

# การศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากขยะชุมชนในประเทศไทย

## Study on Electricity Generated from Municipal Waste in Thailand

จิรวัดน์ ชินมณี และ จุลละพงษ์ จุลละโพธิ

สาขาวิชาการจัดการพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

**Jirawat Chinmanee and Chullapong Chillabodhi**

School of Energy Environmental and Materials,

King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140, Thailand

E-mail: 52402704@st.kmutt.ac.th, Tel. 087-4037523

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ได้ศึกษาและรวบรวมเทคโนโลยีที่ใช้ผลิตพลังงานจากขยะที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันในประเทศไทย ซึ่งครอบคลุมโรงผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะในประเทศไทย 3 แบบ คือ แบบที่ใช้เตาเผา (Incineration) ใช้การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) ร่วมกับเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน (Gasification) และการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะชุมชน (Landfill Gas to Energy)

จากการศึกษาข้างต้น ได้ผลสรุปสำหรับการผลิตไฟฟ้าจากขยะ ดังนี้ เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากระบบฝังกลบขยะ (Landfill Gas to Energy) เป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย การศึกษาโครงการของเทศบาลนครเชียงใหม่ ที่อำเภอฮอด ได้ต้นทุนค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยตลอดอายุโครงการ 1.131 บาท/kWh เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) ร่วมกับเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะ (RDF) โดยศึกษาจากโครงการของศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยแบบบูรณาการเทศบาลตำบลท่าโขลงที่มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้า 1.311 บาท/kWh และโครงการเตาเผาขยะมูลฝอยและผลิตพลังงานของเทศบาลนครภูเก็ตที่มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้า 2.904 บาท/kWh

**คำสำคัญ:** ขยะชุมชน/ไฟฟ้าจากขยะ/พลังงานจากขยะ

### ABSTRACT

This paper studies current technologies for transforming municipal waste to energy, with special reference to successful cases that are presently in operation in Thailand. The investigation stresses on: technical and economic aspects of operation. The selected projects under study consist of a waste incineration plant, an electricity generating plant using anaerobic digestion process, a landfill gas to energy plant. The result may be summarized as follows; the technology which is suitable for Thailand appears to be the landfill gas to energy plant which is analyzed to be successful, with the levelized costs of electricity being 1.131 THB/kWh (landfill gas to energy in Chiangmai province). The Thaklong plant with anaerobic digestion together with RDF as fuel for gasifiers, costs 1.311 THB/kWh. Lastly, the incineration plant at Phuket costs 2.904 THB/kWh.

**Key words:** Municipal Solid Waste / Electricity from MSW / Energy from MSW

## 1. บทนำ

ในปี พ.ศ. 2551 ประเทศไทยมีปริมาณขยะมูลฝอยรวมทั้งหมด 15 ล้านตัน หรือ 41,120 ตันต่อวัน ซึ่งเป็นขยะอินทรีย์ 64% ขยะรีไซเคิล 30% ขยะอันตราย 3% และขยะอื่นๆ 3% [1] การดำเนินงานเพื่อจัดการขยะมูลฝอยที่ผ่านมา ท้องถิ่นส่วนใหญ่สามารถให้บริการเก็บรวบรวมขยะมูลฝอยได้มากขึ้นเทียบกับแต่ก่อน ทำให้มีปัญหามลพิษตกค้างน้อยลง แต่ยังมีปัญหาการกำจัดขยะมูลฝอยที่ไม่ถูกสุขลักษณะอยู่มาก

พลังงานจากขยะถือว่าเป็นพลังงานทดแทนประเภทหนึ่งที่มีศักยภาพที่จะเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อทดแทนน้ำมันและเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าได้ เทคโนโลยีที่ใช้ในการแปลงขยะมูลฝอยให้เป็นพลังงานไฟฟ้าที่สำคัญๆ ได้แก่ การผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะ (Landfill Gas) เพื่อใช้ผลิตไฟฟ้าในเครื่องยนต์ปั่นไฟ การผลิตความร้อนและกระแสไฟฟ้าจากการเผาขยะโดยตรง (Incineration) การผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักแบบไร้อากาศ (Anaerobic Fermentation) แล้วใช้ขับเครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้า การผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (Refuse-Derived Fuel, RDF) เพื่อใช้ในหม้อเผาปูนซีเมนต์หรือหม้อไอน้ำ และการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง (Gasification) จากขยะรูปแบบต่างๆ เพื่อใช้ขับเครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้า เป็นต้น ในประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ. 2548 มีแหล่งขยะที่มีศักยภาพปริมาณขยะมากกว่า 100 ตันต่อวัน มีจำนวน 26 แห่ง ส่วนแหล่งที่มีปริมาณขยะ 50-100 ตัน/วัน มีจำนวน 36 แห่ง [2] โดยที่การผลิตพลังงาน โดยเฉพาะไฟฟ้าจากขยะยังไม่เป็นที่คุ้นเคยกว้างขวาง และเทศบาลบางแห่งที่ริเริ่มทำโครงการประสบปัญหาหลายอย่าง มีระดับความสำเร็จแตกต่างกัน เทคโนโลยีที่ใช้เหล่านั้นส่วนใหญ่มักมีราคาแพงต้องใช้งบประมาณการลงทุนที่สูง และอาจมีผลกระทบในด้านต่างๆ ทำให้การใช้พลังงานจากขยะจึงมีส่วนที่ต่ำเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงจากฟอสซิล

## 2. วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเหมาะสมทางด้านเทคนิค เศรษฐศาสตร์ และสิ่งแวดล้อมของเทคโนโลยีที่ใช้แปลงขยะเป็นพลังงานเพื่อนำไปผลิตไฟฟ้าในบริบทของประเทศไทย โดยเลือกเทคโนโลยี 4 ชนิด ที่ใช้อยู่ในประเทศ เป็นเป้าหมายของการศึกษา คือการผลิตก๊าซชีวภาพจากกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) การเผาไหม้ขยะโดยตรงเพื่อผลิตความร้อนโดยใช้เตาเผา (Incineration) การผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะ (Landfill Gas) นอกจากนี้ยังจะศึกษาปัญหาและผลกระทบจากการนำขยะชุมชนมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงพลังงาน ซึ่งจะเสนอรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

## 3. วิธีการดำเนินงาน

เพื่อให้ได้ข้อมูลและเป้าหมายตามวัตถุประสงค์ได้วางแผนการดำเนินงานเป็น 3 ส่วน ดังนี้

