บทที่ 4
ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ระบบ

โครงงานวิจัยนี้จะวิเคราะห์ถึงความเป็นไปได้และความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการเลี้ยงสุกรในโรงเรือนที่มีการทำความเย็นแบบดูดซึม ซึ่งใช้ความร้อนทิ้งจากไอเสียของการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพเป็นแหล่งให้พลังงาน โดยได้ทำการเก็บข้อมูลของฟาร์มที่ใช้เป็นกรณีศึกษา 3 ฟาร์ม คือ ฟาร์ม A, ฟาร์ม B และฟาร์ม C ซึ่งผลของการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลมีดังต่อไปนี้

4.1 การประเมินศักยภาพของการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ

การประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพจะแสดงถึงภาพรวมของพลังงานที่ใช้และพลังงานได้จากการใช้ก๊าซชีวภาพ เพื่อพิจารณาถึงปริมาณพลังงานที่สูญเสียและความสามารถที่จะนำไปใช้ประโยชน์

ตาราง 4.1 ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับระบบการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ

ฟาร์ม		A	B	C
จำนวนสุกร	ตัว	75,000	31,170	3,300
น้ำหนักสุกรยืนคอก	kg	4,512,000	1,870,200	143,350
ขนาดบ่อหมักก๊าซชีวภาพ	m^3	12,000	4,200	1,000
กำลังการผลิตไฟฟ้า	kW/set	150	128	15
ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้	m^3/วัน	10,420	4,317	451
พลังงานทั้งหมดจากก๊าซชีวภาพ	kW	2,914	1,090	114
พลังงานจากก๊าซชีวภาพที่ใช้ผลิตไฟฟ้า	kW	2,850	698	111
ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้	kW	482	119	22
ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า	%	16.9	17.1	19.7

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 ภาระการทำความเย็นของโรงเรือนที่มีขนาดและลักษณะที่เหมาะสมกับการเลี้ยงสุกร

4.2.1 ขนาดและลักษณะของโรงเรือนที่เหมาะสมกับการเลี้ยงสุกร

การหาภาระทำความเย็นสูงสุดของโรงเรือนหรือปริมาณความร้อนทั้งหมดที่เกิดขึ้นทั้งจากภายในและภายนอกโรงเรือนที่มีค่าสูงสุดของปี จะต้องทราบข้อมูลที่จะใช้หาค่าการถ่ายเทความร้อนเพื่อนำไปพิจารณาหาขนาดที่เหมาะสมของระบบทำความเย็นแบบดูดซึม(Absorption cooling system) ซึ่งข้อมูลต่างๆ ของโรงเรือนที่เหมาะสมกับการเลี้ยงสุกรมีดังนี้

1) โรงเรือนเลี้ยงสุกรขนาดกว้าง 21 เมตร, ยาว 50 เมตร, สูง 3 เมตร ซึ่งเป็นขนาดที่ฟาร์มสุกรส่วนใหญ่ใช้ เนื่องจากมีความเหมาะสมต่อการควบคุมและเวลาการทำงานของพนักงานโรงเรือน ที่ใช้ไปในการให้น้ำให้อาหาร การทำความสะอาด และอื่นๆ รวมไปถึงเวลาพักของพนักงาน

2) หลังคาโรงเรือนจะออกแบบให้มีลักษณะคล้ายกับโรงเรือนที่มีระบบทำความเย็นแบบระเหย(Evaporative Cooling) ซึ่งเป็นหลังคาแบบมีเพดานและไม่มีช่องรับแสงหรือส่วนโปร่งแสงของหลังคา

3) ผนังทุกด้านของโรงเรือนสร้างด้วย Concrete Block แบบธรรมดา หนา 10 เซนติเมตร และไม่มีหน้าต่างโปร่งแสงหรือผนังโปร่งแสง

4) มีประตูโรงเรือนอยู่ด้านหน้า ใช้ประตูเป็นแบบไม้อัด/ไม้ เนื่องจากราคาถูกและน้ำหนักเบา สะดวกต่อการเปิดปิด โดยขนาดของประตู กว้าง 3 เมตร, สูง 2 เมตร, หนา 7 เซนติเมตร ซึ่งเป็นขนาดที่เหมาะสมต่อการขนถ่ายสุกร

5) ภายในโรงเรือนจะควบคุมให้มีอุณหภูมิเท่ากับ 27 ^{o}C และความชื้นไม่เกิน 70% (อ้างอิงจาก 1999 ASHRAE Applications Handbook, CHAPTER 21 : ENVIRONMENTAL CONTROL FOR ANIMALS AND PLANTS) ซึ่งเป็นสภาวะการอยู่อาศัยที่สุขสบายของสุกร

6) ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสุกรสูงสุดในโรงเรือน 80 กิโลกรัม/ตัว และจำนวนสุกรทั้งหมด 1,000 ตัว/โรงเรือน

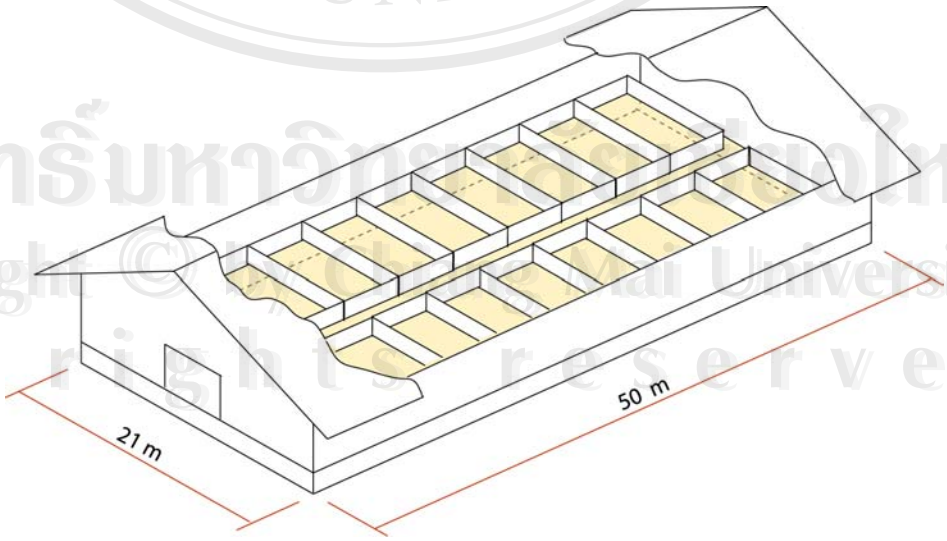
7) อากาศระบายที่ใช้กับโรงเรือนตามมาตรฐานของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ควรมีการระบายอากาศออกในปริมาณ 15 เท่าของปริมาตรโรงเรือนภายใน 1 นาที เนื่องจากเป็นสภาวะที่มีกลิ่นมาก และเพื่อเป็นการลดกลิ่นให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ใต้ถุนโรงเรือนจะมีลักษณะเป็นห้องอีกชั้นเพื่อกักเก็บมูลสุกรโดยเฉพาะ ดังแสดงในรูปที่ 4.2 และพื้นชั้นบนที่สุกรอาศัยอยู่จะมีลักษณะเป็นร่องทะลุ (ดังแสดงในรูปที่ 4.1) ซึ่งเมื่อสุกรถ่ายของเสียออกมาด้วยนิสัยจะนอนทับหรือเหยียบย่ำมูลให้เบียดตกลงชั้นด้านล่าง และเพื่อป้องกันกลิ่นเหม็นจะมีพัดลมดูดเอาอากาศในชั้นใต้ถุนออกทางด้านหลังโรงเรือน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 4.1 ลักษณะพื้นทะลุของชั้นที่สุกรอาศัยอยู่

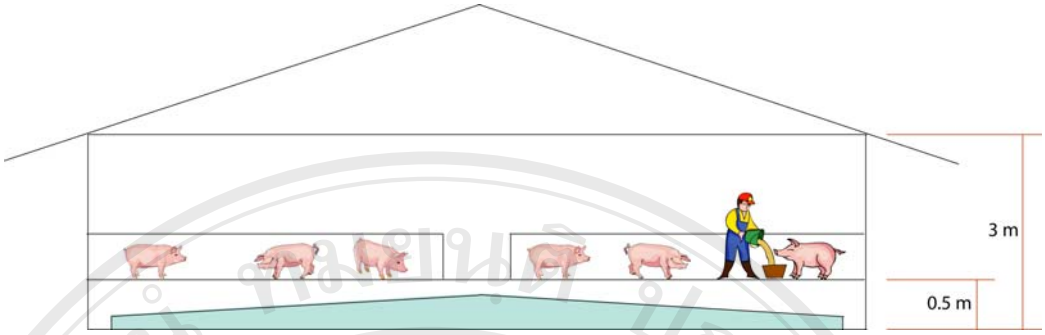
8) การให้แสงสว่างในโรงเรือนจะใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนท์ขนาด 36 วัตต์ จำนวน 20 หลอด (โดยทั่วไปฟาร์มส่วนใหญ่จะติดหลอดไฟ 2 หลอด ทุกๆ 5 เมตร ตามแนวความยาวโรงเรือน)

