)

การฝังกลบเป็นวิธีการกำจัดขยะขั้นสุดท้าย (Final Disposal) อย่างแท้จริงด้วยการนำขยะรวมทั้งของเหลือจากการเผาทำลายหรือการจัดการขยะรูปแบบอื่นไปไว้บนหรือลึกลงไปในพื้นที่หนึ่งที่ได้รับการจัดสรรสำหรับการกำจัดขยะ ขยะที่ถูกนำมาฝังกลบสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภทได้แก่ ขยะที่ไม่ย่อยสลาย (Inert Waste) เช่น เศษซากวัสดุก่อสร้าง ขี้เถ้า ฯลฯ และขยะที่ย่อยสลายได้ (Bioactive Waste) เช่น ขยะที่ไม่ได้มีการคัดแยกจากครัวเรือน (Mixed Household Waste) ขยะที่เน่าเสียได้ (Putrescible Waste) เศษอาหาร (Food Waste) ขยะจากสวน (Yard Waste) เป็นต้น ขยะที่ย่อยสลายได้นี้เป็นขยะที่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพหรือทางเคมีในกระบวนการชีวภาพที่เกิดขึ้นภายใต้สภาพแวดล้อมของสถานที่ฝังกลบและเป็นสาเหตุของมลพิษที่เกิดขึ้นในสถานที่ฝังกลบ ไม่ว่าจะเป็นกลิ่นหรือสัตว์รำคาญ น้ำชะขยะ (Leachate) และก๊าซจากหลุมฝังกลบ (Landfill Gases)

การฝังกลบเป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เนื่องก๊าซจากหลุมฝังกลบส่วนใหญ่เป็นก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยสลายที่ใช้อากาศ (Aerobic Digestion) และที่ไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Digestion) (Williams, 1998) โดยจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้อากาศจะย่อยสลายกรดอินทรีย์เป็นก๊าซซึ่งร้อยละ 60 คือก๊าซมีเทน ($CH_4$) ซึ่งมีความรุนแรงกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) ในการส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศถึง 22 เท่าในปริมาณที่เท่ากันนะยะเวลา 100 ปี จากการศึกษาในต่างประเทศพบว่าหลังจากปิดหลุมแล้ว สถานที่ฝังกลบจะยังผลิตก๊าซจากกระบวนการย่อยสลายโดยไม่ใช้อากาศนี้ต่อไปอีกอย่างน้อย 15-30 ปี (DTI, 1996) นอกจากนี้ก๊าซมีเทนยังมีคุณสมบัติติดไฟและเป็นปัจจัยเสี่ยงของอัคคีภัยในหลุมฝังกลบ เหตุเพลิงไหม้ที่เมือง Loscoe ในปี ค.ศ. 1986 เป็นจุดเริ่มต้นของการแก้ไขกฎหมายว่าด้วยการกำจัดขยะในประเทศอังกฤษ (Williams and Aitkenhead, 1991) ในขณะที่เหตุเพลิงไหม้ที่บ่อขยะแพรกษา จังหวัดสมุทรปราการในปี พ.ศ. 2557 ก็ทำให้รัฐบาลประกาศให้การจัดการขยะเป็นวาระแห่งชาติ

สำหรับการเผาขยะนั้นเป็นการอาศัยปฏิกิริยาเคมีในการกำจัดมวลของขยะ โดยค่าความร้อน (Calorific Value) ของขยะขึ้นกับ 3 ปัจจัยได้แก่ ปริมาณความชื้น (Moisture Content) ปริมาณสาร

ระเหยง่าย (Volatile Content) และปริมาณขี้เถ้า (Ash Content) หากขยะมีความชื้นสูงจะต้องใช้ค่าความร้อนในการทำให้มวลของน้ำระเหยไปก่อนมากทำให้ได้ค่าความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Net Calorific Value หรือ Low Heating Value) ต่ำหรือในกรณีที่ค่าความชื้นสูงมากเกินไปอาจจะต้องการเชื้อเพลิงภายนอกมาช่วยในการเผาไหม้ทำให้มีต้นทุนเพิ่มขึ้น (Williams, 1998)

เมื่อเปรียบเทียบกับการฝังกลบ การกำจัดขยะด้วยการเผาทำลายมีข้อได้เปรียบที่สามารถลดปริมาณขยะได้อย่างรวดเร็ว ไม่ต้องการพื้นที่มากจึงสามารถตั้งอยู่ใกล้แหล่งกำเนิดของขยะได้มากกว่าสถานที่ฝังกลบลดความจำเป็นในการขนส่งขยะไปกำจัด โดยการเผาทำลายโดยทั่วไปสามารถลดขยะที่ต้องนำไปกำจัดขั้นสุดท้ายได้ถึงร้อยละ 90 ตามปริมาตรและร้อยละ 70 ตามน้ำหนักของขยะที่นำมาเผาในเวลาไม่กี่ชั่วโมง นอกจากนี้ขี้เถ้าที่ผ่านการเผาไหม้แล้วสูง แม้ว่าอาจจะยังมีปัญหาเรื่องการปนเปื้อนของมลพิษที่จะได้กล่าวถึงต่อไป แต่ก็ถือเป็นขยะที่มีเสถียรภาพง่ายในการนำไปกำจัดขั้นสุดท้ายต่างจากกระบวนการย่อยสลายในสถานที่ฝังกลบที่ต้องมีการติดตามและควบคุมผลกระทบอย่างต่อเนื่องในระยะยาว

อย่างไรก็ดี การเผาขยะสามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมอย่างรุนแรงเนื่องจากก่อให้เกิดมลพิษหลายประการรวมทั้งฝุ่นละออง (Particulate Matters) ที่สามารถเห็นได้อย่างชัดเจนด้วยตาเปล่าในปริมาณมากในระยะเวลาอันสั้น โดย ปริมาณฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาขยะขึ้นอยู่กับสภาพของการเผาไหม้และปริมาณขี้เถ้าที่มีอยู่ในขยะ การเผาวัตถุอินทรีย์ในสภาพที่มีอุณหภูมิสูงออกซิเจนต่ำและไม่มีเวลาเพียงพอที่จะให้เศษผง (Soot) หมดไปจะทำให้เกิดไอทิ้ง (Flue Gas) จากการเผาไหม้ที่เป็นควันสีดำและก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองไปยังพื้นที่ใต้ลม และเป็นอันตรายต่อมนุษย์เนื่องจากในฝุ่นละอองไม่ได้มีแต่ขี้เถ้า แต่ยังมีโลหะหนัก ก๊าซที่มีฤทธิ์เป็นกรด และสารพิษสำคัญที่เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ได้แก่โพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAH) ไดออกซิน (Polychloriated dibenzo-p-dioxins, PCDD) และฟูรัน (Polychloriated dibenzofurans, PCDF) ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นสารก่อมะเร็ง

ความตระหนักถึงมลพิษจากการกำจัดขยะทำให้เกิดมาตรฐานด้านสิ่งแวดล้อม สถานที่ฝังกลบแบบควบคุม (Controlled/ Containment Landfills) อาศัยเทคโนโลยีและเครื่องจักรมาควบคุมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมมลพิษ (2552) ได้ให้คำนิยามของการฝังกลบที่ถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) ไว้ว่าคือการนำขยะมูลฝอยมาเทกองในพื้นที่ที่มีการวางระบบป้องกันไม่ให้มลพิษรั่วไหลไปสู่ภายนอก ระบบป้องกันมลพิษที่สำคัญของสถานที่ฝังกลบ ได้แก่ ระบบคลุมผิว (Cover System) โดยมีการปิดหน้ากองขยะที่นำมาฝังกลบด้วยดินเพื่อลดการปลิวของขยะ การเกิดเพลิงไหม้ และการซึมผ่านของน้ำฝนเข้าสู่ชั้นของเสีย ระบบกันซึม (Liners) เพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำชะขยะลงสู่แหล่งน้ำใต้ดิน ระบบจัดการน้ำชะขยะ (Leachate Management) ซึ่งประกอบไปด้วยระบบเก็บรวบรวม บำบัด และระบายน้ำเสีย ระบบจัดการก๊าซจากการฝังกลบ (Landfill Gas Management) ซึ่งอาจจะใช้การฝังท่อ

ระบายก๊าซให้ก๊าซขึ้นมาเอง (Passive Venting) หรืออาศัยการปั๊มก๊าซขึ้นมา (Pumping Extraction Systems) เพื่อรวบรวมและนำก๊าซมีเทนไปเผาให้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอันตรายน้อยกว่าซึ่งอาจจะเป็นการเผาทิ้ง (Flaring) หรือการนำพลังงานที่ได้จากกระบวนการกลับมาใช้ประโยชน์ (Energy Recovery) ในกรณีนี้อาจจะเรียกสถานที่ฝังกลบว่าเป็นเครื่องผลิตก๊าซชีวภาพ (Bio-digester)

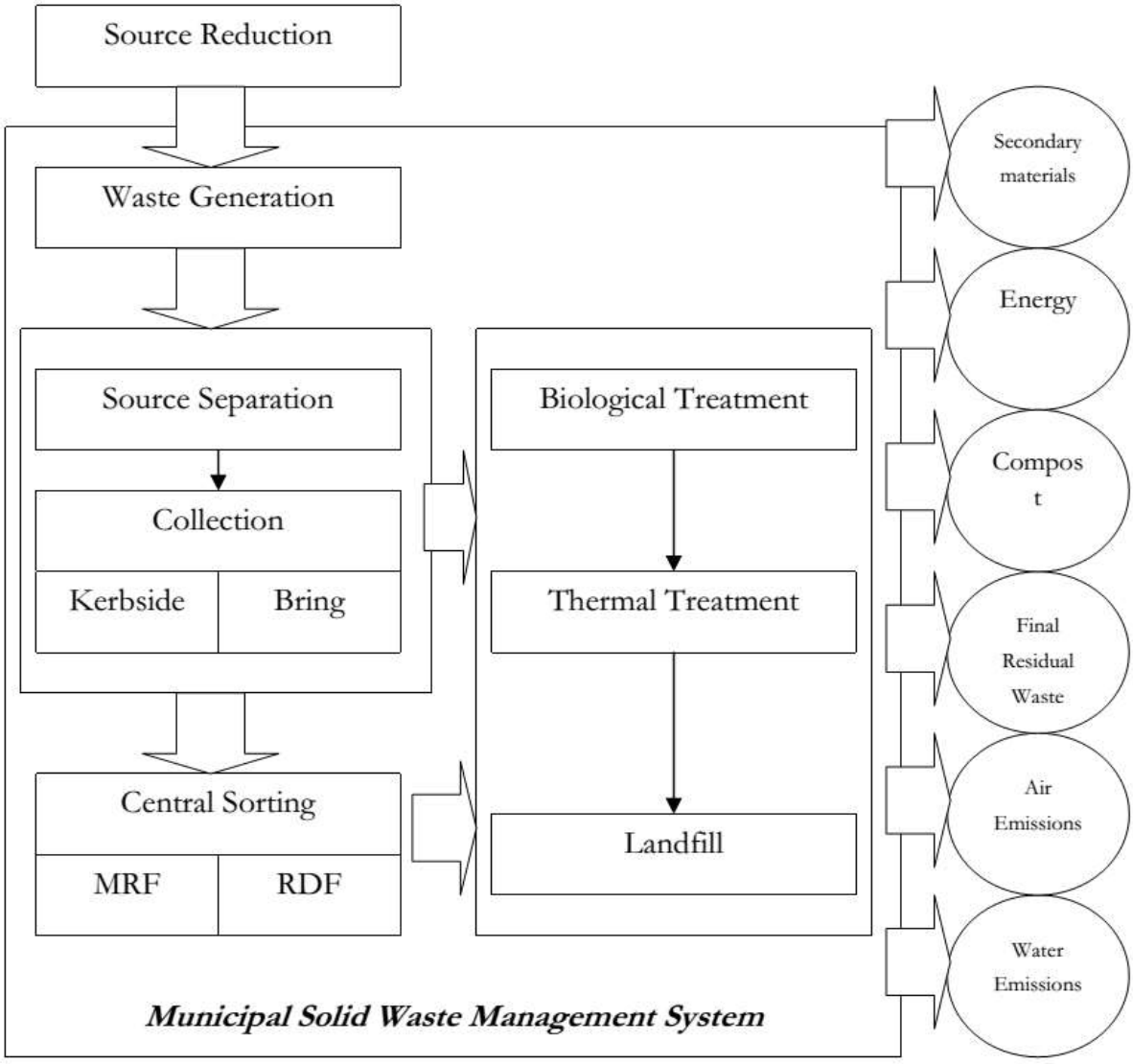
การเผาขยะอย่างถูกหลักสุขาภิบาลจึงต้องมีระบบควบคุมมลพิษ เทคโนโลยีหลักที่ใช้ลดฝุ่นละอองจากเตาเผาขยะ คือ เครื่องดักฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Precipitator, ESP) ที่อาศัยการปล่อยประจุลบจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไปจับกับฝุ่นละออง โดยเครื่อง ESP นี้สามารถลดปริมาณฝุ่นละอองในก๊าซทิ้งได้ถึงร้อยละ 97-99.5 แต่ก็มีราคาสูงและต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำงาน นอกจากนี้เครื่อง ESP ยังมีข้อจำกัดในการดักจับสารปรอทและแคดเมียมที่มีความดันไอสูงและจุดเดือดต่ำทำให้มีโอกาสหลุดลอดไปกับไอทิ้ง เตาเผาขยะจึงอาจจะต้องติดตั้งอุปกรณ์บำบัดไอเสียเพิ่มเติม เช่น เครื่องบำบัดอากาศแบบเปียก (Wet Scrubber) หรือแบบแห้ง (Dry Scrubber) ตลอดจนการใช้สารเคมีเฉพาะ เช่น Sodium Sulphide หรือ TMT 15 และผงถ่านกัมมันต์ในการดูดซับสารปรอท เป็นต้น

มาตรฐานที่สูงขึ้นนี้ทำให้ต้นทุนของระบบกำจัดสมัยใหม่สูงขึ้นเป็นเงาตามตัว ตัวอย่างเช่น เตาเผาขยะในประเทศออสเตรียมีต้นทุนการดำเนินงานหลังหักรายได้จากการขายพลังงานสูงถึง 120 ยูโรต่อตันของขยะที่นำมาเผา (Schuster, 1999) เช่นเดียวกับการจัดการขยะของประเทศสวีเดนที่แม้จะมีเตาเผาที่มีประสิทธิภาพสูงสามารถรองรับการนำเข้าขยะจากประเทศเพื่อนบ้านมาแปรรูปเป็นพลังงาน แต่ก็ยังมีต้นทุนสูง ดังนั้น “ผู้ส่งออก” ขยะจึงยังต้องจ่ายค่ากำจัดให้กับโรงงานผลิตพลังงานจากขยะในประเทศสวีเดน (Avfall Sverige, 2016) สำหรับประเทศไทย ได้มีการประเมินว่าระบบกำจัดขยะด้วยการฝังกลบและหมักก๊าซเป็นพลังงานของ กทม. มีต้นทุนอยู่ที่ 1,485 บาทต่อตัน (หลังหักรายได้จากการขายพลังงานและค่าเครดิตคาร์บอนรวม 145 บาทต่อตันแล้ว) ส่วนการกำจัดขยะด้วยเตาเผาของภูเก็ตนั้นแม้จะมีต้นทุนต่ำกว่าเล็กน้อยที่ 1,148 บาทต่อตัน (หลังหักรายได้จากการขายพลังงานแล้ว) แต่ก็เป็นเพราะการจัดการขยะของภูเก็ตมีต้นทุนการขนส่งต่ำกว่าของ กทม. ที่ต้องส่งขยะไปกำจัดถึงนครปฐม เมื่อคำนึงถึงต้นทุนการเผาขยะนั้นพบว่าสูงถึง 445 บาทต่อตัน สูงกว่ารายได้จากการขายพลังงาน 247 บาทต่อตันถึงร้อยละ 80 (Menikpura et al., 2016)

### 2.1.2 การจัดการขยะแบบผสมผสาน

การจัดการขยะแบบผสมผสานหรือแบบบูรณาการ (Integrated Waste Management หรือ ISWM) เป็นแนวคิดการจัดการขยะสมัยใหม่ที่สอดคล้องกับลำดับชั้นของการจัดการขยะ โดยนอกจากการให้บริการเก็บขนและกำจัดขยะแล้ว ยังให้ความสำคัญกับการลดและการหลีกเลี่ยงการก่อให้เกิดขยะ (Waste Reduction and Avoidance) และการนำขยะกลับมาใช้ใหม่ (Resource Recovery) ตลอดจน

การสร้างเสริมการมีส่วนร่วมและเสริมสร้างจิตสำนึกแก่ชุมชน (Public Awareness) (Gheewala, Bonnet et al. 2005) ดังที่แสดงในรูปที่ 2-1




ที่มา: (White et al., 1995)

***รูปที่ 2-1 การจัดการขยะแบบผสมผสาน***

ต่อมาเมื่อแนวคิด ISWM ได้ถูกนำมาประยุกต์ในบริบทของประเทศกำลังพัฒนาจึงมีการให้ความสำคัญกับตัว “I” มากยิ่งขึ้น นักวิชาการและผู้ปฏิบัติทั้งในภาครัฐและองค์กรพัฒนาเอกชน (Non-Governmental Organizations, NGOs) ได้เน้นถึงความสำคัญของการพัฒนาระบบที่ครอบคลุม

(Inclusive) ภาคส่วนต่างๆ ที่เคยเกี่ยวข้องกับการจัดการขยะทั้งที่ได้รับการยอมรับจากรัฐและที่อยู่ในภาคเศรษฐกิจนอกระบบ (Informal Sectors) เช่น ร้านรับซื้อของเก่า ซาเล้ง คนคุ้ยขยะ ฯลฯ ตลอดจนเทคโนโลยีที่เหมาะสมและภูมิปัญญาท้องถิ่นสำหรับส่งเสริมการลดและนำขยะกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ในบริบทของประเทศกำลังพัฒนาที่เศษวัสดุยังมีมูลค่าในตลาด มีค่าจ้างแรงงานต่ำ แต่มีทรัพยากรจำกัดในการลงทุนและบำรุงรักษาเครื่องจักรขั้นสูง ทำให้การแปลคำว่า “Integrated” ใน ISWM เปลี่ยนไปจาก “การจัดการขยะแบบผสมผสาน” ที่เน้นการผสมผสานเทคโนโลยีการบำบัดและกำจัดขยะมาเป็น “การจัดการขยะแบบบูรณการ” ที่เน้นความครอบคลุมองคาพยพต่างๆ จากการวิเคราะห์ห่วงโซ่ของการสร้างมูลค่าผลิตภัณฑ์ (Value Chain Analysis)

ดังนั้นตามแนวคิดการจัดการขยะแบบบูรณาการ ระบบการจัดการขยะจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การคัดแยกขยะที่ต้นทาง (ต้นน้ำ) 2) การเก็บรวบรวมและขนส่งขยะ (กลางน้ำ) และ 3) การบำบัดและกำจัดขยะ (ปลายน้ำ) โดยการจัดการขยะเริ่มต้นที่การคัดแยกขยะที่ต้นทาง หน้าที่ของการคัดแยกขยะที่ต้นทางคือการลดปริมาณขยะมูลฝอยที่ท้องถิ่นต้องนำไปกำจัดโดยการนำเศษวัสดุกลับมาใช้ประโยชน์ที่แหล่งกำเนิด ขอบเขตของกิจกรรมที่อยู่ในขั้นตอนการคัดแยกที่ต้นทางคือการเปลี่ยนมูลค่าของเศษวัสดุจากลบเป็นบวก หรืออีกนัยหนึ่งคือการเปลี่ยน “ขยะ” เป็น “ทรัพยากร” ทั้งนี้ทรัพยากรที่เป็นผลผลิตของกิจกรรมเหล่านี้ไม่จำเป็นต้องถูกขายในตลาด แต่อาจจะถูกนำมาใช้ทดแทนสินค้าที่ต้องหาซื้อจากตลาด

การแยกขยะในประเทศไทยแตกต่างจากต่างประเทศ การลงทุนจัดหาถังขยะหลายใบเพื่อรองรับขยะประเภทต่างๆ ของ อปท. ไม่ใช่ปัจจัยที่ทำให้คนแยกขยะ ยกเว้นเฉพาะกรณีของขยะอันตรายซึ่งการจัดภาชนะให้คัดแยกขยะอันตรายอย่างเป็นกิจจะลักษณะในชุมชนโดยแยกจุดจากขยะประเภทอื่น ส่วนการแยกขยะเกิดขึ้นที่แหล่งกำเนิดภายในชุมชน เช่น บ้าน วัด โรงเรียน ร้านอาหาร สถานประกอบการ หน่วยงานราชการ ฯลฯ การแยกขยะในขั้นตอนนี้อาศัยแรงงานคนที่ไม่ใช่บุคลากรของ อปท. แยกขยะออกเป็นประเภทต่างๆ โดยจัดภาชนะรองรับที่เหมะสมกับประเภทของขยะที่เกิดขึ้นและทางไปของขยะดังที่แสดงในรูปที่ 2-2

*รูปที่ 2-2 จุดคัดแยกประเภทย่อยของขยะรีไซเคิลตำบลโรงช้างและตำบลสันทราย*

สำหรับขยะทั่วไปที่เหลือจากการคัดแยกที่ต้นทางจะถูกนำมายังจุดรวบรวม จากนั้นรถเก็บขยะจึงนำขยะที่รวบรวมไว้ไปยังแหล่งกำจัดหรือขนส่งโดยตรงจากบ้านเรือนไปยังแหล่งกำจัด ในขั้นตอนนี้ก๊าซเรือนกระจกจะเกิดจากกระบวนการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการขนส่งซึ่งใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ได้แก่ น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ เป็นสารตั้งต้นในการให้พลังงาน โดยเครื่องยนต์จะใช้นำเชื้อเพลิงฟอสซิลมาเผาไหม้ในห้องเครื่องเกิดเป็นความร้อนในการผลักดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่ ซึ่งเป็นต้นกำลังทำให้ส่วนประกอบอื่นๆของเครื่องยนต์ทำงานไปได้ ในกระบวนการเผาไหม้นั้นสารไฮโดรคาร์บอนในเชื้อเพลิงฟอสซิลจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ผลผลิตของปฏิกิริยานี้คือพลังงาน และก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ นอกจากนี้ก๊าซเรือนกระจกยังสามารถเกิดจากการหมักของขยะอินทรีย์ ณ จุดรวบรวมที่รอการขนส่งไปยังแหล่งกำจัดต่อไป โดยนอกจากการฝังกลบและการเผาทำลายแล้ว ยังอาจจะมีการบำบัดเพื่อนำเศษวัสดุส่วนหนึ่งกลับมาใช้ประโยชน์ผ่านระบบรวมศูนย์ขนาดใหญ่ด้วยวิธีการต่างๆ อาทิเช่น

- *การบำบัดขยะมูลฝอยแบบเชิงกลและชีวภาพ (MBT)* เป็นการบำบัดขั้นต้นก่อนทำการบำบัดต่อด้วยความร้อนหรือนำไปฝังกลบ ขั้นตอนการทำ MBT เริ่มจากการโม่ขยะเพื่อทำให้ขยะเข้ากันเป็นเนื้อเดียว และนำขยะไปเทกองโดยให้อากาศและน้ำสามารถถ่ายเทได้ดีซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่ทำให้ขยะอินทรีย์สามารถย่อยสลายได้เร็วขึ้น MBT ช่วยลดมวลของขยะโดยย่อยสลายสารอินทรีย์ก่อนที่จะนำไปฝังกลบได้ถึง 50% จึงช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบ ขยะที่ได้จาก MBT จะมีความเสถียรและสามารถนำไปร่อนเพื่อคัดแยกพลาสติกออกมาผลิต Refuse-derived fuel (RDF) หรือน้ำมันดิบได้ ส่วนที่เหลือประกอบด้วยวัสดุซึ่งมีลักษณะคล้ายปุ๋ยและวัสดุที่มีลักษณะคงทน (inert materials)
- *การหมักเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ* เป็นการหมักแบบไร้อากาศเป็นเทคโนโลยีที่มีศักยภาพมากในการบำบัดขยะอินทรีย์สำหรับประเทศกำลังพัฒนาในภูมิภาคเอเชียเพราะเป็นวิธีที่มีประสิทธิผลดีที่สุดเนื่องจากสามารถรวบรวมก๊าซชีวภาพมาผลิตพลังงานความร้อนหรือไฟฟ้าได้และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย ก๊าซเรือนกระจกจากการหมักแบบไร้อากาศนั้นมาจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (ไฟฟ้าและน้ำมันดีเซล) ในกิจกรรมต่างๆ ของการหมักแบบไร้อากาศ และปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากการรั่วไหลของถังหมักแบบไร้อากาศ (reactor) การหมักแบบไร้อากาศช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบขยะอินทรีย์

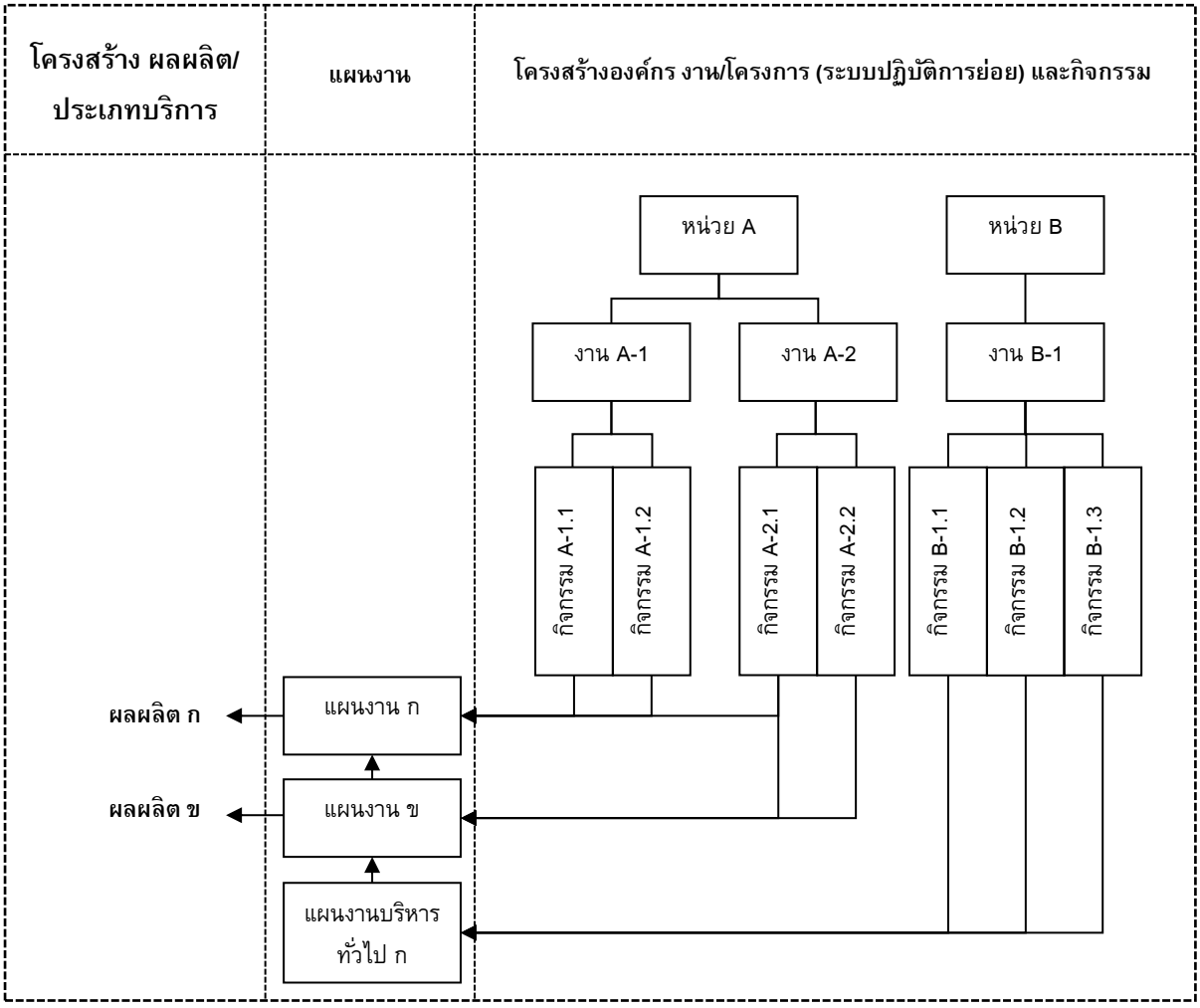
## 2.2 ต้นทุนของบริการสาธารณะ

การวิเคราะห์ต้นทุนของบริการสาธารณะมีสำคัญสำหรับการจัดสรรทรัพยากรสาธารณะที่มีอยู่จำกัดให้กับการดำเนินงานต่างๆ ของรัฐในระบบงบประมาณ การที่ระบบงบประมาณสามารถสะท้อนต้นทุนที่ถูกต้องก็จะสามารถทำให้การตัดสินใจของภาครัฐในการจัดบริการสาธารณะเป็นไปอย่างมีเหตุมีผล การวิเคราะห์ต้นทุนจึงมีบทบาทสำคัญในการรักษาวินัยทางการคลังและส่งเสริมให้การปฏิบัติงานของหน่วยงานภาครัฐให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

### 2.2.1 พัฒนาการของการวิเคราะห์ต้นทุน

การวิเคราะห์ต้นทุนของบริการสาธารณะได้รับการปรับปรุงควบคู่ไปกับการพัฒนาของระบบงบประมาณ จากการใช้ระบบงบประมาณแบบแสดงรายการ (Line Item Budgeting) เพื่อควบคุมวินัยทางการคลัง ระบบงบประมาณที่มุ่งเน้นผลสัมฤทธิ์ (Performance-based Budgeting) ให้ความสำคัญกับการส่งเสริมประสิทธิภาพของผลผลิตและประสิทธิผลของผลลัพธ์ในการบริหารงานภาครัฐมากขึ้น (Lynch, 1985; Schick, 1992) การหันมาใช้การจำแนกการใช้จ่ายตามกิจกรรม (Activity Classifications) และการวัดปริมาณงานโดยใช้ต้นทุนต่อหน่วยคูณกับจำนวนผลผลิตที่ต้องการนับเป็นการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญของระบบงบประมาณแบบมุ่งเน้นผลการปฏิบัติงาน (The World Bank, 1998)

การคิดต้นทุนตามฐานกิจกรรม (Activity-based Costing, ABC) ได้รับการพัฒนามาจากการคำนวณต้นทุนที่แปลงปัจจัยการผลิตเป็นภาระงานตามกระบวนการผลิต เช่น ชั่วโมงทำงานของเครื่องจักร ขนาดพื้นที่การใช้สอย ฯลฯ การบริหารงบประมาณโดยใช้ฐานกิจกรรมจะช่วยให้หน่วยงานเห็นต้นทุนทางตรง (Direct Costs) และต้นทุนทางอ้อม (Indirect Costs) ของกิจกรรมชัดเจนขึ้น โดย ABC เริ่มจากการทำโครงสร้างแผนงานของหน่วยงานซึ่งแสดงแผนผังความเชื่อมโยงของผลผลิตและกิจกรรมในกระบวนการผลิต การให้บริการ การจัดการ และการสนับสนุนการปฏิบัติการของหน่วยงาน ดังที่แสดงตัวอย่างในรูปที่ 2-3 การจัดทำโครงสร้างแผนงานของหน่วยงานตามกรอบภารกิจประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การกำหนดผลผลิตหลักของหน่วยงาน การกำหนดหน่วยแผนงาน การกำหนดกิจกรรมภายใต้แผนงาน และการจัดกิจกรรมลงสู่งาน/โครงการและหน่วยปฏิบัติงานย่อย (จรัส สุวรรณมาลา, 2546)



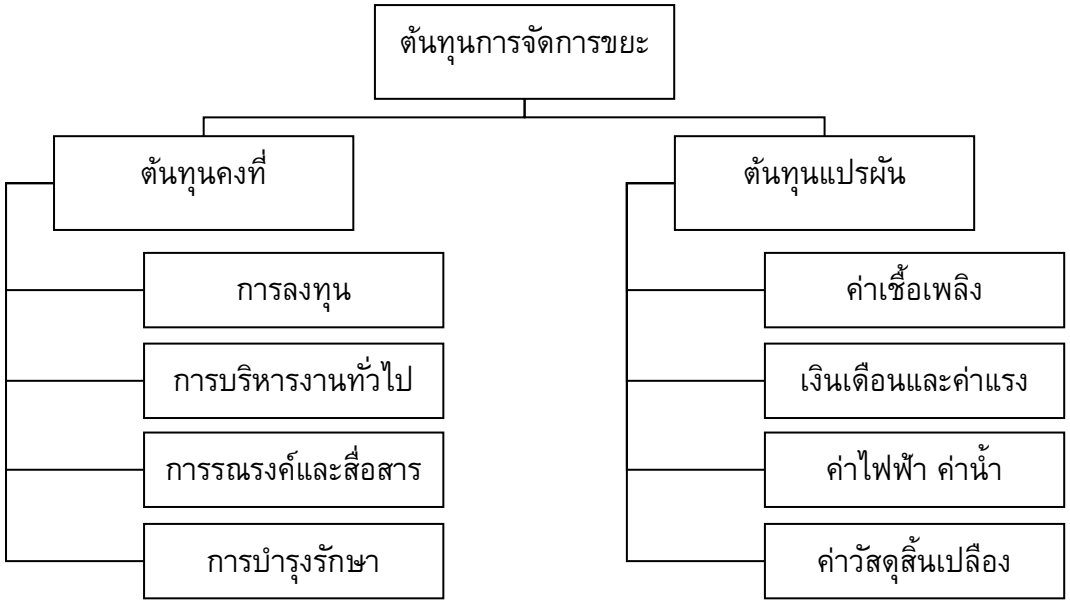

ที่มา: (จรัส สุวรรณมาลา, 2546)

***รูปที่ 2-3 องค์ประกอบโครงสร้างแผนงานของหน่วยปฏิบัติการ***

กิจกรรมที่จะปรากฏในสารานุกรมกิจกรรม (Activity Directory) นั้นแสดงถึงกระบวนการที่แปลงปัจจัยการผลิตเป็นผลผลิตเบื้องต้น (Intermediate Outputs) และแหล่งกำเนิดของต้นทุน ดังนั้นใน ABC จึงนำมาเป็นหน่วยต้นทุนขั้นพื้นฐาน ตัวอย่างเช่น ต้นทุนของกิจกรรมการเก็บค่าธรรมเนียมขยะซึ่งมีผลผลิตคือจำนวนครัวเรือนที่เก็บค่าธรรมเนียมได้ของกองการคลังจะถูกคำนวณให้อยู่ในรูปของค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการเก็บค่าธรรมเนียม 1 ครัวเรือน โดยค่าใช้จ่ายนี้นับรวมทั้งค่าแรง ที่เป็นต้นทุนโดยตรงและต้องคำนวณเป็นหน่วยคน-ชั่วโมง (Person-hour) และค่าวัสดุสำนักงาน ค่าบริการข้อมูล ฯลฯ ซึ่งค่าโสหุ้ยเหล่านี้คือต้นทุนทางอ้อมของกิจกรรม การจำแนกกิจกรรมควรให้พอเหมาะไม่ละเอียดเกินไปจนได้กิจกรรมที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจ หรือรวมเกินไปจนมีผลผลิตหลายประการไม่ชัดเจนต่อการคิดต้นทุน (Brimson, 1991) ทั้งนี้มีข้อสังเกตว่าหากกิจกรรมสามารถอาศัยการจ้างเหมาหน่วยงานภายนอกได้ (Outsource) ก็ควรจำแนกกิจกรรมนั้น เพราะเป็นกิจกรรมที่สามารถแยกจากกิจกรรมอื่นได้ง่าย และมีผลผลิตและค่าใช้จ่ายชัดเจน

### 2.2.2 ประเภทของต้นทุน

รูปที่ 2-4 แสดงโครงสร้างต้นทุนของการจัดการขยะซึ่งจำแนกออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ต้นทุนคงที่ที่ไม่แปรผันไปตามปริมาณขยะที่จัดการ อาทิเช่น การลงทุน การบริหารงานทั่วไป การรณรงค์และสื่อสาร และการบำรุงรักษาเครื่องจักรละอุปกรณ์ ส่วนต้นทุนแปรผันนั้นจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณขยะที่ อปท. ต้องจัดการเก็บขนไปกำจัด อาทิเช่น ค่าเชื้อเพลิงที่แปรผันตามระยะทางการเก็บขนและขนส่ง เงินเดือนและค่าแรง ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำและสาธารณูปโภคอื่นๆ และค่าวัสดุสิ้นเปลืองที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการ เช่น ถุงขยะ อุปกรณ์ทำความสะอาด เป็นต้น




**รูปที่ 2-4 โครงสร้างต้นทุนการจัดการขยะมูลฝอยตามประเภทของต้นทุน**

นอกจากต้นทุนทางตรงและต้นทุนทางอ้อมที่เป็นต้นทุนภายใน (Internal Costs) ของกิจกรรมที่หน่วยงานต้องจ่ายแล้ว กิจกรรมยังอาจจะมีต้นทุนภายนอก (External Costs) ที่หน่วยงานไม่ได้จ่ายออกมาโดยตรง แต่เป็นผลทั้งด้านลบและด้านบวกที่ตกกับสังคมรอบข้าง การขาดข้อมูลต้นทุนภายนอกอาจจะทำให้การตัดสินใจผิดพลาดไม่ก่อให้เกิดการจัดสรรทรัพยากรที่มีประสิทธิภาพที่สุดต่อสังคม เนื่องจากผลประโยชน์ที่ได้รับต่ำกว่าต้นทุนที่แท้จริงของกิจกรรม

เนื่องจากต้นทุนภายนอกไม่มีราคาตลาดจึงต้องอาศัยการประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Valuation) ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องพบว่า การถ่ายโอนมูลค่าเป็นวิธีที่พบมากในการประเมินต้นทุนภายนอกของการกำจัดขยะ (Eshet st al., 2007) เนื่องจากสามารถทำได้อย่างรวดเร็วและไม่ต้องอาศัยการสำรวจหรือเก็บข้อมูลใหม่ โดยวรรณกรรมส่วนมากอ้างอิงผลการศึกษาจากโครงการ ExternE ของสหภาพยุโรป (European Communities, 2005) ที่พบว่าต้นทุนของความเสียหาย

ทางอากาศ (รวมถึงการเกิดโลกร้อน) จากการเผาขยะ 1 ตันอยู่ระหว่าง 4-21 ยูโร ส่วนต้นทุนของการกำจัดขยะด้วยการฝังกลบอยู่ระหว่าง 10-13 ยูโร

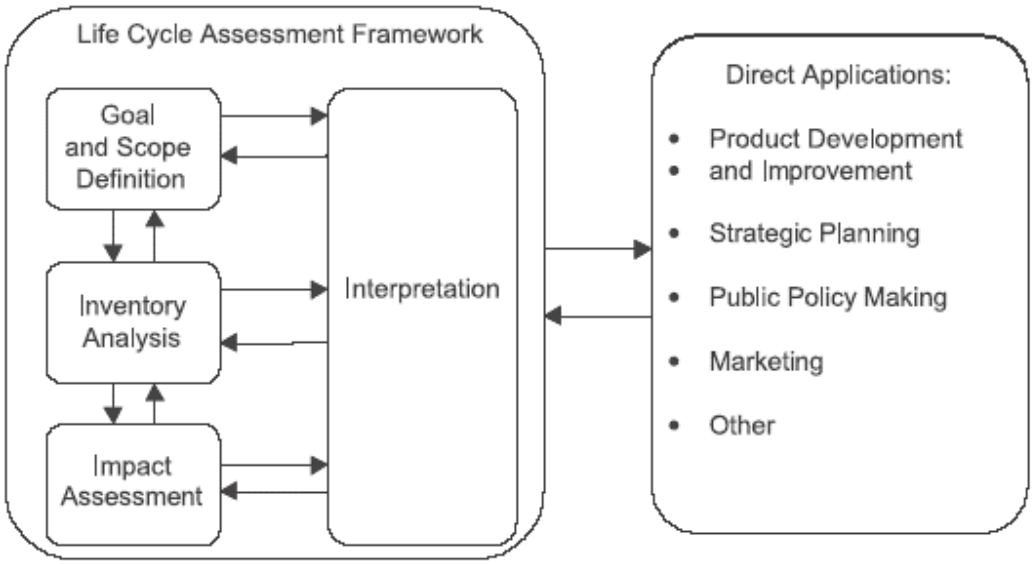
อย่างไรก็ตาม การถ่ายโอนมูลค่าต้องคำนึงถึงความแตกต่างของบริบท 2 ด้านที่มีผลต่อความสัมพันธ์ของขนาดและการตอบสนอง (Does-response Relationship) ได้แก่ ความแตกต่างทางกายภาพที่อาจจะส่งผลต่อปริมาณมลพิษหรือความเสียหายที่เกิดจากการทำกิจกรรมเดียวกัน ตัวอย่างเช่น ประสิทธิภาพของการบำบัดมลพิษหรือการนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ และความแตกต่างทางสังคมที่อาจจะส่งผลต่อระดับความต้องการจ่ายหรือยอมรับของกรณีอ้างอิงและกรณีที่ศึกษา เช่น การให้ค่ากับความสวยงามและความเป็นระเบียบเรียบร้อยที่ แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ดังนั้นในการศึกษานี้จึงจะทำการวิเคราะห์ต้นทุนทางการเงินเฉพาะต้นทุนภายใน ส่วนต้นทุนภายนอกจะอาศัย LCA เพื่อประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่ไม่ได้มีหน่วยเป็นตัวเงิน

### 2.3 การประเมินวัฏจักรชีวิต

LCA ถูกพัฒนาขึ้นในทศวรรษที่ 1980 และ 1990 เพื่อแก้ปัญหาการกล่าวอ้างว่าสินค้าหรือบริการเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมโดยที่ละเลยไม่กล่าวถึงคุณสมบัติหรือผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของระบบผลิตภัณฑ์ในบางด้าน (Hidden Trade-offs) ซึ่งวิธีการฟอกเขียว (Greenwash) ที่พบบ่อยที่สุด (Terrachoice Environmental Marketing, 2007) โดย Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) ได้จัดการประชุม LCA ขึ้นเป็นครั้งแรกในปีค.ศ. 1989 ก่อนที่จะจัดทำแนวทางปฏิบัติ (Code of Practice) ขึ้นเพื่อให้ผู้ประเมินสามารถดำเนินการไปได้ในทางเดียวกัน แนวทางปฏิบัตินี้เป็นพื้นฐานของการพัฒนามาตรฐานนานาชาติของการทำ LCA ของ International Organization for Standardization (ISO) ในเวลาต่อมา โดยมีเลขที่ของชุดมาตรฐานคือ ISO 1404x

#### 2.3.1 ขั้นตอนการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment; LCA) ตามนิยามของ ISO 14040 หมายถึงกระบวนการรวบรวมและตรวจสอบปัจจัยนำเข้าและผลผลิตของระบบผลิตภัณฑ์หรือบริการอย่างเป็นระบบ ทั้งที่เป็นวัตถุและพลังงาน ตลอดจนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่สืบเนื่องจากการทำหน้าที่ของระบบผลิตภัณฑ์หรือบริการนั้นตลอดวัฏจักรชีวิตตั้งแต่การนำทรัพยากรออกมาใช้ประโยชน์จนถึงการกำจัดของเสียที่เกิดขึ้น กระบวนการทำ LCA ตามหลักการและกรอบมาตรฐานสากล (รูปที่ 2-5) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ 1) การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการประเมิน (Goal and Scope Definition) 2) การวิเคราะห์บัญชีรายการปัจจัยนำเข้าและผลผลิต (Inventory Analysis) 3) การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม (Impact Assessment) และ 4) การแปลผลการประเมิน (Interpretation)




***รูปที่ 2-5 ขั้นตอนหลักในกระบวนการประเมินวัฏจักรชีวิต***

ตัวแบบการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่ใช้ใน LCA จะประกอบไปด้วยการจำแนก (Classification) และการอธิบายผลกระทบ (Characterization) (Hertwich et al., 1997) การจำแนกเป็นการจัดกลุ่มปัจจัยนำเข้าหรือผลผลิตที่ทำให้เกิดผลกระทบแบบเดียวกันอยู่ด้วยกัน เช่น $CO_2$ $CH_4$ และก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ ที่ส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อนจะถูกนำมาอยู่กลุ่มเดียวกัน โดยทั่วไปการทำ LCA เต็มรูปแบบจะประกอบไปด้วยผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมดังต่อไปนี้ (Baumann and Tillman, 2004; Pennigton et al., 2004)

- การเกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming)
- การทำลายชั้นโอโซน (Ozone Depletion)
- การเกิดมลพิษทุติยภูมิทางอากาศ (Photo-oxidant Formation)
- การเกิดฝนกรด (Acidification)
- การชะล้างสารอาหารลงแหล่งน้ำ (Eutrophication)
- การเป็นพิษต่อคน (Human Toxicity)
- การเป็นพิษต่อระบบนิเวศ (Ecosystem Toxicity)
- การแข่งขันกันใช้พื้นที่ (Land Competition)
- การหมดไปของทรัพยากร (Depletion of Resources)

สารอย่างหนึ่งสามารถถูกจำแนกได้มากกว่า 1 กลุ่ม ตัวอย่างเช่น ปริมาณ CFCs ซึ่งเป็นทั้งก๊าซเรือนกระจกและก๊าซที่ทำลายชั้นโอโซนจะถูกจัดเข้าอยู่ในทั้ง 2 หมวด เป็นต้น จากนั้นปริมาณของสารแต่ละชนิดในแต่ละกลุ่มผลกระทบจะถูกแปลค่าโดยอ้างอิงถึงผลกระทบที่สารนั้นมีศักยภาพที่จะทำให้

เกิดผลกระทบเทียบกับสารพื้นฐานในแต่ละด้าน ตัวอย่างเช่น $CH_4$ ที่มีผลทำให้เกิดโลกร้อนมากกว่า $CO_2$ ซึ่งเป็นสารพื้นฐานของการเกิดภาวะโลกร้อนถึง 22 เท่าในช่วงระยะเวลา 100 ปีจะมีค่าศักยภาพการทำให้เกิดโลกร้อนระยะเวลา 100 ปี (Global Warming Potential, $GWP_{100}$) เท่ากับ 22 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ (kg $CO_2$-equivalent) เมื่อมีการปรับหน่วยแล้วปริมาณของสารต่างๆ ในกลุ่มจะสามารถนำมารวมกันได้เป็นค่าคะแนนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแต่ละด้าน

### 2.3.2 การวิเคราะห์ผลกระทบของการจัดการขยะ

การประยุกต์ใช้ LCA เพื่อวิเคราะห์ระบบการจัดการขยะนั้นได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (Cleary, 2009; Ekvall et al., 2007) ตัวอย่างเช่น Clift, Doig, and Finnveden (2000) ได้พัฒนาวิธีการประยุกต์ใช้ LCA กับ ISWM โดยเริ่มจากการกำหนดกรอบและขอบข่ายของระบบการจัดการขยะที่สนใจ จากนั้นจึงวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าและมลพิษที่ปล่อยออกมาจากกระบวนการที่อยู่ในขอบเขตของระบบที่กำหนดไว้ตั้งแต่การเก็บขน การกำจัดขยะด้วยเทคโนโลยีประเภทต่างๆ ตลอดจนปัจจัยทางอ้อม ได้แก่ การใช้เชื้อเพลิงและไฟฟ้า วัสดุและพลังงานที่ได้จากการกำจัดขยะ เพื่อศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระดับกลางอันประกอบด้วยภาวะโลกร้อน การทำลายชั้นโอโซน ความเป็นพิษต่อมนุษย์ ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศ การเกิดมลพิษทุติยภูมิทางอากาศ ฝนกรด การชะล้างของสารอาหาร กลิ่น เสียง การแผ่รังสี และความสูญเสียต่อชีวิต ส่วน Wenzel and Villabueva (2005) ได้ใช้ LCA ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อลำดับชั้นของการจัดการขยะของขยะเฉพาะประเภท

เนื่องจากความหลากหลายของข้อมูล ขอบเขตและการวิเคราะห์ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม คณะกรรมาธิการยุโรป (European Commission, 2011, 2010) จึงได้จัดทำคู่มือการประเมินวัฏจักรชีวิตของการจัดการขยะขึ้น โดยเป็นไปในแนวทางเดียวกับมาตรฐานสากล ISO และขยายความเพิ่มเติมภายในคู่มือระบุไว้ว่า กรอบการทำ LCA ของการจัดการขยะนั้นต้องเริ่มจากการ การกำหนดเป้าหมายและกรอบการให้ชัดเจน จัดทำสมดุลมวลและพลังงานของระบบการจัดการขยะที่กำหนดไว้ คุณภาพของข้อมูลป้อนเข้าจะต้องประกอบด้วย ข้อมูลทางด้านเทคนิค ข้อมูลทางด้านภูมิศาสตร์ ข้อมูลด้านเวลา โดยข้อมูลทั้งหมดนี้จะต้องประกอบกันทั้งข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ อนึ่งในการเก็บข้อมูลนั้นจะต้องทราบปริมาณ องค์ประกอบและแหล่งที่มาขยะด้วย เมื่อได้ข้อมูลทั้งหมดแล้วจึงทำการวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

สำหรับการส่งเสริมการจัดการขยะที่ต้นทางอาจจะแบ่งได้เป็น 2 ส่วนตามประเภทของเศษวัสดุ ได้แก่ การจัดการขยะที่ย่อยสลายได้ด้วยการหมัก โดยผลผลิตที่ได้จากการหมักจะถูกนำไปใช้ประโยชน์บนดิน (Land Application: AP) ในฐานะสารบำรุงดินที่ทดแทนปุ๋ยได้บางส่วน การประเมินผลกระทบของ LP จะคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยตรงจากกิจกรรมหมักทำปุ๋ยเกิดจากการกระบวนการย่อยสลายขยะอินทรีย์ที่ถูกคัดแยกออกไปในสภาวะที่ปราศจากออกซิเจน กระบวนการย่อยสลายเริ่มต้น

จาก Hydrolysis bacteria ทำการย่อยสลายสารขยะอินทรีย์ซึ่งประกอบด้วย โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน ให้กลายเป็น กรดอะมิโน น้ำตาลและกรดไขมัน จากนั้น Acidogenic bacteria ก็จะเปลี่ยนสารดังกล่าว ให้กลายเป็น ก๊าซไฮโดรเจน แอมโมเนีย และกรดอินทรีย์ ท้ายที่สุด Methanogenic Bacteria ก็จะเปลี่ยนกรดอินทรีย์ ให้กลายเป็นก๊าซมีเทนซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจก แต่ไม่นับรวมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เนื่องจากเกิดจากแหล่งชีวภาพ (Nirmala และ จรรยา, 2556) จากนั้นจึงคำนวณการชดเชยผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมจากการผลิตปุ๋ย (Fertilizer Production: FP) และการผลิตพลังงานที่ต้องใช้ในกระบวนการอุตสาหกรรม (Energy Production: EP) (Hansen et.al, 2006) โดยการชดเชยผลกระทบที่หลีกเลี่ยงนี้จะแสดงค่าติดลบในตารางที่ 2-1

***ตารางที่ 2-1 ผลกระทบจากการนำปุ๋ยอินทรีย์ 1 ตันปรับปรุงในดิน***

| Impact category Unit | Unit | LA | FP | EP | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| Global warming | kg $CO_2$ eqv. | 50.4 | -14.6 | -2.2 | 33.6 |
| Nutrient enrichment | kg $NO_3$ eqv. | 2.82 | -0.07 | -0.003 | 2.8 |
| Acidification | kg $SO_2$ eqv. | 0.15 | -0.06 | -0.003 | 0.08 |
| Persistent toxicity | Person eqv. (DK) | 0.044 | 0.000 | 0.000 | 0.044 |
| Eco toxicity | Person eqv. (DK) | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Human toxicity | Person eqv. (DK) | 0.000 | -0.002 | 0.000 | -0.002 |

CRP, carcinogenic risk potential; LA, direct impacts from the land application; FP, impacts from the avoided production of commercial fertilizer; EP, impacts from the avoided energy production (commercial fertilizer production).