### 3.1 ขั้นตอนการศึกษาและการรวบรวมข้อมูล

1) ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเทคโนโลยีที่ใช้ผลิตพลังงานจากขยะและการควบคุมคุณภาพทั้งในและต่างประเทศจำนวน 4 เทคโนโลยี ดังที่กล่าวในข้อ 2

2) ศึกษาแหล่งที่มา องค์กรประกอบ และปริมาณขยะในเขตต่างๆ ในประเทศไทย

3) ศึกษาและรวบรวมรูปแบบการผลิตพลังงานจากขยะในประเทศไทย จำนวน 11 แห่ง คือ โครงการเตาเผาขยะมูลฝอยและผลิตพลังงานของเทศบาลนครภูเก็ต, โครงการผลิตปุ๋ยอินทรีย์และพลังงาน จ.ระยอง, โครงการศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวม จ.ชลบุรี, โครงการผลิตไฟฟ้าโดยใช้ก๊าซชีวภาพจากระบบฝังกลบขยะชุมชนแบบถูกสุขาภิบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, โครงการผลิตไฟฟ้าราชาทะเว, ระบบการจัดการขยะของเทศบาลสมุทรสาคร, ศูนย์บำบัดขยะเทศบาลนครพิษณุโลก, ระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะในระดับชุมชนเทศบาลตำบลสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี, ศูนย์กำจัดขยะเทศบาลเมืองวารินชำราบ จังหวัด

อุบลราชธานี, ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยแบบบูรณาการเทศบาลตำบลท่าโขลง จังหวัดปทุมธานี, โรงผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนจากหลุมฝังกลบขยะเทศบาลนครเชียงใหม่ แต่เมื่อได้ทำการศึกษาสำรวจและสัมภาษณ์ผู้ดำเนินงานผนวกกับเอกสารข้อมูลของโครงการต่างๆ ข้างต้น โครงการผลิตไฟฟ้าจากขยะในประเทศไทยที่มีข้อมูลเพียงพอสำหรับวิเคราะห์ต้นทุนมีจำนวน 4 แห่งเท่านั้น คือ โครงการเตาเผาขยะมูลฝอยและผลิตพลังงานของเทศบาลนครภูเก็ต, ศูนย์กำจัดขยะเทศบาลเมืองวารินชำราบ จ.อุบลราชธานี, ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยแบบบูรณาการเทศบาลตำบลท่าโขลง, โรงผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนจากหลุมฝังกลบขยะเทศบาลนครเชียงใหม่ ในการวิเคราะห์ข้อมูลอาศัยกรรมวิธีและสมการต่อไปนี้

### 3.2 การวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า [3]

ก. ต้นทุนค่าไฟฟ้าปรับเฉลี่ยตลอดอายุโครงการ (Levelized Cost)

Levelized Cost คือ ต้นทุนกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้เฉลี่ยต่อหน่วยตลอดอายุโครงการ การคิดต้นทุนจะคิดจากรายจ่ายที่เกิดขึ้นในแต่ละปีหารด้วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ในช่วงเวลาเดียวกัน หลังจากนั้นปรับเฉลี่ยตลอดอายุโครงการ โดยรายจ่ายที่นำมาคำนวณในสมการ ครอบคลุมค่าใช้จ่ายในส่วนของการดำเนินการต่างๆ และค่าซ่อมบำรุงเครื่องจักร ดังสมการที่ 1

$$\text{Levelized Cost} = (\text{PV}_{\text{รายจ่าย}} \times \text{ADRF}) / (\text{kWh/yr}) \quad (1)$$

$$\text{PV}_{\text{รายจ่าย}} = \sum_{j=1}^m \frac{B_j}{(1+i)^j} \quad (2)$$

$$\text{ADRF} = \frac{i(i+1)^m}{(i+1)^m - 1} \quad (3)$$

เมื่อ Levelized Cost คือ ต้นทุนกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้เฉลี่ยต่อหน่วยตลอดอายุโครงการ (บาท/kWh),  $\text{PV}_{\text{รายจ่าย}}$  คือ มูลค่าปัจจุบันของรายจ่าย, ADRF คือ Annual Discount Rate Factor, kWh/yr คือ ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตต่อปี (สมมติให้มีความเท่ากัน), B คือ รายจ่ายในปี 1, 2, 3,..., m, i คือ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้, j คือ ปีที่พิจารณา, m คือ อายุโครงการรวม (ปี)

ข. ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PP)

การหาระยะเวลาคืนทุนอย่างง่าย หรือ Simple Payback Period หมายถึง ระยะเวลาที่โครงการมีกำไรสุทธิจากการดำเนินงานเท่ากับเงินลงทุนของโครงการ ดังสมการที่ 4

$$\text{PP} = \frac{\text{IC}}{\text{CF}} \quad (4)$$

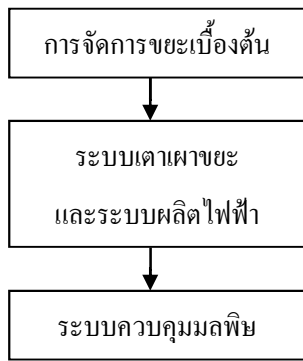
เมื่อ PP คือ ระยะเวลาคืนทุน (ปี), IC คือ เงินลงทุน (บาท), CF คือ กำไรสุทธิ (บาท/ปี)

## 4. ข้อมูลของโครงการแปลงขยะเป็นพลังงานที่ศึกษา

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาโครงการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงจากขยะที่ใช้อยู่ในประเทศไทย 3 แห่ง คือ

### 4.1 โครงการเตาเผาขยะมูลฝอยและผลิตพลังงานเทศบาลนครภูเก็ต [2]

โครงการเตาเผาขยะมูลฝอยและผลิตพลังงานเทศบาลนครภูเก็ตเป็นโครงการผลิตพลังงานจากขยะมูลฝอยชุมชน โดยใช้เทคโนโลยีเตาเผาขยะแบบตะกรับ (Moving Grate Stoker Incineration) โดยมีระบบจัดการขยะดังนี้



รูปที่ 1 ระบบจัดการขยะของโครงการเตาเผาขยะมูลฝอยและผลิตพลังงานของเทศบาลนครภูเก็ต

ก. การจัดการขยะเบื้องต้น

ขั้นตอนแรกเป็นการลงทะเบียนขยะ ชั่งน้ำหนัก ตรวจสอบและควบคุมขยะก่อนนำเข้าระบบเตาเผา เพื่อทำการคัดแยกวัตถุที่เป็นอันตรายและขยะที่ไม่สามารถเข้าเตาเผาได้ รวมไปถึงการคัดแยกขยะรีไซเคิล ดังนั้นขยะที่เข้าระบบเป็นขยะที่สามารถเผาไหม้ได้ทั้งหมด ปริมาณขยะที่เข้าระบบอยู่ที่ 250 ตัน/วัน เป็นขยะอินทรีย์ 65% ดังนั้นจึงต้องมีการฝังขยะประมาณ 3 วันเพื่อลดความชื้นให้เหลือประมาณ 30% ก่อนเข้าเตาเผา จากนั้นขยะจะถูกนำไปพักที่หลุมรองรับขยะก่อนที่จะนำเข้าสู่ระบบเตาเผาต่อไป