9) ลักษณะการวางตัวของโรงเรือน จะวางตัวในแนวทิศตะวันออก-ทิศตะวันตก เพื่อป้องกันความร้อนจากรังสีตรง(Direct radiation) ที่มาจากดวงอาทิตย์ ซึ่งจะมีค่ามากในทิศดังกล่าว (สามารถดูค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ได้จากตาราง ก10 ในภาคผนวก)



รูปที่ 4.2 ขนาดและลักษณะโรงเรือนที่เหมาะสมกับการเลี้ยงสุกร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.2 (ต่อ)ขนาดและลักษณะโรงเรือนที่เหมาะสมกับการเลี้ยงสุกร

4.2.2 ภาระการทำความเย็นสูงสุดของโรงเรือน

จากลักษณะและขนาดที่เหมาะสมของโรงเรือนเลี้ยงสุกรในหัวข้อ 4.2.1 และอุณหภูมิภายนอกสูงสุดประมาณ 40°C เมื่อทำการคำนวณภาระทำความเย็นสูงสุด (Maximum cooling load) หรือปริมาณความร้อนทั้งหมดที่เกิดขึ้นทั้งจากภายในและภายนอกโรงเรือนในเวลาที่มีอุณหภูมิหรือความร้อนผ่านเข้ามายังโรงเรือนสูงสุดของปี มีค่าเท่ากับ 412 กิโลวัตต์ หรือ 117 ตันความเย็น ดังตาราง 4.2 (รายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ค.)

สำหรับการหาภาระความร้อนตามปกติของโรงเรือนหรือปริมาณความร้อนทั้งหมดที่เกิดขึ้นทั้งจากภายในและภายนอกโรงเรือน จะใช้ข้อมูลที่เป็นตัวแทนของตลอดทั้งปี ซึ่งการหาค่าการถ่ายเทความร้อนนี้เพื่อนำไปลดและรักษาระดับอุณหภูมิในโรงเรือนให้ได้ตามต้องการ และเพื่อประมาณค่าใช้จ่ายการใช้พลังงานของระบบเฉลี่ยทั้งปี โดยค่าอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปี 31.8 °C (อ้างอิงจากวารสารเทคโนโลยี สจธ., สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี) และน้ำหนักสุกรในโรงเรือนเฉลี่ยตลอดทั้งปี 60 กิโลกรัม/ตัว ซึ่งหมายถึงน้ำหนักเฉลี่ยของสุกรในช่วงการเจริญเติบโตตั้งแต่ 20 กิโลกรัม/ตัว(สุกรอนุบาล) ไปจนถึงน้ำหนักสุกรที่ขายได้ (80 กิโลกรัม/ตัว) เมื่อทำการคำนวณภาระทำความเย็นปกติเฉลี่ยในแต่ละปีได้ผลมีค่าเท่ากับ 244.0 กิโลวัตต์ หรือ 69.3 ตันความเย็น (Ton-Refrigeration) ดังแสดงในตาราง 4.2 (รายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ค.)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.2 ภาระความร้อนของโรงเรือนที่เหมาะสมกับการเลี้ยงสุกร

ภาระความร้อนจาก	ภาระสูงสุด (kW)	ภาระปกติ (kW)
ผนังและประตูโรงเรือน	9.2	4.8
หลังคาโรงเรือน	7.0	6.1
สุกรทั้งหมดในโรงเรือน	152.0	144.0
อากาศระบาย	240.0	116.7
อากาศรั่ว	2.8	1.5
หลอดไฟแสงสว่าง	0.9	0.9
รวม	411.9	244.0

4.3 การหาขนาดที่เหมาะสมของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม (Absorption chiller)

การหาขนาดที่เหมาะสมของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึมสามารถลำดับขั้นตอนได้ดังนี้

1) ศึกษาสภาวะอากาศภายในโรงเรือนและปริมาณสุกรในโรงเรือนที่มีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงสุกรเพื่อให้ผลการเจริญเติบโตดีที่สุด

2) ทำการออกแบบโรงเรือนให้มีขนาดและลักษณะที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของสุกร รวมถึงให้มีลักษณะที่เหมาะสมสำหรับติดตั้งระบบทำความเย็นแบบดูดซึม และเพื่อให้มีภาระในการทำความเย็นต่ำที่สุด

3) คำนวณภาระในการทำความเย็นสูงสุดของโรงเรือนเพื่อนำไปหาขนาดที่เหมาะสมของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม

จากขนาดและลักษณะที่เหมาะสมของโรงเรือนเลี้ยงสุกรรวมไปถึงจำนวนสุกรในโรงเรือน เมื่อคำนวณภาระทำความเย็นสูงสุดได้ 117 ตันความเย็น(Ton-Refrigeration) ดังนั้นขนาดที่เหมาะสมของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม(Absorption chiller) คือ120 ตันความเย็น ซึ่งมีรายละเอียดต่างๆ ของค่าที่จะนำไปพิจารณาเลือกลักษณะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและพิจารณาความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.3 สภาวะการทำงานและเงื่อนไขต่างๆ ของเครื่องทำความเย็น

รายการ		หน่วย
อุณหภูมิน้ำร้อนเข้าสู่เครื่องทำความเย็น	90	^{o}C
อุณหภูมิน้ำที่ออกจากเครื่องทำความเย็น	85	^{o}C
อัตราการไหลน้ำร้อน	70	m^3/h
ขนาดของปั๊มน้ำร้อน	3.09	kW
หอผึ่งเย็น (Cooling Tower)	3.4	kW
พัดลมจ่ายลมเย็น(จำนวนพัดลม)	0.75 (ตัว)	kW
ราคาเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึมรวมค่าติดตั้ง	10,104,000	บาท
ค่าบำรุงรักษาเครื่องทำความเย็น	211,520	บาท/ปี
ค่าเปลี่ยนถ่ายสารละลายลิเทียมโบรไมด์	48,000	ทุก 5 ปี
อายุการใช้งานของเครื่องทำความเย็น	25	ปี
มูลค่าซาก	383,600	บาท

4.4 ความสามารถในการเก็บคืนความร้อนทิ้ง (Heat recoverable)

4.4.1 การหาความร้อนถ่ายเทจากก๊าซไอเสีย

ในการพิจารณาหาขนาดที่เหมาะสมของระบบทำความเย็นแบบดูดซึม(Absorption cooling system) นอกจากจะต้องทราบภาระในการทำความเย็นแล้วยังต้องทราบปริมาณพลังงานที่ป้อนเข้าสู่ระบบ ซึ่งพลังงานนี้ได้จากไอเสียทิ้งจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าก๊าซชีวภาพ โดยพลังงานที่ได้จากไอเสียนี้จะใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำเพื่อผลิตน้ำร้อนป้อนเข้าสู่ระบบทำความเย็นแบบดูดซึม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.4 ค่าต่างๆ ที่ได้จากไอเสียเพื่อนำไปคำนวณปริมาณพลังงานที่ใช้แลกเปลี่ยนกับน้ำ

ฟาร์ม		A	B	C
อุณหภูมิไอเสีย	^{o}C	416	348	230
น้ำหนักก๊าซต่างๆ ในไอเสีย (kg/kg_{ig})	N_2	0.714	0.714	0.716
	H_2O	0.071	0.071	0.069
	CO_2	0.141	0.139	0.135
	O_2	0.074	0.076	0.080
	รวม	1	1	1
$C_{P,\ flue\text{-}gas}$	kJ/kg-K	1.17	1.15	1.11
ความหนาแน่นไอเสีย	kg/m^3	0.5213	0.5144	0.5129
อัตราการใช้ก๊าซชีวภาพ	m^3/h	470	116	45
สัดส่วนโดยปริมาตรของ	ก๊าซชีวภาพ : อากาศ	1 : 8	1 : 8	1 : 8
อัตราการเกิดไอเสีย	m^3/h	4,230	1,044	405
อัตราการไหลโดยมวล	kg/s	0.61	0.19	0.08
พลังงานที่สามารถป้อนให้ได้	kW	232	57	13

จากความต้องการความเย็นที่ภาระปกติ 244 kW เมื่อพิจารณาจากกราฟสมรรถนะของเครื่องทำความเย็น(แสดงในภาคผนวก ก.)แล้ว ระบบจะต้องมีพลังงานจากน้ำร้อนป้อนแก่เครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม 218 kW และเมื่อพิจารณาจากตาราง 4.5 แล้ว ฟาร์มที่สามารถเก็บคืนความร้อนทิ้งจากไอเสียที่มีเพียงพอสำหรับความต้องการของเครื่องทำความเย็นได้แก่ฟาร์ม A ส่วนฟาร์ม B และฟาร์ม C ไม่สามารถให้พลังงานแก่เครื่องทำความเย็นได้อย่างเพียงพอ

