

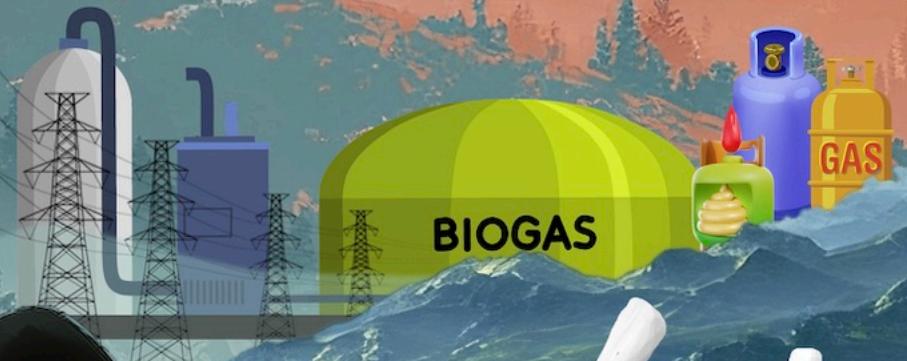


สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร



การศึกษาต้นทุนส่วนเพิ่ม

จากมาตรการจัดการมูลสัตว์ เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก: กรณีศึกษาโคนม



สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร
สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
เอกสารวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร เลขที่ 000
มกราคม 2569

BUREAU OF AGRICULTURAL ECONOMIC RESEARCH
OFFICE OF AGRICULTURAL ECONOMICS
MINISTRY OF AGRICULTURE AND COOPERATIVES
AGRICULTURAL ECONOMIC RESEARCH NO. 000
JANUARY 2026

การศึกษาต้นทุนส่วนเพิ่มจากมาตรการจัดการมูลสัตว์
เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก: กรณีศึกษาโคนม

โดย

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร
สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

บทคัดย่อ

การศึกษาต้นทุนส่วนเพิ่มจากมาตรการจัดการมูลสัตว์เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก: กรณีศึกษา โคนม มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบต้นทุน ผลตอบแทน และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกก่อนและหลัง การจัดการมูลสัตว์ในฟาร์มโคนมด้วยระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ และเพื่อศึกษาต้นทุนส่วนเพิ่ม ในการลดก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการมูลสัตว์ในฟาร์มโคนมด้วยระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ ของฟาร์มโคนมที่เข้าร่วมโครงการส่งเสริมระบบบำบัดน้ำเสียของกรมปศุสัตว์ ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 จำนวน 20 ฟาร์ม ในพื้นที่ 4 จังหวัด ประกอบด้วยเชียงใหม่ ลำพูน สระแก้ว และนครราชสีมา

จากการศึกษา พบว่าต้นทุนการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียเฉลี่ยทั้งโครงการ ระยะเวลา 10 ปี อยู่ที่ 106,400 บาทต่อฟาร์ม และมีต้นทุนเฉลี่ยปีละ 4,790.01 บาทต่อฟาร์ม โดยฟาร์มขนาดเล็กมีต้นทุน การก่อสร้างต่ำที่สุด แต่ให้ผลประโยชน์สุทธิต่ำเมื่อเทียบกับฟาร์มขนาดกลางและขนาดใหญ่ ทั้งนี้ ฟาร์มขนาด กลางให้ผลประโยชน์จากโครงการสูงที่สุด รองลงมาเป็น ฟาร์มขนาดใหญ่ และฟาร์มขนาดเล็ก ดังนั้น การลงทุนในระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อผลิตพลังงานทดแทนมีศักยภาพทางเศรษฐกิจสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในฟาร์มขนาดกลางและขนาดใหญ่ สามารถสร้างผลตอบแทนและความยั่งยืนได้ชัดเจนกว่า สำหรับปริมาณ การปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่า ทั้งโครงการสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ประมาณ 30.03 tCO₂e/ปี/ฟาร์ม เมื่อพิจารณาตามขนาดฟาร์ม พบว่า ฟาร์มขนาดกลางลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มาก ที่สุด รองลงมาเป็นฟาร์มขนาดใหญ่ และฟาร์มขนาดเล็ก โดยมีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับ ใกล้เคียงกันทุกขนาด ในด้านต้นทุนส่วนเพิ่มการลดก๊าซเรือนกระจก (Marginal Abatement Cost: MAC) พบว่า ฟาร์มขนาดใหญ่มีค่า MAC -4,064.77 บาท/tCO₂e รองลงมาเป็นฟาร์มขนาดกลาง และฟาร์มขนาดเล็ก 208.02 บาท/tCO₂e และ 6,672.90 บาท/tCO₂e ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัย ในการจัดการมูลสัตว์เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ควรดำเนินการ อย่างต่อเนื่อง โดยหน่วยงานภาครัฐควรสนับสนุนบ่อ Biogas ในขนาดที่เหมาะสมกับขนาดของฟาร์ม โดยการ สนับสนุนเริ่มจากฟาร์มขนาดใหญ่และฟาร์มขนาดกลางที่มีศักยภาพการลดก๊าซสูง และมีผลตอบแทนทาง เศรษฐกิจที่ดีกว่า ส่วนในฟาร์มขนาดเล็ก ควรเริ่มจากการสร้างความตระหนักรู้ (Awareness) และให้ความรู้ เบื้องต้นเกี่ยวกับการจัดการมูลสัตว์ด้วยบ่อ Biogas นอกจากนี้ ควรเป็นรูปแบบที่ให้เกษตรกรร่วมลงทุน เพื่อให้ เกิดแรงจูงใจในการทำงานบ่อ Biogas อย่างมีประสิทธิภาพ และลดพฤติกรรมเสี่ยงของเกษตรกร (Moral Hazard) รวมถึงการสร้างทางเลือกอื่นๆ เช่น สนับสนุนให้ฟาร์มเข้าร่วมโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัคร ใจตามมาตรฐานของประเทศไทย เพื่อสร้างรายได้จากคาร์บอนเครดิต (Carbon Credit) เป็นต้น

คำสำคัญ: ก๊าซชีวภาพ การจัดการมูลสัตว์ ต้นทุนส่วนเพิ่มการลดก๊าซเรือนกระจก

Abstract

This study on the marginal abatement cost (MAC) of greenhouse gas (GHG) emission reduction through manure management in dairy farms aims to compare the costs, benefits, and GHG emissions before and after implementing biogas wastewater treatment systems. The focus is on 20 dairy farms participating in the Department of Livestock Development's wastewater treatment promotion program during the 2024 fiscal year, across four provinces: Chiang Mai, Lamphun, Sa Kaeo, and Nakhon Ratchasima.

The study found that the average construction cost of wastewater treatment systems over a 10-year project period was 106,400 THB per farm, with an average annual cost of 4,790.01 THB per farm. Small farms incurred the lowest construction costs but also generated the lowest net benefits compared with medium- and large-scale farms. Medium-scale farms achieved the highest project benefits, followed by large farms and small farms. These findings indicate that investment in wastewater treatment systems for renewable energy production presents strong economic potential, particularly for medium- and large-scale farms, where returns and sustainability are more pronounced. In terms of greenhouse gas emissions, the project as a whole could reduce emissions by approximately 30.03 tCO₂e per farm per year. When categorized by farm size, medium-scale farms achieved the highest emission reductions, followed by large and small farms, with relatively similar reduction levels across all sizes. Regarding the Marginal Abatement Cost (MAC), large farms exhibited the lowest MAC at -4,064.77 THB/tCO₂e, followed by medium farms at 208.02 THB/tCO₂e and small farms at 6,672.90 THB/tCO₂e, respectively.

Continuous efforts in livestock waste management are essential for reducing greenhouse gas emissions. Government agencies should support the development of biogas systems that are appropriately sized to match farm capacities. Priority should be given to large-scale and medium-scale farms, which have higher greenhouse gas mitigation potential and yield greater economic returns. For small-scale farms, the initial focus should be on raising awareness and providing basic knowledge about biogas-based manure management. Furthermore, a co-investment model should be encouraged to strengthen farmers' incentives to operate biogas systems effectively and to reduce potential moral hazard. Additional alternatives should also be developed, such as promoting participation in Thailand's voluntary greenhouse gas reduction programs, enabling farms to generate income through carbon credits.

Keywords: Biogas, Manure Management, Marginal Abatement Cost

คำนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดจากการสะสมของก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases: GHGs) เป็นประเด็นสำคัญที่ทั่วโลกให้ความสนใจ สำหรับภาคปศุสัตว์ โดยเฉพาะการจัดการมูลสัตว์ นับเป็นแหล่งกำเนิดก๊าซก๊าซเรือนกระจกโดยเฉพาะมีเทน (CH₄) ซึ่งมีศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนสูงกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) การพัฒนามาตรการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการมูลสัตว์ จึงเป็นแนวทางที่สำคัญ ทั้งในมิติสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และความยั่งยืนของภาคการเกษตร อย่างไรก็ตาม การเลือกใช้มาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำเป็นต้องพิจารณาถึง ต้นทุนส่วนเพิ่ม (Marginal Abatement Cost: MAC) เป็นแนวคิดที่นำมาใช้ในการพิจารณาถึงความคุ้มค่าของการลงทุน เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการลดก๊าซที่ได้ การศึกษาต้นทุนส่วนเพิ่มเพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจเชิงนโยบาย และสนับสนุนมาตรการที่มีประสิทธิภาพในเชิงต้นทุนต่อผลประโยชน์ที่ได้รับ งานศึกษานี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มของมาตรการจัดการมูลโคนมด้วยระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ (Biogas) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการกำหนดทิศทางการพัฒนาภาคปศุสัตว์ ลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และสนับสนุนการบรรลุเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับประเทศ

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของกรมปศุสัตว์ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการติดต่อประสานงาน สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม ที่ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยเป็นอย่างดี รวมทั้ง รศ.ดร.ภัทรา เพ็งธรรมกิริติ อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยี และการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้ให้แนวคิด และวิธีการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจก และคณะกรรมการพิจารณาโครงการวิจัยและประเมินผล สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ที่ให้คำแนะนำ ตลอดจนชี้แนะแนวทางด้านวิชาการให้เอกสารงานวิจัยฉบับนี้มีความสมบูรณ์ และสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ส่วนวิจัยเศรษฐกิจเทคโนโลยี ทรัพยากรการเกษตรและสิ่งแวดล้อม
สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร
มกราคม 2569

สารบัญ

บทคัดย่อ	ค
Abstract	จ
คำนำ.....	ช
สารบัญ.....	ณ
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญภาพ	ฏ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญของการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
1.5 วิธีการวิจัย	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร แนวคิดและทฤษฎี.....	7
2.1 การตรวจเอกสาร	7
2.2 แนวคิดและทฤษฎี.....	9
บทที่ 3 ข้อมูลทั่วไป.....	23
3.1 ลักษณะทั่วไปของประชากรที่ศึกษา	23
3.2 ข้อมูลเกี่ยวกับบ่อก๊าซชีวภาพแบบไร้อากาศ (Biogas)	26
3.3 การบริหารจัดการมูลภายในฟาร์มโคนม.....	29
3.4 มาตรฐานฟาร์มโคนมในประเทศไทย	33
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	35
4.1 ต้นทุนการจัดการมูลโคนมเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	35
4.2 การคำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการมูลโคนม	37
4.3 ต้นทุนส่วนเพิ่มการลดก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการมูลโคนม	40
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	43
5.1 สรุปผลการศึกษา	43
5.2 ข้อเสนอแนะ	44
บรรณานุกรม.....	47

สารบัญ (ต่อ)

ภาคผนวก.....	49
ภาคผนวกที่ 1 โครงการส่งเสริมระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มโคนม.....	51
ภาคผนวกที่ 2 ตารางวิเคราะห์ผลตอบแทนจากการลงทุนใช้ปุ๋ย Biogas.....	63
ภาคผนวกที่ 3 ข้อมูลในการวิเคราะห์.....	75
ภาคผนวกที่ 4 แบบสอบถาม.....	85

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1	ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมภายใต้พิธีสารเกียวโต และค่าศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน13	
ตารางที่ 3.1	ลักษณะทั่วไปของประชากรที่ศึกษา.....	25
ตารางที่ 4.1	ต้นทุนและมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์สุทธิจากการดำเนินโครงการของฟาร์มขนาดเล็ก	35
ตารางที่ 4.2	ต้นทุนและมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์สุทธิจากการดำเนินโครงการของฟาร์มขนาดกลาง.....	36
ตารางที่ 4.3	ต้นทุนและมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์สุทธิจากการดำเนินโครงการของฟาร์มขนาดใหญ่.....	36
ตารางที่ 4.4	ต้นทุนและมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์สุทธิจากการดำเนินโครงการเฉลี่ยตามขนาดฟาร์มและ ทั้งโครงการ.....	37
ตารางที่ 4.5	เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน (Baseline Emission) และจากการ ดำเนินโครงการ (Project Emission) ของฟาร์มขนาดเล็ก	38
ตารางที่ 4.6	เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน (Baseline Emission) และจากการ ดำเนินโครงการ (Project Emission) ของฟาร์มขนาดกลาง	38
ตารางที่ 4.7	เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน (Baseline Emission) และจากการ ดำเนินโครงการ (Project Emission) ของฟาร์มขนาดใหญ่.....	39
ตารางที่ 4.8	เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน (Baseline Emission) และจากการ ดำเนินโครงการ (Project Emission) เฉลี่ยตามขนาดฟาร์มและทั้งโครงการ	40
ตารางที่ 4.9	ต้นทุนส่วนเพิ่มการลดก๊าซเรือนกระจกจากมาตรการจัดการมูลสัตว์ของฟาร์มขนาดเล็ก	41
ตารางที่ 4.10	ต้นทุนส่วนเพิ่มการลดก๊าซเรือนกระจกจากมาตรการจัดการมูลสัตว์ของฟาร์มขนาดกลาง	41
ตารางที่ 4.11	ต้นทุนส่วนเพิ่มการลดก๊าซเรือนกระจกจากมาตรการจัดการมูลสัตว์ของฟาร์มขนาดใหญ่	42
ตารางที่ 4.12	ต้นทุนส่วนเพิ่มการลดก๊าซเรือนกระจกจากมาตรการจัดการมูลสัตว์เฉลี่ยตามขนาดฟาร์มและทั้ง โครงการ	42

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดต้นทุนส่วนเพิ่มจากมาตรการจัดการมูลสัตว์เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก: กรณีศึกษาโคนม.....	4
ภาพที่ 2.1 การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตร	12
ภาพที่ 3.1 การผลิตก๊าซชีวภาพแบบโดมคงที่ (Fixed Dome Digester).....	28
ภาพที่ 3.2 การผลิตก๊าซชีวภาพแบบถังลอย (Floating Drum Digester).....	29
ภาพที่ 3.3 การผลิตก๊าซชีวภาพแบบถุงหมักก๊าซ (PVC Biogas Bag).....	29
ภาพที่ 3.4 การจัดการมูลแบบปล่อยลงทุ่งหญ้า (Pasture/range/paddock).....	30
ภาพที่ 3.5 การจัดการมูลแบบเกลี่ย/ฝังตากรายวัน (daily spread)	30
ภาพที่ 3.6 การจัดการมูลแบบการเก็บเป็นของแข็ง (solid storage)	31
ภาพที่ 3.7 การจัดการมูลแบบการเก็บในที่แห้ง (drylot)	31
ภาพที่ 3.8 การจัดการมูลแบบทิ้งมูลสัตว์ในคอก/โรงเรือนเป็นชั้นหนา (deep bedding).....	32
ภาพที่ 3.9 การจัดการมูลแบบบ่อไร้อากาศแบบเปิด (uncovered anaerobic lagoon).....	32
ภาพที่ 3.10 การจัดการมูลแบบบ่อหมักไร้อากาศ (anaerobic digester).....	33

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของการวิจัย

ตามความตกลงปารีสภายใต้กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) ประเทศไทยในฐานะภาคีสมาชิก อนุสัญญาฯ ต้องจัดส่งการมีส่วนร่วมที่ประเทศกำหนด (Nationally Determined Contribution: NDC) โดยประเทศไทยกำหนดเป้าหมายลดก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 40 จากการดำเนินการตามปกติ (Business as Usual: BAU) ภายในปี ค.ศ. 2030 (พ.ศ. 2573) จาก 4 สาขา ได้แก่ พลังงานและคมนาคมขนส่ง การจัดการของเสียชุมชนและน้ำเสียอุตสาหกรรม กระบวนการอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ และสาขาเกษตร โดยสาขาเกษตรกำหนดเป้าหมายการลดก๊าซฯ 5.1 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าภายในปี 2573 โดยเป็นการดำเนินงานในประเทศ 4.10 ล้านตันฯ และหากได้รับการสนับสนุนจากต่างประเทศจะลดก๊าซฯ เพิ่มอีก 1 ล้านตันฯ

จากข้อมูลบัญชีก๊าซเรือนกระจก (การปล่อยก๊าซเรือนกระจก) ภาคเกษตรปี 2565 พบว่า ภาคเกษตรมีการปล่อยก๊าซฯ มากเป็นอันดับที่ 2 รองจากภาคพลังงานและขนส่ง คิดเป็นการปล่อยก๊าซฯ จำนวน 68.93 ล้านตันฯ หรือร้อยละ 17.86 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดทั้งประเทศ สำหรับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตร อันดับ 1 มาจากการปลูกข้าวเท่ากับ 33.88 ล้านตันฯ หรือร้อยละ 49.16 อันดับ 2 ได้แก่ ภาคปศุสัตว์ 22.77 ล้านตันฯ หรือร้อยละ 33.00 โดยที่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคปศุสัตว์นี้ ส่วนใหญ่มาจากกระบวนการหมักในระบบย่อยอาหารของสัตว์ 18.34 ล้านตันฯ และการจัดการมูลสัตว์ 3.73 ล้านตันฯ การปล่อยไนตรัสออกไซด์ทางอ้อมจากการจัดการมูลสัตว์ 0.66 ล้านตันฯ (First Biennial Transparency Report, 2025) โดยเฉพาะ โค กระบือ แพะ และแกะ ซึ่งเป็นสัตว์ประเภทเคี้ยวเอื้อง แต่เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านเทคโนโลยีในการลดก๊าซเรือนกระจกที่มาจากกระบวนการหมักในระบบย่อยอาหารของสัตว์ในปัจจุบันยังมีต้นทุนที่ค่อนข้างสูง และส่วนใหญ่ยังอยู่ในระดับของงานศึกษาวิจัย อาทิ การใช้สารประกอบ 3-Nitrooxypropanol (3NOP) ที่ช่วยลดการเกิดก๊าซมีเทนลงได้ประมาณร้อยละ 30.00 หรือการใช้สารร้ายทะเลสีแดงที่มีชื่อว่า *Asparagopsis taxiformis* แทนหญ้าเพื่อลดจุลินทรีย์ในกระเพาะอาหารของวัว โดยงานวิจัยจาก College of Agricultural and Environmental Sciences ชี้ว่าจะช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนได้ถึงร้อยละ 80.00 (Archishman Bose and co, 2022)

ทางเลือกหนึ่งในการลดก๊าซเรือนกระจกที่มาจากภาคปศุสัตว์ที่มีประสิทธิภาพทั้งการลดก๊าซเรือนกระจก และความคุ้มค่าในการลงทุน คือ การใช้ระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ หรือ Biogas โดยกรมปศุสัตว์ได้ริเริ่มนำมาส่งเสริมในฟาร์มสุกร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมการจัดทำระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพสำหรับฟาร์มสุกร และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากฟาร์มสุกรต่อชุมชน ด้วยการสนับสนุนงบประมาณอุดหนุนค่าก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ แก่ผู้ประกอบการฟาร์มสุกร ตั้งแต่ปี 2557 – 2559 ในพื้นที่ 21 จังหวัด เช่น ราชบุรี ชัยนาท สระบุรี นครราชสีมาหนองคาย ศรีสะเกษ เชียงใหม่ เชียงราย ลำปาง ลำพูน น่าน จันทบุรี และพัทลุง เป็นต้น จำนวน 70 ฟาร์ม โดยเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการสามารถนำเอาก๊าซชีวภาพที่ได้มาใช้ทดแทนการใช้ก๊าซหุงต้มภายในครัวเรือน ใช้ทดแทนพลังงานไฟฟ้า ลดต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงภายในฟาร์ม สามารถลดกลิ่นและของเสียภายในฟาร์ม และยังช่วยลดต้นทุนของการใช้ปุ๋ย และสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร ผลการประเมินในเบื้องต้น พบว่า การผลิต Biogas จากฟาร์มสุกรที่มีระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพจากฟาร์มที่เข้าร่วมโครงการ สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ถึง 2 ล้านตันฯ ต่อปี (สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์, 2566)

ด้วยเหตุดังกล่าวข้างต้น กรมปศุสัตว์ จึงมีแผนที่จะขยายการส่งเสริมการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ (Biogas) ไปยังฟาร์มโคนม เนื่องจากโคนมถือเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สร้างอาชีพและสร้างรายได้ให้กับเกษตรกร น้ามนโคเป็นแหล่งแคลเซียมจากธรรมชาติที่ให้แก่มนุษย์ รวมถึงสามารถให้ผลผลิตเป็นเนื้อได้อีกทางหนึ่งด้วย อย่างไรก็ตาม โคนมเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับสัตว์ชนิดอื่นๆ โดยแแม่โคที่อยู่ในระยะให้นมจะปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงถึง 3 tCO₂e/ปี ดังนั้น เพื่อเป็นการส่งเสริมการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์จึงได้ดำเนินโครงการส่งเสริมระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มโคนม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมฟาร์มโคนมต้นแบบที่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ด้วยการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับฟาร์มโคนม และนำก๊าซชีวภาพที่ได้จากกระบวนการบำบัดน้ำเสียมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด โดยสนับสนุนฟาร์มโคนม จำนวน 20 ฟาร์ม ในพื้นที่ 4 จังหวัด ประกอบด้วยเชียงใหม่ ลำพูน สระแก้ว และนครราชสีมา ภายใต้งบประมาณการติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียฯ ฟาร์มละ 100,000 บาท รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 2,000,000 บาท โดยคาดว่าเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียฯ จะสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากมาตรการการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโคได้ไม่น้อยกว่า 500 ตัน เมื่อสิ้นสุดโครงการฯ ในปี 2571 ขณะที่ผู้ประกอบการฟาร์มโคนมที่เข้าร่วมโครงการสามารถนำก๊าซชีวภาพมาใช้ในการทดแทนการใช้พลังงานต่างๆ อาทิ พลังงานความร้อน พลังงานไฟฟ้า ลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม และลดต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์นมโคของเกษตรกรได้

ดังนั้น สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร จึงต้องการที่จะศึกษาต้นทุนส่วนเพิ่มของการนำระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพมาใช้ในฟาร์มทั้ง 20 ฟาร์ม ตามโครงการดังกล่าวของกรมปศุสัตว์ โดยผลการศึกษาจากงานวิจัยนี้ เป็นข้อมูลประกอบการจัดทำมาตรการและข้อเสนอเชิงนโยบายในการส่งเสริมการทำฟาร์มโคนมแบบปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำของเกษตรกร และสนับสนุนเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตรของประเทศ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อเปรียบเทียบต้นทุน ผลตอบแทน และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกก่อนและหลังการจัดการมูลสัตว์ในฟาร์มโคนมด้วยระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ

1.2.2 เพื่อศึกษาต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการมูลสัตว์ในฟาร์มโคนมด้วยระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ประชากร ฟาร์มโคนม จำนวน 20 ฟาร์ม

1.3.2 พื้นที่ ศึกษาในจังหวัดที่เป็นพื้นที่เป้าหมายของโครงการส่งเสริมระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มโคนม ของกรมปศุสัตว์ ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน สระแก้ว และนครราชสีมา

1.3.3 ระยะเวลาของข้อมูล

1) ข้อมูลต้นทุนการจัดการมูลสัตว์ กระบวนการขั้นตอนการจัดการมูลสัตว์ เก็บข้อมูล 6 เดือนก่อนมีการติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ ได้แก่ เดือนตุลาคม 2566 ถึงมีนาคม 2567

2) ข้อมูลต้นทุนการจัดการมูลสัตว์ กระบวนการขั้นตอนการจัดการมูลสัตว์ เก็บข้อมูล 6 เดือนหลังมีการติดตั้ง และใช้งานระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ ได้แก่ เดือนตุลาคม 2567 ถึงมีนาคม 2568

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.4.1 ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) หมายถึง ก๊าซที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ตามพิธีสารเกียวโต แบ่งออกเป็น 7 ชนิด คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ก๊าซมีเทน (CH₄) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N₂O) ก๊าซไฮโดรฟลูออไรด์คาร์บอน (HFC) ก๊าซเปอร์ฟลูออไรด์คาร์บอน (PFC) ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF₆) และ ก๊าซไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF₃) โดยก๊าซแต่ละชนิด มีค่าศักยภาพที่ทำให้โลกร้อนแตกต่างกัน ซึ่งสามารถจำแนกแหล่งในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ ได้แก่ ภาคพลังงาน (Energy) ภาคกระบวนการอุตสาหกรรม (Industrial Processes) ภาคเกษตรกรรม (Agriculture) ภาคของเสีย (Waste) และภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้ (Land Use, Land Use Change and Forestry: LULUCF)

1.4.2 ก๊าซชีวภาพ (Biogas) หมายถึง ก๊าซที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์ ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน โดยทั่วไป จะหมายถึง ก๊าซมีเทน ที่เกิดจากการหมัก (Fermentation) ของอินทรีย์วัตถุ ที่ประกอบด้วยปุ๋ยคอก โคลนจากน้ำเสีย ขยะประเภทของแข็งจากเมือง หรือของเสียชีวภาพ จากอาหารสัตว์ภายใต้สภาวะไม่มีออกซิเจน (Anaerobic) องค์ประกอบส่วนใหญ่ คือ ก๊าซมีเทน (CH₄) ประมาณ 50-70% และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ประมาณ 30-50% ส่วนที่เหลือเป็นก๊าซชนิดอื่นๆ เช่น ไฮโดรเจน (H₂) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S) ไนโตรเจน (N₂) และไอน้ำ

1.4.3 ระบบบำบัดน้ำเสีย (Wastewater Treatment) หมายถึง การปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียให้ดีขึ้น ทำให้หมดอันตรายหรืออันตรายน้อยลง โดยใช้กระบวนการต่างๆ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ กระบวนการทางกายภาพ กระบวนการทางเคมี และกระบวนการทางชีวภาพ

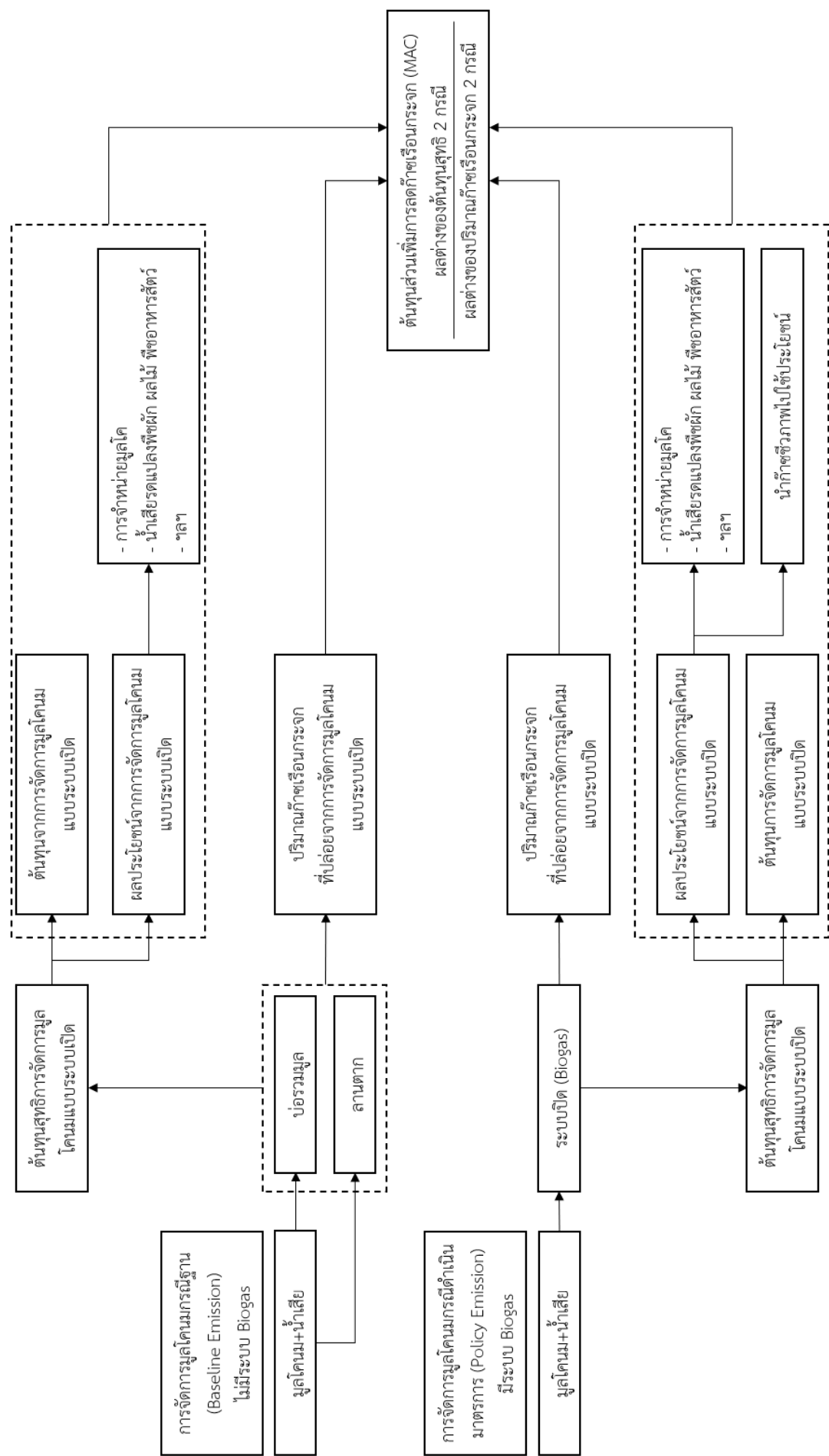
1.4.4 ระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ หมายถึง ระบบการบำบัดน้ำเสียที่มาจากมูลสัตว์ และน้ำล้างคอก ที่มีอยู่หลายประเภทด้วยกัน โดยในงานวิจัยนี้ จะกล่าวถึงเฉพาะระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพที่ใช้ภายใต้โครงการส่งเสริมระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มโคนมของกรมปศุสัตว์ ซึ่งเป็นบ่อหมักก๊าซชีวภาพแบบ ถูง PVC ใช้วัสดุที่ทำจากแผ่น PVC เกรดพิเศษ มีความหนา 0.5 มิลลิเมตร มีความยืดหยุ่นและทนต่อแรงดึงได้สูง มีกำลังการผลิตก๊าซชีวภาพประมาณ 2 ลูกบาศก์เมตร/วัน โดยวัตถุดิบที่นำมาใช้ เช่น เศษอาหาร ขยะอินทรีย์ สิ่งปฏิกูล และมูลสัตว์

1.4.5 ต้นทุนการบำบัดส่วนเพิ่ม (Marginal Abatement Cost: MAC) หมายถึง ต้นทุนในการเปลี่ยนแปลงการลดก๊าซเรือนกระจกต่อ 1 หน่วยการผลิต กล่าวคือ เมื่อมีการบำบัดก๊าซเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศลดลง หากมีการบำบัดก๊าซเรือนกระจกมากขึ้น ย่อมทำให้ต้นทุนการบำบัดในส่วนนี้เพิ่มขึ้นในทิศทางเดียวกัน

1.5 วิธีการวิจัย

1.5.1 กรอบแนวคิดในงานวิจัย

จากการศึกษาแนวคิด และทฤษฎีสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ โดยสามารถสรุปเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยต้นทุนส่วนเพิ่มจากมาตรการจัดการมูลสัตว์เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีศึกษาโคนม ได้ดังนี้ (ภาพที่ 1.1)



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดต้นทุนส่วนเพิ่มจากมาตรการจัดการมูลสัตว์เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก: กรณีศึกษาโคนม

1.5.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1) วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล ในการวิจัยครั้งนี้เก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้แบบสอบถาม และแบบสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มเป้าหมาย ประกอบด้วย คำถามปลายปิด (Close - ended Question) และคำถามปลายเปิด (Open - ended - Question)

2) แหล่งข้อมูล แบ่งเป็น 2 แหล่ง ได้แก่

2.1) ข้อมูลปฐมภูมิ

2.1.1) การสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview) จากหน่วยงานและบุคคลผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (key informant interview) ที่เกี่ยวข้อง โดยคัดเลือกผู้ให้สัมภาษณ์แบบเฉพาะเจาะจง หน่วยงานที่ทำการวิจัยและส่งเสริมเกี่ยวกับการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ ได้แก่ กรมปศุสัตว์ สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ บริษัทนครหลวงอุตสาหกรรมพลาสติก จำกัด และบริษัท ไทยอินฟลทเทเบิลทอยล์ จำกัด