ข. ระบบเตาเผาขยะและระบบผลิตไฟฟ้า

โครงการผลิตพลังงานจากขยะโดยใช้เทคโนโลยีเตาเผาขยะแบบตะกรับ (Moving Grate Stoker Incineration) ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้จะนำมาใช้ผลิตไอน้ำใน boiler โดยใช้เทอร์ไบน์แบบ Back Pressure เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าประมาณ 2.5 MW

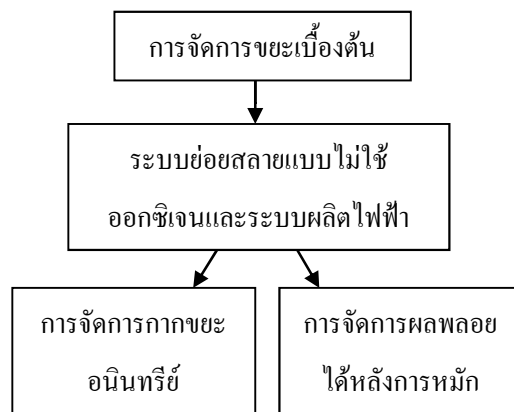
ค. ระบบควบคุมมลพิษ

โครงการมีระบบทำความสะอาดก๊าซไอเสียแบบแห้งพร้อมเครื่องกรองแบบถุงกรอง (Dry System with Bag Filter) ภายในโรงเผาขยะมีการติดตั้งระบบควบคุมมลพิษทางอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงแบบ Dry Type สำหรับการควบคุมความเข้มข้นของฝุ่นละออง และก๊าซมลพิษจำพวก SO<sub>x</sub> และ HCL ส่วนของน้ำเสียที่เกิดจากระบบ

จะมีการบำบัดเบื้องต้นก่อนที่จะส่งให้กับระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลางของเทศบาลที่อยู่ติดกัน ทั้งนี้ มีการออกแบบเพื่อลดเสียงรบกวนที่เกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพและมีการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของ HCL, SO<sub>x</sub> และ NO<sub>x</sub> อย่างต่อเนื่อง ส่วนปัญหาเกี่ยวกับกลิ่นทางโรงงานได้รับการออกแบบเพื่อลดกลิ่นที่เกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ มีพื้นที่สำหรับฝังกลบขยะอย่างถูกสุขาภิบาล 120 ไร่ รวมทั้งมีการปูพลาสติกที่กั้นบ่อเพื่อป้องกันการซึมของน้ำชะขยะลงสู่ น้ำใต้ดินมีระบบบำบัดน้ำชะขยะ ระบบการระบายก๊าซ และบ่อตรวจใต้ดิน

4.2 โครงการศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยแบบบูรณาการเทศบาลท่าโขลง จังหวัดปทุมธานี [4], [5]

โครงการศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลท่าโขลง จังหวัดปทุมธานี เป็นโครงการผลิตพลังงานจากขยะมูลฝอยชุมชน โดยใช้เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนแบบแห้ง (Anaerobic Digestion) ร่วมกับเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะ (RDF) ใช้ในระบบ Gasifier โดยมีระบบจัดการขยะดังนี้



รูปที่ 2 ระบบจัดการขยะของโครงการศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลท่าโขลง จังหวัดปทุมธานี

ก. การจัดการขยะเบื้องต้น

ขั้นตอนแรกเป็นการลงทะเบียนขยะ ซึ่งนำน้ำหนักตรวจสอบคัดแยกขยะรีไซเคิลและควบคุมขยะมีพิษก่อนนำเข้าระบบ

ข. ระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนและระบบผลิตไฟฟ้า

โครงการผลิตพลังงานจากขยะโดยใช้เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนแบบแห้ง (Anaerobic Digestion) ยกเว้นวัสดุ Recycle ที่ถูกคัดออกไปก่อนการเทลงบ่อหมัก องค์ประกอบสำคัญของโครงการประกอบด้วย ระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion System) ได้ก๊าซชีวภาพ 8,000 m<sup>3</sup>/วัน ระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพขนาด 1 MW ปัจจุบันมีขยะเข้าระบบประมาณ 100 ตัน/วัน สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าขายให้แก่การไฟฟ้าฯ โดยมีกำลังการผลิต 0.5 - 1 MW ซึ่งคิดเป็น 12,000 kWh/วัน รายได้จากการขายไฟฟ้าอยู่ที่ประมาณ 60,000 บาท/วัน

ค. การจัดการกากขยะอนินทรีย์

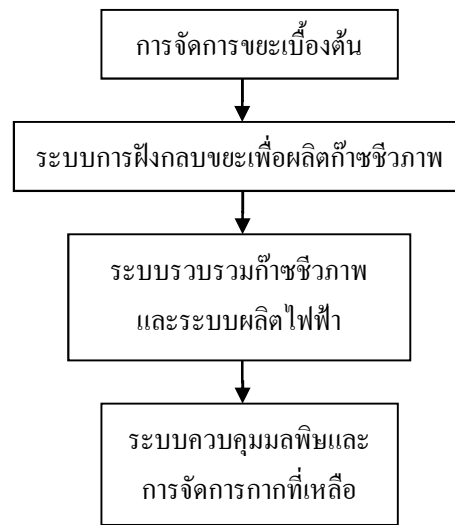
กากที่เหลือจากการหมักก๊าซชีวภาพ เมื่อครบ 90 วัน จะทำการเปิดฝ้าใบและนำกากที่เหลือนำมาคัดแยก โดยใช้เครื่องร่อน แยกขยะออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งเป็นผงดิน จะนำไปทำวัสดุปรับปรุงดิน ปริมาณ 10% ของกาก ส่วนที่สองเป็นวัสดุที่สามารถเผาไหม้ได้ 90% ความสามารถในการคัดแยกอยู่ที่ 35 ตัน/วัน ซึ่งสามารถนำวัสดุนี้ไปใช้ในกระบวนการเผาไหม้โดยตรงในรูปแบบของ Coarse RDF ใช้ในระบบ Gasifier และเครื่องขนดปั่นไฟที่ใช้ RDF เป็นเชื้อเพลิงผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 35,000 kWh/วัน