ที่มา: (Hansen et.al, 2006)

สำหรับขยะรีไซเคิลที่มีการคัดแยกเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่นั้น จากการศึกษาของ Astrup et.al. (2009) พบว่า 1 ตันของขยะพลาสติกจากบ้านเรือนสามารถชดเชยการผลิตพลาสติกจากปิโตรเลียมได้ 720 กิโลกรัม และสามารถลดการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming potential) จากกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกได้ดังแสดงในตารางที่ 5-5 จะเห็นได้ว่าการผลิตเม็ดพลาสติกบริสุทธิ์นั้นต้องใช้ปิโตรเลียมเป็นสารตั้งต้นและเชื้อเพลิงในการผลิต หากนำพลาสติก HD-PE ที่ใช้แล้วกลับมาผลิตเป็นเม็ดพลาสติกอีกครั้งจะลดการใช้ปิโตรเลียมเพื่อเป็นสารตั้งต้นได้ส่งผลให้สามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้ –1268 to –988 kg CO2-eq. / ตันขยะพลาสติก

***ตารางที่ 2-2 ข้อมูลตัวอย่างการผลิตพลาสติก HD-PE จากพลาสติกที่ใช้แล้วและการผลิตเม็ดพลาสติก HD-PE บริสุทธิ์***

| | หน่วย | การผลิตเม็ดพลาสติก HD-PE 1 ตันจากพลาสติกที่ใช้แล้ว | การผลิตเม็ดพลาสติก HD-PE บริสุทธิ์ 1 ตัน |
|---|---|---|---|
| ไฟฟ้า | kWh | 330 | 681 |
| ก๊าซธรรมชาติ (เชื้อเพลิง) | $Nm^3$ | 24 | 136 |
| ก๊าซธรรมชาติ (สารตั้งต้น) | $Nm^3$ | 0 | 565 |
| น้ำมัน (เชื้อเพลิง) | L | 0.6 | 214 |
| น้ำมัน (สารตั้งต้น) | L | 0 | 928 |
| น้ำ | $m^3$ | 1.4 | ไม่มีข้อมูล |
| ก๊าซเรือนกระจก | kg CO2-eq. $tonne^{-1}$ plastic | 9.4-358 | 1082 - 1626 |

ที่มา: (Astrup et.al. , 2009)

ในส่วนของกระดาษนั้นหากนำกระดาษที่ใช้แล้วมารีไซเคิลผลิตเป็นกระดาษจะปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก -1270 ถึง 390 kg $CO_2$-eq./ตันขยะกระดาษ และหากคิดว่าต้นไม้ที่ไม่ต้องนำไปผลิตกระดาษนั้นสามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลจะปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก-1850 ถึง - 4400 kg $CO_2$-eq./ตันขยะกระดาษ ในขณะที่ขยะโลหะเมื่อนำมารีไซเคิลแล้วจะสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 12.8 ถึง 52.6 kg $CO_2$-eq./ตันโลหะที่นำกลับมาผลิตใหม่ (Damgaard *et.al,* 2009) อย่างไรก็ดี การชดเชยผลกระทบที่เกิดขึ้นนั้นขึ้นกับปัจจัยทางภูมิศาสตร์ด้วย เนื่องจากกระบวนการผลิตวัสดุประเภทต่างๆ ของอุตสาหกรรมนั้นแตกต่างกัน ดังที่แสดงในตารางที่ 2-3

***ตาราง 2-3 ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($CO_2$eq.)***

| วัสดุ | Kg $CO_2$-eq ที่ลดลงต่อตันของวัสดุที่นำมารีไซเคิล – ยุโรปเหนือ | Kg $CO_2$-eq ที่ลดลงต่อตันของวัสดุที่นำมารีไซเคิล – ออสเตรเลีย | Kg $CO_2$-eq ที่ลดลงต่อตันของวัสดุที่นำมารีไซเคิล – สหรัฐอเมริกา |
|---|---|---|---|
| กระดาษ | 600-2,500 | 670-740 | 838-937 |
| อลูมิเนียม | 10,000 | 17,720 | 4,079 |
| เหล็ก | 2,000 | 400-440 | 540 |
| แก้ว | 500 | 560-620 | 88 |
| พลาสติก | 0-1,000 | 0-1,180 | 0-507 |

ที่มา (UNEP, 2010)

การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมยังถูกนำมาใช้ในการสนับสนุนการตัดสินใจเฉพาะพื้นที่ Feo and Malvano (2009) ได้ประยุกต์ใช้ LCA เพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกระบบการกำจัดขยะของพื้นที่ตอนใต้ในประเทศอิตาลี โดยพัฒนาวิธีการที่เรียกว่า WISARD (Waste Integrated System Assessment for Recovery and Disposal) ซึ่งมีกรอบแนวคิดในการวิเคราะห์จะเก็บข้อมูลจากแหล่งกำเนิดขยะ การเก็บ ระบบการขนส่ง สิ่งอำนวยความสะดวกในการรีไซเคิล การทำปุ๋ย การเผาขยะ และการฝังกลบ โดยข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำมาคำนวณสมดุลมวลและพลังงาน (Mass and Energy Balance) ของระบบการจัดการขยะที่สนใจบนพื้นฐานของปริมาณและองค์ประกอบขยะที่ถูกจัดการ เช่นเดียวกับงานของ Erses Yay (2015) ได้ประยุกต์ใช้ LCA โดยศึกษาสภาพทางภูมิศาสตร์ของจังหวัด Sakarya ระบบการขนส่งและไฟฟ้า ข้อมูลจากจุดคัดแยกขยะ และนำองค์ประกอบขยะมาวิเคราะห์ผลกระทบจากการกำจัดขยะรูปแบบต่างๆ อาทิ การผลิตปุ๋ย การเผา และการฝังกลบ โดยมีขอบข่ายของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมครอบคลุมการหมดไปของทรัพยากร ภาวะโลกร้อน การทำลายชั้นโอโซน ความเป็นพิษต่อมนุษย์ ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน้ำจืด ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน้ำทะเล ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศบนบก การเกิดมลพิษทุติยภูมิทางอากาศ ฝนกรด และการชะล้างสารอาหาร

ในปี พ.ศ. 2554 กลุ่มงาน Sustainable Consumption and Production (SCP) ของ Institute for Global Environmental Strategies (IGES) ประเทศญี่ปุ่น ได้พัฒนาวิธีการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการจัดการขยะมูลฝอยสำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในประเทศไทย กัมพูชา และลาว เพื่อให้เห็นถึงความเชื่อมโยงของการจัดการขยะกับปัญหาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยในคู่มือได้ระบุวิธีการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งและกำจัดด้วยเทคโนโลยีที่นิยมใช้กำจัดขยะในประเทศเหล่านี้ได้แก่การฝังกลบ การทำปุ๋ยหมัก การหมักก๊าซชีวภาพ การบำบัดขยะมูลฝอยแบบเชิงกลและชีวภาพ (Mechanical, Biological Treatment, MBT) การแปรรูปใช้ใหม่ การเผาโดยใช้เตาเผา และการเผาในที่โล่ง โดยการคำนวณก๊าซเรือนกระจกพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิตด้วยหลักการเดียวกับการคำนวณขนาดรอยเท้าคาร์บอน (CF) ของกิจกรรมอื่นๆ ในระบบเศรษฐกิจ

มติจากภาคของเสียทั่วโลกต่างยอมรับว่าการป้องการเกิดขยะและการนำวัสดุกลับมา รีไซเคิล เป็นกิจกรรมหลักที่จะช่วยลดปัญหาการเปลี่ยนสภาพภูมิอากาศโลกอย่างมีนัยสำคัญ การนำขยะมาหมักเป็นปุ๋ยและก๊าซชีวภาพจะช่วยลดผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมจากการทดแทนการผลิตปุ๋ยเคมี เพิ่มการเก็บกัก คาร์บอนในดิน ลดการใช้ยาฆ่าแมลงและปรับปรุงโครงสร้างของดินให้แข็งแรงขึ้น ในส่วนของเตาเผาขยะนั้น จะสามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้หากนำพลังงานความร้อนจากการเผามาใช้ให้เกิดประโยชน์ ชดเชยการนำพลังงานไฟฟ้าและความร้อนจากเชื้อเพลิงฟอสซิล กรณีของบ่อฝังกลบจะมีการปล่อยก๊าซมีเทน ซึ่งเป็นแหล่งผลิตก๊าซเรือนกระจกที่ใหญ่ที่สุด หากนำก๊าซส่วนนี้มาใช้ในการผลิตพลังงานก็จะสามารถชดเชยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการนำพลังงานไฟฟ้าและความร้อนจาก

เชื้อเพลิงฟอสซิลได้เช่นกัน รายละเอียดการชดเชยก๊าซเรือนกระจกจากการนำวัสดุมารีไซเคิลและการจัดการขยะแต่ละประเภทสรุปในตารางด้านล่าง ตารางที่ 2-4 สรุปปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG) จากการจัดการขยะ โดยเครื่องหมายลบแสดงถึงการชดเชยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ส่วนกระบวนการที่เครื่องหมายบวกหมายถึงการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

***ตาราง 2-4 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG) ของกิจกรรมการจัดการขยะ***

| กิจกรรมการจัดการขยะ | การปลดปล่อย GHG ($kgCO_2eq$/ตันขยะ) | | | สมมติฐานในการคำนวณ | ข้อมูลพลังงาน |
|---|---|---|---|---|---|
| | ต้นทาง | ทางตรง | ปลายทาง | | |
| รีไซเคิลขยะ | 1.3 ถึง 29 | 2.7 ถึง 9.4 | 488 ถึง 1464 | ขยะกระดาษ 976 กิโลกรัมที่สามารถนำผลิตซ้ำ ทดแทนการ รีไซเคิลกระดาษ | เฉลี่ยกระแสไฟฟ้าผสมจาก ประเทศนอร์ดิกและยุโรปกลาง |
| | | | -1,269 ถึง 390 | ขยะกระดาษ 976 กิโลกรัมที่สามารถนำผลิตซ้ำ ทดแทนการผลิตกระดาษใหม่ | เฉลี่ยกระแสไฟฟ้าผสมจาก ประเทศนอร์ดิกและยุโรปกลาง |
| | | | -1,854 ถึง -4,392 | ขยะกระดาษ 976 กิโลกรัมที่สามารถนำผลิตซ้ำ ทดแทนการผลิตกระดาษใหม่และการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิงชีวภาพ | เฉลี่ยกระแสไฟฟ้าผสมจาก ประเทศนอร์ดิกและยุโรปกลาง |
| รีไซเคิลแก้ว | 1 ถึง 19 | 0 ถึง 10 | -506 ถึง -445 | การนำเศษแก้วมาหลอมใหม่ทดแทนแก้วบริสุทธิ์ 1 ตัน | เฉลี่ยกระแสไฟฟ้าผสมจากยุโรป |
| รีไซเคิลพลาสติก | 23 ถึง 548 | 0 ถึง 60 | -1,574 ถึง -108 | การนำพลาสติกมาผลิตซ้ำทดแทนพลาสติกบริสุทธิ์หรือ ป่าไม้ | กระแสไฟฟ้าผสมที่มีความหนาแน่นของคาร์บอนสูงเฉลี่ยจากยุโรป |
| | 2.5 ถึง 68 | 1 ถึง 60 | -1,047 ถึง 58 | การนำพลาสติกมาผลิตซ้ำทดแทนพลาสติกบริสุทธิ์หรือ ป่าไม้ | กระแสไฟฟ้าผสมที่มีความหนาแน่นของคาร์บอนต่ำเฉลี่ยจากยุโรป |
| รีไซเคิลอลูมิเนียม | 6 ถึง 45.8 | 6.8 | -5,040 ถึง -19,340 | การนำเศษอลูมิเนียม 950 กิโลกรัมมาผลิตซ้ำและหลีกเลี่ยงการใช้อลูมิเนียมบริสุทธิ์ | เฉลี่ยกระแสไฟฟ้าผสมจาก ประเทศนอร์ดิกและยุโรปกลาง |

| กิจกรรมการจัดการขยะ | การปลดปล่อย GHG ($kgCO_2eq$/ตันขยะ) | | | สมมติฐานในการคำนวณ | ข้อมูลพลังงาน |
|---|---|---|---|---|---|
| | ต้นทาง | ทางตรง | ปลายทาง | | |
| รีไซเคิลเหล็ก | 6 ถึง 45.8 | 6.8 | -560 ถึง -2,360 | การนำเศษเหล็ก 980 กิโลกรัมมาผลิตซ้ำและหลีกเลี่ยงการใช้เหล็กบริสุทธิ์ | เฉลี่ยกระแสไฟฟ้าผสมจาก ประเทศนอร์ดิกและยุโรปกลาง |
| เผาขยะแล้วดึงพลังงานจากการเผามาใช้งาน | 59 ถึง 158 | 347 ถึง 371 | -811 ถึง -1,373 | มีการผลิตกระแสไฟฟ้าและความร้อน (สำหรับระบบทำความร้อนภายภูมิภาค) | กระแสไฟฟ้าผสมที่มีความหนาแน่นของคาร์บอนสูง เฉลี่ยจากยุโรป |
| | 7 ถึง 62 | 347 ถึง 371 | -480 ถึง -712 | มีการผลิตกระแสไฟฟ้าและความร้อน (สำหรับระบบทำความร้อนภายภูมิภาค); องค์ประกอบขยะเฉลี่ยของยุโรป; ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า = 15-30% ค่าความร้อนต่ำของขยะ; ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า = 60-85% ค่าความร้อนสูงของขยะ | กระแสไฟฟ้าผสมที่มีความหนาแน่นของคาร์บอนต่ำ เฉลี่ยจากยุโรป |
| หมักปุ๋ยในพื้นที่โล่ง | 0.2 ถึง 20 | 3 ถึง 242 | -145 ถึง 19 | มีการใช้ปุ๋ยที่ผลิตได้ทดแทนปุ๋ยเคมี, ลดการปล่อย $N_2O$ และ binding carbon | เฉลี่ยจากค่าสูงต่ำของไฟฟ้าผสมในยุโรป |
| | | | -880 ถึง 44 | ทดแทนถ่านหินชนิดร่วน | เฉลี่ยจากค่าสูงต่ำของไฟฟ้าผสมในยุโรป |
| หมักปุ๋ยในพื้นที่ปิด | 1 ถึง 60 | 5 ถึง 81 | -145 ถึง 19 | มีการใช้ปุ๋ยที่ผลิตได้ทดแทนปุ๋ยเคมี, ลดการปล่อย $N_2O$ และ binding carbon | เฉลี่ยจากค่าสูงต่ำของไฟฟ้าผสมในยุโรป |
| | | | -880 ถึง 44 | ทดแทนถ่านหินชนิดร่วน | เฉลี่ยจากค่าสูงต่ำของไฟฟ้าผสมในยุโรป |
| หมักก๊าชชีวภาพ | 3 ถึง 46 | 20 ถึง 76 | -144 ถึง -49 | ระบบหมักที่ซับซ้อน; มีการเผาก๊าชชีวภาพทดแทนการผลิตไฟฟ้าหรือความร้อน); มีการใช้กากจากการหมักในการบำรุงดิน ทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี | เฉลี่ยจากค่าสูงต่ำของไฟฟ้าผสมในยุโรป |

| กิจกรรมการจัดการขยะ | การปลดปล่อย GHG ($kgCO_2eq$/ตันขยะ) | | | สมมติฐานในการคำนวณ | ข้อมูลพลังงาน |
|---|---|---|---|---|---|
| | ต้นทาง | ทางตรง | ปลายทาง | | |
| ทิ้งในพื้นที่โล่งไม่มีการจัดการ | 0 | 561 ถึง 786 | 0 | องค์ประกอบขยะเฉลี่ยของยุโรป; สมมติให้ประมาณ 46% ของ biogenic C ดั่งเดิมในขยะยังคงอยู่และใช้เป็นการชดเชยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก | |
| ฝั่กลบแล้วไม่นำก๊าซที่ผลิตได้มามาใช้ | 0 | 561 ถึง 786 | 0 | องค์ประกอบขยะเฉลี่ยของยุโรป; สมมติให้ประมาณ 46% ของ biogenic C ดั่งเดิมในขยะยังคงอยู่และใช้เป็นการชดเชยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก | ไม่มีข้อมูล |
| ฝังกลบแล้วนำก๊าซที่ผลิตได้มาใช้ | 2 ถึง 16 | -71 ถึง 150 | -5 ถึง -140 | องค์ประกอบขยะเฉลี่ยของยุโรป; ก๊าซจากขยะสามารถผลิตได้ 100 ปี ด้วยประสิทธิภาพ 50-80%; สมมติให้ประมาณ 48% ของ biogenic C ดั่งเดิมในขยะยังคงอยู่ | ไม่มีข้อมูล |
| การฝังกลบขยะที่มีส่วนประกอบของขยะอินทรีย์ต่ำ | 2 ถึง 10 | -50 ถึง -13 | 0 | ขยะที่มีส่วนประกอบของขยะอินทรีย์ต่ำ( 30-40% biogenic C) ก๊าซจากขยะสามารถผลิตได้ 100 ปี ด้วยประสิทธิภาพ 30-50%; | |

ที่มา (UNEP, 2010)

### 2.4 สรุปท้ายบท

การจัดการขยะมูลฝอยในปัจจุบันมีความหมายครอบคลุมกว้างไปกว่าการเก็บขนขยะไปกำจัด แต่รวมถึงการจัดการที่ต้นทางให้มีการลดและคัดแยกขยะเพื่อนำมาแปรรูปใช้ประโยชน์ การเปลี่ยนแปลงจากการจัดการขยะแบบดั้งเดิมมาเป็นการจัดการขยะแบบผสมผสานนี้ส่งผลให้สัดส่วนของต้นทุนตามโครงสร้างต้นทุนของการจัดการขยะเปลี่ยนแปลงไป ต้นทุนคงที่ที่ไม่แปรผันตามปริมาณขยะที่ อปท. ต้องเก็บขนไปกำจัดมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้น จากการจัดการแบบผสมผสานที่มีความสลับซับซ้อนและมีมิติมากขึ้น โดยเฉพาะในส่วนของการรณรงค์และสื่อสาร ในขณะที่ต้นทุนแปรผันมีแนวโน้มจะลดลงตามปริมาณของขยะที่ อปท. ต้องจัดการโดยตรงที่ลดลง นอกจากต้นทุนภายในที่เปลี่ยนแปลงไปแล้ว พัฒนาการนี้ยังทำให้ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการจัดการขยะเปลี่ยนแปลงไปอีกด้วย ดังนั้นการใช้เทคนิคการประเมินวัฏ

จักรชีวิตจึงมีความเหมาะสมในการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของระบบการจัดการขยะ เนื่องจากเป็นกรอบการวิเคราะห์ที่มีความครอบคลุมสูงสามารถป้องกันปัญหาเรื่อง Hidden Trade-offs ของการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้

# บทที่ 3

## ระเบียบวิธีการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบระหว่างการจัดการขยะแบบดั้งเดิมที่เน้นการเก็บขนขยะไปกำจัดกับการจัดการขยะแบบผสมผสานที่มีการจัดการขยะที่ต้นทาง เพื่อแสดงให้เห็นโครงสร้างต้นทุนภายในของระบบการจัดการและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป การเปรียบเทียบดังกล่าวต้องอาศัยการสร้างฉากทัศน์ (Scenarios) ของการจัดการขยะทั้ง 2 รูปแบบ โดยเก็บข้อมูลจริงของกรณีศึกษาที่จะนำมาวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์และทางสิ่งแวดล้อมต่อไป

บทที่ 3 นี้อธิบายระเบียบวิธีการวิจัยที่ใช้ในการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล เริ่มจากการคัดเลือกกรณีศึกษาที่ประกอบไปด้วย อปท. ที่มีตัวอย่างของการปรับปรุงระบบการจัดการขยะจนได้รับการยอมรับว่าเป็นชุมชนปลอดขยะจำนวน 9 แห่ง จากนั้นจึงระบุประเภทข้อมูลและวิธีการวิเคราะห์ที่ใช้เพื่อคำนวณต้นทุนและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปของการจัดการขยะตามลำดับชั้นของการจัดการขยะภายใต้บริบทของท้องถิ่นไทย

### 3.1 การคัดเลือกกรณีศึกษา

การคัดเลือกกรณีศึกษาสำหรับการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบมุ่งเป้าไปยัง อปท.ที่ให้ความสำคัญกับการจัดการขยะที่ต้นทาง 9 แห่ง ทั้งนี้ อปท. 6 แห่ง ได้แก่ อบต.ดอนแก้ว เทศบาลเมืองน่าน อบต.ถืมตอง เทศบาลตำบลเชียงเคี่ยน เทศบาลตำบลโรงช้าง และอบต.เมืองพาน ต่างมีชุมชนต้นแบบที่เคยได้รับรางวัลธนาคารขยะหรือชุมชนปลอดขยะ (Zero Waste) จากการประกวดในระดับประเทศมาก่อน การได้รับรางวัลระดับประเทศเป็นเครื่องยืนยันว่าการคัดเลือกกรณีศึกษามีความเที่ยงตรงภายนอก

สำหรับเทศบาลตำบลสันทราย เทศบาลตำบลหงาว และ อบต.ป่าคานั้นเป็นพื้นที่ที่ผู้วิจัยได้ให้บริการทางวิชาการในการปรับปรุงการจัดการขยะตามหลักวิชาการโดยประยุกต์ใช้บทเรียนที่ได้รับจาก อปท.ทั้ง 6 แห่งข้างต้นและพื้นที่อื่น ดังนั้นจึงเป็นกรณีศึกษาที่จะช่วยสนับสนุนการสรุปผลเป็นการทั่วไปและการประเมินความเป็นไปได้ในการนำแนวทางการปรับปรุงการจัดการขยะไปประยุกต์ใช้ ทั้งนี้ ระหว่างการศึกษามี 5 หมู่บ้านจากเทศบาลตำบลสันทรายและเทศบาลตำบลหงาวที่ได้รับคัดเลือกให้เป็นชุมชนปลอดขยะประจำปี 2559 ของกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

กรณีศึกษาทั้ง 9 แห่งยังเป็นตัวแทนของท้องถิ่นที่มีเงื่อนไขเชิงพื้นที่ที่แตกต่างกันทั้งในเรื่องประเภทของ อปท. ลักษณะของประชากร การตั้งถิ่นฐาน สภาพเศรษฐกิจและสังคม และรูปแบบของการจัดการขยะ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เป็น อปท.ที่นำขยะไปกำจัดยังสถานที่กำจัดขยะแบบคลัสเตอร์รวมศูนย์ (Cluster) ได้แก่ เทศบาลเมืองน่านและ อบต.ถืมตองที่นำขยะไปทิ้งที่ศูนย์กำจัดขยะของเทศบาลเมืองน่านที่ตำบลผาสิงห์ และ อบต.เมืองพานที่นำขยะไปทิ้งที่ศูนย์กำจัดขยะของเอกชนที่ตำบลบ้านตาล จังหวัดเชียงใหม่

กลุ่มที่ 2 เป็น อปท.ที่มีการลงทุนจัดหาเครื่องจักรและอุปกรณ์มากำจัดขยะภายในตำบล ได้แก่ อบต.ดอนแก้ว และเทศบาลตำบลสันทราย โดยทั้ง 2 แห่งใช้เตาเผาขยะกำจัดขยะที่เก็บรวบรวมได้

กลุ่มที่ 3 เป็น อปท.ในพื้นที่ชนบทที่ยังอาศัยการกำจัดขยะด้วยการเทกองในบ่อขยะของหมู่บ้าน ได้แก่ เทศบาลตำบลหงาว เทศบาลตำบลโรงช้าง เทศบาลตำบลเชียงเคี่ยน และ อบต.ป่าคา

### *3.2* การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการขยะของกรณีศึกษาจากแหล่งปฐมภูมิและทุติยภูมิ รูปที่ 3-1 แสดงบรรยากาศการเข้าชี้แจงวัตถุประสงค์ของโครงการฯ และขอบเขตของการเก็บรวบรวมข้อมูลต่อผู้บริหารของ อปท. ที่เป็นกรณีศึกษา โดยในโอกาสนี้คณะผู้วิจัยได้สอบถามนโยบายและแนวทางการจัดการขยะพร้อมทั้งขอให้ผู้บริหารมอบหมายเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบในการประสานงานเก็บรวบรวมข้อมูลของแต่ละกรณีศึกษา

*รูปที่ 3-1 การชี้แจงวัตถุประสงค์ของโครงการกับผู้บริหารองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น*

#### 3.1.1 การเก็บข้อมูลต้นทุนของการจัดการขยะ

การเก็บรวบรวมข้อมูลต้นทุนของระบบการจัดการขยะเริ่มจากการศึกษาเอกสารของ อปท. เอกสารที่ทุก อปท. มีได้แก่ เอกสารงบประมาณ แผนพัฒนาสามปี และเทศบัญญัติ/ข้อบัญญัติท้องถิ่นเกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอย ส่วนเอกสารที่มีในบางกรณีศึกษาได้แก่ แผนปฏิบัติการจัดการขยะ เอกสารการนำเสนอผลงานด้านการจัดการขยะ รายงานผลการดำเนินการของชุมชนปลอดขยะ และรายงานวิจัยที่ผ่านมา ส่วนข้อมูลสถิติขยะในช่วงเวลาที่ศึกษาทางกรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่นยังไม่ได้กำหนดแบบฟอร์มและการรายงานข้อมูล อปท. จึงยังไม่มีการเก็บข้อมูลเป็นแบบแผนเดียวกัน

นอกจากข้อมูลทุติยภูมิแล้ว ทางคณะผู้วิจัยยังได้มีการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างกับผู้บริหารและผู้ปฏิบัติงานของแต่ละกรณีศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการและกิจกรรมการจัดการขยะในพื้นที่ เพื่อยืนยันที่ปรากฏอยู่ในเอกสารและข้อมูลจากผู้ปฏิบัติงานจริง โดยมีเกณฑ์การประเมินชุมชนปลอดขยะของกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมเป็นกรอบในการตั้งคำถาม เกณฑ์ชุดนี้ประกอบไปด้วยตัวชี้วัดใน 6 ด้านได้แก่ การสนับสนุนจาก อปท. การมีส่วนร่วมของชุมชนและภาคส่วนต่างๆ การดำเนินงานการจัดการขยะมูลฝอยตามหลัก 3Rs ผลสำเร็จและความยั่งยืนของการดำเนินงาน การจัดการตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง และการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

การสัมภาษณ์ตามกรอบนี้ช่วยให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับการนำโครงการและกิจกรรมตามแผนงานไปปฏิบัติ นอกจากนี้ยังช่วยให้ได้ข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์กับการวิเคราะห์ เนื่องจาก อปท.และชุมชนที่เป็นกรณีศึกษาได้รับการสนับสนุนทรัพยากรจากหน่วยงานภายนอก ทั้งในรูปของงบประมาณ อุปกรณ์ และบุคลากรที่เป็นปัจจัยขับเคลื่อนที่สำคัญของการจัดการขยะ แต่ไม่ได้ปรากฏโดยตรงในเอกสารงบประมาณและแผนการพัฒนาท้องถิ่น

### 3.1.2 การเก็บข้อมูลเชิงเทคนิคของการจัดการขยะ

คณะผู้วิจัยได้พัฒนาแบบบันทึกข้อมูลทางเทคนิคของกระบวนการและระบบเทคโนโลยีการจัดการขยะตามที่ปรากฏในภาคผนวก ก จากนั้นจึงได้ประสานงานกับผู้รับผิดชอบในแต่ละท้องถิ่น เพื่อให้บันทึกข้อมูลในส่วนที่เกี่ยวข้องกับกรณีศึกษาของตน การเก็บข้อมูลเชิงเทคนิคนี้มุ่งที่จะรวบรวมประเภทและชนิดของเครื่องยนต์ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ อปท.ใช้งาน และปริมาณพลังงานและเชื้อเพลิงที่ใช้ในดำเนินงาน ที่จำเป็นในการคำนวณผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

ความท้าทายของการเก็บข้อมูลเชิงเทคนิคของการจัดการขยะอยู่ที่การวัดปริมาณขยะที่ถูกจัดการที่ต้นทางซึ่งมักจะไม่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลไว้อย่างเป็นระบบ ทางคณะผู้วิจัยอาศัยการคัดเลือกชุมชนต้นแบบของกรณีศึกษาที่อยู่ภายในจังหวัดเชียงรายจำนวน 4 หมู่บ้าน ได้แก่ บ้านโป่งศรีนคร ตำบลโรงช้าง บ้านโพธนาราม ตำบลสันทราย บ้านดอนแยง ตำบลหงาว และบ้านท่าดีหมี ตำบลเมืองพาน เป็นพื้นที่ในการสุ่มตัวอย่างหมู่บ้านละ 25 หลังคาเรือน เพื่อสำรวจกิจกรรมและปริมาณขยะที่ถูกจัดการที่ต้นทาง รูปที่ 3-2 แสดงภาพการวัดขนาดความจุของเสวียนและปริมาตรของกองวัสดุซึ่งเป็นอุปกรณ์หมักขยะอินทรีย์ และการสำรวจอุปกรณ์ที่ครัวเรือนใช้รองรับขยะประเภทต่างๆ ที่พบในครัวเรือน ส่วนรูปที่ 3-3 แสดงกิจกรรมการสำรวจองค์ประกอบขยะที่เหลือจากการจัดการที่ต้นทางที่ครัวเรือนส่งให้ อปท.นำไปกำจัด

สำหรับข้อมูลผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมนั้นไม่ได้มีการวัดค่ามลพิษที่เกิดขึ้นจากกระบวนการต่างๆ โดยตรง เนื่องจากเป็นวิธีที่มีค่าใช้จ่ายสูง แต่คณะผู้วิจัยอาศัยการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับผลกระทบ

ต่อสิ่งแวดล้อมของกระบวนการต่างๆ และอ้างอิงค่าสัมประสิทธิ์จากวรรณกรรมมาใช้ในการคำนวณด้วยแบบจำลองที่จะกล่าวถึงในส่วนต่อไป

*รูปที่ 3-2 การสำรวจอุปกรณ์รองรับขยะในครัวเรือน*

*รูปที่ 3-3 การคัดแยกองค์ประกอบขยะในชุมชน*

### 3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

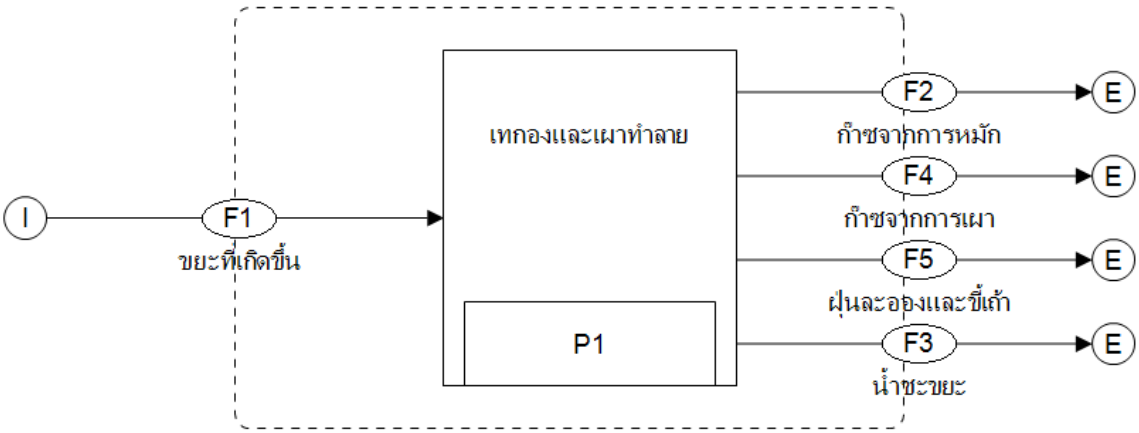
การวิเคราะห์ข้อมูลของกรณีศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย การวิเคราะห์การเคลื่อนย้ายวัสดุเพื่อศึกษาแบบแผนของเส้นทางการจัดการขยะของกรณีศึกษา การวิเคราะห์ต้นทุนตาม

โครงสร้างกิจกรรมของระบบการจัดการขยะ และการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตที่เกิดขึ้นจากการปรับปรุงการจัดการขยะ

### 3.3.1 การวิเคราะห์การเคลื่อนย้ายของวัสดุ

การวิเคราะห์การเคลื่อนย้ายของวัสดุ (Material Flow Analysis หรือ MFA) เป็นต้นทางของการประมวลข้อมูลของแต่ละกรณีศึกษา MFA เป็นการประเมินการเคลื่อนย้าย (flows) และการสะสม (stocks) ของวัสดุภายในระบบที่กำหนดขึ้นภายใต้ช่วงเวลาและสถานที่หนึ่งๆ (Brunner and Rechberger, 2002) การทำ MFA อาศัยโปรแกรม STAN (subSTance flow ANalysis) รุ่น 2.5.1302 ที่พัฒนาขึ้นโดย Institute for Water Quality, Resource and Waste Management (IWR) แห่ง Technical University of Vienna (TU Wien) ประเทศออสเตรีย เพื่อวิเคราะห์เส้นทางของการจัดการขยะในกรณีศึกษาที่แตกต่างจากสภาพของการจัดการขยะที่ยังไม่มีการปรับปรุงที่พบเป็นการทั่วไปในประเทศไทย (Business-As-Usual หรือ BAU Scenarios) ตามรูปที่ 3-4 และรูปที่ 3-5

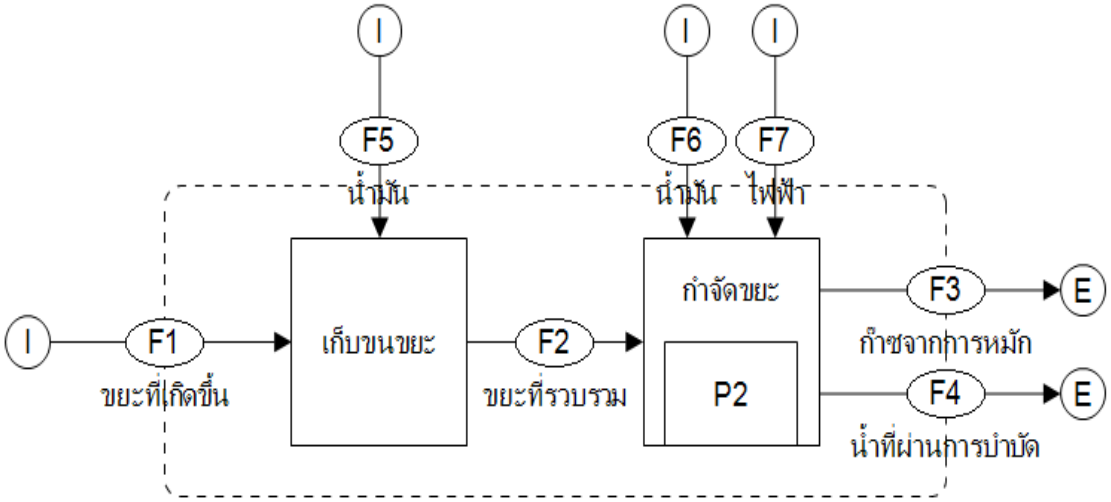
รูปที่ 3-4 เป็นแบบจำลองของการจัดการขยะในเขตชนบทที่ อปท.ยังไม่มีการให้บริการ ขยะที่เกิดขึ้นจึงตกค้างอยู่ในชุมชนมีการเทกองขยะในที่สาธารณะและอาจจะมีการเผาทำลายเป็นระยะเพื่อไม่ให้ขยะเต็ม การ(ไม่)จัดการขยะในรูปแบบนี้นอกจากจะทำให้มีขยะสะสม (กล่องเล็กของกระบวนการ P1) แล้วยังทำให้เกิดมลพิษจากการหมักขยะที่ย่อยสลายได้เป็นก๊าซเรือนกระจก เถ้าลอยและขี้เถ้าจากการเผา และน้ำชะขยะที่ถูกส่งออกไปยังสิ่งแวดล้อม




*รูปที่ 3-4 แบบจำลองการเทกองและเผาทำลายในเขตชนบทของประเทศไทย*

รูปที่ 3-5 เป็นแบบจำลองของการจัดการขยะในเขตเมืองที่ อปท. มีการให้บริการเก็บรวบรวมขยะไปกำจัดตามพระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 โดยในภาพเป็นตัวอย่างของการกำจัดขยะด้วยการฝังกลบตามหลักสุขาภิบาลที่มีการปิดหน้าดินและการรวบรวมน้ำชะขยะมาผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสีย จึงมีการใช้น้ำมันและพลังงานสำหรับยานยนต์และเครื่องจักรกล อย่างไรก็ดีการเก็บรวบรวมขยะยังไม่

มีการแยกประเภท ขยะทุกประเภทถูกเก็บขนไปกำจัดทั้งหมด และไม่มีการนำวัสดุหรือพลังงานที่เกิดจากการกระบวนการกำจัดขยะกลับมาใช้ประโยชน์




***รูปที่ 3-5 แบบจำลองการเก็บขนและกำจัดขยะด้วยการฝังกลบในเขตเมืองของประเทศไทย***

การวิเคราะห์ MFA ของแต่ละกรณีศึกษาจะเริ่มจากการระบุกระบวนการที่เป็นส่วนประกอบของระบบจัดการขยะ โดยเฉพาะกระบวนการที่แตกต่างไปจากแบบจำลองทั้งสอง ในแบบจำลองของ MFA กระบวนการจะถูกแทนด้วยสัญลักษณ์กล่องเส้นทึบ โดยกระบวนการที่มีหน้าที่กักเก็บจะมีกล่องเล็กซ้อนอยู่ภายใน เพื่อแสดงถึงปริมาณวัสดุที่มีการสะสมอยู่ภายในกระบวนการ ณ ช่วงเวลาที่ศึกษา กระบวนการใน MFA แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มตามหน้าที่ ได้แก่ การแปรรูป (transformation) เช่นในกรณีของกระบวนการหมักที่เปลี่ยนแปลงขยะอินทรีย์ให้กลายเป็นปุ๋ยหรือสารบำรุงดิน การขนส่ง (transport) เช่นในกรณีของขนส่งขยะระยะไกลไปทิ้งที่ศูนย์รวมกำจัดขยะ และการกักเก็บ (storage) เช่นในกรณีของการรวบรวมเศษวัสดุในธนาคารขยะของชุมชน เป็นต้น

การเคลื่อนย้ายของวัสดุในการวิเคราะห์จะเริ่มต้นจากจุดที่ขยะเกิดขึ้น (waste generation) จนไปถึงการกำจัดขยะขั้นสุดท้าย (final disposal) ขยะที่เกิดขึ้นจะถูกแทนด้วยลูกศรที่มีสัญลักษณ์ตัว “I” ที่ทางด้านต้นของลูกศรแสดงถึงการนำขยะเข้ามาสู่ระบบ (import) จากนั้นขยะจะถูกส่งต่อไปยังกระบวนการต่างๆ ซึ่งอาจจะมีการนำเข้าพลังงานและวัสดุอื่นๆ มาใช้ในการดำเนินการ เช่น เชื้อเพลิงสำหรับรถขนขยะ หัวเชื้อและกากน้ำตาลสำหรับการทำน้ำหมัก เป็นต้น ขยะจะผ่านกระบวนการจนเปลี่ยนสภาพกลายเป็นสินค้าหรือมลพิษที่ถูกส่งออก (export) จากระบบการจัดการขยะซึ่งจะแทนด้วยลูกศรที่มีสัญลักษณ์ตัว “E” ที่ทางด้านปลายของลูกศร โดยขอบเขตของระบบที่แทนด้วยเส้นประอาจจะกว้างกว่าเขตการปกครองของ อปท. ในกรณีที่มีการส่งขยะออกไปกำจัดนอกพื้นที่

### 3.3.2 การวิเคราะห์ต้นทุนตามโครงสร้างกิจกรรม

การวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 2 มีเป้าหมายที่จะอธิบายต้นทุนของกิจกรรมที่อยู่เบื้องหลังกระบวนการและการเคลื่อนย้ายวัสดุที่พบในการทำ MFA โดยเฉพาะกิจกรรมที่เป็นปัจจัยผลักดันให้เกิดการคัดแยกขยะที่ต้นทางซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการจัดการขยะตามลำดับชั้นที่ควรจะเป็น ก่อนที่จะเปรียบเทียบต้นทุนที่จะเกิดในกรณี BAU ที่ไม่มีการปรับปรุงการจัดการขยะและกรณีที่มีการคัดแยกขยะตามแนวทางของชุมชนปลอดขยะ (Zero Waste หรือ ZW) ตารางที่ 3-1 แสดงองค์ประกอบของการคำนวณต้นทุนของ BAU และ ZW ที่จะทำควบคู่กันไปสำหรับแต่ละกรณีศึกษา

***ตารางที่ 3-1 องค์ประกอบของการคำนวณต้นทุนการจัดการขยะของกรณีศึกษา***

| **Scenarios** | **ต้นทุนการคัดแยก (A)** | **ต้นทุนการเก็บขน (B)** | **ต้นทุนการกำจัด (C)** |
|---|---|---|---|
| **Business as usual (BAU)** | ไม่มี | ต้นทุนคงที่ + ต้นทุนแปรผัน | ต้นทุนคงที่ + ต้นทุนแปรผัน |
| **Zero Waste (ZW)** | ต้นทุนรายกิจกรรม | ต้นทุนคงที่ + ต้นทุนแปรผัน | ต้นทุนคงที่ + ต้นทุนแปรผัน |

การคำนวณต้นทุนการคัดแยกขยะจะพิจารณาถึงกิจกรรมที่ช่วยลดปริมาณขยะที่เกิดขึ้นที่ อปท. จะต้องเก็บขนเพื่อนำไปกำจัด จากบทที่ 2 จะเห็นว่าต้นทุนการรณรงค์ถูกจัดให้เป็นต้นทุนคงที่ของระบบการจัดการขยะ อย่างไรก็ดี หากสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมและปริมาณขยะที่ลดลง จากประสบการณ์ของกรณีศึกษาได้ก็จะสามารถระบุปัจจัยที่เป็นตัวผลักดันงบประมาณ (Cost Drivers) ของกิจกรรมการคัดแยกแต่ละกิจกรรม ตัวอย่างเช่น หากการมีอุปกรณ์รองรับขยะอินทรีย์ในครัวเรือนช่วยให้ครัวเรือนสามารถจัดการขยะปริมาณ x กิโลกรัมได้เองต่อวัน ต้นทุนการคัดแยกขยะเพื่อจะเท่ากับต้นทุนต่อหน่วยของอุปกรณ์รองรับขยะคูณกับจำนวนครัวเรือนที่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าว โดยมีปริมาณขยะที่ลดได้ต่อวันเท่ากับ x คูณกับจำนวนครัวเรือน ทั้งนี้แบบจำลองนี้เป็นการสรุปลักษณะทั่วไปของการจัดการขยะที่ต้นทางเท่านั้น รายละเอียดและรูปแบบย่อยของ ZW สามารถศึกษาได้จากกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2560)

สำหรับต้นทุนการเก็บขนและการกำจัดขยะนั้นจะพิจารณา ขนาดของกิจกรรมที่เหมาะสมกับปริมาณขยะที่ อปท.ต้องจัดการ ตัวอย่างเช่น หาก อปท.เลือกกำจัดขยะภายในตำบลด้วยเตาเผาขนาดเล็กขนาด 2.4 ตันต่อวัน ที่สามารถใช้งานได้สัปดาห์ละ 4 วันหรือ 9.6 ตันต่อสัปดาห์ แม้จะมีปริมาณขยะที่เกิดขึ้นและต้องกำจัดหลังจากที่มีการคัดแยกที่ต้นทางเพียง 5 ตันต่อสัปดาห์ก็จำเป็นต้องมีการลงทุนซื้อเตา 1 ตัวเช่นเดียวกัน อปท.ที่มีปริมาณขยะที่ต้องกำจัด 9 ตันต่อสัปดาห์เป็นต้น ทั้งนี้ การคิดค่าเสื่อม

ราคาต่อปีของเครื่องจักรและครุภัณฑ์จะคำนวณแบบเส้นตรง จากนั้นจึงรวมต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผันอื่นๆ ที่จำเป็นต่อการดำเนินการตามประสบการณ์ของ อปท.ที่เป็นกรณีศึกษา

สำหรับการเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นจากการคัดแยกขยะจะมีการนำต้นทุนการจัดการขยะแบบ BAU มาเปรียบเทียบกับต้นทุนของการจัดการแบบ ZW ตามสมการต่อไปนี้

$$\boldsymbol{S = (B_{BAU} + C_{BAU}) - (A_{ZW} + B_{ZW} + C_{ZW})}$$

เมื่อ $\boldsymbol{S}$ คือ ต้นทุนที่ประหยัดลงได้ (Saved Costs) จากการคัดแยก (บาท/ปี)

$\boldsymbol{A}$ คือ ต้นทุนการคัดแยกขยะ (บาท/ปี)

$\boldsymbol{B}$ คือ ต้นทุนการเก็บขนขยะ (บาท/ปี)

$\boldsymbol{C}$ คือ ต้นทุนการกำจัดขยะ (บาท/ปี)

นอกจากนี้จะมีการคำนวณต้นทุนที่เกิดขึ้นต่อหน่วยขอขยะที่จัดการได้ เพื่อประโยชน์ของการเปรียบเทียบระหว่างกรณีศึกษา เพื่อวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการจัดการขยะที่ต้นทาง

### 3.3.3 การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการจัดการขยะอาศัยโปรแกรม EASEWASTE ที่พัฒนาขึ้นโดย Technical University of Denmark (DTU) เพื่อทำ LCA สำหรับระบบการจัดการขยะ โดยการประเมินเริ่มจากการกำหนดคุณลักษณะของระบบการจัดการขยะซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ได้แก่

1. การเกิดขยะ (Waste Generation) โดยระบุปริมาณและองค์ประกอบของขยะที่เกิดขึ้น เพื่อเป็นฐานของการคำนวณผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนต่อไป เนื่องจากผลกระทบที่เกิดขึ้นนั้นมีทั้งส่วนที่ขึ้นกับกระบวนการจัดการ (process-based impacts) และขึ้นกับขยะที่เข้าสู่กระบวนการ (input-based impacts) ตัวอย่างเช่น การเกิดก๊าซมีเทนนั้นขึ้นกับกระบวนการทางชีวภาพที่เกิดขึ้นในหลุมฝังกลบและปริมาณขยะย่อยสลายได้ที่เข้าสู่ระบบ
2. การคัดแยกขยะ (Waste Separation) โดยระบุประสิทธิภาพของการคัดแยกขยะที่เกิดขึ้นเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ ทั้งในรูปของการหมักปุ๋ยและการรีไซเคิล ทั้งนี้ ในกรณี BAU จะตั้งสมมติฐานว่าไม่มีการคัดแยกขยะออกไปในขั้นตอนนี้
3. การเก็บรวบรวม (Waste Collection) โดยจะต้องระบุประเภทรถที่ใช้ในการเก็บขน ระยะทาง และรูปแบบที่ใช้ในการเก็บรวบรวมขยะ
4. การขนส่ง (Waste Transport) โดยต้องระบุระยะทางที่ต้องขนส่งขยะที่เก็บรวบรวมจากแหล่งกำเนิดได้ไปกำจัด

5. การบำบัดและกำจัดขยะ (Waste Treatment and Disposal) โดยเลือกประเภทเทคโนโลยีที่ใช้ในการกำจัดขยะ และตั้งค่าประสิทธิภาพของการบำบัดมลพิษและการนำพลังงานกลับมาใช้ประโยชน์ โดยในกรณีของประเทศไทยจะตั้งสมมติฐานว่ามีการนำพลังงานกลับมาใช้ในรูปของการผลิตไฟฟ้าเพื่อแทนไฟฟ้าที่ผลิตโดยการเผาถ่านหินเท่านั้น โดยไม่มีส่วนการนำความร้อนกลับมาใช้เหมือนในประเทศเขตหนาว

เมื่อกำหนดคุณลักษณะของระบบการจัดการขยะที่ต้องการประเมินแล้ว โปรแกรมจะคำนวณค่ามลพิษที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนต่างๆ ด้วยฐานข้อมูล LCI (Life Cycle Inventory) ที่มีอยู่ด้วยการจำแนกและอธิบายผลกระทบตามสมการต่อไปนี้

$$\boldsymbol{Impact\ potential} = \sum_i^n \boldsymbol{m_i} \times \boldsymbol{EF_i} \qquad \text{Eq. 3.1}$$

เมื่อ $\boldsymbol{m_i}$ คือ ปริมาณที่สาร i ถูกปล่อยออกมา

$\boldsymbol{EF_i}$ คือ equivalence factor ของสาร i

การรายงานผลกระทบจากการประเมินในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย

- Global Warming: [kg $CO_2$-eq] สภาวะโลกร้อนเกิดจากปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจกซึ่งเป็นปรากฏการที่ชั้นบรรยากาศของโลกถูกห่อหุ้มด้วยก๊าซเรือนกระจก ส่งผลให้ความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ตกลงบนผิวโลกถูกกักไว้ไม่สามารถสะท้อนกลับขึ้นสู่อวกาศได้ส่งผลให้อุณหภูมิที่ผิวโลกร้อนขึ้น ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญมีอยู่ 6 ชนิดได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ ($N_2O$) ก๊าซมีเทน ($CH_4$) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) ก๊าซเปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) และก๊าซซัลเฟอร์เฮซะฟลูโอไรด์ ($SF_6$) โดยค่า Global Warming จะถูกคำนวณให้อยู่ในรูป $CO_2$-Equivalent [kg $CO_2$-eq] ปัจจุบัน ประเทศไทยได้ทำฐานข้อมูลค่า Equivalency Factor ของประเทศเรียบร้อยแล้ว
- Human Toxicity via Soil , Human Toxicity via Water, Human Toxicity via Air ศักยภาพในความเป็นพิษต่อมนุษย์ซึ่งผลกระทบนั้นประกอบด้วย ความเป็นพิษเฉียบพลัน (acute toxicity) การระคายเคือง/ฤทธิ์กัดกร่อน (irritation/corrosive effects) ภูมิแพ้ (allergenic effects) ความเสียหายอย่างถาวร/ความเสียหายต่ออวัยวะ (irreversible damage/organ damage) เป็นพิษพันธุกรรม (genotoxicity) การเกิดโรคมะเร็ง (carcinogenic effects) ความเป็นพิษต่อระบบสืบพันธุ์ (toxicity to reproductive system/teratogenic effects) และเป็นพิษต่อระบบประสาท (neurotoxicity in a single parameter) โดยจะแสดงผลในรูปแบบของปริมาตรของตัวกลางระหว่างในการนำสารพิษสู่มนุษย์ ถ้าตัวกลางเป็นดินจะแสดงค่าเป็น Human Toxicity via Soil และถูกคำนวณอยู่ในรูป [$m^3$ soil] ถ้าตัวกลางเป็นดินจะแสดงค่า

เป็น Human Toxicity via water และถูกคำนวณอยู่ในรูป [$m^3$ water] และถ้าตัวกลางเป็นอากาศจะแสดงค่าเป็น Human Toxicity via Air และถูกคำนวณอยู่ในรูป [$m^3$ air]โดยการคำนวณจะใช้ค่า equivalency factors ของสากล

- Photochemical Ozone Formation, Low NOx: เป็นค่าที่ใช้อธิบายด้วยค่า photochemical ozone creation potential ค่านี้เป็นค่าการจัดอันดับความสามารถของ สารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compound, VOC's) ได้แก่ NOx, VOC's including $CH_4$, CO ในการผลิตโอโซนซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกเมื่ออยู่ในชั้นบรรยากาศโลก ค่า Photochemical Ozone Formation จะถูกคำนวณให้อยู่ในรูปของ Ethene equivalents[kg $C_2H_4$-eq] โดยการคำนวณจะใช้ค่า Toxic equivalency factors ของสากล
- Ecotoxicity in Soil:คลอบคุมผลกระทบแบบเฉียบพลันและเรื้อรังที่มีต่อสิ่งมีชีวิตทั้งในดิน น้ำ และ อากาศ การเปลี่ยนแปลงไปของสารเคมี ความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพ, ศักยภาพการสะสมทางชีวภาพ, และการกระจายตัวของช่องว่างระหว่างตัวแปรทั้งสอง) โดยสารที่ส่งผลกรทบด้านนี้ได้แก่ สารประกอบอินทรีย์ โลหะ สารอินทรีย์/มลพิษอินทรีย์แบบถาวร และ ยาฆ่าแมลง โดยจะถูกคำนวณให้อยู่ในรูปของ [$m^3$ soil] โดยใช้ค่า Ecotoxic equivalence factors ของสากล และยังสามารถคำนวณให้อยู่ในรูปของ Stored Ecotoxicity in Water: [$m^3$ water] และStored Ecotoxicity in Soil (EDIP): [$m^3$ soil] ได้ด้วย
- Acidification: เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล แล้วเกิดการปลดปล่อยสาร $SO_x$, $NO_x$ เมื่อสารเหล่านี้รวมตัวกับฝนที่ตกลงมา จะเกิดเป็นสารพวกซัลฟูริกและไนตริก ซึ่งมีฤทธิ์กัดกร่อน ทำลายผลผลิตทางการเกษตร แหล่งน้ำ และสิ่งก่อสร้าง โดยค่า Acidification จะถูกคำนวณให้อยู่ในรูป $SO_2$-Equivalent [kg $SO_2$-eq] โดยใช้ค่า Equivalency Factor ของสากล
- Stratospheric Ozone Depletion: [kg CFC11-eq] เป็นค่าที่แสดงการลดลงของโอโซนที่ชั้นสตราโทสเฟียร์ ซึ่งส่งผลกระทบต่อ พืช สัตว์และมนุษย์ โดยสารที่สามารถทำลายโอโซนในชั้นนี้ได้แก่ สารประกอบ คลอรีนและโบรมีน (long-lived chlorine and bromine compounds: CFC's (CFC-11, -12, -113, -114, -115), HCFC's (HCFC-22, -123, -124, -141b, -142b), tetrachloromethane (CCl4)1,1,1-trichloroethane (CCl3CH3)), มีเทน ($CH_4$), ไนตรัสออกไซด์ ($N_2O$), และ ไอน้ำ ค่า Stratospheric Ozone Depletion จะถูกคำนวณให้อยู่ในรูป : CFC11 Equivalent [kg CFC11-eq]
- Nutrient Enrichment: การที่สิ่งแวดล้อมในน้ำอุดมไปด้วยแร่ธาตุที่ส่งผลให้ แพลงตอน สาหร่ายและพืชน้ำ เจริญเติบโตได้ดีขึ้น ส่งผลให้คุณภาพของน้ำลดลง สารอาหารที่ส่งผลให้เกิดผลกระทบนี้ได้แก่ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส โดยค่า Nutrient Enrichment จะถูกคำนวณให้อยู่ในรูป $NO_3$-Equivalent [kg $NO_3$-eq] ค่า Equivalency Factor มีอยู่ได้กัน 3 ตัว the N

potential, the P potential, the equivalence factor for the total nutrient enrichment potential

เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ต้นทุน การนำเสนอผลการคำนวณจะมีการปรับค่า (Normalization) โดยผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจะถูกถ่วงน้ำหนักด้วยปริมาณขยะของแต่ละกรณีศึกษา เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลที่ได้ระหว่างกรณีศึกษาได้ และวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการจัดการขยะที่ต้นทางได้

### 3.4 สรุปท้ายบท

การศึกษาครั้งนี้อาศัยระเบียบวิธีวิจัยแบบกรณีศึกษาเปรียบเทียบ โดยคัดเลือก อปท. ที่มีชุมชนต้นแบบของการจัดการขยะที่ต้นทางจำนวน 9 แห่งใน 3 จังหวัดของภาคเหนือตอนบน เพื่อเก็บข้อมูลตัวอย่างกิจกรรมของการจัดการขยะซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ การคัดแยก การเก็บขน และการกำจัด ด้วยการทบทวนเอกสารของ อปท. และการลงพื้นที่สังเกตกระบวนการจัดการและการสัมภาษณ์ผู้บริหาร เจ้าหน้าที่ท้องถิ่น และผู้นำชุมชน ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จะนำมาสร้างแบบจำลองของกิจกรรมการจัดการขยะ โดยมี MFA เป็นกรอบของการวิเคราะห์เบื้องต้น จากนั้นเมื่อได้ฉากทัศน์ของการเคลื่อนย้ายของขยะและเศษวัสดุภายในพื้นที่แล้วจึงเปรียบเทียบต้นทุนและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการจัดการขยะแบบดั้งเดิม (BAU) ที่มีเฉพาะการเก็บขนและการกำจัดกับการจัดการขยะตามแนวทาง ZW ที่เพิ่มการจัดการที่ต้นทางด้วยแบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์และการประเมินวัฏจักรชีวิตที่กล่าวถึงไปในบทที่ 2

# บทที่ 4

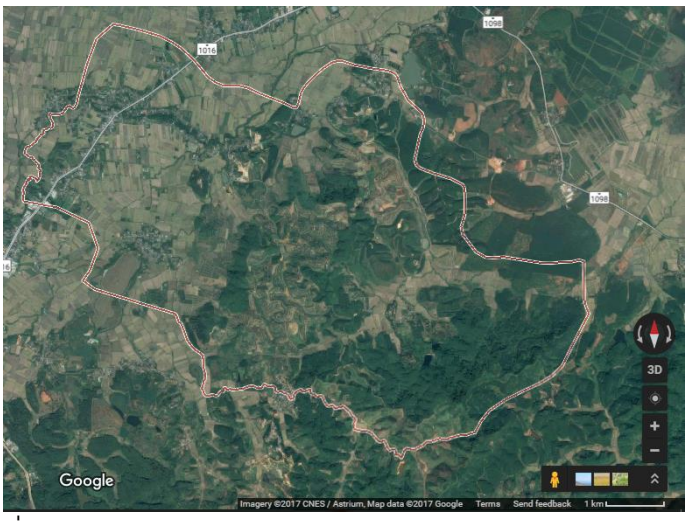
## กรณีศึกษาการจัดการขยะของท้องถิ่นไทย

บทที่ 4 นำเสนอข้อมูลของ อปท. ที่เป็นกรณีศึกษาทั้ง 9 แห่ง อันประกอบไปด้วย เทศบาลตำบลสันทราย อบต.เมืองพาน เทศบาลตำบลเชียงเคี่ยน เทศบาลตำบลหงาว เทศบาลตำบลโรงช้าง อบต.ดอนแก้ว เทศบาลเมืองน่าน อบต.ถืมตอง และ อบต.ป่าคา การนำเสนอในบทนี้มีวัตถุประสงค์ให้ผู้อ่านเข้าใจบริบทของความท้าทายและกระบวนการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการขยะ ด้วยการวิเคราะห์เส้นทางการจัดการขยะในท้องถิ่นและกลไกที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของประชาชน

### 4.1 เทศบาลตำบลสันทราย

#### 4.1.1 ข้อมูลพื้นฐาน

เทศบาลตำบลสันทรายเป็นตัวอย่างของ อปท. ที่มีการให้บริการจัดการขยะตามกฎหมายสาธารณสุขมาตั้งแต่ก่อนจะยกฐานะขึ้นจากสุขาภิบาลตามพระราชบัญญัติเปลี่ยนแปลงฐานะสุขาภิบาลเป็นเทศบาล พ.ศ. 2542 แต่เดิมขยะจากตำบลสันทรายจะถูกส่งไปทิ้งยังสถานที่จัดการขยะของเอกชน แม้ว่าจะต่อมาเทศบาลจะประสบปัญหาไม่มีที่ทิ้งขยะ แต่ก็ไม่สามารถหยุดให้บริการได้ ดังนั้นจึงได้มีการนำเตาเผาขนาดเล็กมาใช้กำจัดขยะภายในพื้นที่




| | |
|---|---|
| พื้นที่ | 4.0 ตร.กม. |
| ชุมชน | 5 หมู่บ้าน |
| ประชากร | 2,486 คน |
| ครัวเรือน | 1,105 หลังคาเรือน |
| นายกฯ | นายธนพล เมืองคำ |
| บุคลากร | 41 คน |
| กองสาธารณสุขฯ | มี |
| รถเก็บขยะ | เปิดข้างเทท้าย 1 คัน |
| ระบบกำจัดขยะ | เตาเผาขนาดเล็ก 1 ตัว |
| บ่อขยะหมู่บ้าน | ไม่มี |

ที่มา: (Google Maps 2017)

***รูปที่ 4-1 ข้อมูลพื้นฐานเทศบาลตำบลสันทราย อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย***

**4.1.2 ปัญหาการจัดการขยะ**

เทศบาลตำบลสันทรายเดิมให้บริการเก็บขนขยะสัปดาห์ละ 5 ครั้งระหว่างวันจันทร์ถึงวันศุกร์จากทุกหมู่บ้าน ในอดีตเทศบาลตำบลสันทรายส่งขยะเฉลี่ยวันละ 1.6 ตันไปกำจัดยังสถานที่จัดการขยะของเอกชนที่ตำบลแม่จัน ต่อมาเมื่อเอกชนรายดังกล่าวถูกสั่งให้หยุดกิจการในเดือนธันวาคม 2555 เนื่องจากประกอบกิจกรรมกำจัดขยะไม่ตรงกับใบอนุญาตการคัดแยกขยะตามที่จดประกอบกิจการเป็นโรงงานประเภท 105 ทางเทศบาลตำบลสันทรายจึงได้จัดหาเตาเผาขยะขนาด 2 ตันต่อวันจำนวน 1 ตัวมาใช้กำจัดขยะ เตาเผาขยะนี้ถูกติดตั้งไว้ที่หลังสำนักงานเทศบาล เนื่องจากไม่สามารถหาพื้นที่อื่นในชุมชน

***รูปที่ 4-2 การสำรวจองค์ประกอบขยะของเทศบาลตำบลสันทราย***

ปัญหาของการกำจัดขยะด้วยเตาเผาของเทศบาลตำบลสันทรายคือปริมาณและองค์ประกอบของขยะ ด้วยปริมาณขยะที่ใกล้เคียงกับขนาดของเตาเผาทำให้ต้องใช้เตาเผาที่มีอยู่เพียงตัวเดียวทุกวันทำให้อุปกรณ์ชำรุด เมื่อต้องหยุดซ่อมบำรุงก็เกิดขยะตกค้างและข้อร้องเรียน นอกจากนี้ขยะส่วนใหญ่ที่รวบรวมได้ไม่เหมาะกับการเผาทำลาย จากการสำรวจองค์ประกอบขยะร่วมกับมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวงก่อนการนำเตาเผาขยะมาใช้ในวันที่ 17 ตุลาคม 2555 (รูปที่ 4-2) พบว่ามีสัดส่วนของขยะอินทรีย์ที่มีความชื้นสูงอยู่ถึงร้อยละ 46 และมีเศษวัสดุรีไซเคิล เช่น กระดาษ พลาสติก แก้ว และโลหะอีกร้อยละ 48 ที่สามารถคัดแยกเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่

### 4.1.3 แนวทางการปรับปรุง

การส่งเสริมการจัดการขยะที่ต้นทางของเทศบาลตำบลสันทรายเน้นการคัดแยกขยะอินทรีย์ เริ่มจากการจัดหาถุงขยะ 2 สีให้ครัวเรือนเพื่อแยกขยะเปียกออกจากขยะแห้งที่จะนำไปกำจัดด้วยการเผา โดยเทศบาลได้จัดสรรพื้นที่ข้างเตาเผาขยะเพื่อสร้างบ่อซีเมนต์สำหรับหมักปุ๋ย อย่างไรก็ตาม ผลการดำเนินการพบว่าประชาชนยังทิ้งขยะปะปนกัน นอกจากนี้การแจกถุงขยะยังก่อให้เกิดภาระทางงบประมาณ ทางเทศบาลตำบลสันทรายจึงหันมาส่งเสริมให้ครัวเรือนมีอุปกรณ์จัดการขยะย่อยสลายได้ที่ต้นทาง รูปที่ 4-3 แสดงภาพการส่งเสริมให้ครัวเรือนใช้ถังหมักเศษอาหารที่เรียกว่า “กรีนโคน” ภายใต้โครงการจัดการขยะในชุมชนของกองสาธารณสุขฯ อุปกรณ์ไทยประดิษฐ์นี้เป็นถังและตะกร้าผูกติดกันและฝังส่วนตะกร้าไว้กลางแจ้ง เพื่อให้แสงอาทิตย์เร่งกระบวนการย่อยสลาย

***รูปที่ 4-3 การส่งเสริมการจัดการขยะย่อยสลายได้ที่ต้นทางที่ตำบลสันทราย***

หมู่ที่ 8 บ้านโพธนารามได้รับเลือกให้เป็นหมู่บ้านนำร่องโครงการชุมชนน่าอยู่และโครงการธนาคารขยะรีไซเคิลประจำปี 2557 เนื่องจากมีคณะกรรมการหมู่บ้านที่เข้มแข็ง จากนั้นก็ได้รับการสนับสนุนจากเทศบาลและหน่วยงานภายนอก อาทิเช่น มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวงในการส่งเสริมการผลิตปุ๋ยไส้เดือน องค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงราย (อบจ.เชียงราย) ในการส่งเสริมให้ครัวเรือนทำเสวียนใน

โครงการ 83 เสวียน 83 พรรษาเทิดไท้องค์ราชินี และงบประมาณสนับสนุนการคัดแยกขยะจากกองทุนสิ่งแวดล้อม ประจำปี 2558

บ้านโพธนารามได้รับรางวัลหมู่บ้านเศรษฐกิจพอเพียงต้นแบบ อยู่เย็นเป็นสุข ของจังหวัดเชียงรายประจำปี 2558 ได้รับคัดเลือกให้เป็นหมู่บ้านจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนประจำอำเภอแม่จันของ อบจ.เชียงราย และเป็น 1 ใน 89 ชุมชนปลอดขยะของกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมประจำปี 2559 ตามลำดับ รูปที่ 4-4 แสดงจุดเด่นของการจัดการขยะที่ต้นทางของบ้านโพธนารามด้วยอุปกรณ์จัดการขยะอินทรีย์ 2 ระบบ อันได้แก่เสวียนสำหรับเศษใบไม้ และกรีนโคนสำหรับเศษอาหาร โดยการสำรวจครัวเรือนในเดือนพฤษภาคม 2558 พบว่ามีสัดส่วนเสวียนและกรีนโคนต่อครัวเรือน 2.36 อันและ 1.04 อันตามลำดับ นอกจากนี้หมู่บ้านยังได้มีศูนย์การเรียนรู้การผลิตปุ๋ยหมักจากไส้เดือน จุดกักเก็บขยะอันตรายและมีธนาคารขยะรีไซเคิลหมู่บ้าน รายละเอียดของกิจกรรมการจัดการขยะที่ต้นทางของบ้านโพธนารามสามารถพบได้ในภาคผนวกที่ 1

***รูปที่ 4-4 อุปกรณ์จัดการขยะอินทรีย์ของบ้านโพธนาราม เทศบาลตำบลสันทราย***

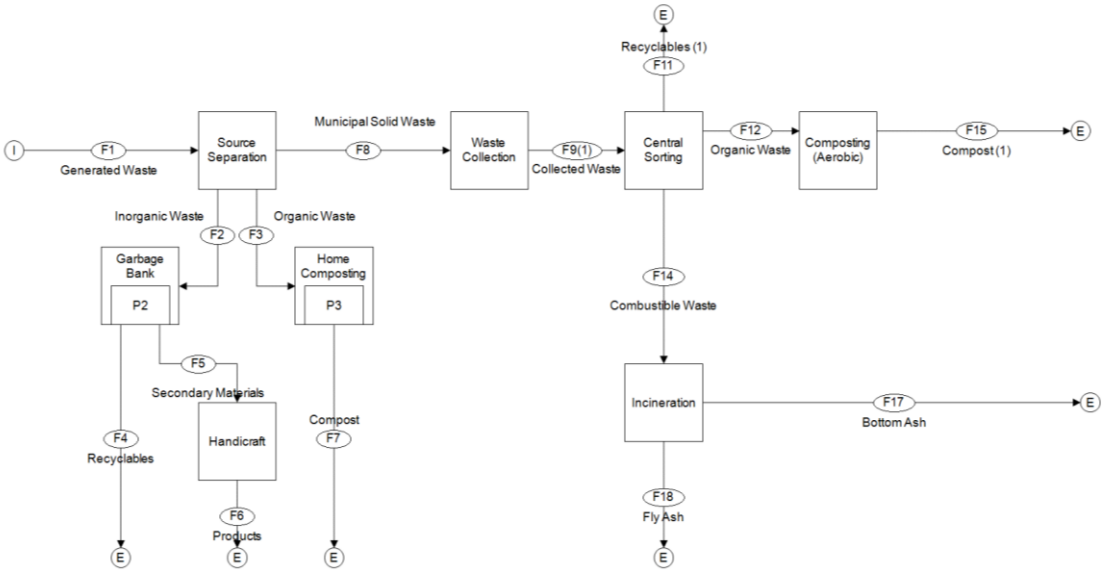
เทศบาลตำบลสันทรายได้พยายามขยายผลการดำเนินการจากหมู่บ้านนำร่องไปยังหมู่บ้านอื่นโดยในปี 2558 ได้ขยายโครงการชุมชนน่าอยู่และโครงการส่งเสริมการจัดการขยะในครัวเรือนและชุมชนที่ได้รับงบประมาณสนับสนุนจาก สสส.ไปยังหมู่ที่ 1 และหมู่ที่ 4 ก่อนเพิ่มโครงการชุมชนต้นแบบการคัดแยกขยะในปี 2559 เพื่อส่งเสริมให้หมู่บ้านอื่นๆ เรียนรู้และนำรูปแบบการจัดการขยะภายในครัวเรือนที่ประสบผลสำเร็จในหมู่ที่ 8 ไปประยุกต์ใช้ซึ่งช่วยให้ลดปริมาณขยะที่ต้องนำไปกำจัด