2.1.2) สัมภาษณ์เกษตรกรจากฟาร์มโคนมที่เข้าร่วมโครงการส่งเสริมระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มโคนมของกรมปศุสัตว์ ประจำปี 2567 จำนวน 20 ฟาร์ม ในจังหวัดที่เป็นพื้นที่เป้าหมายของโครงการ ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ 2 ฟาร์ม จังหวัดลำพูน 4 ฟาร์ม จังหวัดสระแก้ว 7 ฟาร์ม และจังหวัด นครราชสีมา 7 ฟาร์ม

2.2) ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ได้จากการรวบรวมข้อมูลจากเอกสารวิชาการ บทความ รายงานการวิจัย เอกสารเผยแพร่ของหน่วยงานต่างๆ ทั้งหน่วยงานราชการ เอกชน สถาบันการศึกษา ทั้งในประเทศและต่างประเทศ รวมถึงการสืบค้นข้อมูลจาก Website

1.5.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้ เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative Analysis) โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ประกอบด้วย

1) การวิเคราะห์โดยใช้ค่าสถิติอย่างง่าย เพื่ออธิบายลักษณะทั่วไปของเกษตรกรวิเคราะห์เปรียบเทียบ ในรูปแบบสัดส่วน ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และค่าผลรวม

2) การวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่ม (Incremental cost) เป็นการวิเคราะห์และสรุปข้อมูลวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุน ผลตอบแทน ต้นทุนส่วนเพิ่มของการจัดการมูลสัตว์ในฟาร์มโคนมด้วยระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพและการจัดการมูลสัตว์แบบทั่วไป การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการมูลสัตว์ในฟาร์มโคนมด้วยระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพและการจัดการมูลสัตว์แบบทั่วไป

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ภาครัฐใช้เป็นข้อมูลเพื่อจัดทำมาตรการและนโยบายในการส่งเสริม และสนับสนุนในการทำฟาร์มโคนมแบบปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำของเกษตรกร และสนับสนุนเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ

1.6.2 เกษตรกรใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจลงทุนการติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร แนวคิดและทฤษฎี

2.1 การตรวจเอกสาร

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคปศุสัตว์ที่สำคัญ คือ ก๊าซมีเทน (CH_4) ที่เกิดจากกระบวนการย่อยอาหาร โดย Leonor Sillero และคณะ (2023) ได้ศึกษากระบวนการย่อยอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic co-digestion) ของเสี้ยจากกากตะกอนน้ำเสีย น้ำกากไวน้ำ และมูลสัตว์ปีก โดยการวิเคราะห์ทางเทคนิค และทางเศรษฐศาสตร์ สำหรับนำมาจัดทำโครงการบริหารจัดการของเสี้ย และสามารถผลิตเป็นก๊าซชีวภาพและการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อหาความคุ้มค่าในการลงทุนใน 3 ฉากทัศน์ (Scenarios) ประกอบด้วย 1) การย่อยอาหารในอุณหภูมิสูงแบบเทอร์มอฟิลิก (Thermophilic Temperature) 2) การย่อยอาหารในอุณหภูมิปานกลางแบบเมซอฟิลิก (Mesophilic Temperature) และ 3) การย่อยอาหารในอุณหภูมิต่ำ (Temperature-phase anaerobic co-digestion: TPAD) ผลการศึกษาพบว่า ในการลงทุนโครงการดังกล่าว การวิเคราะห์ทางเทคนิคในฉากทัศน์ที่ 3 TPAD สามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงที่สุด จำนวน 1,058.99 เมกะวัตต์ และพลังงานความร้อน 4,765.47 จิกะจูล ด้วยต้นทุนการผลิตไฟฟ้าที่ต่ำที่สุดที่ 84.99 ดอลลาร์สหรัฐ และผลิตพลังงานความร้อน 0.02 ดอลลาร์สหรัฐ ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ที่ให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) สูงสุดอยู่ที่ 509,011 ดอลลาร์สหรัฐ และให้ระยะเวลาคืนทุนต่ำสุดที่ 4 ปี 2 เดือน สรุปได้ว่า การย่อยอาหารด้วยวิธี TPAD ให้ผลกำไรดีที่สุด และก่อให้เกิดความยั่งยืนในด้านเทคโนโลยีการบริหารจัดการของเสี้ย เป็นไปตามแบบจำลองเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) ที่นำมาผลิตเป็นก๊าซชีวภาพและปุ๋ย สามารถช่วยลดก๊าซเรือนกระจกในภาคการเกษตรได้

งานวิจัยของประภัสรา ธรรมวัชรางกูร และคณะ (2564) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพโดยการหมักร่วมระหว่างใบไม้เหลือทิ้งในชุมชนและมูลวัว ในพื้นที่ชุมชนตำบลช่างเหล็ก อำเภอบางโพธิ์ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เพื่อศึกษาถึงพลังงานทางเลือกในการผลิตก๊าซชีวภาพ และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาเศษใบไม้เหลือทิ้งในพื้นที่โล่ง โดยวิธีการคำนวณค่าทางจุลศาสตร์ที่ได้จากระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากสมการ Modify Gompertz เพื่อหาปริมาณก๊าซมีเทนสะสม ระหว่างใบไม้เหลือทิ้งและมูลวัว ด้วยโปรแกรม Sigma Plot Version พบว่า เมื่อมีการควบคุมสภาวะที่เหมาะสมในอัตราส่วนการหมักร่วม 1:1 ในถังปฏิกรณ์ขนาด 5 ลิตร สำหรับการทำงานของกลุ่จุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน จะทำให้สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ สะท้อนจากค่าจุลศาสตร์การผลิตมีเทน พบว่า อัตราการผลิตก๊าซมีเทนสูงสุด (H_{max}) มีค่า 5,295.65 มิลลิลิตร และอัตราเร็วในการผลิตมีเทนต่อชั่วโมง (R_{max}) มีค่า 13.77 มิลลิลิตร/ชั่วโมง สามารถสรุปได้ว่า ใบไม้เหลือทิ้งและมูลวัวสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตก๊าซชีวภาพได้

โดยก๊าซชีวภาพนับว่าเป็นพลังงานหมุนเวียนอย่างหนึ่งที่มีส่วนประกอบของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซมีเทน (CH_4) สำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพในฟาร์มโคนมนั้น นอกจากจะได้จากกระบวนการหมักแล้ว ยังได้จากกระบวนการผลิตมูลโคเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย โดยมีงานวิจัยของ Surasit Thiangchanta, Rungnapha Khiewwijit และ Yuttana Mona. (2022). ได้ศึกษาถึงผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของการผลิตก๊าซชีวภาพจากฟาร์มโคนม ด้วยวิธีการใช้สัดส่วนของอาหารที่แตกต่างกัน 3 แบบว่า จะส่งผลต่อการผลิตก๊าซเรือนกระจกในสัดส่วนที่แตกต่างกันจากโคแต่ละประเภทอย่างไร ประกอบด้วยชนิด T1 มีการใช้หญ้าแพงโกลาแห้งและหญ้าอื่นๆ ในอัตราส่วน 70:30 ชนิด T2 มีการใช้หญ้าแพงโกลาแห้ง เปลือกสับประรด และหญ้าอื่นๆ ในอัตราส่วน 35:35:30 และชนิด T3 มีการใช้เปลือกสับประรดและหญ้าอื่นๆ ในอัตราส่วน 70:30 ในส่วนของผลการศึกษา พบว่า การให้อาหารทั้ง 3 ชนิด ให้ผลที่แตกต่างกัน โดยสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 0.06, 0.04

และ 0.04 ลูกบาศก์เมตร สำหรับการให้อาหารชนิด T1 T2 และ T3 ตามลำดับ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดสามารถลดลงได้ร้อยละ 43.60, 43.80 และ 44.20 ตามประเภทอาหาร T1, T2 และ T3 ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า ก๊าซชีวภาพจากมูลโคนมสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดเมื่อทดแทนก๊าซธรรมชาติได้

ดังนั้น ในการผลิตก๊าซชีวภาพ เกษตรกรจำเป็นต้องมีการลงทุนในการจัดทำระบบ โดยคำนึงถึงต้นทุนส่วนเพิ่ม (Marginal Abatement Cost: MAC) เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในการวิเคราะห์การลงทุน โดย Archishman Bose and co. (2022). ได้ศึกษาต้นทุนส่วนเพิ่มของการผลิตไบโอมีเทน อาหารผงสำหรับสัตว์ปศุสัตว์ และปุ๋ยชีวภาพ ในระบบเศรษฐกิจแบบหมุนเวียน เพื่อศึกษาการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงงานผลิตพลังงานจากไบโอมีเทน อาหารผงสำหรับสัตว์ปศุสัตว์ และปุ๋ยชีวภาพ จากเศษวัสดุทิ้งทางการเกษตรผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงในโรงงาน 3 ระดับ ทั้งในระดับเล็ก ระดับกลาง และระดับใหญ่ ผลการศึกษาพบว่า ต้นทุนส่วนเพิ่มของโรงงานขนาดใหญ่ที่ผลิตไบโอมีเทน 3 เมกะวัตต์ มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) 11.50 ล้านยูโร ส่วนอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) อยู่ที่ร้อยละ 40.00 ด้วยเทคโนโลยีคาร์บอนต่ำ ซึ่งมีราคาขายอยู่ที่ 3 ยูโร/กิโลวัตต์/ชั่วโมง ในขณะที่ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการที่มีอิทธิพลสูงสุดต่อความสามารถในการทำกำไร มี 2 ปัจจัย ประกอบด้วยปัจจัยต้นทุนอาหารผงสำหรับสัตว์ปศุสัตว์ และปัจจัยด้านขีดความสามารถในการผลิตของโรงงาน ส่วนการลดก๊าซเรือนกระจก พบว่า การใช้ผงสำหรับสัตว์ปศุสัตว์ จะช่วยลดก๊าซเรือนกระจกได้สูงสุด เมื่อเทียบกับการใช้โปรตีนจากเนื้อวัว ทั้งนี้ จะช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงทั้งสิ้น กรณีไบโอมีเทน ผลิตไฟฟ้าต้นทุนน้อยกว่า 0.05 ยูโร/กิโลวัตต์/ชั่วโมง ผลิตพลังงานความร้อน 3.5 gCO₂e/มิลลิจูล อาหารผงสำหรับสัตว์ปศุสัตว์ต้นทุนการผลิต 68 ยูโร/กิโลกรัม ผลิตได้มากที่สุดที่ 4 kgCO₂e/กิโลกรัม และกระบวนการย่อยสลายต้นทุนการผลิต น้อยกว่า 5.60 ยูโร/ตัน ผลิตได้ 0.41 kgCO₂e /กิโลกรัมไนโตรเจน โดยให้ผลตอบแทนและราคาที่ดีกว่าทางเลือกอื่นๆ ในตลาดทุกขนาด หากพิจารณาในการเลี้ยงโคนม ย่อมมีต้นทุนหลายประเภทที่จำเป็นต้องพิจารณา

สำหรับงานศึกษาของ กัลยา บุญญานวัตร และคณะ (2564) ได้ศึกษาการวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจในอาชีพการเลี้ยงโคนมของเกษตรกรในจังหวัดสระบุรี เพื่อศึกษาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในอาชีพการเลี้ยงโคนมของเกษตรกร และเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการส่งเสริมการเลี้ยงโคนม ด้วยวิธีการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในเขตจังหวัดสระบุรี จำนวน 538 รายเกี่ยวกับสภาพการเลี้ยง ต้นทุน ผลตอบแทน และปัญหาในการเลี้ยง โดยในประเด็นด้านต้นทุนการผลิตพบว่า มีต้นทุนอยู่ 4 ประเภท ประกอบด้วย 1) ต้นทุนคงที่ จำนวน 62,394.16 บาท/ฟาร์ม/ปี ได้แก่ ค่าเสียโอกาสที่ดิน ค่าเสื่อมแม่โค ค่าเสื่อมโรงเรือนและอุปกรณ์ 2) ต้นทุนค่าอาหาร จำนวน 258,010.12 บาท/ฟาร์ม/ปี ได้แก่ อาหารข้น ฟาง หญ้าหมัก นมผง 3) ต้นทุนค่าบริการทางการแพทย์ จำนวน 15,314.95 บาท/ฟาร์ม/ปี ได้แก่ ค่ารักษา ค่าบริการผสมเทียม และ 4) ค่าใช้สอยอื่นๆ จำนวน 96,367.87 บาท/ฟาร์ม/ปี ได้แก่ ค่าน้ำมันและการจัดการแปลงหญ้า ค่าไฟฟ้า ค่าแรงงาน ค่าบริการส่งนม คิดเป็นต้นทุนการผลิตทั้งหมด 481,774.55 บาท/ฟาร์ม/ปี ต้นทุนการผลิตต่อ 1 กิโลกรัมน้ำหนักดิบ คิดเป็นเงินสด 7.59 บาท จากต้นทุนดังกล่าว จะเห็นได้ว่า ต้นทุนค่าอาหารมีค่าสูงที่สุด คือ ร้อยละ 65.82 ของต้นทุนทั้งหมด โดยฟาร์มขนาดใหญ่จะมีต้นทุนค่าอาหารที่ถูกกว่า เนื่องจากสามารถเลือกวัตถุดิบสำหรับผสมอาหารใช้เองได้ ส่วนฟาร์มขนาดเล็ก ต้องซื้ออาหารสำเร็จรูปของบริษัท ซึ่งมีคุณภาพต่ำ แต่ราคาสูงกว่า ส่งผลให้ต้นทุนค่าอาหารที่ค่อนข้างสูง

อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาต้นทุนส่วนเพิ่มสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพในฟาร์มโคนม จำเป็นต้องคำนึงถึงความแตกต่างปัจจัยในด้านขนาดของฟาร์ม ที่ตั้ง จำนวนโคนมภายในฟาร์มด้วย สำหรับงานวิจัยของ Robert Huber, Marta Tarruella, และ David Schäfer. (2023). ได้ศึกษาต้นทุนส่วนเพิ่มจากการลด

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในฟาร์มโคนมของประเทศสวิสเซอร์แลนด์ ผ่านการใช้มาตรการต่างๆ ทั้งในรูปแบบมาตรการเดี่ยว และมาตรการผสม (Stand-alone and Mixed Mitigation Measure) เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ โดยมีการพิจารณาถึงฟาร์มที่แตกต่างกันในหลายขนาดตั้งแต่ 29-40 เฮกตาร์ จำนวน 66 ฟาร์ม โดยฟาร์มแต่ละแห่งจะมีการใช้พื้นที่ที่แตกต่างกันไป เช่น พืชอาหารสัตว์ ัญพืช และพืชเศรษฐกิจอื่นๆ ผ่านการใช้แบบจำลองการวิเคราะห์แบบถดถอย (Regression Analysis) ที่วิเคราะห์โดยใช้ตัวแปรต่างๆ ประกอบด้วย จำนวนโคนม หุ่นเลี้ยงสัตว์ อาหารสัตว์ ัญพืช ที่ดินทำกิน รากพืช แลคเตชัน ผลการศึกษา พบว่า ผลจากการใช้มาตรการลดก๊าซเรือนกระจกแบบผสม จะช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ถึง 1,694 tCO₂e ในขณะที่การใช้มาตรการแบบเดี่ยว จะลดก๊าซเรือนกระจกได้เพียง 143 tCO₂e และจะได้ผลที่ดีกว่าหากใช้ในฟาร์มที่มีขนาดใหญ่ที่มีจำนวนโคนม และที่ดินมากกว่า สำหรับในด้านต้นทุนส่วนเพิ่ม หากเพิ่มจำนวนแลคเตชันในปริมาณที่มากขึ้น จะช่วยทำให้ต้นทุนลดลงได้ถึง 36 ฟังก์สวิส ส่วนการใช้อุปกรณ์ต่างๆ เช่น ท่อทางเดิน การใช้สารเติมแต่งอาหารสัตว์ และการเปลี่ยนสารเข้มข้น ต้นทุนการลดส่วนเพิ่มเฉลี่ยอยู่ที่ 166 329 และ 676 ฟังก์สวิส/ tCO₂e ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังพบว่า การใช้มาตรการทางการเงินร่วมด้วย เช่น การให้เงินอุดหนุน จะได้ผลที่ดีกว่าการใช้นโยบายที่สนับสนุนและอุดหนุนเทคโนโลยีเพียงมาตรการเดี่ยว และในการพิจารณาใช้เฉพาะมาตรการที่ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อมหนึ่งก็โลกรัมมันั้น ยังไม่เพียงพอต่อการบรรลุเป้าหมายด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในภาคการเกษตรของประเทศสวิสเซอร์แลนด์ จึงจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนการผลิตอาหารเพิ่มเติมด้วย เช่น การลดการผลิตและการบริโภคเนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์นม เป็นต้น

สำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้บ่อ Biogas แบบถุงหมักก๊าซ PVC ที่ใช้สำหรับฟาร์มโคนม ส่วนมากจะมีอายุการใช้งานประมาณ 5-10 ปี ดังนั้น การใช้ประเมินความคุ้มค่าในการลงทุน จำเป็นต้องใช้แนวคิดในเรื่อง การคำนวณมูลค่าปัจจุบัน (Net Present Value: NPV) เข้ามาเกี่ยวข้อง โดยงานวิจัยของ Solomie A. Gebrezgabher และคณะ ได้ศึกษาวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการใช้บ่อหมักย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic Digestion) กรณีบ่อจัดการมูลสัตว์ เศษอาหาร เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในประเทศเนเธอร์แลนด์ โดยใช้แนวคิดด้าน NPV ในการประเมินความคุ้มค่าด้านต้นทุนของการผลิตก๊าซชีวภาพ ภายใต้อัตราคิดลด (Discount Rate) ที่ร้อยละ 10 ระยะเวลา 10 ปี โดยจำแนกเป็นการวิเคราะห์ใน 3 ฉากทัศน์ (Scenarios) ฉากทัศน์ที่ 1 กรณีตั้งต้น ฉากทัศน์ที่ 2 การจัดการ (Management Scenarios) แบ่งออกเป็น การจัดการมูลสัตว์ปึกที่ลดลง การจัดการเศษอาหารที่ลดลง และราคาข้าวโพดที่ลดลง และฉากทัศน์ที่ 3 การจัดการภายใต้นโยบายสนับสนุนจากรัฐ (Policy Scenarios) ซึ่งมีความคุ้มค่าในการลงทุนมากขึ้นแตกต่างกัน สะท้อนจากค่า NPV > 0 ทั้งในฉากทัศน์ที่ 1 และฉากทัศน์ที่ 2 ขณะที่ฉากทัศน์ที่ 3 ในกรณีที่ไม่มี การสนับสนุนจากรัฐ พบว่า ไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน มีค่า NPV เท่ากับ -5,499 ยูโร < 0

2.2 แนวคิดและทฤษฎี

งานศึกษาวิจัยครั้งนี้ พิจารณาต้นทุนจากการจัดการมูลสัตว์ในฟาร์มโคนม ส่วนการคำนวณปริมาณการปล่อยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ใช้วิธีที่เหมาะสมในระดับโครงการ (Project-based) และทำการศึกษาด้านต้นทุนส่วนเพิ่มจากการลดก๊าซเรือนกระจก โดยแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย

2.2.1 แนวคิดในการจัดทำต้นทุนการผลิตปศุสัตว์

ต้นทุนการผลิตปศุสัตว์ ตามความหมายของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559)

1) เป็นต้นทุนการผลิตของผลผลิตปศุสัตว์ชนิดต่างๆของเกษตรกร คือ ต้นทุนของผลผลิตปศุสัตว์ ที่ยังอยู่ในฟาร์มของเกษตรกร ค่าใช้จ่ายที่นำมาคิดเป็นต้นทุนการผลิตจะต้องครอบคลุม ตั้งแต่เริ่มต้นทำการเลี้ยงจนกระทั่งโตได้ขนาดและน้ำหนักตามมาตรฐานหรือสามารถให้ผลผลิตตามมาตรฐานกำหนด จึงจะสามารถนำมาคำนวณเป็นต้นทุนการผลิตได้ หากลงทุนแล้วไม่มีผลผลิตหรือผลเสียหายหมด จะไม่สามารถคำนวณหาต้นทุนของผลผลิตได้ จะมีแต่เพียงค่าใช้จ่ายตามกิจกรรมการผลิตเท่านั้น ดังนั้นจึงไม่นับเป็นต้นทุนการผลิต

2) เป็นต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ คือ การคิดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทั้งหมดในช่วงเวลาของการผลิต เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริง และคิดทั้งที่จ่ายออกไปเป็นเงินสดจากการจ้าง การซื้อ และการเช่าทั้งของการใช้แรงงาน และวัสดุต่างๆ อีกทั้งมีการประเมินค่าใช้จ่ายกรณีที่ใช้แรงงาน วัสดุต่างๆ ที่เป็นของตนเอง (รวมทั้งสมาชิกครอบครัว) ที่ไม่ได้จ้าง ไม่ได้ซื้อ ไม่ได้เช่าขึ้นด้วย และยังต้องคิดค่าเสียโอกาสการลงทุนเฉพาะรายการที่เป็นเงินสดเท่านั้นตามทฤษฎีทางเศรษฐศาสตร์ที่ใช้เป็นมาตรฐาน

3) เป็นต้นทุนการผลิตเฉลี่ย คือ การคิดค่าใช้จ่ายของเกษตรกรทุกรายที่เป็นตัวอย่าง ไม่ใช่ของรายใดรายหนึ่ง และคิดเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักด้วยจำนวนตัวสัตว์ที่เลี้ยง

ดังนั้น กล่าวโดยสรุป คือ ต้นทุนการผลิตปศุสัตว์ หมายถึงค่าใช้จ่ายหรือมูลค่าการใช้ปัจจัยการผลิต ทั้งปัจจัยผันแปรและปัจจัยคงที่ ทั้งที่เป็นเงินสดและไม่เป็นเงินสด ที่นำมาใช้ในการประกอบการผลิต เพื่อให้การผลิตดำเนินการไปจนถึงสิ้นสุดขบวนการผลิตในช่วงเวลาหรือรุ่นของการผลิตหนึ่งๆ ที่กำหนด

2.2.2 โครงสร้างต้นทุนการผลิตปศุสัตว์

1) **ต้นทุนคงที่ (fixed cost)** หมายถึง ค่าใช้จ่ายหรือรายจ่ายในการผลิตที่เกิดจากการใช้ปัจจัยคงที่หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งได้ว่าต้นทุนคงที่เป็นค่าใช้จ่ายหรือรายจ่ายที่ไม่ขึ้นอยู่กับปริมาณของผลผลิต กล่าวคือ ไม่ว่าจะผลิตปริมาณมาก ปริมาณน้อย หรือไม่ผลิตเลย จะเสียค่าใช้จ่ายในจำนวนที่คงที่ ตัวอย่างของต้นทุนคงที่ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการลงทุนซื้อที่ดิน ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างอาคาร โรงเรือน ค่าระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ ฯลฯ ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ตายตัวไม่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณการผลิต

2) **ต้นทุนผันแปร (variable cost)** หมายถึง ค่าใช้จ่ายหรือรายจ่ายในการผลิตที่เกิดจากการใช้ปัจจัยผันแปรหรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งได้ว่า ต้นทุนผันแปรเป็นค่าใช้จ่ายหรือรายจ่ายที่ขึ้นอยู่กับปริมาณของผลผลิต กล่าวคือ ถ้าผลิตปริมาณมาก จะเสียต้นทุนมาก ถ้าผลิตปริมาณน้อย จะเสียต้นทุนน้อย และจะไม่ต้องจ่ายเลยถ้าไม่มีการผลิต ตัวอย่างของต้นทุนผันแปร ได้แก่ ค่าใช้จ่ายที่เป็นค่าแรงงาน ค่าวัสดุดิบ ค่าน้ำประปา ค่าไฟฟ้า ค่าผสมเทียม ค่ายาป้องกันและรักษาโรค ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ฯลฯ

3) **ต้นทุนการผลิตทั้งหมด** หมายถึง ผลรวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดของต้นทุนผันแปร และต้นทุนคงที่ ทั้งที่เป็นเงินสด และไม่เป็นเงินสด การคำนวณหาต้นทุนการผลิตทั้งหมด สามารถคำนวณได้ทั้งในรูปต้นทุนการผลิตต่อไร่ หมายถึง ต้นทุนการผลิตทั้งหมดคิดเฉลี่ยต่อเนื้อที่เพาะปลูกหนึ่งไร่ และต้นทุนการผลิตต่อหน่วย เช่น บาทต่อกิโลกรัม

นอกจากนี้ ตามโครงสร้างของต้นทุนการผลิต ยังแบ่งรายละเอียดของต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปรออกเป็น 2 ประเภท คือ

ต้นทุนที่เป็นเงินสด หมายถึง ต้นทุนเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายที่ได้จ่ายเป็นเงินสดในการนำปัจจัยมาประกอบการผลิตในช่วง หรือรุ่นการผลิตนั้นๆ ทั้งที่เป็นต้นทุนผันแปร เช่น ค่าปุ๋ย ค่ายา ค่าจ้างแรงงาน ค่าพันธุ์ ค่าอาหารค่าซ่อมแซมเครื่องอุปกรณ์ และต้นทุนคงที่ เช่น ค่าเช่าที่ดิน ค่าภาษีที่ดิน เป็นต้น

ต้นทุนที่ไม่เป็นเงินสด หมายถึง ต้นทุนเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายที่ไม่ได้จ่ายเป็นตัวเงินแต่ต้องประเมินให้เป็นตัวเงินในการนำปัจจัยมาประกอบการผลิตในช่วง หรือรุ่นการผลิตนั้นๆ เป็นค่าใช้จ่ายประเมินจากการใช้ปัจจัยที่ไม่ได้ใช้เงินซื้อ เช่น แรงงานในครัวเรือน ปุ๋ยคอกในฟาร์ม พันธุ์สัตว์ที่ผลิตได้ในฟาร์ม ค่าใช้ที่ดินของตนเอง ค่าใช้จ่ายในรูปค่าเสื่อมรวมถึงค่าเสียโอกาสในการลงทุน เป็นต้น

การคำนวณต้นทุนรวมและผลตอบแทนสุทธิสามารถหาได้จากสมการ ดังนี้

ต้นทุนรวม คือ ต้นทุนคงที่ + ต้นทุนผันแปร ทั้งที่เป็นเงินสดและไม่เป็นเงินสด

$$TC = TFC + TVC$$

ผลตอบแทน คือ รายได้ที่ผู้ผลิตได้รับจากการขายผลผลิต

$$TR = P \times Q$$

ผลตอบแทนสุทธิ คือ ผลต่างระหว่างรายได้กับต้นทุน

$$\pi = TR - TC$$

เมื่อ

- TC = ต้นทุนรวม
- TFC = ต้นทุนคงที่
- TVC = ต้นทุนผันแปร
- TR = ผลตอบแทน
- π = ผลตอบแทนสุทธิ
- P = ราคาสินค้าเกษตร
- Q = ปริมาณสินค้าเกษตร

2.2.3 แนวคิดเรื่อง มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) คือ เครื่องมือทางการเงินที่ใช้ในการประเมินความน่าสนใจของโครงการลงทุนหรือสินทรัพย์ โดยการคำนวณผลรวมของมูลค่าปัจจุบัน (Present Value) ของกระแสเงินสดรับและกระแสเงินสดจ่ายสุทธิทั้งหมดที่คาดว่าจะเกิดขึ้นตลอดอายุของโครงการ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับเงินลงทุนเริ่มแรก NPV เป็นตัวชี้วัดที่สำคัญเพราะคำนึงถึง "มูลค่าของเงินตามเวลา" หมายความว่า เงินจำนวนหนึ่งในวันนี้มีมูลค่ามากกว่าเงินจำนวนเดียวกันที่จะได้รับในอนาคต

สำหรับการศึกษาโครงการนี้จะมีระยะเวลาของโครงการเพียง 1 ปี กับเงินลงทุนของโครงการที่ได้รับการสนับสนุนจากกรมปศุสัตว์ฟาร์มละ 100,000 บาท รวมเป็นเงินทั้งโครงการ 2,000,000 บาท เมื่อพิจารณาจากอายุการใช้งานของบ่อ Biogas จะอยู่ที่ระยะเวลา 10 ปี ดังนั้น ในการคำนวณต้นทุนและผลตอบแทนจากการจัดการมูลสัตว์จากการใช้บ่อ Biogas เพื่อลดก๊าซเรือนกระจก จึงต้องคำนวณต้นทุนและผลตอบแทนของเกษตรกรภายในระยะเวลา 10 ปีข้างหน้า โดยคำนวณจากมูลค่าที่เกิดขึ้นในอนาคตปรับให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน (Present Value) ตามสูตรข้างล่างนี้

$$NPV = -\text{เงินลงทุนแรกเริ่ม} + \sum_{i=0}^t \frac{B - C}{(1 + r)^t}$$

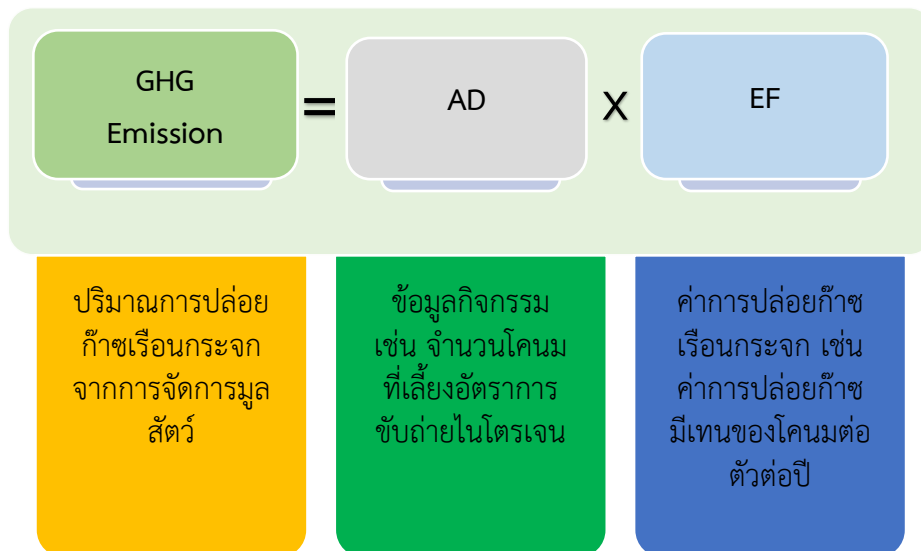
เมื่อ

NPV	= มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value)
เงินลงทุนแรกเริ่ม	= เงินที่โครงการเริ่มลงทุนตั้งแต่ปีที่ 0
B	= ผลประโยชน์ หรือผลตอบแทน (Benefit) รายปีที่เกิดขึ้นภายในโครงการ
C	= ต้นทุน หรือค่าใช้จ่าย (Cost) รายปีที่เกิดขึ้นภายในโครงการ
r	= อัตราคิดลด (Discount rate) หรืออัตราดอกเบี้ยที่ใช้อ้างอิง
t	= ระยะเวลาของโครงการ (time)

ดังนั้น หาก $B-C > 0$ แสดงว่า โครงการมีผลประโยชน์มากกว่าต้นทุน ทำให้ค่า $B > C$ หมายความว่า การลงทุนในโครงการนี้ มีความคุ้มค่า มีผลประโยชน์สุทธิเป็นบวก ($NPV > 0$) ในทางตรงกันข้าม หาก $B-C < 0$ แสดงว่า โครงการมีผลประโยชน์น้อยกว่าต้นทุน ทำให้ค่า $B < C$ หมายความว่า การลงทุนในโครงการนี้ ไม่มีความคุ้มค่า มีผลประโยชน์สุทธิเป็นลบ ($NPV < 0$)

2.2.4 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

1) การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามคู่มือ IPCC (2006) ใช้ข้อมูล 2 ลักษณะ ได้แก่ (1) ข้อมูลกิจกรรม (Activity Data: AD) เป็นข้อมูลเชิงปริมาณของกิจกรรมทางการเกษตรที่พิจารณา เช่น จำนวนโคนมที่เลี้ยง อัตราการขับถ่ายไนโตรเจนของสัตว์ สัตว์ส่วนไนโตรเจนของมูลสัตว์ในระบบการจัดการต่างๆ และ (2) ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor: EF) คือ ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามกิจกรรม เป็นอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยต่อของข้อมูลกิจกรรมการเกษตรที่พิจารณา เช่น ค่าการปล่อยก๊าซมีเทนต่อตัวของสัตว์ต่อปี (ภาพที่ 2.1)



ที่มา: สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ภาพที่ 2.1 การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตร

การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ผ่านมาเป็นการคำนวณในระดับเทียร์ที่ 1 และ 2 (Tier 1 and 2) โดยระดับเทียร์ 1 เป็นการใช้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นคำแนะนำตามคู่มือ IPCC (2006) และระดับเทียร์ที่ 2 เป็นการประเมินโดยใช้ข้อมูลในระดับประเทศหรือข้อมูลเฉพาะของประเทศ