ง. การจัดการผลพลอยได้หลังการหมัก

นอกจากนี้สามารถผลิตน้ำหมักชีวภาพ (EM) ที่ได้จากน้ำชะขยะ 10,000 ลิตร/วัน ระบบคัดแยกกากหลังการหมักผลิตดินปุ๋ยชีวภาพได้ 12 ตัน/วัน และแยกวัสดุรีไซเคิลได้ประมาณ 2 ตัน/วัน

4.3 โรงผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนจากหลุมฝังกลบขยะเทศบาลนครเชียงใหม่ อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ [6]

โครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนจากหลุมฝังกลบขยะเทศบาลนครเชียงใหม่ อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ เป็นโครงการผลิตพลังงานจากขยะมูลฝอยชุมชน โดยใช้เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะ (Landfill Gas) โดยมีระบบจัดการขยะดังนี้



รูปที่ 3 ระบบจัดการขยะของโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนจากหลุมฝังกลบขยะเทศบาลนครเชียงใหม่ อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่

ก. การจัดการขยะเบื้องต้น

ขยะของเทศบาลนครเชียงใหม่ที่ได้คัดแยกแล้วจะถูกขนจากจุดขนย้ายมายังหลุมฝังกลบดำเนินการโดยใส่บรรจุทุกที่มีการปิดคลุมฝ้าใบอย่างมิดชิดไปยังโครงการตั้งอยู่ที่อำเภอฮอด สามารถรองรับขยะชุมชนได้วันละ 400-480 ตัน/วัน ซึ่งประกอบด้วย ขยะเทศบาลนครเชียงใหม่ 300-320 ตัน/วัน และจากเทศบาลอื่นๆ 100-160 ตันต่อวัน ซึ่งศักยภาพขยะชุมชนของจังหวัดเชียงใหม่ที่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้ามีปริมาณขยะรวมที่คาดว่าจะเกิดสูงสุดที่ 1,235 ตัน/วัน [7]

**ข. ระบบการฝังกลบเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ**

ขยะที่เข้าระบบทั้งหมด 100% ถูกนำมาฝังกลบในบ่อที่มีการดำเนินการเตรียมไว้ โดยที่พื้นบ่อมีการบดอัดหน้าดินและปูด้วยพลาสติก HDPE เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการซึมของน้ำชะขยะ หลังจากการนำขยะมาฝังกลบแล้วปิดชั้นขยะด้วยหน้าดินอีกชั้น ชั้นสุดท้ายปิดทับด้วยดินเหนียวหนา 60 cm.

**ค. ระบบรวบรวมก๊าซชีวภาพและระบบผลิตไฟฟ้า**

โครงการมีระบบการวางท่อเพื่อดูดก๊าซชีวภาพมาผลิตไฟฟ้า ก๊าซชีวภาพจะถูกรวบรวมโดยสถานีดูดก๊าซไปยังถังกรองชีวภาพก่อนเข้าสู่บอลลูนเก็บก๊าซ แล้วผ่านกระบวนการลดความชื้นเพื่อส่งให้เครื่องยนต์ผลิตกระแสไฟฟ้า ปัจจุบันเพิ่งอยู่ในระยะเริ่มต้น มีขยะเข้าระบบมากถึง 500 ตันต่อวัน หากจะผลิตไฟฟ้า 1 MW ขยะที่เข้าระบบขั้นต่ำจะอยู่ที่ประมาณ 100 ตัน/วัน ด้วยศักยภาพในการแปรรูปขยะเป็นพลังงานของเทคโนโลยีนี้ คาดว่าจะสามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้สูงถึง 3 MW จาก 1 MW ในปัจจุบัน (ขนาดโครงการที่ศึกษา) ในอนาคตคาดว่าเทคโนโลยีนี้จะมีผลทดแทนโครงการสูง

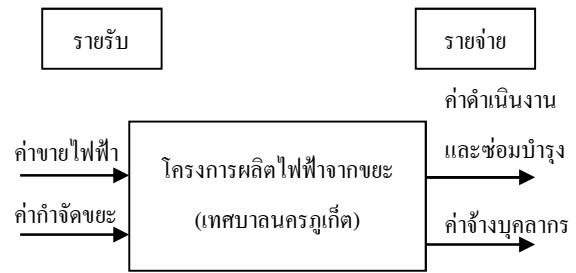
**ง. ระบบควบคุมมลพิษและการจัดการกากที่เหลือ**

การจัดการด้านกลิ่นระบบการดูดก๊าซเพื่อนำมาผลิตไฟฟ้าเป็นวิธีการช่วยลดปัญหาเรื่องกลิ่น น้ำชะขยะจะถูกนำมาบำบัดก่อนนำไปใช้ประโยชน์อื่นๆ เมื่อฝังกลบไปเป็นเวลานานจนก๊าซเหลืออยู่น้อยแล้ว จะขุดขยะนั้นขึ้นมาเพื่อคัดแยกนำขยะที่สามารถเผาไหม้ได้ไปผลิตเชื้อเพลิงพลังงานต่อไป ซึ่งเป็นการจัดการกับขยะอย่างบูรณาการ

**5. ผลการศึกษา**

**5.1 โครงการเตาเผาขยะมูลฝอยและผลิตพลังงานเทศบาลนครภูเก็ต**

กำจัดขยะได้ประมาณ 250 ตัน/วัน รวมปีละ 82,000 ตัน [8] ผลิตไฟฟ้าขายให้แก่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยที่กำลังการผลิต 1.7 – 2.5 MW [3] พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้  $18.615 \times 10^6$  kWh/ปี (เมื่อกำหนด Capacity Factor เท่ากับ 0.85)



**รูปที่ 4** โมเดลแสดงรายรับและรายจ่ายของโครงการเตาเผาขยะมูลฝอยและผลิตพลังงานของเทศบาลนครภูเก็ต

**ก. รายรับ**

รายรับของโครงการมาจากค่ากำจัดขยะและรายได้จากการขายไฟฟ้า ค่ากำจัดขยะต้นละ 520 บาท การกำจัดขยะของเตาเผา 82,000 ตัน/ปี (ทำงานต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง ทำงานประมาณ 330 วัน/ปี) รวมเป็นเงิน 42.64 ล้านบาท/ปี ค่าไฟฟ้าที่ขายได้ kWh ละ 2.4 บาท (โดยไม่รวมค่า Adder เนื่องจากโครงการนี้เดินเครื่องมานานมากกว่า 7 ปี กำหนดเวลาที่จะได้ Adder) รวมเป็นเงิน 44.68 ล้านบาท/ปี