การเดินระบบทำความเย็นแบบดูดซึมที่ภาระในการทำความเย็นอยู่ระหว่างค่าปกติถึงค่าสูงสุด ในกรณีที่ฟาร์มสุกรมีปริมาณไอเสียไม่มากพอที่จะใช้เป็นแหล่งพลังงานป้อนแก่ระบบได้ จะต้องมีระบบผลิตน้ำร้อนเสริม โดยใช้ก๊าซชีวภาพเผาให้ความร้อนแก่น้ำให้ได้ปริมาณและอุณหภูมิที่ต้องการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4.2 การหาลักษณะที่เหมาะสมของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchanger)

จากเงื่อนไขการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม 120 ตันความเย็น ต้องป้อนน้ำร้อนให้พลังงานที่อุณหภูมิ 90 ^{o}C ด้วยอัตราการไหล 70 m^3/h และอุณหภูมิน้ำก่อนเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเมื่อส่งจากเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม(Absorption chiller) จะเหลืออุณหภูมิประมาณ 85^{o}C นั่นคืออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะต้องทำให้น้ำร้อนขึ้น 5 ^{o}C (จาก 85 ^{o}C เป็น 90 ^{o}C) ซึ่งจะมีปริมาณการใช้ไอเสียของแต่ละฟาร์มแตกต่างกันขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ อัตราการไหล และค่าความจุความร้อนจำเพาะของไอเสีย ซึ่งเมื่อทำการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน(U) จากตารางของ Hewitt, Guy and Marsland : 1982, ค่าพื้นที่การถ่ายเทความร้อน(A) และวิธีคำนวณตามที่ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค.แล้ว จะมีลักษณะที่เหมาะสมของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนดังตาราง

ตาราง 4.5 ลักษณะที่เหมาะสมของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

รายการ		หน่วย
อุณหภูมิไอเสีย	416	^{o}C
อัตราการไหลของไอเสีย	0.613	kg/s
C_P ของไอเสีย	1.17	kJ/kg-K
ความร้อนที่ต้องการ	218	kW
พลังงานที่สามารถป้อนให้ได้	232	kW
LMTD	202.14	K
U	105	W/m^2-K
A	37.05	m^2
ราคาของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	350,000	บาท

หมายเหตุ : 1) U คือ ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน (Overall heat transfer coefficient), [W/m^2-K]

2) A คือ พื้นที่ในการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน, [m^2]

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4.3 สมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็น

จากความต้องการพลังงานเพื่อปรับอากาศแก่โรงเรือนเลี้ยงสุกรที่มีภาระในการทำความเย็นสูงสุดและที่สภาวะปกติ 412 kW และ 244 kW ตามลำดับ โดยแหล่งพลังงานมาจากน้ำร้อนที่ให้พลังงานในอัตรา 397 kW จะสามารถหาสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance: COP) ของเครื่องทำความเย็นได้ดังนี้

จาก $$COP = \frac{\text{ภาระการทำความเย็นที่ต้องการ}}{\text{กำลังงานสมมูลป้อนเข้า}}$$

ดังนั้น COP ที่ภาระสูงสุดของการทำความเย็น

$= 412/397$

$= 1.03$

และจากข้อมูลสมรรถนะของเครื่องทำความเย็น(แสดงในภาคผนวก ก.) เมื่อคิดที่ภาระปกติ 244 kW หรือ 59.24% ของค่าภาระสูงสุด จะมีกำลังงานสมมูลป้อนเข้าเท่ากับ 55% ของกำลังงานสูงสุด หรือ 218 kW

จาก $$COP = \frac{\text{ภาระการทำความเย็นที่ต้องการ}}{\text{กำลังงานสมมูลป้อนเข้า}}$$

ดังนั้น COP ที่ภาระปกติของการทำความเย็น

$= 244/218$

$= 1.12$

4.5 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการเลี้ยงสุกร

การหาปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเลี้ยงสุกรจะนำไปคิดค่าใช้จ่าย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการเลี้ยงสุกรต่อหนึ่งโรงเรือน ที่มีจำนวนสุกรทั้งหมด 1,000 ตัว ซึ่งไฟฟ้าหลักที่ใช้มาจากการให้พลังงานแก่ระบบทำความเย็นและการให้แสงสว่างแก่โรงเรือน

การใช้ไฟฟ้าของโรงเรือนที่มีระบบทำความเย็นแบบดูดซึม (Absorption Cooling System)

- ใช้พลังงานจากปั๊ม 3.09 kW, หอผึ่งเย็น 3.4 kW และพัดลมจ่ายลมเย็น 0.75 kW จำนวน 4 ตัว เมื่อระบบทำงานตลอด 24 ชั่วโมง จะมีการใช้พลังงานรวม 9.49 kW หรือ 83,132 kWh/ปี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

- ใช้พลังงานแสงสว่างจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ (ซึ่งใช้พลังงานจริง 46 วัตต์) จำนวน 20 หลอด จะมีการใช้พลังงานรวม 0.92 kW เมื่อทำการเปิด 12 ชั่วโมงต่อวัน จะมีการใช้พลังงานรวม 4,030 kWh/ปี

ดังนั้นการใช้พลังงานรวมสำหรับการเลี้ยงสุกรในหนึ่งโรงเรือนที่มีระบบทำความเย็นแบบดูดซึม จะมีค่าเท่ากับ 87,162 kWh/ปี

การใช้ไฟฟ้าของโรงเรือนที่มีระบบทำความเย็นแบบระเหย (Evaporative Cooling System)

- ใช้พลังงานจากพัดลมอีแวปขนาด 1.1 kW จำนวน 10 ตัว เมื่อระบบทำงานตลอด 24 ชั่วโมง จะมีการใช้พลังงานรวม 11.00 kW หรือ 96,360 kWh/ปี
- ใช้พลังงานในการเปิดหลอดไฟให้แสงสว่างรวม 0.92 kW เมื่อทำการเปิด 12 ชั่วโมงต่อวันจะมีการใช้พลังงานรวม 4,030 kWh/ปี

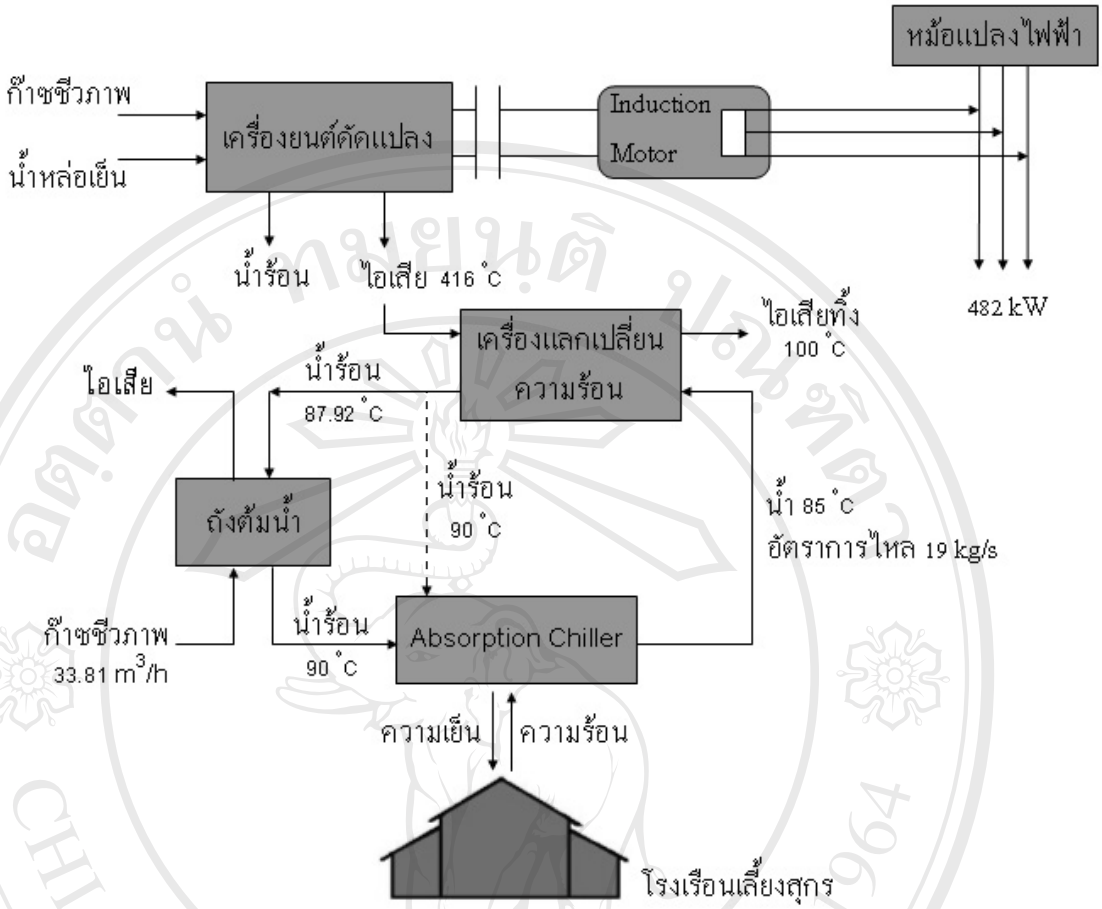
ดังนั้นการใช้พลังงานรวมสำหรับการเลี้ยงสุกรในหนึ่งโรงเรือนที่มีระบบทำความเย็นแบบระเหย จะมีค่าเท่ากับ 100,390 kWh/ปี ซึ่งบริโภคพลังงานมากกว่าแบบดูดซึม 13,228 kWh/ปี