(Country-Specific Activity Data or Emission Factor) โดยระดับที่ยั่งยืนที่สูงขึ้นจะทำให้ได้ความถูกต้องของผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตรที่ถูกต้องและแม่นยำขึ้น เมื่อได้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแล้ว จึงมีการแปลงค่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกให้อยู่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂ equivalent: CO₂eq) โดยการนำไปคูณกับค่าศักยภาพการทำให้โลกร้อน (Global Warming Potential: GWP)

ทั้งนี้ IPCC กำหนดศักยภาพการทำให้โลกร้อนของก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมโดยพิธีสารเกียวโต 7 ชนิด ที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Anthropogenic greenhouse gas emission) ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ก๊าซมีเทน (CH₄) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N₂O) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC) ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF₆) และก๊าซไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF₃) แสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมภายใต้พิธีสารเกียวโต และค่าศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน

ชื่อสารเคมี (Chemical Name)	สูตรสารเคมี (Chemical Formula)	ค่าศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP ₁₀₀)
คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide)	CO ₂	1
มีเทน (Methane)	CH ₄	28
ไนตรัสออกไซด์ (Nitrous Oxide)	N ₂ O	264
ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (Hydrofluorocarbons)	CH ₃ CHF ₂	4,880
สารประกอบเพอร์ฟลูออรีเนต (Perfluorinated Compounds)	CF ₄	6,630
ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (Sulfur hexafluoride)	SF ₆	23,500
ไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (Nitrogen trifluoride)	NF ₃	16,100

ที่มา: Climate Change 2013 The Physical Science Basis

การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการเกษตรในกลุ่มการจัดการมูลสัตว์ (Manure Management) องค์ประกอบหลักของมูลสัตว์ประกอบด้วยสารอินทรีย์ น้ำ และแร่ธาตุต่าง ๆ ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม โดยการจัดการมูลสัตว์สามารถดำเนินการได้หลายรูปแบบตามความเหมาะสมหรือตามรูปแบบการเลี้ยง ได้แก่ พุ่หญ้า (Pasture/Range/Paddock) การเกลี่ย/ฝังตากรายวัน (Daily Spread) การเก็บแบบของแข็ง (Solid Storage) การเก็บในที่แห้ง (Dry Lot) บ่อเก็บใต้คอก (Pit Storage) การเก็บแบบของเหลว (Liquid/Slurry) บ่อหมักไร้อากาศ (Anaerobic Digester) และการบำบัดแบบใช้อากาศ (Aerobic Treatment) เป็นต้น โดยที่การจัดการมูลสัตว์แต่ละรูปแบบมีผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แตกต่างกัน โดยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญจากการจัดการมูลสัตว์ คือ ก๊าซมีเทน โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้ามูลสัตว์นั้นอยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจนจะทำให้เกิดการสร้างและปลดปล่อยก๊าซมีเทนออกมาในปริมาณมาก ดังนั้น ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นในกระบวนการนี้จึงขึ้นอยู่กับวิธีการจัดการมูลสัตว์

ประสิทธิภาพในการบำบัด ปริมาณและประเภทของอาหารที่สัตว์บริโภค อุณหภูมิ และเวลาในการเก็บรักษา โดยสามารถคำนวณปริมาณก๊าซมีเทน ได้จากสมการตามคู่มือ IPCC (2006) ดังต่อไปนี้ (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2562)

$$CH_4 \text{ Manure} = \sum_{(T)} (EF_{(T)} \times N_{(T)} \times 10^{-6})$$

เมื่อ

$CH_4 \text{ Manure}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากการจัดการมูลสัตว์ (กิโลกรัมมีเทน/ปี)

T = พันธุ์หรือชนิดของโคนม

$EF_{(T)}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อตัวของโคนมชนิด T (กิโลกรัมมีเทน/ตัว/ปี)

$N_{(T)}$ = จำนวนประชากรโคนมตามพันธุ์หรือชนิด T ในฟาร์ม (ตัว)

โดยที่

$$EF_{(T)} = (VS_{(T)} \times 365) \times [B_{o(T)} \times 0.67 \times \sum_{S,k} \frac{MCF_{(S,k)}}{100} \times MS_{(T,S,k)}]$$

เมื่อ

$EF_{(T)}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อตัวของโคนมชนิด T (กิโลกรัมมีเทน/ตัว/ปี)

$VS_{(T)}$ = ปริมาณของแข็งที่ระเหยได้ในมูลโคนม (Volatile solid produced) สำหรับโคนมชนิด T (กิโลกรัมแห้ง/ตัว/วัน)

365 = ฐานสำหรับการคำนวณปริมาณของแข็งระเหยในมูลโคนมต่อปี (วัน/ปี)

$B_{o(T)}$ = ค่าความสามารถในการผลิตก๊าซมีเทนของโคนมชนิด T (ลูกบาศก์เมตร/กิโลกรัมแห้งของแข็งระเหย)

0.67 = ความหนาแน่นของก๊าซมีเทน (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)

$MCF_{(S,k)}$ = สัมประสิทธิ์ในการเปลี่ยนมูลสัตว์ที่เป็นก๊าซมีเทน (Methane conversion factor for manure) สำหรับระบบการจัดการมูลสัตว์ S ภายใต้สภาพอากาศแบบ k (%)

$MS_{(T,S,k)}$ = สัดส่วนของมูลโคนมชนิด T ภายใต้ระบบการจัดการมูลสัตว์แบบ S และลักษณะสภาพอากาศแบบ k

โดยที่ปริมาณของแข็งที่ระเหยได้ (Volatile solid, VS) นั้น ขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ ปริมาณและชนิดของอาหารที่ให้ และความสามารถในการย่อยอาหารของสัตว์แต่ละชนิด โดยปริมาณของแข็งที่ระเหยได้นั้นสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$VS = [GE \times (1 - \frac{DE\%}{100}) + (UE \times GE)] \times [(\frac{1 - ASH}{18.45})]$$

เมื่อ

- VS = น้ำหนักแห้งของของแข็งที่ระเหยได้ที่ซบถ่ายต่อวัน (กิโลกรัมแห้ง/วัน)
 GE = พลังงานทั้งหมดที่โคนมได้รับจากการกิน (เมกะจูล/วัน)
 DE = สัดส่วนพลังงานที่โคนมได้จากอาหารที่กินและย่อยได้
 ASH = สัดส่วนของเถ้าในมูลสัตว์
 UE = สัดส่วนพลังงานในปัสสาวะของสัตว์ โดยแสดงเป็นสัดส่วนของพลังงานทั้งหมดที่โคนมได้รับจากอาหารที่กิน (สัดส่วนของ GE)
 18.45 = สัมประสิทธิ์ในการเปลี่ยนพลังงานทั้งหมดที่โคนมได้รับจากอาหารที่กิน (เมกะจูล/กิโลกรัม)

2) การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจก โดยใช้การคำนวณตามระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย หรือ Thailand Voluntary Emission Reduction Program เรียกว่า T-VER (อ่านว่า ที-เวอ) เป็นกลไกที่มีเป้าหมายในการส่งเสริมให้ทุกภาคส่วนมีส่วนร่วมลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเทศ โดยใช้การคำนวณตามระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจสำหรับการกักเก็บก๊าซมีเทนจากการบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกร ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก ขณะนี้ ยังไม่มีระเบียบวิธีการคำนวณก๊าซเรือนกระจกสำหรับการกักเก็บก๊าซมีเทนจากการบำบัดน้ำเสียในฟาร์มโคนม โดยเฉพาะ ผู้วิจัยจึงได้นำสูตรดังกล่าวมาดัดแปลง เนื่องจากมูลของสัตว์ทั้งสองชนิดมีการปล่อยก๊าซมีเทนเหมือนกัน สำหรับการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำแนกเป็นการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Emission) จากการดำเนินโครงการ (Project Emission) และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ (Leakage Emission) สามารถคำนวณได้จากสมการ ดังต่อไปนี้

2.1) ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน (Baseline Emission) คำนวณเฉพาะการปล่อยก๊าซมีเทน (CH₄) จากการย่อยสลายของของแข็งระเหย (Volatile solid) จากน้ำเสียฟาร์มโคนม โดยกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ หรือการหมักของมูลโคนมในบ่อไร้อากาศแบบเปิด (Uncovered anaerobic lagoon) มูลโคนมจะถูกฉีดล้างด้วยน้ำเพื่อให้มูลลงในบ่อรวมมูลที่มีการบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

$$BE_y = GWP_{CH_4} \times D_{CH_4,20C} \times UF_{BL} \times MCF_{BL} \times B_0 \times MS_{BL} \times \sum_i (N_{i,y} \times VS_{i,y})$$

BE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ในปี y (tCO₂e/year)

GWP_{CH₄} = ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน (tCO₂e/tCH₄)

D_{CH₄,20C} = ค่าความหนาแน่นของก๊าซมีเทน (tCH₄/m³CH₄)

UF_{BL} = ค่า Model Correction Factor สำหรับความไม่แน่นอนของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศในกรณีฐาน

i = ประเภทของโคนม ได้แก่ โคนมเพศเมีย (โครีดนม, โคนมแห้ง, แรกเกิดถึง 1 ปี, 1 ปีถึงท้องแรก) โคนมเพศผู้

MCF_{BL} = ค่า Methane Conversion Factor สำหรับกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศในกรณีฐาน

- B_0 = อัตราการผลิตก๊าซมีเทนจากของแข็งระเหย (Volatile solid) ($m^3 \text{ CH}_4/\text{kg VS}$)
- MS_{BL} = สัดส่วนของมูลโคนมที่ถูกรวบรวมเข้าสู่ระบบบำบัดแบบไร้อากาศในกรณีฐาน
- $N_{i,y}$ = จำนวนโคนมประเภท i ณ วันสุดท้ายของเดือน ในปี y (ตัว)
- $VS_{i,y}$ = ปริมาณของแข็งระเหย (Volatile solid) ที่เกิดขึ้นของโคนมประเภท i ในปี y ($\text{kg}/\text{ตัว}$)
- $VS_{i,y}$ = $(W_i / W_{\text{default}}) \times VS_{\text{default}} \times nd_y$

โดยที่

- $VS_{i,y}$ = ปริมาณของแข็งระเหย (Volatile solid) ที่เกิดขึ้นของโคนมประเภท i ในปี y ($\text{kg}/\text{ตัว}$)
- W_i = น้ำหนักเฉลี่ยของโคนมประเภท i (kg)
- W_{default} = น้ำหนักเฉลี่ยของโคนมประเภท i ตามที่ IPCC กำหนด (kg)
- VS_{default} = ปริมาณของแข็งระเหย (Volatile solid) ที่เกิดขึ้นของโคนมประเภท i ตามที่ IPCC กำหนด ($\text{kg}/\text{ตัว}/\text{วัน}$)
- nd_y = จำนวนวันที่เดินระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ในปี y (วัน)

2.2) ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (Project Emission) คัดเฉพาะการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล การใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่ง และการรั่วไหลของก๊าซมีเทน (CH_4) จากระบบกักเก็บ โดยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$PE_y = PE_{FF,y} + PE_{EL,y} + PE_{laak,y}$$

โดยที่

- PE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการในปี y ($\text{tCO}_2\text{e}/\text{year}$)
- $PE_{FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการดำเนินโครงการในปี y ($\text{tCO}_2\text{e}/\text{year}$)
- $PE_{EL,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าในการดำเนินโครงการ ในปี y ($\text{tCO}_2\text{e}/\text{year}$)
- $PE_{leak,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากก๊าซชีวภาพที่รั่วไหลจากระบบกักเก็บในปี y ($\text{tCO}_2\text{e}/\text{year}$)

2.2.1) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล

$$PE_{FF,y} = \sum (FC_{PJ,i,y} \times (NCV_{i,y} \times 10^{-6}) \times EF_{CO_2,i}) \times 10^{-3}$$

โดยที่

- $PE_{FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการดำเนินโครงการ ในปี y (tCO₂e/year)
- $FC_{PJ,i,y}$ = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i สำหรับการดำเนินโครงการ ในปี y (unit/year)
- $NCV_{i,y}$ = ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value) ของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ในปี y (MJ/unit)
- $EF_{CO_2,i}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i (kgCO₂/TJ)

2.2.2) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า

$$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{EC,PJ,y}$$

โดยที่

- $PE_{EL,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าในการดำเนินโครงการในปี y (tCO₂e/year)
- $EC_{PJ,y}$ = ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการดำเนินโครงการ ในปี y (kWh/year)
- $EF_{EC,PJ,y}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการใช้ไฟฟ้าในปี y (tCO₂/MWh)

2.2.3) การรั่วไหลของก๊าซมีเทนจากระบบกักเก็บ

$$PE_{leak,y} = 0.10 \times GWP_{CH_4} \times D_{CH_4,20C} \times B_0 \times MS_{PJ,y} \times \sum_i (N_{i,j} \times VS_{i,y})$$

โดยที่

- $PE_{leak,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของก๊าซมีเทนจากระบบกักเก็บ ในปี y (tCO₂e/year)
- GWP_{CH_4} = ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน (tCO₂e/tCH₄)
- $D_{CH_4,20C}$ = ค่าความหนาแน่นของก๊าซมีเทน (tCH₄/m³CH₄)
- i = ประเภทของโคนม ได้แก่ โคนมเพศเมีย (โครีดนม, โคนมแห้ง, แรกเกิดถึง 1 ปี, 1 ปีถึงท้องแรก) โคนมเพศผู้
- B_0 = อัตราการผลิตก๊าซมีเทนจากของแข็งระเหย (Volatile solid) (m³CH₄/kg VS)
- $MS_{PJ,y}$ = สัดส่วนของมูลโคนมที่ถูกรวบรวมเข้าสู่ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ในปี y
- $N_{i,y}$ = จำนวนโคนมประเภท i ณ วันสุดท้ายของเดือน ในปี y (ตัว)
- $VS_{i,y}$ = ปริมาณของแข็งระเหย (Volatile solid) ที่เกิดขึ้นของโคนมประเภท i ในปี y (kg/ตัว)

2.3) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ (Leakage Emission) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากโครงการอื่น ๆ ที่ได้รับผลกระทบจากการดำเนินงานของโครงการลดก๊าซเรือนกระจกนั้น ๆ จากการดำเนินโครงการไม่มีการดำเนินงานที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโครงการอื่น ๆ จึงไม่ต้องพิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ

2.4) การคำนวณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Reduction) การคำนวณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโครงการสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$ER_y = BE_y - PE_y - LE_y$$

โดยที่

ER_y = การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี y (tCO₂e/year)

BE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐานในปี y (tCO₂e/year)

PE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการในปี y (tCO₂e/year)

LE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการในปี y (tCO₂e/year)

2.5) พารามิเตอร์ที่ไม่ต้องติดตามผล

พารามิเตอร์	หน่วย	ความหมาย	ที่มาข้อมูล
$D_{CH_4,20C}$	tCH ₄ /m ³ CH ₄	ค่าความหนาแน่นของก๊าซมีเทนที่ 20 องศาเซลเซียส และความดัน 1 บรรยากาศ (1.013 bar) (Default 0.00067)	AMS-III.D. Methane recovery in animal manure management systems version 19.0
UF_{BL}	-	ค่า Model Correction Factor สำหรับความไม่แน่นอนของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศในกรณีฐาน (Default 0.94)	หน้า 8 AMS-III.H. : Methane recovery in wastewater treatment version 16
MCF_{BL}	-	ค่า Methane Correction Factor สำหรับกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศในกรณีฐาน (Default 0.80)	หน้า 6 AMS-III.H. : Methane recovery in wastewater treatment version 16
B_0	m ³ CH ₄ /kgVS	อัตราการผลิตก๊าซมีเทนจากของแข็งระเหย (Volatile solid) (อ้างอิงค่าของโคนมเอเชีย)	ตารางที่ 10A-4 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas
MS_{BL}	-	สัดส่วนของมูลโคนมที่ถูกรวบรวมเข้าสู่ระบบไร้อากาศของกรณีฐาน	เอกสารที่เกี่ยวข้อง เช่น เอกสารการออกแบบระบบ ภาพถ่ายโครงการ

พารามิเตอร์	หน่วย	ความหมาย	ที่มาข้อมูล
W_{default}	kg	น้ำหนักเฉลี่ยของโคนมแต่ละประเภทที่ IPCC กำหนด	ตารางที่ 10A-4 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas
VS_{default}	kg/ตัว/วัน	ปริมาณของแข็งระเหย (Volatile solid) ที่เกิดขึ้นของโคนมแต่ละประเภท	ตารางที่ 10A-4 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas
$D_{\text{CH}_4,0\text{C}}$	$\text{tCH}_4/\text{Nm}^3\text{CH}_4$	ค่าความหนาแน่นของก๊าซมีเทนที่ 0 องศาเซลเซียส และความดัน 1 บรรยากาศ (1.013 bar) (STP) (Default 0.0007168)	หน้า 10 ACM0001 "Consolidated baseline and monitoring methodology for landfill gas project activities" version 11
NCV_{CH_4}	MJ/Nm^3	ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value) ของก๊าซมีเทน (Default 35.9)	หน้า 8 AMS-III.G: "Landfill methane recovery" version 9
$EFF_{\text{EG},y}$	-	ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในปี y (Default 0.4)	หน้า 8 AMS-III.G: "Landfill methane recovery" version 9
$NCV_{i,y}$	MJ/Unit	ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value) ของพลังงานฟอสซิลประเภท i ในปี y	ทางเลือกที่ 1 ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ระบุในใบแจ้งหนี้ (Invoice) จากผู้ผลิตเชื้อเพลิง (Fuel Supplier) ทางเลือกที่ 2 จากการตรวจวัด ทางเลือกที่ 3 รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
$EF_{\text{CO}_2,i}$	kgCO_2/TJ	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i	ตารางที่ 1.4 2006 IPCC Guidelines for National GHG Inventories

2.6) พารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผล

พารามิเตอร์	หน่วย	ความหมาย	ที่มาข้อมูล
GWP_{CH_4}	$\text{tCO}_2\text{e}/\text{tCH}_4$	ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน	ใช้ข้อมูลจากรายงานประเมินสถานการณ์ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่จัดทำโดยคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change หรือ IPCC ที่ประกาศโดย อบก.

พารามิเตอร์	หน่วย	ความหมาย	ที่มาข้อมูล
$EF_{EC,PJ,y}$	tCO ₂ /MWh	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการใช้ไฟฟ้า ในปี y	<u>กรณีที่ใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่ง</u> ใช้ข้อมูลจากรายงานค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิต/การใช้ไฟฟ้า (Emission Factor) สำหรับโครงการและกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจกที่ประกาศโดย อบก. <u>กรณีที่ใช้ไฟฟ้าจากผู้ผลิตอื่นๆ</u> ใช้การคำนวณตาม T-VER-S-TOOL-02-01 ฉบับล่าสุด
$N_{i,y}$	ตัว	จำนวนโคนมประเภท i ที่ยืนคอก ณ วันสุดท้ายของเดือน ในปี y	เอกสารที่เกี่ยวข้อง เช่น บันทึกข้อมูลประจำตัวโค จำนวนโครีด
W_i	kg	น้ำหนักเฉลี่ยของโคนมประเภท i (kg)	ทางเลือกที่ 1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง เช่น บันทึกข้อมูลประจำตัวโค หรือทางเลือกที่ 2 ใช้ค่าที่ อบก. กำหนด (อ้างอิงกรมปศุสัตว์)
nd_y	วัน	จำนวนวันที่เดินระบบผลิตก๊าซชีวภาพในปี y	รายงานการตรวจวัด
$EG_{PJ,y}$	kWh/year	ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากก๊าซมีเทนที่รวบรวมได้จากระบบผลิตก๊าซชีวภาพที่ใช้น้ำเสียจากฟาร์มโคนม ในปี y	รายงานการตรวจวัด
$FC_{PJ,i,y}$	unit/year (unit: Volume or Weight)	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i สำหรับการดำเนินโครงการ ในปี y	รายงานปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล
$EC_{PJ,y}$	kWh/year	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการดำเนินโครงการ ในปี y	รายงานการตรวจวัด
$MS_{PJ,y}$	-	สัดส่วนของมูลโคนมที่ถูกรวบรวมเข้าสู่ระบบผลิตก๊าซชีวภาพในการดำเนินโครงการ ในปี y	เอกสารที่เกี่ยวข้อง เช่น เอกสารการออกแบบระบบ ภาพถ่ายโครงการ

2.2.5 แนวคิดต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก (Marginal Abatement Cost)

โครงการศึกษาและพัฒนาเครื่องมือวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของมาตรการและนโยบายด้านการขนส่งเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ (มหาวิทยาลัยนเรศวร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และบริษัทพีเอสเค คอนซัลแทนส์ จำกัด, 2562) ระบุว่า การดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจก มีเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินและนำเสนอผลลัพธ์ของการดำเนินงานในหลายๆ ทางเลือก คือ Marginal Abatement Cost Curve (MACC) เป็นการประเมินต้นทุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปต้นทุนสุทธิ (ต้นทุน -ผลประโยชน์) ในกรณีใช้มาตรการเทียบกับกรณีปกติ

(Baseline Case) โดยส่วนต่างดังกล่าวเรียกว่า "ต้นทุนส่วนเพิ่ม" การศึกษาและพัฒนาเครื่องมือวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Marginal Abatement Cost) มีความสำคัญในการประเมินต้นทุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก คือ การประเมินต้นทุนสุทธิ (ต้นทุน - ผลประโยชน์) ในกรณีใช้มาตรการในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในที่นี้คือการจัดการมูลสัตว์โดยใช้ระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ (Biogas) เทียบกับกรณีปกติ (non Policy Case) หรือต้นทุนของสถานการณ์ปกติที่ไม่มี การส่งเสริมใช้มาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (non-Greenhouse Gas Policy Case) หรือเรียกว่า Baseline Scenario คือการจัดการมูลสัตว์แบบที่ไม่ได้ก๊าซชีวภาพและจะถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศโดยตรง สำหรับส่วนต่างดังกล่าวเรียกว่า ต้นทุนส่วนเพิ่ม ในบางกรณีผลลัพธ์มีค่าเป็นลบแสดงว่าโครงการนั้นๆ สามารถทำให้เกิดผลประโยชน์ (Benefit) จากการดำเนินโครงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การศึกษาวิจัยนี้ ต้นทุนส่วนเพิ่ม หมายถึง ต้นทุนทั้งหมดที่เปลี่ยนแปลงไปจากการตัดสินใจเปลี่ยนเทคโนโลยีในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ ค่าระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ ค่าแรงงาน เป็นต้น ส่วนผลประโยชน์ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายแก๊สที่ลดลงต่อปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ 1 หน่วยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

เมื่อพิจารณาจากโครงการส่งเสริมระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ (Biogas) ของกรมปศุสัตว์ ประจำปีงบประมาณ 2567 โดยมีการลงทุนในบ่อหมักก๊าซชีวภาพ แบบ PVC ซึ่งบ่อดังกล่าวมีระยะเวลาการใช้งานประมาณ 10 ปี ดังนั้น ผู้วิจัยฯ จึงต้องทำการคำนวณระยะเวลาการลดก๊าซเรือนกระจกและต้นทุนสุทธิในระยะเวลา 10 ปี ด้วยการแปลงมูลค่าเงินในอนาคตอีก 10 ปีข้างหน้า ให้อยู่ในรูปของมูลค่าปัจจุบัน (Net Present Value: NPV) ตามสูตรคำนวณ

$$MAC = \frac{-NPV}{ER}$$

$$NPV = -\text{เงินลงทุนแรกเริ่ม} + \sum_{i=0}^t \frac{B - C}{(1 + r)^t}$$

$$ER = E_{BE} - E_{PE}$$

$$MAC = \frac{-\text{เงินลงทุนแรกเริ่ม} + \sum_{i=0}^t \frac{B - C}{(1 + r)^t}}{E_{BE} - E_{PE}}$$

เมื่อ

- MAC = ต้นทุนส่วนเพิ่มจากการลดก๊าซเรือนกระจก
- NPV = มูลค่าปัจจุบันสุทธิ ในรูปของผลประโยชน์ในแต่ละปี หักด้วย ต้นทุนในแต่ละปี
- ER = ปริมาณการปล่อย GHG ที่ลดลงจากการดำเนินมาตรการติดตั้งบ่อระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ (Biogas) (E_{BE}) เทียบกับปริมาณการปล่อย GHGs จากการจัดการมูลสัตว์แบบไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ (E_{PE})

E_{BE}	= ปริมาณการปล่อย GHGs จากการจัดการมูลสัตว์แบบไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ
E_{PE}	= ปริมาณการปล่อย GHGs จากการจัดการมูลสัตว์แบบระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ
เงินลงทุนแรกเริ่ม	= เงินที่โครงการเริ่มลงทุนตั้งแต่ปีที่ 0
B	= ผลประโยชน์ หรือผลตอบแทน (Benefit) รายปีที่เกิดขึ้นภายในโครงการ
C	= ต้นทุน หรือค่าใช้จ่าย (Cost) รายปีที่เกิดขึ้นภายในโครงการ
r	= อัตราคิดลด (Discount rate) หรืออัตราดอกเบี้ยที่ใช้อ้างอิง
t	= ระยะเวลาของโครงการ (time)

ทั้งนี้ สามารถสังเกตได้ว่า ค่า NPV มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับค่า MAC เนื่องจากเมื่อผลรวมของผลประโยชน์มากกว่าผลรวมของต้นทุน ของทุกปีตลอดโครงการ แสดงว่า $NPV > 0$ เป็นบวก หมายความว่า การลงทุนในโครงการจะเกิดผลประโยชน์ส่วนเพิ่มที่เกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการ ส่งผลให้ค่า $MAC < 0$ ในทางกลับกัน เมื่อผลรวมของต้นทุนมากกว่าผลรวมของผลประโยชน์ ของทุกปีตลอดโครงการ แสดงว่า $NPV < 0$ เป็นลบ หมายความว่า การลงทุนในโครงการจะเกิดต้นทุนส่วนเพิ่มที่เกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการ ส่งผลให้ค่า $MAC > 0$

บทที่ 3 ข้อมูลทั่วไป

3.1 ลักษณะทั่วไปของประชากรที่ศึกษา

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยเป็นกลุ่มประชากรจากจังหวัดที่เข้าร่วมโครงการส่งเสริมระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มโคนม ของกรมปศุสัตว์ในปี 2567 ดำเนินการในพื้นที่ 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน สระแก้ว และนครราชสีมา จำนวน 20 ฟาร์ม รายละเอียด ดังนี้ (ตารางที่ 3.1)

3.1.1 เพศ เกษตรกรเจ้าของฟาร์มที่เข้าร่วมโครงการ หรือกลุ่มประชากรส่วนใหญ่ของฟาร์ม แต่ละขนาดเป็นเพศชาย โดยเฉพาะฟาร์มขนาดใหญ่เกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการเป็นเพศชายทั้งหมด สำหรับฟาร์มขนาดกลางเพศชายร้อยละ 66.67 และเพศหญิงร้อยละ 33.33 ส่วนฟาร์มขนาดเล็กร้อยละ 60.00 เป็นเพศหญิง ในขณะที่เพศชายมีร้อยละ 40.00 จากสัดส่วนดังกล่าวเห็นได้ว่าเพศชายมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นตามขนาดของฟาร์มที่ใหญ่ขึ้น ในทางกลับกันสัดส่วนของเพศหญิงจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อขนาดของฟาร์มใหญ่ขึ้น

3.1.2 อายุ เกษตรกรฟาร์มขนาดเล็ก มีอายุเฉลี่ยมากกว่ากลุ่มอื่น ๆ โดยมีอายุเฉลี่ยที่ 45.40 ปี รองลงมาเกษตรกรในกลุ่มฟาร์มขนาดกลางมีอายุเฉลี่ย 41.75 ปี ซึ่งน้อยกว่ากลุ่มฟาร์มขนาดเล็กอย่างชัดเจน และฟาร์มขนาดใหญ่ มีอายุเฉลี่ยต่ำที่สุดอยู่ที่ 41.67 ปี ซึ่งใกล้เคียงกับกลุ่มฟาร์มขนาดกลางมาก โดยมีค่าต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จากข้อมูลจะเห็นได้ว่าเกษตรกรเจ้าของฟาร์มขนาดเล็กมีอายุเฉลี่ยมากกว่าเกษตรกรฟาร์มขนาดกลางและขนาดใหญ่ โดยสะท้อนการประกอบอาชีพในฟาร์มขนาดเล็กเป็นของคนรุ่นเก่ามากกว่า ในขณะที่การขยายขนาดฟาร์มให้ใหญ่ขึ้นเป็นแนวโน้มของเกษตรกรในกลุ่มอายุน้อยกว่า

3.1.3 การศึกษา เกษตรกรฟาร์มขนาดเล็กส่วนใหญ่มีการศึกษาระดับปริญญาตรีหรือเทียบเท่า ร้อยละ 50.00 รองลงมาในสัดส่วนที่เท่ากัน คือ ประถมศึกษา และมัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. ร้อยละ 25.00 ส่วนเกษตรกรฟาร์มขนาดกลาง ส่วนใหญ่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีหรือเทียบเท่า ร้อยละ 85.71 และระดับอนุปริญญา/ปวส. ร้อยละ 14.29 ขณะที่เกษตรกรฟาร์มขนาดใหญ่ ส่วนใหญ่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีหรือเทียบเท่าเช่นเดียวกับขนาดกลางและขนาดเล็ก โดยสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีหรือเทียบเท่า ร้อยละ 50.00 รองลงมามีมัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. ร้อยละ 33.33 และระดับสูงกว่าปริญญาตรี ร้อยละ 16.67

3.1.4 ประสบการณ์ เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมมีประสบการณ์การเลี้ยงแตกต่างกันไปตามขนาดของฟาร์ม โดยฟาร์มขนาดเล็กมีประสบการณ์การเลี้ยงเฉลี่ยสูงที่สุดที่ 24.40 ปี ขณะที่ฟาร์มขนาดกลางและฟาร์มขนาดใหญ่มีประสบการณ์เฉลี่ย 16.50 ปี และ 17.33 ปี ตามลำดับ สำหรับการใช้อบก๊าซชีวภาพ (biogas) ฟาร์มขนาดเล็กทุกฟาร์มไม่เคยใช้อบ biogas ขณะที่ฟาร์มขนาดกลางมีเกษตรกรที่เคยใช้อบ biogas คิดเป็นร้อยละ 44.44 และฟาร์มขนาดใหญ่มีสัดส่วนเคยใช้สูงที่สุดคือ ร้อยละ 66.67 สะท้อนให้เห็นว่าฟาร์มที่มีขนาดใหญ่มีแนวโน้มที่จะเข้าถึงและใช้เทคโนโลยีการจัดการมูลสัตว์เพื่อผลิตพลังงานได้มากกว่า ในส่วนของพื้นที่เลี้ยงโคนม ฟาร์มขนาดเล็กมีพื้นที่เฉลี่ย 12.33 ไร่ ฟาร์มขนาดกลางเฉลี่ย 34.40 ไร่ และฟาร์มขนาดใหญ่เฉลี่ยสูงที่สุดที่ 68.17 ไร่

3.1.5 รูปแบบการเลี้ยง จากการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบการเลี้ยงสัตว์ พบว่ามีการจำแนกรูปแบบการเลี้ยงออกเป็น 3 ประเภทหลัก ได้แก่ การเลี้ยงแบบปล่อยอิสระในคอก การเลี้ยงแบบผูกยืนโรง และการเลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อยทุ่ง โดยเกษตรกรในฟาร์มขนาดเล็กส่วนใหญ่เลี้ยงโคนมแบบปล่อยอิสระในคอกคิดเป็นร้อยละ 60.00 และเลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อยทุ่งร้อยละ 40.00 แต่ไม่พบการเลี้ยงแบบผูกยืนโรง สำหรับฟาร์มขนาดกลางและขนาดใหญ่พบการเลี้ยงทั้งสามรูปแบบ โดยฟาร์มขนาดกลางมีการเลี้ยงแบบปล่อยอิสระในคอกมากที่สุดร้อยละ 66.67 รองลงมาคือเลี้ยงแบบผูกยืนโรงร้อยละ 22.22 และเลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อยทุ่งร้อยละ 11.11 ส่วนฟาร์มขนาดใหญ่มีการเลี้ยงแบบผูกยืนโรง และการเลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อยทุ่งที่มีสัดส่วนเท่ากันที่ร้อยละ 16.67 และมีการเลี้ยงแบบปล่อยอิสระในคอกร้อยละ 66.67 โดยเกษตรกรในทุกขนาดฟาร์มเลือกเลี้ยงโคนมสายพันธุ์โฮลสไตน์ฟริเซียน (Holstein Friesian) หรือพันธุ์ขาว-ดำเป็นหลัก โดยฟาร์มขนาดเล็กเลี้ยงโคนมพันธุ์นี้ทั้งหมด ส่วนฟาร์มขนาดกลางเลี้ยงพันธุ์ขาว-ดำร้อยละ 90.00 และพันธุ์เรดโฮลสไตน์ (Red Holstein) หรือพันธุ์ขาว-แดงร้อยละ 10.00 ขณะที่ฟาร์มขนาดใหญ่เลี้ยงพันธุ์ขาว-ดำร้อยละ 85.71 และเลี้ยงพันธุ์บราวน์สวิส (Brown Swiss) ร้อยละ 14.29