**ข. รายจ่าย**

ปัจจุบันเทศบาลนครภูเก็ตได้ว่าจ้างเอกชนให้เป็นผู้เดินระบบเตาเผาขยะ โดยมีรายละเอียดค่าใช้จ่าย คือ ค่าจ้างบุคลากร 31.41 ล้านบาท/ปี, ค่าซ่อมบำรุงและวัสดุอุปกรณ์ รวมถึงค่าเชื้อเพลิง 22.65 ล้านบาท/ปี

**ค. ต้นทุนก่อสร้างโครงการ**

เงินลงทุนในการก่อสร้างโครงการไม่รวมค่าที่ดิน 891.00 ล้านบาท

**ง. เงื่อนไขและสมมติฐานที่ใช้ในคำนวณ**

- อัตราดอกเบี้ย MLR ที่ 7.125% (อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ MLR กรุงไทย 20 ก.ค. 2554)
- Capacity Factor เท่ากับ 0.85
- ADRF เท่ากับ 0.09531

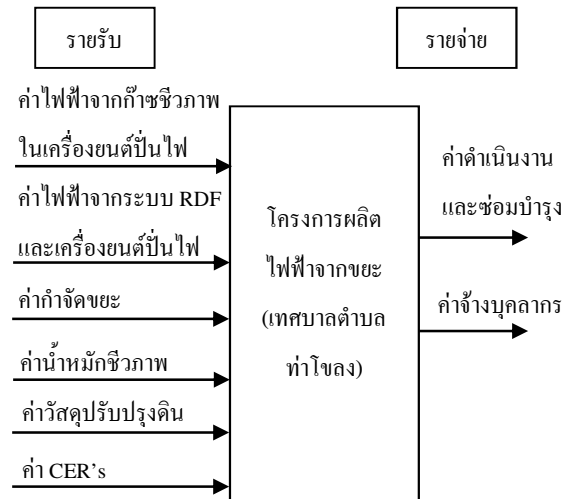
- รายจ่าย = ค่าจ้างบุคลากร + ค่าอุปกรณ์และค่าเชื้อเพลิง
- รายรับ = ค่าขายไฟฟ้า + ค่ากำจัดขยะ
- พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ = กำลังไฟฟ้า x ชั่วโมงการทำงานตลอดทั้งปี x Capacity Factor
- ระยะเวลาคืนทุน = (ต้นทุนก่อสร้างโครงการ) / (ผลตอบแทนต่อปี)
- ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า (Levelized Cost) =  $(PV_{\text{รายจ่าย}} \times ADRF) / (\text{พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตต่อปี})$

**ตารางที่ 1** ผลการประเมินต้นทุนโครงการเตาเผาขยะมูลฝอยของเทศบาลเทศบาลนครภูเก็ต

กรณีศึกษาเตาเผาขยะภูเก็ต	ไม่รวม Adder
เงินลงทุนก่อสร้างโครงการ (ล้านบาท)	891.000
รายจ่าย (ล้านบาท/ปี)	54.060
รายรับ (ล้านบาท/ปี)	87.320
พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (10 <sup>6</sup> kWh/ปี)	18.615
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	26.79
ต้นทุนการผลิตไฟฟ้า (บาท/kWh) (กรณีคิด Levelized Cost อายุโครงการ 20 ปี)	2.904

**5.2 ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยแบบบูรณาการเทศบาลท่าโขลงจังหวัดปทุมธานี**

กำจัดขยะ 100 ตัน/วัน ได้ก๊าซชีวภาพ: 800 – 1,000 m<sup>3</sup>/วัน ผลิตกระแสไฟฟ้าในเครื่องยนต์ก๊าซได้ 24,000 kWh/วัน ที่อัตราการผลิต 0.5 – 1 MW ผลิตเชื้อเพลิงขยะ (RDF) ได้ประมาณ 35 ตัน/วัน นำไปผลิตกระแสไฟฟ้าในเครื่อง Gasifiers และเครื่องปั่นไฟได้ 35,000 kWh/วัน พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ 18.305x10<sup>6</sup> kWh/ปี (เมื่อกำหนด Capacity Factor เท่ากับ 0.85) [5] ผลพลอยได้จากการแปลงขยะเป็นพลังงานได้แก่ ค่าน้ำหมักชีวภาพและค่าวัสดุปรับปรุงดิน



**รูปที่ 5** โมเดลแสดงรายรับและรายจ่ายของโครงการกำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลตำบลท่าโขลง

**ก. รายรับ**

รายรับของโครงการประกอบด้วย ค่ากำจัดขยะจากเทศบาล 9.36 ล้านบาท/ปี รายได้จากการขายไฟฟ้าและการขายผลพลอยได้อื่นๆ รายรับจากการขายไฟฟ้าประกอบด้วย ไฟฟ้าที่ผลิตโดยเครื่องยนต์ก๊าซโดยอาศัยก๊าซชีวภาพคิดที่กำลังไฟฟ้าที่ 1.0 MW (ค่าไฟฟ้าบวก Adder kWh ละ 5 บาท, เครื่องจักรทำงาน 365 วัน, โดยสมมุติ Capacity Factor เท่ากับ 0.85) ก๊าซชีวภาพผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 24,000 kWh/วัน คิดเป็นรายรับ 37.20 ล้านบาท/ปี (กรณีไม่รวม Adder 18.60 ล้านบาท/ปี) และไฟฟ้าที่ได้จากชุด Gasifier และเครื่องยนต์ปั่นไฟที่ใช้ RDF เป็นเชื้อเพลิงผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 35,000 kWh/วัน คิดเป็นรายรับ 54.29 ล้านบาท/ปี (กรณีไม่รวม Adder 27.15 ล้านบาท/ปี)

การขายผลพลอยได้จากการแปลงขยะเป็นพลังงานประกอบด้วย ค่าน้ำหมักชีวภาพ 16.50 ล้านบาท/ปี, ค่าวัสดุปรับปรุงดิน 5.94 ล้านบาท/ปี, ค่า CER's (Certified Emission Reductions) เกรดดีที่ได้มาจากการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินภายใต้โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด CDM 8.00 ล้านบาท/ปี

**ข. รายจ่าย**

รายจ่ายของระบบ คือ ค่าดำเนินการรวมค่าซ่อมบำรุง และค่าจ้างบุคลากร 24.00 ล้านบาท/ปี

**ค. เงินลงทุนก่อสร้างโครงการ**

เงินลงทุนในการติดตั้งระบบตามแผนการดำเนินการ มีรายละเอียดค่าใช้จ่าย คือ เงินลงทุนก่อสร้างศูนย์กำจัดขยะ รวมเครื่องขนต้บ้นไฟ (ไม่รวม ค่าที่ดิน) 162.00 ล้านบาท และเงินลงทุนเครื่อง Gasifier และไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะ (RDF) 180.00 ล้านบาท