สำหรับฟาร์มสุกรทั้งสามฟาร์มที่ใช้เป็นกรณีศึกษา พบว่าฟาร์ม A สามารถเก็บคืนพลังงานจากไอเสียมาใช้ให้ความเย็นแก่โรงเรือนเลี้ยงสุกรได้ 1 โรงเรือน ดังนั้นในการพิจารณาความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์จะนำค่าพลังงาน 100,565 kWh/ปี ไปคิดเป็นส่วนหนึ่งของค่าใช้จ่ายทั้งหมด ส่วนฟาร์ม B และฟาร์ม C ไม่สามารถติดตั้งระบบทำความเย็นแบบดูดซึมเพื่อทำความเย็นแก่โรงเรือนเลี้ยงสุกรได้โดยใช้ความร้อนทิ้งจากไอเสียอย่างเดียว จะต้องมีแหล่งความร้อนอื่นเสริมเพื่อให้มีพลังงานเพียงพอที่จะป้อนแก่ระบบ

4.6 ระบบการให้ความร้อนเสริม

เมื่อการเก็บคืนความร้อนทิ้งจากไอเสียจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าก๊าซชีวภาพ ไม่เพียงพอต่อการให้พลังงานแก่ระบบทำความเย็นแบบดูดซึม จึงต้องมีการเผาก๊าซชีวภาพเพื่อให้ความร้อนเสริมโดยหลังจากใช้ไอเสียแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำเพื่อผลิตน้ำร้อนได้อุณหภูมิค่าหนึ่ง แล้วผ่านกระบวนการเพิ่มความร้อนแก่น้ำโดยนำเข้าสู่หม้อต้มน้ำที่ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง (กรณีพลังงานจากไอเสียสามารถผลิตน้ำร้อนได้ตามต้องการ น้ำร้อนจะเข้าสู่เครื่องทำความเย็นแบบดูดซึมโดยไม่ผ่านระบบให้ความร้อนเสริม) สามารถแสดงสภาวะของระบบการทำความเย็นแบบดูดซึมสำหรับฟาร์ม A ได้ดังรูปที่ 4.3 (โดยแสดงตัวอย่างการคำนวณไว้ในภาคผนวก ค.) และสำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการพลังงานในการทำความเย็นกับปริมาณการเผาก๊าซชีวภาพ แสดงได้ดังในตาราง 4.9 และรูปที่ 4.4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.3 ระบบการทำความเย็นแก่โรงเรือนแบบดูดซึม
กรณีมีการให้ความร้อนเสริมสำหรับฟาร์ม A

4.7 ค่าใช้จ่าย

4.7.1 ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีการนำความร้อนทิ้งจากกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้กับระบบทำความเย็นแบบดูดซึมเพื่อใช้ในโรงเรือนเลี้ยงสุกร และเพื่อประเมินผลความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของแนวทางการนำความร้อนทิ้งมาใช้ ซึ่งสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาคือค่าใช้จ่ายในการลงทุน เนื่องจากเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม (Absorption Chiller) และอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) มีราคาค่อนข้างสูง โดยค่าใช้จ่ายในการลงทุนมีรายการดังนี้

- ราคาของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม(Chiller price) รวมค่าติดตั้ง 10,104,000 บาท
- ราคาของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน มีค่าเท่ากับ 350,000 บาท

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- ค่าใช้จ่ายการสร้างโรงเรือนมาตรฐานระบบดูดซึมที่มีลักษณะเหมาะสมกับการเลี้ยงสุกร 1,000 ตัว ประมาณ 800,000 บาท/โรงเรือน

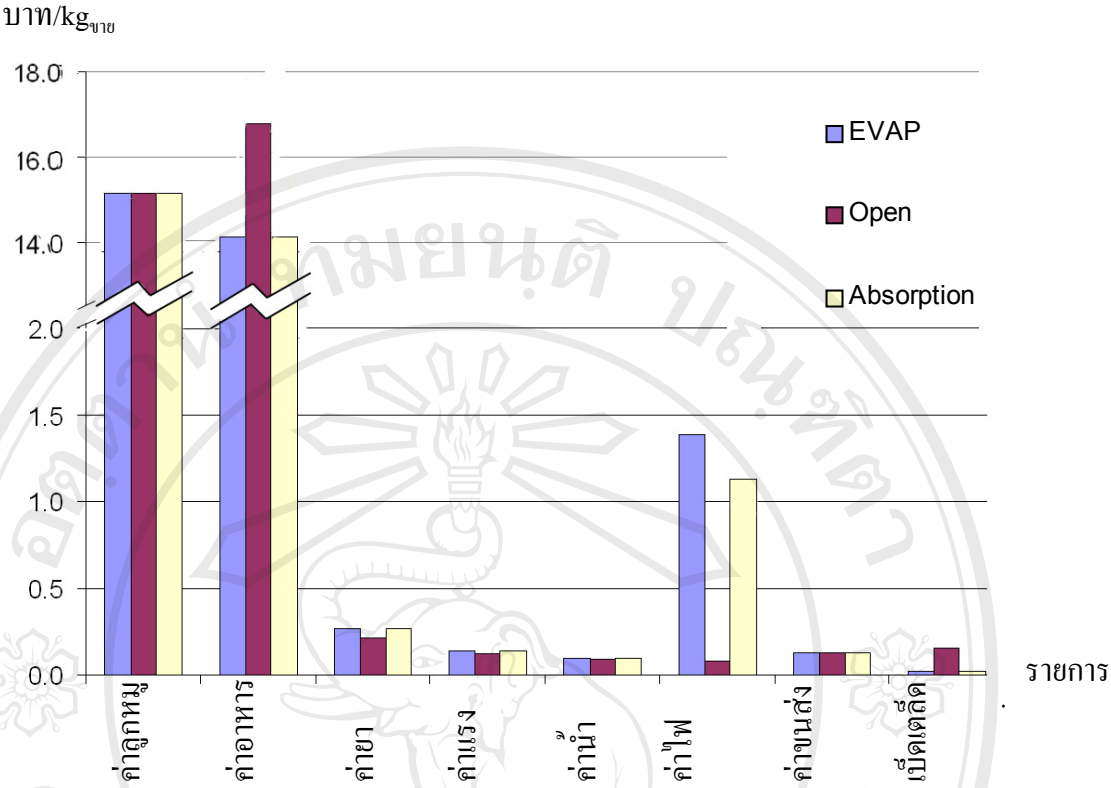
4.7.2 ค่าใช้จ่ายในการเลี้ยงสุกร

เป็นการคิดค่าใช้จ่ายทั้งหมดของการเลี้ยงสุกรต่อหนึ่งโรงเรือน ซึ่งมีจำนวนสุกร 1,000 ตัว และในการคาดคะเนค่าใช้จ่ายของการเลี้ยงสุกรในโรงเรือนที่มีระบบทำความเย็นแบบดูดซึมจะอ้างอิงข้อมูลค่าใช้จ่ายจากการเลี้ยงสุกรในโรงเรือนที่มีระบบทำความเย็นแบบระเหย เนื่องจากเป็นการเลี้ยงในโรงเรือนแบบปิดที่มีการควบคุมอุณหภูมิเหมือนกัน ต่างกันตรงที่ค่าใช้จ่ายของการใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งใช้อุปกรณ์ผลิตความเย็นที่ไม่เหมือนกัน ส่วนค่าใช้จ่ายต่อน้ำหนักขาย (บาท/$kg_{ขาย}$) จะพิจารณาข้อมูลที่ได้ทำการเก็บรวบรวมจากฟาร์มสุกรที่ใช้เป็นกรณีศึกษาทั้งฟาร์มที่มีการเลี้ยงสุกรในโรงเรือนแบบปิดและโรงเรือนแบบเปิด ซึ่งค่าใช้จ่ายในการเลี้ยงสุกรโดยส่วนใหญ่จะแบ่งประเภทและมีสัดส่วนดังแสดงในตาราง 4.6 และรูป 4.4