3.1.6 มาตรฐานฟาร์ม พบว่า ฟาร์มทุกขนาด ทั้งขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ได้รับมาตรฐานฟาร์มทั้งหมด โดยฟาร์มขนาดเล็กและฟาร์มขนาดกลางได้รับมาตรฐานแนวทางปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มเลี้ยงสัตว์ของกรมปศุสัตว์ หรือ Good Agricultural Practices (GAP) ทั้งหมด ในขณะที่ฟาร์มขนาดใหญ่ได้รับมาตรฐาน GAP ร้อยละ 83.33 และได้รับมาตรฐานฟาร์มที่มีระบบการป้องกันโรคและการเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสมของกรมปศุสัตว์ หรือ Good Farming Management: GFM (GFM) ร้อยละ 16.67

3.1.7 ภาระหนี้สิน จากการสำรวจการมีภาระหนี้สินเพื่อนำมาใช้ในการทำฟาร์ม จะเห็นได้ว่ามีภาระหนี้สินในทุกขนาดฟาร์ม โดยเฉพาะฟาร์มขนาดเล็กที่มีภาระหนี้สินทุกฟาร์ม ขณะที่ฟาร์มขนาดกลางมีฟาร์มที่มีหนี้สินร้อยละ 88.89 และไม่มีหนี้สินร้อยละ 11.11 สำหรับฟาร์มขนาดใหญ่ พบว่าฟาร์มที่มีหนี้สินร้อยละ 66.67 และไม่มีหนี้สินร้อยละ 33.33 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าฟาร์มขนาดเล็กมีความเปราะบางด้านการเงินมากกว่าฟาร์มขนาดกลางและขนาดใหญ่ อาจส่งผลต่อการเข้าถึงและใช้เทคโนโลยีการจัดการมูลสัตว์เพื่อผลิตพลังงาน

3.1.8 รูปแบบการจัดการมูลโคนม จากผลการศึกษา พบว่าฟาร์มโคนมทั้งหมดจัดการมูลโคด้วยการใช้บ่อไร้อากาศแบบเปิด (uncovered anaerobic lagoon) กล่าวคือ มูลสัตว์จะถูกฉีดล้างด้วยน้ำ หรือกวาดมูลเพื่อให้มูลลงไปบ่อเปิดที่มีการบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ และการใช้บ่อหมักไร้อากาศ (anaerobic digester) โดยมูลสัตว์และปัสสาวะในรูปของเหลวและกึ่งของเหลวถูกเก็บรวบรวมและหมักแบบไร้อากาศแบบปิดสามารถนำก๊าซมีเทนที่เกิดจากกระบวนการหมักมาใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนี้ยังมีการจัดการมูลโดยการเกลี่ยฝังตากรายวัน ในฟาร์มขนาดกลางและขนาดใหญ่ โดยมีการเกลี่ยฝังตากรายวัน ร้อยละ 77.78 และร้อยละ 33.33 ตามลำดับ อีกทั้งยังพบว่าฟาร์มทุกขนาดยังจัดการมูลโดยกองทิ้งในคอกเป็นชั้นหนา โดยที่ฟาร์มขนาดเล็กมีการใช้วิธีการดังกล่าวร้อยละ 20.00 รองลงมาฟาร์มขนาดใหญ่ร้อยละ 16.67 และขนาดกลางร้อยละ 11.11

ตารางที่ 3.1 ลักษณะทั่วไปของประชากรที่ศึกษา

รายการ	หน่วย	ฟาร์มขนาดเล็ก	ฟาร์มขนาดกลาง	ฟาร์มขนาดใหญ่
1. เพศ				
1.1 ชาย	ร้อยละ	40.00	66.67	100.00
1.2 หญิง	ร้อยละ	60.00	33.33	0.00
2. อายุ				
	ปี	45.40	41.75	41.67
3. การศึกษา				
3.1 ไม่ได้ศึกษา	ร้อยละ	0.00	0.00	0.00
3.2 ประถมศึกษา	ร้อยละ	25.00	0.00	0.00
3.3 มัธยมศึกษาตอนต้น	ร้อยละ	0.00	0.00	0.00
3.4 มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	ร้อยละ	25.00	0.00	33.33
3.5 อนุปริญญา/ปวส.	ร้อยละ	0.00	14.29	0.00
3.6 ปริญญาตรีหรือเทียบเท่า	ร้อยละ	50.00	85.71	50.00
3.7 สูงกว่าปริญญาตรี	ร้อยละ	0.00	0.00	16.67
4. ประสบการณ์				
4.1 การเลี้ยงโคนม	ปี	24.40	16.50	17.33
4.2 การใช้ป้อ biogas				
4.2.1 ไม่เคยใช้	ร้อยละ	100.00	55.56	33.33
4.2.2 เคยใช้	ร้อยละ	0.00	44.44	66.67
5. พื้นที่เลี้ยงโคนม				
	ไร่	12.33	34.40	68.17
6. รูปแบบการเลี้ยง				
6.1 เลี้ยงแบบปล่อยอิสระในคอก	ร้อยละ	60.00	66.67	66.67
6.2 เลี้ยงแบบผูกยืนโรง	ร้อยละ	0.00	22.22	16.67
6.3 เลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อยทุ่ง	ร้อยละ	40.00	11.11	16.67
7. สายพันธุ์โคนม				
7.1 พันธุ์ขาว-ดำ	ร้อยละ	100.00	90.00	85.71
7.2 พันธุ์ขาว-แดง	ร้อยละ	0.00	10.00	0.00
7.3 พันธุ์บราวน์สวิส	ร้อยละ	0.00	0.00	14.29
8. การได้รับมาตรฐานฟาร์ม				
8.1 ไม่ได้รับ	ร้อยละ	0.00	0.00	0.00
8.2 ได้รับ	ร้อยละ	100.00	100.00	100.00

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

รายการ	หน่วย	ฟาร์มขนาดเล็ก	ฟาร์มขนาดกลาง	ฟาร์มขนาดใหญ่
8.2.1 GFM	ร้อยละ	0.00	0.00	16.67
8.2.2 GAP	ร้อยละ	100.00	100.00	83.33
9. ภาระหนี้สิน				
9.1 ไม่มีหนี้สิน	ร้อยละ	0.00	11.11	33.33
9.2 มีหนี้สิน	ร้อยละ	100.00	88.89	66.67
10. รูปแบบการจัดการมูลโคนม*				
10.1 การเกลี่ย/ฝังตากรายวัน	ร้อยละ	0.00	77.78	33.33
10.2 การทิ้งในคอกเป็นชั้นหนา	ร้อยละ	20.00	11.11	16.67
10.3 บ่อไร้อากาศแบบเปิด	ร้อยละ	100.00	100.00	100.00
10.4 บ่อหมักไร้อากาศ	ร้อยละ	100.00	100.00	100.00

หมายเหตุ: * ตอบได้มากกว่า 1 คำตอบ

ที่มา: จากการสำรวจ

3.2 ข้อมูลเกี่ยวกับบ่อก๊าซชีวภาพแบบไร้อากาศ (Biogas)

ก๊าซชีวภาพ (Biogas)^{1/} หมายถึง ก๊าซที่เกิดขึ้นจากแบคทีเรียชนิดที่ไม่ต้องการอากาศหรือออกซิเจน (Anaerobic Bacteria) ทำปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ เช่น น้ำเสีย เศษอาหาร เศษผักผลไม้ ฟางข้าว มูลสัตว์ อุจจาระคน ฯลฯ ทำให้เกิดก๊าซผสมที่ติดไฟได้ มีคุณสมบัติติดไฟง่าย สามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็น ก๊าซหุงต้ม ในระบบการหมักก๊าซชีวภาพนอกจากจะผลิตก๊าซที่สามารถจุดติดไฟได้แล้ว วัสดุที่ระบายออกจาก ระบบหมักก๊าซชีวภาพซึ่งเป็นสารอินทรีย์ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นๆ ได้อีก เช่น การทำปุ๋ย การผลิตไฟฟ้า เป็นต้น ทั้งนี้ ก๊าซชีวภาพประกอบด้วย ก๊าซมีเทน (CH_4) ร้อยละ 60-70 ที่เหลือเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และก๊าซไนโตรเจน (N_2)

ในส่วนของวัตถุดิบสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพในภาคปศุสัตว์ ประกอบด้วยมูลสัตว์ต่างๆ อาทิ โค ให้ปริมาณมูลสด คิดเป็น 8 กิโลกรัม/ตัว/วัน สุกรพ่อพันธุ์ ให้ปริมาณมูลสด คิดเป็น 4 กิโลกรัม/ตัว/วัน และไก่ ให้ปริมาณมูลสด คิดเป็น 0.03 กิโลกรัม/ตัว/วัน ดังนั้น ในการผลิตก๊าซชีวภาพของแต่ละครัวเรือน/ฟาร์มย่อมขึ้นอยู่กับจำนวนปศุสัตว์ที่เลี้ยง ทั้งนี้ ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร (1 คิว หรือ 1,000 ลิตรเทียบเท่ากับก๊าซ LPG 0.46 กิโลกรัม) สามารถใช้ในการหุงต้มอาหารภายในครัวเรือนขนาด 4 คน ได้ประมาณ 2-3 มื้อ หรือ 1 วัน^{2/}

^{1/} รศ.ดร. วิสาขา ภูจินดา, คู่มือเทคนิคการผลิตก๊าซชีวภาพระดับครัวเรือนและชุมชน. สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ ร่วมกับสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ 2558, หน้า 1

^{2/} เรื่องเดียวกัน, หน้า 3

3.2.1 ขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพ^{3/}

1) ดำเนินการวิเคราะห์ปริมาณและลักษณะของวัตถุดิบ เพื่อประกอบการตัดสินใจในการผลิตก๊าซชีวภาพ ควรพิจารณาที่ความสามารถในการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์แต่ละชนิดด้วยโดยในการผลิตก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร จะต้องใช้มูลโค 6 ตัว^{4/}

2) สร้างชุดอุปกรณ์ในการผลิตและเก็บก๊าซชีวภาพ และชุดเตาแก๊ส

3) เริ่มดำเนินการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยนำมูลโค หรือกากตะกอนของบ่อหมักก๊าซชีวภาพจากแหล่งอื่นๆ เช่น บ่อบำบัดน้ำเสียแบบเปิด ฯลฯ ทำการผสมกับน้ำอีก 1 ส่วน หมักทิ้งไว้ในบ่อ Biogas

4) ดำเนินการเติมวัตถุดิบที่สามารถเน่าเสียหรือย่อยสลายได้ เช่น มูลสัตว์ ลงในบ่อ Biogas ตามปกติ

5) เมื่อเกิดก๊าซครั้งแรกสีเปลวไฟจะเป็นสีส้ม หรืออาจจุดไม่ติดไฟ ให้ปล่อยก๊าซออกให้หมดก่อน จากนั้นจึงรอก๊าซรอบใหม่

6) ทำการต่อก๊าซชีวภาพเข้ากับชุดเตาแก๊สที่ขยายรูส่งก๊าซเรียบร้อยแล้ว การใช้งานให้เปิดเตาแก๊สแล้วใช้ไฟจุด เปลวไฟจะเป็นสีฟ้า

ข้อควรระวัง: หากดำเนินการใช้งานไประยะหนึ่งแล้ว พบว่า มีกากตะกอนเป็นจำนวนมากจนไม่สามารถเติมวัตถุดิบได้ ให้เปิดวาล์วระบายกากเพื่อนำกากตะกอนไปใช้ประโยชน์ต่อไป

ข้อมูลจากสัมภาษณ์เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม พบว่า กรณีฟาร์มที่ไม่มีเครื่องคัดแยกกากตะกอนก่อนเข้าสู่บ่อ Biogas จะพบปัญหานี้มากกว่าฟาร์มที่มีเครื่องแยกกากตะกอน เนื่องจากมูลโคมีปริมาณน้ำหนักเบา ทำให้ลอยอยู่บนผิวน้ำ ต่างจากมูลสุกร ที่มีปริมาณน้ำหนักรวมมากกว่าจึงจมอยู่ก้นบ่อ ดังนั้น เมื่อมูลโคที่ลอยน้ำเริ่มแข็งตัวจนกลายเป็นแผ่นฟิล์มขนาดใหญ่และหนา ทำให้เกิดการอุดตันของก๊าซชีวภาพที่ไม่สามารถไหลผ่านรูของท่อไปยังชุดเตาแก๊ส หรือส่วนต่างๆ ได้ ส่งผลให้บ่อ Biogas มีลักษณะแฟบ หรือฟองตัวได้ไม่เต็มที่ ขณะที่ฟาร์มที่มีเครื่องแยกกากตะกอน จะมีเฉพาะน้ำหรือส่วนที่เป็นของเหลวไหลลงไปบ่อ Biogas ทำให้ไม่เกิดปัญหาการอุดตัน และสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้มากกว่า บ่อ Biogas มีการฟองตัวตลอดเวลา

3.2.2 ข้อควรพิจารณาก่อนการสร้างบ่อ Biogas^{5/} จะต้องพิจารณาใน 2 ประเด็นหลักๆ ดังนี้

1) การเลือกสถานที่ ควรเลือกสถานที่ที่มีแสงสว่างส่องถึง หรือกลางแจ้ง เป็นบริเวณที่น้ำท่วมไม่ถึง มีระดับน้ำใต้ดินลึก ควรอยู่ห่างจากบ่อน้ำสำหรับอุปโภคบริโภคไม่น้อยกว่า 1.5 เมตร เพื่อป้องกันสารที่อาจซึมมาจากบ่อ Biogas ก่อนการสร้างบ่อ Biogas ควรสำรวจพื้นที่และชนิดของดินก่อน ไม่ควรขุดหลุมใต้ต้นไม้หรือในที่ร่ม เพราะจุลินทรีย์จะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ในส่วนของพื้นที่สร้าง ควรเป็นพื้นที่ลาดเอียงต่ำกว่าระดับคอกสัตว์เล็กน้อยเพื่อให้มูลสัตว์ไหลระบายเข้าบ่อได้เอง หรืออาจใช้เครื่องแยกกากตะกอนร่วมด้วย เพื่อป้องกันปัญหาการอุดตันของบ่อ Biogas สำหรับระยะห่างจากหลุมถึงห้องครัว หรือบ้านพักอาศัย ควรเว้นระยะห่างประมาณ 10 – 20 เมตร ไม่ควรใกล้เกินไป เพราะหากมีการประกอบอาหารโดยใช้ฟืนจะทำให้ถ้าถ่านปลิวตกบนถุงหมัก และอาจเกิดการระเบิดได้ และหากติดตั้งใกล้เกินไป อาจส่งผลให้แรงดันก๊าซน้อย ไฟไม่แรงเพียงพอ

^{3/} เรื่องเดียวกัน, หน้า 9

^{4/} เรื่องเดียวกัน, หน้า 7

^{5/} เรื่องเดียวกัน, หน้า 12

2) การเลือกแบบบ่อ Biogas การเลือกแบบบ่อ Biogas ควรเลือกให้เหมาะสมกับสภาพของแต่ละฟาร์มหรือพื้นที่โดยยึดหลักประหยัดค่าใช้จ่าย ก่อสร้างง่าย มีประสิทธิภาพสูงเหมาะกับการใช้พลังงานประจำวันและเพื่อให้ได้ปริมาณก๊าซตามที่ต้องการ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงประกอบด้วย (1) สถานที่ (2) ขนาดของบ่อ Biogas (ลูกบาศก์เมตร) (3) ลักษณะของแบบ หรือรูปทรงของบ่อที่เหมาะสม (4) ขนาดของฟาร์ม (จำนวนสัตว์ที่เลี้ยงในฟาร์ม) โดยจะสัมพันธ์กับปริมาณมูลที่ถ่ายออกมาในแต่ละวัน (5) เงินทุนที่ใช้ในการลงทุนก่อสร้าง (6) การใช้กระแสไฟฟ้าภายในฟาร์ม (7) วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้างบ่อก๊าซชีวภาพ และ (8) หน่วยงานราชการที่ให้คำปรึกษาเฉพาะด้านหรือสนับสนุนที่เกี่ยวข้องกับก๊าซชีวภาพ เช่น กรมพัฒนาพลังงานทดแทน กรมปศุสัตว์ เป็นต้น

3.2.3 รูปแบบของอุปกรณ์ผลิตก๊าซชีวภาพสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ^{6/} มี 3 ประเภท ดังนี้

1) การผลิตก๊าซชีวภาพแบบโดมคงที่ (Fixed Dome Digester) เป็นรูปแบบที่มีการฝังบ่อหมักไว้ใต้ดิน บ่อมีลักษณะเป็นรูปโดมโค้ง เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ มีข้อดี ตรงที่สามารถประหยัดเนื้อที่ เนื่องจากมีการฝังบ่อหมักไว้ใต้ดิน ดินในบริเวณโดยรอบยังสามารถช่วยป้องกันการแตกร้าวของบ่อหมักได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตาม มีข้อพึงระวัง ไม่ควรติดตั้งบ่อในบริเวณที่มีระบบน้ำใต้ดินปริมาณสูง และมีค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง เนื่องจากต้องอาศัยความชำนาญในการดำเนินการก่อสร้าง อาจไม่เหมาะกับฟาร์มโคนมขนาดเล็ก



ที่มา: กรมปศุสัตว์

ภาพที่ 3.1 การผลิตก๊าซชีวภาพแบบโดมคงที่ (Fixed Dome Digester)

2) การผลิตก๊าซชีวภาพแบบถังลอย (Floating Drum Digester) เป็นรูปแบบของถังที่ใช้สำหรับเก็บก๊าซชีวภาพ มีข้อดีตรงที่ใช้พื้นที่น้อย เหมาะสำหรับฟาร์มขนาดเล็กที่มีพื้นที่ไม่มาก การดูแลรักษาไม่ยุ่งยากลงทุนไม่สูงมาก อย่างไรก็ตาม บ่อในลักษณะนี้ มีพื้นที่กักเก็บค่อนข้างน้อยอาจส่งผลต่อแรงดันก๊าซมีปริมาณที่ต่ำมาก หากติดตั้งในระยะที่ไม่เหมาะสม

^{6/} เรื่องเดียวกัน, หน้า 13



ที่มา: กรมปศุสัตว์

ภาพที่ 3.2 การผลิตก๊าซชีวภาพแบบถังลอย (Floating Drum Digester)

3) การผลิตก๊าซชีวภาพแบบถุงหมักก๊าซ (PVC Biogas Bag) เป็นรูปแบบที่ใช้กันอย่างมากในฟาร์มปศุสัตว์ ซึ่งวัสดุผลิตจาก PVC เหมาะสำหรับใช้ในระดับครัวเรือน ฟาร์มขนาดกลาง และขนาดเล็ก การบำรุงรักษาไม่ยุ่งยาก อย่างไรก็ตาม เนื่องจากวัสดุที่ทำจากผ้าใบ ซึ่งเป็นวัสดุที่ไม่มีความคงทน อาจเสี่ยงต่อการฉีกขาด หากมีการใช้งานหรือติดตั้งในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม และอายุการใช้งานค่อนข้างจำกัดอยู่ที่ประมาณ 5-10 ปี ขึ้นอยู่กับลักษณะการติดตั้ง การใช้งาน และการบำรุงรักษาของผู้ใช้แต่ละราย



ที่มา: กรมปศุสัตว์

ภาพที่ 3.3 การผลิตก๊าซชีวภาพแบบถุงหมักก๊าซ (PVC Biogas Bag)

3.3 การบริหารจัดการมูลภายในฟาร์มโคนม

มูล (Manure) คือ สิ่งปฏิกูลที่เกิดจากการขับถ่ายออกมาเป็นของเสีย จากการย่อยอาหาร ไม่ว่าจะอยู่ในรูปของของแข็ง ของเหลว ที่ปศุสัตว์ขับถ่ายออกมา หากไม่มีการจัดการอย่างเหมาะสม อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพ สุขอนามัย และส่งผลกระทบต่อภายนอก (Negative Externalities) ให้กับฟาร์ม ชุมชนบริเวณโดยรอบ และสิ่งแวดล้อมได้

สำหรับฟาร์มโคนม มีการจัดการมูลอยู่ทั้งสิ้น 7 รูปแบบ ตามรูปแบบของ IPCC^{7/} ดังต่อไปนี้

3.3.1 ทุ่งหญ้า (Pasture/range/paddock) มูลโคนมที่เลี้ยงไว้มีการปล่อยลงทุ่งหญ้าทิ้งในพื้นที่โดยไม่มีจัดการใดๆ



ที่มา: กรมปศุสัตว์

ภาพที่ 3.4 การจัดการมูลแบบปล่อยลงทุ่งหญ้า (Pasture/range/paddock)

3.3.2 การเกลี่ย/ผึ่งตากรายวัน (daily spread) มูลโคและปัสสาวะที่ปล่อยออกมาแล้วถูกเก็บด้วยวิธีการโกย หรือใช้รถตักแล้วนำไปใส่พื้นที่เปิด เช่น ลานกว้าง พื้นที่เพาะปลูก เป็นต้น เพื่อตากแดดให้แห้ง โดยมากมักทำเป็นรายวัน



ที่มา: กรมปศุสัตว์

ภาพที่ 3.5 การจัดการมูลแบบเกลี่ย/ผึ่งตากรายวัน (daily spread)

3.3.3 การเก็บแบบของแข็ง (solid storage) มูลโคและปัสสาวะที่ปล่อยออกมาในช่อง/คอก (stall) สำหรับกรณีที่มีการเลี้ยงแบบผูกยืนโรง ของเสียที่เป็นของแข็งที่มีหรือไม่มีวัสดุรองพื้นจะถูกเก็บออกจากคอก

^{7/} ระบบการจัดการมูลสัตว์ (Manure Management Systems)

https://pubhtml5.com/nzcaj/yubb/%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%9A%E0%B8%9A%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%94%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%A1%E0%B8%B9%E0%B8%A5_Manure_Management_Systems/

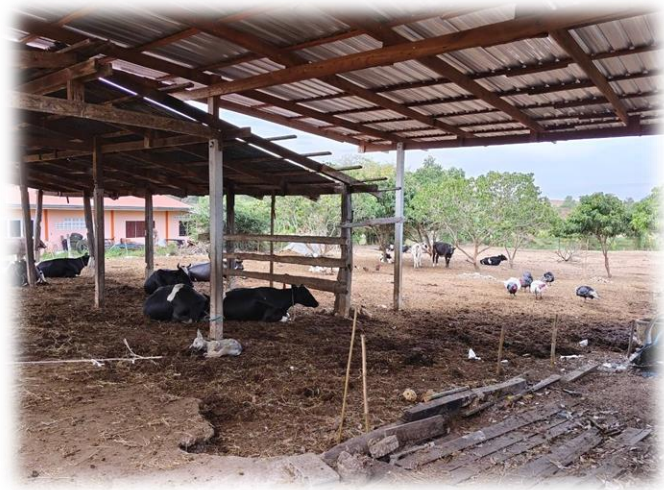
แต่ถูกกองรวมไว้เป็นเวลานาน (หลายเดือน) ก่อนนำไปใช้/กำจัด โดยมูลสัตว์สามารถทำกอง (stacks) ได้ เพราะมีวัสดุรองพื้นในมูลมากพอหรือน้ำในมูลระเหยออกจนมูลแห้งเพียงพอ



ที่มา: Thaipublica

ภาพที่ 3.6 การจัดการมูลแบบการเก็บเป็นกองแข็ง (solid storage)

3.3.4 การเก็บในที่แห้ง (drylot) ในกรณีที่มีการเลี้ยงโคนมในพื้นที่ที่มีขอบเขตแต่ไม่มีสิ่งปกคลุม (หลังคา) และตาดหรือไม่มีตาดพื้นที่ก็ได้ (paved and unpaved open confinement area) โดยมูลโคที่ถูกรั้งแห้งและสะสมไว้อาจถูกเก็บออกเป็นระยะๆ การเก็บแบบแห้งมักพบในภูมิภาคอากาศแห้ง (dry climate) และพบบ้างในภูมิภาคอากาศชื้น (humid climate)



ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

ภาพที่ 3.7 การจัดการมูลแบบการเก็บในที่แห้ง (drylot)

3.3.5 การทิ้งมูลสัตว์ในคอก/โรงเรือนเป็นชั้นหนา (deep bedding) มูลโคที่ขับถ่ายออกมาสะสมบนวัสดุรองพื้นในคอกเลี้ยงสัตว์เป็นระยะตลอดรอบการเลี้ยงเพื่อควบคุมความชื้นในคอก โดยอาจนานถึง 6-12 เดือน โดยอาจดำเนินการร่วมกับการเก็บในที่แห้งหรือการเลี้ยงปล่อยทุ่ง



ที่มา: กรมปศุสัตว์

ภาพที่ 3.8 การจัดการมูลแบบทิ้งมูลสัตว์ในคอก/โรงเรือนเป็นชั้นหนา (deep bedding)

3.3.6 บ่อไร้อากาศแบบเปิด (uncovered anaerobic lagoon) มูลโคที่ขับถ่ายออกมาแล้วมีการฉีดล้างด้วยน้ำ ผ่านร่องน้ำหรือทางน้ำเพื่อให้มูลลงในบ่อเปิดที่มีการบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ (บ่อเกรอะ) โดยอาจถูกเก็บไว้นานถึง 1 ปี หรือมากกว่านั้น และน้ำใสภายในบ่อสามารถนำกลับมาใช้เป็นน้ำล้างหรือใช้รดในพื้นที่เพาะปลูกเพื่อเป็นปุ๋ยได้



ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

ภาพที่ 3.9 การจัดการมูลแบบบ่อไร้อากาศแบบเปิด (uncovered anaerobic lagoon)

3.3.7 บ่อหมักไร้อากาศ (anaerobic digester) มูลโคและปัสสาวะที่ขับถ่ายออกมา จะถูกเก็บรวบรวมและหมักแบบไร้อากาศแบบปิด หรือที่เรียกว่า บ่อก๊าซชีวภาพ (Biogas) ก๊าซมีเทน (CH_4) ที่เกิดขึ้นจะถูกกักเก็บถูกเผา (flare) หรือถูกใช้เป็นเชื้อเพลิง และการปล่อยก๊าซมีเทนในบ่อหมักไร้อากาศเกิดจากการรั่วไหล



ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

ภาพที่ 3.10 การจัดการมูลแบบบ่อหมักไร้อากาศ (anaerobic digester)

3.3.8 ระบบจัดการแบบอื่น (other manure management) มูลโคที่ถูกจัดการด้วยระบบหรือวิธีการอื่นนอกเหนือจากที่กำหนดข้างต้น

3.4 มาตรฐานฟาร์มโคนมในประเทศไทย

สำหรับมาตรฐานฟาร์มด้านปศุสัตว์ของประเทศไทย แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

3.4.1 ฟาร์มที่มีระบบการป้องกันโรคและการเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสม (Good Farming Management: GFM)

ตามระเบียบกรมปศุสัตว์ว่าด้วยการขอรับและออกใบรับรองฟาร์มที่มีระบบการป้องกันโรคและการเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสม พ.ศ. 2560 ได้บังคับใช้กับฟาร์มปศุสัตว์ รวมถึงฟาร์มโคนม เพื่อให้เกิดการยกระดับที่มีระบบการป้องกันและการเลี้ยงปศุสัตว์ที่เหมาะสม สามารถช่วยลดความสูญเสียของเกษตรกรจากปัญหาโรคระบาด มีผลผลิตที่ดีมีคุณภาพ และเป็นการเตรียมความพร้อมเพื่อพัฒนาให้เป็นฟาร์มที่มีการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีด้านปศุสัตว์ โดยดำเนินการ ตามหลักวิชาการและมีการปฏิบัติงานในแนวทางเดียวกัน

โดยจะมีคณะผู้ทำการตรวจประเมินที่ได้รับการแต่งตั้งจากกรมปศุสัตว์ มีการตรวจประเมินในด้านต่างๆ ประกอบด้วย 1) พื้นที่เลี้ยงและโครงสร้าง 2) การจัดการโรงเรือนหรือเล้าและอุปกรณ์ 3) การจัดการยานพาหนะ 4) การจัดการบุคคล 5) การจัดการด้านสุขภาพ 6) การจัดการอาหาร น้ำ และยาสัตว์ 7) การจัดการข้อมูล 8) การจัดการสิ่งแวดล้อม 9) คุณภาพน้ำนมดิบ และ 10) สุขศาสตร์การรีดนมและการจัดการเครื่องรีดนม

ในส่วนของฟาร์มโคนมของเกษตรกรที่ได้รับมาตรฐาน GFM จะได้รับสิทธิประโยชน์ในด้านรายได้ที่มากขึ้น จากผลผลิตที่ดีมีคุณภาพ มีรายจ่ายที่ลดลง จากการรักษาสัตว์ป่วย หากเกิดโรคระบาด อีกทั้งยังเพิ่มโอกาสในการได้รับพิจารณาเข้าร่วมโครงการของกรมปศุสัตว์ด้วย นอกจากนี้ ยังสามารถเข้าร่วมประมูลโครงการนมโรงเรียน และยังได้รับมาตรฐาน Good Manufacturing Practices (GMP) ของศูนย์รับนม

3.4.2 แนวทางปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (Good Agricultural Practices: GAP)

จากคู่มือแนวทางปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (Good Agricultural Practices: GAP) หรือมาตรฐาน GAP สำหรับฟาร์มเลี้ยงสัตว์ (Livestock Farm Standard) ของกรมปศุสัตว์ ซึ่งเป็นหน่วยงานหลักที่มีหน้าที่กำกับดูแลการบริหารจัดการฟาร์มโคนมให้เป็นมาตรฐาน ทั้งในเรื่องของมาตรฐานฟาร์มโคนม โดยสำนักงานปศุสัตว์จังหวัดในแต่ละพื้นที่ในความร่วมมือกับศูนย์วิจัยฯ/สถานีวิจัยฯ ดำเนินการปรับแผนผังฟาร์ม แนวรั้ว โรงเรือน รวมทั้งการจัดการฝูงโคระยะต่างๆ เพื่อให้เข้าสู่มาตรฐานฟาร์มของกรมปศุสัตว์ และมาตรฐานฝูงโคนม ที่ฟาร์มแต่ละแห่งโดยความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาจากสำนักงานปศุสัตว์จังหวัด โดยมีวัตถุประสงค์ในการจัดการฟาร์มเลี้ยงสัตว์ การจัดการสุขภาพสัตว์ การจัดการสิ่งแวดล้อม และการจัดการด้านสวัสดิภาพสัตว์ เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ ถูกสุขลักษณะ และปลอดภัยต่อผู้บริโภค มีการดำเนินการโดยคณะผู้ตรวจรับรองที่ได้รับ การแต่งตั้งจากกรมปศุสัตว์ในการรับรองมาตรฐานให้กับฟาร์มปศุสัตว์

บทที่ 4 ผลการวิจัย

4.1 ต้นทุนการจัดการมูลโคนมเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

สำหรับการคำนวณต้นทุนที่เกิดจากการจัดการมูลโคนมเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการวิจัยครั้งนี้โครงการส่งเสริมระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มโคนม ปี 2567 ของกรมปศุสัตว์ เป็นการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ และติดตั้งอุปกรณ์ที่รองรับการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ โดยระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ (บ่อ Biogas) จะมีอายุการใช้งานประมาณ 10 ปี ทำให้การคำนวณต้นทุน และผลประโยชน์ของโครงการจำเป็นต้องมีการรวมต้นทุน และผลประโยชน์ ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาต่างๆ กันเพื่อเปรียบเทียบหรือรวมค่ากันได้ จึงใช้การคำนวณมูลค่าปัจจุบันหรือการคิดลด โดยใช้อัตราคิดลดที่ร้อยละ 6.125 จากการดำเนินโครงการ เมื่อวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ ในการลงทุนก่อสร้างบ่อ Biogas ของฟาร์มโคนมที่เข้าร่วมโครงการส่งเสริมระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มโคนม ปี 2567 ของกรมปศุสัตว์ จำนวน 20 ฟาร์ม พบว่า มีฟาร์มโคนมที่คุ้มค่าในการลงทุน จำนวน 15 ฟาร์ม ที่มี NPV เป็นบวก ส่วนที่เหลือมี NPV เป็นลบ ได้แก่ ฟาร์มขนาดเล็กที่ 1 และ 3 ฟาร์มขนาดกลางที่ 2 และฟาร์มขนาดใหญ่ที่ 1 และ 5 สาเหตุมาจากต้นทุนรายปีที่สูง ผลประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการต่ำกว่าต้นทุนรวม โดยเฉพาะกรณีที่ปริมาณการผลิตหรือการลดก๊าซมีค่าน้อย อย่างไรก็ตามในภาพรวมของโครงการมีต้นทุนการก่อสร้างระบบทั้งหมดอยู่ที่ 2,128,000 บาท และมีต้นทุนรายปีรวม 95,800.22 บาท ผลประโยชน์จากการดำเนินโครงการรวมทั้งหมด 951,669.97 บาท เมื่อคิด NPV รวม 4,134,137.77 บาท แสดงว่าโครงการโดยรวมมีความคุ้มค่าในการลงทุน (ตารางที่ 4.1-4.4)

ตารางที่ 4.1 ต้นทุนและมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์สุทธิจากการดำเนินโครงการของฟาร์มขนาดเล็ก