**ง. เงื่อนไขและสมมติฐานที่ใช้ในคำนวณ**

- อัตราดอกเบี้ย MLR ที่ 7.125% (อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ MLR กรุงไทย 20 ก.ค. 2554)
- ค่าไฟฟ้ารวม Adder kWh ละ 5 บาท
- Capacity Factor เท่ากับ 0.85
- ADRF เท่ากับ 0.09531
- รายจ่าย = ค่าจ้างบุคลากร + ค่าดำเนินการรวมค่าซ่อมบำรุง
- รายรับ = ค่ากำจัดขยะ + ค่าขายไฟฟ้าจากระบบก๊าซชีวภาพ + ค่าขายไฟฟ้าจากระบบ Gasifier ที่ใช้เชื้อเพลิงขยะ (RDF) เป็นเชื้อเพลิง + ค่าน้ำหมักชีวภาพ + ค่าวัสดุปรับปรุงดิน + ค่า CER's

**ตารางที่ 2** ผลการประเมินต้นทุนการผลิตไฟฟ้าของเทศบาลตำบลท่าโขลง

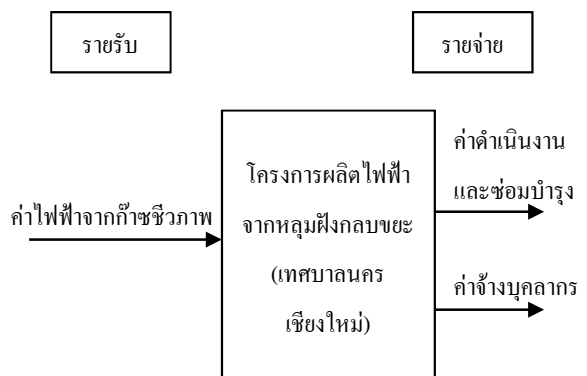
กรณีศึกษาเทศบาลท่าโขลง	กรณีที่ 1*	กรณีที่ 2**
เงินลงทุนก่อสร้างโครงการ (ล้านบาท)	342.000	342.000
รายจ่าย (ล้านบาท/ปี)	24.000	24.000
รายรับ (ล้านบาท/ปี)	131.29	77.545
พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (10 <sup>6</sup> kWh/ปี)	18.305	18.305
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	3.19	6.39
ต้นทุนการผลิตไฟฟ้า (บาท/kWh) (กรณีคิด Levelized Cost อายุโครงการ 20 ปี)	1.311	1.311

หมายเหตุ \* กรณีที่ 1 รายรับรวม Adder และ CER's

\*\* กรณีที่ 2 รายรับไม่รวม Adder และ CER's

**5.3 โรงผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนจากหลุมฝังกลบขยะเทศบาลนครเชียงใหม่ อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่**

กำจัดขยะได้ 500 ตัน/วัน ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ 550.00 m<sup>3</sup>/ชั่วโมง ไฟฟ้าที่ผลิตได้ 1.00 MW พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ 6.364x10<sup>6</sup> kWh/ปี (เมื่อกำหนด Capacity Factor เท่ากับ 0.85) และมีผลพลอยได้อื่นหลังจากฝังกลบตามอายุโครงการ 20 ปี เช่น พลาสติกที่ยังไม่ย่อยสลายเองตามธรรมชาติ สามารถนำไปเข้ากระบวนการผลิตน้ำมันจากพลาสติก หรือแปลงเป็นเชื้อเพลิง RDF ต่อไป [6]



**รูปที่ 6** โมเดลแสดงรายรับและรายจ่ายของโครงการโรงผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนจากหลุมฝังกลบขยะเทศบาลนครเชียงใหม่ อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่

**ก. รายรับ**

รายรับของโครงการโดยหลักมาจากค่ากำจัดขยะและรายได้จากการขายไฟฟ้า ค่าไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพที่ขายได้ประมาณ kWh ละ 5 บาท (โดยรวมค่า Adder 2.5 บาท/kWh) รวมเป็นเงิน 32.00 ล้านบาท/ปี ส่วนค่ากำจัดขยะอยู่ในส่วนของระบบฝังกลบ ซึ่งแยกกับโครงการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ



**ข. รายจ่าย**

รายจ่ายของระบบ คือ ค่าดำเนินการของโครงการที่แยกส่วนออกจากระบบฝึงกลบ ดังนั้นรายจ่ายเป็นค่าซ่อมบำรุงของระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพรวมค่าจ้างบุคลากร 7.2 ล้านบาท/ปี

**ค. เงินลงทุนก่อสร้างโครงการ**

เงินลงทุนต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากหลุมฝึงกลบขยะไม่รวมค่าที่ดินและเครื่องจักรที่ใช้ในการฝึงกลบ ดังนั้นเงินลงทุนของเป็นของระบบรวบรวมก๊าซชีวภาพและระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ 90.00 ล้านบาท

**ง. เงื่อนไขและสมมติฐานที่ใช้ในคำนวณ**

- อัตราดอกเบี้ย MLR ที่ 7.125% (อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ MLR กรุงไทย 20 ก.ค. 2554)
- Capacity Factor เท่ากับ 0.85
- ADRF เท่ากับ 0.09531
- รายจ่าย = ค่าจ้างบุคลากร + ค่าดำเนินการรวมค่าซ่อมบำรุงในระบบรวบรวมก๊าซชีวภาพและระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ
- รายรับ = ค่าขายไฟฟ้า

**ตารางที่ 3 ผลการประเมินต้นทุนการผลิตไฟฟ้าของเทศบาลนครเชียงใหม่**

กรณีศึกษาเทศบาลนครเชียงใหม่	กรณีที่ 1*	กรณีที่ 2**
เงินลงทุนก่อสร้างโครงการ (ล้านบาท)	90.000	90.000
รายจ่าย (ล้านบาท/ปี)	7.200	7.200
รายรับ (ล้านบาท/ปี)	32.000	16.000
พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (10 <sup>6</sup> kWh/ปี)	6.364	6.364
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	3.63	10.23
ต้นทุนการผลิตไฟฟ้า (บาท/kWh) (กรณีคิด Levelized Cost อายุโครงการ 20 ปี)	1.131	1.131