เทศบาลตำบลสันทรายยังได้ปรับรูปแบบการให้บริการเพื่อกระตุ้นให้เกิดการลดและคัดแยกขยะโดยตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2559 ได้ปรับเปลี่ยนตารางการให้บริการแยกเก็บขยะตามประเภท 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เพื่อให้ประชาชนเห็นว่าขยะที่ตนเองให้ความร่วมมือคัดแยกจะไม่ถูกนำไปรวมกันอีก มาตรการเหล่านี้ช่วยลดปริมาณขยะที่ต้องเก็บขน และช่วยให้คนงานของเทศบาลสามารถคัดแยกขยะรีไซเคิลรายได้เสริมอีก ทำให้ปัจจุบันเหลือขยะที่ต้องนำไปเผาเพียงวันละ 426 กิโลกรัมเท่านั้น (รูปที่ 4-5)

*รูปที่ 4-5 เตาเผาขยะของเทศบาลตำบลสันทราย อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย*

### 4.1.4 สรุปเส้นทางการจัดการขยะ

รูปที่ 4-6 แสดงเส้นทางการจัดการขยะของเทศบาลตำบลสันทราย การจัดการขยะเริ่มจากการคัดแยกขยะที่ต้นทาง ในหมู่บ้านต้นแบบขยะอินทรีย์ที่ถูกคัดแยกจะถูกจัดการภายในครัวเรือน ส่วนขยะรีไซเคิลชุมชนได้รวมตัวกันจัดการในรูปแบบของธนาคารขยะ อย่างไรก็ดี การขยายผลไปยังหมู่บ้านอื่นมีข้อจำกัดเรื่องการติดตั้งอุปกรณ์หมักขยะอินทรีย์ในครัวเรือนและการรวมกลุ่มกันจัดการขยะในชุมชน เนื่องจากมีความเป็นเมืองสูงกว่าหมู่บ้านต้นแบบ ทางเทศบาลจึงอาศัยการกำหนดวันเก็บขนขยะแยกประเภทเพื่อส่งเสริมให้เกิดการคัดแยกขยะที่ต้นทางเพิ่มเติม




*รูปที่ 4-6 การเคลื่อนย้ายขยะของเทศบาลตำบลสันทราย อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย*

เทศบาลตำบลสันทรายมีข้อได้เปรียบ เนื่องจากเป็นท้องถิ่นขนาดเล็กมีพื้นที่และประชากรอยู่ในเขตให้บริการไม่มาก ดังนั้นจึงสามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการให้บริการเก็บขนขยะแม้จะมีรถขยะเพียง 1 คัน การแยกเก็บขยะตามประเภทยังทำให้การจัดการขยะที่ปลายทางทำได้ง่ายขึ้น โดยแยกขยะอินทรีย์ไปหมักทำปุ๋ย และสามารถรวบรวมขยะรีไซเคิล เช่น ถุงพลาสติก จนได้ปริมาณเพียงพอที่จะมีเอกชนมารับซื้อไป ทำให้ปริมาณขยะที่ต้องนำไปกำจัดลดลง อย่างไรก็ดี การกำจัดขยะด้วยเตาเผาขยะขนาดเล็กนั้นไม่มีอุปกรณ์บำบัดมลพิษและไม่สามารถนำพลังงานกลับมาใช้ประโยชน์ได้

## 4.2 องค์การบริหารส่วนตำบลเมืองพาน

### 4.2.1 ข้อมูลพื้นฐาน

อบต.เมืองพานเป็นตัวอย่างของ อปท. ที่ส่งเสริมการจัดการขยะที่ต้นทางเพื่อลดภาระทางงบประมาณจากการขนส่งขยะไปจัดการในระบบรวมศูนย์ ความน่าสนใจของกรณีศึกษา อบต.เมืองพานอยู่ที่การดำเนินการในรูปของการจัดประกวดเพื่อให้ชุมชนที่ให้ความร่วมมือในการลดและคัดแยกขยะได้รับประโยชน์จากการประหยัดงบประมาณการจัดการขยะในรูปของการจัดสรรงบประมาณเพิ่มเติมสำหรับการพัฒนาชุมชน

| | |
|---|---|
| พื้นที่ | 21.0 ตร.กม. |
| ชุมชน | 23 หมู่บ้าน |
| ประชากร | 10,838 คน |
| ครัวเรือน | 4,769 หลังคาเรือน |
| นายกฯ | นายยศวัฒน์ ปิติภูวพิพัฒน์ |
| บุคลากร | 66 คน |
| กองสาธารณสุข | ไม่มี |
| รถเก็บขยะ | เปิดข้างเทท้าย 1 คัน |
| ระบบกำจัดขยะ | ไม่มี |
| บ่อขยะหมู่บ้าน | มี 1 แห่ง |

ที่มา: (Google Maps 2017)

***รูปที่ 4-7 ข้อมูลพื้นฐานอบต.เมืองพาน อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย***

### 4.2.2 ปัญหาการจัดการขยะ

อบต.เมืองพาน ให้บริการจัดเก็บขยะจากหมู่บ้าน ยกเว้นหมู่ที่ 6 บ้านใหม่ขัวแตะ และหมู่ที่ 18 บ้านท่าดีหมีที่ต้องจัดการขยะด้วยตัวเองเพราะตั้งแยกออกไปจากหมู่อื่น รูปที่ 4-8 แสดงรถบรรทุกขยะของ อบต.ที่ให้บริการ 5 วันต่อสัปดาห์ โดยหมุนเวียนจัดเก็บขยะในช่วงเช้าและช่วงบ่าย โดยวันจันทร์เก็บ

ขยะจากสถานประกอบการและหมู่ที่ 24 วันอังคารจากหมู่ที่ 9 13 14 17 และ 25 วันพุธจากหมู่ที่ 4 8 และ 19 วันพฤหัสบดีจากหมู่ที่ 1 3 5 10 20 และ 21 และวันศุกร์จากหมู่ที่ 2 7 11 15 22 และ 23

***รูปที่ 4-8 การเก็บขนขยะของ อบต.เมืองพาน***

เดิม อบต.จะให้เอกชนที่แม่จันนำขยะที่เก็บรวบรวมได้ประมาณ 16 ตันต่อสัปดาห์ไปกำจัด ต่อมาเมื่อเอกชนรายดังกล่าวหยุดกิจการลงในเดือนธันวาคม 2555 ทาง อบต.จึงได้หาทางออกโดยส่งขยะไปทิ้งที่บ้านตาล อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งกำจัดขยะด้วยกระบวนการย่อยสลายแบบไม่มีอากาศเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพสำหรับนำมาผลิตไฟฟ้า รูปที่ 4-9 แสดงภาพกองขยะที่ อบต.เมืองพานเก็บขนและนำมาไว้ที่บริเวณสำนักงาน อบต.เพื่อรอเอกชนขนไปกำจัด

***รูปที่ 4-9 สภาพจุดรวบรวมขยะหลังสำนักงาน อบต.เมืองพาน***

ปัญหาการจัดการขยะของ อบต.เมืองพานคือ ค่าใช้จ่ายในการส่งขยะข้ามจังหวัดไปกำจัดในระบบรวมศูนย์ ก่อนการลดปริมาณขยะ อบต.เมืองพานมีค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ถึงเดือนละกว่า 200,000 บาท เนื่องจากมีปริมาณขยะต้องขนส่งเดือนละ 4-5 เที่ยว และมีค่าใช้จ่ายเที่ยวละ 55,000 บาท ในขณะที่ อบต.มีรายได้จากการเก็บค่าธรรมเนียมขยะในอัตราเดือนละ 20 บาท เพียงปีละ 700,000 บาทเท่านั้น

**4.2.3 แนวทางการปรับปรุง**

อบต.เมืองพานได้เริ่มดำเนินการโครงการ “เมืองพานน่าอยู่ เชิดชูคุณธรรม น้อมนำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง” ตั้งแต่เดือนมกราคม 2557 หลังจากการสำรวจองค์ประกอบขยะร่วมกับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย (มทร.ชร.) และพบว่าในขยะที่เก็บขนได้มีที่ต้องกำจัดเพียงร้อยละ 20 ส่วนที่เหลือเป็นขยะย่อยสลายร้อยละ 50 และขยะรีไซเคิลร้อยละ 30 (มงคลกร ศรีวิชัย, 2558)

โครงการฯ มีเป้าหมายในการส่งเสริมให้ชุมชนมีกิจกรรมเพื่อลดปริมาณขยะที่ต้องทิ้งให้ อบต.เก็บรวบรวมส่งไปกำจัดให้เหลือน้อยที่สุดในรูปของการประกวดการพัฒนาหมู่บ้าน โดยในปีแรก อบต.ได้นำผู้นำชุมชนไปศึกษาดูงานที่ตำบลเกาะคา จังหวัดลำปาง และบ้านดงอินตา อำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา พร้อมทั้งสนับสนุนงบประมาณให้หมู่บ้านละ 15,000 บาท เพื่อใช้ในกิจกรรมการจัดการขยะตามหลักการเศรษฐกิจพอเพียง เช่น การทำผ้าป่าขยะ การทำธนาคารขยะ การทำกองทุนขยะ การเลี้ยงไส้เดือน การหมักทำก๊าซชีวภาพ จากนั้นจึงมีการประเมินผลและให้คะแนนโดยมีที่ปรึกษาจาก มทร.ชร.ช่วยพัฒนาตัวชี้วัดและเกณฑ์การประเมิน

การลงพื้นที่ติดตามความก้าวหน้าเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้การประกวดครั้งนี้ประสบความสำเร็จ รูปที่ 4-10 แสดงภาพบรรยากาศการตรวจประเมินชุมชนที่นำโดยผู้บริหาร อบต.และทีมงานจาก มทร.ชร. ที่ผลัดเปลี่ยนหมุนเวียนกันทำหน้าที่การติดตามรถขยะและชั่งน้ำหนักขยะของแต่ละชุมชน พร้อมทั้งชี้แจงทำความเข้าใจโครงการฯ กับชาวบ้าน นอกจากการลงพื้นที่ติดตามผลแล้วเจ้าหน้าที่ของ อบต.ยังได้สอดแทรกความรู้และส่งเสริมการคัดแยกขยะในกิจกรรมต่างๆ อาทิเช่น การแจกเบี้ยผู้สูงอายุ การออกกำลังกายของผู้สูงอายุ เป็นต้น

***รูปที่ 4-10 ภาพบรรยากาศการตรวจประเมินชุมชนของผู้บริหารและทีมงาน***

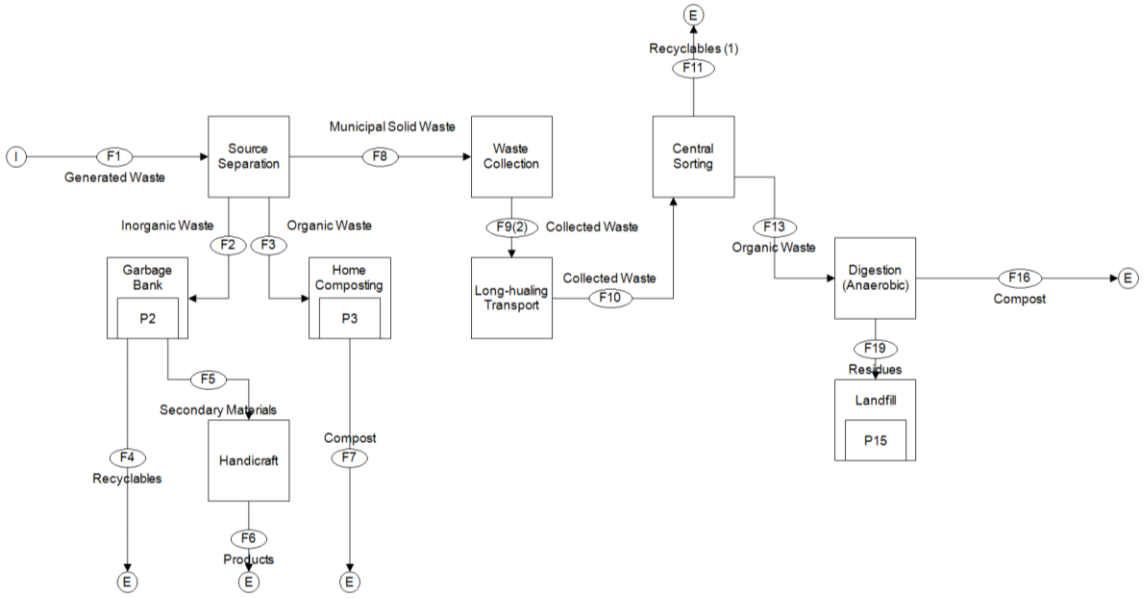
ผลการส่งเสริมให้ชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการขยะผ่านกระบวนการจัดประกวดของ อบต.เมืองพานช่วยให้สามารถลดความถี่ในการส่งขยะไปกำจัดลดเหลือเพียง 3 ครั้งต่อ 2 เดือน ประหยัดค่าขนส่งขยะไปกำจัดเหลือเพียงเดือนละ 78,750 บาท และช่วยให้ อบต.เมืองพานผ่านการคัดเลือกชุมชน

ปลอดขยะของกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมประจำปี 2557 ความสำเร็จของโครงการฯ ทำให้มีการดำเนินการประกวดอย่างต่อเนื่องเป็นประจำทุกปีจนถึงปัจจุบัน โดยในปี 2559 อบต.เมืองพานมีปริมาณขยะที่เก็บขนไปกำจัดลดลงเฉลี่ยสัปดาห์ละ 11,367 กิโลกรัม

อบต.เมืองพานได้นำงบประมาณที่ประหยัดได้มาเพิ่มเงินอุดหนุนให้กับชุมชน เพื่อให้ชุมชนมีการพัฒนาด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง ทำให้ในปี 2559 มีชุมชนถึง 5 ชุมชนจากตำบลเมืองพานที่ได้รับคัดเลือกให้เป็นชุมชนปลอดขยะของกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมจากทั้งหมด 89 ชุมชนทั่วประเทศ นับเป็นตำบลที่มีจำนวนชุมชนได้รับคัดเลือกสูงที่สุดในประเทศ นอกจากนี้มีหมู่ที่ 18 บ้านท่าดีหมีได้รับเลือกให้เป็นชุมชนต้นแบบของ อบจ.เชียงรายภายใต้โครงการ 18 อำเภอ 18 ต้นแบบการจัดการขยะอย่างยั่งยืน รายละเอียดของกิจกรรมการจัดการขยะที่ต้นทางของหมู่บ้านทั้ง 5 สามารถพบได้ในภาคผนวกที่ 1

### 4.2.4 สรุปเส้นทางการจัดการขยะ

รูปที่ 4-11 แสดงเส้นทางการจัดการขยะของ อบต.เมืองพาน กลไกการจัดประกวดหมู่บ้านเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการคัดแยกขยะที่ต้นทางและการรวมกลุ่มทำกิจกรรมของชุมชนในการจัดการขยะอินทรีย์และขยะรีไซเคิลที่คัดแยก นอกจากนี้การชั่งปริมาณขยะที่แต่ละชุมชนทิ้งให้ อบต.นำไปกำจัดในแต่ละรอบการประเมินยังช่วยควบคุมให้การดำเนินการเป็นไปอย่างต่อเนื่อง




***รูปที่ 4-11 การเคลื่อนย้ายขยะของอบต.เมืองพาน อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย***

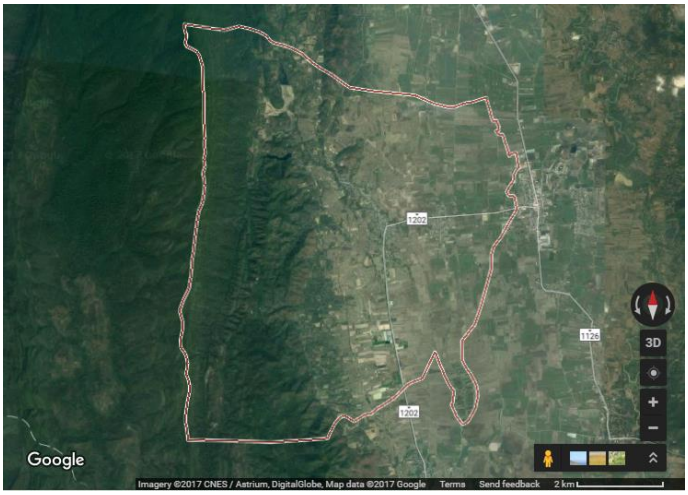
สำหรับขยะที่เก็บขนได้นั้นทาง อบต.ต้องใช้รถขยะที่มีเพียง 1 คันเวียนเก็บขยะจาก 21 หมู่บ้าน จึงทำได้เพียงการเก็บขนขยะรวมกันทุกประเภทที่ชุมชนไม่ได้จัดการสัปดาห์ละครั้ง และไม่มีการคัดแยก

ขยะที่รวบรวมได้ที่ปลายทางอีก อย่างไรก็ดี อบต.เลือกที่จะส่งขยะไปกำจัดในระบบขนาดใหญ่ที่มีการจัดการตามหลักสุขาภิบาลและมีการนำพลังงานจากก๊าซมีเทนกลับมาใช้ แม้ว่าจะมีระยะทางไกลและค่าใช้จ่ายในการขนส่งสูง

### 4.3 เทศบาลตำบลโรงช้าง

#### 4.3.1 ข้อมูลพื้นฐาน

เทศบาลตำบลโรงช้างเป็นกรณีศึกษาของการพัฒนาแบบล่างขึ้นบน (bottom up) ตำบลโรงช้างมีบ้านโป่งศรีนครเป็นชุมชนปลอดขยะต้นแบบระดับประเทศที่สามารถขยายผลการดำเนินการไปยังหมู่บ้านต่างๆ ในตำบล โดยมีผู้นำชุมชนฝ่ายปกครองเป็นผู้ขับเคลื่อนการพัฒนาช่วยลดภาระของเทศบาลและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการนำขยะไปกำจัด




| | |
|---|---|
| พื้นที่ | 44.6 ตร.กม. |
| ชุมชน | 12 หมู่บ้าน |
| ประชากร | 4,761 คน |
| ครัวเรือน | 1,557 หลังคาเรือน |
| นายกฯ | นายณัฐพงษ์ คำภีระ |
| บุคลากร | 24 คน |
| กองสาธารณสุขฯ | ไม่มี |
| รถเก็บขยะ | ไม่มี |
| ระบบกำจัดขยะ | ไม่มี |
| บ่อขยะหมู่บ้าน | มี 1 แห่ง |

ที่มา: (Google Maps 2017)

***รูปที่ 4-12 ข้อมูลพื้นฐานเทศบาลตำบลโรงช้าง อำเภอป่าแดด จังหวัดเชียงราย***

#### 4.3.2 ปัญหาการจัดการขยะ

เทศบาลตำบลโรงช้างไม่ได้มีรถบรรทุกขยะสำหรับให้บริการเก็บขนขยะของตัวเอง เดิมแต่ละหมู่บ้านจัดการขยะด้วยตัวเอง ต่อมาเมื่อชุมชนขยายตัวและบ่อขยะของหลายหมู่บ้านเต็มทำให้ต้องมีการจัดการขยะร่วมกัน รูปที่ 4-13 แสดงรถบรรทุกของเอกชนที่เทศบาลจ้างเหมาให้เข้ามาเก็บขนขยะในทุกหมู่บ้านพร้อมกันสัปดาห์ละ 1 ครั้งในช่วงเช้าของวันเสาร์ โดยมีค่าใช้จ่ายปีละ 60,000 บาท ขยะที่เก็บรวบรวมได้จะถูกนำไปทิ้งที่บ่อขยะของหมู่ที่ 7

*รูปที่ 4-13 การเก็บขนขยะในตำบลโรงช้าง อำเภอป่าแดด จังหวัดเชียงราย*

ปัญหาการจัดการขยะของเทศบาลตำบลโรงช้างคือ การรักษาดุลยภาพของระบบ โดยในด้านหนึ่งปริมาณขยะที่ต้องนำไปกำจัดในตำบลก็ไม่ได้มีปริมาณมาก ไม่จำเป็นต้องจัดหารถสำหรับการเก็บรวบรวมขยะเพียงสัปดาห์ละครั้ง แต่ในอีกด้านหนึ่งการรวบรวมขยะทั้งตำบลไปทิ้งที่หมู่ที่ 7 หากไม่มีการควบคุมก็อาจจะนำไปสู่ความขัดแย้งระหว่างชุมชน เนื่องจากการกำจัดเป็นการเทกองที่ไม่มีการควบคุมมลพิษ นอกจากนี้หากบ่อขยะเต็มก็จะมีปัญหาในการหาสถานที่กำจัดแห่งใหม่

### 4.3.3 แนวทางการปรับปรุง

หมู่ที่ 11 บ้านโป่งศรีนคร เป็นหมู่บ้านนำร่องด้านการจัดการขยะของตำบลโรงช้าง การคัดแยกขยะที่บ้านโป่งศรีนครเริ่มต้นเมื่อ นายมานพ ชัยบัวคำ เป็นผู้ใหญ่บ้านในปี 2552 และได้ขอรับงบประมาณจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) ผ่านโครงการสุขยั่งยืนด้วยเศรษฐกิจพอเพียง เพื่อพัฒนาหมู่บ้านตามสโลแกน “สุขภาพดี มีสตางค์ ยั่งยืน” จนประสบความสำเร็จได้รางวัลรองชนะเลิศการประกวดชุมชนปลอดขยะระดับประเทศของกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมประเภทชุมชนขนาดเล็กในปี 2556 และ 2557 ก่อนที่จะชนะเลิศการประกวดดังกล่าวในปี 2558 นอกจากนี้ยังได้รับรางวัลการพัฒนาอื่นๆ อีกมากมาย รูปที่ 4-14 แสดงภาพการเปิดศูนย์การเรียนรู้หมู่บ้านปลอดขยะ (Zero Waste) บ้านโป่งศรีนคร โดย พล.อ.ประยุทธ์ จันทร์โอชา นายกรัฐมนตรี

***รูปที่ 4-14 พิธีเปิดศูนย์การเรียนรู้หมู่บ้านปลอดขยะ (Zero Waste) บ้านโป่งศรีนคร***

การจัดการขยะที่บ้านโป่งศรีนคร เน้นการใช้อุปกรณ์ที่เรียบง่ายทำจากวัสดุที่หาได้ในท้องถิ่นและเข้ากับวิถีชีวิตของชุมชน เช่น เสวียนสำหรับรองรับขยะอินทรีย์ เข่งสำหรับคัดแยกขยะรีไซเคิลแต่ละประเภท จากการสำรวจครัวเรือนในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2559 พบว่าทุกครัวเรือนมีเสวียนและจุดคัดแยกขยะ และสมาชิกจำนวน 80 จากทั้งหมด 94 ครัวเรือน หรือร้อยละ 85 เข้าร่วมกิจกรรมการจัดการขยะของหมู่บ้านอย่างสม่ำเสมอ นอกจากนี้หมู่บ้านยังมีการประชุมเป็นประจำทุกเดือนและมีความโดดเด่นการสนับสนุนให้เกิดกลุ่มอาชีพที่ทำสินค้าจากเศษวัสดุ เช่น พรมรองเท้า ไม้กวาด ไม้ถูพื้น ไซดักปลา เป็นต้น (รูปที่ 4-15)

***รูปที่ 4-15 การทำสินค้าจากเศษวัสดุที่บ้านโป่งศรีนคร ตำบลโรงช้าง อำเภอป่าแดด***

การพัฒนาชุมชนของบ้านโป่งศรีนครอาศัยมาตรการทางสังคมในการสร้างการมีส่วนร่วม ตัวอย่างเช่นในการประชุมประจำเดือนจะมีการขานชื่อผู้ที่ขาดประชุม และหากมีสมาชิกทำผิดกฎของหมู่บ้านก็จะกล่าวถึงในการประกาศเสียงตามสาย ซึ่งวิธีการระบุชื่อให้อาย (name and shame) นี้ได้ผลในชุมชนที่มีความสัมพันธ์ทางสังคมกันอย่างใกล้ชิด เมื่อนำมาใช้อย่างเหมาะสม เพื่อไม่ให้เกิดความขัดแย้งในชุมชน ตัวอย่างเช่น การให้เยาวชนเป็นผู้ประเมินสุขภาวะของครัวเรือนโดยปักธงสัญลักษณ์สีเขียว-เหลือง-แดงไว้หน้าบ้านของครัวเรือนตามระดับของกิจกรรม 6 ด้านรวมทั้งการคัดแยกขยะ เนื่องจากเห็นว่าผู้ใหญ่มีแนวโน้มจะปรับปรุงตัวเมื่อถูกลูกหลานทัก หรือการ “เอามือ” ของคนในหมู่บ้านช่วยเหลือเจ้าภาพที่ให้ความร่วมมือทำตามนโยบายปลอดขยะของหมู่บ้าน เช่น การใช้ปราสาทและภาชนะที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ในงานศพ เป็นต้น

หลังจากที่บ้านโป่งศรีนครชนะเลิศการประกวดชุมชนปลอดขยะระดับประเทศได้มีการขยายผลการดำเนินการไปยังทุกหมู่บ้านในตำบล โดยอาศัยมาตรการทางสังคมในระดับผู้นำชุมชน กำนันและผู้ใหญ่บ้านของทั้ง 12 หมู่บ้านในตำบลโรงช้างได้ตกลงร่วมมือกันลดปริมาณขยะ พร้อมให้ความร่วมมือกับเทศบาลในการชั่งน้ำหนักขยะของแต่ละครัวเรือนก่อนนำไปทิ้ง รูปที่ 4-16 แสดงภาพกิจกรรมการคัดแยกขยะเพื่อติดตามผลการดำเนินการ ทั้งนี้ ผู้นำชุมชนมีข้อตกลงว่าจะช่วยกันผลักดันให้ชุมชนช่วยลดปัญหาการจัดการขยะ โดยหากหมู่ไหนไม่ให้ความร่วมมือจะย้ายบ่อขยะไปไว้ที่หมู่นั้น

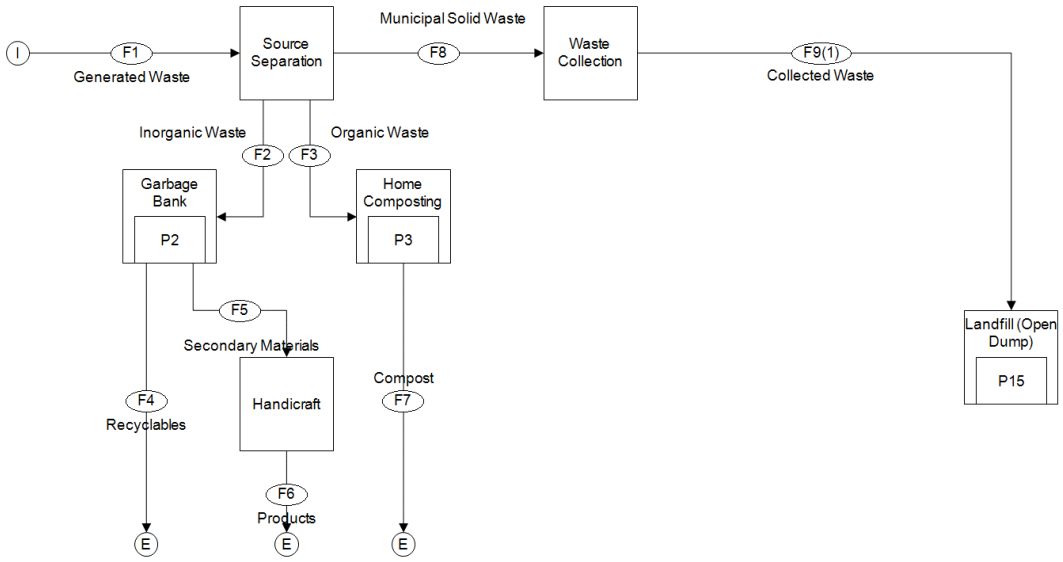
***รูปที่ 4-16 การคัดแยกขยะที่บ้านโป่งศรีนคร ตำบลโรงช้าง อำเภอป่าแดด***

ผลการดำเนินการทำให้ในปี 2559 มี 4 หมู่บ้านจากตำบลโรงช้างที่ผ่านการคัดเลือกเป็นชุมชนปลอดขยะของกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ได้แก่ บ้านโป่งสลี บ้านศรีบังวัน บ้านโป่ง และบ้านทุ่งธนาลัย โดยหมู่บ้านเหล่านี้มีรูปแบบการจัดการขยะในชุมชนที่คล้ายกับบ้านโป่งศรีนคร ได้แก่ การมีเสวียนสำหรับจัดการขยะอินทรีย์และการนำสารบำรุงดินที่ได้มาปลูกผักสวนครัว การคัดแยกขยะรีไซเคิล โดยมี

การใช้กลไกสร้างแรงจูงใจสร้างความร่วมมือของครัวเรือน เช่น การสร้างกองทุนขยะ การจัดผ้าป่าขยะ การสร้างกลุ่มอาชีพ และการทำเกษตรอินทรีย์ เป็นต้น รายละเอียดของกิจกรรมใน 4 หมู่บ้านนี้อยู่ในภาคผนวกที่ 1

### 4.3.4 สรุปเส้นทางการจัดการขยะ

รูปที่ 4-17 แสดงเส้นทางการจัดการขยะของเทศบาลตำบลโรงช้าง จะเห็นว่าระบบให้ความสำคัญอย่างมากกับการจัดการขยะที่ต้นทาง โดยให้ครัวเรือนจัดการขยะอินทรีย์และขยะรีไซเคิลภายในครัวเรือนให้ได้มากที่สุด นอกจากนี้ยังมีการรวมกลุ่มกันในระดับหมู่บ้านและระดับตำบลเพื่อรวบรวมเศษวัสดุที่ครัวเรือนจัดการได้ยากมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตสินค้าชุมชนหรือกองทุนสาธารณะ กิจกรรมการคัดแยกขยะที่ตำบลโรงช้างได้รับการขับเคลื่อนจากมาตรการทางสังคมและผู้นำชุมชนที่มีการติดตามปริมาณขยะที่แต่ละครัวเรือนนำมาทิ้งก่อนที่รถบรรทุกของเอกชนจะมาเก็บขนสัปดาห์ละ 1 ครั้ง



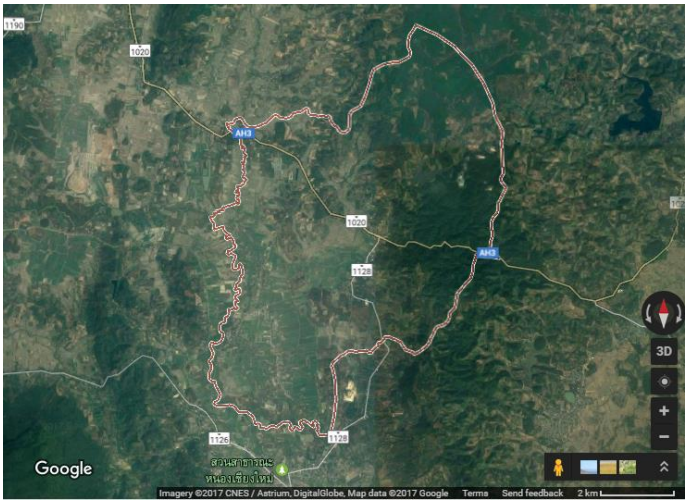

***รูปที่ 4-17 การเคลื่อนย้ายขยะของเทศบาลตำบลโรงช้าง อำเภอป่าแดด จังหวัดเชียงราย***

การกำจัดขยะยังเป็นจุดอ่อนของเทศบาลตำบลโรงช้าง ขยะที่เหลือจากการทำกิจกรรมภายในชุมชนจะถูกเก็บรวบรวมมาด้วยกันโดยไม่มีการคัดแยกที่ปลายทางเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ในรูปของวัสดุหรือพลังงาน แต่ทั้งหมดจะถูกนำไปเทกองที่บ่อขยะรวมของตำบลที่ตั้งอยู่ที่หมู่ 7 โดยไม่มีการจัดการตามหลักสุขาภิบาล

## 4.4 เทศบาลตำบลเชียงเคี่ยน

### 4.4.1 ข้อมูลพื้นฐาน

เทศบาลตำบลเชียงเคี่ยนเป็นตัวอย่างของ อปท. ที่เห็นถึงข้อจำกัดของตนซึ่งเป็นท้องถิ่นขนาดเล็ก จึงส่งเสริมให้ชุมชนเข้ามามีบทบาทในการจัดการขยะอย่างต่อเนื่อง โดยอาศัยการการสร้างกฎข้อตกลงและส่งเสริมให้ชุมชนสามารถจัดการขยะได้เอง เพื่อให้การใช้งบประมาณของเทศบาลในการจัดการขยะเท่าที่จำเป็น




| | |
|---|---|
| พื้นที่ | 76.3 ตร.กม. |
| ชุมชน | 12 หมู่บ้าน |
| ประชากร | 4,384 คน |
| ครัวเรือน | 1,792 หลังคาเรือน |
| นายกฯ | นายอินโพธิ์ หน่อแหวน |
| บุคลากร | 37 คน |
| กองสาธารณสุขฯ | ไม่มี |
| รถเก็บขยะ | ไม่มี |
| ระบบกำจัดขยะ | ไม่มี |
| บ่อขยะหมู่บ้าน | มี 7 แห่ง |

ที่มา: (Google Maps 2017)

***รูปที่ 4-18 ข้อมูลพื้นฐานเทศบาลตำบลเชียงเคี่ยน อำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย***

### 4.4.2 ปัญหาของการจัดการขยะ

เทศบาลตำบลเชียงเคี่ยนยังไม่ได้มีการให้บริการเก็บขนและนำขยะไปกำจัด แต่ให้ชุมชนจัดการกันเอง โดยในตำบลมีบ่อขยะขนาดเล็ก 7 แห่งที่ยังใช้งานได้ ตั้งอยู่ในพื้นที่ของหมู่ที่ 1 5 6 7 8 9 และ 11 หมู่บ้านที่ไม่มีบ่อขยะจะใช้ที่ทิ้งขยะร่วมกับหมู่บ้านข้างเคียง ตัวอย่างเช่น หมู่ที่ 4 บ้านสันปูเลยจะนำขยะไปทิ้งที่บ่อขยะของหมู่ที่ 9 บ้านสันทรายที่แยกตัวออกมาจากบ้านสันปูเลยเดิม เป็นต้น

ปัญหาการจัดการขยะของเทศบาลตำบลเชียงเคี่ยนยังไม่ปรากฏชัดเจน เนื่องจากชุมชนยังมีพื้นที่รองรับขยะของตัวเอง แต่ก็มีปัญหาประปรายจากบ่อขยะที่กระจายตัวในตำบลและไม่ได้มีการควบคุมตามหลักสุขาภิบาล รูปที่ 4-19 แสดงสภาพการทิ้งขยะที่เป็นการกองทิ้งที่ปากบ่อและมีการจุดไฟเผาขยะที่ไม่สามารถขายได้ เช่น ถุงพลาสติก และกล่องนม ของคนหาของเก่าซึ่งสร้างมลพิษทางอากาศและส่งผลเสียต่อสุขภาพ ทว่าหากเทศบาลต้องพัฒนาศักยภาพในการบริการจัดการขยะเช่นเดียวกันในเขตเมืองก็จำเป็นต้องอาศัยงบประมาณลงทุนจำนวนมากและอาจจะส่งผลกระทบต่อการพัฒนาท้องถิ่นด้านอื่น

*รูปที่ 4-19 การเผาขยะที่ถูกทิ้งปากบ่อขยะตำบลเชียงเคี่ยน อำเภอเทิง*

**4.4.3 แนวทางการปรับปรุง**

ผู้บริหารท้องถิ่นและผู้นำชุมชนในตำบลเชียงเคี่ยนส่วนใหญ่มีความเห็นพ้องกันว่า การจัดหาถังขยะ รถเก็บขยะ และเตาเผาขยะเป็นการสิ้นเปลืองงบการพัฒนาที่มีอยู่จำกัด (พัทธยาพร อุ่นโรจน์, 2558) ดังนั้นการปรับปรุงการจัดการขยะจึงเน้นการเพิ่มขีดความสามารถในการจัดการขยะที่ต้นทางของชุมชน เพื่อลดปริมาณขยะที่ต้องนำไปทิ้งและยืดอายุการใช้งานของบ่อขยะที่มีอยู่

การส่งเสริมให้ชุมชนจัดการขยะเริ่มดำเนินการอย่างเป็นรูปธรรมในปีพ.ศ. 2554 เมื่อ อบต.เชียงเคี่ยนได้ร่วมลงนามในบันทึกข้อตกลงความร่วมมือการส่งเสริมระบบคัดแยกวัสดุรีไซเคิลกับสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดเชียงราย สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 1 และบริษัทวงษ์พาณิชย์ สาขานางนอน อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย โครงการขยะรีไซเคิล สร้างรายได้ พัฒนาชุมชนตำบลเชียงเคี่ยน (รูปที่ 4-20) ในปีแรกมีครัวเรือนเข้าร่วมจำนวน 542 ราย หรือประมาณร้อยละ 30 และสามารถรวบรวมขยะรีไซเคิลได้ทั้งสิ้น 6,845 กิโลกรัม คิดเป็นเงิน 35,010 บาท นอกจากนี้ ยังมีการจัดโครงการประกวดสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์จากวัสดุเหลือใช้เพื่อต่อยอดกิจกรรมการนำเศษวัสดุมาใช้ประโยชน์

*รูปที่ 4-20 การอบรมการคัดแยกขยะและการขายขยะรีไซเคิล*

ในปีต่อมา ทาง อบต.เชียงเคี่ยนได้ปรับรูปแบบการทำงานให้มีระบบมากขึ้น โดยมีการแต่งตั้งเจ้าหน้าที่ประสานงานประจำหมู่บ้าน ตามโครงการบริการประชาชนเชิงรุก และจัดประชุมเจ้าหน้าที่ทุกเดือน เพื่อสำรวจความต้องการและสนับสนุนกิจกรรมต่างๆ ที่ อบต.จัดขึ้นที่หมู่บ้าน รวมไปถึงการพัฒนาหมู่บ้านนำร่องด้านการจัดการขยะ โดยมีหมู่ที่ 9 บ้านสันทราย เป็นหมู่บ้านต้นแบบแห่งแรก กิจกรรมหลักด้านการจัดการขยะของบ้านสันทราย คือ การส่งเสริมการใช้ถุงผ้าแทนถุงพลาสติก (รูปที่ 4-21) และการคัดแยกขยะในครัวเรือน ทั้งในส่วนของขยะรีไซเคิลและการนำขยะย่อยสลายได้มาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรในรูปของปุ๋ยหมักและน้ำหมักชีวภาพ ทำให้บ้านสันทรายได้รับรางวัลดาวรุ่ง หมู่บ้านปลอดขยะขนาดเล็ก ประจำปี 2555 จากกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

***รูปที่ 4-21 การรณรงค์ใช้ถุงผ้าแทนถุงพลาสติกบ้านสันทราย ตำบลเชียงเคี่ยน***

ในปีงบประมาณ 2556 ทางเทศบาลตำบลเชียงเคี่ยนได้ต่อยอดและขยายผลการพัฒนาหมู่บ้านโครงการการจัดการขยะอันตรายในพื้นที่ตำบลเชียงเคี่ยนจัดทำจุดรองรับขยะอันตรายในตำบลจำนวน 10 จุด เนื่องจากเห็นว่าขยะในส่วนนี้ชุมชนไม่สามารถจัดการได้เอง โดยทางเทศบาลใช้รถดัดแปลงทางการเกษตรเก็บรวบรวมขยะอันตรายจากชุมชนมาไว้ที่สำนักงานเพื่อรอให้ทางจังหวัดนำไปกำจัด ส่วนการจัดการขยะโดยชุมชนมีหมู่ที่ 4 บ้านสันปูเลยเป็นหมู่บ้านต้นแบบแห่งที่สอง

หมู่ที่ 4 บ้านสันปูเลย เป็นหมู่บ้านนำร่องด้านการจัดการขยะแห่งที่สองของตำบลเชียงเคี่ยน รูปที่ 4-22 แสดงกฎหมู่บ้านเกี่ยวกับการจัดการขยะของบ้านสันปูเลยจำนวน 5 ข้อที่ได้พัฒนาขึ้นจากตัวอย่างที่ได้ไปศึกษาดูงานการจัดการขยะของหมู่ที่ 9 บ้านสันทราย บ้านโป่งศรีนคร และบ้านดงอินตา (จังหวัดพะเยา) โดยหมู่บ้านได้ทำป้ายประกาศประชาสัมพันธ์พร้อมมอบหมายให้หัวหน้าคุ้มมีหน้าที่ในการชี้แจงทำความเข้าใจและติดตามผลการในดำเนินการร่วมกับเทศบาลตำบลเชียงเคี่ยน นอกจากนี้ การไปศึกษาดูงานที่บ้านโป่งศรีนครยังช่วยให้หมู่บ้านสามารถของบประมาณสนับสนุนจาก สสส. ภายใต้โครงการร่วมสร้างชุมชนและท้องถิ่นให้น่าอยู่ เพื่อนำมาพัฒนาต้นแบบการจัดการขยะในรูปแบบธนาคารขยะ

***รูปที่ 4-22 ข้อตกลงว่าด้วยเรื่องการจัดการขยะชุมชนของบ้านสันปูเลย ตำบลเชียงเคี่ยน***

รูปที่ 4-23 แสดงภาพการฝึกอบรมให้ความรู้การคัดแยกขยะของบ้านสันปูเลยเป็นเวลา 2 วัน โดยวันแรกเน้นการคัดแยกขยะรีไซเคิล โดยทางหมู่บ้านสนับสนุนตะกร้าให้ครัวเรือนละ 2 ใบ เพื่อคัดแยกขยะรีไซเคิลออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ พลาสติก กระดาษ และแก้ว ส่วนตะกร้าใบที่สามทางครัวเรือนต้องหามาสมทบเอง การอบรมในวันที่ 2 ให้ความรู้เกี่ยวกับการทำเสวียนและการทำปุ๋ยหมักจากเศษใบไม้ให้กับสมาชิกของชุมชน

***รูปที่ 4-23 การอบรมให้ความรู้การคัดแยกขยะให้กับชุมชนบ้านสันปูเลย ตำบลเชียงเคี่ยน***

กฎอย่างหนึ่งของบ้านสันปูเลยคือการกำหนดว่าทุกครัวเรือนต้องเป็นสมาชิกธนาคารขยะอย่างน้อย 1 คน รูปที่ 2-24 แสดงพิธีเปิดธนาคารขยะบ้านสันปูเลย ในวันที่ 18 มีนาคม 2557 การดำเนินการของธนาคารขยะบ้านสันปูเลยกำหนดการรับซื้อขยะเป็นประจำทุกเดือน โดยจะมีการประชาสัมพันธ์ผ่านเสียงตามสายล่วงหน้า 1 สัปดาห์ เพื่อให้สมาชิกทำการรวบรวมขยะรีไซเคิลมาขายให้กับธนาคารขยะ หลังจากการดำเนินการแต่ละครั้ง ทางคณะกรรมการธนาคารขยะซึ่งมีตัวแทนจากเทศบาลจะมีการประชุมเพื่อสรุปผลและอุปสรรคของการดำเนินงาน และหาแนวทางการปรับปรุงการทำงาน อาทิเช่น การปรับลดเวลารับซื้อเหลือเพียงครึ่งวัน และการนำระบบบัตรคิวมาใช้ในการรับซื้อขยะ(พัทธยาพร อุ่นโรจน์, 2558) ซึ่งทำให้การดำเนินงานของธนาคารขยะมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยผลการดำเนินงานในปีแรกมียอดรับซื้อถึง 43,801 บาทสูงกว่ายอดรวมการรับซื้อขยะทั้งตำบลเมื่อปี 2554

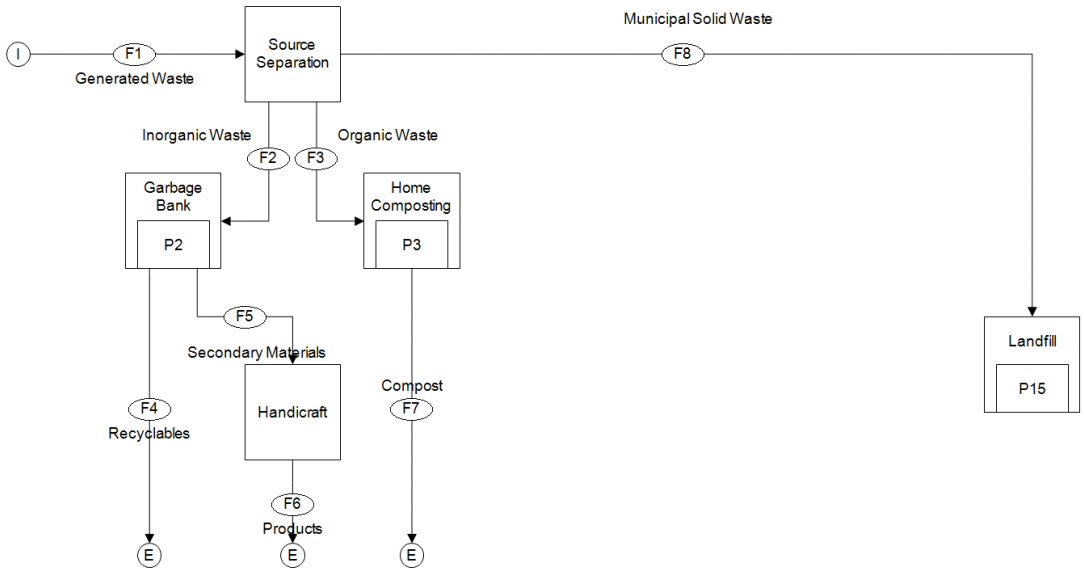
***รูปที่ 4-24 บรรยากาศการเปิดธนาคารขยะบ้านสันปูเลย ตำบลเชียงเคี่ยน***

บ้านสันปูเลยซึ่งได้รับคัดเลือกให้เป็น 1 ใน 88 ชุมชนปลอดขยะระดับประเทศของกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมประจำปี 2558 และเป็นต้นแบบในการขยายผลไปยังอีก 6 หมู่บ้านเป้าหมายของเทศบาลตำบลเชียงเคี่ยน ได้แก่ หมู่ 2, 3, 6, 10, 11 และ 12 จากนั้นในปี 2559 จึงขยายผลไปครบทั้ง 12 หมู่บ้าน โดยมีผู้นำชุมชนของหมู่ที่ 4 และ 9 เป็นวิทยากรในการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ ซึ่งเป็นกลยุทธ์ที่สร้างความภาคภูมิใจ และกระตุ้นให้หมู่บ้านต้นแบบสร้างสรรค์การจัดการขยะในพื้นที่ของตนอย่างต่อเนื่อง โดยทางเทศบาลจะมีส่งผู้ประสานงานประจำหมู่บ้านเข้าร่วมตรวจสอบการคัดแยกขยะปีละ 4 ครั้ง

### 4.4.4 สรุปเส้นทางการจัดการขยะ

รูปที่ 4-25 แสดงเส้นทางการจัดการขยะของเทศบาลตำบลเชียงเคี่ยน รูปแบบการจัดการขยะที่ให้ครัวเรือนคัดแยกขยะอินทรีย์และขยะรีไซเคิลภายในครัวเรือนได้รับการขยายผลครบทั้ง 12 หมู่บ้าน และทางเทศบาลได้จัดกิจกรรมรับซื้อขยะรีไซเคิลจากโรงเรียนและชุมชนเป็นประจำทุกเดือน ตามรูปแบบที่ได้

นำร่องทดลองในหมู่บ้านต้นแบบ โดยมีเป้าหมายหลักอยู่ที่เศษวัสดุที่มีมูลค่าต่ำ เช่น ถุงพลาสติก ขวดแก้ว โฟม เป็นต้น



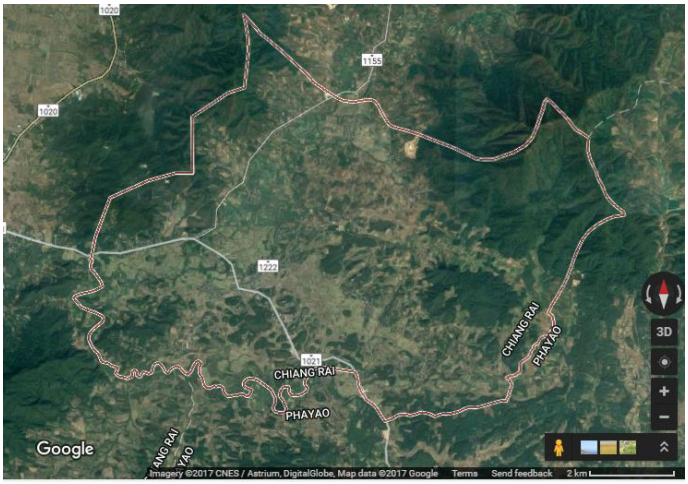

***รูปที่ 4-25 การเคลื่อนย้ายขยะของเทศบาลตำบลเชียงเคี่ยน อำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย***

อย่างไรก็ดี รูปแบบการกำจัดของเทศบาลตำบลเชียงเคี่ยนยังเป็นปัญหา เนื่องจากไม่มีการเก็บรวบรวมขยะทั่วไปอย่างเป็นกิจจะลักษณะ แม้ว่าการคัดแยกขยะที่ต้นทางจะช่วยลดปริมาณขยะที่จะต้องนำไปกำจัด แต่การทิ้งขยะในบ่อขยะของหมู่บ้านก็ยังคงเป็นแหล่งมลพิษที่กระจายตัวอยู่ภายในตำบล บ่อขยะเหล่านี้ไม่มีการฝังกลบป้องกันกลิ่นและสัตว์รำคาญ หรือการป้องกันและบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้น รวมทั้งยังเสี่ยงต่อการเกิดไฟไหม้บ่อขยะ

## 4.5 เทศบาลตำบลหงาว

### 4.5.1 ข้อมูลพื้นฐาน

เทศบาลตำบลหงาวเป็นกรณีศึกษาของ อปท.ที่มาถึงขีดจำกัดของการให้แต่ละชุมชนหาที่ทิ้งขยะเอง แม้เทศบาลจะต้องจัดหาเตาเผาขนาดเล็กเพื่อนำมากำจัดขยะ แต่ก็สามารถเรียนรู้และประยุกต์แนวทางการส่งเสริมการจัดการขยะโดยชุมชนจากต้นแบบอื่นในจังหวัดเชียงรายจนประสบความสำเร็จในระยะเวลาอันสั้นมีหมู่บ้านได้รับคัดเลือกเป็นชุมชนปลอดขยะประจำปี 2559 ของกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมถึง 4 แห่ง




| | |
|---|---|
| พื้นที่ | 88.4 ตร.กม. |
| ชุมชน | 20 หมู่บ้าน |
| ประชากร | 9,597 คน |
| ครัวเรือน | 3,755 หลังคาเรือน |
| นายกฯ | นายอินโพธิ์ หน่อแหวน |
| บุคลากร | 46 คน |
| กองสาธารณสุขฯ | มี |
| รถเก็บขยะ | ไม่มี |
| ระบบกำจัดขยะ | เตาเผาขนาดเล็ก 2 ตัว |
| บ่อขยะหมู่บ้าน | มี 10 แห่ง |

ที่มา: (Google Maps 2017)

***รูปที่ 4-26 ข้อมูลพื้นฐานเทศบาลตำบลหงาว อำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย***

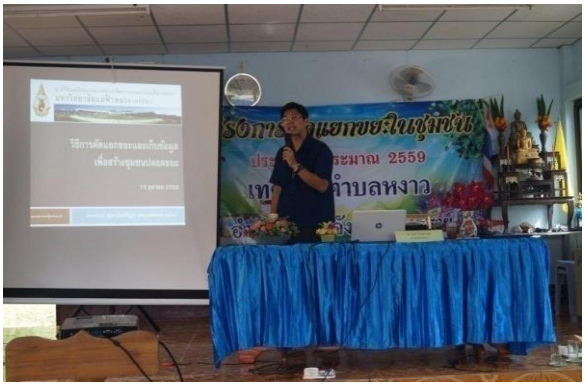
### 4.5.2 ปัญหาการจัดการขยะ

เทศบาลตำบลหงาวไม่มีระบบการจัดการขยะของท้องถิ่น แต่ให้แต่ละชุมชนจัดการหาพื้นที่ทิ้งขยะของตัวเองทำให้มีบ่อขยะของหมู่บ้านกระจายตัวภายในพื้นที่ โดยที่ผ่านมาทางเทศบาลจะได้มีการส่งเสริมการจัดการขยะที่ต้นทางผ่านโครงการประกวดหมู่บ้านสะอาดชุมชนน่าอยู่ประจำปีงบประมาณ 2555-2557 และมีการจัดกิจกรรม เช่น การทอดผ้าป่าขยะ แต่ยังไม่ประสบความสำเร็จในการสร้างแบบแผนการจัดการที่ยั่งยืน ขยะส่วนใหญ่ยังคงถูกทิ้งรวมกันในบ่อขยะ

ปัญหาการจัดการขยะจากปริมาณขยะที่เพิ่มมากขึ้นกอปรกับการแยกหมู่บ้านจากเดิม 17 หมู่บ้าน เมื่อครั้งเป็น อบต. เป็น 20 หมู่บ้านทำให้บางชุมชนประสบปัญหาไม่มีที่ทิ้งขยะ จนทางเทศบาลต้องจัดหาเตาเผาขยะชุมชนปลอดมลพิษใน 2 หมู่บ้าน คือ หมู่ 11 บ้านสันป่าบง และหมู่ 12 บ้านหัวดงในปี 2558 อย่างไรก็ดี ผู้บริหารและผู้นำชุมชนต่างเห็นว่าวิธีการนี้เป็นเพียงการแก้ไขปัญหาที่ปลายเหตุ ในระยะยาวเทศบาลไม่สามารถพัฒนาระบบเก็บขนและกำจัดขยะตามหลักสุขาภิบาลได้ด้วยทรัพยากรที่มีอยู่จำกัด อีกทั้งยังอยู่ห่างไกลจากศูนย์กำจัดขยะรวม ดังนั้น เทศบาลตำบลหงาวจึงแสวงหาแนวทางการจัดการขยะที่ยั่งยืนโดยมีชุมชนเป็นศูนย์กลาง

### 4.5.3 แนวทางการปรับปรุง

เทศบาลตำบลหงาวมีการทำงานอย่างใกล้ชิดกับเครือข่ายเชียงรายปลอดขยะ (Chiang Rai Zero Waste) และได้เรียนรู้การพัฒนาชุมชนปลอดขยะของท้องถิ่นอื่นในจังหวัดเชียงราย รูปที่ 4-27 แสดงบรรยากาศการฝึกอบรมที่มีวิทยากรจากตำบลสันทราย ตำบลเมืองพาน ตำบลเชียงเคี่ยน ตำบลโรงช้าง และสถาบันอุดมศึกษา เพื่อแลกเปลี่ยนประสบการณ์กับทีมงานของเทศบาลและผู้นำชุมชน



***รูปที่ 4-27 บรรยากาศการฝึกอบรมการจัดการขยะของเทศบาลตำบลหงาว***

เทศบาลตำบลหงาวนำแนวทางการปรับปรุงของท้องถิ่นอื่นมาประยุกต์ใช้ เริ่มจากการปรับเปลี่ยนกลไกการประกวดภายใต้โครงการคัดแยกขยะในชุมชนฯ ประจำปี 2558 โดยแบ่งออกเป็น 2 รอบ รอบแรกเน้นการจัดการขยะในครัวเรือนในทุกหมู่บ้านในรอบแรก โดยเริ่มจากการสนับสนุนให้ประชาชนทำเสวียนไว้รองรับขยะอินทรีย์ครัวเรือน ทำให้ตำบลหงาวเป็นตำบลที่มีหมู่บ้านเข้าร่วมโครงการ 83 พรรษา 83 เสวียนเทิดไท้องค์ราชินีประจำปี 2558 ของ อบจ.เชียงรายครบทั้ง 20 หมู่บ้าน นอกจากนี้ยังจัดหาถังรองรับขยะอันตรายให้กับทุกหมู่บ้าน

สำหรับรอบที่ 2 เป็นการคัดเลือกหมู่บ้านที่มีความเข้มแข็งจำนวน 6 หมู่บ้าน ได้แก่ หมู่ที่ 1 บ้านปี้ หมู่ที่ 5 บ้านท่าข้าม หมู่ที่ 7 บ้านปี้ หมู่ที่ 8 บ้านป่าจี้ หมู่ที่ 12 บ้านหัวดง และหมู่ที่ 13 บ้านดอนแยง เพื่อต่อยอดการพัฒนาในรูปแบบของการจัดประกวดชุมชน รูปที่ 4-28 แสดงบรรยากาศการลงพื้นที่ของผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ของเทศบาลที่เข้าไปมีส่วนร่วมจัดการฝึกอบรมและลงพื้นที่อย่างต่อเนื่องเป็นประจำทุกสัปดาห์ทำให้สามารถสร้างหมู่บ้านต้นแบบได้อย่างรวดเร็ว ในการประกวดชุมชนปลอดขยะระดับประเทศประจำปี 2559 มีชุมชนผ่านเข้ารอบถึง 4 หมู่บ้าน โดยในจำนวนนี้มีหมู่ 13 บ้านดอนแยงผ่านเข้ารอบสุดท้ายและได้รับรางวัลชมเชยประเภทชุมชนขนาดกลางจากการเข้าประกวดเป็นครั้งแรก (ภาคผนวก 1) หมู่ที่ 13 ยังได้รับเลือกให้เข้าร่วมโครงการ 18 อำเภอ 18 ต้นแบบการจัดการขยะอย่างยั่งยืนของ อบจ. เชียงราย

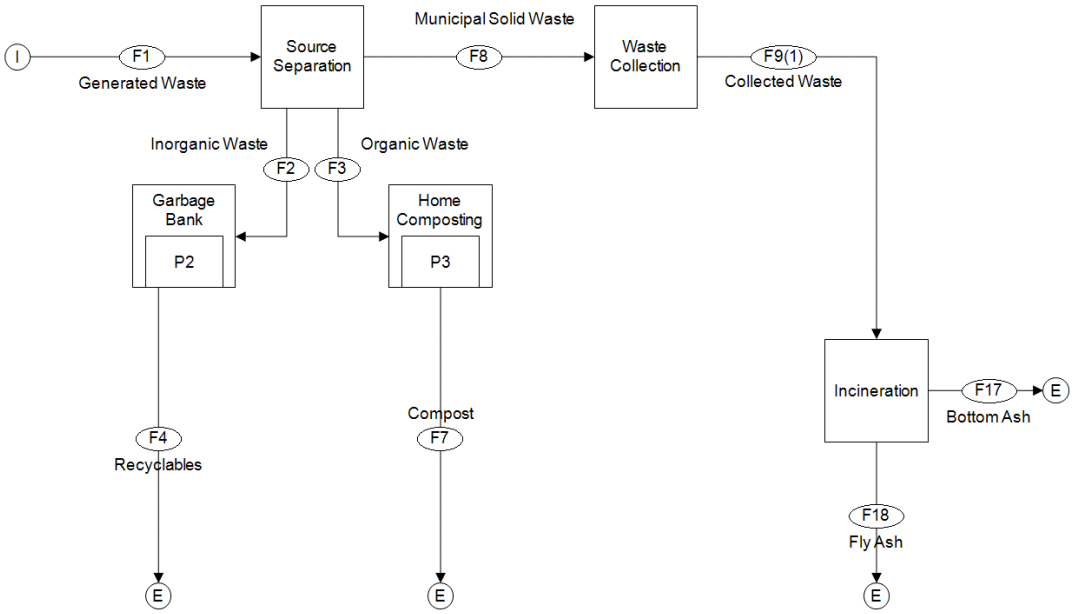
***รูปที่ 4-28 การมอบท่อซีเมนต์สำหรับย่อยสลายขยะอินทรีย์ของเทศบาลตำบลหงาว***