หน่วย: บาท

ฟาร์มที่	ต้นทุน		ผลประโยชน์	
	การก่อสร้างระบบ	ต้นทุนรายปี	จากการดำเนินโครงการ	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ
ฟาร์มขนาดเล็กที่ 1	100,000.00	6,000.00	15,770.83	-28,509.82
ฟาร์มขนาดเล็กที่ 2	100,000.00	6,000.00	21,114.98	10,591.67
ฟาร์มขนาดเล็กที่ 3	100,000.00	800.00	3,395.75	-81,007.68
ฟาร์มขนาดเล็กที่ 4	100,000.00	3,000.00	23,677.39	51,290.14
ฟาร์มขนาดเล็กที่ 5	100,000.00	1,801.60	26,431.38	80,208.57
รวม	500,000.00	17,601.60	90,390.33	32,572.88

ที่มา: ภาคผนวกที่ 2

ตารางที่ 4.2 ต้นทุนและมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์สุทธิจากการดำเนินโครงการของฟาร์มขนาดกลาง

หน่วย: บาท

ฟาร์มที่	ต้นทุน		ผลประโยชน์	
	การก่อสร้างระบบ	ต้นทุนรายปี	จากการดำเนินโครงการ	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ
ฟาร์มขนาดกลางที่ 1	100,000.00	6,857.14	26,101.09	40,802.11
ฟาร์มขนาดกลางที่ 2	100,000.00	3,000.00	4,726.00	-87,371.40
ฟาร์มขนาดกลางที่ 3	100,000.00	18,000.00	92,096.27	442,139.78
ฟาร์มขนาดกลางที่ 4	130,000.00	2,625.00	110,937.65	662,490.59
ฟาร์มขนาดกลางที่ 5	100,000.00	2,250.00	59,898.29	321,794.92
ฟาร์มขนาดกลางที่ 6	100,000.00	2,250.00	64,339.28	354,288.29
ฟาร์มขนาดกลางที่ 7	130,000.00	9,715.00	116,219.50	649,260.94
ฟาร์มขนาดกลางที่ 8	109,000.00	998.30	82,037.64	483,940.15
ฟาร์มขนาดกลางที่ 9	130,000.00	710.88	34,651.02	118,329.64
รวม	999,000.00	46,406.32	591,006.73	2,985,675.02

ที่มา: ภาคผนวกที่ 2

ตารางที่ 4.3 ต้นทุนและมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์สุทธิจากการดำเนินโครงการของฟาร์มขนาดใหญ่

หน่วย: บาท

ฟาร์มที่	ต้นทุน		ผลประโยชน์	
	การก่อสร้างระบบ	ต้นทุนรายปี	จากการดำเนินโครงการ	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ
ฟาร์มขนาดใหญ่ที่ 1	100,000.00	9,000.00	18,516.67	-30,369.42
ฟาร์มขนาดใหญ่ที่ 2	110,000.00	1,796.26	51,292.31	252,147.49
ฟาร์มขนาดใหญ่ที่ 3	105,000.00	5,558.66	68,272.56	353,858.46
ฟาร์มขนาดใหญ่ที่ 4	100,000.00	600.00	52,342.43	278,583.59
ฟาร์มขนาดใหญ่ที่ 5	108,000.00	10,337.38	19,828.94	-38,553.15
ฟาร์มขนาดใหญ่ที่ 6	106,000.00	4,500.00	60,020.00	300,222.90
รวม	629,000.00	31,792.30	270,272.91	1,115,889.87

ที่มา: ภาคผนวกที่ 2

เมื่อวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ จำแนกตามขนาดฟาร์ม จะเห็นได้ว่าฟาร์มโคนมทั้ง 3 ขนาดมีความคุ้มค่าในการลงทุน กล่าวคือ มูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิ มีค่าเป็นบวก หมายความว่า โครงการให้ผลกำไร หรือมีค่าตอบแทนคุ้มค่าที่จะลงทุน โดยฟาร์มขนาดกลางมี NPV สูงกว่าฟาร์มขนาดอื่น ๆ โดยมี NPV เฉลี่ย 331,741.67 บาท/ฟาร์ม สะท้อนถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจสูงสุดเมื่อเทียบกับต้นทุนที่ใช้ ซึ่งต้นทุนการก่อสร้างระบบ Biogas ใช้ต้นทุนเริ่มต้นไม่ต่างกันมากของแต่ละขนาด อยู่ในช่วงใกล้เคียงกัน ระหว่าง 100,000 ถึง 111,000 บาท/ฟาร์ม และเมื่อพิจารณาผลประโยชน์จากการดำเนินโครงการจะเห็นได้ว่าแม้ฟาร์มขนาด

กลางและขนาดใหญ่จะมีต้นทุนรายปีที่สูงกว่าฟาร์มขนาดเล็กแต่ได้รับผลประโยชน์จากการดำเนินโครงการที่สูงเช่นเดียวกัน โดยฟาร์มขนาดกลางมีผลประโยชน์จากโครงการสูงที่สุด 65,667.41 บาท/ปี รองลงมาคือฟาร์มขนาดใหญ่ 45,045.49 บาท/ปี และต่ำสุดคือฟาร์มขนาดเล็ก 18,078.06 บาท/ปี สำหรับสาเหตุที่ฟาร์มขนาดกลางให้ผลประโยชน์สูงกว่า มาจากความสมดุลระหว่างปริมาณมูลสัตว์ที่มากพอให้เกิดการผลิตก๊าซชีวภาพ และต้นทุนการดูแลระบบที่ยังไม่สูงเกินไป (ตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.4 ต้นทุนและมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์สุทธิจากการดำเนินโครงการเฉลี่ยตามขนาดฟาร์มและทั้งโครงการ

หน่วย: บาท/ฟาร์ม

ฟาร์มที่	ต้นทุน การก่อสร้างระบบ	ต้นทุน รายปี	ผลประโยชน์ จากการดำเนินโครงการ	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ
ฟาร์มขนาดเล็ก	100,000.00	3,520.32	18,078.06	6,514.58
ฟาร์มขนาดกลาง	111,000.00	5,156.26	65,667.41	331,741.67
ฟาร์มขนาดใหญ่	104,833.33	5,298.72	45,045.49	185,981.65
รวมทั้งโครงการ	2,128,000.00	95,800.22	951,669.97	4,134,137.77
เฉลี่ยทั้งโครงการ	106,400.00	4,790.01	47,583.50	206,706.89

ที่มา: ภาคผนวกที่ 2

4.2 การคำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการมูลโคนม

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้คำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกตามระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program: T-VER) โดยการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำแนกเป็นการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Emission) จากการดำเนินโครงการ (Project Emission) และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ (Leakage Emission) และการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง (Emission Reduction) จากการคำนวณตามระเบียบวิธีของ T-VER พบว่า ฟาร์มโคนมที่เข้าร่วมโครงการมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐาน (Baseline Emission) หรือมีการจัดการมูลแบบบ่อไร้อากาศแบบเปิด (Uncovered anaerobic lagoon) เท่ากับ 693.90 tCO₂e/ปี ขณะที่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (Project Emission) หรือเมื่อดำเนินการจัดการมูลด้วยระบบบ่อหมักชีวภาพ (Anaerobic Digester) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงเหลือ 93.30 tCO₂e/ปี ส่งผลให้สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ถึง 600.60 tCO₂e/ปี หรือลดลงได้ร้อยละ 86.55 (ตารางที่ 4.5-4.7)

สำหรับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ (Leakage Emission) เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากโครงการอื่น ๆ ที่ได้รับผลกระทบจากการดำเนินงานของโครงการลดก๊าซเรือนกระจกนั้น โดยในการดำเนินโครงการ จะไม่มีการดำเนินงานที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโครงการอื่น ๆ จึงไม่ต้องพิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน (Baseline Emission) และจากการดำเนินโครงการ (Project Emission) ของฟาร์มขนาดเล็ก

หน่วย: tCO₂e/ปี

รายการ	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก		
	กรณีฐาน (Baseline Emission)	การดำเนินโครงการ (Project Emission)	ผลต่าง
ฟาร์มขนาดเล็กที่ 1	9.18	1.22	7.96
ฟาร์มขนาดเล็กที่ 2	16.81	2.24	14.57
ฟาร์มขนาดเล็กที่ 3	2.29	0.30	1.99
ฟาร์มขนาดเล็กที่ 4	17.43	2.32	15.11
ฟาร์มขนาดเล็กที่ 5	13.63	1.84	11.79
รวมปริมาณการปล่อย ก๊าซเรือนกระจก	59.34	7.92	51.42

หมายเหตุ : ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ (tCO₂e/ปี) เป็น 0 เนื่องจากโครงการนี้ไม่ได้รับผลกระทบจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกโครงการ

ที่มา: ภาคผนวกที่ 3

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน (Baseline Emission) และจากการดำเนินโครงการ (Project Emission) ของฟาร์มขนาดกลาง

หน่วย: tCO₂e/ปี

รายการ	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก		
	กรณีฐาน (Baseline Emission)	การดำเนินโครงการ (Project Emission)	ผลต่าง
ฟาร์มขนาดกลางที่ 1	19.38	2.58	16.80
ฟาร์มขนาดกลางที่ 2	1.63	0.22	1.41
ฟาร์มขนาดกลางที่ 3	75.15	9.99	65.16
ฟาร์มขนาดกลางที่ 4	62.62	8.33	54.29
ฟาร์มขนาดกลางที่ 5	40.00	5.32	34.68
ฟาร์มขนาดกลางที่ 6	46.29	6.16	40.13
ฟาร์มขนาดกลางที่ 7	92.23	12.66	79.57
ฟาร์มขนาดกลางที่ 8	71.31	9.49	61.82
ฟาร์มขนาดกลางที่ 9	29.81	3.98	25.83
รวมปริมาณการปล่อย ก๊าซเรือนกระจก	438.42	58.73	379.69

หมายเหตุ : ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ (tCO₂e/ปี) เป็น 0 เนื่องจากโครงการนี้ไม่ได้รับผลกระทบจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกโครงการ

ที่มา: ภาคผนวกที่ 3

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน (Baseline Emission) และจากการดำเนินโครงการ (Project Emission) ของฟาร์มขนาดใหญ่

หน่วย: tCO₂e/ปี

รายการ	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก		
	กรณีฐาน (Baseline Emission)	การดำเนินโครงการ (Project Emission)	ผลต่าง
ฟาร์มขนาดใหญ่ที่ 1	11.42	1.52	9.90
ฟาร์มขนาดใหญ่ที่ 2	34.62	4.61	30.01
ฟาร์มขนาดใหญ่ที่ 3	59.09	7.91	51.18
ฟาร์มขนาดใหญ่ที่ 4	43.46	5.78	37.68
ฟาร์มขนาดใหญ่ที่ 5	10.35	1.90	8.45
ฟาร์มขนาดใหญ่ที่ 6	37.20	4.95	32.25
รวมปริมาณการปล่อย ก๊าซเรือนกระจก	196.14	26.67	169.47

หมายเหตุ : ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ (tCO₂e/ปี) เป็น 0 เนื่องจากโครงการนี้ไม่ได้รับผลกระทบจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกโครงการ

ที่มา: ภาคผนวกที่ 3

หากวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำแนกตามขนาดของฟาร์ม ประกอบด้วยขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ พบว่า ทั้ง 3 ขนาด มีศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกสูงถึงร้อยละ 86.55 แสดงให้เห็นว่า เทคโนโลยีหรือมาตรการที่ใช้มีประสิทธิภาพสูง โดยฟาร์มขนาดกลางสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุดในเชิงปริมาณรวม โดยสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้เฉลี่ย 42.19 tCO₂e/ปี/ฟาร์ม หรือสามารถลดได้ถึงร้อยละ 86.60 สะท้อนถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกเริ่มต้นที่สูงมากที่สุดในกลุ่ม มีศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกมากกว่าฟาร์มขนาดเล็กและใหญ่ รองลงมาเป็นฟาร์มขนาดใหญ่ สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 28.25 tCO₂e/ปี/ฟาร์ม หรือร้อยละ 86.40 และฟาร์มขนาดเล็ก สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 10.28 tCO₂e/ปี/ฟาร์ม หรือร้อยละ 86.65 ตามลำดับ และฟาร์มขนาดกลางแม้มีอัตราการลดร้อยละใกล้เคียงกับขนาดอื่น แต่ปริมาณการลดจริงมากที่สุด 42.19 tCO₂e/ปี/ฟาร์ม เนื่องจากมีการปล่อยเริ่มต้นสูงกว่า การส่งเสริมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกลุ่มฟาร์มขนาดกลางจึงช่วยให้ปริมาณการลดโดยรวมสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว (ตารางที่ 4.8)

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน (Baseline Emission) และจากการดำเนินโครงการ (Project Emission) เฉลี่ยตามขนาดฟาร์มและทั้งโครงการ

หน่วย: tCO₂e/ปี

รายการ	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก			ร้อยละของผลต่าง
	กรณีฐาน	การดำเนินโครงการ	ผลต่าง	
ฟาร์มขนาดเล็ก	11.87	1.58	10.28	86.65
ฟาร์มขนาดกลาง	48.71	6.53	42.19	86.60
ฟาร์มขนาดใหญ่	32.69	4.45	28.25	86.40
เฉลี่ยทั้งโครงการ	34.70	4.67	30.03	86.55

ที่มา: ภาคผนวกที่ 3

4.3 ต้นทุนส่วนเพิ่มการลดก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการมูลโคนม

การศึกษาต้นทุนส่วนเพิ่มการลดก๊าซเรือนกระจก (Marginal Abatement Cost: MAC) จากการจัดการมูลโคนม ได้จากการนำผลการคำนวณของมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์สุทธิ (NPV) หาดด้วยผลต่างจากการคำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงระหว่างการจัดการมูลโคนมจากการดำเนินโครงการหรือการจัดการมูลโคนมด้วยระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ กับการจัดการมูลโคนมกรณีฐาน หรือแบบบ่อไร้อากาศแบบเปิด ผลที่ได้จากการคำนวณ จะแสดงในรูปต้นทุนต่อการลดก๊าซเรือนกระจก 1 หน่วยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ในที่นี้คือ 1 ตัน คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หรือ 1 tCO₂e

จากข้อมูลต้นทุนส่วนเพิ่มการลดก๊าซเรือนกระจก (MAC) ของฟาร์มโคนม จำนวน 20 แห่ง พบว่ามีค่า MAC เฉลี่ยทั้งโครงการเท่ากับ -6,883.35 บาท/tCO₂e สะท้อนว่าโดยรวมโครงการมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ กล่าวคือ มีผลประโยชน์สุทธิสูงกว่าต้นทุนที่ใช้ในการลดก๊าซเรือนกระจก อย่างไรก็ตาม ในฟาร์มขนาดเล็กที่ 3 และฟาร์มขนาดกลางที่ 2 มีค่า MAC เท่ากับ 40,707.38 และ 61,965.53 ตามลำดับ นับว่ามีค่า MAC ที่สูงกว่าฟาร์มอื่นๆ เนื่องจากทั้งสองฟาร์มมีต้นทุนที่เกิดจากการใช้บ่อ Biogas ที่สูงกว่าผลประโยชน์ (-NPV) อยู่ที่ -81,007.68 บาท และ -87,371.40 บาท ปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกในสัดส่วนที่ต่ำกว่าฟาร์มอื่นๆ เท่ากับ 1.99 tCO₂e/ปี และ 1.41 tCO₂e/ปี แสดงถึงปริมาณการนำมูลเข้าบ่อ Biogas ที่น้อย และมีจำนวนฝูงโคนน้อยกว่าฟาร์มอื่น ๆ ทำให้มีต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจกที่สูงกว่าฟาร์มอื่นๆ (ตารางที่ 4.9-4.11)

ตารางที่ 4.9 ต้นทุนส่วนเพิ่มการลดก๊าซเรือนกระจกจากมาตรการจัดการมูลสัตว์ของฟาร์มขนาดเล็ก

รายการ	ต้นทุนการดำเนินโครงการ (บาท)	NPV (บาท)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (tCO ₂ e/ปี)	MAC (บาท/tCO ₂ e/ปี)
ฟาร์มขนาดเล็กที่ 1	100,000.00	-28,509.82	7.96	3,581.64
ฟาร์มขนาดเล็กที่ 2	100,000.00	10,591.67	14.57	-726.95
ฟาร์มขนาดเล็กที่ 3	100,000.00	-81,007.68	1.99	40,707.38
ฟาร์มขนาดเล็กที่ 4	100,000.00	51,290.14	15.11	-3,394.45
ฟาร์มขนาดเล็กที่ 5	100,000.00	80,208.57	11.79	-6,803.10
รวม	500,000.00	32,572.88	51.43	33,364.52

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางที่ 4.10 ต้นทุนส่วนเพิ่มการลดก๊าซเรือนกระจกจากมาตรการจัดการมูลสัตว์ของฟาร์มขนาดกลาง

รายการ	ต้นทุนการดำเนินโครงการ (บาท)	NPV (บาท)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (tCO ₂ e/ปี)	MAC (บาท/tCO ₂ e/ปี)
ฟาร์มขนาดกลางที่ 1	100,000.00	40,802.11	16.80	-2,428.70
ฟาร์มขนาดกลางที่ 2	100,000.00	-87,371.40	1.41	61,965.53
ฟาร์มขนาดกลางที่ 3	100,000.00	442,139.78	65.16	-6785.45
ฟาร์มขนาดกลางที่ 4	130,000.00	662,490.59	54.29	-12,202.81
ฟาร์มขนาดกลางที่ 5	100,000.00	321,794.92	34.68	-9,278.98
ฟาร์มขนาดกลางที่ 6	100,000.00	354,288.29	40.13	-8,828.51
ฟาร์มขนาดกลางที่ 7	130,000.00	649,260.94	79.57	-8,159.62
ฟาร์มขนาดกลางที่ 8	109,000.00	483,940.15	61.82	-7,828.21
ฟาร์มขนาดกลางที่ 9	130,000.00	118,329.64	25.83	-4,581.09
รวม	999,000.00	2,985,675.02	379.69	1,872.16

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางที่ 4.11 ต้นทุนส่วนเพิ่มการลดก๊าซเรือนกระจกจากมาตรการจัดการมูลสัตว์ของฟาร์มขนาดใหญ่

รายการ	ต้นทุนการดำเนินโครงการ (บาท)	NPV (บาท)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (tCO ₂ e/ปี)	MAC (บาท/tCO ₂ e/ปี)
ฟาร์มขนาดใหญ่ที่ 1	100,000.00	-30,369.42	9.90	3,067.62
ฟาร์มขนาดใหญ่ที่ 2	110,000.00	252,147.49	30.01	-8,402.12
ฟาร์มขนาดใหญ่ที่ 3	105,000.00	353,858.46	51.18	-6,914.00
ฟาร์มขนาดใหญ่ที่ 4	100,000.00	278,583.59	37.68	-7,393.41
ฟาร์มขนาดใหญ่ที่ 5	108,000.00	-38,553.15	8.45	4,562.50
ฟาร์มขนาดใหญ่ที่ 6	106,000.00	300,222.90	32.25	-9,309.24
รวม	629,000.00	1,115,889.88	169.48	-24,388.65

ที่มา: จากการคำนวณ

เมื่อวิเคราะห์แยกตามขนาดฟาร์ม พบว่า ฟาร์มขนาดเล็กมีค่า MAC เฉลี่ย 6,672.90 บาท/tCO₂e มีค่าบวก สะท้อนว่าต้นทุนต่อหน่วยการลดก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าผลประโยชน์ทางการเงิน แม้ NPV เป็นบวก 6,514.58 บาท/ฟาร์ม สำหรับฟาร์มขนาดกลางมีค่า MAC เฉลี่ย 208.02 บาท/tCO₂e ค่าบวกแสดงว่ามีจุดคุ้มทุนใกล้สมดุล ผลประโยชน์ทางการเงินเกือบเท่าต้นทุนต่อหน่วย ส่วนฟาร์มขนาดใหญ่ มีค่า MAC เฉลี่ย -4,064.77 บาท/tCO₂e มีค่าติดลบ แสดงถึงความคุ้มค่าทั้งทางการเงิน เพราะสามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้ในต้นทุนต่อหน่วยที่ต่ำกว่าผลประโยชน์ที่ได้รับ (ตารางที่ 4.12)

ตารางที่ 4.12 ต้นทุนส่วนเพิ่มการลดก๊าซเรือนกระจกจากมาตรการจัดการมูลสัตว์เฉลี่ยตามขนาดฟาร์มและทั้งโครงการ

รายการ	ต้นทุนการดำเนินโครงการ (บาท/ฟาร์ม)	NPV (บาท/ฟาร์ม)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (tCO ₂ e/ปี/ฟาร์ม)	MAC (บาท/tCO ₂ e/ฟาร์ม)
ฟาร์มขนาดเล็ก	100,000.00	6,514.58	10.28	6,672.90
ฟาร์มขนาดกลาง	111,000.00	331,741.67	42.19	208.02
ฟาร์มขนาดใหญ่	104,833.33	185,981.65	28.25	-4,064.77
เฉลี่ยทั้งโครงการ	106,400.00	206,706.89	30.03	542.40

ที่มา: จากการคำนวณ

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากข้อมูลเบื้องต้นของประชากรเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมที่เข้าร่วมโครงการส่งเสริมระบบบำบัดน้ำเสียของกรมปศุสัตว์ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 ในพื้นที่ดำเนินโครงการ 4 จังหวัด ได้แก่ เชียงใหม่ ลำพูน สระแก้ว และนครราชสีมา รวมทั้งสิ้น 20 ฟาร์ม มีลักษณะทางสังคมและเศรษฐกิจแตกต่างกันตามขนาดฟาร์ม โดยส่วนใหญ่เพศชายจะเป็นเจ้าของฟาร์มขนาดใหญ่ ขณะที่ฟาร์มขนาดเล็กมีสัดส่วนเพศหญิงสูงกว่า เกษตรกรฟาร์มขนาดเล็กมีอายุเฉลี่ยมากที่สุดที่ 45.4 ปี และมีประสบการณ์ในการเลี้ยงโคนมเฉลี่ย 24.4 ปี แต่ต้องเผชิญกับข้อจำกัดในการเข้าถึงเทคโนโลยีบ่อก๊าซชีวภาพ (Biogas) อีกทั้งยังมีความเปราะบางทางการเงิน และมีภาระหนี้สินในทุกฟาร์มของฟาร์มขนาดเล็ก เกษตรกรในฟาร์มทั้ง 3 ขนาดส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับปริญญาตรี โดยเฉพาะฟาร์มขนาดกลางที่มีสัดส่วนมากกว่าขนาดอื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 85.71 ในด้านพื้นที่พบว่า ฟาร์มขนาดใหญ่มีพื้นที่มากกว่าขนาดอื่นๆ และยังมีโอกาสและศักยภาพที่จะเข้าถึงเทคโนโลยีบ่อก๊าซชีวภาพมากที่สุด ในด้านมาตรฐานฟาร์ม พบว่า ทุกฟาร์มได้รับมาตรฐาน Good Agricultural Practices (GAP) จากกรมปศุสัตว์สำหรับสายพันธุ์โค ทุกฟาร์มเลือกเลี้ยงโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชียนเป็นหลัก และใช้วิธีจัดการมูลที่หลากหลาย ตั้งแต่บ่อไร้อากาศแบบเปิด บ่อหมักไร้อากาศ ไปจนถึงการเกลี่ยฝังตากหรือกองทิ้งในคอก สะท้อนให้เห็นถึงความแตกต่างเชิงโครงสร้างและศักยภาพของแต่ละขนาดฟาร์มที่อาจมีผลต่อการพัฒนาระบบจัดการมูลสัตว์เพื่อสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน โดยจากผลการศึกษา สามารถสรุปได้ดังนี้

5.1.1 ต้นทุน ผลตอบแทน และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกก่อนและหลังการจัดการมูลสัตว์ในฟาร์มโคนมด้วยระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ

ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 จากการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของการดำเนินโครงการพบว่า ต้นทุนการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียเฉลี่ยทั้งโครงการอยู่ที่ 106,400 บาท/ฟาร์ม และมีต้นทุนเฉลี่ยปีละ 4,790.01 บาท/ฟาร์ม โดยฟาร์มขนาดเล็กมีต้นทุนการก่อสร้างต่ำที่สุด แต่ให้ผลประโยชน์สุทธิต่ำเมื่อเทียบกับฟาร์มขนาดกลางและขนาดใหญ่ ทั้งนี้ ฟาร์มขนาดกลางให้ผลประโยชน์จากโครงการสูงที่สุดเฉลี่ย 65,667.41 บาท/ปี และมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) สูงถึง 331,741.67 บาท ในขณะที่ฟาร์มขนาดใหญ่มีผลประโยชน์รองลงมา แต่ยังคงแสดงให้เห็นความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจด้วย NPV 185,981.65 บาท ส่วนฟาร์มขนาดเล็กแม้จะมี NPV เพียง 6,514.58 บาท แต่สะท้อนถึงความเป็นไปได้ในการลงทุนที่ยังคงมีความคุ้มค่าเชิงบวกโดยรวม ดังนั้น การลงทุนในระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อผลิตพลังงานทดแทนมีศักยภาพทางเศรษฐกิจสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฟาร์มขนาดกลางและขนาดใหญ่ สามารถสร้างผลตอบแทนและความยั่งยืนได้ชัดเจนกว่า

สำหรับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างกรณีฐาน (Baseline Emission: BE) กับการดำเนินโครงการ (Policy Emission: PE) โดยเฉลี่ย ทั้งโครงการสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ประมาณ 30.03 tCO₂e/ปี/ฟาร์ม หรือคิดเป็นร้อยละ 86.55 เมื่อเทียบกับกรณีฐานที่ปล่อยเฉลี่ย 34.70 tCO₂e/ปี/ฟาร์ม เมื่อพิจารณาตามขนาดฟาร์ม พบว่า ฟาร์มขนาดเล็กสามารถลดการปล่อยก๊าซได้ 10.28 tCO₂e/ปี/ฟาร์ม หรือคิดเป็นร้อยละ 86.65 ในส่วนของฟาร์มขนาดกลางที่ลดได้มากที่สุด 42.19

tCO₂e/ปี/ฟาร์ม หรือคิดเป็นร้อยละ 86.60 และฟาร์มขนาดใหญ่ลดได้ 28.25 tCO₂e/ปี/ฟาร์ม หรือคิดเป็นร้อยละ 86.40 จะเห็นได้ว่าทั้ง 3 ขนาดฟาร์มสามารถสร้างผลลัพธ์เชิงบวกต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างชัดเจน โดยมีอัตราการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับใกล้เคียงกันทุกขนาดฟาร์ม แสดงถึงศักยภาพการจัดการมูลสัตว์เพื่อช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างชัดเจน

5.1.2 ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการมูลสัตว์ในฟาร์มโคนมด้วยระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ

ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก (Marginal Abatement Cost: MAC) จากการลงทุนในระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพของฟาร์มโคนม ในภาพรวมมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม โดยต้นทุนเฉลี่ยทั้งโครงการอยู่ที่ 106,400 บาท/ฟาร์ม และได้รับผลประโยชน์เฉลี่ย 206,706.89 บาท/ฟาร์ม ในด้านสิ่งแวดล้อมสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้เฉลี่ย 30.03 tCO₂e/ปี/ฟาร์ม โดยฟาร์มขนาดกลางให้ผลตอบแทนสูงสุดทั้งในด้านผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นเฉลี่ย 331,741.67 บาท/ฟาร์ม และสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้เฉลี่ย 42.19 tCO₂e/ปี/ฟาร์ม ส่งผลให้มีต้นทุนส่วนเพิ่มต่ำเพียง 208.02 บาท/tCO₂e ขณะที่ฟาร์มขนาดใหญ่มีค่า MAC -4,064.77 บาท/tCO₂e แสดงว่า การใช้ระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ ในฟาร์มขนาดใหญ่ไม่เพียงแต่ช่วยลดก๊าซเรือนกระจก แต่ยังสามารถสร้างผลประโยชน์ได้ 4,064.77 บาทต่อการลดก๊าซเรือนกระจก 1 tCO₂e อีกด้วย สำหรับฟาร์มขนาดเล็กที่ลดก๊าซเรือนกระจกได้ 10.28 tCO₂e/ปี/ฟาร์ม และมีต้นทุนส่วนเพิ่มสูงถึง 6,672.90 บาท/tCO₂e แสดงถึงข้อจำกัดในการลงทุนเมื่อเทียบกับฟาร์มขนาดอื่น ๆ โดยรวมการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ มีศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และมีแนวโน้มที่จะสร้างผลตอบแทนทางเศรษฐกิจควบคู่ไปกับการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในฟาร์มขนาดกลางและขนาดใหญ่ที่มีความเหมาะสมต่อการขยายผลในเชิงนโยบายเพื่อความยั่งยืน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายสำหรับการจัดการมูลในฟาร์มโคนมด้วยบ่อบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ (Biogas)

1) ส่งเสริมบ่อ Biogas ที่มีขนาดเหมาะสมกับฟาร์มแต่ละระดับ ภาครัฐควรสนับสนุนการก่อสร้างบ่อ Biogas ที่ออกแบบให้เหมาะสมกับฟาร์มขนาดใหญ่ กลาง และเล็ก โดยเฉพาะฟาร์มขนาดเล็กซึ่งมีต้นทุนการลดก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วย (MAC) สูงกว่าฟาร์มประเภทอื่น ทั้งนี้ แม้ว่าฟาร์มขนาดเล็กจะมีต้นทุนสูงกว่า แต่ศักยภาพการลดการปล่อยก๊าซต่อหน่วยโคนมใกล้เคียงกับฟาร์มขนาดใหญ่และกลาง การให้เทคโนโลยีที่เหมาะสมจะเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการมูลสัตว์ และช่วยสนับสนุนให้ประเทศไทยบรรลุเป้าหมายการมีส่วนร่วมที่ประเทศกำหนด (Nationally Determined Contribution: NDC)

2) จัดลำดับความสำคัญของการลงทุนตามศักยภาพการลดก๊าซและความคุ้มค่า การประเมินข้อมูลต้นทุนและผลตอบแทนพบว่า ฟาร์มขนาดใหญ่มีศักยภาพสูงสุดในการลดก๊าซเรือนกระจกอย่างคุ้มค่า (MAC ติดลบ NPV เป็นบวก) ส่วนฟาร์มขนาดกลางมีความคุ้มค่าปานกลาง (MAC เป็นบวกเล็กน้อย NPV สูง) และฟาร์มขนาดเล็กมีต้นทุนสูงที่สุดต่อหน่วยการลดก๊าซเรือนกระจก ดังนั้น ภาครัฐควรมุ่งลงทุนในฟาร์มขนาดใหญ่และกลางเป็นลำดับแรก เนื่องจากให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมได้รวดเร็วกว่า สำหรับฟาร์มขนาดเล็ก ควรมี

มาตรการสนับสนุนเพิ่มเติม เช่น เงินสนับสนุน การลดต้นทุนเทคโนโลยี หรือมาตรการทางการเงิน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความคุ้มค่าในระยะยาว

3) **สร้างความตระหนักรู้และการมีส่วนร่วมของเกษตรกร** ภาครัฐควรดำเนินการฝึกอบรมและให้ความรู้เกี่ยวกับประโยชน์ของการจัดการมูลสัตว์ การเพิ่มรายได้จากการลดการใช้พลังงาน และการขายคาร์บอนเครดิต ทั้งนี้ ควรมุ่งเน้นฟาร์มขนาดใหญ่และกลางเป็นกลุ่มนำร่อง เพื่อสร้างต้นแบบและขยายผลสู่ฟาร์มขนาดเล็กต่อไป การส่งเสริมความตระหนักรู้ จะช่วยสร้างแรงจูงใจให้เกษตรกรใช้บ่อ Biogas อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน และควรกำหนดให้เกษตรกรร่วมลงทุนด้วยบางส่วนของค่าใช้จ่ายในการติดตั้งบ่อ การมีส่วนร่วมของเกษตรกรจะทำให้เกิดความรู้สึกเป็นเจ้าของ มีแรงจูงใจในการใช้งานและดูแลรักษาระบบอย่างต่อเนื่อง

4) **ส่งเสริมการเข้าร่วมโครงการลดก๊าซเรือนกระจกและการสร้างรายได้จากคาร์บอนเครดิต** นอกจากการใช้ก๊าซชีวภาพทดแทนพลังงานไฟฟ้าและก๊าซหุงต้มแล้ว ภาครัฐควรสนับสนุนให้ฟาร์มโคนมเข้าร่วมโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานประเทศไทย ซึ่งมีระบบตรวจวัด รายงาน และทวนสอบ (Measurement, Reporting and Verification: MRV) ที่ชัดเจน การเข้าร่วมโครงการจะช่วยให้เกษตรกรสามารถสร้างรายได้เพิ่มเติมจากการขายคาร์บอนเครดิต และเพิ่มแรงจูงใจในการใช้ระบบ Biogas อย่างมีประสิทธิภาพในระยะยาว

5.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานศึกษาในอนาคต

1) เนื่องจากเกษตรกรยังขาดความตระหนักในความสำคัญของการลดก๊าซเรือนกระจก ส่วนใหญ่จะพิจารณาเฉพาะปัจจัยที่ส่งผลต่อการผลิตของตนเองเท่านั้น งานวิจัยจึงควรเน้นในเชิงการศึกษาปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์ของเกษตรกรในการลดก๊าซเรือนกระจก เช่น รายได้ของเกษตรกร ราคาสินค้าทางการเกษตรที่คำนึงถึงสิ่งแวดล้อม การตัดสินใจลงทุนในการลดก๊าซเรือนกระจกของเกษตรกร เป็นต้น

2) ในงานศึกษาด้านการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคปศุสัตว์ มีทั้งในด้านการจัดการมูลสัตว์เพื่อนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ และการวิจัยด้านการจัดการอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้อง สำหรับโคเนื้อและโคนมที่มีประสิทธิภาพในการลดการปล่อยก๊าซมีเทนในกระบวนการหมักในระบบย่อยอาหาร สำหรับงานวิจัยในอนาคต ควรมีการศึกษาวิเคราะห์ในเชิงต้นทุนส่วนเพิ่มจากมาตรการนำอาหารชนิดต่าง ๆ มาใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกระบวนการหมักในระบบย่อยอาหาร (Enteric Fermentation)

บรรณานุกรม

- กรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม. (2567). (ร่าง) รายงานการติดตามประเมินผลการลดก๊าซเรือนกระจกจากมาตรการรายสาขา ปี พ.ศ. 2564 (สาขาพลังงาน คมนาคมขนส่ง การจัดการของเสียชุมชน และน้ำเสียอุตสาหกรรม กระบวนการทางอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ และเกษตร). กรุงเทพฯ: กองประสานการจัดการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ.
- กรมปศุสัตว์. สิ่งแวดล้อมภาคปศุสัตว์. กรมปศุสัตว์: สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าปศุสัตว์ สืบค้นข้อมูลวันที่ 25 กรกฎาคม 2568 เข้าถึงได้จากเว็บไซต์ <https://certify2.dld.go.th/personnel-blsc/>
- กัลยา บุญญานวัตร ประชุม อินทรโชติ วัชระ ศิริกุล และ เฉลิมพล บุญเจือ. (2538). การวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจในอาชีพการเลี้ยงโคนมของเกษตรกรในจังหวัดสระบุรี. [ออนไลน์]. สืบค้นข้อมูลวันที่ 2 ตุลาคม 2567 เข้าถึงได้จากเว็บไซต์ <https://kukr.lib.ku.ac.th>
- ชยันต์ ต้นติวีสดาการ. (2562). เศรษฐศาสตร์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- จิตติพงษ์ แก้วธรรมานุกุล. (2566). ระบบการจัดการมูล (Manure Management System). กลุ่มมาตรฐานสิ่งแวดล้อมด้านการปศุสัตว์, กรมปศุสัตว์.
- ประภัสรา ธรรมวัชรางกูร สุนทรี จินธรรม และ วันัสพรรัศม์ สวัสดิ์. (2564). ประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพโดยการหมักร่วมระหว่างใบไม้เหลือทิ้งในชุมชนและมูลวัว. [ออนไลน์]. สืบค้นข้อมูลวันที่ 3 ตุลาคม 2567.
- มหาวิทยาลัยนเรศวร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และ บริษัทพีเอสเค คอนซัลแทนส์ จำกัด. (2562). โครงการศึกษาและพัฒนาเครื่องมือวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของมาตรการและนโยบายด้านการขนส่งเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ. รายงานฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพฯ: สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร.
- วิสาขา ภูจินดา, รศ.ดร. (2558). คู่มือเทคนิคการผลิตก๊าซชีวภาพระดับครัวเรือนและชุมชน. กรุงเทพฯ: สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ ร่วมกับสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2562). คู่มือการตรวจวัด รายงาน และการสอบทวน การจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: กองประสานการจัดการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2559). เอกสารประกอบการฝึกอบรมการสำรวจข้อมูลต้นทุนการผลิตตามพื้นที่เหมาะสมของดิน “การจัดทำต้นทุนการผลิตปศุสัตว์และประมง”. กรุงเทพฯ: ศูนย์สารสนเทศการเกษตร.
- Archishman Bose, Richard O’Shea, Richen Lin, Aoife Long, Karthik Rajendran, David Wall, Sudipta De, and Jerry D. Murphy. (2022). *The marginal abatement cost of co-producing biomethane, food and biofertilizer in a circular economy system.* Renewable and Sustainable Energy Reviews 169 (2022), 1-20. สืบค้นข้อมูลวันที่ 1 ตุลาคม 2567 เข้าถึงได้จากเว็บไซต์ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032122008279>

- Breanna M. Roque, Marielena Venegas, Robert D. Kinley, Rocky de Nys, Toni L. Duarte, Xiang Yang, and Ermias Kereab. (2021). *Red Seaweed (Asparagopsis Taxiformis) supplementation reduces enteric methane by over 80 percent in beef steers*. Research article, Seaweed supplementation reduces enteric emissions. [online]. สืบค้นข้อมูลวันที่ 1 ตุลาคม 2567 เข้าถึงได้จากเว็บไซต์ <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33730064/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* สืบค้นข้อมูลวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2568 เข้าถึงได้จากเว็บไซต์ <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2013). *Climate Change 2013 The Physical Science Basis*. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [online]. สืบค้นข้อมูลวันที่ 2 ตุลาคม 2567 เข้าถึงได้จากเว็บไซต์ <https://www.ipcc.ch › report>
- Leonor Sillero, William Gustavo Sganzerla, Tania Forster Carneiro, Rosario Solera, and Montserrat Perez (2023). *Techno-economic analysis of single-stage and temperature-phase anaerobic co-digestion of sewage sludge, wine vinasse, and poultry manure*. Journal of Environment Management. Volume 325, Part A. [online]. สืบค้นข้อมูลวันที่ 4 ตุลาคม 2567 เข้าถึงได้จากเว็บไซต์ <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479722019922>
- Robert Huber, Marta Tarruella, และ David Schäfer. (2023). *Marginal Climate Change Abatement Costs in Swiss dairy production considering farm heterogeneity and interaction effects*. Agricultural Systems. Volume 207, April 2023, สืบค้นข้อมูลวันที่ 21 พฤศจิกายน 2567 เข้าถึงได้จากเว็บไซต์ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X23000446>
- Surasit Thiangchanta, Rungnapha Khiewwijit และ Yuttana Mona. (2022). *Environmental Impact of the biogas production from dairy cows*. Energy Reports 8 (2022) PP. 290-295, สืบค้นข้อมูลวันที่ 21 พฤศจิกายน 2567 เข้าถึงได้จากเว็บไซต์ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484722021400#sec4>
- Solomie A. Gebrezgabher, Miranda P.M. Meuwissen, Bram A.M. Prins, and Alfons G.J.M. Oude Lansink. (2010). *Economic analysis of anaerobic digestion – A case of green power biogas plant in The Netherlands*. NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences PP. 109-115, สืบค้นข้อมูลวันที่ 1 กันยายน 2568 เข้าถึงได้จากเว็บไซต์ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1573521409000049>
- United Nations Framework Convention on Climate Change. (2025). *Biennial Transparency Report*. สืบค้นข้อมูลวันที่ 30 สิงหาคม 2568 เข้าถึงได้จากเว็บไซต์ <https://unfccc.int/biennial-transparency-reports>

ภาคผนวก

ภาคผนวกที่ 1
โครงการส่งเสริมระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มโคนม

โครงการส่งเสริมระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มโคนม

1. หลักการและเหตุผล

สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและปัญหาโลกร้อนในปัจจุบันทวีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจ ประชากรโลกที่เพิ่มสูงขึ้น การผลิตสินค้าต่างๆ ที่เพิ่มขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ ทำให้มีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติไปอย่างมาก และในขบวนการผลิตต่างๆ มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศ จากผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น ทำให้ทุกภาคส่วนหันมาให้ความสนใจและสนใจในการแก้ปัญหาอย่างจริงจัง อาทิ ในปี ค.ศ. 1972 องค์การสหประชาชาติ (United Nations: UN) ได้จัดการประชุมสหประชาชาติว่าด้วยการพัฒนาที่ยั่งยืน (United Nations Conference on Sustainable Development) ในหัวข้อเรื่อง “การประชุมระหว่างประเทศเรื่องสิ่งแวดล้อมของมนุษย์” นอกจากนี้ในยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2560 - 2579) ได้มีกรอบแนวทางการพัฒนาประเทศเพื่อให้เกิดความมั่นคงอย่างสมดุล และมีเสถียรภาพมากที่สุด โดยมีหนึ่งในยุทธศาสตร์ คือ การสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม แผนปฏิบัติการกรมปศุสัตว์ระยะ 5 ปี (2566 - 2570) การสร้างการเติบโตอย่างยั่งยืนบนสังคมที่เป็นมิตรต่อสภาพภูมิอากาศ และยุทธศาสตร์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศด้านการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2560 - 2565 โดยประเทศไทยได้กำหนดเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เรียกว่า Nationally Determined Contribution (NDC) ที่ร้อยละ 40 จากกรณีปกติภายในปี พ.ศ. 2573 สำหรับทุกภาคส่วนการผลิต การผลิตปศุสัตว์ ซึ่งถือเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญของมนุษย์ มีแนวโน้มการผลิตที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยหากไม่คำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จะส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนข้างเคียงได้ จากรายงานการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกราย 2 ปี ฉบับที่ 3 ของประเทศไทย (Thailand Third Biennial Update Report) ที่จัดส่งให้สำนักเลขาธิการอนุสัญญาสหประชาชาติ ว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เมื่อปี ค.ศ. 2020 พบว่าภาคเกษตรมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 52.158 MtCO₂e โดยภาคปศุสัตว์มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นอันดับ 2 เท่ากับ 11.195 MtCO₂e คิดเป็นร้อยละ 21.46 รองจากการปลูกข้าวที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นอันดับ 1 เท่ากับ 26.639 MtCO₂e คิดเป็นร้อยละ 51.07 ดังนั้นจากการปรับปรุงยุทธศาสตร์ระยะยาวในการพัฒนาแบบปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำของประเทศ และเป้าหมายการมีส่วนร่วมที่ประเทศกำหนด เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมของภาคเกษตร จึงกำหนดค่าเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาคเกษตร 2.6 MtCO₂e ภายในปี ค.ศ. 2030 จากมาตรการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์ 0.6 MtCO₂e โดยกรมปศุสัตว์ และจากการจัดการนาข้าว 2.0 MtCO₂e โดยกรมการข้าว

กรมปศุสัตว์ในฐานะหน่วยงานที่กำกับดูแลด้านการผลิตปศุสัตว์ จึงต้องมีการส่งเสริมให้เกิดการผลิตสินค้าปศุสัตว์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ส่งเสริมการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตั้งแต่ขั้นตอนการเลี้ยงในฟาร์ม การผลิตและการแปรรูป จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะต่อยอดสินค้าปศุสัตว์ไปอีกขั้นหนึ่ง เพื่อรองรับการพัฒนาที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การผลิตที่ไม่ส่งผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อมรอบข้าง ส่งเสริมการบริโภคสินค้าปศุสัตว์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม รองรับการแข่งขันในอนาคตไม่ว่าจะเป็นในประเทศหรือต่างประเทศได้ รวมถึงคำนึงถึงผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศตามที่

พลเอกประยุทธ์ จันทร์โอชา นายกรัฐมนตรีได้ประกาศเจตนารมณ์ เมื่อวันที่ 1 พฤศจิกายน 2564 ในการประชุม COP 26 ณ เมืองกลาสโกว สหราชอาณาจักร ว่าประเทศไทยพร้อมยกระดับการแก้ไขปัญหาสภาพภูมิอากาศอย่างเต็มที่ อย่างทุกวิถีทางเพื่อให้บรรลุเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอนภายในปี ค.ศ. 2050 และบรรลุเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นศูนย์ในปี ค.ศ. 2065 จึงเป็นที่มาของการส่งเสริมให้ฟาร์มโคนม มีการจัดการมูลแบบได้ก๊าซชีวภาพ เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้รวม 18 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี และได้พลังงานทดแทนใช้ในฟาร์ม

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อส่งเสริมการจัดทำระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับฟาร์มโคนม
- 2.2 เพื่อส่งเสริมฟาร์มโคนมต้นแบบที่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้
- 2.3 เพื่อส่งเสริมการนำก๊าซที่ได้จากกระบวนการบำบัดน้ำเสียมาใช้ประโยชน์มากที่สุด เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

3. กลุ่มเป้าหมาย

ฟาร์มโคนม จำนวน 20 ฟาร์ม ดังนี้

- เชียงใหม่ 2 ฟาร์ม
- ลำพูน 4 ฟาร์ม
- สระแก้ว 7 ฟาร์ม
- นครราชสีมา 7 ฟาร์ม

4. ระยะเวลาดำเนินการ

ปีงบประมาณ 2567

5. วิธีการดำเนินงาน

5.1 กรมปศุสัตว์ประชาสัมพันธ์ให้เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในพื้นที่เป้าหมายที่สนใจสมัครเข้าร่วมโครงการฯ ผ่านสำนักงานปศุสัตว์จังหวัดในพื้นที่เป้าหมาย

5.2 คณะทำงานโครงการฯ (ประกอบด้วยเจ้าหน้าที่สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าปศุสัตว์ สำนักงานปศุสัตว์เขต และสำนักงานปศุสัตว์จังหวัดในพื้นที่เป้าหมาย) พิจารณา และคัดเลือกผู้ประกอบการเข้าร่วมโครงการฯ

5.3 เสนอรายชื่อผู้ประกอบการที่ผ่านการคัดเลือกให้ปศุสัตว์จังหวัดเป็นผู้อนุมัติ และปศุสัตว์จังหวัดลงนามในบันทึกข้อตกลงการให้เงินอุดหนุนฯ กับผู้ประกอบการ

5.4 คุณสมบัติของผู้ประกอบการที่เข้าร่วมโครงการฯ

5.4.1 เป็นฟาร์มโคนมที่อยู่ในพื้นที่เป้าหมายของโครงการฯ

5.4.2 มีพื้นที่เพียงพอสำหรับการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพและพื้นที่ติดตั้งอุปกรณ์ที่รองรับการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์

5.4.3 มีความพร้อมในการรายงานข้อมูลผลการดำเนินงานระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพพร้อมข้อมูลการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ ตามรูปแบบที่กรมปศุสัตว์กำหนดเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 4 ปี

5.4.4 มีเงินทุนเพียงพอในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ และติดตั้งอุปกรณ์ที่รองรับการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ โดยผู้ประกอบการที่เข้าร่วมโครงการฯ จะต้องทำบันทึกข้อตกลงตามเงื่อนไขที่กรมปศุสัตว์กำหนดจึงจะได้รับเงินอุดหนุน โดยที่เงินอุดหนุนที่ผู้ประกอบการจะได้รับ กรมปศุสัตว์จะแบ่งจ่ายเป็น 2 งวด งวดแรก เมื่อผู้ประกอบการจัดซื้ออุปกรณ์การติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพพร้อมอุปกรณ์ที่รองรับการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ทั้งหมด เบิกจ่ายร้อยละ 40 ของจำนวนเงินอุดหนุนทั้งหมด และงวดที่สอง เมื่อก่อสร้างระบบฯ และติดตั้งอุปกรณ์เสร็จเรียบร้อยและมีการนำก๊าซชีวภาพมาใช้ประโยชน์แล้ว จึงเบิกจ่ายเงินส่วนที่เหลือ (ร้อยละ 60) ของจำนวนเงินอุดหนุนทั้งหมด

ทั้งนี้ หากผู้ประกอบการได้ทำบันทึกข้อตกลงกับกรมปศุสัตว์แล้วมีความประสงค์ขอยกเลิกการดำเนินการโครงการฯ ในภายหลัง (ยังดำเนินการก่อสร้างระบบฯ ไม่แล้วเสร็จ) หรือผิดเงื่อนไขตามบันทึกข้อตกลง ผู้ประกอบการจะต้องจ่ายเงินค่าเสียหายให้แก่กรมปศุสัตว์เท่ากับจำนวนเงินที่ได้รับการอุดหนุน

● **เงื่อนไขการเข้าร่วมโครงการฯ**

- 1) ผู้ประกอบการต้องยื่นใบสมัครที่สำนักงานปศุสัตว์จังหวัด
- 2) ผู้ประกอบการต้องเป็นผู้ว่าจ้างผู้รับเหมา ในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพตามรูปแบบที่กรมปศุสัตว์กำหนดพร้อมติดตั้งอุปกรณ์ที่รองรับการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ ในทุกขั้นตอน
- 3) กรณีที่ต้องรื้อถอนระบบบำบัดน้ำเสียเดิม ผู้ประกอบการต้องเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการดำเนินการรื้อถอนระบบฯ ทั้งหมด
- 4) ผู้ประกอบการที่เข้าร่วมโครงการฯ ต้องลงนามในบันทึกข้อตกลงการใช้เงินอุดหนุนกับกรมปศุสัตว์ซึ่งสาระสำคัญ คือ กรมปศุสัตว์จะสนับสนุนเงินอุดหนุนการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพตามรูปแบบที่กรมปศุสัตว์กำหนดพร้อมอุปกรณ์ที่รองรับการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ โดยอุดหนุนให้ผู้ประกอบการตามวงเงินที่กำหนดใน**หลักเกณฑ์** และจะจ่ายเงินอุดหนุนทั้งหมดมากที่สุด ไม่เกิน 100,000 บาทต่อฟาร์ม
- 5) ปฏิบัติตามเงื่อนไขอื่น ๆ ตามที่คณะทำงานโครงการฯ ระดับจังหวัดเห็นสมควร
- 6) ผู้ประกอบการที่เข้าร่วมโครงการจัดทำบันทึกข้อตกลงการใช้เงินอุดหนุนโครงการฯ กับปศุสัตว์จังหวัด

5.5 สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดเป็นผู้ดำเนินการเบิกจ่ายเงินอุดหนุนจากคลังจังหวัดให้กับผู้ประกอบการ เมื่อผู้ประกอบการจัดซื้ออุปกรณ์การติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพพร้อมอุปกรณ์ที่รองรับการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ทั้งหมด เบิกจ่ายร้อยละ 40 ของจำนวนเงินอุดหนุนทั้งหมด และเมื่อผู้ประกอบการได้ดำเนินการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพพร้อมอุปกรณ์ที่รองรับการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์เสร็จเรียบร้อยแล้วจึงเบิกจ่ายเงินส่วนที่เหลือ (ร้อยละ 60) ของจำนวนเงินอุดหนุนทั้งหมด โดยได้รับการเห็นชอบจากคณะทำงานโครงการฯ

5.6 คณะทำงานโครงการฯ ควบคุมการดำเนินงานโครงการฯ ติดตาม ให้คำปรึกษา แนะนำ ตรวจสอบผลการใช้จ่ายงบประมาณเงินอุดหนุนของผู้ประกอบการที่ร่วมโครงการฯ โดยดำเนินการติดตามความคืบหน้าอย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง

7. งบประมาณ

งบประมาณอุดหนุน จำนวน 2,000,000 บาท โดยให้การสนับสนุนระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพพร้อมอุปกรณ์ที่รองรับการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ จำนวน 20 ฟาร์ม เป็นงบอุดหนุนไม่เกินฟาร์มละ 100,000 บาท

8. ตัวชี้วัดความสำเร็จ

เกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการมีระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ และสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากมาตรการการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโคได้ไม่น้อยกว่า 500 ตัว คิดเป็นได้ 7 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าเมื่อสิ้นสุดโครงการฯ (พ.ศ. 2571)

9. ผลที่คาดว่าจะได้รับ

9.1 ผู้ประกอบการฟาร์มโคนมมีระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพ ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสามารถนำก๊าซชีวภาพมาใช้ประโยชน์เป็นพลังงานทดแทนในฟาร์ม สอดคล้องกับหลักเศรษฐกิจใหม่ BCG Model

9.2 สามารถเป็นแหล่งเรียนรู้การจัดการฟาร์มโคนมที่ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ลดต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์นมโคของเกษตรกรได้

9.3 สามารถนำก๊าซที่ได้จากระบบไปใช้ประโยชน์ต่อเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

10. ผู้รับผิดชอบโครงการ

กรมปศุสัตว์ (สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าปศุสัตว์ สำนักงานปศุสัตว์เขต และสำนักงานปศุสัตว์จังหวัด)

หลักเกณฑ์และขั้นตอนการใช้เงินอุดหนุน ปีงบประมาณ 2567

1. งบประมาณเงินอุดหนุนสำหรับสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ พร้อมติดตั้งอุปกรณ์ที่รองรับการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์

กรมปศุสัตว์ให้การสนับสนุนเงินอุดหนุนแก่เกษตรกรในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ พร้อมอุปกรณ์ที่รองรับการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ ดังนี้

1.1 ผู้ประกอบการฟาร์มโคนมที่เลี้ยงโคไม่เกิน 25 ตัว ให้เงินอุดหนุนสำหรับค่าจ้างเหมาก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพพร้อมติดตั้งอุปกรณ์ที่รองรับการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ ตามค่าใช้จ่ายจริงแต่ไม่เกิน 100,000 บาทต่อฟาร์ม

1.2 ผู้ประกอบการฟาร์มโคนมที่เลี้ยงโคตั้งแต่ ๒๕ ตัวขึ้นไป ให้เงินอุดหนุนสำหรับค่าจ้างเหมาสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพพร้อมติดตั้งอุปกรณ์ที่รองรับการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ ตามค่าใช้จ่ายจริงแต่ไม่เกิน 100,000 บาทต่อฟาร์ม

2. แนวทางปฏิบัติและขั้นตอนการดำเนินการสำหรับเจ้าหน้าที่

2.1 หลักเกณฑ์การคัดเลือกเกษตรกรเข้าร่วมโครงการฯ

2.1.1 เกษตรกรมีอาชีพเลี้ยงโคนมติดต่อกันมาเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 2 ปี

2.1.2 เกษตรกรต้องมีพื้นที่เพียงพอสำหรับการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพและพื้นที่ติดตั้งอุปกรณ์ที่รองรับการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์

2.1.3 เกษตรกรยินดีให้เจ้าหน้าที่กรมปศุสัตว์ และหน่วยงานภาครัฐเข้าตรวจสอบและสามารถรายงานข้อมูลการใช้งานระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพพร้อมข้อมูลการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ตามแบบฟอร์มที่กรมปศุสัตว์กำหนดผ่านช่องทางออนไลน์ที่กำหนดไว้ เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 4 ปี

2.1.4 เกษตรกรต้องมีเงินทุนเพียงพอสำหรับการก่อสร้างตามโครงการฯ โดยผู้ประกอบการที่เข้าร่วมโครงการฯ จะต้องทำบันทึกข้อตกลงตามเงื่อนไขที่กรมปศุสัตว์กำหนดจึงจะได้รับเงินอุดหนุน โดยที่เงินอุดหนุนที่ผู้ประกอบการจะได้รับ กรมปศุสัตว์จะแบ่งจ่ายเป็น 2 งวด งวดแรก เมื่อผู้ประกอบการจัดซื้ออุปกรณ์การติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพพร้อมอุปกรณ์ที่รองรับการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ทั้งหมด เบิกจ่ายร้อยละ 40 ของจำนวนเงินอุดหนุนทั้งหมด และงวดที่สอง เมื่อก่อสร้างระบบฯ และติดตั้งอุปกรณ์เสร็จเรียบร้อยและมีการนำก๊าซชีวภาพมาใช้ประโยชน์แล้ว จึงเบิกจ่ายเงินส่วนที่เหลือ (ร้อยละ 60) ของจำนวนเงินอุดหนุนทั้งหมด

ทั้งนี้ หากผู้ประกอบการได้ทำบันทึกข้อตกลงกับกรมปศุสัตว์แล้วมีความประสงค์ขอยกเลิกการดำเนินการโครงการฯ ในภายหลัง (ยังดำเนินการก่อสร้างระบบฯ ไม่แล้วเสร็จ) ผู้ประกอบการจะต้องจ่ายเงินค่าเสียหายให้แก่กรมปศุสัตว์เท่ากับจำนวนเงินที่ได้รับการอุดหนุน

2.1.5 เกษตรกรต้องดำเนินงานภายหลังการได้รับอนุมัติจากคณะทำงานฯ ให้แล้วเสร็จภายในระยะเวลาไม่เกิน 2 เดือน หากดำเนินการไม่แล้วเสร็จ ให้แจ้งคณะทำงานฯ เพื่อขยายเวลาได้อีก 1 เดือนเท่านั้น หากเกินระยะเวลาที่กำหนดจะถูกยกเลิกเงินอุดหนุนทันที โดยไม่สามารถเรียกร้องความเสียหายใดๆ ที่เกิดขึ้นต่อกรมปศุสัตว์ได้

2.2 ขั้นตอนการควบคุมการดำเนินงานของโครงการฯ

2.2.1 กรมปศุสัตว์แต่งตั้ง “คณะทำงานโครงการส่งเสริมระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มโคนม” ประกอบด้วยเจ้าหน้าที่จากหน่วยงาน ดังนี้ (1) สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าปศุสัตว์ เป็นประธานคณะทำงานฯ (2) สำนักงานปศุสัตว์เขต 2 (3) สำนักงานปศุสัตว์เขต 3 (4) สำนักงานปศุสัตว์เขต 5 (5) สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดสระแก้ว (6) สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดนครราชสีมา (7) สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดเชียงใหม่ (8) สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดลำพูน (9) กลุ่มมาตรฐานสิ่งแวดล้อมด้านการปศุสัตว์ สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าปศุสัตว์ เป็นเลขานุการและคณะทำงานฯ โดยมีมีอำนาจหน้าที่ควบคุมและบริหารโครงการฯ ให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของกรมปศุสัตว์ ดังนี้

1) พิจารณาคัดเลือกเกษตรกรที่สมัครเข้าร่วมโครงการฯ และแจ้งชื่อเกษตรกรที่ผ่านการคัดเลือกเข้าร่วมโครงการฯ

2) ตรวจสอบการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพพร้อมติดตั้งอุปกรณ์ที่รองรับการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ ให้เป็นไปตามระเบียบ และวัตถุประสงค์ของโครงการฯ

3) ยับยั้งการดำเนินงานโครงการฯ เมื่อการดำเนินงานดังกล่าวส่อไปในทางทุจริต หรือไม่ปฏิบัติตามระเบียบ และวัตถุประสงค์ของกรมปศุสัตว์ แล้วรายงานกรมปศุสัตว์ทราบ

4) คัดเลือกเกษตรกรรายใหม่ในกรณีที่เกษตรกรไม่สามารถดำเนินการตามโครงการฯ ได้ โดยคัดเลือกจากเกษตรกรที่ได้รับการขึ้นลำดับสำรอง

5) ประเมินผลการดำเนินการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพพร้อมติดตั้งอุปกรณ์ที่รองรับการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการฯ เพื่อนุมัติเงินอุดหนุนให้กับเกษตรกร

2.2.2 สำนักงานปศุสัตว์เขต และสำนักงานปศุสัตว์จังหวัดที่เกษตรกรเข้าร่วมโครงการฯ ดำเนินการตรวจติดตามการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพพร้อมติดตั้งอุปกรณ์ที่รองรับการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ เพื่อตรวจสอบการใช้งานของระบบฯ เสนอคณะทำงานฯ พิจารณาตามขั้นตอนต่อไป

2.2.3 คณะทำงานฯ ดำเนินการจัดประชุมตามความเหมาะสมของโครงการฯ เพื่อดำเนินงานตามอำนาจหน้าที่และรายงานผลการดำเนินงานตามโครงการฯ ให้ผู้บริหารกรมปศุสัตว์ทราบ

3. แนวทางปฏิบัติและขั้นตอนการดำเนินการสำหรับเกษตรกร

3.1 สมัครเข้าร่วมโครงการฯ โดยกรอกรายละเอียดใน “แบบตอบรับเข้าร่วมโครงการส่งเสริมระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มโคนม” และทำบันทึกข้อตกลงกับกรมปศุสัตว์หรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย โดยเกษตรกรเป็นผู้ตัดสินใจเลือกรายละเอียดของอุปกรณ์ตามโครงการฯ เพื่อให้คณะทำงานฯ พิจารณาความเหมาะสมของผู้สมัครเข้าร่วมโครงการฯ

3.2 เกษตรกรที่สมัครเข้าร่วมโครงการฯ และได้รับการพิจารณาคัดเลือกให้ดำเนินการตามโครงการฯ เป็นผู้ดำเนินการเกี่ยวกับการจัดจ้างผู้รับเหมาสำหรับการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพพร้อมติดตั้งอุปกรณ์รองรับการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ทั้งหมดในทุกขั้นตอน

3.3 เกษตรกรสามารถคัดเลือกผู้รับจ้างเหมาก่อสร้างระบบฯ และติดตั้งอุปกรณ์ด้วยตัวเกษตรกรเอง

3.4 เกษตรกรเป็นผู้ทำสัญญาว่าจ้างกับผู้รับเหมาโครงการฯ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อกรมปศุสัตว์ และส่งสำเนาสัญญาว่าจ้างผู้รับเหมา แนบในใบสมัครเข้าร่วมโครงการฯ

3.5 เกษตรกรต้องกรอกข้อมูลในแบบสอบถามออนไลน์ ตามรูปแบบที่คณะทำงานฯ กำหนด เพื่อให้คณะทำงานฯ ได้ตรวจสอบผลการดำเนินงานตามที่กำหนดในหลักเกณฑ์ได้

3.6 การดำเนินการก่อสร้างและติดตั้งอุปกรณ์จะต้องดำเนินการให้ครบถ้วนตามรายละเอียดที่เสนอให้กับคณะทำงานฯ พิจารณานุมัติให้ดำเนินการ เมื่อดำเนินการก่อสร้างและติดตั้งอุปกรณ์เสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้เกษตรกร ลงนามในใบตรวจรับผลตามโครงการส่งเสริมระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มโคนม แล้วส่งที่สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดในพื้นที่

4. ขั้นตอนการเบิกจ่ายเงินอุดหนุนให้เกษตรกร

4.1 กรมปศุสัตว์ขออนุมัติเงินอุดหนุนจากสำนักงบประมาณ เพื่อไปตั้งเบิกจ่ายในส่วนภูมิภาคตามจำนวนที่ได้รับแจ้งจากคณะทำงานฯ

4.2 สำนักงานปศุสัตว์จังหวัด จัดทำแผนการเบิกจ่ายที่ได้รับแจ้งจากเกษตรกร โครงการส่งเสริมระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มโคนม เมื่อผู้รับเหมาดำเนินการก่อสร้างระบบฯ และอุปกรณ์เสร็จเรียบร้อยแล้ว และผลการก่อสร้างเป็นไปตามที่ระบุในสัญญา ให้เกษตรกรส่งหลักฐานดังต่อไปนี้ ให้คณะทำงานฯ ตรวจสอบ

4.2.1 ใบตรวจรับผลตามโครงการส่งเสริมระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มโคนม

4.2.2 รูปถ่ายระบบบำบัดน้ำเสียและอุปกรณ์ ที่ดำเนินการเสร็จเรียบร้อยแล้ว

4.3 เมื่อคณะกรรมการตรวจสอบหลักฐานตามข้อ ๒ เสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ปศุสัตว์จังหวัดวางฎีกาเบิกเงินจากคลังจังหวัด โดยถือปฏิบัติตามหนังสือกระทรวงการคลัง ด่วนที่สุด ที่ กค ๐๔๐๙.๖/ว ๑๒๖ เรื่อง การเบิกจ่ายเงินงบประมาณงบเงินอุดหนุน ลงวันที่ ๗ กันยายน ๒๕๔๘

4.4 เมื่อเกษตรกรจ่ายเงินให้กับผู้รับจ้างเหมาก่อสร้างแล้วให้ผู้รับจ้างเหมาออกหลักฐานการรับเงิน เพื่อให้เกษตรกรเก็บไว้เป็นหลักฐาน และส่งสำเนาให้สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดในพื้นที่เก็บไว้เป็นหลักฐานการตรวจสอบต่อไป



ทำจากวัสดุแผ่น PVC อย่างดี และเชื่อมติดด้วยเครื่องจักรจากโรงงาน ติดตั้งง่าย ทำเองได้ ราคาถูก มี VDO สอนการติดตั้งพร้อมคู่มือ พร้อมบริการคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญด้วยประสบการณ์ดำเนินงานด้าน ก๊าซชีวภาพกว่า 20 ปี

ขนาดเมื่อใช้งาน : ความกว้าง 2.10 เมตร ความยาว 10.60 เมตร ความสูง 2 เมตร

ปริมาตรถุงหมักรวม: 30 ลบ.ม. ปริมาณการกักเก็บน้ำเสีย 25 ลบ.ม. ปริมาณการกักเก็บก๊าซ 5 ลบ.ม.