ตาราง 4.6 ค่าใช้จ่ายต่อน้ำหนักขายของการเลี้ยงสุกรในโรงเรือนประเภทต่างๆ

ประเภทโรงเรือน	Evaporative		Open		Absorption	
รายการ	บาท/$kg_{ขาย}$	%	บาท/$kg_{ขาย}$	%	บาท/$kg_{ขาย}$	%
ค่าลูกหมู	15.26	48.48	15.26	46.52	15.26	48.77
ค่าอาหาร	14.17	45.01	16.76	51.10	14.17	45.29
ค่ายา	0.27	0.86	0.21	0.64	0.27	0.86
ค่าแรง	0.14	0.44	0.12	0.36	0.14	0.45
ค่าน้ำ	0.10	0.32	0.09	0.27	0.10	0.32
ค่าไฟ	1.39	4.43	0.08	0.24	1.2	3.84
ค่าขนส่ง	0.13	0.44	0.13	0.40	0.13	0.42
เบ็ดเตล็ด	0.02	0.06	0.15	0.46	0.02	0.06
รวม	31.48	100	32.80	100	31.29	100
ต้นทุนต่อตัว	2,518 บาท/ตัว		2,624 บาท/ตัว		2,503 บาท/ตัว	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.4 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต่อน้ำหนักขายของโรงเรือนประเภทต่างๆ

สำหรับการคิดค่าไฟฟ้า เนื่องจากแต่ละฟาร์มจะมีลักษณะการใช้ไฟฟ้าที่แตกต่างกัน (บางฟาร์มอาจผลิตไฟฟ้าได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการ บางฟาร์มอาจผลิตไฟฟ้าได้มากและสามารถขายให้การไฟฟ้าได้ เพื่อให้เป็นมาตรฐานของการนำมาพิจารณาค่าใช้จ่ายในการเลี้ยงสุกรในโรงเรือนแบบดูดซึมจะถือว่าค่าไฟฟ้าซื้อจากองค์การไฟฟ้าในราคาหน่วยละ 2.76 บาท (2.76 บาท/kWh) ดังนั้น

- จากการเลี้ยงสุกรในโรงเรือนแบบดูดซึมใช้พลังงานไฟฟ้า 61,057 kWh/ปี จะมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 164,854 บาท/ปี หรือ 0.84 บาท/$kg_{ขาย}$
- จากการเลี้ยงสุกรในโรงเรือนแบบระเหยใช้พลังงานไฟฟ้า 100,567 kWh/ปี จะมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 271,526 บาท/ปี หรือ 1.39 บาท/$kg_{ขาย}$ (มากกว่าแบบดูดซึม 0.55 บาท/$kg_{ขาย}$)

จากตาราง 4.6 ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการเลี้ยงสุกรในโรงเรือนที่มีระบบทำความเย็นแบบระเหย (Evaporative Cooling System) จะต่ำกว่าการเลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิดธรรมดาประมาณ 1.57 บาท/kg หรือประมาณ 126 บาท/ตัว โดยส่วนต่างที่สำคัญจะมาจากค่าอาหารที่ลดลง เนื่องจาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สุกรเจริญเติบโตไวกว่าและสามารถขายภายในระยะเวลาการเลี้ยงที่สั้นกว่าประมาณ 2 ถึง 3 สัปดาห์ และสำหรับการเลี้ยงสุกรในโรงเรือนที่มีระบบทำความเย็นแบบดูดซึม (Absorption Cooling System) จะมีค่าใช้จ่ายที่ใกล้เคียงกับโรงเรือนแบบระเหยเนื่องจากมีสภาวะอุณหภูมิภายในโรงเรือนที่เท่ากัน แต่จะแตกต่างกันที่ค่าใช้จ่ายการใช้พลังงานไฟฟ้าเนื่องจากมีลักษณะของการใช้พลังงานที่ต่างกัน ซึ่งการบริโภคพลังงานของระบบดูดซึมนั้นมีปริมาณที่ต่ำกว่าแบบระเหย 39,508 kWh/ปี ตามที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.5 ดังนั้นแบบดูดซึมจะมีต้นทุนที่ต่ำกว่าแบบระเหยและแบบเปิดธรรมดา 0.55 และ 2.12 บาท/$kg_{ขาย}$ หรือ 44 และ 170 บาท/ตัว ตามลำดับ (ผลที่ได้นี้ยังไม่รวมถึงค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการเปลี่ยนถ่ายสารดูดซึมเนื่องจากมีการดำเนินการทุกๆ 5 ปี ดังนั้นจึงจะนำไปคิดรวมกับการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในหัวข้อที่ 4.8.3)

4.7.3 ค่าใช้จ่ายรายปี

จากข้อมูลการสำรวจ

- อัตราการตายโดยเฉลี่ย 1.8% ของสุกรขุนทั้งหมด (เลี้ยง 1,000 ตัวต่อโรงเรือน จะสามารถขายได้ 982 ตัว)
- ราคาขายเฉลี่ย 49 บาท/kg
- น้ำหนักตัวขายโดยเฉลี่ย 80 kg
- ระยะเวลาในการเลี้ยงสุกรแต่ละรุ่น แบบปิด 16 สัปดาห์ และแบบเปิด 19 สัปดาห์
- ระยะเวลาเคลียร์โรงเรือน/สรุปการเงิน ประมาณ 40-45 วัน หลังจากขายหมด lot แล้ว

ดังนั้นใน 1 ปี โรงเรือน โรงหนึ่งของ

- แบบปิดสามารถเลี้ยงสุกรได้ 2.49 ครั้ง (หรือ 2,446 ตัว)
- แบบเปิดสามารถเลี้ยงสุกรได้ 2.10 ครั้ง (หรือ 2,063 ตัว)

ตาราง 4.7 ค่าใช้จ่ายรายปีของการเลี้ยงสุกรในโรงเรือนประเภทต่างๆ

ประเภทโรงเรือน	Evaporative	Open	Absorption
จำนวนสุกรต่อปี	2,446 ตัว	2,063 ตัว	2,446 ตัว
ต้นทุนต่อตัว	2,518 บาท/ตัว	2,624 บาท/ตัว	2,503 บาท/ตัว
ค่าใช้จ่ายการในเลี้ยง	6,159,028 บาท/ปี	5,413,312 บาท/ปี	6,122,338 บาท/ปี
ค่าบำรุงรักษา	15,000 บาท/ปี	10,000 บาท/ปี	211,520 บาท/ปี
ค่าใช้จ่ายรายปี	6,174,028 บาท/ปี	5,423,312 บาท/ปี	6,333,858 บาท/ปี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

หมายเหตุ : สำหรับค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนถ่ายสารละลาย Li-Br ที่ใช้ในเครื่องทำความเย็น (ซึ่งดำเนินการทุกๆ 5 ปี มีค่าใช้จ่ายครั้งละ 48,000 บาท) จะนำไปพิจารณาในหัวข้อของการคำนวณทางด้านเศรษฐศาสตร์

4.8 รายรับจากการเลี้ยงสุกร

เป็นการคิดรายได้ทั้งหมดของการเลี้ยงสุกรต่อหนึ่งโรงเรือน จากจำนวนสุกรทั้งหมด 1,000 ตัว ซึ่งรายได้ในแต่ละปีมาจากการขายสุกรและปุ๋ยมูลสุกร โดยในโรงเรือนเลี้ยงสุกรแต่ละประเภทจะมีรายได้ต่อปีดังตาราง 4.8

ตาราง 4.8 รายรับต่อปีของการเลี้ยงสุกรในโรงเรือนประเภทต่างๆ

ประเภทโรงเรือน	Evaporative	Open	Absorption
จำนวนสุกรต่อปี	2,446 ตัว	2,063 ตัว	2,446 ตัว
น้ำหนักสุกรทั้งโรงเรือน	195,680 กิโลกรัม	165,040 กิโลกรัม	195,680 กิโลกรัม
ปริมาณปุ๋ยมูลสุกร	407.11 ตัน	343.36 ตัน	407.11 ตัน
ราคาขายสุกร	49 บาท/กิโลกรัม	49 บาท/กิโลกรัม	49 บาท/กิโลกรัม
ราคาขายปุ๋ยมูลสุกร	500 บาท/ตัน	500 บาท/ตัน	500 บาท/ตัน
รายได้จากการขายสุกร	9,588,320 บาท/ปี	8,086,960 บาท/ปี	9,588,320 บาท/ปี
รายได้จากการขายปุ๋ย	203,555 บาท/ปี	171,680 บาท/ปี	203,555 บาท/ปี
รวมรายรับต่อปี	9,791,875 บาท/ปี	8,258,640 บาท/ปี	9,791,875 บาท/ปี