หมู่ที่ 13 บ้านดอนแยง ตำบลหงาว เป็นหมู่บ้านขนาดกลางมีจำนวนประชากรจำนวน 538 คน 150 ครัวเรือน ส่วนใหญ่ร้อยละ 50 ประกอบอาชีพเกษตรกรรม บ้านดอนแยงเป็นชุมชนที่มีความเข้มแข็ง เป็นหมู่บ้านแผ่นดินธรรมแผ่นดินทองปีพ.ศ. 2556 ชนะเลิศรางวัลหมู่บ้านสุขภาพดีวิถีไทยและรางวัลหมู่บ้านเศรษฐกิจพอเพียง ระดับจังหวัดประจำปี 2557 รูปที่ 4-29 แสดงบรรยากาศการรณรงค์คัดแยกขยะในครัวเรือนในหมู่บ้านนำร่องของเทศบาลตำบลหงาวและกรรมการหมู่บ้าน อสม. คณะกรรมการคุ้มต่างๆ เพื่อจัดทำสถิติข้อมูลปริมาณขยะของหมู่บ้าน และได้ออกชั่งน้ำหนักขยะเป็นประจำทุกเดือนในช่วงระหว่างดำเนินโครงการฯ โดยได้มีการชั่งทุกอาทิตย์ของแต่ละเดือน นอกจากนี้ บ้านดอนแยงยังได้ประยุกต์ใช้กุศโลบายของบ้านโป่งศรีนครที่ให้เยาวชนเป็นคนตรวจประเมินครัวเรือน เพื่อกระตุ้นให้สมาชิกมีการปรับปรุงการคัดแยกขยะให้เป็นไปตามกฎระเบียบที่ชุมชนตกลงกันไว้

***รูปที่ 4-29 การตรวจเยี่ยมครัวเรือนและการชั่งน้ำหนักขยะที่บ้านดอนแยง ตำบลหงาว อำเภอเทิง***

### 4.5.4 สรุปเส้นทางการจัดการขยะ

รูปที่ 4-30 แสดงเส้นทางการจัดการขยะของเทศบาลตำบลหงาว เทศบาลตำบลหงาวได้มีการส่งเสริมให้ครัวเรือนมีการคัดแยกขยะที่ต้นทาง โดยมีรูปแบบที่คล้ายคลึงกับต้นแบบที่พบในจังหวัดเชียงราย ได้แก่ การจัดการขยะอินทรีย์ด้วยการใช้เสวียนรองรับการหมักในครัวเรือน และการทำกิจกรรมร่วมกันของชุมชนในการจัดการขยะรีไซเคิล โดยได้คัดเลือก 6 หมู่บ้านที่มีความพร้อมเป็นหมู่บ้านนำร่อง และมีการติดตามและประเมินจากเทศบาลตำบลหงาวอย่างต่อเนื่องในปีแรกก่อนที่จะขยายผลการดำเนินการไปยังหมู่บ้านอื่นๆ ในปีต่อไป




*รูปที่ 4-30 การเคลื่อนย้ายขยะของเทศบาลตำบลหงาว อำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย*

อย่างไรก็ดี เทศบาลตำบลหงาวยังไม่มีระบบรองรับการกำจัดขยะที่เป็นกิจจะลักษณะ หมู่บ้านยังอาศัยบ่อขยะหรือเตาเผาขยะในการกำจัดขยะทำให้เกิดมลพิษในชุมชน นอกจากนี้ การไม่มีระบบเก็บรวบรวมขยะที่แน่นอนในบางชุมชนยังเป็นอุปสรรคต่อการขยายผลการดำเนินงานให้ครอบคลุมทั้งพื้นที่ เนื่องจากครัวเรือนที่ไม่ให้ความร่วมมือสามารถนำขยะไปทิ้งเองที่บ่อขยะของหมู่บ้าน

## 4.6 องค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว

### 4.6.1 ข้อมูลพื้นฐาน

อบต.ดอนแก้วเป็นกรณีศึกษาของ อปท. ที่มีการส่งเสริมให้ชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการขยะอย่างต่อเนื่องตามวิสัยทัศน์ “ดอนแก้ว ตำบลแห่งสุขภาวะ” และมีชื่อเสียงเป็นศูนย์การเรียนรู้ด้านการ

จัดการสุขภาพและสิ่งแวดล้อมระดับประเทศ แม้ว่าจะมีบริบทของความเป็นเมืองใหญ่ แต่ก็สามารถนำกลไกของการสร้างเงื่อนไขการให้บริการมาใช้เพื่อสร้างการมีส่วนร่วมจากชุมชน โดยที่ทาง อบต.มีการพัฒนาโครงสร้างของระบบการจัดการขยะเพียงแค่ที่จำเป็นในส่วนที่ชุมชนจัดการเองไม่ได้

| | |
|---|---|
| พื้นที่ | 43.0 ตร.กม. |
| ชุมชน | 10 หมู่บ้าน |
| ประชากร | 14,636 คน |
| ครัวเรือน | 5,862 หลังคาเรือน |
| นายกฯ | นายนพดล ณ เชียงใหม่ |
| บุคลากร | 110 คน |
| กองสาธารณสุขฯ | มี |
| รถเก็บขยะ | มี |
| ระบบกำจัดขยะ | เตาเผาขนาดเล็ก 1 ตัว |
| บ่อขยะหมู่บ้าน | ไม่มี |

ที่มา: (Google Maps 2017)

***รูปที่ 4-31 ข้อมูลพื้นฐาน อบต.ดอนแก้ว อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่***

### 4.6.2 ปัญหาของการจัดการขยะ

ตำบลดอนแก้วมีการขยายตัวจากอดีตที่มีประชากรเพียงประมาณ 8,000 คนในปี 2539 นอกจากนี้ยังทำให้ในแต่ละวันมีประชากรแฝงอีกกว่า 10,000 คน ที่ทำงานหรือมาติดต่อส่วนราชการ สถานการศึกษา โรงพยาบาล และสถานประกอบการของเอกชนในพื้นที่ ที่ผ่านมาทาง อบต.ดอนแก้ว ประมาณการว่าถ้าอัตราการเกิดขยะเฉลี่ยอยู่ที่ 0.5 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน ในจะมีขยะเกิดขึ้นในพื้นที่ถึง 7 ตันต่อวัน และหากใช้ตัวเลขอัตราการเกิดขยะใหม่ของกรมควบคุมมลพิษที่ 0.91 กิโลกรัมต่อวันสำหรับพื้นที่ อบต.คาดว่าจะมีขยะเกิดขึ้นมากกว่านี้อีกถึงเท่าตัว

ปัญหาการจัดการขยะที่เกิดขึ้น หาก อบต.ดอนแก้วอาศัยการจัดการตามแนวทางการเก็บขนไปกำจัด ทาง อบต.จำเป็นต้องจัดหารถขยะจำนวน 2 คัน มีค่าจ้างพนักงานประจำรถขยะและค่าดำเนินการตลอดจนค่าใช้จ่ายในการขนส่งขยะไปกำจัดคิดเป็นงบประมาณปีละกว่า 4 ล้านบาทจากการคำนวณของ อบต.ดอนแก้ว ดังนั้นเพื่อประหยัดงบประมาณและส่งเสริมให้ประชาชนนำขยะที่เกิดขึ้นมาใช้เป็นทรัพยากรเพื่อลดรายจ่ายและเพิ่มรายได้ ทาง อบต.ดอนแก้วจึงได้ส่งเสริมให้ครัวเรือนคัดแยกขยะและเข้ามามีส่วนร่วมรับผิดชอบจัดการขยะตามความสามารถของแต่ละครัวเรือน เพื่อควบคุมปริมาณขยะให้สามารถกำจัดได้ด้วยเตาเผาขนาดเล็กของ อบต. (รูปที่ 4-32)

*รูปที่ 4-32 การเก็บรวบรวมนำขยะไปกำจัดด้วยเตาเผาของ อบต.ดอนแก้ว*

**4.6.3 แนวทางการปรับปรุง**

แนวทางการจัดการขยะของ อบต.ดอนแก้วเริ่มจากการคัดแยกขยะ โครงการการบริหารจัดการขยะในชุมชน เริ่มต้นในปี 2544 โดยดำเนินการในลักษณะของหมู่บ้านนำร่องที่หมู่ที่ 7 บ้านสันเมือง ทาง อบต. ร่วมกับแกนนำในชุมชนจัดตั้งคณะกรรมการบริหารกองทุนขยะ โดยได้รับการสนับสนุนงบประมาณและการดำเนินการจากสมาคมวิถีทางเลือกเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน และเป็นผู้ประสานวิทยากรจากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยนเรศวรและสำนักงานศึกษานิเทศน์ จังหวัดเชียงใหม่ในการอบรมให้ความรู้ประชาชนเกี่ยวกับการคัดแยกขยะเพื่อจำหน่ายและการทำปุ๋ยหมัก รูปที่ 4-33 แสดงภาพบรรยากาศการการชี้แจงทำความเข้าใจกับชุมชนและการประชุมคณะกรรมการฯ

*รูปที่ 4-33 ผู้บริหาร อบต.ดอนแก้วชี้แจงการจัดการขยะและประชุมร่วมกับคณะกรรมการชุมชน*

สำหรับการดำเนินการทาง อบต.ติดตั้งกรงพักขยะจำนวน 9 จุดในชุมชน จัดหารถเข็นขยะ 1 คัน และสร้างโรงเรือนสำหรับพักขยะ เพื่อให้อาสาสมัครประจำหมู่บ้านเก็บรวบรวมขยะจากกรงพักขยะสัปดาห์ละ 1 ครั้ง และมีอาสาสมัครในชุมชนช่วยกันดูแลรักษาความสะอาดเป็นประจำทุกวัน โดยขยะรีไซเคิลทางคณะกรรมการฯ จะติดต่อให้เอกชนเข้ามารับซื้อเพื่อนำรายได้มาสนับสนุนกิจกรรมของชุมชน รูปที่ 4-34 แสดงภาพการสนับสนุนอุปกรณ์การจัดการขยะให้กับชุมชนของ อบต.ดอนแก้ว

***รูปที่ 4-34 อบต.ดอนแก้วจัดหารถเข็นเก็บขยะสำหรับอาสาสมัครประจำหมู่บ้านและสนับสนุนถังและบ่อซีเมนต์ในการทำปุ๋ยหมัก***

ผลการดำเนินการในหมู่บ้านนำร่องพบว่า ช่วยลดปริมาณขยะที่ชุมชนต้องนำไปกำจัด และช่วยให้ครัวเรือนมีปุ๋ยหมักไว้ใช้ในการปลูกผักสวนครัว ลดค่าใช้จ่ายและเป็นรายได้เสริมให้กับครอบครัว อีกทั้งยังช่วยให้หมู่บ้านมีรายได้เพิ่มเติมในการจัดกิจกรรมต่างๆ เช่น งานวันเด็ก งานแข่งขันกีฬา ทำให้ทาง อบต. พัฒนารูปแบบการบริหารจัดการขยะโดยชุมชนแบบครบวงจร เพิ่มกิจกรรมการทำธนาคารขยะรีไซเคิล กองทุนขยะ และส่งเสริมการแปรรูปเศษวัสดุเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น ของที่ระลึก ผ้าปูโต๊ะ หมวก ฯลฯ ในส่วนของขยะอินทรีย์ก็มีการนำไปทำปุ๋ยหมัก น้ำหมัก น้ำส้มควันไม้ และก๊าซชีวภาพ

สำหรับการขยายผล ทาง อบต.ได้เพิ่มพื้นที่นำร่องจากหมู่ที่ 7 ออกไปอีก 4 หมู่บ้านในปีต่อไปคือ หมู่ที่ 1 2 8 และ 9 ก่อนที่จะดำเนินการครอบคลุมทั้ง 10 ชุมชนในตำบล อย่างไรก็ดี เนื่องจากบริบทของชุมชนแตกต่างกันทำให้ครัวเรือนที่สามารถเข้าร่วมกิจกรรมการจัดการขยะแบบครบวงจรในเบื้องต้นมีจำกัด ทาง อบต.จึงปรับรูปแบบการดำเนินการให้สอดคล้องกับระดับกิจกรรมที่ครัวเรือนจะสามารถเข้าร่วมได้เป็น 4 รูปแบบ ได้แก่

-รูปแบบที่ 1 ครัวเรือนต้องคัดแยกขยะเปียกไปจัดการเอง และนำขยะแห้งมาส่งที่จุดรวบรวมขยะของหมู่บ้านให้ อบต.นำไปกำจัด สัปดาห์ละ 1 ครั้ง โดยครัวเรือนที่ดำเนินการในรูปแบบนี้จะไม่เสียค่าธรรมเนียม

-รูปแบบที่ 2 ครัวเรือนต้องคัดแยกขยะเปียกไปจัดการเอง แต่ให้อาสาสมัครประจำหมู่บ้านจัดเก็บขยะแห้งมาส่งที่จุดรวบรวมขยะของหมู่บ้านให้ อบต.นำไปกำจัด สัปดาห์ละ 1 ครั้ง มีค่าธรรมเนียม 30 บาทต่อเดือน

-รูปแบบที่ 3 ครัวเรือนให้อาสาสมัครประจำหมู่บ้านจัดเก็บขยะเปียกไปจัดการทุกวัน หรือวันเว้นวัน ส่วนขยะแห้งครัวเรือนนำมาส่งเองที่จุดรวบรวมขยะของหมู่บ้านให้ อบต.นำไปกำจัด สัปดาห์ละ 1 ครั้ง มีค่าธรรมเนียม 40 บาทต่อเดือน

-รูปแบบที่ 4 ครัวเรือนให้อาสาสมัครประจำหมู่บ้านจัดเก็บขยะเปียกไปจัดการทุกวัน หรือวันเว้นวัน และให้นำขยะแห้งมาส่งที่จุดรวบรวมขยะของหมู่บ้านให้ อบต.นำไปกำจัด สัปดาห์ละ 1 ครั้ง มีค่าธรรมเนียม 50 บาทต่อเดือน

การจัดการทั้ง 4 รูปแบบของ อบต.ดอนแก้วอาศัยมาตรการสำคัญ 3 ประการคือ 1) การส่งเสริมให้ครัวเรือนคัดแยกขยะ เพื่อให้สามารถนำเศษวัสดุไปใช้ประโยชน์ได้ อย่างน้อยให้คัดแยกเป็นขยะเปียกกับขยะแห้ง โดยมีการปรับเงื่อนไขการให้บริการให้ตอบสนองความต้องการของคนแต่ละกลุ่ม 2) การติดตามตรวจสอบ ทั้งในระดับของชุมชนโดยผู้นำชุมชนและอาสาสมัคร และโดยเจ้าหน้าที่ อบต. เพื่อให้ทำตามข้อตกลงในการคัดแยกขยะ และ 3) การควบคุมให้เป็นไปตามกฎระเบียบ โดยมีการจับปรับและดำเนินการตามกฎหมายหากมีการฝ่าฝืนระเบียบและข้อตกลง รูปที่ 4-35 แสดงจุดเก็บรวบรวมขยะแห้งของชุมชนและการควบคุมปริมาณขยะ

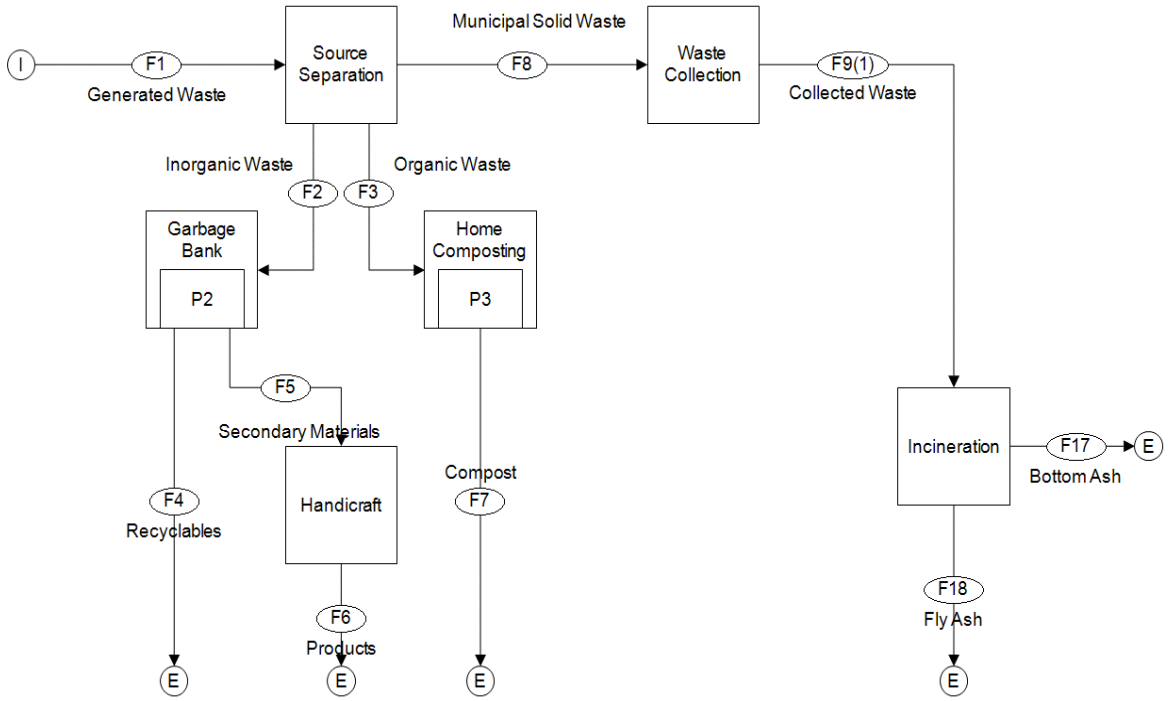
***รูปที่ 4-35 การเก็บขนขยะจากจุดเก็บรวบรวมขยะแห้งของชุมชน***

ปัจจุบัน อบต.ดอนแก้วมีรถบรรทุกขยะให้บริการผู้เข้าร่วมโครงการที่แบ่งเป็นประชาชนทั่วไป จำนวน 2,867 คน และผู้รับบริการจากหน่วยงานราชการและสถานประกอบการในพื้นที่อีก 1,484 คน เพียง 1 คัน โดยให้บริการสัปดาห์ละ 3 รอบ รูปที่ 4-2 แสดงภาพเตาเผาขนาดเล็กของ อบต.ที่ใช้จัดการขยะที่ชุมชนไม่สามารถจัดการได้ โดยทาง อบต.ได้มีการศึกษาการนำขี้เถ้าที่เกิดขึ้นจากการเผาไปใช้ประโยชน์ อาทิเช่น การนำไปเป็นส่วนผสมของการทำเซรามิก เป็นต้น ส่วนครัวเรือนอื่นที่ไม่ได้เข้าร่วมโครงการของ อบต. มีการว่าจ้างให้เอกชนนำขยะไปกำจัด โดยเสียค่าใช้จ่ายเอง

### 4.6.4 สรุปเส้นทางการจัดการขยะ

รูปที่ 4-36 แสดงเส้นทางการจัดการขยะของ อบต.ดอนแก้ว ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า อบต.ดอนแก้วสามารถส่งเสริมให้ครัวเรือนคัดแยกขยะที่ต้นทางได้ แม้จะมีบริบทของความเป็นเมืองและมีพื้นที่บริการขนาดใหญ่ จุดเด่นของการให้บริการอยู่ที่การออกแบบระบบรองรับครัวเรือนที่ไม่สะดวกที่จะหมักขยะอินทรีย์ภายในครัวเรือนและ/หรือรวบรวมขยะรีไซเคิลไปร่วมกับชุมชนได้โดยตรง นอกจากนี้ การ

สนับสนุนให้เกิดอาสาสมัครภายในชุมชนที่ให้บริการครัวเรือนเหล่านี้ยังช่วยลดภาระและการใช้เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงการเก็บขนขยะของ อบต.อีกด้วย



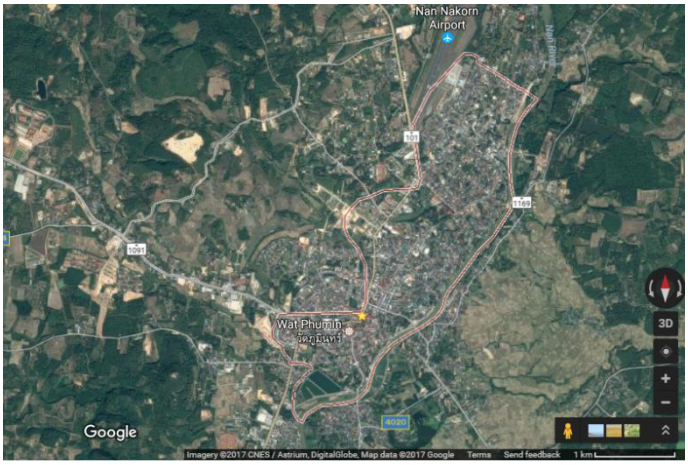

***รูปที่ 4-36 การเคลื่อนย้ายขยะของ อบต. ดอนแก้ว อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่***

สำหรับขยะที่เหลือจากการจัดการที่ต้นทางในแต่ละชุมชน อบต.ให้บริการเก็บขนด้วยรถขนขยะของ อบต.เพื่อนำมาเผาทำลายด้วยเตาเผาขยะขนาดเล็ก เนื่องจากปริมาณขยะมีไม่มากทำให้ อบต.สามารถชั่งน้ำหนักขยะเมื่อไปเก็บขนขยะจากแหล่งกำเนิดต่างๆ อันเป็นการช่วยควบคุมการคัดแยกขยะไปอีกทางหนึ่ง อย่างไรก็ดี การกำจัดขยะด้วยเตาเผาขนาดเล็กมีข้อจำกัดในเรื่องการบำบัดมลพิษที่เกิดขึ้น รวมทั้งการนำพลังงานกลับมาใช้ประโยชน์

## 4.7 เทศบาลเมืองน่าน

### 4.7.1 ข้อมูลพื้นฐาน

เทศบาลเมืองน่านเป็นกรณีศึกษาของ อปท. ที่มีการให้บริการจัดการขยะตามกฎหมายสาธารณสุขอย่างครบถ้วน เป็นศูนย์กลางของการกำจัดขยะด้วยการฝังกลบตามหลักสุขาภิบาลของกลุ่มคลัสเตอร์ในจังหวัดน่าน นอกจากนี้ยังมีโครงการและกิจกรรมส่งเสริมการจัดการขยะที่ต้นทางด้วยชุมชนอย่างต่อเนื่อง




| | |
|---|---|
| พื้นที่ | 7.6 ตร.กม. |
| ชุมชน | 33 หมู่บ้าน |
| ประชากร | 20,595 คน |
| ครัวเรือน | 10,411 หลังคาเรือน |
| นายกฯ | นายสุรพล เธียรสูตร |
| บุคลากร | 105 คน |
| กองสาธารณสุขฯ | มี |
| รถเก็บขยะ | มี 8 คัน |
| ระบบกำจัดขยะ | ระบบผสมผสาน 1 ระบบ |
| บ่อขยะหมู่บ้าน | ไม่มี |

ที่มา: (Google Maps 2017)

***รูปที่ 4-37 ข้อมูลพื้นฐานเทศบาลเมืองน่าน อำเภอเมือง จังหวัดน่าน***

### 4.7.2 ปัญหาการจัดการขยะ

การจัดการขยะของเทศบาลเมืองน่านมีรถเก็บขนขยะจำนวน 8 คัน แบ่งเป็น รถบรรทุกขนาดความจุ 4 ลบ.ม. จำนวน 2 คัน ขนาด 10 ลบ.ม. จำนวน 2 คัน และขนาด 12 ลบ.ม. จำนวน 4 คัน (รูปที่ 4-38) ตารางการเก็บขนขยะจะจัดเก็บจากถนนสายหลักเป็นประจำทุกวัน และเก็บจากถนนสายรองและภายในชุมชนวันเว้นวัน ขยะทั่วไปที่เก็บขนได้จะถูกนำไปที่สถานที่กำจัดขยะของเทศบาลที่ตำบลผาสิงห์ นอกจากขยะทั่วไปแล้วเทศบาลเมืองน่านยังมีการให้บริการเก็บขนเศษกิ่งไม้และใบไม้ เพื่อนำมาทำกองปุ๋ยหมัก ณ บ่อฝังกลบขยะเก่าของเทศบาล และการสนับสนุนตู้จัดเก็บขยะอันตรายในจุดต่างๆ ของชุมชน มีการกำหนดวันเก็บขยะอันตราย ทุกวันศุกร์

***รูปที่ 4-38 รถบรรทุกขยะขนาด 10 ลบ.ม.และ 12 ลบ.ม.ของเทศบาลเมืองน่าน***

สถานที่กำจัดขยะของเทศบาลเมืองน่านตั้งอยู่ในพื้นที่ 60 ไร่เป็นระบบการฝังกลบตามหลักสุขาภิบาล เริ่มใช้งานตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 เดิมมี อปท. นำขยะเข้ามาทิ้งจำนวน 18 แห่ง โดยเสียค่าใช้จ่ายตันละ 720 บาท ต่อมาเมื่อมีการปรับค่ากำจัดขยะขึ้นเป็นตันละ 1,020 บาท ทางเทศบาลตำบลท่าวังผาและเทศบาลตำบลหนองแดงจึงได้พัฒนาระบบกำจัดขยะของตนเองและงดการนำขยะมาทิ้งที่สถานที่กำจัด

ขยะของเทศบาลเมืองน่าน ปัจจุบัน ปริมาณขยะที่ถูกนำมาทิ้งที่สถานที่กำจัดขยะแห่งนี้มีประมาณ 45-50 ตันต่อวัน โดยร้อยละ 60 เป็นขยะจากเทศบาลเมืองน่าน

ปัญหาการจัดการขยะของเทศบาลเมืองน่าน คือ ภาระงบประมาณที่ใช้ในการรักษาความสะอาดและจัดการขยะของตัวเองมีสูง ในขณะที่สามารถเก็บค่ากำจัดขยะจากพื้นที่อื่นได้ในอัตราที่สอดคล้องกับต้นทุน ค่าธรรมเนียมที่สามารถจัดเก็บได้ภายในพื้นที่ของตัวเองกลับมีจำกัด และการดำเนินการของเทศบาลไม่ว่าจะเป็นการดูแลรักษาความสะอาด การจัดหาภาชนะรองรับขยะ การเก็บขน หรือแม้แต่การเก็บค่าธรรมเนียมก็มีต้นทุน ทำให้เทศบาลเมืองน่านให้ความสำคัญกับการส่งเสริมให้ชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมในการดำเนินการ เพื่อให้การใช้งบประมาณเกิดประโยชน์และมีประสิทธิภาพสูงสุด

### 4.6.3 แนวทางการปรับปรุง

เทศบาลเมืองน่านสนับสนุนการจัดการสิ่งแวดล้อมโดยชุมชน เริ่มจากการให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมเพื่อให้งานรักษาความสะอาดและงานจัดการขยะมีประสิทธิภาพมากขึ้น ในปี 2545 เทศบาลเมืองน่านได้มีโครงการชุมชนมีส่วนร่วมในการพัฒนารายได้เทศบาลเมืองน่านกับชุมชนนำร่อง โดยให้ผู้ประสานงานทำหน้าที่จัดเก็บค่าธรรมเนียมขยะแทนพนักงานของเทศบาลช่วยให้สามารถเก็บค่าธรรมเนียมขยะใน 10 ชุมชนนำร่องได้เพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 60.97 เป็นร้อยละ 91.47 (ดารารัตน์ และนิศาชล, 2553) รูปที่ 4-39 แสดงภาพของโครงการมีส่วนร่วมของประชาชนในการดูแล ถนน ตรอก ซอย ในชุมชนเขตเทศบาลเมืองน่านที่เริ่มดำเนินการมาตั้งแต่ปี 2549 จนถึงปัจจุบัน โดยเทศบาลใช้งบประมาณหมวดค่าตอบแทนใช้สอย ประเภทรายจ่ายเพื่อให้ได้มาซึ่งบริการจำนวน 1.28 ล้านบาท ในการจ้างคนในชุมชน 173 คนในอัตราเดือนละ 600 บาทเพื่อทำหน้าที่รักษาความสะอาดภายในหมู่บ้าน

***รูปที่ 4-39 โครงการมีส่วนร่วมของประชาชนในการดูแล ถนน ตรอก ซอยในชุมชนเขตเทศบาลเมืองน่าน***

สำหรับการนำขยะกลับมาใช้ประโยชน์ในชุมชนมีการดำเนินการอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2550 ภายใต้โครงการอบรมการกำจัดขยะ รูปที่ 4-40 แสดงการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ด้วยไส้เดือนและการผลิตผัก

ปลอดสารพิษไว้กิน มีการอบรมให้ความรู้และสนับสนุนอุปกรณ์การทำน้ำหมักชีวภาพกับครัวเรือนที่สนใจเข้าร่วมโครงการ และการทำผลิตภัณฑ์ปุ๋ยหมักจากเศษขยะอินทรีย์ในตลาด ส่วนขยะรีไซเคิลทางเทศบาลเมืองน่านได้เริ่มดำเนินการกิจกรรมการจัดตลาดนัดขยะรีไซเคิลตั้งแต่ปี 2552 โดยมีการศึกษาดูงานที่จังหวัดเชียงใหม่

***รูปที่ 4-40 การฝึกอบรมทำปุ๋ยหมักจากเศษวัสดุอินทรีย์***

รูปที่ 4-41 แสดงภาพบรรยากาศการจัดตลาดนัดครั้งแรกที่นายกเทศมนตรีเมืองน่านมาเป็นเป็นประธานที่ชุมชนบ้านมหาโพธิ์ และการการอบรมให้ความรู้กับประชาชน เริ่มจากแกนนำหมู่บ้านละ 5 คน จากนั้นจึงให้ อสม. ขับเคลื่อนกิจกรรมในชุมชนร่วมกับบริษัทเอกชนที่ให้ความร่วมมือเข้ามารับซื้อขยะในวันที่ได้นัดหมาย เริ่มจาก 16 ชุมชนในปีแรกจนขยายผลครอบคลุมทั้ง 31 ชุมชนในปี 2556 มีปริมาณขยะรีไซเคิลที่คัดแยกได้ปีละกว่า 30 ตันคิดเป็นเงินประมาณ 150,000 บาทต่อปี

***รูปที่ 4-41* ผู้บริหารเทศบาลเมืองน่านเข้าร่วมกิจกรรมส่งเสริมการคัดแยกขยะรีไซเคิลของชุมชน**

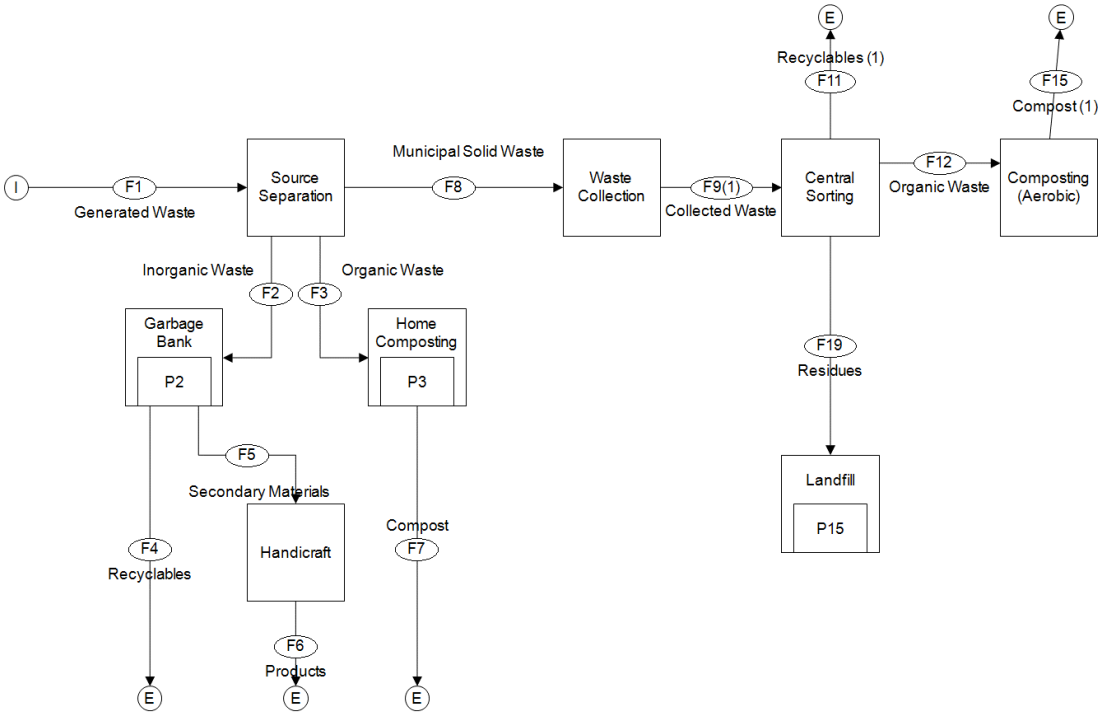
เนื่องจากชุมชนบ้านมหาโพธิ์มีความเข้มแข็งและให้ความร่วมมือกับเทศบาลอย่างต่อเนื่อง ทำให้ได้รับการส่งเสริมให้เป็นชุมชนต้นแบบ โดยมีกิจกรรมเด่นอยู่ที่การนำเศษวัสดุมาแปรรูปเป็นสิ่งประดิษฐ์และงานฝีมือ นอกจากนี้ยังมีการพัฒนากลไกส่งเสริมให้สมาชิกคัดแยกขยะ อาทิเช่น การซื้อกรมธรรม์ประกันอุบัติเหตุ วงเงินประกัน 100,000 บาทจำนวน 1 ฉบับ ให้กับผู้ที่บริจาคขยะรีไซเคิลมูลค่า 100

บาทให้กับหมู่บ้าน เป็นต้น บ้านมหาโพธิ์ได้รับเลือกให้เป็นชุมชนปลอดขยะของกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมประจำปี 2555 และ 2559

นอกจากการปรับปรุงการจัดการขยะที่ต้นทางโดยให้ชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมมากขึ้นแล้ว เทศบาลเมืองน่านยังมีการลงทุนปรับปรุงระบบกำจัดขยะจากการฝังกลบตามหลักสุขาภิบาลมาเป็นระบบที่มีการนำพลังงานจากขยะกลับมาใช้ประโยชน์ ด้วยการบำบัดขยะที่เก็บรวบรวมได้ด้วยกระบวนการเชิงกลและชีวภาพ (Mechanical and Biological Treatment หรือ MBT) เพื่อผลิตเชื้อเพลิงอัดก้อนจากขยะ (Refuse Derived Fuel หรือ RDF) และการรวบรวมก๊าซมีเทนที่เกิดจากการหมักขยะในหลุมฝังกลบมาใช้ประโยชน์ในรูปของก๊าซชีวภาพ

### 4.7.4 สรุปเส้นทางการจัดการขยะ

รูปที่ 4-42 แสดงเส้นทางการจัดการขยะของเทศบาลเมืองน่าน เทศบาลมีการให้แรงจูงใจให้เกิดการรวมกลุ่มกันการคัดแยกขยะรีไซเคิลที่ต้นทาง และส่งเสริมการจัดการขยะอินทรีย์ในระดับครัวเรือนและระดับชุมชนด้วยการหมักทำปุ๋ย อย่างไรก็ดี เนื่องจากข้อจำกัดของบริบทชุมชนเมืองประกอบกับกิจกรรมในพื้นที่ที่มีประชากรแฝงที่มาติดต่อราชการและมาท่องเที่ยวทำให้มีปริมาณขยะเกิดขึ้นมาก ทำให้เทศบาลเมืองน่าน แม้จะมีรถขนขยะถึง 8 คัน แต่ต้องดำเนินการเก็บขนขยะรวมไม่แยกประเภทจากแหล่งกำเนิดเป็นประจำทุกวัน



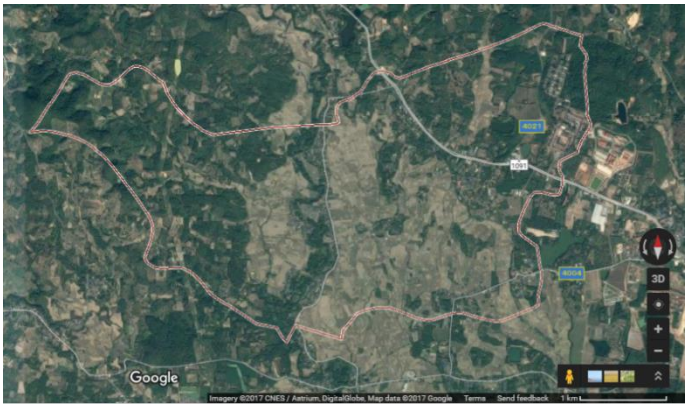

*รูปที่ 4-42 การเคลื่อนย้ายขยะของเทศบาลเมืองน่าน อำเภอเมือง จังหวัดน่าน*

ข้อจำกัดของการจัดการที่ต้นทางนั้นถูกชดเชยด้วยการลงทุนในเทคโนโลยีการจัดการขยะที่เก็บรวบรวมมาได้ เทศบาลเมืองน่านเป็นศูนย์กลางของการจัดการขยะแบบคลัสเตอร์และมีสถานที่กำจัดขยะที่ถูกหลักสุขาภิบาล รวมทั้งมีเครื่องจักรที่ช่วยในการคัดแยกขยะรีไซเคิลและมีแผนเพิ่มระบบการนำพลังงานจากขยะกลับมาใช้งานทั้งในรูปของการทำเชื้อเพลิงก้อนอัดแท่งและการนำก๊าซชีวภาพจากการหมักขยะย่อยสลายได้กลับมาใช้ประโยชน์

## 4.8 องค์การบริหารส่วนตำบลถืมตอง

### 4.8.1 ข้อมูลพื้นฐาน

อบต.ถืมตองเป็นตัวอย่างของ อปท. ที่อยู่ในพื้นที่ของการจัดการขยะแบบคลัสเตอร์ในอำเภอเมืองน่าน ดังนั้นจึงสามารถส่งขยะออกไปกำจัด ในขณะเดียวกันก็มีหมู่บ้านต้นแบบที่ได้รับรางวัลระดับประเทศในการจัดตั้งธนาคารขยะคือบ้านวังฆ้อง ดังนั้นจึงมีองค์ประกอบพื้นฐานคล้ายคลึงกับหลายท้องถิ่นที่ได้กล่าวถึงไป และเป็นกรณีศึกษาที่น่าสนใจสำหรับการเปรียบเทียบ




| | |
|---|---|
| พื้นที่ | 24.82 ตร.กม. |
| ชุมชน | 8 หมู่บ้าน |
| ประชากร | 3,417 คน |
| ครัวเรือน | 1,267 หลังคาเรือน |
| นายกฯ | นายภานุพันธ์ ศรีนวน |
| บุคลากร | 41 คน |
| กองสาธารณสุขฯ | ไม่มี |
| รถเก็บขยะ | ไม่มี |
| ระบบกำจัดขยะ | ไม่มี |
| บ่อขยะหมู่บ้าน | ไม่มี |

ที่มา: (Google Maps 2017)

***รูปที่ 4-43 ข้อมูลพื้นฐาน อบต.ถืมตอง อำเภอเมือง จังหวัดน่าน***

### 4.8.2 ปัญหาการจัดการขยะ

อบต.ถืมตองนำขยะไปกำจัดร่วมกับเทศบาลเมืองน่านตั้งแต่ปี 2551 โดยจ้างเหมาให้เอกชนเข้าดำเนินการจัดเก็บขยะจากทั้ง 8 หมู่บ้านเดือนละ 2 ครั้ง เพื่อนำไปทิ้งที่บ่อฝังกลบขยะตำบลผาสิงห์ รูปที่ 4-44 แสดงถังขยะแบบมีหูหิ้วที่ อบต.ถืมตองจัดหาไว้ประจำชุมชนต่างๆ

***รูปที่ 4-44 ถังขยะในตำบลถิมตอง อำเภอเมือง จังหวัดน่าน***

ปัญหาการจัดการขยะของ อบต.ถิมตอง คือ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการเก็บขนและทิ้งขยะ โดย อบต.ต้องจ่ายค่าเก็บขนและขนส่งให้เอกชนในอัตรากิโลกรัมละ 1.50 บาท ส่วนค่าทิ้งขยะ เดิมเทศบาลเมืองน่านคิดในอัตรากิโลกรัมละ 1 บาท ต่อมาปรับขึ้นเป็นกิโลกรัมละ 1.20 บาทตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 รวมแล้ว อบต.ถิมตอง เสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินการเก็บขนและกำจัดขยะกิโลกรัมละ 2.70 บาท ในขณะที่จัดเก็บค่าธรรมเนียมจากครัวเรือนในตำบลถิมตองเพียงเดือนละ 20 บาทต่อครัวเรือน นอกจากนี้ เนื่องจากเอกชนไม่ได้มีอาชีพหลักในการขนขยะ ทำให้บางครั้งติดงานไม่สามารถไปเก็บขยะได้ตามวันที่นัดหมายไว้ทำให้เกิดขยะตกค้างและข้อร้องเรียน

### 4.8.3 แนวทางการปรับปรุง

การแก้ปัญหาการจัดการขยะของ อบต.ถิมตอง เริ่มจากการการพัฒนาหมู่บ้านนำร่องในปี 2551 โดยเลือกหมู่ที่ 3 บ้านวังฆ้อง และจัดประชุมประชาคมหมู่บ้านร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง อาทิเช่น ทสจ.น่าน โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลถิมตอง เพื่อวิเคราะห์สภาพปัญหาของบ้านวังฆ้อง ซึ่งพบว่ามี 2 ประเด็นหลักได้แก่ ปัญหาการขาดแคลนน้ำในการอุปโภคบริโภคและปัญหาการจัดการขยะ โดย อบต.ถิมตอง รับจะเข้ามาแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำ และมติจากเสียงส่วนใหญ่ของประชาคมเห็นร่วมกันว่าปัญหาขยะสามารถจัดการได้ด้วยครัวเรือน โดยการสานเสวนาในกิจกรรมต่างๆ ของชุมชนนำมาสู่แนวความคิดการจัดตั้งธนาคารขยะของชุมชนบ้านวังฆ้องขึ้น เมื่อวันที่ 6 มิถุนายน 2552 โดยใช้สถานที่ด้านข้างสถานีอนามัยตำบลถิมตอง (รูปที่ 4-45)

***รูปที่ 4-44 การรับซื้อขยะรีไซเคิลในตำบลถิมตอง อำเภอเมือง จังหวัดน่าน***

ธนาคารขยะบ้านวังฆ้องบริหารงานในรูปของคณะกรรมการที่เป็นตัวแทนของหมู่บ้านจำนวน 7 คน โดยมีคุณสมศักดิ์ ไชยศรี ประชาสัมพันธ์ของชุมชนเป็นประธาน ดังนั้นจึงมีจุดแข็งในการประชาสัมพันธ์สร้างความเข้าใจแก่ครัวเรือนร่วมกับคณะกรรมการของหมู่บ้านผ่านการประกาศเสียงทางสายในชุมชน เพื่อกระตุ้นให้มีส่วนร่วมในการลดการใช้ การใช้ซ้ำ และการรีไซเคิล และให้ครัวเรือนเข้าใจวิธีการคัดแยกขยะ นอกจากนี้ยังมีการตั้งคณะกรรมการที่เรียกว่าสายตรวจความสะอาด ที่มีหน้าที่ตรวจสอบความเรียบร้อยของชุมชน โดยหากพบขยะตกเรี่ยราดบริเวณหน้าบ้านของครัวเรือนไหน ก็สามารถที่จะเข้าไปตักเตือนและปรับเพิ่มเพื่อให้เกิดจิตสำนึกในการร่วมดูแลความสะอาดภายในบริเวณชุมชน

ขยะที่ได้จากการคัดแยกจากครัวเรือนจะนำมาขายให้แก่คณะกรรมการในทุกวันเสาร์แรกของเดือน โดยในการรับซื้อขยะจะมีกลุ่มแม่บ้านจากทุกหมวดผลัดเปลี่ยนหมุนเวียนกันช่วยรับซื้อและคัดแยกขยะเป็นประจำทุกเดือน และมีบริษัทวงษ์พาณิชสาขาพระธาตุเขาน้อย และสาขาอำเภอนาน้อยเข้ามารับซื้อขยะรีไซเคิล โดยเมื่อมีเศษวัสดุประมาณ 3 ตันทางคณะกรรมการจะติดต่อให้บริษัทนำรถบรรทุกหกล้อมารับซื้อถึงชุมชน (รูปที่ 4-46)

***รูปที่ 4-46 การรับซื้อขยะรีไซเคิลของเอกชนจากธนาคารขยะบ้านวังฆ้อง ตำบลถิมตอง***

นอกจากขยะรีไซเคิลแล้ว ในปี พ.ศ.2552 บ้านวังฆ้องยังได้รับการสนับสนุนการจัดกรขยะอินทรีย์จาก อบต.ถิมตอง ที่สนับสนุนหัวเชื้อจุลินทรีย์ในการทำปุ๋ยหมัก และได้ร่วมดำเนินการร่วมกับภาคเครือข่ายในชุมชน เช่น รพ.สต. อสม. และโรงเรียนบ้านถิมตอง (รูปที่ 4-46) ทำให้บ้านวังฆ้องชนะเลิศระดับตำบลในโครงการ “หมู่บ้านน่าอยู่ ชุมชนน่ามอง” ชนะเลิศระดับจังหวัดในโครงการส่งเสริมจัดเก็บขยะและคัดแยกขยะมูลฝอยจากต้นกำเนิดในชุมชน และได้รับรางวัลหมู่บ้านต้นแบบปลอดการเผาไร้ควันพิษ ระดับ 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบนของกรมควบคุมมลพิษ และรางวัลชนะเลิศในการประกวดโครงการจัดตั้งธนาคารวัสดุรีไซเคิล 400 ชุมชน ประเภทชุมชนเครือข่ายประจำปี 2553 ของกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และสถาบันการจัดการบรรจุภัณฑ์และรีไซเคิลเพื่อสิ่งแวดล้อม (TIPMSE) สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย เป็นลำดับ

***รูปที่ 4-46 ภาคีเครือข่ายภายในชุมชนของบ้านวังฆ้อง ตำบลถืมตอง***

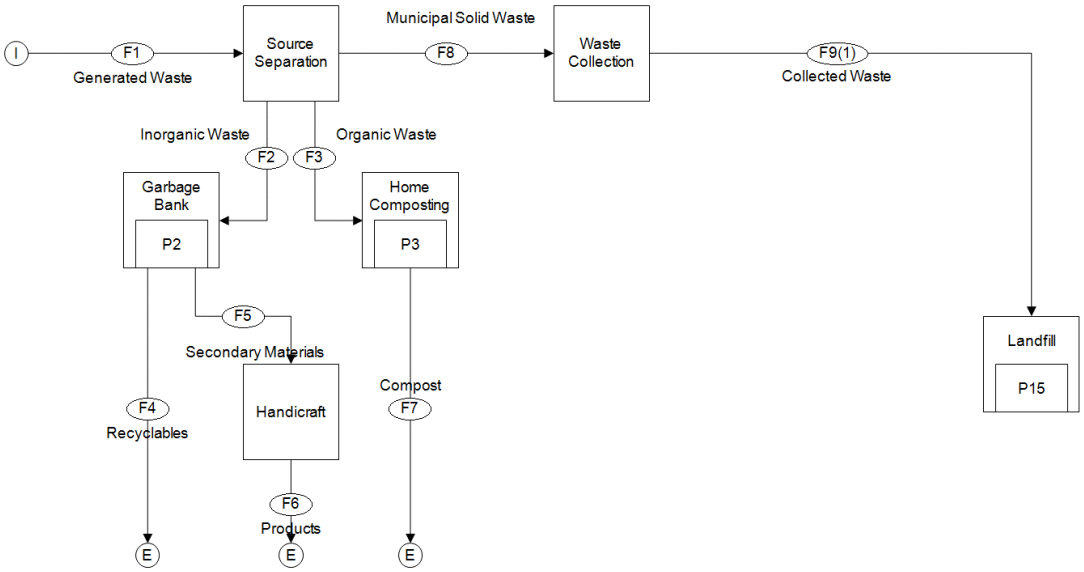
ความสำเร็จในการดำเนินการทำให้บ้านวังฆ้องได้รับการสนับสนุนจาก TIPMSE ทั้งในด้านของความรู้ ระบบบริหารจัดการ วิทยากรในการจัดฝึกอบรมให้แก่แกนนำของชุมชน เช่น การจัดอบรมการประดิษฐ์จากเศษวัสดุที่เหลือใช้ให้แก่กลุ่มแม่บ้านบ้านวังฆ้อง ตลอดจนการก่อสร้างอาคารหลังใหม่ และการจัดตั้งร้านศูนย์บาท ในปี 2555 เพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้สังคมรีไซเคิล (รูปที่ 4-47) นอกจากนี้ ทางชุมชนยังได้รับการสนับสนุนจาก ทสจ.น่าน ยังได้เข้ามาสนับสนุนงบประมาณในการจัดศึกษาดูงานการจัดการขยะโดยใช้ใส่เดือนมาช่วยกำจัดขยะอินทรีย์ที่จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อเป็นทางเลือกในการจัดการขยะอินทรีย์

***รูปที่ 4-47 ร้านศูนย์บาทและการนำเศษวัสดุมาทำเป็นงานฝีมือที่บ้านวังฆ้อง ตำบลถืมตอง***

ผลการดำเนินงานช่วยแก้ปัญหาในชุมชน จากเดิมที่ครัวเรือนนำขยะมารอให้เอกชนที่ อบต.ว่าจ้างมาจัดเก็บไป เกิดภาพที่ไม่สวยงามต่อผู้พบเห็น ก็ทำให้มีความสะอาดมากขึ้นเนื่องจากปริมาณขยะจากครัวเรือนมีปริมาณที่ลดลง โดยในปี พ.ศ. 2551 – 2553 ค่าใช้จ่ายในการกำจัดขยะให้แก่ทางเทศบาลเมืองน่านของ อบต.ถืมตองลดลงจาก 266,889.75 บาท ในปี 2551 เหลือ 185,085.00 บาทในปี 2553 นอกจากนั้นยังมีชุมชนและองค์กรที่ให้ความสนใจได้มาศึกษาดูงานในการจัดการขยะของชุมชนต้นแบบมาเยี่ยมชนศูนย์เรียนรู้ในการดำเนินงานของธนาคารขยะ และการดำเนินงานของร้านศูนย์บาทของชุมชนบ้านวังฆ้องทั้งภายในจังหวัดน่าน และจากต่างจังหวัด

### 4.8.4 สรุปเส้นทางการจัดการขยะ

รูปที่ 4-48 แสดงเส้นทางการจัดการขยะของ อบต.ถืมตอง ซึ่งมีการสนับสนุนให้ครัวเรือนหมักขยะอินทรีย์เป็นปุ๋ยที่ต้นทาง โดยสนับสนุนถังหมักเป็นอุปกรณ์ ส่วนขยะรีไซเคิลนั้นมีหมู่บ้านต้นแบบที่มีการรวมตัวกันทำกิจกรรมในรูปแบบของธนาคารขยะ ร้านค้าชุมชน และการทำสิ่งประดิษฐ์จากเศษวัสดุ การจัดการขยะที่ต้นทางนอกจากจะได้รับการสนับสนุนจาก อบต.และหน่วยงานภายนอกแล้ว การกำหนดให้มีการเก็บรวบรวมขยะไปกำจัดเพียง 2 ครั้งต่อเดือน ก็เป็นเงื่อนไขที่ผลักดันให้ชุมชนและครัวเรือนต้องมีการจัดการขยะที่ต้นทาง




***รูปที่ 4-48 การเคลื่อนย้ายขยะของ อบต.ถืมตอง อำเภอเมือง จังหวัดน่าน***

สำหรับขยะที่เหลือทาง อบต.ถืมตองได้ว่าจ้างให้เอกชนเข้ามาเก็บขนไปกำจัดที่ศูนย์กำจัดขยะของเทศบาลเมืองน่าน โดยเสียค่าใช้จ่ายต่อหน่วยในอัตราค่อนข้างสูง 1.5 บาทต่อกิโลกรัมสำหรับการขนส่ง และ 1.2 บาทต่อกิโลกรัมสำหรับการกำจัดขยะตามหลักสุขาภิบาลที่มีการนำพลังงานกลับมาใช้ประโยชน์

## 4.9 องค์การบริหารส่วนตำบลป่าคา

### 4.9.1 ข้อมูลพื้นฐาน

อบต.ป่าคาเป็นกรณีศึกษาของ อปท. ที่มีการให้บริการเก็บขนขยะ แต่ยังไม่มีระบบการกำจัดขยะยังอาศัยการเทกอง แต่เนื่องจากที่ตั้งของบ่อขยะหมู่บ้านส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ป่าจึงมีความพยายามในการส่งเสริมให้ชุมชนมีความร่วมมือในการจัดการขยะที่ต้นทางเพื่อลดความเสี่ยงในการพึ่งพาบ่อขยะที่อาจจะถูกปิดตามนโยบายของรัฐบาล

| | |
|---|---|
| พื้นที่ | 135.4 ตร.กม. |
| ชุมชน | 7 หมู่บ้าน |
| ประชากร | 5,065 คน |
| ครัวเรือน | 1,663 หลังคาเรือน |
| นายกฯ | นายยุทธนา ดวงประภากร |
| บุคลากร | 38 คน |
| กองสาธารณสุขฯ | ไม่มี |
| รถเก็บขยะ | อัดท้าย 1 คัน |
| ระบบกำจัดขยะ | ไม่มี |
| บ่อขยะหมู่บ้าน | มี 6 แห่ง |

ที่มา: (Google Maps 2017)

***รูปที่ 4-49 ข้อมูลพื้นฐาน อบต.ป่าคา อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน***

### 4.9.2 ปัญหาของการจัดการขยะ

อบต.ป่าคามีรถบรรทุกขยะแบบอัดท้ายจำนวน 1 คัน (รูปที่ 4-50) เดิมให้บริการเก็บขนขยะสัปดาห์ละ 4 วัน โดยวันจันทร์เก็บขยะหมู่ 1 บ้านฝายมูล วันอังคารเก็บขยะหมู่ 5 บ้านหนองบัว และหมู่ 6 บ้านดอนแก้ว วันพุธหมู่ 2 บ้านต้นฮ่างและหมู่ 3 บ้านสบย่าง วันพฤหัสบดีหมู่ 4 บ้านหนองม่วง ขยะที่เก็บรวบรวมได้จะถูกนำไปทิ้งที่บ่อขยะของหมู่บ้านที่มีจำนวน 6 บ่อโดยบ้านต้นฮ่างและบ้านสบย่างทิ้งขยะร่วมกัน ดังที่เห็นในรูปที่ 4-2 ส่วนหมู่ที่ 7 บ้านสบขุ่น ซึ่งตั้งอยู่ห่างออกไปจากหมู่บ้านอื่นนั้นจัดการขยะด้วยตัวเอง โดยมีคนในชุมชนใช้รถกระบะรับจ้างขนขยะในหมู่บ้านเดือนละ 2 ครั้ง

**รูปที่ 4-50 การเก็บขนขยะของ อบต.ป่าคาเพื่อนำไปทิ้งในบ่อขยะของหมู่บ้าน**

แม้ว่าบ่อขยะของตำบลป่าคาจะยังสามารถรองรับขยะเพิ่มเติมได้ โดยในอดีตปริมาณขยะที่ อบต.ป่าคา เก็บขนได้ตกสัปดาห์ละประมาณ 12 ตัน เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนประชากรของ 6 หมู่บ้านที่ อบต. ให้บริการ 3,943 คนแล้วสามารถคำนวณปริมาณขยะที่ อบต. ต้องเก็บขนขยะเพื่อนำไปกำจัดได้เฉลี่ย 0.43 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน แต่บ่อขยะส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในพื้นที่ป่า (รูปที่ 4-50) ดังนั้นทาง อบต.ป่าคาจึงได้ดำเนินการส่งเสริมให้ชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการขยะตามนโยบายของรัฐบาลที่ประกาศให้

การจัดการขยะเป็นวาระแห่งชาติ และดำเนินการตามโรดแมปเพื่อปิดบ่อขยะที่ไม่ถูกหลักสุขาภิบาลด้วยการสร้างวินัยให้ประชาชนคัดแยกขยะ

***รูปที่ 4-51 บ่อขยะของหมู่บ้านในตำบลป่าคา***

**4.9.3 แนวทางการปรับปรุง**

อบต.ป่าคาเริ่มสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับนโยบายการจัดการขยะของรัฐบาลกับผู้บริหาร สมาชิกสภาและผู้นำชุมชนในการประชุมประจำเดือนพฤศจิกายนและธันวาคม 2557 จากนั้นจึงชี้แจงให้ประชาชนรับทราบถึงความสำคัญของการคัดแยกขยะในช่วงการทำประชาคมจัดทำแผนพัฒนาสามปีและการแจกเบี้ยผู้สูงอายุระหว่างเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์ 2558

การดำเนินงานในปีงบประมาณ 2558 ทาง อบต.ป่าคา อาศัยงบประมาณจาก สปสช. ในการดำเนินการโครงการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ปลอดภัยต่อสุขภาพของหมู่บ้านในตำบลป่าคา เพื่อพัฒนารูปแบบการส่งเสริมให้ประชาชนคัดแยกขยะ ผ่านการฝึกอบรม 3 รอบ รอบแรกทาง อบต. พาแกนนำหมู่บ้านไปศึกษาดูงานที่บ้านวังฆ้อง ตำบลถืมตอง จากนั้นในรอบที่สองจึงจัดฝึกอบรมให้ความรู้กับแกนนำและ อสม. เกี่ยวกับการคัดแยกและรับซื้อขยะรีไซเคิลโดยมีวิทยากรจากบ้านวังฆ้องในวันที่ 1 มีนาคม 2558 สุดท้ายในรอบที่สามแกนนำจะดำเนินการฝึกอบรมสมาชิกในชุมชนพร้อมกับขายขยะที่คัดแยกได้จริง โดยนัดวันทำการหมู่บ้านละ 1 วันในเดือนมีนาคมหรือเมษายน โดยมีวิทยากรจากบ้านวังฆ้องและเจ้าหน้าที่ อบต. ผู้รับผิดชอบโครงการเข้าร่วมให้คำแนะนำ และมีบริษัทเชิดชัย เครือข่ายวงษ์พานิช สาขาอำเภอนาน้อยให้ความร่วมมือมารับซื้อขยะ

ผลการจัดกิจกรรมตลาดนัดขยะรอบแรกประสบความสำเร็จสามารถรวบรวมขยะรีไซเคิลจากทั้ง 7 หมู่บ้านได้ 9,015 กิโลกรัม ดังนั้นทางหมู่บ้านจึงมีการทำกิจกรรมอย่างต่อเนื่องโดยนัดกันในวันเสาร์ต้นเดือน เพื่อให้บริษัทเข้ามารับซื้อเศษวัสดุหลังทำกิจกรรม เมื่อเปรียบเทียบกับผลการชั่งน้ำหนักขยะที่ อบต. เก็บขนในเดือนมิถุนายน 2558 พบว่าปริมาณขยะเหลือสัปดาห์ละ 9.4 ตัน ลดลง 2.6 ตันหรือประมาณร้อยละ 20 สอดคล้องกับปริมาณขยะรีไซเคิลที่รวบรวมได้จาก 6 หมู่บ้านประมาณสัปดาห์ละ 2 ตัน ทั้งนี้ จากการสัมภาษณ์พบว่าเมื่อทราบว่าทางตำบลมีการรณรงค์ให้ครัวเรือนคัดแยกขยะก็มีรถรับซื้อ

ของเก่าจากอำเภอปัวเข้ามาตระเวนซื้อขยะบ่อยขึ้น และมีครัวเรือนส่วนหนึ่งขายขยะรีไซเคิลให้กับรถเร่โดยตรง เนื่องจากมีความสะดวก ไม่ต้องรอการจัดตลาดนัดขยะ

ในเดือนมิถุนายน 2558 ทาง อบต.ป่าคา ได้มีการแลกเปลี่ยนประสบการณ์การส่งเสริมให้ครัวเรือนคัดแยกขยะกับทางเครือข่ายเชียงรายปลอดขยะ โดยมีคณะดูงานจากเชียงรายเข้ามาศึกษาดูงานกิจกรรมตลาดนัดขยะที่บ้านหนองบัว จากนั้นทางคณะของ อบต.ป่าคา อันประกอบด้วยนายก อบต. รองนายก อบต. ประธานสภา กำนัน ผู้ใหญ่บ้าน และเจ้าหน้าที่จึงได้ไปร่วมงานประชุมของ อบจ.เชียงราย ที่ห้องประชุมคชสาร เมื่อวันที่ 26 มิถุนายน 2558 และได้เรียนรู้เกี่ยวกับการใช้เสวียนจัดการขยะอินทรีย์และการรับซื้อถุงพลาสติกของบริษัทเอกชนที่ต่อมาได้มีการติดต่อให้มารับซื้อจากตำบลป่าคา (รูปที่ 4-52)

***รูปที่ 4-52 การรับซื้อถุงพลาสติกของเอกชนที่ตำบลป่าคา***

การดำเนินการในปีงบประมาณ 2559 เพิ่มการจัดประกวดชุมชน โดยอาศัยเกณฑ์การประเมินที่ศึกษาจากกรณีตัวอย่างของจังหวัดเชียงรายและเกณฑ์การประกวดชุมชนปลอดขยะของกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (รูปที่ 4-53) นอกจากนี้ทาง อบต.ยังได้นำผู้บริหาร เจ้าหน้าที่และแกนนำชุมชนไปศึกษาดูงานที่จังหวัดเพชรบุรีในโครงการแหลมผักเบี้ยซึ่งเป็นตัวอย่างที่ดี และใน อบต.โพธิ์ไร่หวานซึ่งประสบปัญหาการจัดเก็บค่าธรรมเนียมขยะและปริมาณขยะจากประชากรแฝง เพื่อสร้างความตระหนักถึงความสำคัญของการจัดการขยะด้วยชุมชน ผลการประกวดช่วยให้ อบต.ป่าคา มีปริมาณขยะที่ต้องเก็บขนไปกำจัดลดลงเหลือเพียงสัปดาห์ละ 5.56 ตัน หรือลดลงถึงร้อยละ 46

*รูปที่ 4-53 บรรยากาศการชี้แจงการจัดประกวดชุมชนของ อบต.ป่าคา*

นอกจากการประกวดหมู่บ้านแล้ว อบต.ป่าคายังได้รับงบประมาณสนับสนุนจากกองทุนสิ่งแวดล้อม เพื่อพัฒนาบ้านหนองบัวให้เป็นหมู่บ้านต้นแบบ โดยมีการศึกษาดูงานต้นแบบชุมชนปลอดขยะที่บ้านทุ่งศรี อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่ (รูปที่ 4-54) และการฝึกอบรมการทำสิ่งประดิษฐ์จากเศษวัสดุ เช่น ตะกร้าจากซองกาแฟ ตุ้มหูและสร้อยข้อมือจากเศษกระดาษ ฯลฯ โดยได้รับความอนุเคราะห์วิทยากรจากบ้านวังฆ้องและบ้านมหาโพธิ์ ส่วนการดำเนินการภายในชุมชนนั้นมีการจัดกรรมการของแต่ละหมวดในการชั่งน้ำหนักขยะของแต่ละครัวเรือนเพื่อติดตามผลและให้คำแนะนำสำหรับการคัดแยกขยะ การจัดทำป้ายรณรงค์และจุดรองรับขยะอันตรายเพิ่มเติม การพัฒนาศูนย์เรียนรู้การทำปุ๋ยอินทรีย์ที่โรงเรียนของหมู่บ้าน การสนับสนุนกลุ่มผลิตน้ำหมักล้างจานโดยซื้อมาเป็นของรางวัลสำหรับผู้ให้ความร่วมมือคัดแยกขยะอันตรายเวลาจัดกิจกรรม การสนับสนุนกลุ่มทำดอกไม้จันในการซื้อร่วมงานศพ และการจับฉลากในประชุมประจำเดือนสำหรับผู้นำขยะรีไซเคิลมาร่วมกิจกรรม

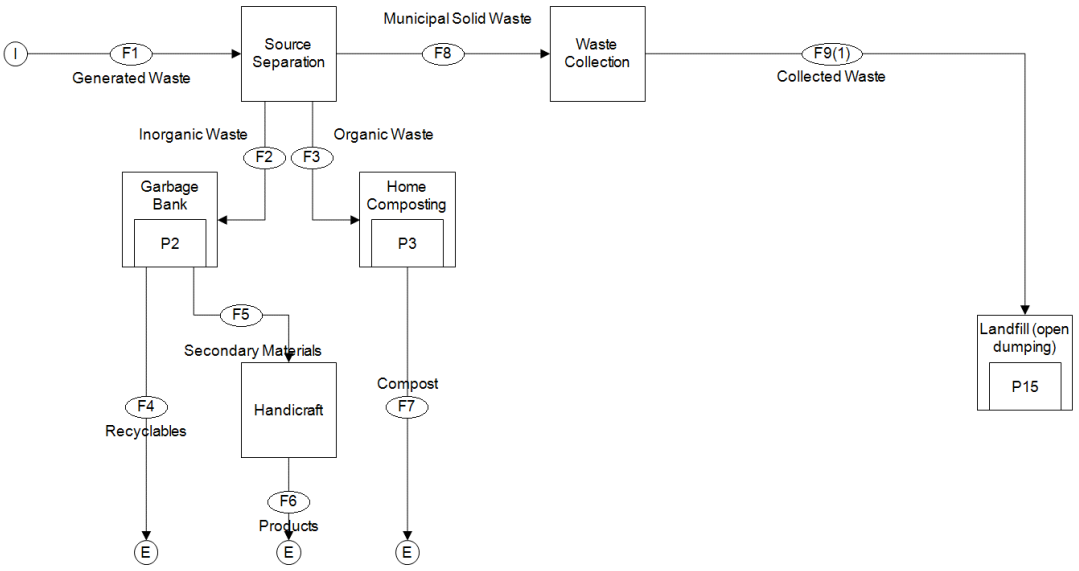
*รูปที่ 4-54 การศึกษาดูงานที่บ้านทุ่งศรีของคณะจาก อบต.ป่าคา*

สำหรับปีงบประมาณ 2560 ทาง อบต.ป่าคา มีการดำเนินการจัดตลาดนัดขยะรีไซเคิลและการประกวดชุมชนปลอดขยะอย่างต่อเนื่อง และได้ขยายผลไปยังกลุ่มเยาวชน โรงเรียนสบขุ่นและโรงเรียนชุมชนไตรคามราษฎร์บำรุง (บ้านสบย่าง) ดำเนินการโครงการธนาคารความดี โดยนักเรียนจะได้รับคะแนนจากการคัดแยกขยะภายในโรงเรียนและได้รับคะแนนพิเศษจากการคัดแยกและนำขยะที่บ้านมาร่วมกิจกรรม ส่วนโรงเรียนบ้านหนองบัวที่มีจำนวนนักเรียนน้อยนั้นจะเข้าร่วมกิจกรรมการสร้างจิตสำนึกและการตรวจเยี่ยมครัวเรือนที่ชุมชนดำเนินการอยู่ (รูปที่ 4-55)

*รูปที่ 4-55 การติดตามผลการดำเนินการที่บ้านหนองบัว ตำบลป่าคา*

### 4.9.4 สรุปเส้นทางการจัดการขยะ

รูปที่ 4-56 แสดงเส้นทางการจัดการขยะของ อบต.ป่าคา การส่งเสริมการจัดการขยะที่ต้นทางเริ่มจากการจัดกิจกรรมคัดแยกขยะรีไซเคิลที่มีทางไปชัดเจนในระดับชุมชน จากนั้นจึงสร้างหมู่บ้านต้นแบบที่มีรูปแบบการจัดการขยะอินทรีย์ที่ครัวเรือนด้วยอุปกรณ์ที่หาได้ง่าย ก่อนที่จะขยายผลไปยังหมู่บ้านอื่นด้วยกลไกของการจัดประกวด ทั้งนี้ การเก็บรวบรวมขยะของ อบต.ยังช่วยให้สามารถติดตามผลการดำเนินงานได้อย่างต่อเนื่อง




*รูปที่ 4-56 การเคลื่อนย้ายขยะของ อบต.ป่าคา อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน*

การกำจัดขยะยังเป็นปัญหาของ อบต.ป่าคา เนื่องจากยังใช้บ่อขยะของหมู่บ้านที่กระจายตัวอยู่ในชุมชน เป็นแหล่งมลพิษเช่นเดียวกับในกรณีของเทศบาลตำบลเชียงเคี่ยนและเทศบาลตำบลหงาวในจังหวัดเชียงราย อย่างไรก็ดี การมีระบบเก็บขนขยะอาจจะช่วยให้ อบต.ป่าคาสามารถปรับปรุงการจัดการที่ปลายทางไปรวมกับระบบคลัสเตอร์และปิดบ่อขยะตามนโยบายของรัฐบาลได้ง่ายกว่าอีก 2 ท้องถิ่น

**4.10 สรุปท้ายบท**

การทบทวนประสบการณ์ของกรณีศึกษาทั้ง ๙ แห่งทำให้เห็นถึงความสำคัญของการจัดการขยะที่ต้นทาง การส่งเสริมให้ชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาด้วยการลดและคัดแยกขยะช่วยให้ อปท. ที่เป็นกรณีศึกษาสามารถรับมือกับท้าทายของการจัดการขยะมูลฝอยได้ นอกจากนี้ในบางกรณียังสามารถพลิกวิกฤตให้เป็นโอกาส เช่น ในกรณีของบ้านโป่งศรีนครที่นำขยะมาเป็นประเด็นในการขับเคลื่อนการพัฒนาหมู่บ้านจนสำเร็จกลายเป็นชุมชนต้นแบบปลอดขยะในระดับประเทศ อย่างไรก็ตาม จะเห็นว่าแม้ในกลุ่ม อปท. ที่เป็นกรณีศึกษาก็มีระดับการจัดการขยะที่ต้นทางแตกต่างกันทั้งในมิติของการพัฒนาต่อยอดกิจกรรมและการขยายผลให้ครอบคลุมพื้นที่ให้บริการ บางพื้นที่เลือกดำเนินการตามความสมัครใจ เช่นในกรณีของ อบต.ดอนแก้ว หรือพัฒนาชุมชนนำร่อง เช่นในกรณีของเทศบาลเมืองน่าน และอบต.ถืมตอง ในขณะที่บางแห่งเช่น อบต.เมืองพาน หรืออยู่ในระหว่างการขายผลจากการนำร่องไปให้ครอบคลุมทั้งพื้นที่ เช่น เทศบาลตำบลสันทราย เทศบาลตำบลโรงช้าง เทศบาลตำบลเชียงเคี่ยน เทศบาลตำบลหงาว และ อบต.ป่าคา ดังนั้นในการวิเคราะห์จึงไม่สามารถนำข้อมูลของ อปท. เหล่านี้มาเปรียบเทียบกันได้โดยตรง แต่ต้องอาศัยการสร้างฉากทัศน์ของการจัดการภายใต้บริบทของ อปท. ทั้ง ๙ แห่งนี้ในกรณีที่มีและไม่มีการจัดการขยะที่ต้นทางขึ้นมา ดังที่จะนำเสนอในบทต่อไป

# บทที่ 5

# ผลการวิเคราะห์

บทที่ 5 นำเสนอแบบจำลองการจัดการขยะที่ได้จากการสังเคราะห์ผลการวิเคราะห์การเคลื่อนย้ายวัสดุภายในระบบการจัดการขยะของ อปท.ที่เป็นกรณีศึกษาทั้ง 9 แห่ง การวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ การวิเคราะห์ต้นทุนตามโครงสร้างกิจกรรมของการจัดการขยะ และการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิต เป้าหมายของการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบต้นทุนและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อ อปท.มีการส่งเสริมการคัดแยกขยะที่ต้นทาง เพื่อทดสอบสมมติฐานว่าการคัดแยกขยะที่ต้นทางลดต้นทุนและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการจัดการขยะ

## 5.1 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนตามโครงสร้างกิจกรรม

การจัดการขยะเริ่มต้นที่การคัดแยกขยะที่ต้นทาง กรณีศึกษาของ อปท.ทั้ง 9 แห่งแสดงให้เห็นว่าการคัดแยกขยะที่ต้นทางเป็นหัวใจของการจัดการขยะ อย่างไรก็ดี การคัดแยกขยะยังไม่ใช่เรื่องปกติในประเทศไทย กฎหมายหลักระดับพระราชบัญญัติที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะยังไม่ได้กำหนดให้การคัดแยกเป็นหน้าที่ของแหล่งกำเนิดขยะ ดังนั้น อปท.จึงจำเป็นต้องมีกิจกรรมหรือโครงการส่งเสริมให้มีการคัดแยกขยะที่ต้นทาง เพื่อลดปริมาณขยะที่ต้องเก็บขนไปกำจัด

### 5.1.1 การคัดแยกขยะที่ต้นทาง

การจัดการขยะเริ่มต้นที่การคัดแยกขยะที่ต้นทาง กรณีศึกษาของ อปท.ทั้ง 9 แห่งแสดงให้เห็นว่าการคัดแยกขยะที่ต้นทางเป็นหัวใจของการจัดการขยะ อย่างไรก็ดี การคัดแยกขยะยังไม่ใช่เรื่องปกติในประเทศไทย กฎหมายหลักที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะยังไม่ได้กำหนดให้การคัดแยกเป็นหน้าที่ของแหล่งกำเนิดขยะ ดังนั้น อปท.จึงจำเป็นต้องมีกิจกรรมหรือโครงการส่งเสริมให้มีการคัดแยกขยะที่ต้นทาง เพื่อลดปริมาณขยะที่ต้องเก็บขนไปกำจัด

หน้าที่ของการคัดแยกขยะที่ต้นทางคือ การลดปริมาณขยะมูลฝอยที่ อปท.ต้องนำไปกำจัดโดยการนำเศษวัสดุกลับมาใช้ประโยชน์ที่แหล่งกำเนิด ขอบเขตของกิจกรรมที่อยู่ในขั้นตอนการคัดแยกที่ต้นทางคือ การเปลี่ยนมูลค่าของเศษวัสดุจากลบเป็นบวก หรืออีกนัยหนึ่งคือการเปลี่ยน “ขยะ” เป็น “ทรัพยากร” ทั้งนี้ ผลผลิตที่ได้จากกิจกรรมไม่จำเป็นต้องถูกขายในตลาด แต่อาจจะถูกนำมาใช้เป็นทรัพยากรของชุมชนเพื่อทดแทนสินค้าที่ต้องหาซื้อจากตลาด

ตารางที่ 5-1 แสดงผลการคำนวณปริมาณขยะมูลฝอยที่คาดว่าจะเกิดขึ้นทั้งหมดในพื้นที่ของกรณีศึกษาทั้ง 9 แห่งตามจำนวนประชากรและอัตราการเกิดขยะต่อคนของกรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่นและกรมควบคุมมลพิษ (2559) จะเห็นว่าปริมาณขยะที่ได้จากการคำนวณมีค่าสูงกว่าปริมาณขยะ

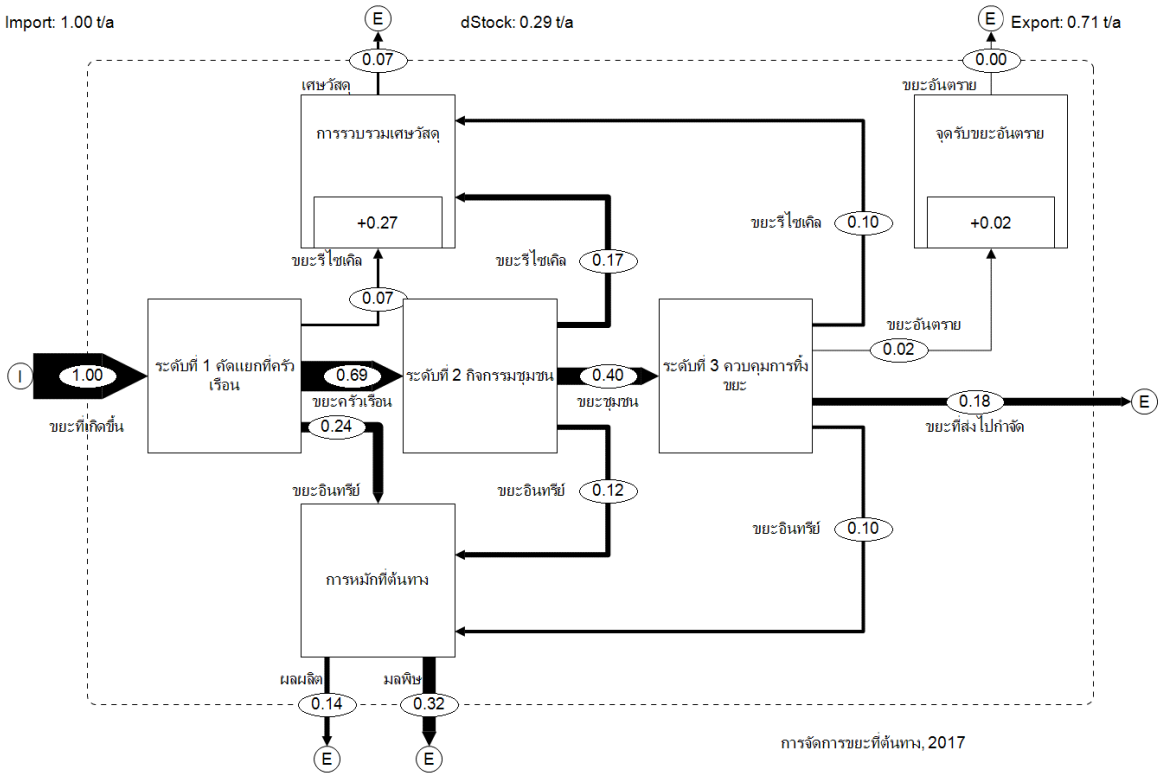
ที่แต่ละท้องถิ่นจัดเก็บได้จริง เนื่องจากกรณีศึกษามีการส่งเสริมให้มีการลดและคัดแยกขยะที่ต้นทาง ยกเว้นกรณีของเทศบาลเมืองน่านซึ่งในแต่ละวันมีปริมาณขยะที่เทศบาลเก็บขนได้ประมาณ 30 ตันต่อวัน สูงกว่าปริมาณที่ได้จากการคำนวณ เนื่องจากเป็นทั้งศูนย์กลางของจังหวัดและแหล่งท่องเที่ยวจึงมีปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากประชากรแฝงของผู้ที่มาติดต่อธุระและนักท่องเที่ยวที่เข้ามาทำกิจกรรมในพื้นที่

***ตารางที่ 5-1 ปริมาณขยะมูลฝอยที่คาดว่าจะเกิดขึ้นของกรณีศึกษาจากแบบจำลอง***

| กรณีศึกษา | หมู่บ้าน (แห่ง) | ครัวเรือน (หลัง) | ประชากร (คน) | อัตราการเกิดขยะ (กก./คน*วัน) | ปริมาณขยะ (กก./วัน) |
|---|---|---|---|---|---|
| ทต.สันทราย | 5 | 1,105 | 2,486 | 1.02 | 2,536 |
| อบต.เมืองพาน | 23 | 4,769 | 10,838 | 0.91 | 9,863 |
| ทต.โรงช้าง | 12 | 1,157 | 4,761 | 1.02 | 4,856 |
| ทต.เชียงเคี่ยน | 12 | 1,792 | 4,384 | 1.02 | 4,472 |
| ทต.หงาว | 20 | 3,755 | 9,597 | 1.02 | 9,789 |
| อบต.ดอนแก้ว | 10 | 5,862 | 14,636 | 0.91 | 13,319 |
| ทม.น่าน | 33 | 10,411 | 20,595 | 1.15 | 23,684 |
| อบต.ถืมตอง | 8 | 1,267 | 3,417 | 0.91 | 3,109 |
| อบต.ป่าคา | 7 | 1,663 | 5,065 | 0.91 | 4,609 |

ที่มา: การคำนวณของผู้วิจัย

รูปที่ 5-1 แสดงกระบวนการของการคัดแยกขยะที่ต้นทางที่ได้จากการทบทวนประสบการณ์ของกรณีศึกษา เนื่องจากโครงการส่งเสริมการคัดแยกขยะมีรูปแบบกิจกรรมที่หลากหลายยากที่จะนำมาเปรียบเทียบกันโดยตรง ดังนั้นการวิเคราะห์กระบวนการจึงอาศัยการจำแนกกิจกรรมที่ผลกระทบต่อการเคลื่อนย้ายของขยะในระบบออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 1 การรณรงค์กับครัวเรือน ระดับที่ 2 การพัฒนากิจกรรมชุมชน และระดับที่ 3 การมีระบบควบคุมการทิ้งขยะ โดยอาศัยข้อมูลปริมาณขยะของชุมชนจำนวน 63 ชุดข้อมูล ครอบคลุมประชากร 30,254 คนในการประมาณการผลการลดขยะในแต่ละระดับจากปริมาณและองค์ประกอบของขยะที่ชุมชนส่งไปกำจัดที่เปลี่ยนแปลงไป




***รูปที่ 5-1 กิจกรรมและปริมาณการคัดแยกขยะที่ต้นทาง***

ผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณขยะที่ลดลงหลังจากที่มีการรณรงค์ให้ความรู้กับครัวเรือนเกิดขึ้นจากการคัดแยกขยะอินทรีย์ออกมาหมักที่บ้านเป็นหลัก ถ้าครัวเรือนมีอุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับรองรับขยะอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน กิจกรรมนี้จะสามารถดึงขยะออกไปได้ 0.24 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน ส่วนการคัดแยกขยะรีไซเคิลประมาณ 0.07 กิโลกรัมต่อคนต่อวันนั้นเน้นเศษวัสดุที่มีมูลค่าสูงและพบเป็นประจำในชีวิตประจำวัน เช่น ขวดพลาสติก ขวดแก้ว เศษกระดาษ และเศษโลหะที่ครัวเรือนสามารถขายให้กับธุรกิจรับซื้อของเก่าโดยตรง

เมื่อมีการรวมกลุ่มทำกิจกรรมของชุมชนในระดับที่ 2 เช่น ธนาคารขยะ กองทุนผ้าป่าขยะ กลุ่มอาชีพจากเศษวัสดุ ฯลฯ การคัดแยกขยะรีไซเคิลจะเพิ่มขึ้นอีก 0.17 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน เนื่องจากการรวมตัวกันช่วยให้มีปริมาณของเศษวัสดุที่แต่ละครัวเรือนเก็บไว้ขายเองลำบาก เช่น ถุงพลาสติก กล่องนมบรรจุภัณฑ์ผสม ฯลฯ เพียงพอต่อการขายหรือนำมาทำผลิตเป็นสินค้าท้องถิ่น นอกจากนี้การรวมกลุ่มยังช่วยให้มีกิจกรรมการจัดการขยะอินทรีย์ที่หลากหลาย เช่น การทำปุ๋ยหมัก การทำน้ำหมัก การเลี้ยงไส้เดือน หรือการทำก๊าซชีวภาพ ช่วยลดปริมาณขยะอินทรีย์ได้อีก 0.12 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน

สุดท้ายการติดตามและประเมินผลการทำงานอย่างต่อเนื่องระหว่าง อปท.และชุมชนเช่นที่พบในหมู่บ้านต้นแบบต่างๆ ช่วยควบคุมการทิ้งขยะและส่งเสริมให้มีการคัดแยกขยะมากกว่าปกติทั้งในส่วนของขยะอินทรีย์และขยะรีไซเคิลที่ลดลงอีกประมาณ 0.20 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน และขยะอันตรายที่ชุมชนให้

ความร่วมมือคัดแยกออกจากขยะทั่วไป เพื่อให้ อปท. นำไปจัดการด้วยวิธีพิเศษอีก 0.02 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน

จากการสัมภาษณ์ผู้ปฏิบัติงานพบว่าความสำเร็จของการทำกิจกรรมส่งเสริมการคัดแยกขยะโดยเฉพาะในระดับครัวเรือนและชุมชนนั้นขึ้นกับบริบทของการทำงาน โดยมีปัจจัยที่สำคัญ 2 ประการที่สามารถบ่งชี้ได้ง่ายจากข้อมูลพื้นฐานของพื้นที่ ได้แก่ ขนาดของชุมชน และความหนาแน่น เนื่องจากการทำกิจกรรมส่งเสริมการคัดแยกขยะรีไซเคิลในหมู่บ้านขนาดใหญ่ที่มีประชากรมากกว่า 500 คนนั้นปกติยากที่จะได้รับความร่วมมือจากสมาชิกทั้งหมดอย่างเต็มที่ ส่วนพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรสูงกว่า 1,000 คนต่อ ตร.กม.จะมีข้อจำกัดเรื่องการติดตั้งอุปกรณ์จัดการขยะอินทรีย์ทั้งในระดับครัวเรือนและระดับชุมชน ตารางที่ 5-2 แสดงค่าประมาณการของความเป็นไปได้ในการลดปริมาณขยะตามที่ระบุไว้ในรูปที่ 5-1 โดยแบ่งชุมชนออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ชุมชนชนบทขนาดเล็กที่เป็นพื้นที่ที่สามารถดำเนินการส่งเสริมการคัดแยกขยะที่ต้นทางได้เต็มประสิทธิภาพ ชุมชนชนบทขนาดใหญ่ และชุมชนเมืองที่มีความเป็นไปได้ในการลดขยะที่ต้นทางลดหลั่นกันไป

***ตารางที่ 5-2 แบบจำลองประสิทธิภาพของกิจกรรมส่งเสริมการคัดแยกขยะที่ต้นทาง***

| **บริบท** | **ประสิทธิภาพของกิจกรรมลดขยะที่ต้นทาง** | | | | | | **ผลรวมอัตราการลดขยะ (กก./คน*วัน)** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **หมักในบ้าน (0.24)** | **ครัวเรือนรีไซเคิล (0.07)** | **รวมกลุ่มหมัก (0.12)** | **รวมกลุ่มขายขยะ (0.17)** | **แยกขยะอันตราย (0.02)** | **ติดตามควบคุม (0.20)** | |
| ชนบท (ชุมชนเล็ก) | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 0.82 |
| ชนบท (ชุมชนใหญ่) | 100% | 50% | 100% | 50% | 100% | 100% | 0.70 |
| เมือง | 50% | 50% | 50% | 50% | 100% | 100% | 0.52 |

ที่มา: การคำนวณของผู้วิจัย

ตารางที่ 5-3 แสดงตัวอย่างการจำลองผลการสนับสนุนการคัดแยกขยะที่ต้นทางในบริบทของกรณีศึกษาทั้ง 9 แห่ง ซึ่งพบว่าผลการประมาณการในพื้นที่ของเทศบาลตำบลที่อยู่ในพื้นที่ชนบทและมีขนาดเล็กมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกับปริมาณขยะที่ อปท.ต้องนำไปกำจัดจริง แต่ในกรณีของ อบต.นั้นผลที่ได้มีค่าค่อนข้างต่ำเนื่องจากอัตราการเกิดขยะเริ่มต้นอยู่ในระดับต่ำ ทั้งนี้ การประมาณการนี้ใช้สัดส่วนสำเร็จรูป หาก อปท.สามารถระบุระดับการมีส่วนร่วมในกิจกรรมของพื้นที่ได้ก็จะทำให้ผลที่ได้สอดคล้องกับความเป็นจริงมากขึ้น ตัวอย่างเช่น อบต.ป่าคาแม้จะมีชุมชนขนาดใหญ่ แต่ก็มีการทำกิจกรรมตลาดนัดขยะอย่างต่อเนื่องมาเป็นเวลา 2 ปี และได้รับความร่วมมือจากประชาชนในชุมชน หากแทนค่า

ประสิทธิภาพของกิจกรรมรวมกลุ่มขายขยะจากร้อยละ 50 เป็นร้อยละ 80 ผลที่ได้ก็จะอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับที่ อบต.ป่าคาต้องนำไปกำจัดในปัจจุบันประมาณสัปดาห์ละ 5.5 ตัน เป็นต้น

***ตารางที่ 5-3 ปริมาณขยะมูลฝอยหลังจากการคัดแยกขยะของกรณีศึกษาจากแบบจำลอง***

| กรณีศึกษา | บริบท | อัตราขยะที่เหลือ (กก./คน*วัน) | ปริมาณขยะ (กก./วัน) | สัดส่วนขยะที่เหลือ (%) |
|---|---|---|---|---|
| ทต.สันทราย | ชนบท (ชุมชนเล็ก) | 0.20 | 497 | 20% |
| อบต.เมืองพาน | ชนบท (ชุมชนเล็ก) | 0.09 | 975 | 10% |
| ทต.โรงช้าง | ชนบท (ชุมชนเล็ก) | 0.20 | 952 | 20% |
| ทต.เชียงเคี่ยน | ชนบท (ชุมชนเล็ก) | 0.20 | 877 | 20% |
| ทต.หงาว | ชนบท (ชุมชนเล็ก) | 0.20 | 1,919 | 20% |
| อบต.ดอนแก้ว | ชนบท (ชุมชนใหญ่) | 0.21 | 3,074 | 23% |
| ทม.น่าน | เมือง | 0.63 | 12,975 | 55% |
| อบต.ถืมตอง | ชนบท (ชุมชนเล็ก) | 0.09 | 308 | 10% |
| อบต.ป่าคา | ชนบท (ชุมชนใหญ่) | 0.21 | 1,064 | 23% |

ที่มา: การคำนวณของผู้วิจัย

จากตารางที่ 5-3 จะเห็นว่าความเป็นไปได้ของการลดปริมาณขยะที่ อปท. ต้องเก็บขนและนำไปกำจัดสูงกว่าเป้าหมายการลดปริมาณขยะมูลฝอยที่เข้าสู่ระบบกำจัดที่ปลายทางร้อยละ 5 ตามแผนปฏิบัติการ “ประเทศไทย ไร้ขยะ” ตามแนวทาง “ประชารัฐ” ระยะ 1 ปี (พ.ศ. 2559-2560) แม้แต่ อปท. ที่อยู่ในเขตเมือง เช่น เทศบาลเมืองน่าน แบบจำลองก็แสดงให้เห็นว่าหากมีการดำเนินการอย่างเต็มที่ก็สามารถลดปริมาณขยะที่ต้องนำไปกำจัดได้ถึงร้อยละ 45 ของปริมาณขยะที่คาดว่าจะเกิดขึ้น ส่วนในเขตชนบทนั้นสัดส่วนขยะที่ลดลงอยู่ระหว่างร้อยละ 80-90 จากการลงทุนส่งเสริมการคัดแยกขยะที่ต้นทางอย่างเต็มที่

ตารางที่ 5-4 แสดงต้นทุนต่อปีของกิจกรรมส่งเสริมการคัดแยกขยะที่ต้นทาง กิจกรรมในระดับที่ 1 มุ่งเพิ่มความสามารถการจัดการขยะของครัวเรือนด้วยการให้ความรู้เกี่ยวกับวิธีการคัดแยกขยะที่ถูกต้องและอุปกรณ์สำหรับย่อยสลายอินทรียวัตถุภายในบ้าน ต้นทุนของกิจกรรมในระดับที่ 1 อยู่ในรูปของการฝึกอบรม เนื่องจากการฝึกอบรมทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติเกี่ยวกับประเภทและวิธีการคัดแยกขยะควรจะดำเนินการในระดับชุมชน จำนวนชุมชนจึงเป็นตัวผลักดันต้นทุนของกิจกรรมนี้ ส่วนการหมักที่บ้านนั้นได้ประเมินต้นทุนที่จำเป็นต้องใช้ในการจัดหาอุปกรณ์รองรับขยะอินทรีย์ให้แต่ละครัวเรือน แต่บางท้องถิ่นอาจจะลดต้นทุนในส่วนนี้ได้ โดยสนับสนุนให้ทำอุปกรณ์จากวัสดุที่หาได้ภายในท้องถิ่น เช่น ไม้ไผ่สำหรับทำเสวียน หรือถังเก่าสำหรับทำกรีนโคน เป็นต้น

*ตารางที่ 5-4 ประมาณการต้นทุนของกิจกรรมการคัดแยกขยะที่ต้นทาง*

| กิจกรรม | รายละเอียดค่าใช้จ่าย | ต้นทุน (บาทต่อปี) |
|---|---|---|
| 1. หมักในบ้าน | อุปกรณ์รองรับขยะอินทรีย์ในครัวเรือน ได้แก่ เสวียน กรีนโคน ราคาชุดละ 600 บาท อายุการใช้งาน 3 ปี | 200 บาท ต่อครัวเรือน |
| 2. ครัวเรือนรีไซเคิล | การฝึกอบรมให้ความรู้ครัวเรือนเกี่ยวกับการคัดแยกขยะเป็นเวลา 1 วัน | 20,000 บาท ต่อหมู่บ้าน |
| 3. รวมกลุ่มหมัก | การฝึกอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับผลผลิตจากการหมักขยะอินทรีย์ การศึกษาดูงานของตัวแทนชุมชน และการอุดหนุนอุปกรณ์หมัก | 30,000 บาท ต่อหมู่บ้าน |
| 4. รวมกลุ่มขายขยะ | การฝึกอบรมการทำสิ่งประดิษฐ์จากเศษวัสดุ การศึกษาดูงานของตัวแทนชุมชน และการอุดหนุนอุปกรณ์อัดเศษวัสดุที่มีน้ำหนักเบา | 25,000 บาท ต่อหมู่บ้าน |
| 5. แยกขยะอันตราย | อุปกรณ์รองรับขยะอันตรายในชุมชน ราคาชิ้นละ 8,000 บาท และการชี้แจงทำความเข้าใจ | 10,000 บาท ต่อหมู่บ้าน |
| 6. ติดตามควบคุม | ค่าตอบแทนอาสาสมัครชุมชนเดือนละ 600 บาท เวลาของเจ้าหน้าที่ผู้ประสานงาน อปท. เดือนละ 1 วัน และผู้บริหารปีละ 2 ครั้ง | 17,200 บาท ต่อหมู่บ้าน |

ที่มา: การคำนวณของผู้วิจัย

กิจกรรมส่งเสริมการคัดแยกขยะที่ต้นทางในระดับที่ 2 ดำเนินการในระดับหมู่บ้าน ต้นทุนของกิจกรรมในระดับที่ 2 นอกจากการฝึกอบรมให้ความรู้และทักษะสำหรับการจัดการเศษวัสดุเฉพาะประเภทแล้ว ยังรวมไปถึงการลงทุนจัดหาอุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็นต่อการดำเนินการของกลุ่ม เช่น เครื่องอัดถุงพลาสติก เครื่องตัดเย็บ เครื่องร่อนปุ๋ย ฯลฯ รวมถึงการไปศึกษาดูงานชุมชนต้นแบบที่มีความโดดเด่นในการแปรรูปเศษวัสดุเป็นสินค้าหรือทุนของชุมชน

กิจกรรมส่งเสริมการคัดแยกขยะที่ต้นทางในระดับที่ 3 มุ่งสร้างกลไกการควบคุมและติดตามการลดและคัดแยกขยะระหว่างชุมชนและ อปท. เช่น การชั่งน้ำหนักขยะของเทศบาลตำบลโรงช้าง และอบต. ดอนแก้ว การประกวดชุมชนของ อบต.เมืองพาน และการแยกวันเก็บขยะตามประเภทของเทศบาลตำบลสันทราย ดังนั้นจึงมีต้นทุนในส่วนของบุคลากร ทั้งในส่วนของอาสาสมัครของชุมชน เช่น คณะกรรม

หมู่บ้าน อสม. หรือกลุ่มเยาวชน และบุคลากร อปท.ที่เป็นผู้ประสานกับชุมชนและผู้บริหารที่เข้าร่วมการตรวจประเมินเป็นระยะๆ

ตารางที่ 5-5 แสดงต้นทุนของการส่งเสริมการคัดแยกขยะที่ต้นทางของกรณีศึกษาทั้ง 9 แห่งจากแบบจำลอง วัตถุประสงค์ของการคำนวณนี้เพื่อที่จะรวบรวมต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมการคัดแยกทั้งหมด เพื่อเปรียบเทียบต้นทุนและผลของการส่งเสริมการคัดแยกขยะในบริบทที่แตกต่างกัน ค่าที่ได้จึงอยู่ในระดับที่สูงเนื่องจากเป็นการคำนวณต้นทุนสูงสุดหากมีการทำกิจกรรมกับทุกครัวเรือนและทุกชุมชน ในทางปฏิบัติกรณีศึกษาไม่ได้ส่งเสริมการคัดแยกขยะทั้ง 3 ระดับในปีเดียว แต่อาศัยการทำงานอย่างค่อยเป็นค่อยไปเนื่องจากข้อจำกัดทางงบประมาณจึงต้องดำเนินการในรูปแบบของการนำร่องกิจกรรมแล้วจึงขยายผล หรือของบประมาณสนับสนุนจากภายนอก

***ตารางที่ 5-5 ต้นทุนการส่งเสริมการคัดแยกที่ต้นทางของกรณีศึกษาจากแบบจำลอง***

| กรณีศึกษา | หมักในบ้าน | ครัวเรือนรีไซเคิล | รวมกลุ่มหมัก | รวมกลุ่มขายขยะ | แยกขยะอันตราย | ติดตามควบคุม | รวม (บาท/ปี) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ทต.สันทราย | 271,000 | 50,000 | 150,000 | 125,000 | 50,000 | 86,000 | 732,000 |
| อบต.เมืองพาน | 1,183,800 | 230,000 | 690,000 | 575,000 | 230,000 | 395,600 | 3,304,400 |
| ทต.โรงช้าง | 351,400 | 120,000 | 360,000 | 300,000 | 120,000 | 206,400 | 1,457,800 |
| ทต.เชียงเคี่ยน | 478,400 | 120,000 | 360,000 | 300,000 | 120,000 | 206,400 | 1,584,800 |
| ทต.หงาว | 951,000 | 200,000 | 600,000 | 500,000 | 200,000 | 344,000 | 2,795,000 |
| อบต.ดอนแก้ว | 1,272,400 | 50,000 | 300,000 | 125,000 | 100,000 | 172,000 | 2,019,400 |
| ทม.น่าน | 1,371,100 | 165,000 | 495,000 | 412,500 | 330,000 | 567,600 | 3,341,200 |
| อบต.ถืมตอง | 333,400 | 80,000 | 240,000 | 200,000 | 80,000 | 137,600 | 1,071,000 |
| อบต.ป่าคา | 402,600 | 35,000 | 210,000 | 87,500 | 70,000 | 120,400 | 925,500 |

ที่มา: การคำนวณของผู้วิจัย

ตารางที่ 5-6 คำนวณต้นทุนต่อหน่วย โดยเปรียบเทียบต้นทุนกับปริมาณขยะที่คาดว่าจะลดลงจากการทำกิจกรรมทั้งหมด ซึ่งพบว่าการส่งเสริมการคัดแยกขยะตามแบบจำลองในพื้นที่กรณีศึกษาทั้ง 9 แห่งอยู่ระหว่าง 0.53-1.21 บาทต่อน้ำหนักของขยะที่คัดแยกออกไปจัดการที่ต้นทาง 1 กิโลกรัม โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 0.91 บาทต่อกิโลกรัม อปท.ที่อยู่ในเขตชนบทแต่มีชุมชนขนาดใหญ่ เช่น อบต.ดอนแก้ว และอบต.ป่าคา จะมีข้อได้เปรียบเนื่องจากกิจกรรมส่วนใหญ่มีชุมชนเป็นฐาน ดังนั้นแม้ว่าจะมีการปรับค่าประสิทธิภาพของผลที่ได้จากการทำกิจกรรมลง แต่ก็มีการประหยัดจากขนาดมาชดเชยทำให้มีต้นทุนต่อหน่วยต่ำกว่า อปท.อื่น ส่วนกรณีของเทศบาลตำบลเชียงเคี่ยนที่มีต้นทุนต่อหน่วยสูงนั้น เนื่องจากมีหมู่บ้านและครัวเรือนที่มี

ขนาดเล็กทำให้มีหน่วยของการดำเนินการที่เป็นตัวคูณต้นทุนจำนวนมากกว่า อปท. อื่นในการดำเนินการให้ครบทั้งพื้นที่

***ตารางที่ 5-6 ต้นทุนต่อหน่วยของการคัดแยกขยะที่ต้นทางของกรณีศึกษาจากแบบจำลอง***

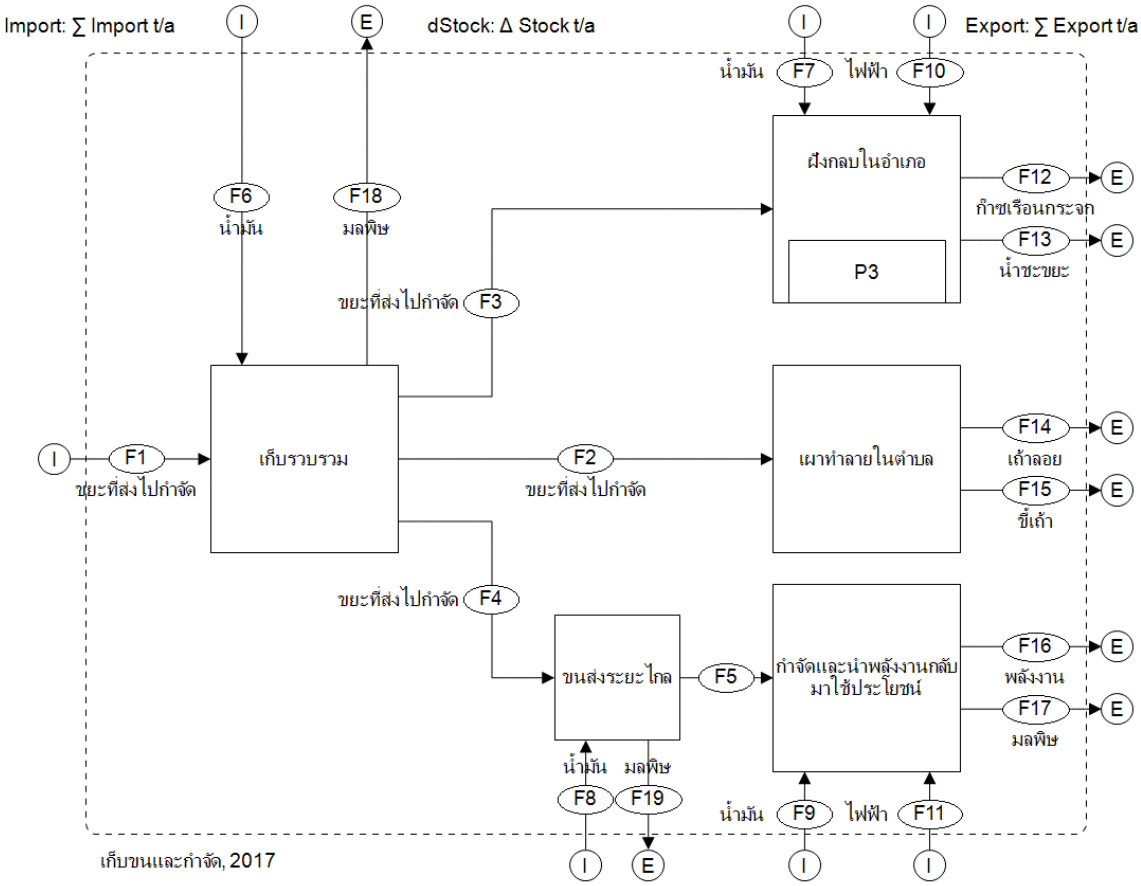
| กรณีศึกษา | ขยะที่คัดแยก (ตัน/ปี) | ต้นทุน (บาท/ปี) | ต่อหน่วย (บาท/กก.) |
|---|---|---|---|
| ทต.สันทราย | 744 | 732,000 | 0.98 |
| อบต.เมืองพาน | 3,244 | 3,304,400 | 1.02 |
| ทต.โรงช้าง | 1,425 | 1,457,800 | 1.02 |
| ทต.เชียงเคี่ยน | 1,312 | 1,584,800 | 1.21 |
| ทต.หงาว | 2,872 | 2,795,000 | 0.97 |
| อบต.ดอนแก้ว | 3,739 | 2,019,400 | 0.53 |
| ทม.น่าน | 3,909 | 3,341,200 | 0.81 |
| อบต.ถืมตอง | 1,023 | 1,071,000 | 1.05 |
| อบต.ป่าคา | 1,294 | 925,500 | 0.69 |
| | | **ค่าเฉลี่ย** | **0.91** |

ที่มา: การคำนวณของผู้วิจัย

### 5.1.2 การเก็บขนและกำจัดขยะ

การเก็บขนและกำจัดขยะยังมีความจำเป็นสำหรับการจัดการขยะตามหลักสุขาภิบาล เนื่องจากเราไม่สามารถจัดการขยะทั้งหมดได้ที่ต้นทาง จากการคำนวณด้วยแบบจำลองกิจกรรมการส่งเสริมการคัดแยกขยะที่ต้นทางจะเห็นว่าแม้ในกรณีที่ดีที่สุดยังมีขยะที่ต้องนำไปกำจัดอย่างน้อยร้อยละ 10 ของปริมาณขยะที่เกิดขึ้น นโยบายการแก้ไขปัญหาขยะตกค้างของรัฐบาลเป็นความท้าทายของ อปท.ที่ยังคงอาศัยการทิ้งขยะในบ่อขยะของหมู่บ้าน ในช่วงเวลาของการศึกษาเทศบาลตำบลโรงช้างและ อบต.ป่าคาเป็นตัวอย่างของ อปท.ที่ดำเนินการปรับปรุงการจัดการขยะเพื่อมุ่งไปสู่การปิดบ่อขยะ

รูปที่ 5-2 แสดงทางเลือกของการเก็บขนและกำจัดขยะหลังการปิดบ่อขยะของชุมชน ภายใต้ฉากทัศน์ดังกล่าว อปท.จำเป็นจะต้องมีการเก็บรวบรวมขยะและหาวิธีกำจัดขยะที่เกิดขึ้นโดยใช้เครื่องจักรและครุภัณฑ์ที่ใช้ไฟฟ้าและเชื้อเพลิง สำหรับการเก็บรวบรวมขยะ อปท.ต้องวางแผนการลงทุนระบบเก็บขนขยะที่เหมาะสมกับปริมาณขยะที่ต้องจัดการ ส่วนการกำจัดขยะนั้นจากประสบการณ์ของกรณีศึกษาพบว่า ถ้าไม่นับบ่อขยะของหมู่บ้านแล้ว อปท. มีทางเลือก 3 ประการ ได้แก่ การจัดหาเตาเผาขนาดเล็กมาดำเนินการเองภายในตำบล วิธีการนี้สามารถรองรับขยะได้ประมาณวันละ 10 ตัน การหาพื้นที่กำจัดขยะร่วมกันในระดับอำเภอด้วยการฝังกลบ วิธีการนี้รองรับขยะได้ประมาณวันละ 50-100 ตัน และการส่งขยะไปกำจัดในระบบขนาดใหญ่กว่า 200 ตันที่มีการนำพลังงานกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ วิธีการนี้จะต้องมีการเปลี่ยนรถเพื่อขนส่งขยะระยะไกลเพิ่มเติม




***รูปที่ 5-2 ทางเลือกของการเก็บขนและกำจัดขยะขององค์การปกครองส่วนท้องถิ่น***

สำหรับการเก็บรวบรวมขยะ ตัวผลักดันต้นทุนของกิจกรรมที่สำคัญคือ ปริมาณขยะที่ท้องถิ่นต้องเก็บขนเพื่อนำไปกำจัด ตารางที่ 5-7 เปรียบเทียบจำนวนเที่ยวที่ต้องให้บริการเก็บขนขยะและจำนวนรถขยะที่ต้องใช้ของแต่ละกรณีศึกษาระหว่างการไม่มีการคัดแยกขยะที่ต้นทาง (Business As Usual หรือ BAU) และการส่งเสริมการคัดแยกขยะตามแนวทางชุมชนปลอดขยะ (Zero Waste หรือ ZW) โดยเลือกใช้รถขยะแบบอัดท้ายที่สามารถเก็บรวบรวมขยะได้เที่ยวละ 3 ตัน และกำหนดให้รถขยะ 1 คันเก็บรวบรวมขยะสูงสุดสัปดาห์ละ 5 วัน เพื่อให้ทีมเก็บขนขยะมีเวลาพักและบำรุงรักษารถตามสมควร

ผลการคำนวณแสดงให้เห็นถึงความประหยัดที่เกิดจากการคัดแยกขยะ อย่างไรก็ตามต้นทุนการเก็บรวบรวมขยะที่เกิดขึ้นนี้ไม่ได้แปรผันโดยตรงกับปริมาณขยะที่ลดลงจากการจัดการขยะที่ต้นทาง เนื่องจากต้นทุนการเก็บรวบรวมขยะมีลักษณะเป็นขั้นบันไดทั้งในส่วนของต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผัน โดยจากการเก็บข้อมูลของกรณีศึกษาสามารถประมาณการต้นทุนทั้ง 2 ส่วนได้ดังนี้

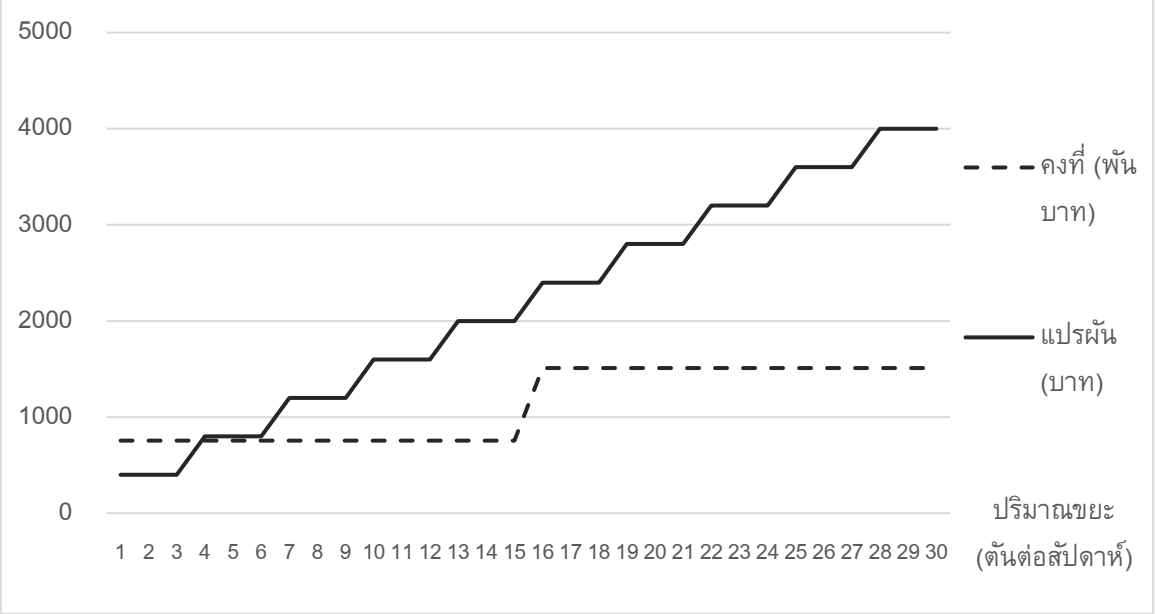
*ตารางที่ 5-7 ความถี่และจำนวนรถที่ต้องใช้เก็บขนขยะของกรณีศึกษาจากแบบจำลอง*

| กรณีศึกษา | ขยะ (ตัน/สัปดาห์) | | เก็บ (เที่ยว/สัปดาห์) | | จำนวนรถ (คัน) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | BAU | ZW | BAU | ZW | BAU | ZW |
| ทต.สันทราย | 17.75 | 3.48 | 6 | 2 | 2 | 1 |
| อบต.เมืองพาน | 69.04 | 6.83 | 24 | 3 | 5 | 1 |
| ทต.โรงช้าง | 33.99 | 6.67 | 12 | 3 | 3 | 1 |
| ทต.เชียงเคี่ยน | 31.30 | 6.14 | 11 | 3 | 3 | 1 |
| ทต.หงาว | 68.52 | 13.44 | 23 | 5 | 5 | 1 |
| อบต.ดอนแก้ว | 93.23 | 21.51 | 32 | 8 | 7 | 2 |
| ทม.น่าน | 165.79 | 90.82 | 56 | 31 | 12 | 7 |
| อบต.ถืมตอง | 21.77 | 2.15 | 8 | 1 | 2 | 1 |
| อบต.ป่าคา | 32.26 | 7.45 | 11 | 3 | 3 | 1 |

ที่มา: การคำนวณของผู้วิจัย

- ต้นทุนคงที่ของการเก็บรวบรวมแปรผันตามจำนวนรถขยะ 755,120 บาทต่อคัน ได้แก่ การลงทุนซื้อรถขยะแบบอัดท้าย 1 คัน ราคากลาง 2,400,000 บาท อายุการใช้งาน 12 ปี ค่าซ่อมบำรุงปีละ 30,000 บาท และค่าจ้างทีมเก็บขนประกอบด้วยลูกจ้างประจำตำแหน่งพนักงานขับรถ 1 คน อัตราเงินเดือน 13,760 บาท และพนักงานจ้างตำแหน่งคนงานประจำรถขยะ 3 คน อัตราเงินเดือนคนละ 10,000 บาท รวมค่าตอบแทน 4 คนเท่ากับ 525,120 บาทต่อปี
- ต้นทุนแปรผันของการเก็บรวบรวมแปรผันตามจำนวนเที่ยวที่ให้บริการประมาณ 400 บาทต่อเที่ยว ได้แก่ ค่าน้ำมันประมาณเที่ยวละ 385 บาท ส่วนที่เหลือเผื่อเป็นค่าวัสดุงานบ้าน เช่น ถุงขยะ ถุงมือ หน้ากาก ฯลฯ ที่หมดเปลืองไปในการเก็บขน

รูปที่ 5-3 แสดงการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการเก็บขนต่อปริมาณขยะที่ต้องนำไปกำจัดในแต่ละสัปดาห์ ต้นทุนแปรผันจะเพิ่มขึ้นทุกๆ 3 ตันที่ต้องเพิ่มเที่ยวการให้บริการ ส่วนต้นทุนคงที่จะเพิ่มขึ้นทุกๆ 15 ตันที่ต้องมีการเพิ่มจำนวนรถมารองรับขยะในส่วนที่เกินกำลังของรถคันแรก ดังนั้นจะเห็นว่าหลังการส่งเสริมการคัดแยกขยะแล้ว อปท. 7 แห่งต้องการรถขยะเพียง 1 คัน เนื่องจากมีปริมาณขยะที่ต้องนำไปกำจัดน้อยกว่า 15 ตันต่อสัปดาห์




***รูปที่ 5-3 ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนการเก็บขนกับปริมาณของขยะ***

ตารางที่ 5-8 และตารางที่ 5-9 แสดงให้เห็นว่าการส่งเสริมให้มีการคัดแยกขยะที่ต้นทางตามแนวทางชุมชนปลอดขยะช่วยลดต้นทุนของการเก็บรวบรวมขยะได้ร้อยละ 42-87 ของต้นทุนที่จะเกิดขึ้นหากต้องเก็บรวบรวมขยะที่คาดว่าจะเกิดขึ้นทั้งหมด การประหยัดนี้เกิดขึ้นจากจำนวนรถขยะและเที่ยวการให้บริการที่ลดลง

***ตารางที่ 5-8 ต้นทุนการเก็บขนเมื่อไม่มีการคัดแยกขยะของกรณีศึกษาจากแบบจำลอง***

| กรณีศึกษา | จำนวนรถขยะ (คัน) | เก็บขน (เที่ยว/ปี) | ต้นทุนการเก็บขน | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | คงที่ (บาท/ปี) | แปรผัน (บาท/ปี) | รวม (บาท/ปี) |
| ทต.สันทราย | 2 | 309 | 1,510,240 | 123,600 | 1,633,840 |
| อบต.เมืองพาน | 5 | 1,200 | 3,775,600 | 480,000 | 4,255,600 |
| ทต.โรงช้าง | 3 | 591 | 2,265,360 | 236,400 | 2,501,760 |
| ทต.เชียงเคี่ยน | 3 | 545 | 2,265,360 | 218,000 | 2,483,360 |
| ทต.หงาว | 5 | 1,191 | 3,775,600 | 476,400 | 4,252,000 |
| อบต.ดอนแก้ว | 7 | 1,621 | 5,285,840 | 648,400 | 5,934,240 |
| ทม.น่าน | 12 | 2,882 | 9,061,440 | 1,152,800 | 10,214,240 |
| อบต.ถืมตอง | 2 | 379 | 1,510,240 | 151,600 | 1,661,840 |
| อบต.ป่าคา | 3 | 561 | 2,265,360 | 224,400 | 2,489,760 |

ที่มา: การคำนวณของผู้วิจัย

อบต.เมืองพานที่มีสัดส่วนการประหยัดสูงที่สุดถึงร้อยละ 81 เนื่องจากมีอัตราขยะต่อหัวที่เหลือไปกำจัดหลังจากการคัดแยกขยะต่ำที่สุด (ตารางที่ 5-3) และมีจำนวนประชากรมากเพียงพอที่จะทำให้สามารถใช้รถเก็บขยะ 3 รอบต่อสัปดาห์ ในขณะที่ อบต.ถืมตองที่มีอัตราขยะที่เหลือทิ้งเท่ากันนั้นมีจำนวนประชากรเพียง 1 ใน 3 ของ อบต.เมืองพานทำให้เป็น อปท.ที่มีต้นทุนการเก็บขนต่อหน่วยสูงที่สุดถึง 6.86 บาทต่อกิโลกรัมหากมีการลงทุนซื้อรถขยะเป็นของตัวเอง ดังนั้นหากมีเอกชนที่พร้อมจะรับจ้างเก็บขนขยะในอัตรา 1.50 บาทต่อกิโลกรัม อบต.ถืมตอง เทศบาลตำบลสันทราย เทศบาลตำบลเชียงเคี่ยน เทศบาลตำบลโรงช้าง และ อบต.ป่าคาควรเลือกที่จะส่งเสริมการคัดแยกขยะที่ต้นทางและใช้บริการของเอกชนแทนการลงทุนซื้อรถขยะ

***ตารางที่ 5-9 ต้นทุนการเก็บขนเมื่อมีการคัดแยกขยะของกรณีศึกษาจากแบบจำลอง***

| กรณีศึกษา | จำนวนรถขยะ (คัน) | เก็บขน (เที่ยว/ปี) | ต้นทุนการเก็บขน | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | คงที่ (บาท/ปี) | แปรผัน (บาท/ปี) | รวม (บาท/ปี) |
| ทต.สันทราย | 1 | 61 | 755,120 | 24,400 | 779,520 |
| อบต.เมืองพาน | 1 | 119 | 755,120 | 47,600 | 802,042 |
| ทต.โรงช้าง | 1 | 116 | 755,120 | 46,400 | 801,520 |
| ทต.เชียงเคี่ยน | 1 | 107 | 755,120 | 42,800 | 797,920 |
| ทต.หงาว | 1 | 234 | 755,120 | 93,600 | 848,720 |
| อบต.ดอนแก้ว | 2 | 374 | 1,510,240 | 149,600 | 1,659,840 |
| ทม.น่าน | 7 | 1,579 | 5,285,840 | 631,600 | 5,917,440 |
| อบต.ถืมตอง | 1 | 38 | 755,120 | 15,200 | 770,320 |
| อบต.ป่าคา | 1 | 130 | 755,120 | 52,000 | 807,120 |

ที่มา: การคำนวณของผู้วิจัย

สำหรับการกำจัดขยะตารางที่ 5-10 เปรียบเทียบปริมาณขยะที่ต้องกำจัดระหว่าง BAU และ ZW ที่มีการคัดแยกขยะที่ต้นทาง ช่องสีทึบแสดงวิธีการกำจัดขยะที่ใช้ในแต่ละกรณีศึกษา เทศบาลเมืองน่านและ อบต.ถืมตองนำขยะไปฝังกลบที่ศูนย์กำจัดขยะที่ตำบลผาสิงห์ อำเภอเมืองด้วยรถขยะของตัวเอง โดยคิดต้นทุนกำจัดที่อัตรา 1.2 บาทต่อกิโลกรัม อบต.เมืองพานว่าจ้างให้รถบรรทุกขยะขนขยะเที่ยวละ 20 ตันไปส่งกำจัดที่สถานที่กำจัดขยะของเอกชนที่หมักขยะเป็นพลังงานที่จังหวัดเชียงใหม่ เที่ยวละ 55,000 บาท ส่วน อปท.อีก 7 แห่งที่ปัจจุบันกำจัดขยะในตำบลของตนเองนั้นคำนวณจำนวนเตาเผาขนาดเล็กที่ต้องใช้ในการกำจัดขยะจำนวนดังกล่าว

*ตารางที่ 5-10 ปริมาณและความถี่ของการกำจัดขยะของกรณีศึกษาจากแบบจำลอง*

| กรณีศึกษา | ขยะต้องกำจัด (ตัน/ปี) | | ขนส่งไปกำจัด (เที่ยว) | | เผาทำลาย (เตา) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | BAU | ZW | BAU | ZW | BAU | ZW |
| ทต.สันทราย | 926 | 181 | 47 | 10 | 2 | 1 |
| อบต.เมืองพาน | 3,600 | 356 | 180 | 18 | 8 | 1 |
| ทต.โรงช้าง | 1,773 | 348 | 89 | 18 | 4 | 1 |
| ทต.เชียงเคี่ยน | 1,632 | 320 | 82 | 17 | 4 | 1 |
| ทต.หงาว | 3,573 | 701 | 179 | 36 | 8 | 2 |
| อบต.ดอนแก้ว | 4,861 | 1,122 | 244 | 57 | 10 | 3 |
| ทม.น่าน | 8,645 | 4,736 | 433 | 237 | 18 | 10 |
| อบต.ถืมตอง | 1,135 | 112 | 57 | 6 | 3 | 1 |
| อบต.ป่าคา | 1,682 | 388 | 85 | 20 | 4 | 1 |

ที่มา: การคำนวณของผู้วิจัย

การกำจัดขยะด้วยเตาเผาขนาดเล็กนั้นอยู่ภายใต้สมมติฐานว่าเตาเผาสามารถเผาขยะได้สูงสุด 2.4 ตันต่อวัน 4 วันต่อสัปดาห์ เนื่องจากต้องการพักระบบและทำความสะอาด 1 วัน หากมีการใช้งานมากกว่านี้จะทำให้เครื่องสึกหรอ มีค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมมากขึ้นและอายุการใช้งานสั้นกว่าปกติ ดังนั้นในแต่ละสัปดาห์จะสามารถกำจัดขยะได้ 9.6 ตัน หากมีปริมาณขยะที่ต้องกำจัดมากกว่านี้จะต้องมีการจัดหาเตาเผาขยะเพิ่มเติม เตาเผามีราคาตัวละประมาณ 2,000,000 บาท นอกจากนี้อปท.จะต้องลงทุนเพิ่มเติมในการก่อสร้างโรงเรือนและหลังคาสำหรับพื้นที่ติดตั้งเตาเผาอีกประมาณ 250,000 บาท โดยครุภัณฑ์เหล่านี้กำหนดให้มีอายุการใช้งาน 10 ปี และในแต่ละปียังมีค่าใช้จ่ายในการจ้างพนักงานจ้างประจำเตาเผาอีก 1 คน อัตราเงินเดือน 10,000 บาท รวมปีละ 120,000 บาท และมีค่าซ่อมบำรุงเครื่องจักรค่าวัสดุสิ้นเปลือง และค่าตรวจสอบการปล่อยทิ้งอากาศเสียอีกปีละประมาณ 100,000 บาท รวมต้นทุนต่อปี 445,000 บาท

ตารางที่ 5-11 เปรียบเทียบต้นทุนการกำจัดขยะต่อปีและต่อหน่วยของแต่ละกรณีศึกษาตามวิธีการกำจัดขยะที่กำหนด การคัดแยกขยะที่ต้นทางตามแนวทางชุมชนปลอดขยะช่วยลดต้นทุนของการกำจัดขยะได้ร้อยละ 45-90 โดย อปท.ที่ส่งขยะไปกำจัดกับระบบกลางจะสามารถประหยัดได้เป็นสัดส่วนที่ใกล้เคียงกับปริมาณขยะที่ลดได้ ดังนั้นการประหยัดต้นทุนการกำจัดจึงเป็นแรงจูงใจโดยตรงให้มีการส่งเสริมการคัดแยกขยะที่ต้นทาง เช่นที่เห็นในกรณีของ อบต.เมืองพานและ อบต.ถืมตอง ส่วน อปท.ที่กำจัดขยะด้วยตนเองจะมีต้นทุนคงที่ส่วนหนึ่งที่ทำให้ประสิทธิภาพการประหยัดลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณขยะที่ลดได้ อย่างไรก็ดี เนื่องจากเป็นการลงทุนในระบบกำจัดขนาดเล็กความแตกต่างนี้จึงไม่มาก

เหมือนในกรณีของต้นทุนการเก็บรวบรวม นอกจากนี้ อปท.ที่กำจัดขยะเองในตำบลยังมีความจำเป็นในการรักษาสภาพระบบกำจัดของตนให้อยู่ในสภาพดีเป็นแรงจูงใจเพิ่มเติมจากการประหยัดต้นทุนการกำจัดสำหรับการพยายามลดปริมาณขยะที่ต้องนำไปกำจัด

***ตารางที่ 5-11 ต้นทุนการกำจัดขยะของกรณีศึกษาจากแบบจำลอง***

| กรณีศึกษา | ขยะต้องกำจัด (ตัน/ปี) | | ต้นทุนการกำจัด (บาท/ปี) | | ต่อหน่วย (บาท/กก.) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | BAU | ZW | BAU | ZW | BAU | ZW |
| ทต.สันทราย | 926 | 181 | 890,000 | 445,000 | 0.96 | 2.45 |
| อบต.เมืองพาน | 3,600 | 356 | 9,900,000 | 990,000 | 2.75 | 2.78 |
| ทต.โรงช้าง | 1,773 | 348 | 1,780,000 | 445,000 | 1.00 | 1.28 |
| ทต.เชียงเคี่ยน | 1,632 | 320 | 1,780,000 | 445,000 | 1.09 | 1.39 |
| ทต.หงาว | 3,573 | 701 | 3,560,000 | 890,000 | 1.00 | 1.27 |
| อบต.ดอนแก้ว | 4,861 | 1,122 | 4,450,000 | 1,335,000 | 0.92 | 1.19 |
| ทม.น่าน | 8,645 | 4,736 | 10,373,702 | 5,682,984 | 1.20 | 1.20 |
| อบต.ถืมตอง | 1,135 | 112 | 1,361,948 | 134,698 | 1.20 | 1.20 |
| อบต.ป่าคา | 1,682 | 388 | 1,780,000 | 445,000 | 1.06 | 1.15 |

ที่มา: การคำนวณของผู้วิจัย

### 5.1.3 การประหยัดจากการจัดการขยะที่ต้นทาง

ตารางที่ 5-12 สรุปต้นทุนทั้งหมดของการกำจัดขยะแบบ BAU และ ZW ของกรณีศึกษาทั้ง 9 แห่ง พบว่าต้นทุนรวมของการจัดการตามแนวทางชุมชนปลอดขยะต่ำกว่าการเก็บขนขยะทั้งหมดไปกำจัดในทุกกรณี โดยลดลงเฉลี่ยร้อยละ 37 หลังมีการคัดแยกขยะ อบต.เมืองพานเป็นกรณีที่สามารถประหยัดต้นทุนได้มากที่สุดและมีต้นทุนต่อหน่วยในการจัดการขยะปริมาณ 3,600 ตันลดลงถึงร้อยละ 64 เนื่องจากมีต้นทุนในการกำจัดขยะสูงที่สุดจากการขนส่งขยะไปกำจัดในระยะทางไกล สำหรับกรณีศึกษาอื่นๆ จะเห็นว่าต้นทุนการเก็บขนขยะไปกำจัดอยู่ระหว่าง 2.14- 2.73 บาทต่อกิโลกรัมซึ่งใกล้เคียงกับอัตราค่าธรรมเนียมการเก็บขนและกำจัดขยะใหม่ตามพระราชบัญญัติรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2560 ที่กำหนดอัตราเพดานของค่าเก็บและขนขยะ 150 บาทและค่ากำจัดขยะ 200 บาทต่อขยะ 120 กิโลกรัมต่อเดือน หรือรวมค่าธรรมเนียมทั้งหมดสูงสุด 350 บาทต่อเดือน หรือ 2.92 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งไม่แตกต่างจากกรณี BAU ของกรณีศึกษา (ค่า t = -1.685, df = 8, p-value = 0.131, test value = 2.92)

*ตารางที่ 5-12 ต้นทุนการจัดการขยะของกรณีศึกษาจากแบบจำลอง*

| กรณีศึกษา | ปริมาณขยะที่จัดการ (ตัน/ปี) | BAU | | ZW | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ต้นทุนรวม (บาท/ปี) | ต่อหน่วย (บาท/กก.) | ต้นทุนรวม (บาท/ปี) | ต่อหน่วย (บาท/กก.) |
| ทต.สันทราย | 926 | 2,523,840 | 2.73 | 1,956,520 | 2.11 |
| อบต.เมืองพาน | 3,600 | 14,155,600 | 3.93 | 5,097,120 | 1.42 |
| ทต.โรงช้าง | 1,773 | 4,281,760 | 2.42 | 2,704,320 | 1.53 |
| ทต.เชียงเคี่ยน | 1,632 | 4,263,360 | 2.61 | 2,827,720 | 1.73 |
| ทต.หงาว | 3,573 | 7,812,000 | 2.19 | 4,533,720 | 1.27 |
| อบต.ดอนแก้ว | 4,861 | 10,384,240 | 2.14 | 4,964,240 | 1.02 |
| ทม.น่าน | 8,645 | 20,587,942 | 2.38 | 14,776,624 | 1.71 |
| อบต.ถืมตอง | 1,135 | 3,023,788 | 2.66 | 1,976,018 | 1.74 |
| อบต.ป่าคา | 1,682 | 4,269,760 | 2.54 | 2,142,620 | 1.27 |
| | | **ค่าเฉลี่ย** | **2.62** | **ค่าเฉลี่ย** | **1.53** |

ที่มา: การคำนวณของผู้วิจัย

ตารางที่ 5-14 เปรียบเทียบต้นทุนที่ประหยัดได้กับการลงทุนตามแนวทางชุมชนปลอดขยะซึ่งพบว่าสำหรับทุกๆ 1 บาทที่ใช้ในการคัดแยกขยะจะช่วยลดต้นทุนในการจัดการขยะตั้งแต่ต้นทางจนถึงปลายทางระหว่าง 0.78 - 2.75 บาท แม้ว่างบประมาณที่ต้องใช้ในการจัดการขยะที่ต้นทางอย่างเต็มรูปแบบของกรณีศึกษาทั้ง 9 แห่งจะมากกว่างบประมาณที่ปกติ อปท. จัดสรรให้กับการจัดการขยะที่ต้นทาง แต่หาก อปท. สามารถบรรลุเป้าหมายการลดปริมาณขยะที่ต้องเก็บขนไปกำจัดได้ตามที่ประมาณการจากแบบจำลองจะเป็นการใช้จ่ายที่คุ้มค่าที่ก่อให้เกิดการประหยัดโดยเฉลี่ย 1.625 เท่าของเงินทุก 1 บาทที่ใช้ในการส่งเสริมการคัดแยกขยะที่ต้นทาง

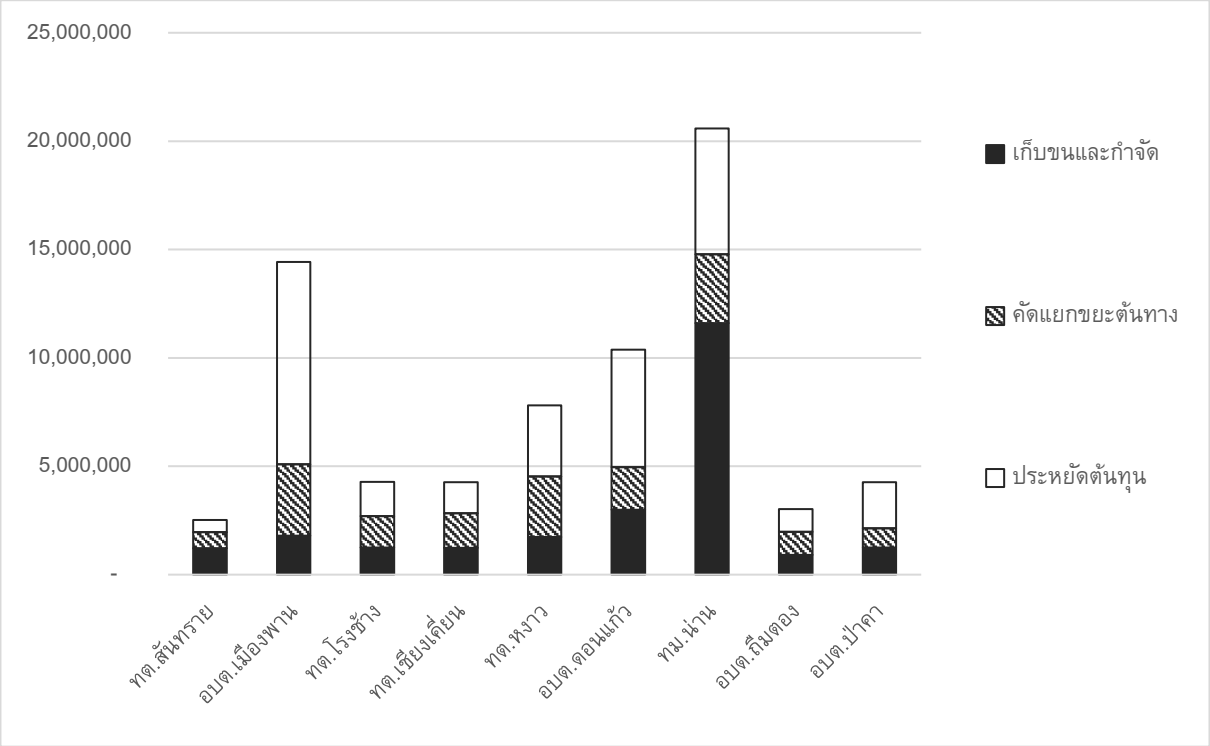
จากแบบจำลอง อปท. ที่มีขนาดเล็กจะมีสัดส่วนผลตอบแทนจากการคัดแยกขยะที่ต้นทางต่ำ เช่น เทศบาลตำบลสันทรายที่มีค่าสัดส่วนต่ำที่สุด เนื่องจากมีจำนวนประชากรน้อยทำให้มีสัดส่วนต้นทุนคงที่สูงเมื่อปริมาณขยะที่ต้องให้บริการเก็บขนไปกำจัดลดลง เช่นเดียวกับเทศบาลตำบลเชียงเคี่ยน อบต.ถืมตอง และเทศบาลตำบลโรงช้าง รูปที่ 5-4 เปรียบเทียบต้นทุนที่ประหยัดได้ของ อปท. ทั้ง 9 แห่ง จากการคำนวณพบว่าหากมีการคัดแยกขยะแล้วการซื้อรถเก็บขยะมาใช้จะมีต้นทุนต่ำที่สุดเมื่อมีประชากรในพื้นที่การให้บริการ 9,266 คน จะเห็นว่าในทางปฏิบัติ อปท.ที่มีขนาดเล็กจะมีการบริหารจัดการทรัพยากรที่มีอยู่ให้สอดคล้องกับบริบทของตัวเอง โดยเทศบาลตำบลโรงช้าง และอบต.ถืมตองอาศัยการจ้างเหมาเอกชนใน

การเข้ามาให้บริการเก็บขนในพื้นที่ ส่วนเทศบาลตำบลสันทรายที่มีรถขยะและเตาเผาอยู่แล้วก็ได้มีการนำรถขยะมาให้บริการเก็บขยะแยกประเภท ช่วยให้เกิดการควบคุมการทิ้งขยะที่ต้นทาง

***ตารางที่ 5-13 ต้นทุนการคัดแยกขยะและผลการประหยัดของกรณีศึกษาจากแบบจำลอง***

| กรณีศึกษา | ต้นทุนการคัดแยกที่ต้นทาง (บาท/ปี) | ผลการประหยัดต้นทุนการจัดการ (บาท/ปี) | อัตราการประหยัดจากการคัดแยกขยะ (ค่าเฉลี่ย = 1.63) |
|---|---|---|---|
| ทต.สันทราย | 732,000 | 567,320 | 0.78 |
| อบต.เมืองพาน | 3,304,400 | 9,058,480 | 2.74 |
| ทต.โรงช้าง | 1,457,800 | 1,577,440 | 1.08 |
| ทต.เชียงเคี่ยน | 1,584,800 | 1,435,640 | 0.91 |
| ทต.หงาว | 2,795,000 | 3,278,280 | 1.17 |
| อบต.ดอนแก้ว | 1,969,400 | 5,420,000 | 2.75 |
| ทม.น่าน | 3,176,200 | 5,811,317 | 1.83 |
| อบต.ถืมตอง | 1,071,000 | 1,047,770 | 0.98 |
| อบต.ป่าคา | 890,500 | 2,127,140 | 2.39 |

ที่มา: การคำนวณของผู้วิจัย




***รูปที่ 5-4 เปรียบเทียบต้นทุนการจัดการขยะของของกรณีศึกษาจากแบบจำลอง***

การส่งเสริมการคัดแยกขยะที่ต้นทางจะมีประสิทธิภาพมากที่สุด เมื่อ อปท.มีขนาดการดำเนินการที่เหมาะสมที่ทำให้มีต้นทุนการลดและคัดแยกขยะต่ำ เช่น อบต.ดอนแก้ว และอบต.ป่าคา ที่มีต้นทุนในส่วนนี้เพียง 0.53 และ 0.69 บาทต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 5-6) เช่นเดียวกับ อปท.มีต้นทุนการเก็บขนและกำจัดขยะต่อหน่วยสูง เช่น อบต.เมืองพานที่ต้องส่งขยะไปกำจัดข้ามจังหวัดและมีต้นทุนในส่วนนี้สูงถึง 2.75 บาทต่อกิโลกรัมในกรณีที่ไม่มีการคัดแยกขยะ (ตารางที่ 5-11) ในขณะที่มีต้นทุนต่อหน่วยของการจัดการขยะที่ต้นทางเพียง 1.02 บาทต่อกิโลกรัม ดังนั้นจากแบบจำลองจะเห็นว่าทุกๆ 1 บาทที่ อบต.เมืองพานใช้ในการส่งเสริมการคัดแยกขยะจะก่อให้เกิดการประหยัดต้นทุนถึง 2.74 บาท

ตารางที่ 5-14 เปรียบเทียบค่าธรรมเนียมเก็บขนและกำจัดที่ อปท. ควรจะต้องจัดเก็บจากครัวเรือนตามต้นทุนเก็บขนและกำจัด ทั้งนี้ ค่าธรรมเนียมจะแปรผันตามขนาดของครัวเรือน ตัวอย่างเช่น เทศบาลตำบลโรงช้าง แม้จะมีค่าใช้จ่ายในการเก็บขนและกำจัดในระดับเดียวกันกับเทศบาลตำบลสันทรายและเทศบาลตำบลเชียงเคี่ยน แต่เนื่องจากมีขนาดครัวเรือนเฉลี่ย 4.1 คนดังนั้นค่าธรรมเนียมที่คำนวณได้จึงสูงกว่าของอีก 2 อปท. เป็นต้น ผลการคำนวณแสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการจัดการที่ต้นทางอย่างเต็มที่แล้วต้นทุนเก็บขนและกำจัดขยะที่ลดลงจะทำให้ อปท. ที่เป็นกรณีศึกษาจำเป็นต้องเก็บค่าธรรมเนียมระหว่าง 31 ถึง 93 บาทต่อเดือน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 63 บาทต่อเดือนซึ่งเป็นอัตราที่ไม่ได้ปรับเพิ่มขึ้นจากปัจจุบันมากนักและประชาชนน่าจะยอมรับได้ โดยในทางปฏิบัติบาง อปท. เช่น อบต.ดอนแก้วได้ยกเว้นค่าธรรมเนียมในส่วนนี้ให้กับครัวเรือนที่ให้ความร่วมมือในการคัดแยกขยะที่ต้นทางอย่างเต็มที่ เนื่องจากได้มีส่วนช่วยในการประหยัดงบประมาณจำนวนมากแล้ว

***ตารางที่ 5-14 ค่าธรรมเนียมขยะก่อนและหลังการจัดการที่ต้นทางของกรณีศึกษาจากแบบจำลอง***

| กรณีศึกษา | ครัวเรือน (หลัง) | ต้นทุนเก็บขนและกำจัด (บาท/ปี) | ค่าธรรมเนียม (บาท/เดือน) | ต้นทุนเก็บขนและกำจัด (บาท/ปี) | ค่าธรรมเนียม (บาท/เดือน) |
|---|---|---|---|---|---|
| ทต.สันทราย | 1,105 | 2,523,840 | **190** | 1,224,520 | **92** |
| อบต.เมืองพาน | 4,769 | 14,155,600 | **247** | 1,792,720 | **31** |
| ทต.โรงช้าง | 1,157 | 4,281,760 | **308** | 1,246,520 | **90** |
| ทต.เชียงเคี่ยน | 1,792 | 4,263,360 | **198** | 1,242,920 | **58** |
| ทต.หงาว | 3,755 | 7,812,000 | **173** | 1,738,720 | **39** |
| อบต.ดอนแก้ว | 5,862 | 10,384,240 | **148** | 2,994,840 | **43** |
| ทม.น่าน | 10,411 | 20,587,942 | **165** | 11,600,424 | **93** |
| อบต.ถืมตอง | 1,267 | 3,023,788 | **199** | 905,018 | **60** |
| อบต.ป่าคา | 1,663 | 4,269,760 | **214** | 1,252,120 | **63** |

ที่มา: การคำนวณของผู้วิจัย

## 5.2 ผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอาศัยหลักการของ LCA เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อกรณีศึกษามีการคัดแยกขยะที่ต้นทาง เนื่องจากผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมขึ้นกับบริบทของระบบการจัดการขยะ โดยเฉพาะเทคโนโลยีที่ใช้กำจัดขยะ การรายงานผลการประเมินจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนย่อย ได้แก่ การระบุพารามิเตอร์สำคัญของ อปท.ที่เป็นกรณีศึกษา การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกรณีที่ปกติที่ไม่มีการคัดแยกขยะที่ต้นทาง (BUA) และการจัดการตามแนวทางชุมชนปลอดขยะ (ZW) ของแต่ละกรณีศึกษา โดยมีเทศบาลสันทรายและ อบต.เมืองพานเป็นตัวอย่างของการคำนวณและการเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นภายใต้บริบทของทั้ง 9 กรณีศึกษาจากมุมมองของประสิทธิภาพเชิงนิเวศในส่วนสุดท้าย

### 5.2.1 บริบทของการจัดการขยะ

ตารางที่ 5-15 แสดงค่าของตัวแปรภายใต้บริบทของกรณีศึกษาที่สำคัญต่อการทำ LCA ของระบบการจัดการขยะเมื่อไม่มีการคัดแยกขยะที่ต้นทาง ปริมาณขยะเป็นตัวแปรพื้นฐานที่มีอิทธิพลต่อผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมของการจัดการขยะทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยเป็นตัวคูณของผลกระทบต่อหน่วยที่เกิดขึ้นในกิจกรรมต่างๆ

***ตารางที่ 5-15 ค่าพารามิเตอร์การจัดการขยะกรณีที่ไม่มีการคัดแยกขยะที่ต้นทาง***

| กรณีศึกษา | ขยะที่กำจัด (ตัน/ปี) | ระยะทาง (กม./ปี) | วิธีการกำจัดขยะ |
|---|---|---|---|
| ทต.สันทราย | 926 | 5,389 | กำจัดด้วยเตาเผาขนาดเล็ก |
| อบต.เมืองพาน | 3,600 | 69,840 | หมักและนำก๊าซชีวภาพมาใช้ประโยชน์ |
| ทต.โรงช้าง | 1,773 | 10,307 | เทกองในบ่อขยะของหมู่บ้าน |
| ทต.เชียงเคี่ยน | 1,632 | 9,505 | เทกองในบ่อขยะของหมู่บ้าน |
| ทต.หงาว | 3,573 | 20,771 | เทกองในบ่อขยะของหมู่บ้าน |
| อบต.ดอนแก้ว | 4,861 | 28,270 | กำจัดด้วยเตาเผาขนาดเล็ก |
| ทม.น่าน | 8,645 | 112,686 | ฝังกลบตามหลักสุขาภิบาล |
| อบต.ถืมตอง | 1,135 | 14,819 | ฝังกลบตามหลักสุขาภิบาล |
| อบต.ป่าคา | 1,682 | 9,784 | เทกองในบ่อขยะของหมู่บ้าน |

ที่มา: การคำนวณของผู้วิจัย

ปริมาณขยะยังเป็นตัวกำหนดค่าของตัวแปรที่มีผลต่อระดับของกิจกรรมการเก็บขน เนื่องจากจำนวนเที่ยวของการเก็บขนมีความสัมพันธ์กับปริมาณขยะที่เพิ่มขึ้นในลักษณะของขั้นบันได (รูปที่ 5-3) ดังนั้นปริมาณขยะที่เพิ่มขึ้นจะนำไปสู่กิโลเมตรในการขนส่งที่เพิ่มขึ้น โดยระยะทางขนส่งจะอยู่ภายใต้อิทธิพลของปัจจัย 2 ประการได้แก่ จำนวนเที่ยวที่ทำการเก็บรวบรวมขยะและระยะทางในการขนส่งขยะไปกำจัด เช่นในกรณีของ อบต.เมืองพานที่ส่งขยะไปกำจัดที่จังหวัดเชียงใหม่จะมีระยะทางขนส่งต่อเที่ยวสูงถึง 344 กิโลเมตร เป็นต้น ทั้งนี้ สำหรับการกำจัดขยะในการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเทศบาลตำบลโรงช้าง เทศบาลตำบลเชียงเคี่ยน เทศบาลตำบลหงาว และ อบต.ป่าคาจะอ้างอิงค่าที่ได้จากการเทกองขยะในหมู่บ้านซึ่งเป็นวิธีการที่ อปท.ทั้ง 4 ใช้กำจัดขยะในปัจจุบัน

ตารางที่ 5-16 แสดงค่าของปริมาณและองค์ประกอบของขยะที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากที่มีการจัดการขยะที่ต้นทางจากแบบจำลองที่กำหนดศักยภาพการคัดแยกขยะภายใต้บริบทของ อปท.ทั้ง 9 แห่ง (ตารางที่ 5-2) การคัดแยกขยะนอกจากจะเปลี่ยนแปลงปริมาณของขยะและค่าพารามิเตอร์ของการทำ LCA ดังที่ปรากฏในตารางที่ 5-17 แล้ว องค์ประกอบของขยะที่เปลี่ยนแปลงไปยังจะมีผลต่อมลพิษที่เกิดขึ้นจากกระบวนการต่างๆ ตัวอย่างเช่น ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการหมักของขยะที่ย่อยสลายได้ที่ต้นทาง ระหว่างรอการเก็บขน และในกระบวนการกำจัดขยะ ปริมาณสารพิษที่จะเกิดขึ้นจากการเผาขยะที่มีส่วนประกอบของโลหะหนักหรือสารตั้งต้นที่ทำให้เกิดสารก่อมะเร็งไดออกซินและฟูรัน ปริมาณธาตุอาหารที่จะถูกชะลงแหล่งน้ำทำให้เกิดปรากฏการณ์พืชน้ำขยายพันธุ์ผิดปกติที่มาจากขยะที่มีฟอสเฟตและไนเตรท เป็นต้น

***ตารางที่ 5-16 ปริมาณขยะที่ถูกคัดแยกขยะที่ต้นทาง***

| กรณีศึกษา | หมักที่บ้าน (ตัน/ปี) | การรีไซเคิล (ตัน/ปี) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | แก้ว | โลหะ | พลาสติก | กระดาษ |
| ทต.สันทราย | 417 | 100 | 170 | 23 | 15 |
| อบต.เมืองพาน | 1,820 | 437 | 740 | 101 | 67 |
| ทต.โรงช้าง | 799 | 192 | 325 | 44 | 30 |
| ทต.เชียงเคี่ยน | 736 | 177 | 299 | 41 | 27 |
| ทต.หงาว | 1,611 | 387 | 655 | 89 | 60 |
| อบต.ดอนแก้ว | 2,457 | 382 | 646 | 88 | 59 |
| ทม.น่าน | 2,105 | 537 | 910 | 124 | 83 |
| อบต.ถืมตอง | 574 | 138 | 233 | 32 | 21 |
| อบต.ป่าคา | 850 | 132 | 224 | 31 | 20 |

ที่มา: การคำนวณของผู้วิจัย

*ตารางที่ 5-17 ค่าพารามิเตอร์การจัดการขยะกรณีที่มีการคัดแยกขยะที่ต้นทาง*

| กรณีศึกษา | ขยะที่กำจัด (ตัน/ปี) | ระยะทาง (กม./ปี) | วิธีการกำจัดขยะ |
|---|---|---|---|
| ทต.สันทราย | 181 | 1,064 | กำจัดด้วยเตาเผาขนาดเล็ก |
| อบต.เมืองพาน | 356 | 6,984 | หมักและนำก๊าซชีวภาพมาใช้ประโยชน์ |
| ทต.โรงช้าง | 348 | 2,023 | เทกองในบ่อขยะของหมู่บ้าน |
| ทต.เชียงเคี่ยน | 320 | 1,866 | เทกองในบ่อขยะของหมู่บ้าน |
| ทต.หงาว | 701 | 4,081 | เทกองในบ่อขยะของหมู่บ้าน |
| อบต.ดอนแก้ว | 1,122 | 6,523 | กำจัดด้วยเตาเผาขนาดเล็ก |
| ทม.น่าน | 4,736 | 61,739 | ฝังกลบตามหลักสุขาภิบาล |
| อบต.ถืมตอง | 112 | 663 | ฝังกลบตามหลักสุขาภิบาล |
| อบต.ป่าคา | 388 | 2,267 | เทกองในบ่อขยะของหมู่บ้าน |

ที่มา: การคำนวณของผู้วิจัย

### 5.2.2 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

เนื่องจากการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของแต่ละกรณีศึกษามีรายละเอียดมาก ในที่นี้จะแสดงตัวอย่างการคำนวณเฉพาะ 2 กรณีศึกษาที่มีวิธีการจัดการแตกต่างกัน ได้แก่ เทศบาลตำบลสันทราย และ อบต.เมืองพาน เพื่อให้เห็นถึงรายละเอียดของการทำ LCA ก่อนและหลังการคัดแยกขยะของแต่ละกรณีศึกษาและความแตกต่างที่เกิดขึ้นในบริบทของการจัดการที่แตกต่างกัน ก่อนที่จะนำเสนอภาพรวมของผลกระทบที่เปลี่ยนแปลงไปของทุกกรณีศึกษาในส่วนต่อไป ทั้งนี้ ตารางแสดงผลการคำนวณของทุกกรณีศึกษาสามารถพบได้ในภาคผนวก

#### *เทศบาลตำบลสันทราย*

การดำเนินการจัดการขยะตามปกติ (BAU) ของเทศบาลตำบลสันทรายนั้น ขยะทั้งหมดจะถูกส่งไปเผาโดยไม่มีการคัดแยก โดยผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการจัดการขยะแบบนี้แสดงให้เห็นในตารางที่ 5-18 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ตั้งแต่การเก็บรวบรวม ขนส่ง และกำจัด ได้สร้างผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมโดยมลพิษเกือบทั้งหมดในกรณีนี้เกิดขึ้นในขั้นตอนจากการเก็บขน เนื่องจากรถยนต์ที่ใช้ในการขนส่งขยะนั้นใช้น้ำมันดีเซลซึ่งจะปล่อยมลพิษออกมา ถึงแม้การกำจัดขยะด้วยการเผาก็ยังปล่อยมลพิษน้อยกว่าการขนส่งเนื่องจากองค์ประกอบของขยะที่ส่งเข้าเตาเผานั้น มีพลาสติกซึ่งเป็นสารสังเคราะห์จากปิโตรเลียมเพียงร้อยละ 22 เท่านั้น ส่วนองค์ประกอบอื่นในขยะนั้นเมื่อเผาแล้วจะปล่อยมลพิษที่มีความรุนแรงน้อยกว่ามลพิษจากสารที่เป็นอนุพันธ์ของปิโตรเลียม

*ตารางที่ 5-18 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเทศบาลตำบลสันทรายก่อนคัดแยกขยะ (BAU)*

| | รวมผลกระทบ | การเก็บขน (ร้อยละ) | การกำจัด (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|
| Global Warming (tonCO2eq) | 5,069 | 85.84% | 14.16% |
| Ecotoxicity in Water (Mm3 water) | 1,344 | 99.66% | 0.34% |
| Stored Ecotoxicity in Water (Mm3 water) | - | - | - |
| Human Toxicity via Soil (km3 soil) | 7 | 94.21% | 5.79% |
| Photochemical Ozone Formation (tonC2H4eq) | 6 | 99.67% | 0.33% |
| Spoiled Groundwater Resources (km3 spoiled water) | - | - | - |
| Ecotoxicity in Soil (km3 soil) | 8 | 80.57% | 19.43% |
| Human Toxicity via Water (km3 water) | 1,903 | 79.14% | 20.86% |
| Acidification (ton SO2eq) | 36 | 97.10% | 2.90% |
| Stratospheric Ozone Depletion (kgCFC11eq) | 0 | 0 | 0 |
| Human Toxicity via Air (Gm3 air) | 31,122 | 99.90% | 0.10% |
| Stored Ecotoxicity in Soil (m3 soil) | - | - | - |
| Nutrient Enrichment (tonNO3eq) | 64 | 97.49% | 2.51% |
| Photochemical Ozone Formation (ton C2H4eq) | 6 | 99.69% | 0.31% |

ที่มา: การคำนวณของผู้วิจัย

การวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อมาจะพิจารณาผลที่เกิดขึ้นจากการรณรงค์ให้ประชาชนในพื้นที่คัดแยกขยะอินทรีย์ และขยะรีไซเคิลออกจากขยะที่ส่งให้เทศบาลกำจัดและนำเศษวัสดุเหล่านี้กลับมาใช้ประโยชน์อีกครั้ง โดยขยะอินทรีย์จะนำมาทำเป็นปุ๋ยเพื่อลดการใช้ปุ๋ยเคมีซึ่งจะช่วยลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการผลิตปุ๋ยเคมีได้ อย่างไรก็ตามผลกระทบจากการทดแทนด้วยวิธีนี้ยังไม่สามารถชดเชยการปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักได้ ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 5-19 ว่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการแยกขยะอินทรีย์มีค่าเป็นบวกแสดงว่ากิจกรรมนี้ยังส่งผลกระทบด้านลบต่อสิ่งแวดล้อม แต่การคัดแยกขยะรีไซเคิลประเภท แก้ว โลหะ และกระดาษนั้น เมื่อนำมาผลิตซ้ำทดแทนการใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติ จะ

สามารถชดเชยการปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมจากกระบวนการผลิตวัสดุใหม่ได้ ดังนั้นค่าผลกระทบที่เป็นลบจึงแสดงว่าผลของการทดแทนวัสดุมากกว่าผลที่เกิดขึ้นโดยตรงจากการรีไซเคิลนั้นเอง

***ตารางที่ 5-19 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการคัดแยกขยะของเทศบาลตำบลสันทราย***

| | อินทรีย์ | แก้ว | โลหะ | พลาสติก | กระดาษ |
|---|---|---|---|---|---|
| Global Warming (tonCO2eq) | 4.84 | -16.27 | -151.83 | 789.11 | -258.93 |
| Ecotoxicity in Water (Mm3 water) | 0.35 | 0.041 | -161.12 | 294.95 | -3.93 |
| Stored Ecotoxicity in Water (Mm3 water) | - | - | - | - | - |
| Human Toxicity via Soil (km3 soil) | 0.0031 | -0.0029 | -18.082 | 1.48 | -0.29 |
| Photochemical Ozone Formation (tonC2H4eq) | 0.0019 | 0.00043 | -0.059 | 1.26 | -0.025 |
| Spoiled Groundwater Resources (km3 sp. water) | - | - | - | - | - |
| Ecotoxicity in Soil (km3 soil) | 0.013 | 0.00036 | -0.12 | 2.71 | -2.42 |
| Human Toxicity via Water (km3 water) | 2.053 | -0.91 | -409.98 | 413.13 | -270.08 |
| Acidification (ton SO2eq) | 0.056 | -0.135 | -1.33 | 4.50 | -0.40 |
| Stratospheric Ozone Depletion (kgCFC11eq) | - | - | - | - | - |
| Human Toxicity via Air (Gm3 air) | 11.8 | -4.42 | -130.87 | 6827.00 | -34.03 |
| Stored Ecotoxicity in Soil (m3 soil) | - | - | - | - | - |
| Nutrient Enrichment (tonNO3eq) | 0.104 | -0.046 | -0.55 | 11.99 | -0.43 |
| Photochemical Ozone Formation (ton C2H4eq) | 0.002 | 0.00045 | -0.045 | 1.31 | -0.025 |

หมายเหตุ ค่าติดลบแสดงว่ากิจกรรมช่วยลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้นหากต้องผลิตวัสดุใหม่ด้วยการรีไซเคิลเศษวัสดุทดแทน
ที่มา: การคำนวณของผู้วิจัย

เมื่อเทศบาลตำบลสันทรายดำเนินการคัดแยกขยะที่ต้นทางจะช่วยลดปริมาณขยะ ส่งผลให้ความถี่ในการขนส่งขยะลดลง ส่งผลให้ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการจัดการขยะลดลง ดังแสดงในตารางที่ 5-

20 โดยรวมผลกระทบจากการคัดแยกขยะในตารางที่ 5-19 จะถูกแสดงในคอลัมน์แรก และผลกระทบที่เกิดจากการเก็บรวบรวม ขนส่ง และกำจัดขยะที่เหลือจากการคัดแยกจะอยู่ในคอลัมน์ที่ 2 เมื่อพิจารณาจากทั้ง 3 ขั้นตอนจะเห็นได้ว่าขั้นตอนคัดแยกขยะปล่อยมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม สูงที่สุดเนื่องจากสัดส่วนของขยะอินทรีย์ที่คัดแยกออกไปผลิตปุ๋ยสูงถึงร้อยละ 52 ที่ส่งผลให้เกิดก๊าซมีเทนซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการ แต่ในภาพรวมการคัดแยกขยะช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของทั้งระบบ เพราะปริมาณขยะที่ลดลงส่งผลให้ความถี่ในการเก็บรวบรวม การขนส่งลดลงและการเผากำจัดลดลงอย่างมาก

***ตารางที่ 5-20 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเทศบาลตำบลสันทรายหลังคัดแยกขยะ (ZW)***

| | การคัดแยก | การเก็บขนและกำจัด | รวมผลกระทบ |
|---|---|---|---|
| Global Warming (tonCO2eq) | 367 | 341 | 708 |
| Ecotoxicity in Water (Mm3 water) | 130 | 53 | 183 |
| Stored Ecotoxicity in Water (Mm3 water) | - | - | - |
| Human Toxicity via Soil (km3 soil) | -17 | 0 | -17 |
| Photochemical Ozone Formation (tonC2H4eq) | 1 | 0 | 1 |
| Spoiled Groundwater Resources (km3 spoiled water) | - | - | - |
| Ecotoxicity in Soil (km3 soil) | 0 | 1 | 1 |
| Human Toxicity via Water (km3 water) | - 266 | 149 | -117 |
| Acidification (ton SO2eq) | 3 | 2 | 4 |
| Stratospheric Ozone Depletion (kgCFC11eq) | 0 | 0 | 0 |
| Human Toxicity via Air (Gm3 air) | 6,669 | 1,206 | 7,875 |
| Stored Ecotoxicity in Soil (m3 soil) | - | - | - |
| Nutrient Enrichment (tonNO3eq) | 11 | 3 | 14 |
| Photochemical Ozone Formation (ton C2H4eq) | 1 | 0 | 1 |

หมายเหตุ ค่าติดลบแสดงว่ากิจกรรมช่วยลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้นหากต้องผลิตวัสดุใหม่ด้วยการรีไซเคิลเศษวัสดุทดแทน
ที่มา: การคำนวณของผู้วิจัย

***องค์การบริหารส่วนตำบลเมืองพาน***

การดำเนินการจัดการขยะตามปกติของ อบต.เมืองพาน (BAU) นั้น ขยะทั้งหมดจะถูกส่งไปยังจังหวัดเชียงใหม่ เพื่อผลิตก๊าซชีวภาพและนำมาผลิตกระแสไฟฟ้าโดยไม่มีการคัดแยก โดยผลกระทบต่อ

สิ่งแวดล้อมจากการดำเนินงานนี้แสดงในตารางที่ 5-21 โดยมลพิษจากขั้นตอนจากการเก็บขนสูงมาก เนื่องจากมีระยะทางในการขนส่งขยะระหว่าง อบต.เมืองพานถึงเทียวละ 344 กิโลเมตร ในขณะที่ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการกำจัดต่ำกว่ากรณีของเทศบาลตำบลสันทรายทั้งที่มีปริมาณขยะที่ต้องกำจัดมากกว่า เนื่องจากมีการนำเอาก๊าซชีวภาพมาผลิตไฟฟ้าจึงสามารถชดเชยการปล่อยมลพิษจากการผลิตไฟฟ้าจากถ่านหินได้

***ตารางที่ 5-21 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของ อบต.เมืองพาน (BAU)***

| | รวมผลกระทบ | การเก็บขน (ร้อยละ) | การกำจัด (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|
| Global Warming (tonCO2eq) | 109,550 | 99.98% | 0.02% |
| Ecotoxicity in Water (Mm3 water) | 33,723 | 99.94% | 0.06% |
| Stored Ecotoxicity in Water (Mm3 water) | 3,252 | 0.00% | 100.00% |
| Human Toxicity via Soil (km3 soil) | 168 | 96.72% | 3.28% |
| Photochemical Ozone Formation (tonC2H4eq) | 144 | 99.91% | 0.09% |
| Spoiled Groundwater Resources (km3 spoiled water) | 2,254 | 0.00% | 100.00% |
| Ecotoxicity in Soil (km3 soil) | 205 | 78.00% | 22.00% |
| Human Toxicity via Water (km3 water) | 38,210 | 99.22% | 0.78% |
| Acidification (ton SO2eq) | 888 | 100.00% | -0.01% |
| Stratospheric Ozone Depletion (kgCFC11eq) | 1 | 0.00% | 100.00% |
| Human Toxicity via Air (Gm3 air) | 782,812 | 99.97% | 0.03% |
| Stored Ecotoxicity in Soil (m3 soil) | 15,044 | 0.00% | 100.00% |
| Nutrient Enrichment (tonNO3eq) | 1,573 | 99.93% | 0.07% |
| Photochemical Ozone Formation (ton C2H4eq) | 150 | 99.91% | 0.09% |

หมายเหตุ ค่าติดลบแสดงว่ากิจกรรมช่วยลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้นหากต้องผลิตวัสดุใหม่ด้วยการรีไซเคิลเศษวัสดุทดแทน
ที่มา: การคำนวณของผู้วิจัย

เมื่อมีการจัดการขยะที่ต้นทางพบว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการคัดแยกขยะ (ตารางที่ 5-22) ผลกระทบของการจัดการขยะทั้งระบบ (ตารางที่ 5-23) และผลกระทบที่เปลี่ยนแปลงไประหว่างกรณี

BAU และ ZW (ตารางที่ 5-25) ของ อบต.เมืองพานมีลักษณะแตกต่างจากของเทศบาลตำบลสันทราย เนื่องจากมีปริมาณของขยะรีไซเคิล โดยเฉพาะที่มีตัวคูณของการชดเชยผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการผลิตวัสดุใหม่คือโลหะในสัดส่วนที่สูงมากกว่าในกรณีของเทศบาลตำบลสันทรายจนค่าผลกระทบจากการคัดแยกขยะในภาพรวมเป็นลบ ยิ่งไปกว่านั้นยังมีขนาดของการลดผลกระทบที่มากกว่าจากการขนส่งที่ปรับเปลี่ยนลงอย่างมาก เนื่องจากบริบทการจัดการขยะของ อบต.เมืองพานมีระยะทางที่ส่งขยะแต่ละกิโลกรัมไปกำจัดในระยะทางที่ไกลกว่าถึง 20 เท่าของเทศบาลตำบลสันทราย

***ตารางที่ 5-22 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการคัดแยกขยะของ อบต.เมืองพาน***

| | อินทรีย์ | แก้ว | โลหะ | พลาสติก | กระดาษ |
|---|---|---|---|---|---|
| Global Warming (tonCO2eq) | 44.5 | -63.28 | -590.55 | -648.38 | -1007.1 |
| Ecotoxicity in Water (Mm3 water) | 3.18 | 159.08 | -626.71 | 3.16 | -15.3 |
| Stored Ecotoxicity in Water (Mm3 water) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Human Toxicity via Soil (km3 soil) | 0.028 | -0.011 | -70.33 | 0.24 | -1.13 |
| Photochemical Ozone Formation (tonC2H4eq) | 0.017 | 0.0017 | -0.23 | 0.017 | -0.097 |
| Spoiled Groundwater Resources (km3 sp. water) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ecotoxicity in Soil (km3 soil) | 0.116 | 1.42 | -0.48 | 5.1 | -9.4 |
| Human Toxicity via Water (km3 water) | 18.88 | -3.53 | -1594.66 | 320.04 | -1050.48 |
| Acidification (ton SO2eq) | 0.51 | -0.52 | -5.19 | -12.63 | -1.56 |
| Stratospheric Ozone Depletion (kgCFC11eq) | 0 | 0 | 0 | 0.03 | -0.01 |
| Human Toxicity via Air (Gm3 air) | 108.83 | -17.18 | -509.04 | -8.73 | -132.4 |
| Stored Ecotoxicity in Soil (m3 soil) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Nutrient Enrichment (tonNO3eq) | 0.96 | -0.178 | -2.13 | -6.74 | -1.65 |
| Photochemical Ozone Formation (ton C2H4eq) | 0.017 | 0.002 | -0.17 | 0.016 | -0.099 |

หมายเหตุ ค่าติดลบแสดงว่ากิจกรรมช่วยลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้นหากต้องผลิตวัสดุใหม่ด้วยการรีไซเคิลเศษวัสดุทดแทน

ที่มา: การคำนวณของผู้วิจัย

*ตารางที่ 5-23 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมขององค์การบริหารส่วนตำบลเมืองพาน (ZW)*

| | การคัดแยก | การเก็บขนและกำจัด | รวมผลกระทบ |
|---|---|---|---|
| Global Warming (tonCO2eq) | -2,265 | 966 | -1,299 |
| Ecotoxicity in Water (Mm3 water) | -477 | 174 | -303 |
| Stored Ecotoxicity in Water (Mm3 water) | 0 | 623 | 623 |
| Human Toxicity via Soil (km3 soil) | -71 | 2 | -69 |
| Photochemical Ozone Formation (tonC2H4eq) | 0 | 1 | 1 |
| Spoiled Groundwater Resources (km3 spoiled water) | 0 | 223 | 223 |
| Ecotoxicity in Soil (km3 soil) | -3 | 2 | -1 |
| Human Toxicity via Water (km3 water) | -2,310 | 393 | -1,917 |
| Acidification (ton SO2eq) | -19 | -11,053 | -11,072 |
| Stratospheric Ozone Depletion (kgCFC11eq) | 0 | 0 | 0 |
| Human Toxicity via Air (Gm3 air) | -559 | 7,674 | 7,116 |
| Stored Ecotoxicity in Soil (m3 soil) | 0 | 3,110 | 3,110 |
| Nutrient Enrichment (tonNO3eq) | -10 | 15 | 5 |
| Photochemical Ozone Formation (ton C2H4eq) | 0 | 1 | 1 |

หมายเหตุ ค่าติดลบแสดงว่ากิจกรรมช่วยลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้นหากต้องผลิตวัสดุใหม่ด้วยการรีไซเคิลเศษวัสดุทดแทน
ที่มา: การคำนวณของผู้วิจัย

### 5.2.3 ประสิทธิภาพเชิงนิเวศของการจัดการขยะ

เพื่อประโยชน์ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงนิเวศของการปรับปรุงระบบตามลำดับชั้นของการจัดการขยะภายใต้บริบทที่แตกต่างกันของกรณีศึกษาทั้ง 9 แห่ง ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจะถูกถ่วงน้ำหนักด้วยปริมาณขยะที่เกิดขึ้นและถูกจัดการในแต่ละกรณีศึกษา ตารางที่ 5-24 และตารางที่ 5-25 แสดงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมก่อนและหลังการปรับให้เป็นปกติ (normalization) ของตัวอย่าง 2 กรณีศึกษา เทศบาลตำบลสันทรายที่มีขยะเกิดขึ้น 926 ตันต่อปีและของ อบต.เมืองพานที่มีขยะเกิดขึ้น 3,600 ตันต่อปีตามลำดับ โดยจะเห็นว่าค่าที่ได้หลังจากการถ่วงน้ำหนักแล้วใกล้เคียงกันมากขึ้น เนื่องจากผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการที่ปริมาณขยะของ อบต.เมืองพานมากกว่าเทศบาลตำบลสันทรายเกือบ 4 เท่านั้นถูกควบคุมไว้ อย่างไรก็ดี จะเห็นว่ายังมีความแตกต่างระหว่างกรณีทั้ง 2 อยู่ ความแตกต่างที่ยังคง

ปรากฏให้เห็นนี้เกิดจากบริบทของการเก็บขนและกำจัดขยะที่ทำให้การเปลี่ยนแปลงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการจัดการขยะจากการคัดแยกขยะที่ต้นทางของ อปท. 2 แห่งแตกต่างกัน

***ตารางที่ 5-24 ตัวอย่างการปรับค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเทศบาลตำบลสันทราย***

| ปริมาณขยะที่เกิดขึ้น 926 ตัน/ปี (ก) | ผลกระทบ BAU (ข) | ผลกระทบ ZW (ค) | ผลต่าง (ง) (ง) =(ค)–(ข) | ผลต่างต่อตันขยะ (จ) (จ) = (ง) / (ก) | ร้อยละที่เปลี่ยนแปลง (ฉ) (ฉ) = (ง) / (ข) |
|---|---|---|---|---|---|
| Global Warming (tonCO2eq) | 5,069 | 708 | -4,362 | -4.71 | -86% |
| Ecotoxicity in Water (Mm3 water) | 1,344 | 183 | -1,161 | -1.25 | -86% |
| Stored Ecotoxicity in Water (Mm3 water) | - | - | - | - | - |
| Human Toxicity via Soil (km3 soil) | 7 | -17 | -23 | -0.03 | -341% |
| Photochemical Ozone Formation (tonC2H4eq) | 6 | 1 | -4 | 0.00 | -75% |
| Spoiled Groundwater Resources (km3s.water) | - | - | - | - | - |
| Ecotoxicity in Soil (km3 soil) | 8 | 1 | -7 | -0.01 | -91% |
| Human Toxicity via Water (km3 water) | 1,903 | -117 | -2,020 | -2.18 | -106% |
| Acidification (ton SO2eq) | 36 | 4 | -32 | -0.03 | -88% |
| Stratospheric Ozone Depletion (kgCFC11eq) | - | - | - | - | - |
| Human Toxicity via Air (Gm3 air) | 31,122 | 7,875 | -23,246 | -25.10 | -75% |
| Stored Ecotoxicity in Soil (m3 soil) | - | - | - | - | - |
| Nutrient Enrichment (tonNO3eq) | 64 | 14 | -50 | -0.05 | -79% |
| Photochemical Ozone Formation (ton C2H4eq) | 6 | 1 | -4 | 0.00 | -75% |

หมายเหตุ ค่าติดลบแสดงว่าผลกระทบลดลงเปรียบเทียบกับก่อนมีการจัดการขยะที่ต้นทาง

ที่มา: การคำนวณของผู้วิจัย

*ตารางที่ 5-25 ตัวอย่างการปรับค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของ อบต.เมืองพาน*

| ปริมาณขยะที่เกิดขึ้น 3,600 ตัน/ปี (ก) | ผลกระทบ BAU (ข) | ผลกระทบ ZW (ค) | ผลต่าง (ง) (ง) =(ค)–(ข) | ผลต่างต่อตันขยะ (จ) (จ) = (ง) / (ก) | ร้อยละที่เปลี่ยนแปลง (ฉ) (ฉ) = (ง) / (ข) |
|---|---|---|---|---|---|
| Global Warming (tonCO2eq) | 109,550 | -1,299 | -110,849 | -30.79 | -101% |
| Ecotoxicity in Water (Mm3 water) | 33,723 | -303 | -34,026 | -9.45 | -101% |
| Stored Ecotoxicity in Water (Mm3 water) | 3,252 | 623 | -2,629 | -0.73 | -81% |
| Human Toxicity via Soil (km3 soil) | 168 | -69 | -237 | -0.07 | -141% |
| Photochemical Ozone Formation (tonC2H4eq) | 144 | 1 | -143 | -0.04 | -99% |
| Spoiled Groundwater Resources (km3s.water) | 2,254 | 223 | -2,031 | -0.56 | -90% |
| Ecotoxicity in Soil (km3 soil) | 205 | -1 | -206 | -0.06 | -100% |
| Human Toxicity via Water (km3 water) | 38,210 | -1,917 | -40,126 | -11.15 | -105% |
| Acidification (ton SO2eq) | 888 | -11,072 | -11,960 | -3.32 | -1,347% |
| Stratospheric Ozone Depletion (kgCFC11eq) | 1 | 0 | -1 | 0.00 | -95% |
| Human Toxicity via Air (Gm3 air) | 782,812 | 7,116 | -775,696 | -215.47 | -99% |
| Stored Ecotoxicity in Soil (m3 soil) | 15,044 | 3,110 | -11,934 | -3.32 | -79% |
| Nutrient Enrichment (tonNO3eq) | 1,573 | 5 | -1,568 | -0.44 | -100% |
| Photochemical Ozone Formation (ton C2H4eq) | 150 | 1 | -149 | -0.04 | -99% |

หมายเหตุ ค่าติดลบแสดงว่าผลกระทบลดลงเปรียบเทียบกับก่อนมีการจัดการขยะที่ต้นทาง

ที่มา: การคำนวณของผู้วิจัย

ตารางที่ 5-26 และตารางที่ 5-27 เปรียบเทียบความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการคัดแยกขยะภายใต้บริบทการจัดการขยะของกรณีศึกษาทั้ง 9 แห่งหลังจากการถ่วงน้ำหนักด้วยปริมาณขยะที่เกิดขึ้น จะเห็นแบบแผนว่าขนาดของการเปลี่ยนแปลงขึ้นกับระยะทางการเก็บขนที่กรณีศึกษาต้องนำขยะไปกำจัด โดย อบต.เมืองพานที่มีระยะทางขนส่งไกลเป็นพิเศษ เทศบาลเมืองน่าน และอบต.ดอนแก้วที่มีปริมาณขยะจำนวนมากจะมีโอกาสที่จะลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการคัดแยกขยะได้สูงที่สุด สำหรับ อปท.ที่กำจัดขยะในตำบลของตัวเอง การคัดแยกขยะจะให้ผลดีเป็นพิเศษสำหรับ อปท.ที่ยังอาศัยการเทกองขยะในบ่อขยะของหมู่บ้าน เนื่องจากช่วยลดผลกระทบด้านการสะสมสารพิษในน้ำ (Stored Ecotoxicity in Water) และการปนเปื้อนของน้ำใต้ดิน (Spoiled Groundwater Resources) จากน้ำชะขยะที่ไม่มีการควบคุม

รูปที่ 5-5 และรูปที่ 5-6 จำแนกผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปจากการปรับปรุงการจัดการขยะตามแนวทางชุมชนปลอดขยะ (ZW) ตามกระบวนการคัดแยก เก็บขน และกำจัดขยะของกรณีศึกษาทั้ง 9 แห่ง โดยมีผลกระทบด้านภาวะโลกร้อนและการปนเปื้อนของน้ำใต้ดินเป็นตัวอย่าง จะเห็นว่าสำหรับภาวะโลกร้อนนั้นการคัดแยกมีผลในทุกกระบวนการและแปรผันตามระยะทางที่ อปท.เก็บขนขยะไปกำจัด (ค่า Pearson Correlation = 0.933 มี p-value < 0.001 จาก n = 9) ดังนั้น ในอนาคตหากมีการปรับปรุงการจัดการขยะในประเทศให้เป็นแบบคลัสเตอร์และมีการปิดบ่อขยะในชุมชนเพื่อให้มีระบบกำจัดขยะที่ถูกต้องตามหลักสุขาภิบาลตามนโยบายของรัฐบาล การจัดการขยะที่ต้นทางจะยิ่งมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการจัดการขยะของ อปท.หลังการเก็บรวบรวมแล้วจะต้องมีการขนส่งขยะไปกำจัดในระยะทางที่ไกลขึ้น จากการคำนวณด้วยแบบจำลองพบว่าการลดการขนส่งขยะ 1 กิโลกรัมไปกำจัดเป็นระยะทาง 1 กิโลเมตรจะช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อนได้ที่ต้องนำไปกำจัด ผลกระทบต่อการเกิดภาวะโลกร้อนจะลดลง 0.55 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์

ในขณะที่ผลกระทบด้านการปนเปื้อนของน้ำใต้ดินนั้นเกิดขึ้นเฉพาะในกระบวนการกำจัดขยะและเห็นความแตกต่างได้ชัดเจนระหว่างกรณีศึกษาที่มีวิธีการกำจัดแตกต่างกัน (ค่า F-test = 1,139 มี p-value < 0.001 และ df = 8) โดยการปนเปื้อนของน้ำใต้ดินเป็นประเด็นสำคัญของการเทกองและการฝังกลบขยะเป็นหลัก การดึงขยะ 1 ตันออกไปจัดการที่ต้นทางยังช่วยลดการปนเปื้อนสารพิษของน้ำบาดาลลงได้ถึง 5,203 ลบ.ม. ดังนั้นนโยบายแก้ไขปัญหาตกค้างของรัฐบาลร่วมกับการคัดแยกขยะใหม่ไม่ให้เกิดการเทกองจะมีความสำคัญต่อการรักษาความมั่นคงของแหล่งน้ำภายในประเทศ

*ตารางที่ 5-26 ผลกระทบที่เปลี่ยนแปลงไปต่อการจัดการขยะ 1 ตันภายใต้บริบทของกรณีศึกษาจากแบบจำลอง*

| | ทต. สันทราย | อบต. เมืองพาน | ทต. โรงช้าง | ทต. เชียงเคี่ยน | ทต. หงาว | อบต. ดอนแก้ว | ทม. น่าน | อบต. ถืมตอง | อบต. ป่าคา |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Global Warming (tonCO2eq) | -4.71 | -30.79 | -5.79 | -4.55 | -3.40 | -20.00 | -35.00 | -7.16 | -3.58 |
| Ecotoxicity in Water (Mm3 water) | -1.25 | -9.45 | -1.51 | -1.13 | -0.80 | -6.01 | -10.70 | -2.15 | -0.83 |
| Stored Ecotoxicity in Water (Mm3 water) | - | -0.73 | -0.65 | -0.65 | -0.65 | - | -0.43 | -0.75 | -0.57 |
| Human Toxicity via Soil (km3 soil) | -0.03 | -0.07 | -0.03 | -0.01 | -0.03 | -0.05 | -0.07 | -0.03 | -0.03 |
| Photochemical Ozone Formation (tonC2H4eq) | 0.00 | -0.04 | -0.01 | -0.01 | 0.00 | -0.03 | -0.05 | -0.01 | 0.00 |
| Spoiled Groundwater Resources (km3s.water) | - | -0.56 | -5.26 | -5.26 | -5.26 | - | -0.28 | -0.56 | -5.03 |
| Ecotoxicity in Soil (km3 soil) | -0.01 | -0.06 | -0.04 | -0.07 | -0.05 | -0.03 | -0.06 | -0.02 | -0.05 |
| Human Toxicity via Water (km3 water) | -2.18 | -11.15 | -2.09 | -1.75 | -1.38 | -7.51 | -12.60 | -2.97 | -1.43 |
| Acidification (ton SO2eq) | -0.03 | -3.32 | -0.04 | -0.03 | -0.02 | -0.16 | -0.28 | -0.06 | -0.02 |
| Stratospheric Ozone Depletion (kgCFC11eq) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Human Toxicity via Air (Gm3 air) | -25.10 | -215.47 | -31.00 | -26.30 | -14.50 | -136.00 | -246.00 | -45.90 | -15.40 |
| Stored Ecotoxicity in Soil (m3 soil) | - | -3.32 | -2.96 | -2.96 | -2.96 | - | -2.08 | -3.39 | -2.72 |
| Nutrient Enrichment (tonNO3eq) | -0.05 | -0.44 | -0.07 | -0.05 | -0.03 | -0.28 | -0.50 | -0.10 | -0.03 |
| Photochemical Ozone Formation (ton C2H4eq) | 0.00 | -0.04 | -0.01 | -0.01 | 0.00 | -0.03 | -0.05 | -0.01 | 0.00 |

หมายเหตุ ค่าติดลบแสดงว่าผลกระทบลดลงเปรียบเทียบกับก่อนมีการจัดการขยะที่ต้นทาง

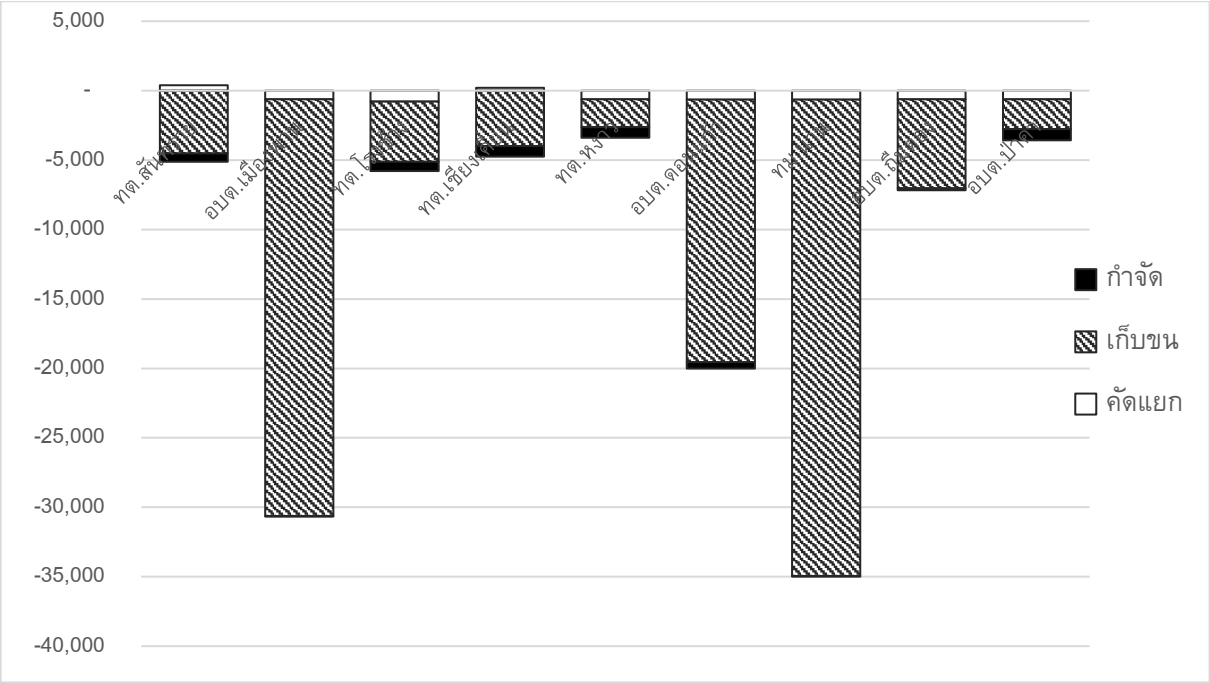
ที่มา: การคำนวณของผู้วิจัย

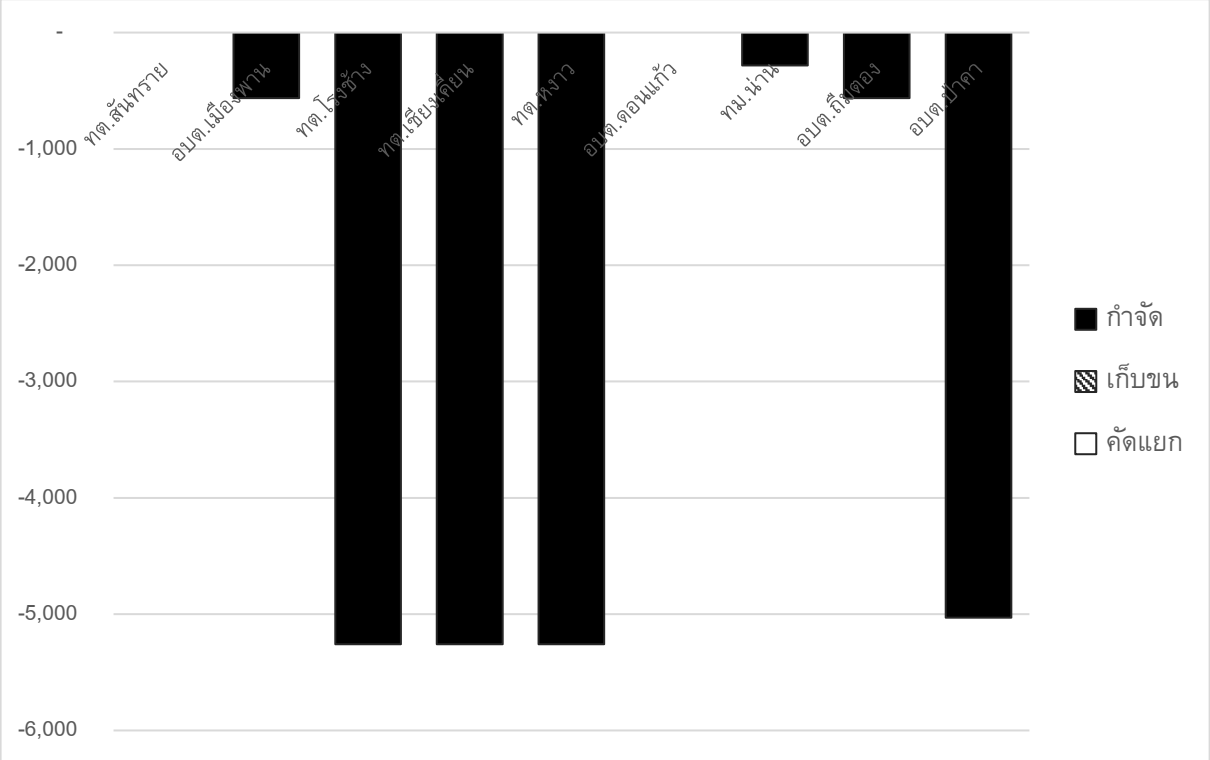
*ตารางที่ 5-27 สัดส่วนผลกระทบที่เปลี่ยนแปลงไปเทียบกับผลกระทบก่อนการจัดการที่ต้นทางภายใต้บริบทของกรณีศึกษาจากแบบจำลอง*

| | ทต. สันทราย | อบต. เมืองพาน | ทต. โรงช้าง | ทต. เชียงเคี่ยน | ทต. หงาว | อบต. ดอนแก้ว | ทม. น่าน | อบต. ถืมตอง | อบต. ป่าคา |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Global Warming (tonCO2eq) | -86% | -101% | -106% | -98% | -107% | -97% | -86% | -114% | -101% |
| Ecotoxicity in Water (Mm3 water) | -86% | -101% | -106% | -114% | -108% | -97% | -86% | -114% | -101% |
| Stored Ecotoxicity in Water (Mm3 water) | - | -81% | -70% | -65% | -71% | - | -87% | -79% | -100% |
| Human Toxicity via Soil (km3 soil) | -341% | -141% | -237% | -204% | -301% | -151% | -85% | -266% | -105% |
| Photochemical Ozone Formation (tonC2H4eq) | -75% | -99% | -147% | -186% | 0% | -117% | -95% | -119% | -101% |
| Spoiled Groundwater Resources (km3s.water) | - | -90% | -89% | -82% | -71% | - | -86% | -90% | -101% |
| Ecotoxicity in Soil (km3 soil) | -91% | -100% | -80% | -103% | -79% | -96% | -89% | -86% | -107% |
| Human Toxicity via Water (km3 water) | -106% | -105% | -124% | -147% | -143% | -97% | -86% | -125% | -101% |
| Acidification (ton SO2eq) | -88% | -1347% | -113% | -112% | -99% | -97% | -85% | -118% | -89% |
| Stratospheric Ozone Depletion (kgCFC11eq) | 0% | -95% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Human Toxicity via Air (Gm3 air) | -75% | -99% | -89% | -98% | -71% | -97% | -86% | -102% | -101% |
| Stored Ecotoxicity in Soil (m3 soil) | - | -79% | -71% | -65% | -71% | - | -86% | -79% | -101% |
| Nutrient Enrichment (tonNO3eq) | -79% | -100% | -112% | -92% | -102% | -99% | -87% | -107% | -91% |
| Photochemical Ozone Formation (ton C2H4eq) | -75% | -99% | -142% | -179% | 0% | -112% | -92% | -115% | -101% |

หมายเหตุ ค่าติดลบแสดงว่าผลกระทบลดลงเปรียบเทียบกับก่อนมีการจัดการขยะที่ต้นทาง

ที่มา: การคำนวณของผู้วิจัย




***รูปที่ 5-5 ผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนที่ลดลงต่อหน่วยจากการจัดการขยะที่ต้นทางของกรณีศึกษา***

***รูปที่ 5-6 ผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนที่ลดลงต่อหน่วยจากการจัดการขยะที่ต้นทางของกรณีศึกษา***

**5.3 สรุปท้ายบท**

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นถึงศักยภาพและประโยชน์ของการจัดการขยะที่ต้นทางด้วยการให้ชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมในการลดและคัดแยกเศษวัสดุซึ่งสามารถลดปริมาณขยะได้ถึงร้อยละ 45-90 ของปริมาณขยะที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในเขตเมืองและชนบท แม้ว่าการจัดการขยะที่ต้นทาง เช่น การรณรงค์ การหมักขยะอินทรีย์ และการเก็บรวบรวมขยะรีไซเคิลจะมีต้นทุนและก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแต่เมื่อพิจารณาในภาพรวมทั้งระบบ การดำเนินกิจกรรมเหล่านี้อย่างมีประสิทธิผลจะช่วยให้สามารถประหยัดต้นทุนได้ร้อยละ 37 จากค่าเฉลี่ยของกรณีศึกษาทั้ง 9 แห่งและช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมลงทุกด้านเมื่อเปรียบเทียบกับฉากทัศน์ของการจัดการแบบดั้งเดิมที่ไม่มีการจัดการขยะที่ต้นทาง

การคัดแยกขยะอินทรีย์ไปจัดการที่ต้นทางด้วยวิธีการหมักในครัวเรือนหรือในชุมชนนอกจากจะช่วยลดปริมาณขยะทั่วไปที่ อปท. ต้องเก็บขนลงแล้วยังทำให้คุณสมบัติของขยะเปลี่ยนแปลงไป มีสัดส่วนของขยะที่เน่าเสียได้ลดลง ช่วยให้ อปท. สามารถลดความถี่ในการเก็บขนลง ความต้องการบริการเก็บขนขยะที่ลดลงในฉากทัศน์ของการจัดการขยะแบบผสมผสานตามแนวทาง ZW นี้เป็นสาเหตุสำคัญของการประหยัดค่าใช้จ่ายและการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่ โดยเฉพาะในเรื่องโลกร้อน ส่วนการลดปริมาณขยะที่ต้องนำไปกำจัดนั้นมีผลทำให้ต้นทุนการจัดการลดลงและช่วยลดปริมาณของเสียที่จะไปปนเปื้อนกับน้ำใต้ดินในกรณีที่ อปท. ยังกำจัดขยะด้วยการเทกอง

# บทที่ 6

## บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มุ่งทบทวนกิจกรรมและเทคโนโลยีการจัดการขยะมูลฝอยของ อปท.ในประเทศไทย ที่มีการปรับปรุงการจัดการขยะตามแนวทางชุมชนปลอดขยะที่สอดคล้องกับลำดับชั้นของการจัดการขยะ เพื่อวางหลักการคำนวณต้นทุนและการวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตของระบบการจัดการขยะ จากการวิเคราะห์ข้อมูลของกรณีศึกษา อันจะเป็นประโยชน์สำหรับการจัดทำฐานข้อมูลต้นทุนและประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมของระบบการจัดการและนวัตกรรมการจัดการขยะมูลฝอยของท้องถิ่นไทย

### 6.1 สรุปและอภิปรายผล

ในประเทศไทยการจัดการขยะมูลฝอยเป็นอยู่ในความดูแลของ อปท. ซึ่งตามกฎหมายมีหน้าที่ต้องจัดให้มีการเก็บขนและกำจัดขยะที่เกิดขึ้นในพื้นที่ของตน ในอดีตการจัดการขยะมูลฝอยเป็นเรื่องของ อปท. ที่อยู่ในเขตเมือง ส่วน อปท. ที่อยู่ในเขตชนบทนั้นมักจะไม่มีการให้บริการเนื่องจากขยะที่เกิดขึ้นมีปริมาณน้อยและส่วนใหญ่เป็นขยะอินทรีย์ที่สามารถจัดการได้ในพื้นที่เกษตรกรรม อย่างไรก็ดี การพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมที่ผ่านมาได้เปลี่ยนแปลงรูปแบบการบริโภคของคนในสังคมไทย ปัจจุบันตัวเลขอัตราการเกิดขยะของพื้นที่ อบต. อยู่ที่ 0.91 กิโลกรัมต่อคนต่อวันซึ่งไม่แตกต่างจากอัตราการเกิดขยะของเทศบาลเมืองและเทศบาลตำบลที่อยู่ระหว่าง 1.02-1.15 กิโลกรัมต่อคนต่อวันมากนัก (กรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น และ กรมควบคุมมลพิษ, 2559) นอกจากนี้งานศึกษาที่ผ่านมายังพบว่าองค์ประกอบขยะในเขตชนบทและในเขตเมืองข้างเคียงมีลักษณะใกล้เคียงกัน แม้ว่าขยะอินทรีย์จะยังเป็นองค์ประกอบหลักของขยะมูลฝอย แต่ก็มีเศษวัสดุที่ย่อยสลายได้ยากปะปนถึงร้อยละ 40-50 (Dokmaingam and Manomaivibool, 2017; Mannomaivibool 2015) ดังนั้นความต้องการการจัดการขยะจึงเป็นบริการสาธารณะที่มีอุปสงค์เพิ่มมากขึ้นในทุกพื้นที่

ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าหาก อปท. ในพื้นที่ชนบทต้องจัดการขยะตามโมเดลเก็บขนและกำจัดเหมือน อปท. ในเขตเมืองจะมีต้นทุนการจัดการที่สูงมาก เนื่องจากต้องมีการลงทุนในเครื่องจักรและอุปกรณ์ตลอดจนมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานสำหรับการเก็บรวบรวมขยะมูลฝอยจากชุมชน นอกจากนี้ยังต้องหาวิธีกำจัดขยะมูลฝอยที่เก็บขนได้ซึ่งจากประสบการณ์ของกรณีศึกษาทั้ง 4 แห่งที่เป็น อบต. พบว่ามีทางเลือก ได้แก่ การส่งไปกำจัดยังสถานที่กำจัดขยะแบบรวมศูนย์ การเผาทำลายด้วยเตาเผาขนาดเล็กและการนำไปทิ้งยังบ่อขยะของหมู่บ้าน ซึ่งทางเลือกสุดท้ายนั้นขัดกับนโยบายของรัฐบาลที่ต้องการปิดบ่อขยะและจัดการขยะเก่าที่ตกค้าง

การคำนวณต้นทุนการจัดการขยะแบบดั้งเดิม (Business-as-usual) BAU ซึ่งเป็นกรณีที่ อปท. ซึ่งเป็นกรณีศึกษาต้องเก็บขนขยะที่เกิดขึ้นทั้งหมดไปกำจัดพบว่าจะมีค่าใช้จ่ายอยู่ระหว่าง 2.14 - 3.93 บาทต่อกิโลกรัม โดยมีค่าเฉลี่ย 2.62 บาทต่อกิโลกรัม ถ้า อปท. จะต้องเก็บค่าธรรมเนียมการจัดการขยะจากครัวเรือนในเขตพื้นที่ให้บริการเพื่อให้เกิดการคืนต้นทุน (Cost Recovery) พบว่าจะต้องคิดค่าธรรมเนียมการเก็บขนและกำจัดเฉลี่ยสูงถึง 206.5 บาทต่อเดือนซึ่งเป็นจำนวนที่มาก เมื่อเปรียบเทียบกับค่าธรรมเนียมที่มีการจัดเก็บในปัจจุบันที่อยู่ระหว่าง 10 – 30 บาทต่อเดือน แม้ว่าอัตราค่าธรรมเนียมดังกล่าวจะอยู่ภายใต้อัตราเพดานตามกฎหมายฉบับใหม่ที่เพิ่งได้รับการประกาศใช้ในปี 2560 แต่อัตราเพดานค่าเก็บขนไม่เกิน 150 บาท และค่ากำจัดไม่เกิน 200 บาทต่อเดือนนั้นเป็นการกำหนดไว้ใช้งานในระยะยาว การที่ต้นทุนของการจัดการตามโมเดลเก็บขนไปกำจัดในปัจจุบันอยู่ในระดับสูงจึงแสดงให้เห็นว่าโมเดลดังกล่าวไม่มีความยั่งยืนทางการคลัง

โมเดลการจัดการขยะที่ยั่งยืนควรจะอาศัยจุดแข็งของสังคมไทยที่ส่วนใหญ่ยังอยู่ในภาคการเกษตรและเป็นสังคมชนบทหรือชนบทกึ่งเมืองที่มีความสัมพันธ์เชิงเครือญาติค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงมีความสามารถในการจัดการขยะอินทรีย์และขยะรีไซเคิลได้ในระดับครัวเรือนและในระดับชุมชน ผลการวิเคราะห์การคัดแยกเศษวัสดุประเภทต่างๆ ด้วยเทคนิค MFA ของกรณีศึกษาช่วยให้สามารถจำแนกกิจกรรมทางสังคมที่เป็นตัวขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของระบบการจัดการขยะออกได้เป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 1 การคัดแยกขยะที่ครัวเรือนซึ่งช่วยลดปริมาณขยะอินทรีย์ได้ 0.24 กิโลกรัมต่อคนต่อวันและขยะรีไซเคิล 0.07 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน ระดับที่ 2 กิจกรรมส่งเสริมการคัดแยกขยะระดับชุมชนซึ่งช่วยลดปริมาณขยะอินทรีย์และขยะรีไซเคิลได้ 0.12 และ 0.17 กิโลกรัมต่อคนต่อวันตามลำดับ และระดับที่ 3 การควบคุมการทิ้งขยะที่สามารถกระตุ้นให้เกิดการลดปริมาณขยะอินทรีย์และขยะรีไซเคิลอีกส่วนละ 0.10 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน และขยะอันตรายประมาณ 0.02 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน

ศักยภาพของโมเดลการจัดการขยะแบบชุมชนปลอดขยะ (Zero Waste) ZW ที่ให้ความสำคัญกับการลดและคัดแยกขยะที่ต้นทางนั้นจะแตกต่างไปตามบริบทของท้องถิ่นซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมและการสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลสำคัญพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อผลสำเร็จของกิจกรรมคือ ความเป็นเมืองและขนาดของชุมชน เนื่องจากชุมชนเมืองมีพื้นที่จำกัดเป็นอุปสรรคของการติดตั้งและใช้งานอุปกรณ์หมักขยะอินทรีย์ซึ่งเป็นกลไกสำคัญของกิจกรรมในระดับครัวเรือน ในขณะที่ชุมชนที่มีขนาดใหญ่ที่มีสมาชิกมากกว่า 500 คนจะมีความท้าทายในการสร้างการมีส่วนร่วมของสมาชิกในชุมชนในการทำกิจกรรมที่เป็นกลไกหลักของกิจกรรมทางสังคมในระดับที่ 2 ดังนั้นในการวิเคราะห์ผลของการจัดการขยะของกรณีศึกษาทั้ง 9 แห่งตามฉากทัศน์ของการจัดการขยะแบบ ZW จึงจำเป็นต้องตั้งสมมติฐานถึงอัตราส่วนลดของความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้โมเดลการจัดการใน อปท. ที่อยู่ในเขตเมืองและ/หรือมีชุมชนขนาดใหญ่

ผลการวิเคราะห์พบว่า การจัดการขยะที่ต้นทางโดยส่งเสริมกิจกรรมระดับครัวเรือนและระดับชุมชนเป็นวิธีการจัดการขยะที่มีประสิทธิภาพทั้งทางการเงินและทางนิเวศ การลดปริมาณขยะที่ต้นทาง

ช่วยให้เกิดการประหยัดงบประมาณของ อปท.ที่ต้องนำไปลงทุนและเป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินการเก็บขนขยะไปกำจัด และช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการการเผาไหม้เชื้อเพลิงในการขนส่งและการปลดปล่อยมลพิษจากเทคโนโลยีกำจัดขยะ

กรณีศึกษาทั้ง 9 แห่งที่เป็นตัวอย่างของการส่งเสริมการจัดการขยะที่ต้นทางต่างแสดงให้เห็นถึงมิติของการเปรียบเทียบผลตอบแทนของการปรับปรุงระบบการจัดการขยะดังกล่าว เทศบาลตำบลโรงช้าง เทศบาลตำบลเชียงเคี่ยน และเทศบาลตำบลหงาวอาศัยการพัฒนาชุมชนปลอดขยะเพื่อชะลอการลงทุนในเครื่องจักรและอุปกรณ์สำหรับเก็บขนและกำจัดขยะ เช่นเดียวกับเทศบาลตำบลสันทราย อบต.ดอนแก้ว และอบต.ป่าคาที่ต้องการให้สามารถใช้รถขยะและระบบกำจัดขยะที่มีอยู่ได้โดยไม่ต้องลงทุนเพิ่มเติม ส่วนเทศบาลเมืองน่าน อบต.ถืมตอง และอบต.เมืองพานนั้นอาศัยการทำงานร่วมกับชุมชนในการลดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการส่งขยะไปกำจัดในระบบรวมศูนย์ขนาดใหญ่

อย่างไรก็ดี ที่ผ่านมามีเพียงกรณีของ อบต.เมืองพานและ อบต.ดอนแก้วที่มีความพยายามคำนวณผลตอบแทนนี้ในด้านของต้นทุนออกมาในเชิงปริมาณ แต่ก็อยู่ในรูปของการประเมินผลหลังจากการดำเนินการ (*ex-post* assessment) ของผลการปฏิบัติงานจริงที่ยังไม่ได้วิเคราะห์เงื่อนไขของบริบทท้องถิ่นและระดับการดำเนินการที่มีอิทธิพลต่อผลการปฏิบัติงานนั้น ทำให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนและสนับสนุนตัดสินใจในอนาคตได้จำกัด และยากที่จะเปรียบเทียบข้ามกรณีศึกษา นอกจากนี้ในส่วนของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปจากการจัดการขยะที่ต้นทางนั้นยังไม่มีการประเมินอย่างเป็นระบบ

แบบจำลองสำหรับวิเคราะห์ต้นทุนและประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เป็นการประเมินผลที่คาดว่าจะได้รับ (*ex-ante* assessment) พัฒนาขึ้นจากการศึกษาเส้นทางการจัดการขยะของกรณีศึกษาด้วย MFA ที่ช่วยให้เห็นกระบวนการและการเคลื่อนย้ายของขยะที่มีลักษณะร่วมกันในการปรับปรุงการจัดการขยะของ อปท. จากนั้นจึงระบุกิจกรรมทางสังคมที่เป็นตัวขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของระบบการจัดการขยะและเงื่อนไขของการปฏิบัติการที่มีอิทธิพลต่อผลการดำเนินการ การคำนวณต้นทุนและประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจึงเริ่มต้นด้วยการประมาณการศักยภาพการลดปริมาณขยะแต่ละประเภทที่ต้องเก็บขนไปกำจัดด้วยการส่งเสริมการคัดแยกขยะในระดับครัวเรือนและระดับชุมชนภายใต้บริบทของ อปท.แต่ละแห่ง

การประมาณการด้วยแบบจำลองพบว่าหากกรณีศึกษาทั้ง 9 แห่งดำเนินการส่งเสริมการจัดการขยะที่ต้นทางทั้ง 3 ระดับจะสามารถลดปริมาณขยะได้ถึงร้อยละ 45-90 ของปริมาณขยะที่คาดว่าจะเกิดขึ้น ซึ่งในกรณีของ อปท.ที่มีการขับเคลื่อนในเรื่องนี้อย่างต่อเนื่องเต็มพื้นที่และสามารถควบคุมให้ปริมาณขยะที่ต้องนำไปกำจัดคงที่ เช่น เทศบาลตำบลสันทราย เทศบาลตำบลโรงช้าง และอบต.เมืองพาน ส่วนในกรณีของ อปท.อื่นๆ ผลการประมาณการมีค่าต่ำกว่าปริมาณขยะที่ อปท.จัดการในปัจจุบันอันแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการปรับปรุงการส่งเสริมการจัดการขยะที่ต้นทาง ยกเว้นในกรณีของเทศบาลเมืองน่านและ

อบต.ดอนแก้วที่ความแตกต่างเป็นผลของประชากรแฝงที่เข้ามาทำกิจกรรมในพื้นที่ที่อยู่นอกเหนือการคำนวณของแบบจำลองนี้

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนแสดงให้เห็นว่าต้นทุนของการส่งเสริมการคัดแยกขยะที่ต้นทางจนถึงระดับที่ 3 ตามแบบจำลองของกรณีศึกษาอยู่ระหว่าง 0.53-1.21 บาทต่อกิโลกรัม หรือประมาณ 1-3 ล้านบาทต่อปี โดย อปท.ที่มีชุมชนขนาดใหญ่จะมีข้อได้เปรียบ อปท.ที่มีจำนวนชุมชนขนาดเล็กจำนวนมาก เนื่องจากมีการประหยัดต่อขนาดของการดำเนินการกิจกรรมกับชุมชน อย่างไรก็ดี อปท.อาจจะมีข้อจำกัดในการตั้งงบประมาณประจำปีของตนในระดับที่จำเป็นต่อการดำเนินการในส่วนนี้อย่างเต็มที่ ดังนั้นในทางปฏิบัติจะเห็นว่า อปท.ที่เป็นกรณีศึกษาต้องทำงานอย่างค่อยเป็นค่อยไปตามงบประมาณที่จำกัดในแต่ละปี และอาศัยการบูรณาการงบประมาณจากการทำกิจกรรมร่วมกับภารกิจอื่น เช่น การให้ความรู้หรือรวบรวมขยะรีไซเคิลระหว่างแจกเบี้ยผู้สูงอายุ การขอความร่วมมือจากชุมชน เช่น การส่งเสริมให้ครัวเรือนทำอุปกรณ์รองรับขยะอินทรีย์และขยะรีไซเคิลเองภายในบ้านจากวัสดุที่หาได้ในท้องถิ่น หรือการแสวงหางบประมาณสนับสนุนจากหน่วยงานภายนอก เช่น กองทุนสิ่งแวดล้อม สสส. และ อบจ. เป็นต้น

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการจัดสรรงบประมาณอย่างมีประสิทธิผลเพื่อสนับสนุนกิจกรรมการจัดการขยะที่ต้นทางอย่างเต็มที่นั้นเป็นทางเลือกของการปรับปรุงระบบการจัดการขยะของ อปท.ที่ให้ผลตอบแทนคุ้มค่า เนื่องจากผลการวิเคราะห์ต้นทุนของการเก็บขนและกำจัดขยะของกรณีศึกษาในกรณีที่ไม่มีการคัดแยกขยะนั้นพบว่าสูงถึง 2.14-2.73 บาทต่อกิโลกรัมซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับอัตราค่าธรรมเนียมขยะใหม่ที่รัฐบาลประกาศใช้ ยกเว้นในกรณีของ อบต.เมืองพานที่ขนส่งขยะไปกำจัดระยะไกลซึ่งมีต้นทุนสูงโดดไปถึง 3.93 บาทต่อกิโลกรัม ดังนั้นหาก อปท.ต้องจ่ายค่าใช้จ่ายสำหรับการเก็บขนและกำจัดขยะที่ใกล้เคียงกับต้นทุนภายในที่แท้จริง โดยไม่สามารถผลักต้นทุนบางส่วนให้เป็นต้นทุนภายนอก เช่น การปล่อยให้ขยะตกค้างในพื้นที่ หรือนำขยะไปเทกองโดยไม่บำบัดมลพิษ ฯลฯ แล้วย่อมจะต้องให้ความสำคัญกับการจัดการขยะที่ต้นทาง

ตารางที่ 6-1 เปรียบเทียบค่าธรรมเนียมเก็บขนและกำจัดขยะที่ อปท.ซึ่งเป็นกรณีจะต้องจัดเก็บจากครัวเรือนเพื่อให้การให้บริการคืนทุน ในกรณีที่ไม่มีการคัดแยกขยะและในกรณีที่มีการจัดการที่ต้นทางอย่างเต็มที่ จะเห็นว่าในกรณีที่ไม่มีการคัดแยก อปท.จำเป็นต้องใช้อัตราค่าธรรมเนียมใหม่เกือบเต็มอัตราเพดานซึ่งจากการสอบถามผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ของ อปท.พบว่าเป็นสิ่งที่เป็นไปได้ยากในอนาคตอันใกล้นี้ แต่ถ้าสามารถใช้งบประมาณการพัฒนาในการดำเนินการส่งเสริมการจัดการขยะที่ต้นทางให้ประสบผลสำเร็จได้ตามค่าประมาณการของแบบจำลองค่าธรรมเนียมที่จำเป็นต้องจัดเก็บสำหรับการให้บริการเก็บขนและกำจัดขยะจะลดลงอยู่ในระดับที่ครัวเรือนน่าจะรับได้มากกว่า

*ตารางที่ 6-1 อัตราค่าธรรมเนียมของกรณีศึกษาในกรณีที่ไม่มีและมีการคัดแยกที่ต้นทาง*

| กรณีศึกษา | ครัวเรือน (หลัง) | ไม่มีการคัดแยก (BAU) | | มีการคัดแยก (ZW) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | เก็บขนกำจัด (บาท/ปี) | ค่าธรรมเนียม (บาท/เดือน) | เก็บขนกำจัด (บาท/ปี) | ค่าธรรมเนียม (บาท/เดือน) |
| ทต.สันทราย | 1,105 | 2,523,840 | 190 | 1,224,520 | 92 |
| อบต.เมืองพาน | 4,769 | 14,155,600 | 247 | 1,792,720 | 31 |
| ทต.โรงช้าง | 1,157 | 4,281,760 | 308 | 1,246,520 | 90 |
| ทต.เชียงเคี่ยน | 1,792 | 4,263,360 | 198 | 1,242,920 | 58 |
| ทต.หงาว | 3,755 | 7,812,000 | 173 | 1,738,720 | 39 |
| อบต.ดอนแก้ว | 5,862 | 10,384,240 | 148 | 2,994,840 | 43 |
| ทม.น่าน | 10,411 | 20,587,942 | 165 | 11,600,424 | 93 |
| อบต.ถืมตอง | 1,267 | 3,023,788 | 199 | 905,018 | 60 |
| อบต.ป่าคา | 1,663 | 4,269,760 | 214 | 1,252,120 | 63 |
| **ค่าเฉลี่ย** | | | **205** | | **63** |

ที่มา: การคำนวณของผู้วิจัย

ผลการคำนวณด้วยแบบจำลองแสดงให้เห็นว่าต้นทุนการจัดการขยะของ อปท.ที่เป็นกรณีศึกษาในกรณีที่มีการจัดการขยะที่ต้นทางอย่างเต็มที่อยู่ระหว่าง 1.02-2.11 บาทต่อกิโลกรัมเท่านั้น ดังนั้นเงินที่ลงไปในการส่งเสริมการคัดแยกขยะ 1 บาทจึงสามารถช่วยให้เกิดการประหยัดต้นทุนการจัดการของ อปท. ได้ถึง 0.78-2.75 บาท โดย อปท.ที่มีการประหยัดต่อขนาดในการจัดการขยะที่ต้นทางและมีต้นทุนการเก็บขนขยะไปกำจัดขยะต่อหน่วยที่สูง เช่น อบต.เมืองพาน และอบต.ดอนแก้วจะเป็นพื้นที่ที่ได้รับประโยชน์จากการทำงานในส่วนนี้สูงที่สุด สำหรับ อปท.ขนาดเล็กอัตราส่วนการประหยัดจะค่อนข้างต่ำ เนื่องจากมีสัดส่วนของต้นทุนคงที่จากการลงทุนในเครื่องจักรและครุภัณฑ์สูงซึ่งการลงทุนในส่วนนี้จะไม่คุ้มค่าเนื่องจากหลังการจัดการที่ต้นทางแล้วจะมีปริมาณขยะที่ต้องเก็บขนและกำจัดน้อยเกินไป ดังนั้นหากไม่มีการปรับโครงสร้างโดยควบรวม อปท.ตามแนวนโยบายของรัฐบาลที่กำหนดให้ อปท.แต่ละแห่งต้องมีประชากรไม่น้อยกว่า 7,000 คนแล้ว (ซึ่งจะทำให้เกิดการประหยัดต้นทุนในระดับ 1.8 บาทต่อ 1 บาทที่สนับสนุนการคัดแยกขยะที่ต้นทางใน 3 ระดับ) อีกวิธีหนึ่งก็คือ การส่งเสริมให้เอกชนเข้ามาร่วมให้บริการเก็บขนและกำจัดขยะ

เมื่อพิจารณาถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปจากการปรับปรุงการจัดการขยะ การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิต (LCA) พบว่า การคัดแยกขยะที่ต้นทางตามแนวทางของชุมชนปลอดขยะนั้นช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการจัดการขยะเกือบจะทุกด้าน ผลกระทบที่

ลดลงส่วนใหญ่โดยเฉพาะเรื่องการเกิดภาวะโลกร้อนที่ร้อยละ 84 ของผลกระทบที่ลดลงนั้นเป็นผลมาจากการลดการใช้เชื้อเพลิงและมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเก็บรวบรวมและขนส่งขยะไปกำจัด นอกจากนี้การลดปริมาณขยะที่ต้องนำไปกำจัดยังช่วยลดผลกระทบเฉพาะด้านที่มีความสำคัญภายใต้บริบทของการจัดการขยะในประเทศไทย ตัวอย่างเช่น การลดการปนเปื้อนของน้ำใต้ดินและการสะสมของสารพิษในแหล่งน้ำในกรณีที่ อปท.ยังอาศัยการเทกองในการกำจัดขยะ เป็นต้น

ดังนั้น ในอนาคตหากมีการปรับปรุงการจัดการขยะในประเทศให้เป็นแบบคลัสเตอร์และมีการปิดบ่อขยะในชุมชนเพื่อให้มีระบบกำจัดขยะที่ถูกต้องตามหลักสุขาภิบาลตามนโยบายของรัฐบาล การจัดการขยะที่ต้นทางจะยิ่งมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการจัดการขยะของ อปท.หลังการเก็บรวบรวมแล้วจะต้องมีการขนส่งขยะไปกำจัดในระยะทางที่ไกลขึ้น จากการคำนวณด้วยแบบจำลองพบว่าการลดการขนส่งขยะ 1 กิโลกรัมไปกำจัดเป็นระยะทาง 1 กิโลเมตรจะช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อนได้ ที่ต้องนำไปกำจัด ผลกระทบต่อการเกิดภาวะโลกร้อนจะลดลง 0.55 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์

โดยสรุป การจัดการขยะตามลำดับชั้นของการจัดการขยะจะช่วยให้ อปท.มีประสิทธิภาพในการบริหารงานสาธารณะทั้งทางด้านการคลังและด้านสิ่งแวดล้อม แม้ว่าการส่งเสริมการจัดการขยะที่ต้นทางจะต้องการงบประมาณในระดับที่สูงกว่าที่มีการจัดสรรกันในปัจจุบัน แต่ก็ให้ผลตอบแทนที่สูงกว่าในด้านการประหยัดต้นทุนสำหรับการเก็บขนและกำจัดขยะ และการลดมลพิษที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการจัดการขยะของ อปท. โดยผลประโยชน์ส่วนนี้จะยิ่งมีความสำคัญมากขึ้นเมื่อประเทศไทยมีการปรับปรุงระบบการจัดการขยะให้มีความทันสมัยและถูกหลักสุขาภิบาลมากยิ่งขึ้นในอนาคต

## 6.2 ข้อเสนอแนะ

### 6.3.1 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1. กำหนดให้การคัดแยกขยะที่ต้นทางเป็นหน้าที่หลักของการจัดการขยะเพิ่มเติมจากการเก็บขนและกำจัดขยะ นอกจากนี้ เป้าหมายการลดปริมาณขยะที่ต้องนำไปกำจัดด้วยการคัดแยกควรจะมีความท้าทายมากกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบันซึ่งกำหนดไว้เพียงร้อยละ 5 ทั้งนี้ สำหรับเทศบาลเมือง เทศบาลตำบล และ อบต. การลดขยะจากปริมาณที่คาดว่าจะเกิดลงร้อยละ 40 เป็นสิ่งที่เป็นไปได้ หากมีแผนปฏิบัติการที่ชัดเจนและมีการจัดสรรงบประมาณที่เหมาะสมสำหรับการส่งเสริมการจัดการขยะที่ต้นทาง

2. หยุดการกำจัดขยะอย่างไม่ถูกหลักสุขาภิบาล การปล่อยให้มีการกำจัดขยะด้วยการเทกองหรือเผาทำลายกลางแจ้งก่อให้เกิดมลพิษที่ไม่มีการควบคุมและทำให้ อปท.ขาดความตระหนักถึงต้นทุนของการจัดการขยะที่แท้จริง ดังนั้นนโยบายนี้จึงมีความสำคัญเป็นลำดับแรก อย่างไรก็ดี การปิดบ่อขยะในชุมชนจำเป็นจะต้องดำเนินการตามข้อเสนอแนะอื่นๆ ควบคู่กันไป เพื่อให้การเปลี่ยนผ่านเป็นไปอย่างราบรื่น

3. สร้างระบบกำจัดขยะแบบรวมศูนย์ที่มีระบบควบคุมมลพิษและการนำพลังงานงานที่เกิดขึ้นจากการกำจัดขยะมาใช้ประโยชน์ การก่อสร้างศูนย์กำจัดขยะต้องมีกลไกการชดเชยที่เป็นธรรมให้กับชุมชนที่อยู่รอบข้างสถานที่กำจัดขยะ และมีการจัดสรรภาระต้นทุนที่เกิดขึ้นอย่างโปร่งใสให้กับ อปท.ที่ได้ประโยชน์จากการใช้งานศูนย์กำจัดขยะ การกำหนดค่ากำจัดขยะที่เหมาะสมจะช่วยสร้างแรงจูงใจให้กับ อปท.ในการลดปริมาณขยะที่ต้องส่งมากำจัด

4. ส่งเสริมให้เอกชนเข้ามาลงทุนและให้บริการเก็บขนและกำจัดขยะ เพื่อเป็นทางเลือกให้กับ อปท.ที่ไม่สามารถจัดบริการสาธารณะในพื้นที่ของตนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากขนาดของการปฏิบัติการหรือข้อจำกัดอื่น

5. จัดทำคู่มือการเก็บค่าธรรมเนียมที่จูงใจให้เกิดการคัดแยกขยะที่แหล่งกำเนิด การกำหนดอัตราค่าธรรมเนียมโดยมุ่งให้เกิดการคืนต้นทุนของการจัดการที่คำนวณจากฐานของการเก็บขนขยะทั้งหมดไปกำจัดอาจจะทำให้ครัวเรือนไม่คัดแยกขยะหากจัดเก็บแบบเหมาจ่ายรายเดือน ดังนั้นจึงควรมีการวางแนวทางทางให้ อปท. สามารถนำเครื่องนี้ไปใช้โดยกระตุ้นให้เกิดการลดปริมาณขยะ เช่น การเก็บค่าธรรมเนียมต่อหน่วย หรือการกำหนดอัตราเป็นขั้นบันไดตามระดับกิจกรรมการคัดแยกขยะของครัวเรือนและชุมชน

### 6.3.2 ประเด็นสำหรับการศึกษาในอนาคต

1. ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมส่งเสริมการคัดแยกขยะและผลของปริมาณขยะที่ลดลงแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นในครั้งนี้เป็นไปเพื่อการวางแนวทางสำหรับการคำนวณต้นทุนและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นหลัก ดังนั้นจึงอาศัยการประมาณการจากการวิเคราะห์ MFA ของกรณีศึกษา 9 แห่งอย่างง่าย งานวิจัยในอนาคตควรสำรวจรูปแบบและขนาดความสัมพันธ์ดังกล่าว ตลอดจนปัจจัยเชิงบริบทที่มีผลต่อความสำเร็จของการส่งเสริมการจัดการขยะที่ต้นทางมากขึ้น เช่น ความสัมพันธ์ของการมีส่วนร่วมในการวางแผน รับประโยชน์ และ/หรือติดตามประเมินผลต่อระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการลงมือปฏิบัติที่เป็นจุดเน้นของการศึกษานี้

2. ทดสอบผลการคำนวณจากแบบจำลอง การยืนยันผลการคำนวณจากแบบจำลองต้องอาศัยการวิจัยเชิงปฏิบัติเพื่อทดสอบความเป็นไปได้ของนำแนวทางการปรับปรุงการจัดการขยะของ อปท.ที่ได้จากแบบจำลองไปประยุกต์ใช้ในโลกของความเป็นจริง โดยมีการเก็บข้อมูลก่อนและหลังการดำเนินการเพื่อนำมาประเมินประสิทธิผลเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณ

3. การประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการชั่งน้ำหนัก (Weighting) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านต่างๆ อันเป็นขั้นตอนที่สามารถทำได้ภายใต้การทำ LCA ตามมาตรฐานของ ISO ถ้ามีการทำแบบจำลองวิเคราะห์เส้นทางของผลกระทบ (Pathway analysis) ไปจนถึงความเสียหายที่เกิดขึ้นซึ่งเป็นผลกระทบขั้นปลายสุด (End-point damages) อย่างไรก็

ดี การประเมินมูลค่าผลกระทบหรือความเสียหายในหลายด้านอาจจะไม่สามารถทำได้โดยตรงและต้องอาศัยการเทียบโอนมูลค่า (Benefit transfer) จากการศึกษาในต่างประเทศ ซึ่งต้องทำอย่างระมัดระวังและคำนึงถึงความแตกต่างของบริบท ดังนั้นการศึกษาในอนาคตควรจำแนกต้นทุนภายในและต้นทุนภายนอกออกจากกันอย่างชัดเจน

# เอกสารอ้างอิง


กรมควบคุมมลพิษ. 2558. *ข้อมูลการสำรวจขยะมูลฝอย (First Draft) 77 จังหวัด ปี 2557*. [Online]. Available: http://www.pcd.go.th/Info_Serv/roadmapWaste.html (สืบค้น 12 สิงหาคม 2559).

กรมควบคุมมลพิษ. 2557. หลักเกณฑ์และเอกสารวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย. [Online]. Available: http://infofile.pcd.go.th/waste/topic15.pdf?CFID=19440059&CFTOKEN=14202960 (สืบค้น 10 พฤษภาคม 2560).

กรมควบคุมมลพิษ. 2552. การกำจัดขยะมูลฝอยแบบฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill). กรุงเทพมหานคร: กรมควบคุมมลพิษ.

กรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น และ กรมควบคุมมลพิษ. 2559. *แผนปฏิบัติการ "ประเทศไทยไร้ขยะ" ตามแนวทาง "ประชารัฐ" ระยะ 1 ปี (พ.ศ. 2559-2560) ภายใต้แผนแม่บทการบริหารจัดการขยะมูลฝอยของประเทศ พ.ศ. 2559-2564*. [Online]. Available: http://infofile.pcd.go.th/waste/ThaiPlanswithoutWaste.pdf?CFID=1642231&CFTOKEN=93370477 (สืบค้น 25 มีนาคม 2559).

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2560. คู่มือชุมชนปลอดขยะ Zero Waste. [Online]. Available: https://drive.google.com/file/d/0B5YmZJTz1xOrUEdfSm84ZV8wbGM/view (สืบค้น 10 พฤษภาคม 2560).

จรัส สุวรรณมาลา. 2546. ระบบงบประมาณและการัดการแบบมุ่งผลสำเร็จในภาครัฐ: ความสัมพันธ์ระหว่างรัฐกับพลเมืองยุคใหม่. กรุงเทพฯ: ธนธัชการพิมพ์.

ปเนต มโนมัยวิบูลย์. 2558ก. *คู่มือการคิดค่าธรรมเนียมขยะต่อหน่วยสำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น*. ภายใต้ชุดโครงการการเสริมสร้างศักยภาพ อปท.สุขภาวะ สนับสนุนโดย สำนักสนับสนุนการสร้างสุขภาวะในพื้นที่และชุมชน (สำนัก 3) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.). เชียงใหม่: ล๊อคอินดีไซน์เวิร์ค.

ปเนต มโนมัยวิบูลย์. 2558ข. *คู่มือการพัฒนาระบบการจัดการขยะมูลฝอยแบบขั้นบันไดสำหรับองค์การบริหารส่วนตำบล*. ภายใต้ชุดโครงการการเสริมสร้างศักยภาพ อปท.สุขภาวะ สนับสนุนโดย สำนักสนับสนุนการสร้างสุขภาวะในพื้นที่และชุมชน (สำนัก 3) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.). เชียงใหม่: ล๊อคอินดีไซน์เวิร์ค.

ปเนต มโนมัยวิบูลย์ และ ณัฏฐิกาฑ์ เหมภัทรสุวรรณ. 2557. การเปรียบเทียบสมรรถนะในการจัดการขยะขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น: กรณีศึกษา อปท. ในเขตอำเภอเชียงของและอำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียง. ภายใต้การสนับสนุนของ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ. รายงานฉบับสมบูรณ์.

พัทธยาพร อุ่นโรจน์. 2558. *การพัฒนาระบบการจัดการขยะไปสู่ความยั่งยืน: กรณีศึกษาเทศบาลตำบลเชียงเคี่ยน อำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย*. ภายใต้ชุดโครงการการเสริมสร้างศักยภาพ อปท.

สุขภาวะ สนับสนุนโดย สำนักสนับสนุนการสร้างสุขภาวะในพื้นที่และชุมชน (สำนัก 3) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.). รายงานฉบับสมบูรณ์.

มงคลกร ศรีวิชัย. 2558. *ดูคนพานจัดการขยะ.* ภายใต้ชุดโครงการการเสริมสร้างศักยภาพ อปท.สุขภาวะ สนับสนุนโดย สำนักสนับสนุนการสร้างสุขภาวะในพื้นที่และชุมชน (สำนัก 3) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.). เชียงใหม่: ล็อคอินดีไซน์เวิร์ค.

อภิสม อินทรลาวัณย์ และ ปเนต มโนมัยวิบูลย์. 2557. การใช้การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนเพื่อการเรียนรู้ทางนโยบายของชุมชน: กรณีศึกษาโครงการสร้างเตาเผาขยะขององค์การบริหารส่วนตำบลแม่สลองในอำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย. ภายใต้การสนับสนุนของ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ. รายงานฉบับสมบูรณ์.

Avfall Sverige. 2016. *Avfallsimport och Materialåtervinning* [Waste Import and Material Rcycling]. Rapport 2016:23. [Online]. Available: http://www.avfallsverige.se/fileadmin/uploads/Rapporter/2016-23.pdf (accessed on 20 May 2017).

Baumann, H., and Tillman, A.-M. 2004. The Hitch Hiker's Guide to LCA: An orientation in life cycle assessment methodology and application. Lund: Studentlitteratur.

Bengtsson, M. 2002. *Facts and Interpretations in Environmental Assessments of Products*. Doctoral Thesis. Göteborg: Environmental Systems Analysis, Chalmers University of Technology.

Bierer, A., Gotze, U., Meynerts, L., and Sygulla, R. 2015. Integrating life cycle costing and life cycle assessment using extended material flow accounting. *Journal of Cleaner Production*, 108: 1289-1301.

Brimson, J. 1991. Activity Accounting: An Activity-based Costing Approach. New York: John Wiley & Son.

Brunner, P.H., and Rechberger, H. 2004. Practical Handbook of Material Flow Analysis: Advanced Methods in Resource and Waste Management. Boca Raton: Lewis Publishers.

Cleary, J. 2009. Life cycle assessments of municipal solid waste management systems: A comparative analysis of selected peer-review literature. *Environment International*, 35: 1256-1266.

Clift, R., Doig, A., and Finnveden, G. 2000. The Application of Life Cycle Assessment to Integrated Solid Waste Management: Part 1—Methodology. *Process Safety and Environmental Protection*, 78(4), 279-287.

Dokmaingam, P., and Manomaivibool, P. 2017. Integrated municipal solid waste management for the highland rural area: case study Patueng sub-district in Chang Rai, Thailand. *Rangsit Journal of Arts and Sciences*, 7(2).

DTI. 1996. *Landfill Gas Development Guildlines*. Energy Technology Support Unit, Department of Trade and Industry. London: HMSO.

Easton, D. 1965. *A Framework for Political Analysis*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.

Ekvall, T., Tillman, A.-M., and Molander, S. 2005. Normative ethics and methodology for life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 13: 1225-1234.

Ekvall, T., Assefa, G, Björklund, A., Eriksson, O., and Finnveden, G. 2007. What life-cycle assessment does and does not do in assessments of waste management. *Waste Management*, 27: 989-996.

Eldh, P. 2003. *Ecotax02 – an Update of a Life Cycle Assessment Weighting Method with a Case Study on Waste Management*. Master of Science Thesis. Stockholm: Industrial Ecology, Royal Institute of Technology.

Erses Yay, A.S. 2015. Application of life cycle assessment (LCA) for municipal solid waste management: a case study of Sakarya. *Journal of Cleaner Production*, 94: 284-293.

Eshet, T., Baron, M.G., and Shechter, M. 2006. Exploring benefit transfer: disamenities of waste transfer stations. *Environmental and Resources Economics*, 37(3): 521-547.

European Commission. 2011. Supporting Environmentally Sound Decisions for Waste Management - A technical guide to Life Cycle Thinking (LCT) and Life Cycle Assessment (LCA) for Waste Experts and LCA Practitioners (M. SIMONE & P. Rana Eds.): Publications Office of the European Union.

European Commission. 2010. International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General guide for Life Cycle Assessment - Provisions and Action Steps. (1 ed.): Luxembourg: Publications Office of the European Union.

European Communities. 2005. *ExternE: Externalities of Energy: Methodology 2005 Update.* Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

Feo, G.D., and Malvano, C. 2009. The use of LCA in selecting the best MSW management system. *Waste Management*, 29(6): 1901-1915.

Finnveden, G. 1999. A Critical Review of Operational Valuation/Weighting Methods for Life Cycle Assessment. AFR-Report 253. Stockholm: AFN, Naturvårdsverket.

Goedkoop, M., and Spriensma, R. 2001. The Eco-indicator 99: A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment: Methodology Report, 3rd ed. Amersfoort: PRé Consultants. Hauschild, 2005

Haab, T.C., and McConnell, K.E. 2002. Valuing Environmental and Natural Resources: The Economics of Non-market Valuation. Cheltenham: Edward Elgar.

Hauschild, M.Z. 2005. Assessing environmental impacts in a life-cycle perspective. *Environmental Science and Technology*, 15: 81A-88A.

Hertwich, E.G., Pease W.S., and Koshland, C.P. 1997. Evaluating the environmental impact of products and production processes: a comparison of six methods. *The Science of the Total Environment,* 196: 13-29.

Hong, S. 1999. The effects of unit pricing system upon household solid waste management: The Korean experience. *Journal of Environmental Management*, 57: 1-10.

Itsubo, N. 2000. Screening life cycle assessment with weighting methodology based on simplified damage functions. *International Journal of Life cycle Assessment*, 5(5): 273-80.

Jang, Y.-S., Choi, J.-S., and Ryu, H.-R. 2010. Management and stailty analysis of a seashore waste landfill site in Korea. *Environmental Earth Sciences*, 61: 87-92.

Ko, D. 2013. Recycling policy of WEEE and ELV in Korea. In Korea-Japan International Symposium on Status and Future of ELV and E-waste Recycling, 9 May, Danyang, ROK.

Lynch, T.D. 1985. *Public Budgeting in America*, 2nd ed. New Jersey: Prentice-Hall.

Mannomaivibool, P. 2015. Wasteful tourism in developing economy? A present situation and sustainable scenarios. *Resources, Conservation and Recycling*, 103: 69-76.

Manomaivibool, P., and Hong, J.H. 2014. Two decades, three WEEE systems: How far did EPR evolve in Korea's resource circulation policy? *Resources, Conservation and Recycling*, 83: 202-212.

Martinez-Sanchez, V. Kromann, M.A., and Fruergaard Astrup, T. 2015. Life cycle costing of waste management systems: overview, calculation principles and case studies. *Waste Management*, 36: 343-355.

Menikpura, S.N.M., Sang-Arun, J., and Bengtsson, M. 2016. Assessment of environmental and economic performance of Waste-to-Energy facilities in Thai cities. *Renewable Energy*: 576-584.

Mettier, T.M., and Hofstetter, P. 2005. Survey insights into weighting environmental damages: influence of context and group. *Journal of Industrial Ecology*, 8(4): 189-209.

Miranda, M.L., and Aldy, J.E. 1998. Unit pricing of residential municipal solid waste: lessons from nine case study communities. *Journal of Environmental Management*, 52: 79-93.

OECD. 2011. Greening Household Behaviour: The Role of Public Policy. Paris: OECD.

Ong, S.K., Koh, T.H., and Nee A.Y.C. 2001. Assessing the environmental impact of materials processing techniques using an analytical hierarchy process method. *Journal of Materials Processing Technology*, 113: 424-31.

Pennington, D.W., Potting, J., Finnveden, G., Lindeijer, E., Jolliet, O., Rydberg, T., and Rebitzer, G. 2004. Life cycle assessment Part 2: current impact assessment practice. *Environmental International*, 30(5): 641-8.

Puig-Ventosa, I. 2008. Charging systems and PAYT experiences for waste management in Spain. *Waste Management*, 28: 2767-2771.

Sayman, S., and Onculer, A. 2005. Effects of study design characteristics on the WTA-WTP disparity: a meta analytical framework. *Journal of Economic Psychology*, 26: 289–312.

Schick, Allen. 1998. A Contemporary Approach to Public Expenditure Management. Washington: The World Bank.

Schick, A. 1992. The Road to PPB: The Stages of Budget Reform. in *Government Budgeting: Theory, Process, and Politics*, Albert C. Hyde eds., 2nd ed., 49-55. California: Wadsworth.

Schmidt, W.-P., and Sullivan, J. 2002. Weighting in life cycle assessments in a global context. *International Journal of Life cycle Assessment*, 7(1): 5-10.

Schuster, H. 1999. Waste Incineration Plants in Austria with Data on Waste Management in Vienna. Vienna: Greenpeace.

Skumatz, L.A. 2008. Pay as you throw in the US: Implementation, impacts, and experience. *Waste Management*, 28: 2778-2785.

Soares, S.R., Toffoletto, L., and Deschênes, L. 2006. Development of weighting factors in the context of LCIA. *Journal of Cleaner Production*, 14: 649-60.

Strasser, S. 2000. *Waste and Want: A Social History of Trash*. New York: Owl Books.

Terrachoice Environmental Marketing. 2007. *The 'Six Sins of Greenwashing™' A Study of Environmental Claims in North American Consumer Markets*. [Online]. Available: http://sinsofgreenwashing.com/index6b90.pdf (Accessed 12 August 2016).

Tillman, A.-M. 1999. Significance of decision-making for LCA methodology. *Environmental Impact Assessment Review*, 20: 113-123.

Veil, C.A., Wilson, D.C., and Cheeseman, C.R. 2009. 19th century London dust-yards: a case study in closed-loop resource efficiency. *Waste Management*, 29: 1282-1290.

Wenzel, H., and Villabueva, A. 2005. *Strategic Environmental Review of Waste Management Options – Paper and Cardboard Waste*. Report for WRAP. Oxon: the Waste and Resources Action Programme.

White, P., Franke, M., and Hindle, P. 1995. *Integrated Solid Waste Management: A Lifecycle Inventory*. London: Blackie Academic & Professional.

Williams, P.T. 1998. *Waste Treatment and Disposal.* West Sussex: John Wiley & Sons.

Williams, G.M., and Aitkenhead, N. 1991. Lessons from Loscoe: the uncontrolled migration of landfill gas. *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 24: 191-207.

World Bank. 1998. *Public Expenditure Management Handbook*. Washington: the World Bank.

# ภาคผนวก 1

## ตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูล

อบต./ เทศบาล.....

ที่อยู่.....

.....

ชื่อผู้ให้ข้อมูล .....

เบอร์โทร .....e-mail.....

ระบบการจัดการขยะ

| | มี | ไม่มี | เชื่อเพลิงที่ใช้ | | | | จำนวนคนงาน | จำนวนวันทำงานต่อสัปดาห์ | จำนวนชั่วโมงทำงานต่อวัน | จำนวนเงินลงทุน (ล้านบาท) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ดีเซล | เบนซิน | ก๊าซธรรมชาติ | ไฟฟ้า | | | | |
| ระบบเก็บขน | | | | | | | | | | |
| ระบบคัดแยกขยะ | | | | | | | | | | |
| การกำจัดขยะ | | | | | | | | | | |
| ฝังกลบ | | | | | | | | | | |
| เตาเผา | | | | | | | | | | |
| ผลิตปุ๋ย | | | | | | | | | | |
| ก๊าซชีวภาพ | | | | | | | | | | |
| น้ำหมักชีวภาพ | | | | | | | | | | |
| MBT | | | | | | | | | | |

ขนาดรถเก็บขยะ.....ล้อ.....ระบบอัดท้าย ( )มี ( )ไม่มี

เชื้อเพลิงที่ใช่ ( )เบนซิน ( ) ดีเซล กำลัง.....แรงม้า

.....

| | |
|---|---|
| ชนิดของการฝังกลบ | 1. ระบบจัดการดีมาก มีการคลุมดินทุกวันและวางระบบกันซึม<br>2. บ่อที่มีชั้นหนามากกว่า 5 เมตร แต่ระบบจัดการไม่ดี<br>3. บ่อที่มีขยะหนาน้อยกว่า 5 เมตร และระบบการจัดการไม่ดี<br>4. จำแนกไม่ได้ |
| ชนิดของเตาเผา | 1. Continuoues-stocker ขนาด.....(ตัน/วัน)<br>2.Continuoues-fluidised bed ขนาด.....(ตัน/วัน)<br>3. Semi-continuous-stocker ขนาด.....(ตัน/วัน)<br>4. Semi-continuous-fluidised bed ขนาด.....(ตัน/วัน) |

ชื่อผู้กรอกแบบสอบถาม.....

วันที่.....

กิจกรรมาเก็บขนขยะ

| | เดือน มิถุนายน 2559 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | วันที่ 1 | | วันที่ 2 | | วันที่ 3 | | วันที่ 4 | | วันที่ 5 | | วันที่ 6 | | วันที่ 7 | | วันที่ .... | | วันที่ 29 | | วันที่ 30 | |
| ปริมาณน้ำมันในการเก็บขยะ (ลิตร) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ค่าน้ำมันในการเก็บขยะ (บาท) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| น้ำหนักขยะ (ตัน) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| เลขไมล์ (ก่อนและหลังเก็บขยะ) | ก่อน | หลัง | ก่อน | หลัง | ก่อน | หลัง | ก่อน | หลัง | ก่อน | หลัง | ก่อน | หลัง | ก่อน | หลัง | ก่อน | หลัง | ก่อน | หลัง | ก่อน | หลัง |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | เดือน กรกฎาคม 2559 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | วันที่ 1 | | วันที่ 2 | | วันที่ 3 | | วันที่ 4 | | วันที่ 5 | | วันที่ 6 | | วันที่ 7 | | วันที่ 8 | | วันที่ 29 | | วันที่ 30 | | วันที่ 31 | |
| ปริมาณน้ำมันในการเก็บขยะ (ลิตร) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ค่าน้ำมันในการเก็บขยะ (บาท) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| น้ำหนักขยะ (ตัน) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| เลขไมล์ (ก่อนและหลังเก็บขยะ) | ก่อน | หลัง | ก่อน | หลัง | ก่อน | หลัง | ก่อน | หลัง | ก่อน | หลัง | ก่อน | หลัง | ก่อน | หลัง | ก่อน | หลัง | ก่อน | หลัง | ก่อน | หลัง | ก่อน | หลัง |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | เดือน สิงหาคม 2559 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | วันที่ 1 | | วันที่ 2 | | วันที่ 3 | | วันที่ 4 | | วันที่ 5 | | วันที่ 6 | | วันที่ 7 | | วันที่ 8 | | วันที่ 29 | | วันที่ 30 | | วันที่ 31 | |
| ปริมาณน้ำมันในการเก็บขยะ (ลิตร) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ค่าน้ำมันในการเก็บขยะ (บาท) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| น้ำหนักขยะ (ตัน) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| เลขไมล์ (ก่อนและหลังเก็บขยะ) | ก่อน | หลัง | ก่อน | หลัง | ก่อน | หลัง | ก่อน | หลัง | ก่อน | หลัง | ก่อน | หลัง | ก่อน | หลัง | ก่อน | หลัง | ก่อน | หลัง | ก่อน | หลัง | ก่อน | หลัง |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

**การทบทวนต้นทุนการจัดการขยะและการประเมินตลอดวัฏจักรชีวิตของระบบการจัดการขยะมูลฝอย: หลักการและการดัดแปลงมาใช้กับองค์กรปกครองสวนท้องถิ่นของไทย**

**ขั้นตอนการคัดแยกขยะ**

| | เดือน มิถุนายน 2559 | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | วันที่ 1 | วันที่ 2 | วันที่ 3 | วันที่ 4 | วันที่ 5 | วันที่ 6 | วันที่ 7 | วันที่ ..... | วันที่ 26 | วันที่ 27 | วันที่ 28 | วันที่ 29 | วันที่ 30 |
| ปริมาณน้ำมันในการคัดแยกขยะ (ลิตร) | | | | | | | | | | | | | |
| ค่าน้ำมันในการคัดแยกขยะ (บาท) | | | | | | | | | | | | | |
| หน่วยไฟฟ้าที่ใช้ในการคัดแยกขยะ ตามรอบบิล(หน่วย) | | | | | | | | | | | | | |
| ค่าไฟฟ้าในการคัดแยกขยะ (บาท) | | | | | | | | | | | | | |

**การทบทวนต้นทุนการจัดการขยะและการประเมินตลอดวัฏจักรชีวิตของระบบการจัดการขยะมูลฝอย: หลักการและการดัดแปลงมาใช้กับองค์กรปกครองสวนท้องถิ่นของไทย**

**ขั้นตอนการกำจัดขยะ ด้วยการเผาในเตาเผา**

| | เดือน มิถุนายน 2559 | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | วันที่ 1 | วันที่ 2 | วันที่ 3 | วันที่ 4 | วันที่ 5 | วันที่ 6 | วันที่ 7 | วันที่ ..... | วันที่ 27 | วันที่ 28 | วันที่ 29 | วันที่ 30 |
| น้ำหนักขยะที่ป้อนเข้าสู่เตาเผา (ตัน) | | | | | | | | | | | | |
| ปริมาณน้ำมันในการเผาขยะ (ลิตร) | | | | | | | | | | | | |
| ค่าน้ำมันในการเผาขยะ (บาท) | | | | | | | | | | | | |
| หน่วยไฟฟ้าที่ใช้ในการเผาขยะ ตามรอบบิล(หน่วย) | | | | | | | | | | | | |
| ค่าไฟฟ้าในการเผาขยะ (บาท) | | | | | | | | | | | | |

| | เดือน กรกฎาคม 2559 | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | วันที่ 1 | วันที่ 2 | วันที่ 3 | วันที่ 4 | วันที่ 5 | วันที่ 6 | วันที่ 7 | วันที่ 8 | วันที่ 27 | วันที่ 28 | วันที่ 29 | วันที่ 30 | วันที่ 31 |
| น้ำหนักขยะที่ป้อนเข้าสู่เตาเผา (ตัน) | | | | | | | | | | | | | |
| ปริมาณน้ำมันในการเผาขยะ (ลิตร) | | | | | | | | | | | | | |
| ค่าน้ำมันในการเผาขยะ (บาท) | | | | | | | | | | | | | |
| หน่วยไฟฟ้าที่ใช้ในการเผาขยะ ตามรอบบิล(หน่วย) | | | | | | | | | | | | | |
| ค่าไฟฟ้าในการเผาขยะ (บาท) | | | | | | | | | | | | | |

| | เดือน สิงหาคม 2559 | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | วันที่ 1 | วันที่ 2 | วันที่ 3 | วันที่ 4 | วันที่ 5 | วันที่ 6 | วันที่ 7 | วันที่ 8 | วันที่ 27 | วันที่ 28 | วันที่ 29 | วันที่ 30 | วันที่ 31 |
| น้ำหนักขยะที่ป้อนเข้าสู่เตาเผา (ตัน) | | | | | | | | | | | | | |
| ปริมาณน้ำมันในการเผาขยะ (ลิตร) | | | | | | | | | | | | | |
| ค่าน้ำมันในการเผาขยะ (บาท) | | | | | | | | | | | | | |
| หน่วยไฟฟ้าที่ใช้ในการเผาขยะ ตามรอบบิล(หน่วย) | | | | | | | | | | | | | |
| ค่าไฟฟ้าในการเผาขยะ (บาท) | | | | | | | | | | | | | |

ขั้นตอนการกำจัดขยะ ด้วย MBT

| | เดือน มิถุนายน 2559 | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | วันที่ 1 | วันที่ 2 | วันที่ 3 | วันที่ 4 | วันที่ 5 | วันที่ 6 | วันที่ 7 | วันที่ ... | วันที่ 26 | วันที่ 27 | วันที่ 28 | วันที่ 29 | วันที่ 30 |
| น้ำหนักขยะที่ส่งเข้า MBT (ตัน) | | | | | | | | | | | | | |
| น้ำหนักปุ๋ยที่แยกได้จาก MBT (ตัน) | | | | | | | | | | | | | |
| น้ำหนัก RDF จาก MBT (ตัน) | | | | | | | | | | | | | |
| ปริมาณน้ำมันในกิจกรรม MBT(ลิตร) | | | | | | | | | | | | | |
| ค่าน้ำมันในกิจกรรม MBT (บาท) | | | | | | | | | | | | | |
| หน่วยไฟฟ้าที่ใช้ในกิจกรรม MBT รอบบิล(หน่วย) | | | | | | | | | | | | | |
| ค่าไฟฟ้าในกิจกรรม MBT (บาท) | | | | | | | | | | | | | |

| | เดือน กรกฎาคม 2559 | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | วันที่ 1 | วันที่ 2 | วันที่ 3 | วันที่ 4 | วันที่ 5 | วันที่ 6 | วันที่ 7 | วันที่ 8 | วันที่ 26 | วันที่ 27 | วันที่ 28 | วันที่ 29 | วันที่ 30 | วันที่ 31 |
| น้ำหนักขยะที่ส่งเข้า MBT (ตัน) | | | | | | | | | | | | | | |
| น้ำหนักปุ๋ยที่แยกได้จาก MBT (ตัน) | | | | | | | | | | | | | | |
| น้ำหนัก RDF จาก MBT (ตัน) | | | | | | | | | | | | | | |
| ปริมาณน้ำมันในกิจกรรม MBT(ลิตร) | | | | | | | | | | | | | | |
| ค่าน้ำมันในกิจกรรม MBT (บาท) | | | | | | | | | | | | | | |
| หน่วยไฟฟ้าที่ใช้ในกิจกรรม MBT รอบบิล(หน่วย) | | | | | | | | | | | | | | |
| ค่าไฟฟ้าในกิจกรรม MBT (บาท) | | | | | | | | | | | | | | |

| | เดือน สิงหาคม 2559 | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | วันที่ 1 | วันที่ 2 | วันที่ 3 | วันที่ 4 | วันที่ 5 | วันที่ 6 | วันที่ 7 | วันที่ 8 | วันที่ 26 | วันที่ 27 | วันที่ 28 | วันที่ 29 | วันที่ 30 | วันที่ 31 |
| น้ำหนักขยะที่ส่งเข้า MBT (ตัน) | | | | | | | | | | | | | | |
| น้ำหนักปุ๋ยที่แยกได้จาก MBT (ตัน) | | | | | | | | | | | | | | |
| น้ำหนัก RDF จาก MBT (ตัน) | | | | | | | | | | | | | | |
| ปริมาณน้ำมันในกิจกรรม MBT(ลิตร) | | | | | | | | | | | | | | |
| ค่าน้ำมันในกิจกรรม MBT (บาท) | | | | | | | | | | | | | | |
| หน่วยไฟฟ้าที่ใช้ในกิจกรรม MBT รอบบิล(หน่วย) | | | | | | | | | | | | | | |
| ค่าไฟฟ้าในกิจกรรม MBT (บาท) | | | | | | | | | | | | | | |

**การทบทวนต้นทุนการจัดการขยะและการประเมินตลอดวัฏจักรชีวิตของระบบการจัดการขยะมูลฝอย: หลักการและการดัดแปลงมาใช้กับองค์กรปกครองสวนท้องถิ่นของไทย**

**ขั้นตอนการกำจัดขยะ ด้วยการทำน้ำหมักชีวภาพ**

| | เดือน มิถุนายน 2559 | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | วันที่ 1 | วันที่ 2 | วันที่ 3 | วันที่ 4 | วันที่ 5 | วันที่ 6 | วันที่ 7 | วันที่ ... | วันที่ 26 | วันที่ 27 | วันที่ 28 | วันที่ 29 | วันที่ 30 |
| น้ำหนักขยะก่อนทำน้ำหมักชีวภาพ (ตัน) | | | | | | | | | | | | | |
| ปริมาณน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตได้(ลิตร) | | | | | | | | | | | | | |
| ปริมาณน้ำมันในกิจกรรมทำน้ำหมัก(ลิตร) | | | | | | | | | | | | | |
| ค่าน้ำมันในกิจกรรมทำน้ำหมัก(บาท) | | | | | | | | | | | | | |
| หน่วยไฟฟ้าที่ใช้ในกิจกรรมทำน้ำหมัก ตามรอบบิล(หน่วย) | | | | | | | | | | | | | |
| ค่าไฟฟ้าในกิจกรรมทำน้ำหมัก (บาท) | | | | | | | | | | | | | |

| | เดือน กรกฎาคม 2559 | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | วันที่ 1 | วันที่ 2 | วันที่ 3 | วันที่ 4 | วันที่ 5 | วันที่ 6 | วันที่ 7 | วันที่ 8 | วันที่ 26 | วันที่ 27 | วันที่ 28 | วันที่ 29 | วันที่ 30 | วันที่ 31 |
| น้ำหนักขยะก่อนทำน้ำหมักชีวภาพ (ตัน) | | | | | | | | | | | | | | |
| ปริมาณน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตได้(ลิตร) | | | | | | | | | | | | | | |
| ปริมาณน้ำมันในกิจกรรมทำน้ำหมัก(ลิตร) | | | | | | | | | | | | | | |
| ค่าน้ำมันในกิจกรรมทำน้ำหมัก(บาท) | | | | | | | | | | | | | | |
| หน่วยไฟฟ้าที่ใช้ในกิจกรรมทำน้ำหมัก ตามรอบบิล(หน่วย) | | | | | | | | | | | | | | |
| ค่าไฟฟ้าในกิจกรรมทำน้ำหมัก (บาท) | | | | | | | | | | | | | | |

| | เดือน สิงหาคม 2559 | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | วันที่ 1 | วันที่ 2 | วันที่ 3 | วันที่ 4 | วันที่ 5 | วันที่ 6 | วันที่ 7 | วันที่ 8 | วันที่ 26 | วันที่ 27 | วันที่ 28 | วันที่ 29 | วันที่ 30 | วันที่ 31 |
| น้ำหนักขยะก่อนทำน้ำหมักชีวภาพ (ตัน) | | | | | | | | | | | | | | |
| ปริมาณน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตได้(ลิตร) | | | | | | | | | | | | | | |
| ปริมาณน้ำมันในกิจกรรมทำน้ำหมัก(ลิตร) | | | | | | | | | | | | | | |
| ค่าน้ำมันในกิจกรรมทำน้ำหมัก(บาท) | | | | | | | | | | | | | | |
| หน่วยไฟฟ้าที่ใช้ในกิจกรรมทำน้ำหมัก ตามรอบบิล(หน่วย) | | | | | | | | | | | | | | |
| ค่าไฟฟ้าในกิจกรรมทำน้ำหมัก (บาท) | | | | | | | | | | | | | | |

ขั้นตอนการกำจัดขยะ ด้วยการฝังกลบ

| | เดือน มิถุนายน 2559 | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | วันที่ 1 | วันที่ 2 | วันที่ 3 | วันที่ 4 | วันที่ 5 | วันที่ 6 | วันที่ 7 | วันที่ ... | วันที่ 26 | วันที่ 27 | วันที่ 28 | วันที่ 29 | วันที่ 30 |
| น้ำหนักขยะที่ส่งเข้าบ่อฝังกลบ (ตัน) | | | | | | | | | | | | | |
| ปริมาณน้ำมันในเครื่องจักรของบ่อฝังกลบ(ลิตร) | | | | | | | | | | | | | |
| ค่าน้ำมันในในเครื่องจักรของบ่อฝังกลบ (บาท) | | | | | | | | | | | | | |

# ภาคผนวก 2

## ตัวอย่างกิจกรรมของหมู่บ้านปลอดขยะ

ภาคผนวก 2 ได้ประมวลภาพกิจกรรมของหมู่บ้าน 14 แห่งที่อยู่ในกรณีศึกษาในจังหวัดเชียงราย ที่ได้เลือกเป็นชุมชนปลอดขยะระดับประเทศ

**ตำบลสันทราย**

**ตำบลพาน**

ต้นแบบคัดแยกขยะ
เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน
บ้านป่ากว๋าว
หมู่ 9 ตำบลเมืองพาน อำเภอพาน
มารู้จักบ้านป่ากว๋าว
การลดและคัดแยกขยะ
วัสดุรีไซเคิล
วัสดุอินทรีย์
ต้นแบบคัดแยกขยะ
เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน
บ้านป่าส้าน
หมู่ 10 ตำบลเมืองพาน อำเภอพาน
มารู้จักบ้านป่าส้าน
การลดและคัดแยกขยะ
วัสดุรีไซเคิล
วัสดุอินทรีย์

## ต้นแบบคัดแยกขยะ
เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน

# บ้านท่าดีหมี
## หมู่ 18 ตำบลเมืองพาน อำเภอพาน

### มารู้จักบ้านท่าดีหมี

บ้านท่าดีหมี ตั้งอยู่ในตำบลเมืองพาน อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย มีพื้นที่ 1,120 ไร่ ภายในมีแหล่งท่องเที่ยวทางประวัติศาสตร์ที่สำคัญ คือ เจดีย์ทรงปราสาทสี่เหลี่ยมจัตุรัส ที่ชาวบ้านเรียกกันว่า "หมู่บ้านสอง"

บ้านท่าดีหมีให้ความสำคัญกับการจัดการสิ่งแวดล้อม โดยเป็นศูนย์การเรียนรู้แห่งหนึ่งของตำบลเมืองพาน ได้เข้าร่วมโครงการ 18 ตำบล 18 ต้นแบบการจัดการขยะอย่างยั่งยืน ของ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ในปีพ.ศ. 2559

### การลดและคัดแยกขยะ

กองบุญ บ้านท่าดีหมีมีหน่วยคัดแยกที่รับบริจาควัสดุรีไซเคิลสำหรับทุนการศึกษาบุญที่ "วัดท่าไฮสร้อง" เพื่อนำไปจำหน่ายหรือนำไปประดิษฐ์เป็นงานวิจิตรกรรม เป็นการลดการทิ้งขยะได้ในระดับหนึ่ง

### วัสดุรีไซเคิล

น้ำยาอเนกประสงค์ เป็นน้ำยาที่มีความสะอาดที่ประกอบด้วยสารสกัดจากธรรมชาติ ใช้ได้ทั้งล้างและขัด

### วัสดุอินทรีย์

เสริมบนท่าดีหมี เสริมบนท่าดีหมี เป็น 1 ใน 15 เสริมบนของ อบจ. เชียงราย ปีพ.ศ. 2558 และได้มีการต่อยอดการจัดการขยะวัสดุอินทรีย์ด้วยการนำปุ๋ยจากเสริมบนไปใช้ประโยชน์ในการปลูกผักสวนครัว เพื่อให้ชุมชนมีความยั่งยืนตลอดไป

ศูนย์วิจัยและนิทรรศการ NREM มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
333 หมู่ 1 ตำบลท่าสุด อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 57100
โทร. 053-916-850 Fax 053-916-852 email nrem@mfu.ac.th

## ต้นแบบคัดแยกขยะ
เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน

# บ้านหนองบัวใต้
## หมู่ 20 ตำบลเมืองพาน อำเภอพาน

### มารู้จักบ้านหนองบัวใต้

บ้านหนองบัวใต้ ตั้งอยู่ในตำบลเมืองพาน อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ห่างจากตัวจังหวัดเชียงรายประมาณ 46 กิโลเมตร มีพื้นที่ 372 ไร่ ประชากร 565 คน ใน 231 ครัวเรือน ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม

บ้านหนองบัวใต้ ได้รับรางวัลจากการประกวดอาชีพ โครงการนิคมสหกรณ์ เชิดชูคุณธรรม น้อมนำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง และได้เป็น 1 ใน 88 ชุมชนนิคมสหกรณ์ ของประเทศ ที่ได้รับคัดเลือกเป็นแหล่งเรียนรู้ ประจำปี 2558

### การลดและคัดแยกขยะ

หัตถกรรม บ้านหนองบัวใต้นำเศษวัสดุมาดัดแปลงเป็นสิ่งของเครื่องใช้ เช่น การใช้งานในชีวิตประจำวัน และเป็นสินค้าของชุมชนสำหรับผู้นำศึกษาดูงาน

### วัสดุรีไซเคิล

ธนาคารขยะ โครงการธนาคารขยะของหมู่บ้านคอยเวลาไปรับซื้อหรือรับบริจาคเพื่อนำเศษวัสดุไปจำหน่ายเป็นประจำทุกเดือน

### วัสดุอินทรีย์

ก๊าซจากขยะ บ้านหนองบัวใต้ได้รับการสนับสนุนจาก นพร. สำนัก (เดิมชื่อ) ในการสำรวจวัดการขยะมูลฝอยที่ก่อให้เกิดก๊าซจากเศษวัสดุอินทรีย์ นอกจากนี้ยังมีการทำผ้าบาติก เลี้ยงไส้เดือน และทำน้ำหมักชีวภาพ

ศูนย์วิจัยและนิทรรศการ NREM มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
333 หมู่ 1 ตำบลท่าสุด อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 57100
โทร. 053-916-850 Fax 053-916-852 email nrem@mfu.ac.th

# ต้นแบบคัดแยกขยะ

เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน

## บ้านป่ากว๋าวทองกว๋าว

### หมู่ 25 ตำบลเมืองพาน อำเภอพาน

**มารู้จักบ้านป่ากว๋าวทองกว๋าว**

บ้านป่ากว๋าวทองกว๋าวตั้งอยู่ในตำบลเมืองพาน อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ห่างจากตัวจังหวัดเชียงรายประมาณ 45 กิโลเมตร เป็นหมู่บ้านขนาดเล็กมีครัวเรือน 124 ครัวเรือน ก่อตั้งมาตั้งแต่บ้านป่ากว๋าว เมื่อปี พ.ศ. 2547

บ้านป่ากว๋าวทองกว๋าว ได้รับรางวัลจากการประกวดภายใต้โครงการมิตรภาพบำบัด เริ่มจุดหุบเขาขรรค์ น้อมนำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง และได้รับ 1 ใน 88 ชุมชนปลอดขยะ กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ประจำปี 2558

## การลดและคัดแยกขยะ

เข้าร่วม 100 x กองทุนหมู่บ้านป่ากว๋าวทองกว๋าว ได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน มีสมาชิกทั้งหมด 124 ครัวเรือนหรือเท่ากับ 100 % โดยสมาชิกหน้าสงกรานต์ทุกบ้านอาทิตย์จะทำของเดือน

## วัสดุรีไซเคิล

**รายได้สร้างของชุมชน** บ้านป่ากว๋าวทองกว๋าวส่งเสริมให้มีการนำเศษวัสดุที่รวบรวมได้มาทำเป็นงานฝีมือเพื่อเพิ่มมูลค่า โดยเฉพาะในส่วนของวัสดุที่มีราคาอยู่แล้วยังไม่มีการรับซื้อในตลาด

## วัสดุอินทรีย์

**สร้างมูลค่าให้เศษอาหาร** บ้านป่ากว๋าวทองกว๋าวได้สร้างนวัตกรรมใหม่ของชุมชนในการกำจัดน้ำยาอเนกประสงค์จากน้ำหมักผลไม้ และน้ำหมักจุลินทรีย์ และการเลี้ยงไส้เดือนดินด้วยเศษอินทรีย์และเศษอาหาร

ศูนย์วิจัยและนิทรรศการ NREM มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

333 หมู่ 1 ตำบลท่าสุด อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 57100

โทร. 053-916-850 Fax 053-916-852 email: nrem@mfu.ac.th

**ตำบลโรงช้าง**

ต้นแบบคัดแยกขยะ
เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน
บ้านโป่งสลี
หมู่ 1 ตำบลโรงช้าง อำเภอป่าแดด
มารู้จักบ้านโป่งสลี
การลดและคัดแยกขยะ
วัสดุรีไซเคิล
วัสดุอินทรีย์
ศูนย์วิจัยและนิทรรศน์ NREB มหาวิทยาลัยแม่โจ้หลวง
333 หมู่ 1 ตำบลท่าสุด อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 57100

ต้นแบบคัดแยกขยะ
เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน
บ้านโป่ง
หมู่ 3 ตำบลโรงช้าง อำเภอป่าแดด
มารู้จักบ้านโป่ง
การลดและคัดแยกขยะ
วัสดุรีไซเคิล
วัสดุอินทรีย์
ศูนย์วิจัยและนิทรรศน์ NREB มหาวิทยาลัยแม่โจ้หลวง
333 หมู่ 1 ตำบลท่าสุด อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 57100

# ต้นแบบคัดแยกขยะ
เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน

# บ้านศรีบังวัน
## หมู่ 8 ตำบลโรงช้าง อำเภอป่าแดด

### มารู้จักบ้านศรีบังวัน

บ้านศรีบังวัน ตั้งอยู่ในตำบลโรงช้าง อำเภอป่าแดด จังหวัดเลิศธานี ห่างจากตัวจังหวัดเลิศธานีประมาณ 54 กิโลเมตร มีพื้นที่ 1,478 ไร่ ประกอบด้วย 373 ครัวเรือน มี 119 ครัวเรือนส่วนใหญ่ที่ยังคง 56 ประกอบอาชีพเกษตรกรรม

บ้านศรีบังวันได้แยกจากหมู่ 4 บ้านโรงช้างใต้ ในปีพ.ศ. 2539 คนรุ่นก่อนมีวิถีชีวิตแบบเรียบง่าย มีการรวมกลุ่มเป็นกลุ่มต่างๆ เช่น กลุ่มการออมเงินกลุ่มจักสานกระติ๊บข้าว กลุ่มเกษตรกรทำสวนยางพารา กลุ่มปุ๋ยหมัก และกลุ่มสมาชิกอาชีพต่างๆ และได้รับคัดเลือกให้เป็นชุมชนต้นแบบการคัดแยกขยะของตำบล

### การลดและคัดแยกขยะ

ตำบลปลอดขยะ ตำบลโรงช้างเป็นตำบลหนึ่งในจังหวัดเลิศธานีที่มีความใจในการบริหารจัดการขยะด้วยตัวเอง โดยบ้านศรีบังวันเป็น 1 ในหมู่บ้านที่เข้าร่วมดำเนินการลดความร่วมมือในการของคณะกรรมการขยะของตำบลโรงช้าง

### วัสดุรีไซเคิล

สร้างรายได้ สร้างอาชีพ การคัดแยกขยะในชุมชนศึกษาคณะกรรมการทำให้เกิดอาชีพจากการใช้เศษวัสดุในว่างเป็นการรับซื้อของเก่า หรือการทำไม้รูปจากเศษผ้า ทำให้มีรายได้มาจุนเจือครัวเรือนมากขึ้น

### วัสดุอินทรีย์

เกษตรปลอดสาร บ้านศรีบังวันใส่ใจในการและการทำปุ๋ยแบบธรรมชาติเพื่อลดเศษวัสดุอินทรีย์ให้กลายเป็นปุ๋ยและสารบำรุงดินสำหรับนำมาใช้ในการทำเกษตรปลอดสารในครัวเรือน

ศูนย์วิจัยและนิทรรศการ NREB มหาวิทยาลัยเมล็ดทราย
333 หมู่ 1 ตำบลท่าสุด อำเภอเมือง จังหวัดเลิศธานี 57100
โทร. 055-970-850 Fax 055-970-852 email: nreb@slu.ac.th



# ต้นแบบคัดแยกขยะ
เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน

# บ้านทุ่งธนาลัย
## หมู่ 9 ตำบลโรงช้าง อำเภอป่าแดด

### มารู้จักบ้านทุ่งธนาลัย

บ้านทุ่งธนาลัย ตั้งอยู่ในตำบลโรงช้าง อำเภอป่าแดด จังหวัดเลิศธานี ห่างจากตัวจังหวัดเลิศธานีประมาณ 59 กิโลเมตร มีพื้นที่ 625 ไร่ ประกอบด้วย 233 คน ใน 86 ครัวเรือนส่วนใหญ่ยังคง 76 ประกอบอาชีพเกษตรกรรม

บ้านทุ่งธนาลัยตั้งอยู่บนที่ราบลัดหุบเขาและหมู่บ้าน แยกมาจากหมู่ 5 บ้านโรงช้างเหนือ ในปีพ.ศ.2534 บ้านทุ่งธนาลัยเป็นหมู่บ้านขนาดเล็กที่มีการรวมตัวกันทำกิจกรรม ตั้งกลุ่มเป็นเจ้าหน้าที่และกลุ่มทำกลุ่มเยือนกันสนุนให้ประชาชนมีรายได้

### การลดและคัดแยกขยะ

ตำบลปลอดขยะ ตำบลโรงช้างเป็นตำบลหนึ่งในจังหวัดเลิศธานีที่มีความใจในการบริหารจัดการขยะด้วยตัวเอง โดยบ้านทุ่งธนาลัยเป็น 1 ในหมู่บ้านที่เข้าร่วมดำเนินการลดความร่วมมือในการของคณะกรรมการขยะของตำบลโรงช้าง

### วัสดุรีไซเคิล

การตระหนักรับ บ้านทุ่งธนาลัยจะคัดวัสดุในขั้นที่คัดจำการตระหนักรับสนวัสดุรีไซเคิลประเภทต่าง ๆ เช่น ขวดน้ำดื่มไว้ในครัวเรือน และชี้สาธารณะ ส่งเสริมการคัดแยกขยะ

### วัสดุอินทรีย์

เสริมเติมขึ้นที่ ทุกครัวเรือนในบ้านทุ่งธนาลัย ได้นำเศษอาหารมาใช้ทำการเศษวัสดุอินทรีย์ นอกจากนี้ในการครัวเรือนยังได้มีการเข้ามาในส่วนของการทำน่ำหมักจากเศษผักและการทำน้ำหมักจากสับปะรดเพื่อนำมาใช้ประโยชน์

ศูนย์วิจัยและนิทรรศการ NREB มหาวิทยาลัยเมล็ดทราย
333 หมู่ 1 ตำบลท่าสุด อำเภอเมือง จังหวัดเลิศธานี 57100
โทร. 055-970-850 Fax 055-970-852 email: nreb@slu.ac.th

**ตำบลหงาว**

ต้นแบบคัดแยกขยะ
เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน
บ้านปี้
หมู่ 1 ตำบลหงาว อำเภอเทิง
มารู้จักบ้านปี้
การลดและคัดแยกขยะ
วัสดุรีไซเคิล
วัสดุอินทรีย์
ศูนย์วิจัยและนิกอบรม NREM มหาวิทยาลัยแม่โจ้-พะเยา
333 หมู่ 1 ตำบลท่าสุด อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 57100

ต้นแบบคัดแยกขยะ
เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน
บ้านปี้
หมู่ 7 ตำบลหงาว อำเภอเทิง
มารู้จักบ้านปี้
การลดและคัดแยกขยะ
วัสดุรีไซเคิล
วัสดุอินทรีย์
ศูนย์วิจัยและนิกอบรม NREM มหาวิทยาลัยแม่โจ้-พะเยา
333 หมู่ 1 ตำบลท่าสุด อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 57100

# ต้นแบบคัดแยกขยะ
เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน

# บ้านหัวดง
## หมู่ 12 ตำบลหงาว อำเภอเทิง

### มารู้จักบ้านหัวดง

บ้านหัวดงเป็นหมู่บ้านชนเผ่าลาหู่ประชากร หมู่ที่ 2 และเป็นหมู่บ้านที่ตลอดปีมีนักท่องเที่ยวเข้ามาเยี่ยมชมวัฒนธรรมของชนเผ่าลาหู่ ในปี พ.ศ. 2555 จึงได้มีการจัดตั้งคณะกรรมการหมู่บ้านขึ้นมาเพื่อให้สามารถจัดการปัญหาและพัฒนาไปในทิศทางที่ดีขึ้นได้ ปัจจุบันมีครัวเรือนทั้งหมด 1 ใน 3

### การลดและคัดแยกขยะ

ปลูก-เปลี่ยน-ปรับ บ้านหัวดงได้ปลูกจิตสำนึกการของเขตให้ประชาชนทั้งนี้ ความสำคัญของการลดและคัดแยกขยะ และการมีส่วนร่วมในการเปลี่ยนพฤติกรรมและสิ่งแวดล้อม การบริโภค อาทิ การลดการใช้ถุงพลาสติกในชุมชนหมู่บ้าน

### วัสดุรีไซเคิล

### วัสดุอินทรีย์

ขับเคลื่อน การขยะจากชุมชนบ้านหัวดงมีการทำงานร่วมกันเป็นทีมในการรับผิดชอบการลดและคัดแยกขยะไม่เพียงแต่ครัวเรือนเท่านั้น แต่ยังมีการคัดแยกขยะ ณ จุดบำรุงหน้าร้านและที่ตลาดชุมชน ซึ่งบำรุงหน้าร้านและที่ตลาดชุมชนเพื่อให้ง่ายแก่การรับผิดชอบ ผลพลอยได้จากการดำเนินงานนี้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดเจน

ศูนย์วิจัยและนิเทศบริการ NRES มหาวิทยาลัยแม่โจ้-พะเยา
333 หมู่ 1 ตำบลท่าสุด อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 57100
โทร. 053-916-850 Fax 053-916-852 email: nres@mfu.ac.th


# ต้นแบบคัดแยกขยะ
เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน

# บ้านดอนแยง
## หมู่ 13 ตำบลหงาว อำเภอเทิง

### มารู้จักบ้านดอนแยง

### การลดและคัดแยกขยะ

บ้าน-วัด-โรงเรียน การจัดการของบ้านดอนแยงมีการมีส่วนร่วมของชุมชนตั้งแต่ในการจัดกิจกรรมต่างๆ ของเยาวชนในการเปลี่ยนพฤติกรรมและสิ่งแวดล้อม การคัดแยกขยะอย่างเป็นระบบ มีการตรวจเยี่ยมครัวเรือนโดย อบต. และการรณรงค์ประชาสัมพันธ์ เพื่อให้ทำตัวไปยังครัวเรือนที่ยังไม่ได้ทำ

### วัสดุรีไซเคิล

### วัสดุอินทรีย์

ผสมผสาน การจัดการเศษวัสดุอินทรีย์ของบ้านดอนแยงมีการผสมผสานวิธีและเทคโนโลยีที่หลากหลายกับรับกับบริบทของชุมชนและครัวเรือน ไม่ว่าจะเป็นการทำสวน การทำปุ๋ยหมัก การทำน้ำหมัก หรือแม้แต่การทำถังขยะจากเศษอาหาร เพื่อลดปริมาณและจัดการเศษวัสดุเหล่านี้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ศูนย์วิจัยและนิเทศบริการ NRES มหาวิทยาลัยแม่โจ้-พะเยา
333 หมู่ 1 ตำบลท่าสุด อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 57100
โทร. 053-916-850 Fax 053-916-852 email: nres@mfu.ac.th

# ภาคผนวก 3

## ผลการคำนวนผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากการจักการขยะของ 9 กรณีศึกษา

ภาคผนวก 3 ได้รวบรวมผลการคำนวนผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากการจักการขยะของทั้ง 9 กรณีศึกษา

เทศบาลตำบลสันทราย

| Category Name | BAU | | | ZW | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | มลพิษจากการจัดการขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการขนส่งขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการกำจัดขยะ | การชดเชยมลพิษจากการคัดแยกขยะ | การชดเชยมลพิษจากการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษที่จากการดำเนินการ ZW | ร้อยละของการชดเชยมลพิษจากการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษทจากการการขนส่ง |
| Global Warming 100 Years (EDIP97): [kg CO2-eq] | 5069301.03 | 85.84 | 14.16 | 707616.05 | 13.96 | 7.14 | 3.34 | 3.47 |
| Ecotoxicity in Water, Chronic (EDIP97): [m3 water] | 1343561036.93 | 99.66 | 0.34 | 182985531.74 | 13.62 | 9.67 | 3.88 | 0.07 |
| Stored Ecotoxicity in Water (EDIP): [m3 water] | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Human Toxicity via Soil (EDIP97): [m3 soil] | 6856.90 | 94.21 | 5.79 | -16552.68 | -241.40 | -246.40 | 3.67 | 1.32 |
| Photochemical Ozone Formation, Low NOx (EDIP97): [kg C2H4-eq] | 5748.13 | 99.67 | 0.33 | 1406.57 | 24.47 | 20.52 | 3.88 | 0.06 |
| Spoiled Groundwater Resources: [m3 spoiled water] | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ecotoxicity in Soil (EDIP97): [m3 soil] | 7896.94 | 80.57 | 19.43 | 719.31 | 9.11 | 2.15 | 3.14 | 3.82 |
| Human Toxicity via Water (EDIP97): [m3 water] | 1903075.83 | 79.14 | 20.86 | -116849.99 | -6.14 | -14.07 | 3.08 | 4.85 |

| Category Name | BAU | | | ZW | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | มลพิษจาการจัดการขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการขนส่งขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการกำจัดขยะ | การชดเชยมลพิษจากการคัดแยกขยะ | การชดเชยมลพิษจากการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษที่จากการดำเนินการ ZW | ร้อยละของการชดเชยมลพิษจากการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษทจากการการขนส่ง |
| Acidification (EDIP97): [kg SO2-eq] | 36325.35 | 97.10 | 2.90 | 4212.05 | 11.60 | 7.24 | 3.78 | 0.57 |
| Stratospheric Ozone Depletion (EDIP97): [kg CFC11-eq] | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 | 21666.66 | 21647.05 | 0.00 | 19.61 |
| Human Toxicity via Air (EDIP97): [m3 air] | 31121605415017.10 | 99.90 | 0.10 | 7875473715626.72 | 25.31 | 21.39 | 3.89 | 0.02 |
| Stored Ecotoxicity in Soil (EDIP): [m3 soil] | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Nutrient Enrichment (EDIP97): [kg NO3-eq] | 64071.84 | 97.49 | 2.51 | 13719.07 | 21.41 | 17.12 | 3.80 | 0.49 |
| Photochemical Ozone Formation, High NOx (EDIP97): [kg C2H4-eq] | 5971.86 | 99.69 | 0.31 | 1477.70 | 24.74 | 20.80 | 3.88 | 0.06 |

องค์การบริหารส่วนตำบลเมืองพาน

| Category Name | BAU | | | ZW | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | มลพิษจาการจัดการขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการขนส่งขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการกำจัดขยะ | การชดเชยมลพิษจาการคัดแยกขยะ | การชดเชยมลพิษจาการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษที่จากการดำเนินการ ZW | ร้อยละของการชดเชยมลพิษจากการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษทจากการการขนส่ง |
| Global Warming 100 Years (EDIP97): [kg CO2-eq] | 109550334.39 | 99.98% | 0.02% | 109550334.39 | -1.19% | -2.11% | 0.99% | -0.07% |
| Ecotoxicity in Water, Chronic (EDIP97): [m3 water] | 33723144467.31 | 99.94% | 0.06% | 33723144467.31 | -0.90% | -1.89% | 0.99% | 0.01% |
| Stored Ecotoxicity in Water (EDIP): [m3 water] | 3251865871.60 | 0.00% | 100.00% | 3251865871.60 | 19.15% | 0.00% | 0.00% | 19.15% |
| Human Toxicity via Soil (EDIP97): [m3 soil] | 168098.75 | 96.72% | 3.28% | 168098.75 | -41.17% | -42.38% | 0.96% | 0.24% |
| Photochemical Ozone Formation, Low NOx (EDIP97): [kg C2H4-eq] | 144333.70 | 99.91% | 0.09% | 144333.70 | 0.78% | -0.21% | 0.99% | 0.01% |
| Spoiled Groundwater Resources: [m3 spoiled water] | 2254432.49 | 0.00% | 100.00% | 2254432.49 | 9.89% | 0.00% | 0.00% | 9.89% |
| Ecotoxicity in Soil (EDIP97): [m3 soil] | 205311.61 | 78.00% | 22.00% | 205311.61 | -0.46% | -2.33% | 0.77% | 1.09% |
| Human Toxicity via Water (EDIP97): [m3 water] | 38209528.73 | 99.22% | 0.78% | 38209528.73 | -5.02% | -6.09% | 0.98% | 0.09% |

| Category Name | BAU | | | ZW | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | มลพิษจาการจัดการขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการขนส่งขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการกำจัดขยะ | การชดเชยมลพิษจากการคัดแยกขยะ | การชดเชยมลพิษจากการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษที่จากการดำเนินการ ZW | ร้อยละของการชดเชยมลพิษจากการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษทจากการการขนส่ง |
| Acidification (EDIP97): [kg SO2-eq] | 887651.86 | 100.01% | -0.01% | 887651.86 | -1.25% | -2.24% | 0.99% | 0.00% |
| Stratospheric Ozone Depletion (EDIP97): [kg CFC11-eq] | 1.37 | 0.00% | 100.00% | 1.37 | 5.20% | 1.42% | 0.00% | 3.78% |
| Human Toxicity via Air (EDIP97): [m3 air] | 782812118765419.00 | 99.97% | 0.03% | 782812118765419.00 | 0.91% | -0.09% | 0.99% | 0.00% |
| Stored Ecotoxicity in Soil (EDIP): [m3 soil] | 15043.83 | 0.00% | 100.00% | 15043.83 | 20.67% | 0.00% | 0.00% | 20.67% |
| Nutrient Enrichment (EDIP97): [kg NO3-eq] | 1573188.80 | 99.93% | 0.07% | 1573188.80 | 0.32% | -0.68% | 0.99% | 0.01% |
| Photochemical Ozone Formation, High NOx (EDIP97): [kg C2H4-eq] | 149974.43 | 99.91% | 0.09% | 149974.43 | 0.83% | -0.17% | 0.99% | 0.01% |

เทศบาลตำบล โรงช้าง

| Category Name | BAU | | | ZW | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | มลพิษจาการจัดการขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการขนส่งขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการกำจัดขยะ | การชดเชยมลพิษจาการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษที่จากการดำเนินการ ZW | ร้อยละของการชดเชยมลพิษจากการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษทจากการการขนส่ง | ร้อยละของการชดเชยมลพิษจากการกำจัดขยะ |
| Global Warming 100 Years (EDIP97): [kg CO2-eq] | 9315650.148 | 86% | 14% | -1403259.398 | -10% | -49% | -33% | -16% |
| Ecotoxicity in Water, Chronic (EDIP97): [m3 water] | 2453243855 | 100% | 0% | -311446050.8 | -9% | -44% | -44% | 0% |
| Stored Ecotoxicity in Water (EDIP): [m3 water] | 1598886880 | 0% | 100% | 0 | 28% | 100% | 0% | 100% |
| Human Toxicity via Soil (EDIP97): [m3 soil] | 22769.34532 | 52% | 48% | -34938.02797 | -145% | -6% | -1% | -5% |
| Photochemical Ozone Formation, Low NOx (EDIP97): [kg C2H4-eq] | 11016.26942 | 95% | 5% | -134.9730225 | 3% | 139% | 118% | 21% |
| Spoiled Groundwater Resources: [m3 spoiled water] | 11596590.21 | 0% | 100% | 0 | 20% | 100% | 0% | 100% |
| Ecotoxicity in Soil (EDIP97): [m3 soil] | 89924.08821 | 13% | 87% | 214.7695326 | 13% | 98% | 4% | 94% |
| Human Toxicity via Water (EDIP97): [m3 water] | 2842903.283 | 97% | 3% | -977983.1588 | -30% | -14% | -12% | -1% |

| Category Name | BAU | | | ZW | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | มลพิษจาการจัดการขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการขนส่งขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการกำจัดขยะ | การชดเชยมลพิษจาการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษที่จากการดำเนินการ ZW | ร้อยละของการชดเชยมลพิษจากการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษทจากการการขนส่ง | ร้อยละของการชดเชยมลพิษจากการกำจัดขยะ |
| Acidification (EDIP97): [kg SO2-eq] | 64604.71136 | 100% | 0% | -15506.57355 | -20% | -19% | -19% | 0% |
| Stratospheric Ozone Depletion (EDIP97): [kg CFC11-eq] | 5.313181903 | 0% | 100% | 0.024572695 | 14% | 97% | 0% | 97% |
| Human Toxicity via Air (EDIP97): [m3 air] | 5.69513E+13 | 100% | 0% | -2.7083E+11 | 3% | 114% | 114% | 0% |
| Stored Ecotoxicity in Soil (EDIP): [m3 soil] | 7373.247414 | 0% | 100% | 0 | 29% | 100% | 0% | 100% |
| Nutrient Enrichment (EDIP97): [kg NO3-eq] | 114405.8158 | 100% | 0% | -8027.80276 | -3% | -123% | -123% | 0% |
| Photochemical Ozone Formation, High NOx (EDIP97): [kg C2H4-eq] | 11430.4785 | 95% | 5% | -110.032508 | 3% | 129% | 109% | 19% |

เทศบาลตำบลเชียงเคี่ยน

| Category Name | BAU | | | ZW | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | มลพิษจาการจัดการขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการขนส่งขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการกำจัดขยะ | การชดเชยมลพิษจาการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษที่จากการดำเนินการ ZW | ร้อยละของการชดเชยมลพิษจากการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษทจากการการขนส่ง | ร้อยละของการชดเชยมลพิษจากการกำจัดขยะ |
| Global Warming 100 Years (EDIP97): [kg CO2-eq] | 8190578.566 | 83% | 17% | 592772.6192 | -6% | -120% | -53% | -33% |
| Ecotoxicity in Water, Chronic (EDIP97): [m3 water] | 2087513977 | 100% | 0% | 240476904.3 | -10% | -115% | -39% | 0% |
| Stored Ecotoxicity in Water (EDIP): [m3 water] | 1472329007 | 0% | 100% | 0 | 27% | 0% | 0% | 100% |
| Human Toxicity via Soil (EDIP97): [m3 soil] | 21008.52989 | 48% | 52% | -93.37135628 | -145% | 0% | -1% | -5% |
| Photochemical Ozone Formation, Low NOx (EDIP97): [kg C2H4-eq] | 9453.683456 | 94% | 6% | 778.7942954 | 3% | 278% | 124% | 27% |
| Spoiled Groundwater Resources: [m3 spoiled water] | 10678676.75 | 0% | 100% | 0 | 20% | 0% | 0% | 100% |
| Ecotoxicity in Soil (EDIP97): [m3 soil] | 88293.73098 | 11% | 89% | -31033.62972 | 9% | -380% | 5% | 134% |
| Human Toxicity via Water (EDIP97): [m3 water] | 2435219.442 | 96% | 4% | -426712.495 | -42% | 42% | -9% | -1% |

| Category Name | BAU | | | ZW | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | มลพิษจาการจัดการขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการขนส่งขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการกำจัดขยะ | การชดเชยมลพิษจาการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษที่จากการดำเนินการ ZW | ร้อยละของการชดเชยมลพิษจากการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษทจากการการขนส่ง | ร้อยละของการชดเชยมลพิษจากการกำจัดขยะ |
| Acidification (EDIP97): [kg SO2-eq] | 54973.35469 | 100% | 0% | 4980.410932 | -8% | -113% | -48% | 0% |
| Stratospheric Ozone Depletion (EDIP97): [kg CFC11-eq] | 5.313844456 | 0% | 100% | -0.000897209 | 14% | 0% | 0% | 100% |
| Human Toxicity via Air (EDIP97): [m3 air] | 4.8493E+13 | 100% | 0% | 5.55015E+12 | 3% | 347% | 117% | 2% |
| Stored Ecotoxicity in Soil (EDIP): [m3 soil] | 6789.627323 | 0% | 100% | 0 | 29% | 0% | 0% | 100% |
| Nutrient Enrichment (EDIP97): [kg NO3-eq] | 97336.04581 | 100% | 0% | 10158.90998 | 0% | 3715% | 1378% | 12% |
| Photochemical Ozone Formation, High NOx (EDIP97): [kg C2H4-eq] | 9806.904021 | 94% | 6% | 825.496048 | 3% | 260% | 113% | 24% |

เทศบาลตำบลหงาว

| Category Name | BAU | | | ZW | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | มลพิษจาการจัดการขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการขนส่งขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการกำจัดขยะ | การชดเชยมลพิษจาการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษที่จากการดำเนินการ ZW | ร้อยละของการชดเชยมลพิษจากการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษทจากการการขนส่ง | ร้อยละของการชดเชยมลพิษจากการกำจัดขยะ |
| Global Warming 100 Years (EDIP97): [kg CO2-eq] | 11524881.38 | 73% | 27% | -2247912.565 | -6% | 330% | 347% | -53% |
| Ecotoxicity in Water, Chronic (EDIP97): [m3 water] | 2598871704 | 100% | 0% | -630777473.8 | -10% | 255% | 20323% | -1% |
| Stored Ecotoxicity in Water (EDIP): [m3 water] | 3223031211 | 0% | 100% | 0 | 27% | 0% | 0% | 100% |
| Human Toxicity via Soil (EDIP97): [m3 soil] | 36480.92509 | 34% | 66% | -70674.5417 | -180% | 108% | 55% | -5% |
| Photochemical Ozone Formation, Low NOx (EDIP97): [kg C2H4-eq] | 12261.84491 | 90% | 10% | -287.459413 | 12% | -19% | 981% | 11% |
| Spoiled Groundwater Resources: [m3 spoiled water] | 23376370.56 | 0% | 100% | 0 | 20% | 0% | 0% | 100% |
| Ecotoxicity in Soil (EDIP97): [m3 soil] | 183915.7989 | 7% | 93% | -4624.846897 | 11% | -22% | 8% | 114% |
| Human Toxicity via Water (EDIP97): [m3 water] | 3113885.775 | 94% | 6% | -2292535.578 | -59% | 124% | 1483% | -2% |

| Category Name | BAU | | | ZW | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | มลพิษจาการจัดการขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการขนส่งขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการกำจัดขยะ | การชดเชยมลพิษจาการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษที่จากการดำเนินการ ZW | ร้อยละของการชดเชยมลพิษจากการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษทจากการการขนส่ง | ร้อยละของการชดเชยมลพิษจากการกำจัดขยะ |
| Acidification (EDIP97): [kg SO2-eq] | 68425.10792 | 100% | 0% | -19244.16585 | -14% | 201% | 22281% | 0% |
| Stratospheric Ozone Depletion (EDIP97): [kg CFC11-eq] | 11.63237731 | 0% | 100% | 0.019279261 | 14% | 1% | 0% | 99% |
| Human Toxicity via Air (EDIP97): [m3 air] | 6.03921E+13 | 100% | 0% | -5.54325E+11 | 14% | -7% | 16330% | 1% |
| Stored Ecotoxicity in Soil (EDIP): [m3 soil] | 14862.96926 | 0% | 100% | 0 | 29% | 0% | 0% | 100% |
| Nutrient Enrichment (EDIP97): [kg NO3-eq] | 121138.1324 | 100% | 0% | -9669.886452 | 6% | -131% | 24314% | 1% |
| Photochemical Ozone Formation, High NOx (EDIP97): [kg C2H4-eq] | 12705.30687 | 91% | 9% | -235.5759275 | 13% | -14% | 1010% | 10% |

องค์การบริหารส่วนตำบลดอนแก้ว

| Category Name | BAU | | | ZW | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | มลพิษจากการจัดการขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการขนส่งขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการกำจัดขยะ | การชดเชยมลพิษจากการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษที่จากการดำเนินการ ZW | ร้อยละของการชดเชยมลพิษจากการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษทจากการการขนส่ง | ร้อยละของการชดเชยมลพิษจากการกำจัดขยะ |
| Global Warming 100 Years (EDIP97): [kg CO2-eq] | 123517665 | 97% | 3% | -3058490.345 | 21% | -12% | 106% | 6% |
| Ecotoxicity in Water, Chronic (EDIP97): [m3 water] | 36871414585 | 100% | 0% | -858225975.9 | 21% | -11% | 111% | 0% |
| Stored Ecotoxicity in Water (EDIP): [m3 water] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Human Toxicity via Soil (EDIP97): [m3 soil] | 179853.5845 | 99% | 1% | -96158.67962 | -30% | 176% | -75% | -1% |
| Photochemical Ozone Formation, Low NOx (EDIP97): [kg C2H4-eq] | 157763.0799 | 100% | 0% | -391.1127926 | 23% | -1% | 101% | 0% |
| Spoiled Groundwater Resources: [m3 spoiled water] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ecotoxicity in Soil (EDIP97): [m3 soil] | 183155.3612 | 96% | 4% | -6292.455433 | 20% | -18% | 113% | 5% |
| Human Toxicity via Water (EDIP97): [m3 water] | 43533813.54 | 95% | 5% | -3119187.75 | 16% | -45% | 137% | 8% |

| Category Name | BAU | | | ZW | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | มลพิษจาการจัดการขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการขนส่งขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการกำจัดขยะ | การชดเชยมลพิษจาการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษที่จากการดำเนินการ ZW | ร้อยละของการชดเชยมลพิษจากการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษทจากการการขนส่ง | ร้อยละของการชดเชยมลพิษจากการกำจัดขยะ |
| Acidification (EDIP97): [kg SO2-eq] | 976161.0425 | 99% | 1% | -26183.52422 | 20% | -13% | 113% | 1% |
| Stratospheric Ozone Depletion (EDIP97): [kg CFC11-eq] | 0.000121183 | 0% | 100% | 0.026231497 | 21669% | 100% | 0% | 0% |
| Human Toxicity via Air (EDIP97): [m3 air] | 8.55748E+14 | 100% | 0% | -7.54207E+11 | 23% | 0% | 100% | 0% |
| Stored Ecotoxicity in Soil (EDIP): [m3 soil] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Nutrient Enrichment (EDIP97): [kg NO3-eq] | 1727339.3 | 100% | 0% | -13156.80643 | 22% | -3% | 103% | 1% |
| Photochemical Ozone Formation, High NOx (EDIP97): [kg C2H4-eq] | 163926.7872 | 100% | 0% | -320.520956 | 23% | -1% | 101% | 0% |

เทศบาลเมืองน่าน

| Category Name | BAU | | | ZW | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | มลพิษจาการจัดการขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการขนส่งขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการกำจัดขยะ | การชดเชยมลพิษจาการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษที่จากการดำเนินการ ZW | ร้อยละของการชดเชยมลพิษจากการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษทจากการการขนส่ง | ร้อยละของการชดเชยมลพิษจากการกำจัดขยะ |
| Global Warming 100 Years (EDIP97): [kg CO2-eq] | 425338777.4 | 100% | 0% | -5438797.27 | 29% | -4% | 104% | 0% |
| Ecotoxicity in Water, Chronic (EDIP97): [m3 water] | 130626760242.33 | 100% | 0% | -1526165232.90 | 29% | -4% | 104% | 0% |
| Stored Ecotoxicity in Water (EDIP): [m3 water] | 7809247760 | 0% | 100% | 0.00 | 53% | 0% | 0% | 100% |
| Human Toxicity via Soil (EDIP97): [m3 soil] | 643596.2117 | 98% | 2% | -170996.97 | 4% | -674% | 746% | 29% |
| Photochemical Ozone Formation, Low NOx (EDIP97): [kg C2H4-eq] | 559095.9827 | 100% | 0% | -695.51 | 30% | 0% | 100% | 0% |
| Spoiled Groundwater Resources: [m3 spoiled water] | 5413944.667 | 0% | 100% | 0.00 | 55% | 0% | 0% | 100% |
| Ecotoxicity in Soil (EDIP97): [m3 soil] | 739674.5406 | 84% | 16% | -11189.53 | 32% | -5% | 78% | 26% |
| Human Toxicity via Water (EDIP97): [m3 water] | 148001929 | 99% | 1% | -5546757.65 | 26% | -14% | 113% | 2% |

| Category Name | BAU | | | ZW | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | มลพิษจาการจัดการขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการขนส่งขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการกำจัดขยะ | การชดเชยมลพิษจาการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษที่จากการดำเนินการ ZW | ร้อยละของการชดเชยมลพิษจากการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษทจากการการขนส่ง | ร้อยละของการชดเชยมลพิษจากการกำจัดขยะ |
| Acidification (EDIP97): [kg SO2-eq] | 3442227.625 | 100% | 0% | -46561.25 | 29% | -5% | 105% | 0% |
| Stratospheric Ozone Depletion (EDIP97): [kg CFC11-eq] | 3.355096586 | 0% | 100% | 0.05 | 54% | 3% | 0% | 97% |
| Human Toxicity via Air (EDIP97): [m3 air] | 3032565260370290.00 | 100% | 0% | -1341187011175.85 | 30% | 0% | 100% | 0% |
| Stored Ecotoxicity in Soil (EDIP): [m3 soil] | 36127.26393 | 0% | 100% | 0.00 | 50% | 0% | 0% | 100% |
| Nutrient Enrichment (EDIP97): [kg NO3-eq] | 6096700.721 | 100% | 0% | -23396.27 | 30% | -1% | 101% | 0% |
| Photochemical Ozone Formation, High NOx (EDIP97): [kg C2H4-eq] | 580940.9828 | 100% | 0% | -569.97 | 30% | 0% | 100% | 0% |

องค์การบริหารส่วนตำบลถือมตอง

| Category Name | BAU | | | ZW | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | มลพิษจากการจัดการขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการขนส่งขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการกำจัดขยะ | การชดเชยมลพิษจากการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษที่จากการดำเนินการ ZW | ร้อยละของการชดเชยมลพิษจากการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษทจากการการขนส่ง | ร้อยละของการชดเชยมลพิษจากการกำจัดขยะ |
| Global Warming 100 Years (EDIP97): [kg CO2-eq] | 7465445.27 | 98% | 2% | -714039.31 | -9% | 106% | -11% | 3% |
| Ecotoxicity in Water, Chronic (EDIP97): [m3 water] | 2263809459.24 | 100% | 0% | -200366707.95 | -8% | 113% | -13% | 0% |
| Stored Ecotoxicity in Water (EDIP): [m3 water] | 1025298006.63 | 0% | 100% | 0.00 | 17% | 0% | 0% | 100% |
| Human Toxicity via Soil (EDIP97): [m3 soil] | 12680.27 | 86% | 14% | -22449.80 | -175% | 101% | 0% | -1% |
| Photochemical Ozone Formation, Low NOx (EDIP97): [kg C2H4-eq] | 9708.06 | 99% | 1% | -91.31 | 0% | -3211% | 3401% | 100% |
| Spoiled Groundwater Resources: [m3 spoiled water] | 710811.96 | 0% | 100% | 0.00 | 10% | 0% | 0% | 100% |
| Ecotoxicity in Soil (EDIP97): [m3 soil] | 26373.75 | 41% | 59% | -1468.97 | -2% | 229% | -17% | -118% |
| Human Toxicity via Water (EDIP97): [m3 water] | 2685871.08 | 95% | 5% | -728212.70 | -26% | 105% | -4% | -2% |

| Category Name | BAU | | | ZW | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | มลพิษจาการจัดการขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการขนส่งขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการกำจัดขยะ | การชดเชยมลพิษจาการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษที่จากการดำเนินการ ZW | ร้อยละของการชดเชยมลพิษจากการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษทจากการการขนส่ง | ร้อยละของการชดเชยมลพิษจากการกำจัดขยะ |
| Acidification (EDIP97): [kg SO2-eq] | 59802.30 | 99% | 1% | -6112.91 | -9% | 108% | -11% | 0% |
| Stratospheric Ozone Depletion (EDIP97): [kg CFC11-eq] | 0.44 | 0% | 100% | 0.01 | 5% | 27% | 0% | 73% |
| Human Toxicity via Air (EDIP97): [m3 air] | 52492482378051.90 | 100% | 0% | -176080137112.94 | 1% | -54% | 162% | 3% |
| Stored Ecotoxicity in Soil (EDIP): [m3 soil] | 4743.25 | 0% | 100% | 0.00 | 19% | 0% | 0% | 100% |
| Nutrient Enrichment (EDIP97): [kg NO3-eq] | 106014.67 | 99% | 1% | -3071.63 | -2% | 136% | -47% | -3% |
| Photochemical Ozone Formation, High NOx (EDIP97): [kg C2H4-eq] | 10085.33 | 99% | 1% | -74.83 | 0% | -327% | 439% | 12% |

องค์การบริหารส่วนตำบลป่าคา

| Category Name | BAU | | | ZW | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | มลพิษจากการจัดการขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการขนส่งขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการกำจัดขยะ | การชดเชยมลพิษจากการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษที่จากการดำเนินการ ZW | ร้อยละของการชดเชยมลพิษจากการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษทจากการการขนส่ง | ร้อยละของการชดเชยมลพิษจากการกำจัดขยะ |
| Global Warming 100 Years (EDIP97): [kg CO2-eq] | 5427725.62 | 73% | 27% | -1058413.61 | -11% | 173% | -63% | -13% |
| Ecotoxicity in Water, Chronic (EDIP97): [m3 water] | 1223957286.03 | 100% | 0% | -296997311.05 | -15% | 166% | -67% | -1% |
| Stored Ecotoxicity in Water (EDIP): [m3 water] | 1517909686.58 | 0% | 100% | 0.00 | 36% | 0% | 0% | 100% |
| Human Toxicity via Soil (EDIP97): [m3 soil] | 17180.95 | 34% | 66% | -33276.64 | -183% | 106% | -2% | -4% |
| Photochemical Ozone Formation, Low NOx (EDIP97): [kg C2H4-eq] | 5774.80 | 90% | 10% | -135.35 | 7% | -32% | 119% | 15% |
| Spoiled Groundwater Resources: [m3 spoiled water] | 11009269.53 | 0% | 100% | 0.00 | 23% | 0% | 0% | 100% |
| Ecotoxicity in Soil (EDIP97): [m3 soil] | 86616.47 | 7% | 93% | -2177.51 | 8% | -31% | 8% | 123% |
| Human Toxicity via Water (EDIP97): [m3 water] | 1466506.86 | 94% | 6% | -1079419.11 | -64% | 114% | -14% | -1% |

| Category Name | BAU | | | ZW | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | มลพิษจาการจัดการขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการขนส่งขยะ | ร้อยละของมลพิษจากการกำจัดขยะ | การชดเชยมลพิษจาการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษที่จากการดำเนินการ ZW | ร้อยละของการชดเชยมลพิษจากการคัดแยกขยะ | ร้อยละของการชดเชยมลพิษทจากการการขนส่ง | ร้อยละของการชดเชยมลพิษจากการกำจัดขยะ |
| Acidification (EDIP97): [kg SO2-eq] | 32225.30 | 100% | 0% | -9061.04 | -19% | 147% | -51% | 0% |
| Stratospheric Ozone Depletion (EDIP97): [kg CFC11-eq] | 5.48 | 0% | 100% | 0.01 | 11% | 2% | 0% | 98% |
| Human Toxicity via Air (EDIP97): [m3 air] | 28442099051733.40 | 100% | 0% | -260999093125.22 | 9% | -11% | 111% | 1% |
| Stored Ecotoxicity in Soil (EDIP): [m3 soil] | 6999.82 | 0% | 100% | 0.00 | 35% | 0% | 0% | 100% |
| Nutrient Enrichment (EDIP97): [kg NO3-eq] | 57050.87 | 100% | 0% | -4553.02 | 1% | -778% | 947% | 7% |
| Photochemical Ozone Formation, High NOx (EDIP97): [kg C2H4-eq] | 5983.66 | 91% | 9% | -110.92 | 8% | -23% | 112% | 13% |