ถุงหมักก๊าซชีวภาพทำจาก : แผ่น PVC เกรดพิเศษ หนา 0.5 มม. มีความยืดหยุ่นและทนแรงดึงได้สูง

เพิ่มสาร Anti UV เพื่อยืดอายุการใช้งานในที่กลางแจ้ง ได้มาตรฐานสากล RoSH2

การเชื่อม : ใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย โดยการสร้างความร้อนจากโมเลกุลหลอมเชื่อมแผ่น PVC ให้เป็นเนื้อเดียวกัน ตะเข็บรอยเชื่อมมีความแข็งแรงเทียบเท่าแผ่น PVC



B การรองรับ ของเสียและ ผลิตภัณฑ์ชีวภาพ

พื้นที่ติดตั้งใช้งาน : กว้าง 3 – 5 เมตร ยาว 12-15 เมตร / ระยะเวลาการติดตั้ง : 1 วัน

ชนิด /ประเภท ปุ๋ยสัตว์	จำนวน (ตัว)	ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ (ลบ.ม./วัน)	การนำก๊าซไปใช้ประโยชน์
วัว	ไม่เกิน 30	20	- ก่อเตาการใส่ไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำและเครื่องรีดน้ำมันได้ 100% - ก่อเตาแก๊สหุงต้ม 100% (LPG 9 กก./วัน)
ไก่	ไม่เกิน 2,000	20	- ก่อเตาการใส่ไฟฟ้าของชุดจับพัดลมกับโรงเรือนเทียบเท่ากระแสไฟฟ้า 30 หน่วย/วัน หรือจับพัดลมขนาด 1.5 แรงม้า 1 ตัว 24 ชม.
สุกร	ไม่เกิน 200	20	- ก่อเตาแก๊สหุงต้ม 100% (LPG 9 กก./วัน)

** ของเสียอื่นๆ ติดต่อบริษัทเพิ่มเติม

ติดต่อสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่

สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
239 ถ. ห้วยแก้ว ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200
โทรศัพท์ 0-5394-2007 โทรสาร 0-5390-3763 www.erd.cmu.ac.th



ลิขสิทธิ์/สิทธิบัตร: จดลิขสิทธิ์ สิทธิบัตร ภายใต้ความร่วมมือระหว่าง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ บริษัท นครหลวงอุตสาหกรรม พลาสติก จำกัด และบริษัท ไทยอินฟเลทเบิ้ลแก๊ส จำกัด

ภาคผนวกที่ 2

ตารางวิเคราะห์ผลตอบแทนจากการลงทุนใช้บ่อ Biogas

ตารางภาคผนวกที่ 2.1 ผลตอบแทนจากการลงทุนใช้ป้อ Biogas บำบัดมูลสัตว์ของฟาร์มขนาดเล็กที่ 1

ปี	ผลตอบแทน	ต้นทุน	ผลตอบแทนสุทธิ	อัตราคิดลด	$(1+i)^t$	PV	
0	0.00	100,000.00	-100,000.00	0.06125	1.000	-100,000.00	
1	15,770.83	6,000.00	9,770.83	0.06125	1.061	9,206.91	
2	15,770.83	6,000.00	9,770.83	0.06125	1.126	8,675.53	
3	15,770.83	6,000.00	9,770.83	0.06125	1.195	8,174.82	
4	15,770.83	6,000.00	9,770.83	0.06125	1.268	7,703.01	
5	15,770.83	6,000.00	9,770.83	0.06125	1.346	7,258.43	
6	15,770.83	6,000.00	9,770.83	0.06125	1.429	6,839.51	
7	15,770.83	6,000.00	9,770.83	0.06125	1.516	6,444.77	
8	15,770.83	6,000.00	9,770.83	0.06125	1.609	6,072.81	
9	15,770.83	6,000.00	9,770.83	0.06125	1.707	5,722.32	
10	15,770.83	6,000.00	9,770.83	0.06125	1.812	5,392.06	
						NPV	-28,509.82

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 2.2 ผลตอบแทนจากการลงทุนใช้ป้อ Biogas บำบัดมูลสัตว์ของฟาร์มขนาดเล็กที่ 2

ปี	ผลตอบแทน	ต้นทุน	ผลตอบแทนสุทธิ	อัตราคิดลด	$(1+i)^t$	PV	
0	0	100,000.00	-100,000.00	0.06125	1.000	-100,000.00	
1	21,114.98	6,000.00	15,114.98	0.06125	1.061	14,242.62	
2	21,114.98	6,000.00	15,114.98	0.06125	1.126	13,420.60	
3	21,114.98	6,000.00	15,114.98	0.06125	1.195	12,646.03	
4	21,114.98	6,000.00	15,114.98	0.06125	1.268	11,916.17	
5	21,114.98	6,000.00	15,114.98	0.06125	1.346	11,228.43	
6	21,114.98	6,000.00	15,114.98	0.06125	1.429	10,580.38	
7	21,114.98	6,000.00	15,114.98	0.06125	1.516	9,969.73	
8	21,114.98	6,000.00	15,114.98	0.06125	1.609	9,394.33	
9	21,114.98	6,000.00	15,114.98	0.06125	1.707	8,852.14	
10	21,114.98	6,000.00	15,114.98	0.06125	1.812	8,341.24	
						NPV	10,591.67

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 2.3 ผลตอบแทนจากการลงทุนใช้ป้อ Biogas บำบัดมูลสัตว์ของฟาร์มขนาดเล็กที่ 3

ปี	ผลตอบแทน	ต้นทุน	ผลตอบแทนสุทธิ	อัตราคิดลด	(1+i) ^t	PV	
0	0	100,000.00	-100,000.00	0.06125	1.000	-100,000.00	
1	3,395.75	800.00	2,595.75	0.06125	1.061	2,445.94	
2	3,395.75	800.00	2,595.75	0.06125	1.126	2,304.77	
3	3,395.75	800.00	2,595.75	0.06125	1.195	2,171.75	
4	3,395.75	800.00	2,595.75	0.06125	1.268	2,046.41	
5	3,395.75	800.00	2,595.75	0.06125	1.346	1,928.30	
6	3,395.75	800.00	2,595.75	0.06125	1.429	1,817.01	
7	3,395.75	800.00	2,595.75	0.06125	1.516	1,712.14	
8	3,395.75	800.00	2,595.75	0.06125	1.609	1,613.32	
9	3,395.75	800.00	2,595.75	0.06125	1.707	1,520.21	
10	3,395.75	800.00	2,595.75	0.06125	1.812	1,432.47	
						NPV	-81,007.68

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 2.4 ผลตอบแทนจากการลงทุนใช้ป้อ Biogas บำบัดมูลสัตว์ของฟาร์มขนาดเล็กที่ 4

ปี	ผลตอบแทน	ต้นทุน	ผลตอบแทนสุทธิ	อัตราคิดลด	(1+i) ^t	PV	
0	0	100,000.00	-100,000.00	0.06125	1.000	-100,000.00	
1	23,677.39	3,000.00	20,677.39	0.06125	1.061	19,483.99	
2	23,677.39	3,000.00	20,677.39	0.06125	1.126	18,359.48	
3	23,677.39	3,000.00	20,677.39	0.06125	1.195	17,299.86	
4	23,677.39	3,000.00	20,677.39	0.06125	1.268	16,301.40	
5	23,677.39	3,000.00	20,677.39	0.06125	1.346	15,360.56	
6	23,677.39	3,000.00	20,677.39	0.06125	1.429	14,474.03	
7	23,677.39	3,000.00	20,677.39	0.06125	1.516	13,638.66	
8	23,677.39	3,000.00	20,677.39	0.06125	1.609	12,851.51	
9	23,677.39	3,000.00	20,677.39	0.06125	1.707	12,109.78	
10	23,677.39	3,000.00	20,677.39	0.06125	1.812	11,410.87	
						NPV	51,290.14

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 2.5 ผลตอบแทนจากการลงทุนใช้ป้อ Biogas บำบัดมูลสัตว์ของฟาร์มขนาดเล็กที่ 5

ปี	ผลตอบแทน	ต้นทุน	ผลตอบแทนสุทธิ	อัตราคิดลด	(1+i) ^t	PV	
0	0	100,000.00	-100,000.00	0.06125	1.000	-100,000.00	
1	26,431.38	1,801.60	24,629.78	0.06125	1.061	23,208.27	
2	26,431.38	1,801.60	24,629.78	0.06125	1.126	21,868.81	
3	26,431.38	1,801.60	24,629.78	0.06125	1.195	20,606.65	
4	26,431.38	1,801.60	24,629.78	0.06125	1.268	19,417.34	
5	26,431.38	1,801.60	24,629.78	0.06125	1.346	18,296.67	
6	26,431.38	1,801.60	24,629.78	0.06125	1.429	17,240.68	
7	26,431.38	1,801.60	24,629.78	0.06125	1.516	16,245.63	
8	26,431.38	1,801.60	24,629.78	0.06125	1.609	15,308.01	
9	26,431.38	1,801.60	24,629.78	0.06125	1.707	14,424.51	
10	26,431.38	1,801.60	24,629.78	0.06125	1.812	13,592.00	
						NPV	80,208.57

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 2.6 ผลตอบแทนจากการลงทุนใช้ป้อ Biogas บำบัดมูลสัตว์ของฟาร์มขนาดกลางที่ 1

ปี	ผลตอบแทน	ต้นทุน	ผลตอบแทนสุทธิ	อัตราคิดลด	(1+i) ^t	PV	
0	0	100,000.00	-100,000.00	0.06125	1.000	-100,000.00	
1	26,101.09	6,857.14	19,243.95	0.06125	1.061	18,133.29	
2	26,101.09	6,857.14	19,243.95	0.06125	1.126	17,086.72	
3	26,101.09	6,857.14	19,243.95	0.06125	1.195	16,100.56	
4	26,101.09	6,857.14	19,243.95	0.06125	1.268	15,171.32	
5	26,101.09	6,857.14	19,243.95	0.06125	1.346	14,295.71	
6	26,101.09	6,857.14	19,243.95	0.06125	1.429	13,470.63	
7	26,101.09	6,857.14	19,243.95	0.06125	1.516	12,693.18	
8	26,101.09	6,857.14	19,243.95	0.06125	1.609	11,960.59	
9	26,101.09	6,857.14	19,243.95	0.06125	1.707	11,270.28	
10	26,101.09	6,857.14	19,243.95	0.06125	1.812	10,619.82	
						NPV	40,802.11

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 2.7 ผลตอบแทนจากการลงทุนใช้ป้อ Biogas บำบัดมูลสัตว์ของฟาร์มขนาดกลางที่ 2

ปี	ผลตอบแทน	ต้นทุน	ผลตอบแทนสุทธิ	อัตราคิดลด	(1+i) ^t	PV	
0	0	100,000.00	-100,000.00	0.06125	1.000	-100,000.00	
1	4,726.00	3,000.00	1,726.00	0.06125	1.061	1,626.38	
2	4,726.00	3,000.00	1,726.00	0.06125	1.126	1,532.52	
3	4,726.00	3,000.00	1,726.00	0.06125	1.195	1,444.07	
4	4,726.00	3,000.00	1,726.00	0.06125	1.268	1,360.72	
5	4,726.00	3,000.00	1,726.00	0.06125	1.346	1,282.19	
6	4,726.00	3,000.00	1,726.00	0.06125	1.429	1,208.19	
7	4,726.00	3,000.00	1,726.00	0.06125	1.516	1,138.46	
8	4,726.00	3,000.00	1,726.00	0.06125	1.609	1,072.75	
9	4,726.00	3,000.00	1,726.00	0.06125	1.707	1,010.84	
10	4,726.00	3,000.00	1,726.00	0.06125	1.812	952.50	
						NPV	-87,371.40

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 2.8 ผลตอบแทนจากการลงทุนใช้ป้อ Biogas บำบัดมูลสัตว์ของฟาร์มขนาดกลางที่ 3

ปี	ผลตอบแทน	ต้นทุน	ผลตอบแทนสุทธิ	อัตราคิดลด	(1+i) ^t	PV	
0	0	100,000.00	-100,000.00	0.06125	1.000	-100,000.00	
1	92,096.27	18,000.00	74,096.27	0.06125	1.061	69,819.80	
2	92,096.27	18,000.00	74,096.27	0.06125	1.126	65,790.16	
3	92,096.27	18,000.00	74,096.27	0.06125	1.195	61,993.08	
4	92,096.27	18,000.00	74,096.27	0.06125	1.268	58,415.15	
5	92,096.27	18,000.00	74,096.27	0.06125	1.346	55,043.73	
6	92,096.27	18,000.00	74,096.27	0.06125	1.429	51,866.88	
7	92,096.27	18,000.00	74,096.27	0.06125	1.516	48,873.38	
8	92,096.27	18,000.00	74,096.27	0.06125	1.609	46,052.66	
9	92,096.27	18,000.00	74,096.27	0.06125	1.707	43,394.73	
10	92,096.27	18,000.00	74,096.27	0.06125	1.812	40,890.21	
						NPV	442,139.78

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 2.9 ผลตอบแทนจากการลงทุนใช้ปุ๋ย Biogas บำบัดมูลสัตว์ของฟาร์มขนาดกลางที่ 4

ปี	ผลตอบแทน	ต้นทุน	ผลตอบแทนสุทธิ	อัตราคิดลด	$(1+i)^t$	PV
0	0	130,000.00	-130,000.00	0.06125	1.000	-130,000.00
1	110,937.65	2,625.00	108,312.65	0.06125	1.061	102,061.39
2	110,937.65	2,625.00	108,312.65	0.06125	1.126	96,170.92
3	110,937.65	2,625.00	108,312.65	0.06125	1.195	90,620.42
4	110,937.65	2,625.00	108,312.65	0.06125	1.268	85,390.26
5	110,937.65	2,625.00	108,312.65	0.06125	1.346	80,461.97
6	110,937.65	2,625.00	108,312.65	0.06125	1.429	75,818.11
7	110,937.65	2,625.00	108,312.65	0.06125	1.516	71,442.27
8	110,937.65	2,625.00	108,312.65	0.06125	1.609	67,318.98
9	110,937.65	2,625.00	108,312.65	0.06125	1.707	63,433.67
10	110,937.65	2,625.00	108,312.65	0.06125	1.812	59,772.60
					NPV	662,490.59

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 2.10 ผลตอบแทนจากการลงทุนใช้ปุ๋ย Biogas บำบัดมูลสัตว์ของฟาร์มขนาดกลางที่ 5

ปี	ผลตอบแทน	ต้นทุน	ผลตอบแทนสุทธิ	อัตราคิดลด	$(1+i)^t$	PV
0	0	100,000.00	-100,000.00	0.06125	1.000	-100,000.00
1	59,898.29	2,250.00	57,648.29	0.06125	1.061	54,321.12
2	59,898.29	2,250.00	57,648.29	0.06125	1.126	51,185.98
3	59,898.29	2,250.00	57,648.29	0.06125	1.195	48,231.78
4	59,898.29	2,250.00	57,648.29	0.06125	1.268	45,448.08
5	59,898.29	2,250.00	57,648.29	0.06125	1.346	42,825.05
6	59,898.29	2,250.00	57,648.29	0.06125	1.429	40,353.40
7	59,898.29	2,250.00	57,648.29	0.06125	1.516	38,024.41
8	59,898.29	2,250.00	57,648.29	0.06125	1.609	35,829.83
9	59,898.29	2,250.00	57,648.29	0.06125	1.707	33,761.91
10	59,898.29	2,250.00	57,648.29	0.06125	1.812	31,813.35
					NPV	321,794.92

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 2.11 ผลตอบแทนจากการลงทุนใช้บ่อ Biogas บำบัดมูลสัตว์ของฟาร์มขนาดกลางที่ 6

ปี	ผลตอบแทน	ต้นทุน	ผลตอบแทนสุทธิ	อัตราคิดลด	$(1+i)^t$	PV	
0	0	100,000.00	-100,000.00	0.06125	1.000	-100,000.00	
1	64,339.28	2,250.00	62,089.28	0.06125	1.061	58,505.80	
2	64,339.28	2,250.00	62,089.28	0.06125	1.126	55,129.14	
3	64,339.28	2,250.00	62,089.28	0.06125	1.195	51,947.36	
4	64,339.28	2,250.00	62,089.28	0.06125	1.268	48,949.22	
5	64,339.28	2,250.00	62,089.28	0.06125	1.346	46,124.12	
6	64,339.28	2,250.00	62,089.28	0.06125	1.429	43,462.07	
7	64,339.28	2,250.00	62,089.28	0.06125	1.516	40,953.66	
8	64,339.28	2,250.00	62,089.28	0.06125	1.609	38,590.02	
9	64,339.28	2,250.00	62,089.28	0.06125	1.707	36,362.80	
10	64,339.28	2,250.00	62,089.28	0.06125	1.812	34,264.12	
						NPV	354,288.29

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 2.12 ผลตอบแทนจากการลงทุนใช้บ่อ Biogas บำบัดมูลสัตว์ของฟาร์มขนาดกลางที่ 7

ปี	ผลตอบแทน	ต้นทุน	ผลตอบแทนสุทธิ	อัตราคิดลด	$(1+i)^t$	PV	
0	0	130,000.00	-130,000.00	0.06125	1.000	-130,000.00	
1	116,219.50	9,715.00	106,504.50	0.06125	1.061	100,357.60	
2	116,219.50	9,715.00	106,504.50	0.06125	1.126	94,565.46	
3	116,219.50	9,715.00	106,504.50	0.06125	1.195	89,107.62	
4	116,219.50	9,715.00	106,504.50	0.06125	1.268	83,964.78	
5	116,219.50	9,715.00	106,504.50	0.06125	1.346	79,118.76	
6	116,219.50	9,715.00	106,504.50	0.06125	1.429	74,552.42	
7	116,219.50	9,715.00	106,504.50	0.06125	1.516	70,249.63	
8	116,219.50	9,715.00	106,504.50	0.06125	1.609	66,195.18	
9	116,219.50	9,715.00	106,504.50	0.06125	1.707	62,374.72	
10	116,219.50	9,715.00	106,504.50	0.06125	1.812	58,774.77	
						NPV	649,260.94

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 2.13 ผลตอบแทนจากการลงทุนใช้ปุ๋ย Biogas บำบัดมูลสัตว์ของฟาร์มขนาดกลางที่ 8

ปี	ผลตอบแทน	ต้นทุน	ผลตอบแทนสุทธิ	อัตราคิดลด	$(1+i)^t$	PV	
0	0	109,000.00	-109,000.00	0.06125	1.000	-109,000.00	
1	82,037.64	998.30	81,039.34	0.06125	1.061	76,362.16	
2	82,037.64	998.30	81,039.34	0.06125	1.126	71,954.92	
3	82,037.64	998.30	81,039.34	0.06125	1.195	67,802.05	
4	82,037.64	998.30	81,039.34	0.06125	1.268	63,888.85	
5	82,037.64	998.30	81,039.34	0.06125	1.346	60,201.51	
6	82,037.64	998.30	81,039.34	0.06125	1.429	56,726.98	
7	82,037.64	998.30	81,039.34	0.06125	1.516	53,452.99	
8	82,037.64	998.30	81,039.34	0.06125	1.609	50,367.95	
9	82,037.64	998.30	81,039.34	0.06125	1.707	47,460.97	
10	82,037.64	998.30	81,039.34	0.06125	1.812	44,721.76	
						NPV	483,940.15

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 2.14 ผลตอบแทนจากการลงทุนใช้ปุ๋ย Biogas บำบัดมูลสัตว์ของฟาร์มขนาดกลางที่ 9

ปี	ผลตอบแทน	ต้นทุน	ผลตอบแทนสุทธิ	อัตราคิดลด	$(1+i)^t$	PV	
0	0	130,000.00	-130,000.00	0.06125	1.000	-130,000.00	
1	34,651.02	710.88	33,940.14	0.06125	1.061	31,981.29	
2	34,651.02	710.88	33,940.14	0.06125	1.126	30,135.49	
3	34,651.02	710.88	33,940.14	0.06125	1.195	28,396.22	
4	34,651.02	710.88	33,940.14	0.06125	1.268	26,757.33	
5	34,651.02	710.88	33,940.14	0.06125	1.346	25,213.03	
6	34,651.02	710.88	33,940.14	0.06125	1.429	23,757.86	
7	34,651.02	710.88	33,940.14	0.06125	1.516	22,386.68	
8	34,651.02	710.88	33,940.14	0.06125	1.609	21,094.63	
9	34,651.02	710.88	33,940.14	0.06125	1.707	19,877.16	
10	34,651.02	710.88	33,940.14	0.06125	1.812	18,729.95	
						NPV	118,329.64

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 2.15 ผลตอบแทนจากการลงทุนใช้บ่อ Biogas บำบัดมูลสัตว์ของฟาร์มขนาดใหญ่ที่ 1

ปี	ผลตอบแทน	ต้นทุน	ผลตอบแทนสุทธิ	อัตราคิดลด	$(1+i)^t$	PV	
0	0	100,000.00	-100,000.00	0.06125	1.000	-100,000.00	
1	18,516.67	9,000.00	9,516.67	0.06125	1.061	8,967.42	
2	18,516.67	9,000.00	9,516.67	0.06125	1.126	8,449.86	
3	18,516.67	9,000.00	9,516.67	0.06125	1.195	7,962.18	
4	18,516.67	9,000.00	9,516.67	0.06125	1.268	7,502.64	
5	18,516.67	9,000.00	9,516.67	0.06125	1.346	7,069.63	
6	18,516.67	9,000.00	9,516.67	0.06125	1.429	6,661.60	
7	18,516.67	9,000.00	9,516.67	0.06125	1.516	6,277.13	
8	18,516.67	9,000.00	9,516.67	0.06125	1.609	5,914.85	
9	18,516.67	9,000.00	9,516.67	0.06125	1.707	5,573.47	
10	18,516.67	9,000.00	9,516.67	0.06125	1.812	5,251.80	
						NPV	-30,369.42

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 2.16 ผลตอบแทนจากการลงทุนใช้บ่อ Biogas บำบัดมูลสัตว์ของฟาร์มขนาดใหญ่ที่ 2

ปี	ผลตอบแทน	ต้นทุน	ผลตอบแทนสุทธิ	อัตราคิดลด	$(1+i)^t$	PV	
0	0	110,000.00	-110,000.00	0.06125	1.000	-110,000.00	
1	51,292.31	1,796.26	49,496.05	0.06125	1.061	46,639.39	
2	51,292.31	1,796.26	49,496.05	0.06125	1.126	43,947.60	
3	51,292.31	1,796.26	49,496.05	0.06125	1.195	41,411.16	
4	51,292.31	1,796.26	49,496.05	0.06125	1.268	39,021.12	
5	51,292.31	1,796.26	49,496.05	0.06125	1.346	36,769.02	
6	51,292.31	1,796.26	49,496.05	0.06125	1.429	34,646.90	
7	51,292.31	1,796.26	49,496.05	0.06125	1.516	32,647.25	
8	51,292.31	1,796.26	49,496.05	0.06125	1.609	30,763.02	
9	51,292.31	1,796.26	49,496.05	0.06125	1.707	28,987.53	
10	51,292.31	1,796.26	49,496.05	0.06125	1.812	27,314.52	
						NPV	252,147.49

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 2.17 ผลตอบแทนจากการลงทุนใช้บ่อ Biogas บำบัดมูลสัตว์ของฟาร์มขนาดใหญ่ที่ 3

ปี	ผลตอบแทน	ต้นทุน	ผลตอบแทนสุทธิ	อัตราคิดลด	$(1+i)^t$	PV	
0	0	105,000.00	-105,000.00	0.06125	1.000	-105,000.00	
1	68,272.56	5,558.66	62,713.90	0.06125	1.061	59,094.37	
2	68,272.56	5,558.66	62,713.90	0.06125	1.126	55,683.74	
3	68,272.56	5,558.66	62,713.90	0.06125	1.195	52,469.95	
4	68,272.56	5,558.66	62,713.90	0.06125	1.268	49,441.65	
5	68,272.56	5,558.66	62,713.90	0.06125	1.346	46,588.13	
6	68,272.56	5,558.66	62,713.90	0.06125	1.429	43,899.30	
7	68,272.56	5,558.66	62,713.90	0.06125	1.516	41,365.65	
8	68,272.56	5,558.66	62,713.90	0.06125	1.609	38,978.24	
9	68,272.56	5,558.66	62,713.90	0.06125	1.707	36,728.61	
10	68,272.56	5,558.66	62,713.90	0.06125	1.812	34,608.82	
						NPV	353,858.46

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 2.18 ผลตอบแทนจากการลงทุนใช้บ่อ Biogas บำบัดมูลสัตว์ของฟาร์มขนาดใหญ่ที่ 4

ปี	ผลตอบแทน	ต้นทุน	ผลตอบแทนสุทธิ	อัตราคิดลด	$(1+i)^t$	PV	
0	0	100,000.00	-100,000.00	0.06125	1.000	-100,000.00	
1	52,342.43	600.00	51,742.43	0.06125	1.061	48,756.12	
2	52,342.43	600.00	51,742.43	0.06125	1.126	45,942.16	
3	52,342.43	600.00	51,742.43	0.06125	1.195	43,290.61	
4	52,342.43	600.00	51,742.43	0.06125	1.268	40,792.10	
5	52,342.43	600.00	51,742.43	0.06125	1.346	38,437.78	
6	52,342.43	600.00	51,742.43	0.06125	1.429	36,219.35	
7	52,342.43	600.00	51,742.43	0.06125	1.516	34,128.95	
8	52,342.43	600.00	51,742.43	0.06125	1.609	32,159.20	
9	52,342.43	600.00	51,742.43	0.06125	1.707	30,303.13	
10	52,342.43	600.00	51,742.43	0.06125	1.812	28,554.19	
						NPV	278,583.59

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 2.19 ผลตอบแทนจากการลงทุนใช้บ่อ Biogas บำบัดมูลสัตว์ของฟาร์มขนาดใหญ่ที่ 5

ปี	ผลตอบแทน	ต้นทุน	ผลตอบแทนสุทธิ	อัตราคิดลด	$(1+i)^t$	PV	
0	0	108,000.00	-108,000.00	0.06125	1.000	-108,000.00	
1	19,828.94	10,337.38	9,491.56	0.06125	1.061	8,943.76	
2	19,828.94	10,337.38	9,491.56	0.06125	1.126	8,427.57	
3	19,828.94	10,337.38	9,491.56	0.06125	1.195	7,941.17	
4	19,828.94	10,337.38	9,491.56	0.06125	1.268	7,482.85	
5	19,828.94	10,337.38	9,491.56	0.06125	1.346	7,050.97	
6	19,828.94	10,337.38	9,491.56	0.06125	1.429	6,644.03	
7	19,828.94	10,337.38	9,491.56	0.06125	1.516	6,260.57	
8	19,828.94	10,337.38	9,491.56	0.06125	1.609	5,899.24	
9	19,828.94	10,337.38	9,491.56	0.06125	1.707	5,558.76	
10	19,828.94	10,337.38	9,491.56	0.06125	1.812	5,237.94	
						NPV	-38,553.15

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 2.20 ผลตอบแทนจากการลงทุนใช้บ่อ Biogas บำบัดมูลสัตว์ของฟาร์มขนาดใหญ่ที่ 6

ปี	ผลตอบแทน	ต้นทุน	ผลตอบแทนสุทธิ	อัตราคิดลด	$(1+i)^t$	PV	
0	0	106,000.00	-106,000.00	0.06125	1.000	-106,000.00	
1	60,020.00	4,500.00	55,520.00	0.06125	1.061	52,315.67	
2	60,020.00	4,500.00	55,520.00	0.06125	1.126	49,296.27	
3	60,020.00	4,500.00	55,520.00	0.06125	1.195	46,451.14	
4	60,020.00	4,500.00	55,520.00	0.06125	1.268	43,770.21	
5	60,020.00	4,500.00	55,520.00	0.06125	1.346	41,244.02	
6	60,020.00	4,500.00	55,520.00	0.06125	1.429	38,863.62	
7	60,020.00	4,500.00	55,520.00	0.06125	1.516	36,620.61	
8	60,020.00	4,500.00	55,520.00	0.06125	1.609	34,507.05	
9	60,020.00	4,500.00	55,520.00	0.06125	1.707	32,515.48	
10	60,020.00	4,500.00	55,520.00	0.06125	1.812	30,638.85	
						NPV	300,222.90

ที่มา: จากการคำนวณ

ภาคผนวกที่ 3
ข้อมูลในการวิเคราะห์

ตารางภาคผนวกที่ 3.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน (Baseline Emission) ของฟาร์มขนาดเล็ก

รายการ	GWP_{CH_4}	$D_{CH_4,20C}$	UF_{BL}	MCF_{BL}	B_0	MS_{BL}	$\sum_i(N_{i,y} \times VS_{i,y})$	BE_y
ฟาร์มที่ 1	28	0.00067	0.94	0.80	0.13	0.14	35,770.00	9.18
ฟาร์มที่ 2	28	0.00067	0.94	0.80	0.13	0.18	50,930.98	16.81
ฟาร์มที่ 3	28	0.00067	0.94	0.80	0.13	0.08	15,590.30	2.29
ฟาร์มที่ 4	28	0.00067	0.94	0.80	0.13	0.28	33,942.19	17.43
ฟาร์มที่ 5	28	0.00067	0.94	0.80	0.13	0.32	23,230.85	13.63
รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO₂e/ปี)								59.35

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 3.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน (Baseline Emission) ของฟาร์มขนาดกลาง

รายการ	GWP_{CH_4}	$D_{CH_4,20C}$	UF_{BL}	MCF_{BL}	B_0	MS_{BL}	$\sum_i(N_{i,y} \times VS_{i,y})$	BE_y
ฟาร์มที่ 1	28	0.00067	0.94	0.80	0.13	0.07	150,941.54	19.38
ฟาร์มที่ 2	28	0.00067	0.94	0.80	0.13	0.02	44,378.38	1.63
ฟาร์มที่ 3	28	0.00067	0.94	0.80	0.13	0.2	204,891.35	75.15
ฟาร์มที่ 4	28	0.00067	0.94	0.80	0.13	0.12	284,534.76	62.62
ฟาร์มที่ 5	28	0.00067	0.94	0.80	0.13	0.24	90,869.56	40.00
ฟาร์มที่ 6	28	0.00067	0.94	0.80	0.13	0.2	126,203.90	46.29
ฟาร์มที่ 7	28	0.00067	0.94	0.80	0.13	0.28	179,599.47	92.23
ฟาร์มที่ 8	28	0.00067	0.94	0.80	0.13	0.36	108,014.39	71.31
ฟาร์มที่ 9	28	0.00067	0.94	0.80	0.13	0.2	81,268.65	29.81
รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO₂e/ปี)								438.42

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 3.3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน (Baseline Emission) ของฟาร์มขนาดใหญ่

รายการ	GWP_{CH_4}	$D_{CH_4,20C}$	UF_{BL}	MCF_{BL}	B_0	MS_{BL}	$\sum_i(N_{i,y} \times VS_{i,y})$	BE_y
ฟาร์มที่ 1	28	0.00067	0.94	0.80	0.13	0.02	311,281.98	11.42
ฟาร์มที่ 2	28	0.00067	0.94	0.80	0.13	0.04	471,967.46	34.62
ฟาร์มที่ 3	28	0.00067	0.94	0.80	0.13	0.05	644,390.65	59.09
ฟาร์มที่ 4	28	0.00067	0.94	0.80	0.13	0.06	394,922.42	43.46
ฟาร์มที่ 5	28	0.00067	0.94	0.80	0.13	0.01	564,305.16	10.35
ฟาร์มที่ 6	28	0.00067	0.94	0.80	0.13	0.06	338,098.78	37.20
รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO₂e/ปี)								196.14

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 3.4 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการดำเนินโครงการ (Project Emission) ของฟาร์มขนาดเล็ก

รายการ	เบนซิน				ดีเซล				PE _{FF,y}
	FC _{PJ,i,y}	NCV _{i,y}	(NCV _{i,y} × 10 ⁻⁶)	EF _{CO2,i}	FC _{PJ,i,y}	NCV _{i,y}	(NCV _{i,y} × 10 ⁻⁶)	EF _{CO2,i}	
ฟาร์มที่ 1	0	31.48	0.00003148	69,300	0	36.42	0.00003642	74,100	0
ฟาร์มที่ 2	0	31.48	0.00003148	69,300	0	36.42	0.00003642	74,100	0
ฟาร์มที่ 3	0	31.48	0.00003148	69,300	0	36.42	0.00003642	74,100	0
ฟาร์มที่ 4	0	31.48	0.00003148	69,300	0	36.42	0.00003642	74,100	0
ฟาร์มที่ 5	0	31.48	0.00003148	69,300	0	36.42	0.00003642	74,100	0
รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO₂e/ปี)									0

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 3.5 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการดำเนินโครงการ (Project Emission) ของฟาร์มขนาดกลาง

รายการ	เบนซิน				ดีเซล				PE _{FF,y}
	FC _{PJ,i,y}	NCV _{i,y}	(NCV _{i,y} × 10 ⁻⁶)	EF _{CO2,i}	FC _{PJ,i,y}	NCV _{i,y}	(NCV _{i,y} × 10 ⁻⁶)	EF _{CO2,i}	
ฟาร์มที่ 1	0	31.48	0.00003148	69,300	0	36.42	0.00003642	74,100	0
ฟาร์มที่ 2	0	31.48	0.00003148	69,300	0	36.42	0.00003642	74,100	0
ฟาร์มที่ 3	0	31.48	0.00003148	69,300	0	36.42	0.00003642	74,100	0
ฟาร์มที่ 4	0	31.48	0.00003148	69,300	0	36.42	0.00003642	74,100	0
ฟาร์มที่ 5	0	31.48	0.00003148	69,300	0	36.42	0.00003642	74,100	0
ฟาร์มที่ 6	0	31.48	0.00003148	69,300	0	36.42	0.00003642	74,100	0
ฟาร์มที่ 7	0	31.48	0.00003148	69,300	0	36.42	0.00003642	74,100	0
ฟาร์มที่ 8	0	31.48	0.00003148	69,300	0	36.42	0.00003642	74,100	0
ฟาร์มที่ 9	0	31.48	0.00003148	69,300	0	36.42	0.00003642	74,100	0
รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO₂e/ปี)									0