หมายเหตุ \* กรณีที่ 1 รายรับรวม Adder

**\*\* กรณีที่ 2 รายรับไม่รวม Adder**

โครงการที่ได้ผลตอบแทนดีที่สุดในระยะเวลาสั้นทุนเร็วที่สุดก็คือเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) ร่วมกับเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะ (RDF) ของเทศบาลตำบลท่าโขลง และมีผลพลอยได้จากการแปลงขยะเป็นพลังงานหลายอย่าง ส่วนโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนจากหลุมฝึงกลบขยะเทศบาลนครเชียงใหม่มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่ำที่สุด เทคโนโลยีเตาเผาของเทศบาลนครภูเก็ตมีต้นทุนราคาไฟฟ้าสูงที่สุดและมีระยะเวลาคืนทุนที่ยาวนาน

**5.4 การศึกษาเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับประเทศไทย**

ในประเทศไทยได้มีการนำเทคโนโลยีที่มีการใช้งานจริงอยู่ในต่างประเทศเข้ามาปรับใช้กับขยะในประเทศไทย บางเทคโนโลยีประสบผลสำเร็จแต่ก็มีบางเทคโนโลยีล้มเหลวทั้งๆที่ในต่างประเทศสามารถใช้ได้เป็นอย่างดี ดังนั้นการศึกษาความเหมาะสมในการเลือกใช้เทคโนโลยีต้องให้ความสำคัญในด้านอื่นๆ เช่น องค์ประกอบขยะของแต่ละพื้นที่ ปัญหาทางด้านการบริหารจัดการ และกฎระเบียบที่ล่าช้าของทางราชการ

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบโครงการตามหัวข้อในการพิจารณาโครงการ

หัวข้อที่พิจารณา	เทศบาลนครภูเก็ต (Incineration)	เทศบาลท่าโหลง (AD+RDF)	เทศบาลนครเชียงใหม่ (LFG)
ด้านเงินลงทุนและต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า	สูง	ต่ำ	ต่ำ
ความซับซ้อนของระบบ	สูง	สูง	ต่ำ
ความยั่งยืนของโครงการ	สูง	สูง	สูง
ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	น้อย*	น้อย**	น้อย***

หมายเหตุ \* มีการบำบัดมลพิษก่อนปล่อยออกจาก Stack  
สู่บรรยากาศจัดการกับฝุ่น, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, HCL, Hg และ  
ไดออกซิน ให้อยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานของกรมควบคุม  
มลพิษ มีระบบบำบัดน้ำเสียแบบคลองวนเวียน และมีแผ่น  
พลาสติกปูรองพื้นเมื่อมีการฝังกลบถังขยะ

\*\* มีผ้าใบพลาสติกคลุมบ่อให้เป็นระบบปิดลด  
มลพิษทางอากาศ น้ำชะขยะถูกนำกลับไปบำบัดเพื่อทำน้ำ  
หมักชีวภาพ และกากหลังการหมักนำไปเป็นสารปรับปรุง  
ดิน

\*\*\* มีการออกแบบระบบเพื่อเก็บก๊าซมีเทนลด  
ปัญหากลิ่นขยะ น้ำชะขยะมีการบวนการบำบัดทางชีวภาพ  
และหลุมฝังกลบมีการปูแผ่น HDPE ป้องกันน้ำชะขยะ  
และสารปนเปื้อนลงสู่ดิน

จากตารางที่ 4 พบว่าเทคโนโลยีที่เหมาะสมสามารถ  
ใช้กับขยะในประเทศไทย คือ การใช้เตาเผา, การใช้  
เทคโนโลยีร่วมกันระหว่างการหมัก (AD) และเทคโนโลยี  
RDF เทคโนโลยี Pyrolysis, การฝังกลบ (Landfill)  
เนื่องจากเทคโนโลยีเหล่านี้สามารถกำจัดขยะได้หมดวัน  
ต่อวัน มีศักยภาพในการเปลี่ยนรูปขยะเป็นพลังงานสูง  
เพราะขยะไม่มีการคัดแยกตามประเภทของขยะที่ดีตั้งแต่  
ต้นทาง

#### 5.5 ศักยภาพในการผลิตพลังงาน

จากข้อมูลปริมาณขยะที่เกิดขึ้นขยะที่สามารถเก็บ  
รวบรวมโดยองค์การบริหารส่วนท้องถิ่นทั้งหมดอยู่ที่  
13,600 ตัน/วัน [9] เป็นปริมาณขยะที่มีปริมาณมากและมี  
ศักยภาพในการผลิตไฟฟ้า

จากแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงาน  
ทางเลือก พ.ศ. 2555-2564 ได้กำหนดเป้าหมายในการผลิต  
พลังงานจากขยะให้มีกำลังการผลิตไฟฟ้า 160 MW  
ในขณะที่ปัจจุบันมีกำลังการผลิต 27.484 MW [10] จาก  
การประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยจาก  
ตัวอย่างที่ได้ศึกษาโครงการเตาเผาขยะมูลฝอยและผลิต  
พลังงานของเทศบาลนครภูเก็ต, โครงการกำจัดขยะมูลฝอย  
เทศบาลตำบลท่าโหลง และโครงการโรงผลิตไฟฟ้า  
พลังงานหมุนเวียนจากหลุมฝังกลบขยะเทศบาลนคร  
เชียงใหม่ อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ ได้ขนาดกำลังไฟฟ้า  
1 MW ต่อขยะ 100 ตัน/วัน ซึ่งจะสามารถผลิตไฟฟ้าได้  
ทั้งหมด 136.00 MW ตารางที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบ  
อัตราการผลิตไฟฟ้าของแต่ละเทคโนโลยี

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบการใช้เทคโนโลยีกับแหล่งขยะ  
ที่มีศักยภาพโดยประมาณ

ประเภท เทคโนโลยี	กำลังการ ผลิต ไฟฟ้า	ปริมาณ ขยะ	ปริมาณ ไฟฟ้าที่ ผลิตได้
	MW/ ปริมาณขยะ	ตัน/วัน	MW
Landfill Gas	1 MW/ขยะ 100 ตัน/วัน	13,600	136.00
AD+RDF	1 MW/ขยะ 100 ตัน/วัน	13,600	136.00
Incinerator	2.5 MW/ขยะ 250 ตัน/วัน	13,600	136.00