หมายเหตุ : อัตราการเกิดปุ๋ยมูลสุกร 0.57% (ต่อวัน) ของน้ำหนักสุกร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.9 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

4.9.1 การพิจารณาการใช้พลังงานตามภาระการทำความเย็น

จากฟาร์มสุกรที่ใช้เป็นกรณีศึกษาพบว่าในกรณีที่ภาระในการทำความเย็นที่เกิดจากความร้อนตามปกติเฉลี่ยของโรงเรือน ฟาร์ม A เป็นฟาร์มที่มีปริมาณไอเสียจากการผลิตไฟฟ้าที่ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงเพียงพอต่อการนำไปเป็นแหล่งพลังงานเพื่อป้อนแก่เครื่องทำความเย็น

แบบดูดซึมนั่นคือ 218 kW ซึ่งสามารถผลิตความเย็นได้ 244 kW ส่วนในกรณีที่ภาระในการทำความเย็นไม่ใช่ค่าเฉลี่ยจะสามารถทราบพลังงานที่ต้องการ, พลังงานที่ต้องหาเพิ่มจากการแบ่งเผาก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ และปริมาณการเสียโอกาสในการผลิตไฟฟ้า แสดงดังตาราง 4.9

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.9 การใช้พลังงานจากไอเสียและก๊าซชีวภาพสำหรับการทำความเย็นที่ภาระทั่วไป

พลังงานที่ต้องป้อนให้ระบบทำความเย็น (kW)	พลังงานที่เก็บคืนได้จากไอเสีย (kW)	ความเย็นที่ต้องการ (Cooling Capacity) (kW)	พลังงานที่ต้องหาเพิ่ม (kW)	เผาก๊าซชีวภาพ (m^3/h)	ไฟฟ้าที่ซื้อ (kW)	ค่าไฟฟ้า (Baht/h)
100	100	107	0	0	0	0
120	120	136	0	0	0	0
140	140	165	0	0	0	0
160	160	185	0	0	0	0
180	180	210	0	0	0	0
200	200	231	0	0	0	0
218	218	244	0	0	0	0
232	232	255	0	0	0	0
240	232	264	8	1.32	1.35	3.79
260	232	280	28	4.62	4.74	13.26
280	232	309	48	7.92	8.12	22.73
300	232	317	68	11.21	11.50	32.20
320	232	338*	88	14.51	14.88	41.67

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

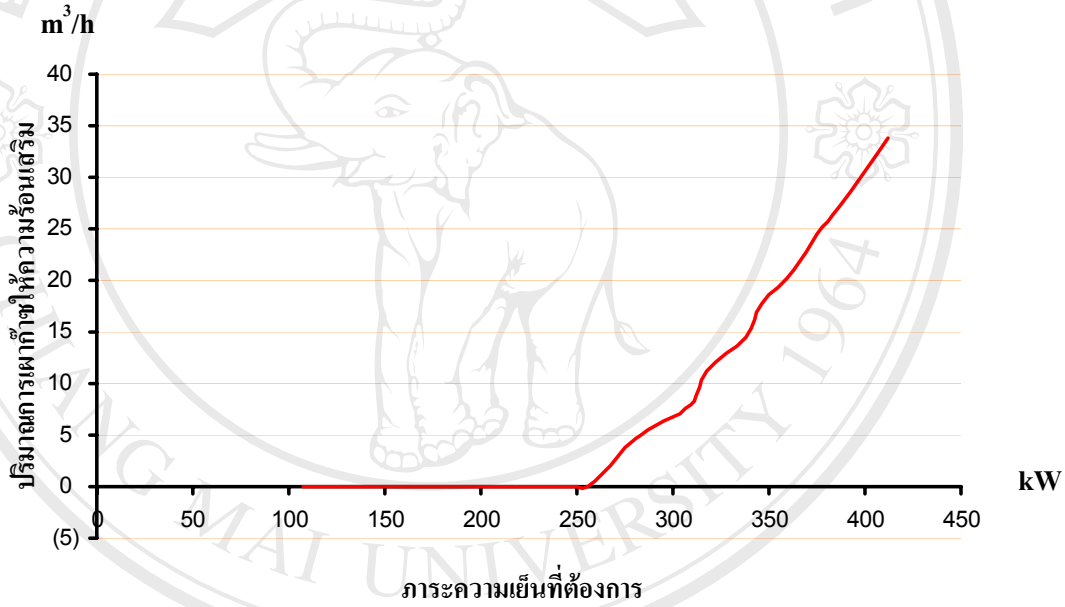
ตาราง 4.9 (ต่อ) การใช้พลังงานจากไอเสียและก๊าซชีวภาพสำหรับการทำความเย็นที่ภาระทั่วไป

พลังงานที่ต้องป้อนให้ระบบทำความเย็น (kW)	พลังงานที่เก็บคืนได้จากไอเสีย (kW)	ความเย็นที่ต้องการ (Cooling Capacity) (kW)	พลังงานที่ต้องหาเพิ่ม (kW)	เผาก๊าซชีวภาพ (m^3/h)	ไฟฟ้าที่ซื้อ (kW)	ค่าไฟฟ้า (Baht/h)
340	232	346	108	17.81	18.27	51.15
360	232	363	128	21.11	21.65	60.62
380	232	375	148	24.41	25.03	70.09
397	232	387	165	27.21	27.91	78.14
437	232	412	205	33.81	34.67	97.08

หมายเหตุ : * ใช้เป็นตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้อมูลจากตาราง 4.9 เนื่องจากฟาร์ม A สามารถเก็บคืนพลังงานจากไอเสียได้มากสุดเท่ากับ 232 kW ดังนั้นกรณีที่ภาระในการทำความเย็นมีค่าเกินกว่าความสามารถที่จะแปลงไอเสียเป็นพลังงานป้อนแก่ระบบทำความเย็นได้ (255 kW) จะมีการเผาก๊าซชีวภาพให้ความร้อนเสริม โดยก๊าซชีวภาพส่วนนี้เดิมใช้ในการผลิตไฟฟ้า ซึ่งฟาร์มส่วนใหญ่มีการใช้ก๊าซชีวภาพในการผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ได้อย่างเพียงพอต่อความต้องการพลังงานไฟฟ้าในฟาร์มหรือเรียกได้ว่าเป็นการผลิตพลังงานร่วมโดยให้สอดคล้องกับความต้องการพลังงานไฟฟ้า(Electrical Match) ดังนั้นกรณีนี้ไฟฟ้าที่ผลิตได้จะมีค่าลดลงจึงต้องซื้อไฟฟ้าใช้ซึ่งคิดเป็นค่าใช้จ่ายได้ดังตาราง 4.9 และสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเย็นที่ต้องการกับปริมาณการเผาก๊าซชีวภาพเพื่อให้ความร้อนเสริมได้ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเย็นที่ต้องการกับปริมาณการเผาก๊าซชีวภาพเพื่อให้ความร้อนเสริม

4.9.2 สัดส่วนพลังงานและค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ตามจำนวนสุกรในฟาร์ม

โครงงานวิจัยนี้เป็นการผลิตพลังงานเพื่อใช้ประโยชน์ได้สองรูปแบบ ซึ่งถือได้ว่าเป็นการผลิตพลังงานร่วม (Cogeneration) อย่างหนึ่ง โดยสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าก๊าซชีวภาพ และในขณะเดียวกันก็สามารถนำความร้อนทิ้งไปเป็นแหล่งพลังงานเพื่อใช้ในระบบทำความเย็นแบบดูดซึมได้ และสำหรับฟาร์ม A และฟาร์มสุกรส่วนใหญ่จะพิจารณาการผลิตไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการใช้ในกระบวนการต่างๆ ของฟาร์มก่อน ส่วนในการนำความร้อนจากไอเสียไปเป็นแหล่งพลังงานเพื่อให้ความเย็นนั้นจะเป็นผลที่ตามมา ซึ่งการผลิต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

พลังงานร่วมในลักษณะนี้ถือได้ว่าเป็นการผลิตพลังงานเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการไฟฟ้า (Electrical Match)

ตาราง 4.10 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของจำนวนสุกรในฟาร์ม ซึ่งการเลี้ยงสุกรในโรงเรือนที่มีระบบการทำความเย็นแบบดูดซึมนั้นจำเป็นจำต้องมีจำนวนสุกรในฟาร์มตั้งแต่ 52,643 ตัวขึ้นไปจึงจะสามารถผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อผลิตไฟฟ้าและนำเอาพลังงานจากไอเสียร่วมกับก๊าซชีวภาพมาเป็นแหล่งความร้อนให้แก่ระบบได้ และฟาร์มที่จะสามารถนำเอาเฉพาะไอเสียทิ้งเพียงอย่างเดียวมาเป็นแหล่งความร้อนป้อนแก่โรงเรือนแบบดูดซึมได้อย่างเพียงพอนั้นจะต้องมีจำนวนสุกรในฟาร์มตั้งแต่ 106,500 ขึ้นไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.10 จำนวนสุกรทั้งหมดในฟาร์มที่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้า การทำความเย็นแก่โรงเรือน และค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้