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 3.6 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการดำเนินโครงการ (Project Emission) ของฟาร์มขนาดใหญ่

รายการ	เบนซิน				ดีเซล				PE _{FF,y}
	FC _{PJ,i,y}	NCV _{i,y}	(NCV _{i,y} × 10 ⁻⁶)	EF _{CO2,i}	FC _{PJ,i,y}	NCV _{i,y}	(NCV _{i,y} × 10 ⁻⁶)	EF _{CO2,i}	
ฟาร์มที่ 1	0	31.48	0.00003148	69,300	0	36.42	0.00003642	74,100	0
ฟาร์มที่ 2	0	31.48	0.00003148	69,300	0	36.42	0.00003642	74,100	0
ฟาร์มที่ 3	0	31.48	0.00003148	69,300	0	36.42	0.00003642	74,100	0
ฟาร์มที่ 4	0	31.48	0.00003148	69,300	0	36.42	0.00003642	74,100	0
ฟาร์มที่ 5	0	31.48	0.00003148	69,300	195.84	36.42	0.00003642	74,100	0.53
ฟาร์มที่ 6	0	31.48	0.00003148	69,300	0	36.42	0.00003642	74,100	0
รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO₂e/ปี)									0.53

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 3.7 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าในการดำเนินโครงการ (Project Emission) ของฟาร์มขนาดเล็ก

รายการ	EC _{PJ,y}	(EC _{PJ,y} × 10 ⁻³)	EF _{EC,PJ,y}	PE _{EL,y}
ฟาร์มที่ 1	0	0	0.4857	0
ฟาร์มที่ 2	0	0	0.4857	0
ฟาร์มที่ 3	0	0	0.4857	0
ฟาร์มที่ 4	0	0	0.4857	0
ฟาร์มที่ 5	48	0.048	0.4857	0.02
รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO₂e/ปี)				0.02

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 3.8 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าในการดำเนินโครงการ (Project Emission) ของฟาร์มขนาดกลาง

รายการ	EC _{PJ,y}	(EC _{PJ,y} × 10 ⁻³)	EF _{EC,PJ,y}	PE _{EL,y}
ฟาร์มที่ 1	0	0	0.4857	0
ฟาร์มที่ 2	0	0	0.4857	0
ฟาร์มที่ 3	0	0	0.4857	0
ฟาร์มที่ 4	0	0	0.4857	0
ฟาร์มที่ 5	0	0	0.4857	0
ฟาร์มที่ 6	0	0	0.4857	0
ฟาร์มที่ 7	825	0.825	0.4857	0.403
ฟาร์มที่ 8	13.2	0.013	0.4857	0.006
ฟาร์มที่ 9	26.4	0.026	0.4857	0.013
รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO₂e/ปี)				0.420

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 3.9 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าในการดำเนินโครงการ (Project Emission) ของฟาร์มขนาดใหญ่

รายการ	EC _{PJ,y}	(EC _{PJ,y} × 10 ⁻³)	EF _{EC,PJ,y}	PE _{EL,y}
ฟาร์มที่ 1	0	0	0.4857	0
ฟาร์มที่ 2	4.4	0.0044	0.4857	0.002
ฟาร์มที่ 3	99.0	0.0990	0.4857	0.048
ฟาร์มที่ 4	0	0	0.4857	0
ฟาร์มที่ 5	0	0	0.4857	0
ฟาร์มที่ 6	0	0	0.4857	0
รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO₂e/ปี)				0.050

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 3.10 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของก๊าซมีเทนจากระบบกักเก็บในการดำเนินโครงการ (Project Emission) ของฟาร์มขนาดเล็ก

รายการ	GWP_{CH_4}	$D_{CH_4,20C}$	B_0	$MS_{PJ,y}$	$\sum_i (N_{i,y} \times VS_{i,y})$	$PE_{leak,y}$
ฟาร์มที่ 1	28	0.00067	0.13	0.14	35,770.00	1.22
ฟาร์มที่ 2	28	0.00067	0.13	0.18	50,930.98	2.24
ฟาร์มที่ 3	28	0.00067	0.13	0.08	15,590.30	0.30
ฟาร์มที่ 4	28	0.00067	0.13	0.28	33,942.19	2.32
ฟาร์มที่ 5	28	0.00067	0.13	0.32	23,230.85	1.81
รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO₂e/ปี)						7.89

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 3.11 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของก๊าซมีเทนจากระบบกักเก็บในการดำเนินโครงการ (Project Emission) ของฟาร์มขนาดกลาง

รายการ	GWP_{CH_4}	$D_{CH_4,20C}$	B_0	$MS_{PJ,y}$	$\sum_i (N_{i,y} \times VS_{i,y})$	$PE_{leak,y}$
ฟาร์มที่ 1	28	0.00067	0.13	0.07	150,941.54	2.58
ฟาร์มที่ 2	28	0.00067	0.13	0.02	44,378.38	0.22
ฟาร์มที่ 3	28	0.00067	0.13	0.20	204,891.35	9.99
ฟาร์มที่ 4	28	0.00067	0.13	0.12	284,534.76	8.33
ฟาร์มที่ 5	28	0.00067	0.13	0.24	90,869.56	5.32
ฟาร์มที่ 6	28	0.00067	0.13	0.20	126,203.90	6.16
ฟาร์มที่ 7	28	0.00067	0.13	0.28	179,599.47	12.26
ฟาร์มที่ 8	28	0.00067	0.13	0.36	108,014.39	9.48
ฟาร์มที่ 9	28	0.00067	0.13	0.20	81,268.65	3.96
รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO₂e/ปี)						58.30

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 3.12 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของก๊าซมีเทนจากระบบกักเก็บในการดำเนินโครงการ (Project Emission) ของฟาร์มขนาดใหญ่

รายการ	GWP_{CH_4}	$D_{CH_4,20C}$	B_0	$MS_{PJ,y}$	$\sum_i (N_{i,y} \times VS_{i,y})$	$PE_{leak,y}$
ฟาร์มที่ 1	28	0.00067	0.13	0.02	311,281.98	1.52
ฟาร์มที่ 2	28	0.00067	0.13	0.04	471,967.46	4.60
ฟาร์มที่ 3	28	0.00067	0.13	0.05	644,390.65	7.86
ฟาร์มที่ 4	28	0.00067	0.13	0.06	394,922.42	5.78
ฟาร์มที่ 5	28	0.00067	0.13	0.01	564,305.16	1.38
ฟาร์มที่ 6	28	0.00067	0.13	0.06	338,098.78	4.95
รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO₂e/ปี)						26.08

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 3.13 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (Project Emission) ของฟาร์มขนาดเล็ก

รายการ	$PE_{FF,y}$	$PE_{EL,y}$	$PE_{leak,y}$	PE_y
ฟาร์มที่ 1	0	0.00	1.22	1.22
ฟาร์มที่ 2	0	0.00	2.24	2.24
ฟาร์มที่ 3	0	0.00	0.30	0.30
ฟาร์มที่ 4	0	0.00	2.32	2.32
ฟาร์มที่ 5	0	0.02	1.81	1.84
รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO₂e/ปี)				7.92

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 3.14 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (Project Emission) ของฟาร์มขนาดกลาง

รายการ	$PE_{FF,y}$	$PE_{EL,y}$	$PE_{leak,y}$	PE_y
ฟาร์มที่ 1	0	0.00	2.58	2.58
ฟาร์มที่ 2	0	0.00	0.22	0.22
ฟาร์มที่ 3	0	0.00	9.99	9.99
ฟาร์มที่ 4	0	0.00	8.33	8.33
ฟาร์มที่ 5	0	0.00	5.32	5.32
ฟาร์มที่ 6	0	0.00	6.16	6.16
ฟาร์มที่ 7	0	0.40	12.26	12.66
ฟาร์มที่ 8	0	0.01	9.48	9.49
ฟาร์มที่ 9	0	0.01	3.96	3.98
รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO₂e/ปี)				58.72

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 3.15 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (Project Emission) ของฟาร์มขนาดใหญ่

รายการ	PE _{FF,y}	PE _{EL,y}	PE _{leak,y}	PE _y
ฟาร์มที่ 1	0.00	0.00	1.52	1.52
ฟาร์มที่ 2	0.00	0.00	4.60	4.61
ฟาร์มที่ 3	0.00	0.05	7.86	7.91
ฟาร์มที่ 4	0.00	0.00	5.78	5.78
ฟาร์มที่ 5	0.53	0.00	1.38	1.90
ฟาร์มที่ 6	0.00	0.00	4.95	4.95
รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO ₂ e/ปี)				26.66

ที่มา: จากการคำนวณ

ภาคผนวกที่ 4
แบบสอบถาม



แบบชุดที่.....

วันที่สำรวจ...../...../.....

ผู้สำรวจ.....

แบบสอบถามประกอบงานวิจัย ปี 2568

เรื่อง การศึกษาต้นทุนส่วนเพิ่มจากมาตรการจัดการมูลสัตว์เพื่อลดก๊าซเรือนกระจก: กรณีศึกษาโคนม

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบต้นทุน ผลตอบแทน และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกก่อนและหลังการจัดการมูลสัตว์ในฟาร์มโคนมด้วยระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ
 2. เพื่อศึกษาต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการมูลสัตว์ในฟาร์มโคนมด้วยระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ
- ข้อมูลทั้งหมดที่สอบถามนี้ ทางราชการจะเก็บไว้เป็นความลับและจะนำไปเผยแพร่เฉพาะค่าประมาณทางสถิติที่เป็นภาพรวมเท่านั้น

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

- 1.1 ชื่อ-นามสกุล ผู้ให้สัมภาษณ์ เบอร์โทร
- 1.2 อายุ ปี
- 1.3 การศึกษา
 1) ไม่ได้ศึกษา 2) ประถมศึกษา 3) มัธยมศึกษาตอนต้น
 4) มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. 5) อนุปริญญา/ปวส. 6) ปริญญาตรีหรือเทียบเท่า
 7) สูงกว่าปริญญาตรี
- 1.4 ชื่อฟาร์ม
- 1.5 ที่ตั้ง เลขที่ หมู่ที่ ซอย ถนน
หมู่บ้าน ตำบล อำเภอ
- 1.6 ประสบการณ์การเลี้ยงโคนม ประกอบเป็นอาชีพหลัก เมื่อปี พ.ศ. รวมเป็นเวลา ปี
- 1.7 รูปแบบการเลี้ยง
 1) เลี้ยงแบบปล่อยอิสระในคอก 2) เลี้ยงแบบผูกยืนโรง 3) เลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อยทุ่ง
- 1.8 สายพันธุ์โคนม
 1) พันธุ์ขาว-ดำ (Holdstein Friesian) 2) พันธุ์ขาว-แดง (Red Holdstein)
 3) พันธุ์บราวน์สวิส (Brown Swiss) 4) อื่น ๆ ระบุ
- 1.9 พื้นที่ถือครองทางการเกษตรทั้งหมด เนื้อที่รวม ไร่ งาน
 1) ตนเอง ไร่ งาน
 2) เช่า ไร่ งาน ค่าเช่า บาท/ไร่/ปี
- 1.10 การใช้พื้นที่ในฟาร์มโคนม
 1) อยู่อาศัย ไร่ 2) เลี้ยงโคนม ไร่
 3) บ่อบำบัดน้ำเสีย ไร่ 4) พื้นที่สร้างระบบ Biogas ไร่
 5) ปลูกพืช...../..... ไร่ 6) อื่นๆ...../..... ไร่

1.11 ขนาดของฟาร์ม (ตามกำหนดกรมปศุสัตว์)

- 1) ขนาดเล็ก (แม่โคไม่เกิน 20 ตัว) ระบุจำนวน ตัว
- 2) ขนาดกลาง (แม่โคตั้งแต่ 21 – 100 ตัว) ระบุจำนวน ตัว
- 3) ขนาดใหญ่ (แม่โคเกินกว่า 100 ตัวขึ้นไป) ระบุจำนวน ตัว

1.12 การได้รับมาตรฐานฟาร์ม

- 1) ไม่ได้รับ เนื่องจาก
- 2) ได้รับ 2.1) GFM 2.2) GAP 2.3) อื่น ๆ ระบุ

1.13 ภาระหนี้สิน

- 1) ไม่มีหนี้สิน
- 2) มีหนี้สิน
- 2.1) กู้ในระบบ บาท ดอกเบี้ย % ต่อปี สัดส่วน % ของหนี้สินทั้งหมด
- 2.2) กู้นอกระบบ บาท ดอกเบี้ย % ต่อปี สัดส่วน % ของหนี้สินทั้งหมด

ส่วนที่ 2 การจัดการมูลสัตว์ภายในฟาร์ม

2.1 ปริมาณมูลโคที่เกิดขึ้นจากโรงเรือน

ประเภทโคนม	จำนวนโคนม แต่ละประเภท (ตัว)	น้ำหนักเฉลี่ยโค นมแต่ละประเภท (กก.)	ปริมาณ มูลโคเฉลี่ย (กก./ตัว/วัน)	ปริมาณมูลโค ที่เกิดขึ้น (กก./วัน)
1) โคนมเพศเมีย (โครีดนม)				
2) โคนมเพศเมีย (โคนมแห้ง)				
3) โคนมเพศเมีย (แรกเกิดถึง 1 ปี)				
4) โคนมเพศเมีย (1 ปีถึงท้องแรก)				
5) โคนมเพศผู้				
ปริมาณมูลโคที่เกิดขึ้นจากโรงเรือนเลี้ยงโคนมทั้งหมด (กก./วัน)				

หมายเหตุ : 1) โครีดนม หมายถึง แม่โคนมที่รีดนมอยู่ในวันที่เข้าสำรวจข้อมูล

2) โคนมแห้งหรือโคดราย หมายถึง แม่โคนมที่เคยให้ลูก แต่วันที่เข้าสำรวจแม่โคนมตัวนั้นหยุดรีดนม

3) โคแรกเกิดถึง 1 ปี หมายถึง ลูกโคเพศเมีย โครุ่น หรือโคสาวที่มีอายุไม่เกิน 1 ปี และยังไม่ตั้งท้อง

4) โค 1 ปี ถึงท้องแรก หมายถึง โคเพศเมียที่เป็นโครุ่น หรือโคสาวที่มีอายุมากกว่า 1 ปี ที่ยังไม่เคยให้ลูก ไม่เคยให้นม รวมถึงที่อยู่ในระยะ ตั้งท้อง

5) โคเพศผู้ หมายถึง โคเพศผู้ทั้งหมด ทุกอายุ ที่มีอยู่ในฟาร์ม

6) โดยทั่วไปโคพันธุ์ใหญ่ เช่น Holstein Friesian มีน้ำหนักตัวระหว่าง 500-600 กิโลกรัม จะขับถ่ายมูล (รวมปัสสาวะ) เฉลี่ย 40-50 กิโลกรัมต่อวัน คิดเป็นมูลแห้ง 8-10 กิโลกรัมต่อวัน หรือขับถ่ายมูลคิดเป็นร้อยละ 8 ของน้ำหนักตัว

2.2 รูปแบบและสัดส่วนการจัดการมูลโคนม

- 1) ปล่อยทุ่งหญ้า สัดส่วนมูล %
- 2) การเกลี่ย/ฝังตากรายวัน สัดส่วนมูล %
- 3) การเก็บแบบของแข็ง สัดส่วนมูล %
- 4) การทิ้งในคอกเป็นชั้นหนา สัดส่วนมูล %
- 5) การเก็บในที่แห้ง สัดส่วนมูล %
- 6) บ่อไร้อากาศแบบเปิด สัดส่วนมูล %
- 7) บ่อหมักไร้อากาศ สัดส่วนมูล %
- 8) อื่นๆ ระบุ สัดส่วนมูล %

2.3 การใช้ประโยชน์จากมูลและน้ำเสียจากฟาร์มโคนม

- 1) มูลที่นำไปตากแห้ง ปริมาณ กก./วัน ระยะเวลาในการตาก วัน
อัตราแปลง มูลสด กก. : มูลแห้ง กก.
- 1.1) นำไปจำหน่าย กก./เดือน ราคา บาท/กก.
- 1.2) นำไปใส่ต้นไม้ในฟาร์ม กก./เดือน
- 1.3) แจกจ่าย/ให้ฟรี กก./เดือน
- 2) มูลที่ผ่านการแยกกาก ปริมาณ กก./วัน อัตราแปลง มูลสด กก. : มูลแห้ง กก.
- 2.1) นำไปจำหน่าย กก./เดือน ราคา บาท/กก.
- 2.2) นำไปใส่ต้นไม้ในฟาร์ม กก./เดือน
- 2.3) แจกจ่าย/ให้ฟรี กก./เดือน
- 3) มูลที่ทิ้งในคอกเป็นชั้นหนา ปริมาณ กก./วัน ระยะเวลาที่ทิ้งไว้ในคอกก่อนนำไปใช้ วัน
อัตราแปลง มูลสด กก. : มูลแห้ง กก.
- 3.1) นำไปจำหน่าย กก./เดือน ราคา บาท/กก.
- 3.2) นำไปใส่ต้นไม้ในฟาร์ม กก./เดือน
- 3.3) แจกจ่าย/ให้ฟรี กก./เดือน
- 4) มูลจากบ่อไร้อากาศแบบเปิด ปริมาณ กก./วัน
- 4.1) นำไปจำหน่าย ลิตร./เดือน ราคา บาท/ลิตร
- 4.2) นำไปใส่ต้นไม้ในฟาร์ม ลิตร./เดือน
- 4.3) แจกจ่าย/ให้ฟรี ลิตร./เดือน
- 5) มูลจากบ่อ Biogas (บ่อไร้อากาศแบบปิด) ปริมาณ กก./วัน
- 5.1) ปริมาณที่จำหน่าย ลิตร./เดือน ราคา บาท/ลิตร
- 5.2) นำไปใส่ต้นไม้ในฟาร์ม ลิตร./เดือน
- 5.3) แจกจ่าย/ให้ฟรี ลิตร./เดือน

2.4 แหล่งน้ำที่ใช้ในฟาร์ม

- 1) บ่อบำบัด 2) น้ำบาดาล 3) สระ/บ่อ
- 4) ระบาย 5) อื่น ๆ ระบุ

2.5 ท่านเคยใช้ระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพมาก่อนหรือไม่

- 1) เคยใช้ ระบบชนิดของบ่อบำบัดน้ำเสีย
- 1.1) Modified Cover Lagoon (.....x.....x.....) จำนวน บ่อ ขนาด คิว
 - 1.2) Cover Lagoon (.....x.....x.....) จำนวน บ่อ ขนาด คิว
 - 1.3) โดมคงที่ (Fixed dome) (.....x.....x.....) จำนวน บ่อ ขนาด คิว
 - 1.4) แบบราง Channel Digester (.....x.....x.....) จำนวน บ่อ ขนาด คิว
 - 1.5) แบบ PVC Digester (.....x.....x.....) จำนวน บ่อ ขนาด คิว
 - 1.6) แบบอื่นๆ จำนวน บ่อ ขนาด คิว
- 2) ไม่เคยใช้

2.6 ข้อมูลรายละเอียดการลงทุนติดตั้งระบบบ่อบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ ในโครงการส่งเสริมระบบบ่อบำบัดน้ำเสียในฟาร์มโคนม

- 1) งบประมาณในการก่อสร้างบาท
- 2) ที่ปรึกษาฯ ในการออกแบบ ก่อสร้าง และติดตั้งระบบทั้งหมด
 - 2.1) หน่วยงานภาครัฐ (โปรดระบุรายละเอียด)
 - 2.2) หน่วยงานเอกชน (โปรดระบุรายละเอียด)
- 3) เงื่อนไขการลงทุน
 - 3.1) “ลงทุนด้วยงบประมาณของฟาร์มทั้งหมด”
 - 3.2) “สนับสนุนงบประมาณจากทางภาครัฐหรือเอกชน” โปรดระบุ หน่วยงานที่ให้การสนับสนุน
 - (1) กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (เช่น กรมปศุสัตว์ เป็นต้น)
 - (2) กระทรวงพลังงาน (เช่น กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน เป็นต้น)
 - (3) อื่นๆ (โปรดระบุรายละเอียด)
- 4) จำนวนงบประมาณที่ได้รับการสนับสนุน บาท หรือ คิดเป็นสัดส่วน % ของงบประมาณลงทุนติดตั้งระบบบ่อบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพทั้งหมด

2.7 กระบวนการผลิต biogas

- 1) เริ่มใช้ระบบ Biogas เมื่อวันที่ เดือน พ.ศ. 2567 ถึงปัจจุบัน รวมวันที่เดินระบบผลิต Biogas จำนวน วัน
 - 2) ขั้นตอนการผลิต (การจัดการมูลเข้าระบบ Biogas)
 - 2.1) ปริมาณมูลที่นำเข้า กก./วัน
 - 2.2) วิธีการนำเข้าระบบ
 - เครื่องสูบน้ำสูบเติมเข้าระบบ กก (ลิตร)/วัน
 - ผ่านท่อ/รางน้ำ..... กก. (ลิตร)/วัน
 - ใช้การตักมูลโคเข้าระบบ รอบกก. ครั้ง/วัน
-
-

3) การหมักมูลโคในบ่อ Biogas

- 3.1) ใช้มูลโคเพียงอย่างเดียว โดยมีระยะเวลาการเกิดก๊าซ วัน
- 3.2) ใช้มูลโคผสมกับ โดยมีระยะเวลาเกิดก๊าซ วัน
- 3.3) ปริมาณก๊าซที่ได้ ลบ.ม/วัน หรือ ลิตร/วัน

4) อายุการใช้งานของระบบ Biogas ปี

หมายเหตุ: ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร (ค่าความร้อน 21 เมกะจูล) สามารถเทียบเท่ากับ ก๊าซหุงต้ม (LPG) 0.46 กิโลกรัม น้ำมันดีเซล 0.60 ลิตร น้ำมันเตา 0.55 ลิตร ไฟฟ้า 1.2 กิโลวัตต์/ชั่วโมง และ ไม้ฟืน 1.5 กิโลกรัม

2.8 ปัญหาที่พบจากระบบบำบัดน้ำเสีย (Biogas) ที่ใช้อยู่ ณ ปัจจุบัน

- 1) กลิ่นเหม็นจากน้ำเสียภายในฟาร์ม
- 2) ไม่สามารถปล่อยน้ำออกสู่สาธารณะได้
- 3) แมลงวัน
- 4) โรคระบาด
- 5) อื่นๆ (ระบุ)

2.9 แนวทางแก้ไขปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ส่วนที่ 3 การใช้พลังงานและการผลิตพลังงานของฟาร์ม

3.1 ค่าใช้จ่าย/ปริมาณการใช้พลังงานของฟาร์มในแต่ละเดือน “ก่อน” การติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ

3.2 ค่าใช้จ่าย/ปริมาณการใช้พลังงานของฟาร์มในแต่ละเดือน “หลัง” การติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ

3.3 การนำก๊าซชีวภาพที่ได้มาใช้ประโยชน์

1) ก๊าซหุงต้ม

- ทดแทนก๊าซ LPG จากเดิม Kg. บาท/เดือน เหลือ Kg. บาท/เดือน

2) พลังงานไฟฟ้า

- ทดแทนพลังงานไฟฟ้า จากเดิม Kw. บาท/เดือน เหลือ Kw. บาท/เดือน

3) อื่นๆ ระบุ

3.4 แหล่งที่นำไปใช้ประโยชน์

1) ใช้ประโยชน์ในฟาร์ม ร้อยละ ของที่ผลิตได้

2) ใช้ประโยชน์ในครัวเรือน ร้อยละ ของที่ผลิตได้

3) ใช้ประโยชน์ในชุมชน ร้อยละ ของที่ผลิตได้

4) จำหน่าย ร้อยละ ของที่ผลิตได้

3.5 ค่าใช้จ่ายของระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ

1) ค่าบำรุงรักษา บาท/ปี

2) ค่าประกัน บาท/ปี

3) ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ (ระบุ) บาท/ปี

ส่วนที่ 4 แรงงานในการบริหารจัดการระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ

4.1 จำนวนแรงงานที่ดูแลระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ คน

4.2 ลักษณะการจ้างแรงงาน

1) จ้างรายเดือน

1.1) จำนวนแรงงาน คน

1.2) ชั่วโมงทำงาน ชม./คน/วัน

1.3) อัตราค่าจ้าง บาท/คน/เดือน

1.4) กิจกรรม

(1) ล้างโรงเรือน

(2) ล้างคอก

(3) ตักมูลเข้าระบบ

(4) นำของเสียไปบ่อรวบรวม

(5) ดูแล รักษา ระบบการผลิต

(6) ดูแล รักษา ราง/ท่อส่ง

(7) อื่นๆ (โปรดระบุ)

2) จ้างรายวัน

2.1) จำนวนแรงงาน คน

2.2) ชั่วโมงทำงาน ชม./คน/วัน

2.3) อัตราค่าจ้าง บาท/คน/วัน

2.4) กิจกรรม

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> (1) ล้างโรงเรือน | <input type="checkbox"/> (2) ล้างคอก |
| <input type="checkbox"/> (3) ตักมูลเข้าระบบ | <input type="checkbox"/> (4) นำของเสียไปบ่อรวบรวม |
| <input type="checkbox"/> (5) ดูแล รักษา ระบบการผลิต | <input type="checkbox"/> (6) ดูแล รักษา ราง/ท่อส่ง |
| <input type="checkbox"/> (7) อื่นๆ (โปรดระบุ) | |

3) แรงงานตนเอง

- 3.1) จำนวนแรงงาน คน
- 3.2) ชั่วโมงทำงาน ชม./คน/วัน
- 3.3) กิจกรรม
- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> (1) ล้างโรงเรือน | <input type="checkbox"/> (2) ล้างคอก |
| <input type="checkbox"/> (3) ตักมูลเข้าระบบ | <input type="checkbox"/> (4) นำของเสียไปบ่อรวบรวม |
| <input type="checkbox"/> (5) ดูแล รักษา ระบบการผลิต | <input type="checkbox"/> (6) ดูแล รักษา ราง/ท่อส่ง |
| <input type="checkbox"/> (7) อื่นๆ (โปรดระบุ) | |

ส่วนที่ 5 เหตุผลในการสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพ (เรียงลำดับความสำคัญจากมากที่สุดไปน้อยที่สุด)

- 5.1 ภาครัฐให้การสนับสนุน
- 5.2 ลดต้นทุนการผลิต
- 5.3 แก้ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ลดผลกระทบต่อชุมชน
- 5.4 ข้อบังคับของกฎหมาย
- 5.5
- 5.6
- 5.7
- 5.8

ส่วนที่ 6 แนวทางการสนับสนุนระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากภาครัฐ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- 6.1 การสนับสนุนงบประมาณในการก่อสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพของภาครัฐ (เลือกข้อใดข้อหนึ่ง)
- 1) ลงทุนด้วยเงินตนเอง 100%
- 2) ภาครัฐสนับสนุนเงินลงทุนบางส่วน ร่วมกับโครงการเงินกู้ยืมดอกเบี้ยต่ำ
- | | |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> (1) ลงทุน | <input type="checkbox"/> (2) ไม่ลงทุน |
|------------------------------------|---------------------------------------|
- 3) ภาครัฐสนับสนุนเงินลงทุนบางส่วน ร่วมกับโครงการเงินกู้ยืมดอกเบี้ย 0%
- | | |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> (1) ลงทุน | <input type="checkbox"/> (2) ไม่ลงทุน |
|------------------------------------|---------------------------------------|
- 4) ภาครัฐสนับสนุนเงินลงทุนบางส่วน ร่วมกับลงทุนเงินตนเอง
- | | |
|---|---|
| <input type="radio"/> 4.1) ลงทุน สัดส่วนเงินที่พร้อมลงทุน | |
| <input type="checkbox"/> (1) 75% | <input type="checkbox"/> (2) 50% |
| <input type="checkbox"/> (3) 25% | <input type="checkbox"/> (4) อื่นๆ ระบุ |
| <input type="radio"/> 4.2) ไม่ลงทุน | |
- 5) ภาครัฐสนับสนุนเงินลงทุน 100%

- 6.2 มีการถ่ายทอดองค์ความรู้ อบรมวิธีการใช้งาน และการดูแลรักษาระบบผลิตก๊าซชีวภาพ และการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ จากผู้เชี่ยวชาญ
- 6.3 มีโครงการติดตามการใช้งาน การประเมินผล และการให้คำปรึกษาแก่เจ้าของฟาร์มโคนม ในการใช้งานระบบผลิตก๊าซชีวภาพ
- 6.4 อื่นๆ (โปรดระบุรายละเอียด)

ส่วนที่ 7 การลงทุนในระบบผลิตก๊าซชีวภาพเพิ่มเติม

สิ่งที่ท่านลงทุนเพิ่มเติมนอกเหนือจากที่ได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐ

7.1 ปรับปรุง ขยายพื้นที่ ไร่ คิดเป็นเงิน บาท

7.2 จัดซื้ออุปกรณ์เพิ่มเติม (โปรดระบุ)

1) บาท

2) บาท

3) บาท

รวมเป็นเงินลงทุนทั้งสิ้น บาท

ส่วนที่ 8 ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

.....

.....

.....

คำอธิบายการจัดการมูลสัตว์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคปศุสัตว์ตามคู่มือ
2019 Refinement to 2006 IPCC GLs

1. ปล่อยทุ่งหญ้า (pasture/range/paddock) มูลของสัตว์ที่เลี้ยงปล่อยทุ่งถูกปล่อยทิ้งไว้ในพื้นที่และไม่มี
การจัดการมูลใดๆ
2. การเกลี่ยฝังตากรายวัน (daily spread) มูลสัตว์และปัสสาวะที่ถูกเก็บ เช่น การโกย และสิ่งขับถ่ายที่เก็บ
ได้นำไปใส่ในพื้นที่เปิด (เช่น พื้นที่เพาะปลูก) สม่่าเสมอมักทำเป็นรายวัน
3. การเก็บแบบของแข็ง (solid storage) มูลสัตว์และปัสสาวะถูกขับถ่ายในช่อง/คอก ของเสียที่เป็นของแข็ง
ที่มีหรือไม่มีวัสดุรองพื้นจะถูกเก็บออกจากคอกแต่ถูกกองรวบรวมไว้เป็นเวลานาน (หลายเดือน) ก่อนนำไปใช้/
กำจัด โดยมูลสัตว์สามารถทำกองได้เพราะน้ำในมูลระเหยออกจนมูลแห้งเพียงพอ
4. การทิ้งมูลสัตว์ในคอกเป็นชั้นหนา (deep bedding) มูลสัตว์ที่สะสมวัสดุรองพื้นใส่ในคอกเลี้ยงสัตว์เป็น
ระยะตลอดรอบการเลี้ยงเพื่อควบคุมความชื้นในคอก โดยอาจนานถึง 6-12 เดือน โดยอาจดำเนินการร่วมกับ
การเก็บในที่แห้งหรือการเลี้ยงปล่อยทุ่ง
5. การเก็บในที่แห้ง (dry lot) สัตว์อาจถูกเลี้ยงในพื้นที่เลี้ยงที่มีขอบเขตแต่ไม่มีสิ่งปกคลุม (หลังคา) และลาด
หรือไม่ลาดพื้นก็ได้ (paved and unpaved open confinement area) ซึ่งมูลสัตว์ที่ถูกทิ้งแห้งและสะสมไว้
อาจถูกเก็บออกเป็นระยะๆ การเก็บแบบแห้งมักพบในภูมิอากาศแห้ง (dry climate) และพบบ้างในภูมิอากาศ
ชื้น (humid climate)
6. บ่อไร้อากาศแบบเปิด (uncovered anaerobic lagoon) มูลสัตว์ถูกฉีดล้างด้วยน้ำเพื่อให้มูลลงไป
เปิดที่มีการบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ โดยถูกเก็บไว้นาน (นานถึง 1 ปี หรือมากกว่า) และน้ำใสในบ่อสามารถนำ
กลับมาใช้เป็นน้ำล้างหรือใช้รดในพื้นที่เพาะปลูกเพื่อเป็นปุ๋ย
7. บ่อหมักไร้อากาศ (anaerobic digester) มูลสัตว์และปัสสาวะในรูปของเหลวและกึ่งของเหลวถูกเก็บ
รวบรวมและหมักแบบไร้อากาศแบบปิด เกิดก๊าซมีเทนและใช้เป็นเชื้อเพลิง

ส่วนวิจัยเศรษฐกิจเทคโนโลยีทรัพยากรการเกษตรและสิ่งแวดล้อม

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร
วันที่ มีนาคม 2568

“ลดก๊าซเรือนกระจก โอกาสของเกษตรกรไทย
ยืนหยัดได้อย่างยั่งยืน”



WWW.DAE.GO.TH