## 6. สรุปและวิจารณ์ผล

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเทคโนโลยีที่ใช้ผลิตพลังงานจากขยะในประเทศ จากการศึกษาโครงการ 3 โครงการที่ประสบผลสำเร็จ ประกอบด้วยโครงการที่มีศักยภาพในการกำจัดขยะและแปลงขยะเป็นพลังงานไฟฟ้า คือโครงการเตาเผาขยะมูลฝอยและผลิตพลังงานของเทศบาลนครภูเก็ต ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยแบบบูรณาการเทศบาลตำบลท่าโขลง และ โรงผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนจากหลุมฝังกลบขยะเทศบาลนครเชียงใหม่ ตามลำดับจากการศึกษาสรุปได้ว่าโครงการที่มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยตลอดอายุโครงการถูกที่สุดคือ โรงผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนจากหลุมฝังกลบขยะเทศบาลนครเชียงใหม่ ขนาดกำลังการผลิตไฟฟ้าขั้นต่ำอยู่ที่ 1 MW (สามารถกำจัดขยะได้ประมาณ 500 ตัน/วัน) ต้นทุนค่าไฟฟ้าอยู่ที่ 1.131 บาท/kWh ระยะเวลาคืนทุนของโครงการอยู่ที่ 3.63 ปี เป็นโครงการที่มีความยืดหยุ่นสูง ความยุ่งยากซับซ้อนในการดำเนินการน้อย ส่วนผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมได้มีการจัดการมลพิษในด้านต่างๆ แต่ข้อจำกัดของโครงการ คือ ต้องมีพื้นที่ในการดำเนินโครงการในการก่อสร้างบ่อฝังกลบที่มีขนาดใหญ่ ส่วนศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยแบบบูรณาการเทศบาลตำบลท่าโขลงใช้เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) ร่วมกับเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะ (RDF) กำลังการผลิตไฟฟ้าขั้นต่ำอยู่ที่ 1 MW (ต่อขยะ 100 ตัน/วัน) มีต้นทุนค่าไฟฟ้าอยู่ที่ 1.311 บาท/kWh ระยะเวลาคืนทุนของโครงการอยู่ที่ 3.19 ปี ผลตอบแทนโครงการมากกว่าของเทศบาลนครเชียงใหม่ (Landfill Gas to Energy) ใช้เนื้อที่โครงการน้อยกว่า และมีได้ผลพลอยได้ต่างๆมากกว่า เช่น วัสดุปรับปรุงดิน และน้ำหมักชีวภาพ แต่มีความซับซ้อนในการดำเนินการสูง ส่วนโครงการเตาเผาขยะมูลฝอยและผลิตพลังงานของเทศบาลนครภูเก็ต กำลังการผลิตไฟฟ้าอยู่ที่ประมาณ 2.5

MW (ต่อขยะ 250 ตัน/วัน) ต้นทุนค่าไฟฟ้าอยู่ที่ 2.904 บาท/kWh ใช้เนื้อที่โครงการไม่มากเหมาะที่จะใช้กับเทศบาลภูเก็ตที่มีพื้นที่กำจัดขยะน้อย แต่ข้อเสีย คือ ต้นทุนการก่อสร้างโครงการที่สูงถึง 891.00 ล้านบาท เทียบกับโครงการของเทศบาลนครเชียงใหม่ที่มีต้นทุนก่อสร้างโครงการเพียง 90 ล้านบาท ซึ่งสูงกว่าเกือบ 10 เท่า แต่ความสามารถในการผลิตไฟฟ้ามากกว่ากันเพียง 2.5 เท่า

การศึกษาศักยภาพในการผลิตพลังงานจากขยะทั่วประเทศไทยคิดจากความสามารถในการเก็บรวบรวมขยะขององค์การบริหารส่วนท้องถิ่น 2,198 แห่ง สามารถเก็บรวบรวมขยะได้ 13,600 ตัน/วัน ศักยภาพในการเปลี่ยนขยะให้เป็นพลังงานไฟฟ้าจากตัวอย่างที่ได้ศึกษาเทคโนโลยีในช่วงต้นอยู่ที่ประมาณ 1 MW ต่อขยะ 100 ตัน/วัน ดังนั้นขยะทั้งหมดที่รวบรวมได้มีศักยภาพที่จะเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ 136.00 MW และจะสูงขึ้นถ้าสามารถเก็บรวบรวมได้มากกว่าที่ระบุ

## 7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้ทำการวิจัยขอขอบพระคุณเทศบาลนครภูเก็ต เทศบาลตำบลท่าโขลง เทศบาลนครเชียงใหม่ และเทศบาลวารินชำราบที่ให้ความร่วมมือด้านข้อมูล ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีที่อนุญาตให้ใช้สถานที่อุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ ขอขอบพระคุณ ศ. ดร. จตุลพงษ์ จตุลโพธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาผู้ควบคุมงานวิจัยเป็นอย่างสูงที่ได้ให้คำปรึกษา วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่ให้โอกาสในการตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวารสารทางวิชาการ และกองทุนส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงานที่ได้มอบทุนแก่ งานวิจัยนี้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมควบคุมมลพิษ (2552). การจัดการขยะมูลฝอยในทศวรรษหน้า  
[ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: [http://www.pcd.go.th/info\\_serv/waste\\_wastethai.htm](http://www.pcd.go.th/info_serv/waste_wastethai.htm)
- [2] สำนักวิจัย คำนวณพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2548). การศึกษาและสาธิตการผลิตพลังงานไฟฟ้า/ความร้อนจากขยะชุมชน, รายงานฉบับสมบูรณ์ เล่มที่ 1, เอกสารสรุปรายงานวิจัย.
- [3] ชวลิต แซ่ลิ้ม (2543). แนวทางการใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพที่ได้จากหลุมฝังกลบในประเทศไทย,  
วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน  
คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [4] บริษัท รัชย์บ้านเรา จำกัด (2555). ศูนย์กำจัดขยะแบบบูรณาการ,  
[ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.rbr.co.th/index.html>
- [5] ศูนย์กำจัดขยะแบบบูรณาการเทศบาลท่าโขลง (2551). โรงไฟฟ้าจากขยะ รัชย์บ้านเรา เทศบาลท่าโขลง
- [6] บริษัท ท่าเรือทอง จำกัด (2555). การจัดการหลุมฝังกลบขยะ, เอกสารประกอบการบรรยายโรงผลิตไฟฟ้าพลังงาน  
หมุนเวียนจากหลุมฝังกลบขยะ, หน้า 1-48.
- [7] ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ (2552). การศึกษาวิเคราะห์แนวทางการจัดการขยะในการผลิตไฟฟ้าในระดับอำเภอ, รายงาน  
วิจัยฉบับสมบูรณ์ที่ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
- [8] เทศบาลนครภูเก็ต (2554). Phuket Solid Waste Incineration Plant, การกำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลนครภูเก็ต, หน้า  
1-4.
- [9] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2555). ปริมาณขยะเทศบาลและอบต.  
[ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: <http://www.dede.go.th/dede/images/stories/all.pdf> (20/7/55)
- [10] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2555). โครงการผลิตไฟฟ้าจากขยะที่สามารถขาย  
ไฟฟ้าได้แล้ว  
[ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: <http://www.dede.go.th/dede/images/stories/ele55.pdf>