จำนวนสุกรในฟาร์ม (ตัว)	ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ (m^3/วัน)	พลังงานจากก๊าซชีวภาพ Energy Input ; (kW)	ไฟฟ้าที่ผลิตได้ (Electric Energy Output) (kW)	ความร้อนที่เก็บคืนจากไอเสีย (kW)	ความเย็นที่ผลิตได้ (Cooling Capacity) (kW)	ความจุสุกรของโรงเรือนแบบดูดซึม (ตัว)	ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ (บาท/ปี)
58500	8102	2678	453	218[1]	244	1000	738713
62200	8622	2850	482	232[2]	255	1045	772016
64400	8919	2948	498	240	264	1082	799263
69800	9663	3194	540	260	280	1148	847703
75100	10406	3439	581	280	309	1266	935501
80500	11149	3685	623	300	317	1299	959721
85900	11892	3931	664	320	338	1385	1023299
91200	12636	4176	706	340	346	1418	1047519
96600	13379	4422	747	360	363	1484	1095959
102000	14122	4668	789	380	375	1537	1135317
106500	14754	4877	824	397[3]	387	1586	1171647

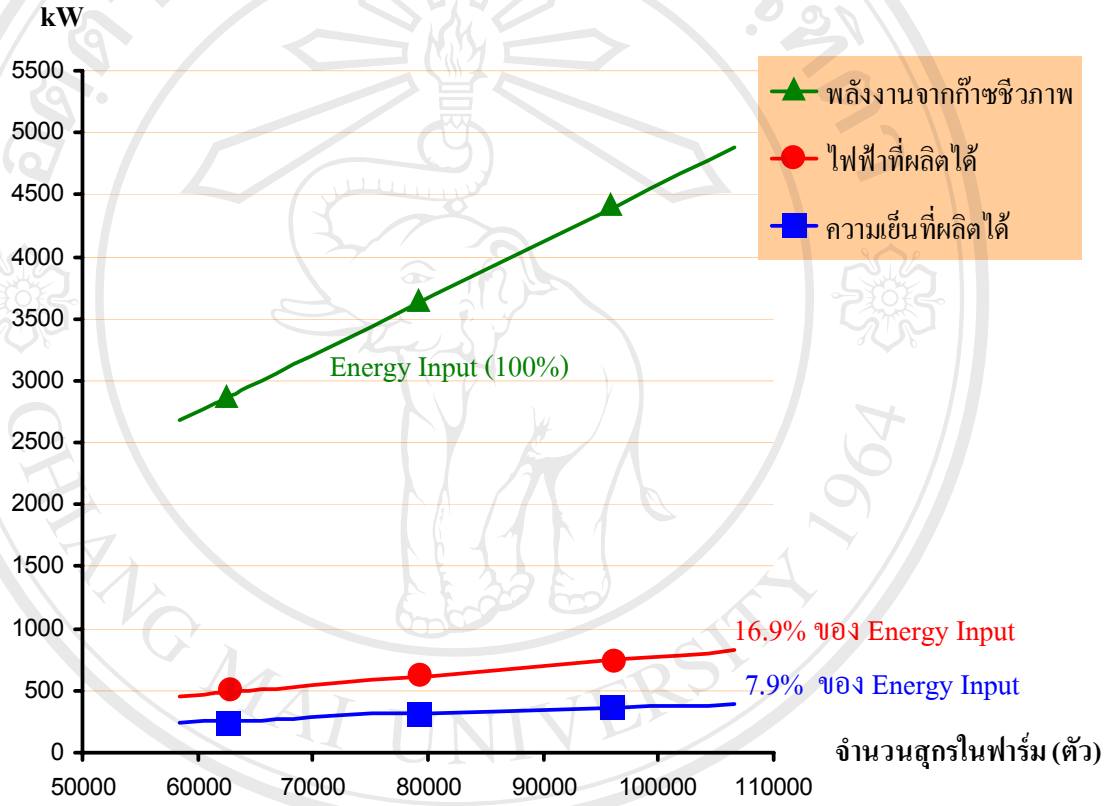
หมายเหตุ : 1) คิดจากพลังงานจากไอเสียที่ป้อนแก่ระบบทำความเย็นภาระปกติ

2) คิดจากพลังงานจากไอเสียที่สามารถป้อนได้สูงสุด

3) คิดจากพลังงานจากไอเสียที่จะป้อนแก่ระบบทำความเย็นที่ภาระการทำความเย็นสูงสุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

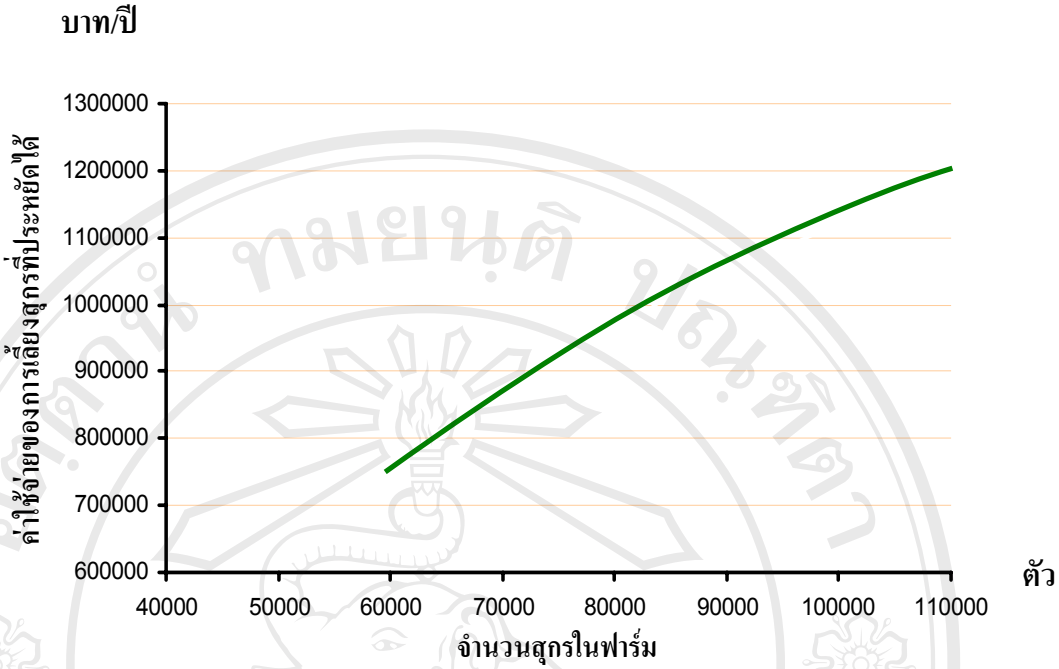
ระบบการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพเดิมนั้นมีประสิทธิภาพเพียง 16.9% แต่เมื่อมีการเก็บคืนความร้อนและนำมาผลิตพลังงานใช้ในระบบทำความเย็นแบบดูดซึม ทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเป็น 24.8% และถ้าหากฟาร์มสุกรมีการเลี้ยงสุกรเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ผลิตไฟฟ้าได้มากขึ้นและรับภาระการทำความเย็นจากโรงเรือนได้มากขึ้น สามารถขยายโรงเรือนแบบดูดซึมเพื่อเลี้ยงสุกรได้มากขึ้น โดยสัดส่วนของพลังงานที่แปรผันตามจำนวนสุกรจากตาราง 4.10 สามารถแสดงเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับจำนวนสุกรในฟาร์ม

เมื่อทำการเทียบจำนวนสุกรที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบดูดซึมในระยะเวลา 1 ปี กับจำนวนสุกรทั้งหมดในฟาร์มดังแสดงในตาราง 4.10 พบว่าจำนวนสุกรทั้งหมดในฟาร์มที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความสามารถของการทำความเย็นแก่โรงเรือนเพิ่มขึ้นด้วย นั่นคือในแต่ละปีจะสามารถเลี้ยงสุกรในโรงเรือนแบบดูดซึมได้เพิ่มขึ้น และกรณีไม่คิดค่าใช้จ่ายในการขยายโรงเรือนเมื่อพิจารณารายรับ-รายจ่ายของการเลี้ยงสุกรในโรงเรือนแบบดูดซึมกับแบบเปิดธรรมดาที่ไม่มีการปรับอากาศ พบว่าสามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้ตามจำนวนสุกรทั้งหมดในฟาร์มดังแสดงในรูปกราฟที่ 4.7

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้กับจำนวนสุกรในฟาร์ม

4.9.3 อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน

การตัดสินใจลงทุนเลี้ยงสุกรในโรงเรือนที่มีระบบทำความเย็นแบบดูดซึมสำหรับงานวิจัยนี้จะอาศัยผลตอบแทนและต้นทุนของการลงทุนมาพิจารณาความเป็นไปได้ของโครงการโดยวิเคราะห์จากระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR: Internal Rate of Return) มาคำนวณ โดยพิจารณาจากกระแสเงินสดของระบบการเลี้ยงสุกรแบบดูดซึม ดังตาราง 4.11 ซึ่งค่า IRR ที่ทำให้มูลค่าเงินปัจจุบันของผลตอบแทนทั้งหมดมีค่าเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายทั้งหมด สามารถคำนวณหาได้ดังนี้

จากตาราง 4.11

- มูลค่าการลงทุน มีค่าเท่ากับ 12,034,000 บาท
- ค่าใช้จ่ายประจำทุกๆ 5 ปี มีค่าเท่ากับ 48,000 บาท
- รายได้สุทธิรายปี มีค่าเท่ากับ 3,458,017 บาท
- ระบบทำความเย็นมีอายุการใช้งาน 25 ปี

$$NPV = a\frac{(1+i)^N - 1}{i(1+i)^N} + \frac{sv}{(1+i)^N} - \sum_{n-j}^{N}\frac{f_n}{(1+i)^n} - p$$

$$0 = a\frac{(1+i)^N - 1}{i(1+i)^N} - \sum_{n-j}^{N}\frac{f_n}{(1+i)^n} - p$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

$$0 = (3{,}458{,}017)\left[\frac{(1+i)^{25}-1}{i(1+i)^{25}}\right] - (48{,}000)\left[\frac{1}{(1+i)^{5}} + \frac{1}{(1+i)^{10}} + \frac{1}{(1+i)^{15}} + \frac{1}{(1+i)^{20}} + \frac{1}{(1+i)^{25}}\right] - p$$

$i = 0.2934$

IRR = 29.34%

ดังนั้นอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนของการเลี้ยงสุกรในโรงเรือนที่มีระบบทำความเย็นแบบดูดซึมมีค่าเท่ากับ 29.34% ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราดอกเบี้ยเงินให้กู้ยืมของธนาคารแห่งประเทศไทยที่กำหนดไว้ 6.25% ซึ่งเป็นอัตรา ณ เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547 จะเห็นว่าอัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุนมีค่ามากกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินให้กู้ยืมจากธนาคาร นั่นหมายความว่าหากเจ้าของธุรกิจฟาร์มสุกรนำเงินมาลงทุนในโครงการเลี้ยงสุกรในโรงเรือนที่มีระบบทำความเย็นแบบดูดซึมจะมีอัตราผลตอบแทนสูงกว่าอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่กิจการต้องการ ดังนั้นจึงเป็นโครงการที่น่าลงทุน

และสำหรับระยะเวลาคืนทุนของโครงการสามารถคำนวณหาได้ดังนี้

ระยะเวลาคืนทุน คือการหาค่า N จากสมการ

$$N = \frac{p}{a - \left(\sum_{n=j}^{N} \frac{f_n}{(1+i)^n} \cdot \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}\right)} \quad ; \text{เมื่อ } j = 5, 10, 15, 20, 25$$

$$= 12{,}034{,}000 \Big/ \left(3{,}458{,}017 - (48{,}000)\left[\frac{1}{(1+i)^{5}} + \frac{1}{(1+i)^{10}} + \frac{1}{(1+i)^{15}} + \frac{1}{(1+i)^{20}} + \frac{1}{(1+i)^{25}}\right] \cdot \left[\frac{0.0625(1.0625)^{25}}{(1.0625)^{25}-1}\right]\right)$$

$N = 3.47$

ดังนั้นระยะเวลาคืนทุนของโครงการคือ 3.47 ปี หมายความว่ากิจการจะมีกระแสเงินสดจ่ายในปีที่เริ่มลงทุน ตามกรณีศึกษาคือ 12,034,000 บาท ในปีที่หนึ่งหลังจากเสร็จสิ้นการดำเนินงาน กิจการจะได้รับรายได้สุทธิหักค่าใช้จ่ายแล้ว 3,458,017 บาท ทำให้เหลือทุนที่ตัดชำระคืนในแต่ละปีลดน้อยลงไปจนสามารถชำระเงินคืนทุนทั้งหมดได้ในระยะเวลา 3.47 ปี หรือรวมเป็นระยะเวลาคืนทุนทั้งสิ้น 3 ปี 6 เดือน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.11 การแจกแจงกระแสเงินสดของการเลี้ยงสุกรในโรงเรือนแบบดูดซึม

ปีที่	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
เงินได้													
รายได้													
จากการขายสุกร		9,588,320	9,588,320	9,588,320	9,588,320	9,588,320	9,588,320	9,588,320	9,588,320	9,588,320	9,588,320	9,588,320	9,588,320
จากการขายมูลปุ๋ย		203,555	203,555	203,555	203,555	203,555	203,555	203,555	203,555	203,555	203,555	203,555	203,555
ค่าใช้จ่าย													
การเลี้ยงสุกร		6,122,338	6,122,338	6,122,338	6,122,338	6,122,338	6,122,338	6,122,338	6,122,338	6,122,338	6,122,338	6,122,338	6,122,338
บำรุงรักษา		211,520	211,520	211,520	211,520	211,520	211,520	211,520	211,520	211,520	211,520	211,520	211,520
เปลี่ยนถ่าย Li-Br						48,000					48,000		
รายได้สุทธิรายปี		3,553,411	3,553,411	3,553,411	3,553,411	3,553,411	3,553,411	3,553,411	3,553,411	3,553,411	3,553,411	3,553,411	3,553,411
ค่าใช้จ่ายประจำปีที่ n						48,000					48,000		
เงินได้สุทธิ		3,458,017	3,458,017	3,458,017	3,458,017	3,410,017	3,458,017	3,458,017	3,458,017	3,458,017	3,410,017	3,458,017	3,458,017
กระแสเงินสด													
เงินได้สุทธิ		3,458,017	3,458,017	3,458,017	3,458,017	3,410,017	3,458,017	3,458,017	3,458,017	3,458,017	3,410,017	3,458,017	3,458,017
การลงทุน													
โรงเรือน	(1,500,000)												
เครื่องทำความเย็น	(10,104,000)												
เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน	(350,000)												
ระบบเผาก๊าซให้ความร้อนเสริม	(80,000)												
มูลค่าซาก													
กระแสเงินสดสุทธิ	(12,034,000)	3458017	3458017	3458017	3458017	3410017	3458017	3458017	3458017	3458017	3410017	3458017	3458017

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.11 การแจกแจงกระแสเงินสดของการเลี้ยงสุกรในโรงเรือนแบบดูดซึม (ต่อ)

ปีที่	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
เงินได้													
รายได้													
จากการขายสุกร	9,588,320	9,588,320	9,588,320	9,588,320	9,588,320	9,588,320	9,588,320	9,588,320	9,588,320	9,588,320	9,588,320	9,588,320	9,588,320
จากการขายมูลปุ๋ย	203,555	203,555	203,555	203,555	203,555	203,555	203,555	203,555	203,555	203,555	203,555	203,555	203,555
ค่าใช้จ่าย													
การเลี้ยงสุกร	6,122,338	6,122,338	6,122,338	6,122,338	6,122,338	6,122,338	6,122,338	6,122,338	6,122,338	6,122,338	6,122,338	6,122,338	6,122,338
บำรุงรักษา	211,520	211,520	211,520	211,520	211,520	211,520	211,520	211,520	211,520	211,520	211,520	211,520	211,520
เปลี่ยนถ่าย Li-Br			48,000					48,000					48,000
รายได้สุทธิรายปี	3,553,411	3,553,411	3,553,411	3,553,411	3,553,411	3,553,411	3,553,411	3,553,411	3,553,411	3,553,411	3,553,411	3,553,411	3,553,411
ค่าใช้จ่ายประจำปีที่ n			48,000					48,000					48,000
เงินได้สุทธิ	3,458,017	3,458,017	3,410,017	3,458,017	3,458,017	3,458,017	3,458,017	3,410,017	3,458,017	3,458,017	3,458,017	3,458,017	3,410,017
กระแสเงินสด													
เงินได้สุทธิ	3,458,017	3,458,017	3,410,017	3,458,017	3,458,017	3,458,017	3,458,017	3,410,017	3,458,017	3,458,017	3,458,017	3,458,017	3,410,017
การลงทุน													
โรงเรือน													
เครื่องทำความเย็น													
เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน													
ระบบเผาก๊าซให้ความร้อนเสริม													
มูลค่าซาก													383,600
กระแสเงินสดสุทธิ	3458017	3458017	3410017	3458017	3458017	3458017	3458017	3410017	3458017	3458017	3458017	3458017	3,793,617

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved