ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก

แนวทางการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ สำหรับโครงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงานของประเทศไทย

สำหรับแนวทางการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ กิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ แนวทางการตรวจวัดและรายงานผล และแนวทางการทวนสอบ ซึ่งแต่ละส่วนจะมีบทบาทและความรับผิดชอบของผู้ที่ทำหน้าที่ตรวจวัด และทวนสอบ และแนวทางในการปฏิบัติที่แตกต่างกัน โดยสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

	บทบาทและความรับผิดชอบ	**แนวทางปฏิบัติ**
ผู้ตรวจวัด	ผู้เข้าร่วมโครงการทำหน้าที่ตรวจวัดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้ตามตัวแปรตรวจวัดภายในแต่ละประเภทกิจกรรม	ผู้เข้าร่วมโครงการจะทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดตามประเภทของกิจกรรมเพื่อตรวจวัดแบบต่อเนื่องตลอดทั้งปี โดยบางอุปกรณ์ตรวจวัดอาจจะมาจากหน่วยงานหรือองค์กรผู้รับซื้อและจำหน่าย เช่น มิเตอร์ไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้ต้องมีเอกสารรับรองการสอบเทียบจากหน่วยงานที่มีความน่าเชื่อถือตามรอบการสอบเทียบที่ได้ระบุไว้ในคู่มือ และรายงานผลการติดตาม
ผู้ทวนสอบ	บุคคลที่ 3 ทำหน้าที่ทวนสอบตามการประเมินรายงานการติดตามผลของแต่ละประเภทกิจกรรมจากผู้เข้าร่วมโครงการ	บุคคลที่ 3 ทำการประเมินรายงานติดตามผลของผู้เข้าร่วมโครงการ ถึงความเสี่ยงของข้อมูล และดำเนินการจัดทำแผนในการเข้าไปทวนสอบ และทำการตรวจวัดโดยการตรวจวัดแบบชั่วคราวและแบบต่อเนื่อง เพื่อตรวจสอบค่าที่ตรวจวัดได้กับค่าในรายงานการติดตามผล โดยอุปกรณ์ตรวจวัดต้องผ่านการสอบเทียบตามระยะเวลาที่กำหนดในคู่มือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แนวทางการตรวจวัดและรายงานผล

โดยในส่วนนี้จะกล่าวถึงส่วนของการตรวจวัดการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแนวทางการตรวจวัด และรายงานผล สำหรับแนวทางการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ ในแต่ละกิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งสามารถแบ่งส่วนประกอบหลักออกได้เป็น 8 ส่วนด้วยกัน เพื่อให้ครอบคลุมการดำเนินงานในหลากหลายมิติที่เกี่ยวข้องกับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการติดตามประเมินผล รวมทั้งเอกสารหรือหลักฐานที่จะต้องใช้เพื่อยืนยันความถูกต้อง ซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละส่วนดังนี้

1. เงื่อนไขการบังคับใช้

เงื่อนไขของแต่ละกิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อการบังคับใช้ให้เหมาะสมกับวิธีการคำนวณ การตรวจวัดและการรายงานผล

2. ลักษณะและขอบเขตโครงการ

เทคโนโลยีในการผลิตหรือใช้พลังงานในแต่ละด้านพลังงานที่ได้กล่าวไปข้างต้น และขอบเขตพื้นที่ของการดำเนินกิจกรรมโครงการ

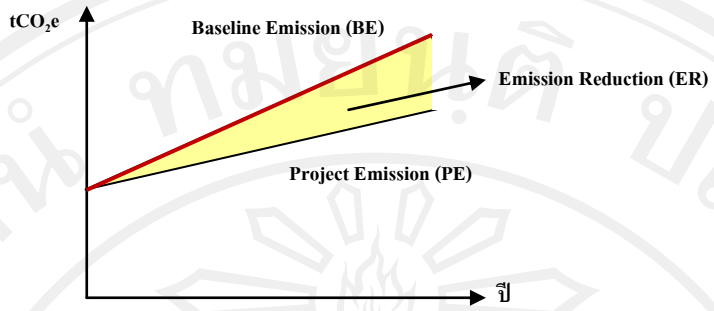
3. ข้อมูลกรณีฐาน

ข้อมูลในการคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นก่อนการดำเนินการโครงการหรือจากการทดแทนไฟฟ้าที่ผลิตจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของโครงข่าย โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทดังต่อไปนี้

ก. Brown field

การดำเนินการโครงการจากระบบการผลิตเดิม กล่าวคือ มีการดำเนินการผลิตหรือใช้พลังงานในระบบเดิมก่อนแล้ว ซึ่งระบบเดิมนั้นมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตอยู่ปริมาณหนึ่ง เรียกว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Emission) และหลังจากนั้นจึงมีการดำเนินการโครงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่การดำเนินการโครงการยังคงมีการใช้พลังงานอยู่จึงมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เรียกว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโครงการ (Project Emission) ดังนั้นปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ (Emission Reduction) จะเกิดจากระบบการผลิตเดิมและมีการนำโครงการลดก๊าซเรือนกระจกมาเพิ่มเติมหรือทดแทนระบบเดิม เช่น โครงการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นในระบบปรับอากาศ เป็นต้น โดยมีความสัมพันธ์ดังรูปที่ 3.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ ภผ ก.1 ความสัมพันธ์ระหว่างการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานและโครงการ

ข. Green field

การดำเนินการโครงการจากการสร้างระบบการผลิตใหม่ทั้งหมด กล่าวคือ ไม่มีการดำเนินการผลิตหรือใช้พลังงานในพื้นที่นั้นมาก่อน จึงไม่มีค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่เพื่อเกิดการดำเนินการของโครงการลดก๊าซเรือนกระจก รวมถึงการผลิตและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน จึงควรพิจารณาจากค่ามาตรฐานกลางในระบบการผลิตเดียวกันโดยพิจารณาจากปัจจัยต่างๆตามประเภทของโครงการ และส่วนการดำเนินการโครงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกยังคงมีการใช้พลังงานอยู่จึงมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเช่นเดียวกับ Brown field ตัวอย่างเช่นโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นต้น

4. กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำมาใช้ในการคำนวณ

การดำเนินการกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทั้งในกรณีฐานและจากโครงการ ซึ่งจะประกอบด้วย กิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ชนิดของก๊าซเรือนกระจก และรายละเอียดของแต่ละกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

5. วิธีการคำนวณปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกรณีฐานและจากการดำเนินการของโครงการ รวมถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้จากการดำเนินการของโครงการ

หลักการของการคำนวณหาปริมาณการลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละโครงการนั้น ต้องคำนึงถึงความถูกต้องและความเท่าเทียมของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐานของแต่ละโครงการ จึงแบ่งหลักการคำนวณออกเป็น 2 ประเภท คือ Brown field และ Green field ซึ่งจำแนกตามลักษณะของแต่ละ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โครงการทั้งการดำเนินการโครงการจากระบบการผลิตเดิมและการดำเนินการโครงการจากการสร้างระบบการผลิตใหม่ทั้งหมด ตามลำดับ โดยปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Reduction, ER) มีการคำนวณดังนี้

$$ER_y = BE_y - PE_y \quad (1)$$

โดยที่ :

ER_y = ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี y (tCO_2e/ปี)

BE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานในปี y (tCO_2/ปี)

PE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการในปี y (tCO_2e/ปี)

ซึ่งค่า BE_y และ PE_y สามารถหาได้แตกต่างกันไปในแต่ละประเภทของโครงการ เมื่อคำนวณหาค่าที่ได้จึงนำมาแทนลงในสมการหลัก เพื่อหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ของโครงการนั้น

6. การตรวจวัด

การแจกแจงตัวแปรในการตรวจวัด ตามประเภทของข้อมูล ความถี่ในการตรวจวัด การเก็บข้อมูลในแต่ละตัวแปร และอุปกรณ์ในการตรวจวัด ทั้งในด้านไฟฟ้าและความร้อนในแต่ละเทคโนโลยีการผลิตหรือใช้พลังงานต่างๆ

7. การรายงานผล

โดยการรายงานปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะประกอบด้วย

- ภาพรวมของหน่วยงานที่ดำเนินการตามเงื่อนไขการบังคับใช้
- ลักษณะและขอบเขตของโครงการ
- ข้อมูลในกรณีฐาน
- รายละเอียดของอุปกรณ์
- รายละเอียดข้อมูลปริมาณการผลิตและการใช้พลังงาน
- ระยะเวลาการดำเนินการ
- วิธีการหาปริมาณก๊าซเรือนกระจก
- ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คำนวณได้
- ผู้รับผิดชอบในแต่ละกระบวนการ และ อื่น ๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงตารางสำหรับสรุปค่าการตรวจวัด และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งในกรณีฐาน และของโครงการ รวมถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้ของแต่ละโครงการ

8. วิธีการสำหรับโครงการแต่ละประเภท

ภายใต้แนวทางการตรวจวัด และการรายงานผล จะมีวิธีการคำนวณ การตรวจวัด และการรายงานผล ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดลงได้จากการดำเนินโครงการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในด้านพลังงานดังต่อไปนี้

ก) ด้านพลังงานทดแทน ประกอบด้วย

- การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ลมและน้ำ ขนาดเล็ก
- การผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์
- พลังงานชีวมวล แยกเป็น
  - การผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล
  - การผลิตความร้อนจากชีวมวล
- ก๊าซชีวภาพ แยกเป็น
  - การผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพโดยระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม
  - การผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพโดยระบบบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์
  - การผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพโดยระบบฝังกลบขยะ

ข) ด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน แยกเป็น 2 ประเภท รวม 2 แนวทางที่จะดำเนินการ ประกอบด้วย

- การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานด้านไฟฟ้า
  - การเปลี่ยนหรือปรับปรุงเครื่องทำน้ำเย็น
  - การเปลี่ยนหลอดไฟ
  - การเปลี่ยนหรือปรับปรุงโบลเวอร์ ปั๊มและมอเตอร์
- การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานด้านความร้อน
  - การเปลี่ยนหรือปรับปรุงหม้อน้ำ
  - การเปลี่ยนเชื้อเพลิงหม้อน้ำ

ค) ด้านการใช้พลังงานในภาคขนส่ง จะพิจารณาในลักษณะของขนส่งมวลชน เน้นที่ ขนส่งมวลชนตามระบบราง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ก) ด้านพลังงานทดแทน

ก.1) การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ลมและน้ำ ขนาดเล็ก

- เงื่อนไขการบังคับใช้

1. สำหรับการติดตั้งโรงไฟฟ้าใหม่ทั้งพลังงานแสงอาทิตย์ ลม และน้ำขนาดเล็ก

2. กิจกรรมโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำต้องตรงกับเงื่อนไขอย่างน้อย 1 เงื่อนไขต่อไปนี้:

- กิจกรรมโครงการที่ดำเนินการในอ่างเก็บน้ำหรือเขื่อนที่มีอยู่เดิมและไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของอ่างเก็บน้ำหรือเขื่อน
- กิจกรรมโครงการที่ดำเนินการในอ่างเก็บน้ำหรือเขื่อนที่มีอยู่เดิมและอ่างเก็บน้ำหรือเขื่อนได้เพิ่มปริมาตรขึ้นและมีความหนาแน่นกำลังหลังการดำเนินกิจกรรมโครงการมากกว่า 4 W/m^2
- กิจกรรมโครงการที่ดำเนินการในอ่างเก็บน้ำหรือเขื่อนใหม่ทั้งแบบเดี่ยวและแบบหลายแหล่งรวมกันต้องมีความหนาแน่นกำลังหลังการดำเนินกิจกรรมโครงการมากกว่า 4 W/m^2

3. ในกรณีของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำที่ใช้อ่างเก็บน้ำหรือเขื่อนหลายแหล่งโดยแต่ละแหล่งที่มีความหนาแน่นกำลังน้อยกว่า 4 W/m^2 จะต้องใช้ตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้:

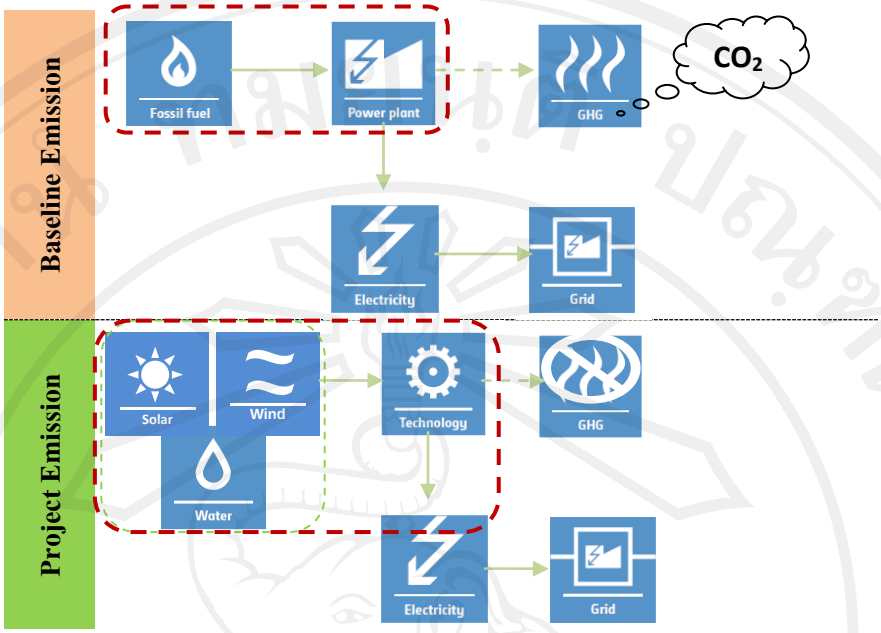
- อ่างเก็บน้ำหรือเขื่อนและโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำทั้งหมด ที่อยู่ในแม่น้ำหรือลุ่มน้ำเดียวกันและได้ถูกออกแบบการทำงานร่วมกัน ที่รวมกันเป็นความจุของโรงไฟฟ้าพลังงานร่วม
- ความหนาแน่นกำลังต้องรวมกันได้มากกว่า 4 W/m^2
- การไหลของน้ำระหว่างอ่างเก็บน้ำหรือเขื่อนหลายที่ไม่ได้ถูกนำมาใช้ผลิตไฟฟ้าจะไม่นับเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมโครงการ

- ลักษณะและขอบเขตของโครงการ

เป็นโครงการที่มีการพัฒนาระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ลม และน้ำ เพื่อจำหน่ายหรือใช้ในการดำเนินการของโครงการ

ขอบเขตโครงการ เป็นพื้นที่ที่อยู่ภายใต้กิจกรรมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ลม และน้ำ ของโครงการและกิจกรรมต่างๆ ที่ใช้ไฟฟ้าในการดำเนินโครงการจะถูกพิจารณาทั้งหมด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ ภผ ก.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานและโครงการของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ลม และพลังงานน้ำ

- ข้อมูลกรณีฐาน

โครงการที่มีการพัฒนาระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ลม และน้ำ เพื่อจำหน่ายหรือใช้ในการดำเนินการของโครงการ ให้ใช้ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตจากโครงการและจำหน่ายให้กับโครงข่ายเพื่อทดแทนปริมาณไฟฟ้าจากการผลิตโดยเชื้อเพลิงฟอสซิลของโครงข่ายเป็นข้อมูลกรณีฐาน และใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย ในการคำนวณหาค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน

- กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำมาใช้ในการคำนวณ

	กิจกรรม	**ชนิดของก๊าซเรือนกระจก**	**รายละเอียด**
กรณีฐาน	การผลิตไฟฟ้าสุทธิ	CO_2	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าในกรณีที่ไม่มีโครงการ
โครงการ	การใช้ไฟฟ้ารวม	CO_2	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าในการดำเนินการโครงการภายใต้ขอบเขตของโครงการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- วิธีการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

กรณีฐาน

ใช้สำหรับทั้งการสนับสนุนจากภายในประเทศและจากต่างประเทศ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานมีการคำนวณดังนี้

$$BE_y = EG_{PJ,y} \times EF_{CO_2,grid,y} \quad (2)$$

โดยที่ :

BE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานในปี y (tCO_2)

$EG_{PJ,y}$ = ปริมาณการผลิตไฟฟ้าสุทธิ ที่ผลิตและส่งให้โครงข่ายที่เกิดจากการดำเนินการของกิจกรรมโครง (MWh)

$EF_{CO2,grid,y}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในปี y

$$EG_{PJ,y} = EG_{facilityy} = EG_{export,y} - EC_{import,y} \quad (3)$$

โดยที่ :

$EG_{facility,y}$ = ปริมาณการผลิตไฟฟ้าสุทธิที่จำหน่ายโดยโรงไฟฟ้าให้กับโครงข่ายในปี y (MWh)

$EG_{export,y}$ = ปริมาณไฟฟ้าที่จำหน่ายโดยโครงการให้กับโครงข่ายในปี y (MWh)

$EC_{import,y}$ = ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการดำเนินการของโครงการในปี y (MWh)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โครงการ

ใช้สำหรับทั้งการสนับสนุนจากภายในประเทศและจากต่างประเทศ

กิจกรรมโครงการพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม ถือว่าไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตดังนั้น $PE_y = 0$

สำหรับกิจกรรมของโครงการการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำจะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกดังนี้

$$PE_y = PE_{HP,y} \quad (4)$$

โดยที่ :

$PE_{HP,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการ จากอ่างเก็บน้ำของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำในปี y (tCO_2e)

(ก)ถ้า power density (PD) ของอ่างเก็บน้ำเดี่ยวหรือหลายแหล่ง มีค่ามากกว่า 4 W/m^2 และน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 W/m^2

$$PE_{HP,y} = \frac{EF_{Res} \cdot TEG_y}{1000} \quad (5)$$

โดยที่ :

EF_{Res} = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอ่างเก็บน้ำ($kgCO_2e/MWh$)

TEG_y = การผลิตไฟฟ้ารวมของกิจกรรมโครงการ ประกอบด้วย ไฟฟ้าที่จำหน่ายให้กับโครงข่าย และไฟฟ้าที่จำหน่ายให้กับโรงไฟฟ้าในปี y (MWh)

(ข)power density > 10 W/m^2 แล้ว $PE_{HP,y} = 0$

โดยค่าความหนาแน่นกำลังของกิจกรรมโครงการ (PD) มีการคำนวณดังนี้

$$PD = \frac{Cap_{PJ} - Cap_{BL}}{A_{PJ} - A_{BL}} \quad (6)$$

โดยที่ :

PD = ความหนาแน่นกำลังของกิจกรรมโครงการ (W/m^2)

Cap_{PJ} = กำลังการผลิตที่ถูกติดตั้งของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ หลังจากการดำเนินการของกิจกรรมโครงการ (W)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Cap_{BL}	=	กำลังการผลิตที่ถูกติดตั้งของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำก่อนการดำเนินการของกิจกรรมโครงการ (W) สำหรับโรงไฟฟ้าใหม่ให้เท่ากับ 0
A_{PJ}	=	พื้นที่ผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำเดี่ยวหรือหลายๆแห่งหลังจากการดำเนินการของกิจกรรมโครงการ, เมื่ออ่างเก็บน้ำเต็ม (m^2)
A_{BL}	=	พื้นที่ผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำเดี่ยวหรือหลายๆแห่งก่อนจากการดำเนินการของกิจกรรมโครงการ, เมื่ออ่างเก็บน้ำเต็ม (m^2) สำหรับโรงไฟฟ้าใหม่ให้เท่ากับ 0

- การตรวจวัด

จากวิธีการคำนวณสามารถแจกแจงตัวแปรในการตรวจวัดการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ลมและน้ำ ได้ดังนี้

ตัวแปร	ประเภทของข้อมูล	หน่วย	ความถี่	การเก็บข้อมูล	เครื่องมือวัด
$EG_{facility,y}$	ปริมาณไฟฟ้าสุทธิ	MWh	-	$EG_{facility,y}=EG_{export,y}-\sum EC_{import,i,y}$	-
$EG_{export,y}$	ปริมาณไฟฟ้าที่จำหน่ายให้โครงข่ายไฟฟ้า	MWh	ตรวจวัดอย่างต่อเนื่อง และบันทึกอย่างน้อยเป็นรายปี	วัดปริมาณไฟฟ้าจากแผงแสงอาทิตย์และเทียบกับข้อมูลจากมิเตอร์ไฟฟ้าที่ติดตั้ง	A
$EC_{import,i,y}$	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการดำเนินการโครงการ	MWh	ตรวจวัดอย่างต่อเนื่อง และบันทึกอย่างน้อยเป็นรายปี	วัดปริมาณไฟฟ้าจากตู้ควบคุมและเทียบกับข้อมูลจากมิเตอร์ไฟฟ้าที่ติดตั้ง	A

หมายเหตุ : ความถี่ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดจะต้องทำในรอบ 12 เดือน และควรระบุชื่อผู้ดำเนินการในการตรวจวัดแต่ละตัวแปรซึ่งต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญหรือมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีนั้น

- การรายงานผลการคำนวณ

สรุปค่าจากการตรวจวัดและการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

สัญลักษณ์	สูตร	ค่า	หน่วย	หมายเหตุ
กรณีฐาน				
BE_y	$EG_{PJ,y} \times EF_{CO2,grid,y}$		tCO_2	ข้อมูลจากการคำนวณ
$EG_{PJ,y}$	$EG_{export,y} - EC_{import,i,y}$		MWh/ปี	ข้อมูลจากการตรวจวัด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สัญลักษณ์	สูตร	ค่า	หน่วย	หมายเหตุ
$EG_{export,y}$			MWh/ปี	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$EC_{import,i,y}$			MWh/ปี	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$EFCO_{2,grid,y}$		0.5554	tCO_2/MWh	อ้างอิงจาก อบก.
โครงการ				
PE_y	$PE_y = PE_{HP,y}$		tCO_2	ข้อมูลจาการคำนวณ
$PE_{HP,y}$	- $4 < PD \leq 10$ W/m^2;			ข้อมูลจาการคำนวณ
	$PE_{HP,y} = EF_{Res} \times TEG_y/1000$		tCO_2	ข้อมูลจาการคำนวณ
	- 10 W/m^2 < PD ;			ข้อมูลจาการคำนวณ
	$PE_{HP,y}$	0	tCO_2	ข้อมูลจาการคำนวณ
EF_{Res}		90	$kgCO_2e$/MWh	อ้างอิง ACM0002 Ver.12.3.0
TEG_y			MWh	ข้อมูลจาการคำนวณ
ER_y	$BE_y - PE_y$		tCO_2	ข้อมูลจาการคำนวณ

ก.2) การผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์

- เงื่อนไขการบังคับใช้

1. ระบบผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ของที่อยู่อาศัย และใช้ในเชิงพาณิชย์ เพื่อทดแทนพลังงานไฟฟ้าหรือเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ในการผลิตน้ำร้อน

2. มี 2 ประเภท คือ การปรับปรุงและการก่อสร้างใหม่เพื่อใช้ประโยชน์ตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้:

(ก) โครงการการปรับปรุงเป็นโครงการ SOLAR WATER HEATING (SWH) แทนการใช้ไฟฟ้าและใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของระบบทำพลังงานน้ำร้อนในอาคารหรือโรงงานเดิม

(ข) โครงการก่อสร้างใหม่ดังนี้: (i) โครงการ SWH ติดตั้งในสถานที่ใหม่ (ii) โครงการ SWH ติดตั้งสถานที่เดิม ก่อนการดำเนินโครงการที่ยังไม่ได้ติดตั้งระบบทำน้ำร้อน (iii) โครงการ SWH ติดตั้งในสถานที่เดิม ซึ่งต้องการขยายกำลังการผลิตน้ำร้อน หรือ (iv) เปลี่ยนระบบที่ล้มเหลวของ SWH วิธีการนี้ใช้สำหรับโครงการก่อสร้างใหม่ทั่วไปที่ใช้ไฟฟ้าหรือเชื้อเพลิงฟอสซิลในระบบทำน้ำร้อน จะได้รับการติดตั้งในกรณีที่ไม่มีการดำเนินโครงการ

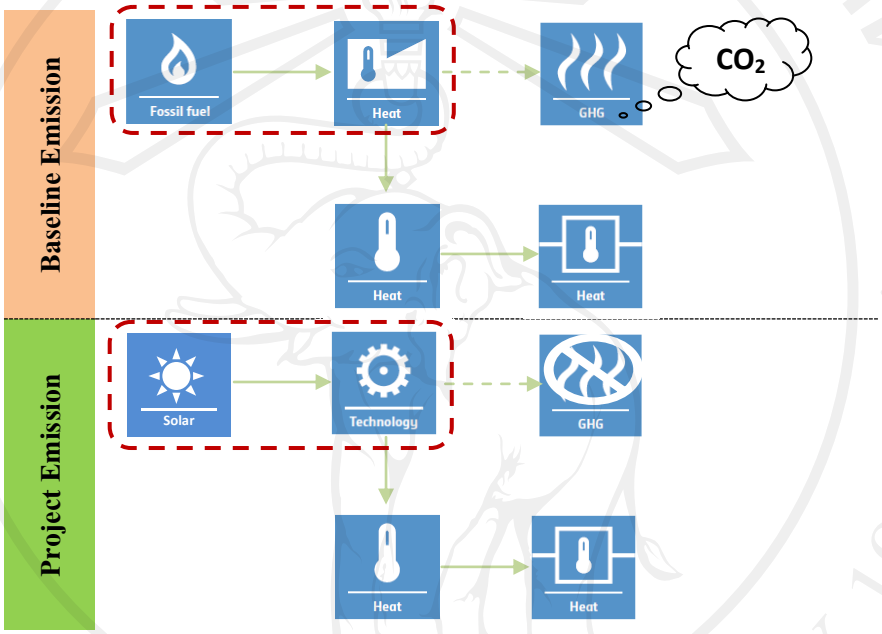
3. อัตราการบริโภคน้ำร้อนและอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ถูกส่งไปยังผู้บริโภค (เช่น 40ลิตรต่อวัน ที่ 40 ^{o}C) จะเป็นอัตราที่ใช้จริง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- ลักษณะและขอบเขตของโครงการ

เป็นโครงการที่มีการพัฒนาระบบการผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อใช้ในอาคารที่พักอาศัยและในเชิงพาณิชย์

ขอบเขตโครงการ เป็นพื้นที่ที่อยู่ภายใต้กิจกรรมการผลิตและจำหน่ายน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ และกิจกรรมต่างๆ ที่ใช้พลังงานในการดำเนินโครงการจะถูกพิจารณาทั้งหมด



รูปที่ ภผ ก.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานและโครงการของการผลิตความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์

- ข้อมูลกรณีฐาน

ระบบการผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อใช้ในอาคารที่พักอาศัยและในเชิงพาณิชย์ แบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ 1. สำหรับโครงการปรับปรุงระบบเดิม ให้ใช้ปริมาณพลังงานความร้อนที่ผลิตจากโครงการและประสิทธิภาพของระบบผลิตความร้อนด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิลเดิม 2. สำหรับโครงการก่อสร้างใหม่ ให้ใช้ปริมาณพลังงานความร้อนที่ผลิตจากโครงการและประสิทธิภาพสูงสุดของระบบผลิตความร้อนตามปริมาณพลังงานความร้อนที่ต้องการ โดยใช้เชื้อเพลิงตามระบบผลิตความร้อนในพื้นที่ใกล้เคียง และใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าหรือแต่ละชนิดเชื้อเพลิงฟอสซิลของประเทศไทย ในการคำนวณหาค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำมาใช้ในการคำนวณ

	กิจกรรม	ชนิดของก๊าซเรือนกระจก	รายละเอียด
กรณีฐาน	การปรับปรุงระบบผลิตน้ำร้อนเดิม	CO_2	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตน้ำร้อนในระบบเดิม
	การสร้างระบบผลิตน้ำร้อนใหม่	CO_2	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตน้ำร้อนด้วยการเปรียบเทียบจากพื้นที่ใกล้เคียง
โครงการ	การใช้ไฟฟ้ารวมของโครงการ	CO_2	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าในการดำเนินการโครงการภายใต้ขอบเขตของโครงการ

- วิธีการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

กรณีฐาน

ใช้สำหรับทั้งการสนับสนุนจากภายในประเทศและจากต่างประเทศ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานมีการคำนวณดังนี้

$$BE_y = (EG_{thermaly} / \eta_{BL,thermal}) \times EF_{FF,CO_2} \quad (7)$$

โดยที่:

BE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานในปี y (tCO_2)

$EG_{thermal,y}$ = ปริมาณสุทธิของพลังงานความร้อนที่ผลิตได้ของกิจกรรมโครงการในปี y (TJ)

$EF_{FF,CO2}$ = ปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในการผลิตน้ำร้อนก่อนการดำเนินการกิจกรรมโครงการ (tCO_2/TJ)

$\eta_{BL,thermal}$ = ประสิทธิภาพของระบบที่ยังคงใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลก่อนการดำเนินการกิจกรรมโครงการ

$$EG_{thermal,y} = m_{i/o} \times C_{p,i} \times (T_o - T_i) \times 365 \times 8 \quad (8)$$

$m_{i/o}$ = อัตราการไหลเฉลี่ยของน้ำขาเข้าหรือขาออกจากระบบ (kg/h)

$C_{p,i}$ = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (kJ/kg-K)

T_o = อุณหภูมิของน้ำขาเข้าระบบ (K)

T_i = อุณหภูมิของน้ำขาออกจากระบบ (K)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยที่ปริมาณความร้อนที่ให้กับกิจกรรมโครงการในการผลิตน้ำร้อนสามารถคำนวณได้ตามสมการดังต่อไปนี้

$HG_y = Rad_{avg} \times A_{collector} \times \text{conversion factor} \times 365 \times 8 \times 3600 \times n$ (9)

โดยที่:

$HG_{thermal,y}$	=	ปริมาณสุทธิของพลังงานความร้อนที่ให้กับกิจกรรมโครงการในปีy (TJ)
Rad_{avg}	=	ค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยต่อพื้นที่ต่อวัน($Kcal/m^2$)
$A_{collector}$	=	พื้นที่ของแผงรับแสงอาทิตย์ (m^2)
$\eta_{collector}$	=	ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ (%)
conversion factor	=	ค่าแปลงหน่วย (TJ/kcal)
n	=	จำนวนแผงรับแสงอาทิตย์

การหาประสิทธิภาพของระบบเดิมที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลก่อนการดำเนินการกิจกรรมโครงการ ($\eta_{BL,thermal}$)จะมีอยู่สามทางเลือกดังนี้

- ประสิทธิภาพสูงสุดที่วัดจากอุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติเหมือนอุปกรณ์เดิมหรือในพื้นที่ใกล้เคียง
- ค่าประสิทธิภาพสูงสุดจากผู้ผลิต 2 แหล่งหรือมากกว่า จากอุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติเหมือนอุปกรณ์เดิมหรือในพื้นที่ใกล้เคียง
- ประสิทธิภาพสูงสุดที่ 100%

โครงการ

ใช้สำหรับทั้งการสนับสนุนจากภายในประเทศและจากต่างประเทศ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างปี y เนื่องจากการใช้ไฟฟ้าของโครงการ

$PE_y = PE_{power,y} = EC_{PJ,y} \times EF_{CO2,grid,y}$ (10)

โดยที่:

$EL_{PJ,imp,y}$	=	ปริมาณไฟฟ้านำเข้าของโครงการจากโครงข่ายในปี y (MWh)
$EF_{CO2,grid,y}$	=	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในปี y (tCO_2/MWh)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- การตรวจวัด

จากวิธีการคำนวณสามารถแจกแจงตัวแปรในการตรวจวัดการผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ได้ดังนี้

ตัวแปร	ประเภทของข้อมูล	หน่วย	ความถี่	การเก็บข้อมูล	เครื่องมือวัด
$m_{i/o}$	อัตราการไหลของน้ำ	kg/h	อย่างต่อเนื่องและเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง	ท่อส่งน้ำขาเข้าสู่แผงรับแสงอาทิตย์	I
T_i, T_o	อุณหภูมิขาเข้าและขาออกของน้ำ	K	อย่างต่อเนื่องและเฉลี่ยเป็นรายวัน	ควรเก็บจากน้ำขาเข้าและขาออกจากท่อส่งน้ำของแผงรับแสงอาทิตย์	C
Rad_{avg}	ค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ย	kcal/ m^2	อย่างต่อเนื่องและเฉลี่ยเป็นรายวัน	ควรเก็บในพื้นที่ที่แผงรับความร้อนใช้งาน เพื่อให้ได้ค่าที่แม่นยำมากขึ้น	K
$A_{collector}$	พื้นที่ของแผงรับแสงอาทิตย์ทั้งหมด	m^2	-	ข้อมูลจากผู้ผลิต	-
n	จำนวนแผงรับแสงอาทิตย์	แผง	-	นับจากจำนวนแผงที่ใช้งานจริงในพื้นที่	-
$EC_{PJ,y}$	ปริมาณไฟฟ้านำเข้าของโครงการจากโครงข่าย	MWh	ทุกๆ 5 นาทีและเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง	การตรวจวัดปริมาณไฟฟ้าที่ใช้จะเป็นการตรวจวัดแบบต่อเนื่องจากตู้ไฟฟ้าหลักของระบบ	A

หมายเหตุ : ความถี่ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดจะต้องทำในรอบ 12 เดือน และควรระบุชื่อผู้ดำเนินการในการตรวจวัดแต่ละตัวแปรซึ่งต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญหรือมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีนั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- การรายงานผลการคำนวณ

สรุปค่าจากการตรวจวัดและการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

สัญลักษณ์	สูตร	ค่า	หน่วย	หมายเหตุ
กรณีฐาน				
BE_y	$(EG_{thermal,y} / \eta_{BL,thermal}) \times EF_{CO2}$		tCO_2	ข้อมูลจากการคำนวณ
$EG_{thermal,y}$	$m_{i/o} \times C_{p,i} \times (T_o - T_i) \times n_{day} \times 8 \times$ conversion factor (cf)		TJ,MWh/ปี	วันละ 8 ชม.(08:00-16:00)
$m_{i/o}$			kg/h	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$C_{p,i}$		1	kcal/kg-°C	อ้างอิงจาก IPCC
T_i			K	ข้อมูลจากการตรวจวัด
T_o			K	ข้อมูลจากการตรวจวัด
n_{day}			วัน/ปี	ข้อมูลจากการใช้งาน
EF_{CO2}	สำหรับไฟฟ้า	0.5554	tCO_2/MWh	อ้างอิงจาก อบก.
	สำหรับน้ำมันเตา	73.3	tCO_2/TJ	อ้างอิงจาก IPCC
$\eta_{BL,thermal}$				ข้อมูลจากการใช้งาน
HG_y	$HG_y = Rad_{avg} \times A_{collector} \times$ conversion factor x n_{day}		TJ,MWh/ปี	ข้อมูลจากการคำนวณ
Rad_{avg}			$kcal/m^2$	ข้อมูลจากการตรวจวัด (08:00-16:00)
$A_{collector}$			m^2	ข้อมูลจากการใช้งาน
cf	สำหรับหน่วยความร้อน	4.19×10^{-6}	TJ/kcal	อ้างอิงจาก IPCC
cf	สำหรับหน่วยไฟฟ้า	1.16×10^{-6}	MWh/kcal	อ้างอิงจาก IPCC
$\eta_{collector}$	$EG_{thermal,y} / HG_y$		%	ตรวจสอบประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์
โครงการ				
PE_y	$PE_{power,y}$		tCO_2	ข้อมูลจากการคำนวณ
$PE_{power,y}$	$EC_{PJ,y} \times EF_{CO2,grid,y}$		tCO_2	ข้อมูลจากการคำนวณ
$EC_{PJ,y}$			MWh	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$EF_{CO2,grid,y}$		0.5554	tCO_2/MWh	อ้างอิงจาก อบก.
ER_y	$BE_y - PE_y$		tCO_2	ข้อมูลจากการคำนวณ
BE_y	$EG_{thermal,y} \times EF_{FF,CO2} / \eta_{BL,thermal}$		tCO_2	ข้อมูลจากการคำนวณ
PE_y	$PE_{power,y}$		tCO_2	ข้อมูลจากการคำนวณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ก.3) ผลิตไฟฟ้าและความร้อนจากชีวมวล

ก.3.1) การผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล

- เงื่อนไขการบังคับใช้

1. การติดตั้งโรงงานใหม่ในพื้นที่ที่ยังไม่มีการดำเนินการผลิตไฟฟ้า (Greenfield projects)

2. การติดตั้งโรงงานใหม่ในพื้นที่ที่มีการดำเนินการผลิตความร้อน โดยการแทนที่หรือดำเนินการเพิ่มจากโรงงานเดิม (ขยายกำลังการผลิต)

3. การพัฒนาประสิทธิภาพพลังงานของโรงงานเดิม ซึ่งสามารถเพิ่มกำลังการผลิตโดยการปรับปรุงโรงงานเดิม

4. การทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลทั้งหมดหรือบางส่วนด้วยชีวมวลในโรงงานเดิม หรือในโรงงานใหม่ที่สร้างขึ้นก่อนการดำเนินการของโครงการ (โครงการเปลี่ยนเชื้อเพลิง)

5. สามารถใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลร่วมในการเผาไหม้ได้ไม่เกิน 80% ของเชื้อเพลิงเผาไหม้ทั้งหมดที่ใช้เป็นพลังงาน

6. ชีวมวลที่ใช้ในโครงการไม่ควรเก็บไว้มากกว่า 1 ปี

7. ชีวมวลที่ใช้จะต้องไม่ผ่านกระบวนการทางเคมี ยกเว้นการขนส่ง หรือการปรับปรุงทางเคมีที่ไม่เป็นสาเหตุการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างมีนัยสำคัญ

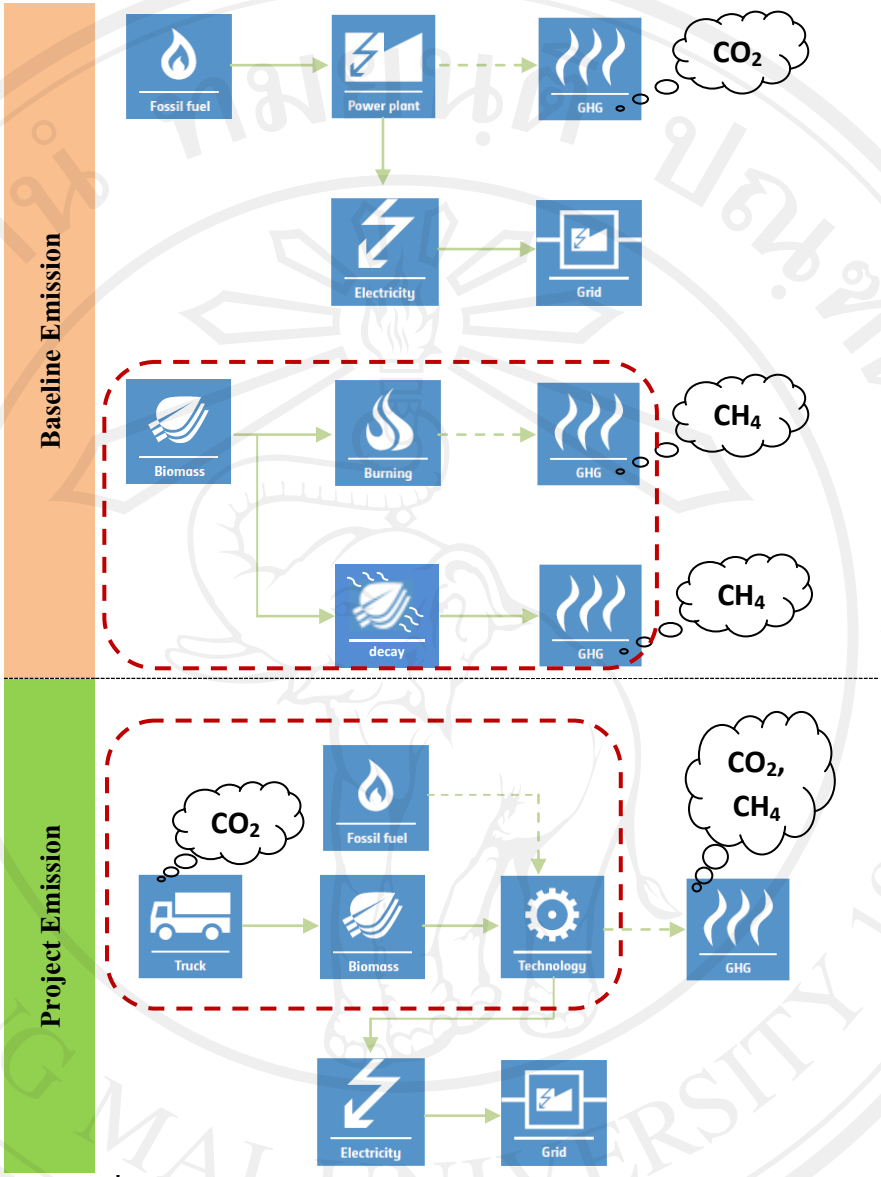
- ลักษณะและขอบเขตของโครงการ

เป็นโครงการที่ใช้ชีวมวลเพื่อผลิตไฟฟ้าให้กับโครงข่ายหรือใช้ในโรงงานและเป็นไปตามเงื่อนไขการบังคับใช้ที่กำหนด

ขอบเขตโครงการ พื้นที่ขอบเขตกิจกรรมของโครงการประกอบด้วยพื้นที่ทางกายภาพและทางภูมิศาสตร์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าด้วยชีวมวล

- ทุกโรงงานที่ผลิตไฟฟ้าบนพื้นที่ของโครงการ ทั้งใช้ชีวมวล, เชื้อเพลิงฟอสซิล หรือใช้งานร่วมกันทั้งคู่
- ทุกโรงไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าของโครงข่ายหรือเชื่อมต่อกับโครงการ
- การขนส่งชีวมวลสู่โครงการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ ภผ ก.4 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานและโครงการของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล

- ข้อมูลกรณีฐาน

ระบบผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลเพื่อจำหน่ายไฟฟ้าให้กับโครงข่ายและใช้ในการดำเนินการโครงการ ให้ใช้ปริมาณไฟฟ้าสุทธิที่ผลิตได้จากโครงการและใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของประเทศไทย และปริมาณชีวมวลที่ใช้ในโครงการในการคำนวณหาค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำมาใช้ในการคำนวณ

	กิจกรรม	ชนิดของก๊าซเรือนกระจก	รายละเอียด
กรณีฐาน	การผลิตไฟฟ้า	CO_2	จากแหล่งการผลิตไฟฟ้า
	การเผาไหม้ที่ไม่ควบคุมหรือการย่อยสลายจากชีวมวลส่วนเกิน	CH_4	เกิดจากการย่อยสลายของชีวมวลทั้งแบบใช้อากาศหรือไม่ใช้อากาศ และการเผาไหม้แบบไม่ควบคุมและไม่ได้นำมาใช้เป็นพลังงาน
โครงการ	การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในพื้นที่	CO_2	การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในพื้นที่โรงงานชีวมวล
	การใช้ไฟฟ้านอกพื้นที่กระบวนการ	CO_2	การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้านอกพื้นที่กระบวนการใช้ชีวมวล
	การขนส่งชีวมวลนอกพื้นที่	CO_2	การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการขนส่งชีวมวลมาสู่โรงงาน

- วิธีการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

กรณีฐาน

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานมีการคำนวณดังนี้

$$BE_y = BE_{EL,y} \quad (11)$$

โดยที่:

BE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานในปี y (tCO_2e)

$BE_{EL,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานเนื่องจากการผลิตไฟฟ้าในปี y (tCO_2)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานเนื่องจากการผลิตไฟฟ้า

$$BE_{EL,y} = EG_{PJ,y} \times EF_{CO2,grid,y} \quad (12)$$

โดยที่:

$EG_{PJ,y}$ = ปริมาณไฟฟ้าสุทธิที่ผลิตได้ทุกโรงไฟฟ้าซึ่งตั้งในพื้นที่ของโครงการในปี y (MWh)

$EF_{CO2,grid,y}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในปี y (tCO_2/MWh)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับการสนับสนุนจากต่างประเทศจะเพิ่มการพิจารณาตัวแปรการการเผาไหม้แบบไม่ควบคุม หรือการย่อยสลายของชีวมวล โดยมีสมการดังต่อไปนี้

$$BE_{BR,y} = GWP_{CH4} \times \sum_{n} BR_{n,y} \times EF_{BR,n,y} \quad (13)$$

โดยที่:

GWP_{CH4}	=	ศักยภาพการทำให้โลกร้อนของก๊าซมีเทน ($tCO_2/tCH4$)
$BR_{n,y}$	=	ปริมาณชีวมวลประเภท n ที่ใช้ในการดำเนินการโครงการในปี y ($t_{dry\ basis}$)
$EF_{BR,n,y}$	=	ปัจจัยการปล่อยก๊าซมีเทนถ้าไม่มีการควบคุมการเผาไหม้ของชีวมวลประเภท n ในปี y (0.001971 $tCH_4/t_{dry\ basis}$) (ACM0018)
n	=	ประเภทของชีวมวล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โครงการ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการมีการคำนวณดังนี้

$$PE_y = PE_{FF,y} + PE_{EL,y} + PE_{TR,y} \quad (14)$$

โดยที่:

$PE_{FF,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างปี y จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในพื้นที่โครงการ (tCO_2)

$PE_{EL,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างปี y จากการใช้ไฟฟ้าของโครงการ (tCO_2)

$PE_{TR,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างปี y จากการขนส่งชีวมวลสู่โรงไฟฟ้าของโครงการ (tCO_2)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในพื้นที่โครงการ

$$PE_{FF,y} = \sum FC_{i,j,y} \times COEF_{i,y} \quad (15)$$

โดยที่:

$FC_{i,j,y}$ = ปริมาณของเชื้อเพลิงชนิด i ที่ใช้ผาไหม้ในกระบวนการ j ในช่วงปี y (มวลหรือปริมาตร/ ปี)

$COEF_{i,y}$ = สัมประสิทธิ์การปล่อย CO_2 ของเชื้อเพลิงชนิด i ในปี y (tCO_2/มวลหรือปริมาตร)

i = ชนิดของเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ในกระบวนการ j ในช่วงปี y

$$COEF_{i,y} = NCV_{i,y} \times EF_{CO_2,i,y} \quad (16)$$

โดยที่:

$NCV_{i,y}$ = ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงชนิด i ในปี y (GJ/มวลหรือปริมาตร)

$EF_{CO2,i,y}$ = ปัจจัยการปล่อยก๊าซ CO_2 ของเชื้อเพลิงชนิด i ในปี y (tCO_2/GJ)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างปี y เนื่องจากการใช้ไฟฟ้าของโครงการ

$$PE_{EL,y} = EF_{CO_2,grid,y} \times EL_{PJ,imp,y} \quad (17)$$

โดยที่:

$EL_{PJ,imp,y}$ = ปริมาณไฟฟ้านำเข้าของโครงการจากโครงข่ายในปี y (MWh)

$EF_{CO2,grid,y}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในปี y (tCO_2/MWh)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งของชีวมวลมายังโครงการ

$$PE_{TR,y} = \sum_{f} D_{f,m} \times FR_{f,m} \times EF_{CO_2,f} \times 10^{-6} \times n_{trip} \quad (18)$$

โดยที่:

$D_{f,m}$ = ระยะทางระหว่างจุดเริ่มต้นจนถึงโครงการของสายการขนส่ง f ในช่วงระยะเวลา m (km)

$FR_{f,m}$ = มวลรวมทั้งหมดของการขนส่งในสายการขนส่ง f ในช่วงระยะเวลา m (t)

$EF_{CO2,f}$ = ปัจจัยการปล่อยก๊าซ CO_2 สำหรับสายการขนส่ง f (gCO_2 / tkm)

n_{trip} = จำนวนเที่ยว

f = สายการขนส่งของโครงการในช่วงระยะเวลา m

ระดับของรถบรรทุก	Emission factor (gCO_2/tkm)
รถบรรทุกเบา (ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 26 ตัน)	245
รถบรรทุกหนัก (มากกว่า 26 ตัน)	129

สำหรับการสนับสนุนจากต่างประเทศจะเพิ่มการพิจารณาตัวแปรการเผาไหม้แบบควบคุม โดยมีสมการดังต่อไปนี้

$$PE_{BR,y} = GWP_{CH4} \sum_{n} BR_{n,y} \cdot NCV_{BR,n,y} \cdot EF_{BR,n,y} \quad (19)$$

โดยที่:

GWP_{CH4} = ศักยภาพการทำให้โลกร้อนของก๊าซมีเทน (tCO_2/tCH4)

$BR_{n,y}$ = ปริมาณชีวมวลประเภท n ที่ใช้ในการดำเนินการโครงการในปี y ($t_{dry\ basis}$)

$NCV_{BR,n,y}$ = ค่าความร้อนสุทธิของชีวมวลประเภท n ในปี y (GJ/ $t_{dry\ basis}$)

$EF_{BR,n,y}$ = ปัจจัยการปล่อยก๊าซมีเทนจากการควบคุมการเผาไหม้ของชีวมวลประเภท n ในปี y (0.0000411 tCH_4/GJ) (ACM0018)

n = ประเภทของชีวมวล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- การตรวจวัด

จากวิธีการคำนวณสามารถแจกแจงตัวแปรในการตรวจวัดการผลิตไฟฟ้าโดยใช้ชีวมวลได้ดังนี้

ตัวแปร	ประเภทของข้อมูล	หน่วย	ความถี่	การเก็บข้อมูล	เครื่องมืออวัด
$EG_{PJ,gross,y}$	ปริมาณไฟฟ้ารวมทั้งหมด	MWh	ทุกๆ 5 นาที และเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง	การตรวจวัดปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้โดยอ่านค่าจากอุปกรณ์บันทึกปริมาณไฟฟ้าที่ได้รับการสอบเทียบตามระยะเวลาที่กำหนด	A
$EG_{PJ,aux,y}$	การใช้ไฟฟ้าเสริมทั้งหมดในการดำเนินการของโรงไฟฟ้าของโครงการ	MWh	ทุกๆ 5 นาที และเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง	การตรวจวัดปริมาณไฟฟ้าที่ใช้จะเป็นการตรวจวัดแบบต่อเนื่องจากตู้ไฟฟ้าหลักของระบบ	A
$BR_{n,y}$	ปริมาณชีวมวลแต่ละประเภทที่ย่อยสลายแบบใช้อากาศหรือการไม่ควบคุมการเผาไหม้ของชีวมวลโครงการ	$t_{dry\ basis.y}$	-	การวัดปริมาณชีวมวลที่จะย่อยสลายและไม่ควบคุมการเผาไหม้นั้นอาจจะคิดเป็นสัดส่วนจากชีวมวลทั้งหมดที่ได้รับ	-
$NCV_{BR,n,y}$	ค่าความร้อนสุทธิของชีวมวล	GJ/ $t_{dry\ basis}$	-	เก็บตัวอย่างชีวมวลเพื่อทำการวิเคราะห์ในห้องทดลอง	-
-	ปริมาณความชื้นของชีวมวล	%	-	เก็บตัวอย่างชีวมวลเพื่อทำการวิเคราะห์ในห้องทดลอง	-
$FC_{i,j,y}$	ปริมาณของเชื้อเพลิงฟอสซิลชนิด i ที่ใช้	มวลหรือปริมาตร	-	ตรวจวัดจากปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของ	-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวแปร	ประเภทของข้อมูล	หน่วย	ความถี่	การเก็บข้อมูล	เครื่องมือวัด
	เผาไหม้ในกระบวนการ j	/ ปี		กระบวนการ และบันทึกเป็นรายปี	
$EL_{PJ,imp,y}$	ปริมาณไฟฟ้านำเข้าของโครงการจากโครงข่าย	MWh	ทุกๆ 5 นาที และเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง	การตรวจวัดปริมาณไฟฟ้าที่ใช้จะเป็นการตรวจวัดแบบต่อเนื่องจากตู้ไฟฟ้าหลักของระบบ	A
$FR_{f,m}$	มวลของชีวมวลต่อเที่ยวการขนส่ง f ในช่วงเวลา m	t	-	การวัดจากการชั่งน้ำหนักจากรถบรรทุกและลบกับน้ำหนักของรถบรรทุกและบันทึกค่าไว้ ซึ่งแท่นชั่งต้องได้รับการสอบเทียบตามระยะเวลาที่กำหนด	แท่นชั่งน้ำหนักขนาดใหญ่

หมายเหตุ : ความถี่ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดจะต้องทำในรอบ 12 เดือน และควรระบุชื่อผู้ดำเนินการในการตรวจวัดแต่ละตัวแปรซึ่งต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญหรือมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีนั้น

- การรายงานผลการคำนวณ

สรุปค่าจากการตรวจวัดและการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

สัญลักษณ์	สูตร	ค่า	หน่วย	หมายเหตุ
กรณีฐาน				
BE_y	$BE_{EL,y} + BE_{BR,y}$		tCO_2e/y	ข้อมูลจากการคำนวณ
$BE_{EL,y}$	$EG_{PJ,y} \times EF_{CO2,y}$		tCO_2e/y	ข้อมูลจากการคำนวณ
$EG_{PJ,y}$			MWh/y	ข้อมูลจากการคำนวณ
$EF_{CO2,grid,y}$		0.5554	tCO_2e/MWh	อ้างอิงจาก อบก.
$BE_{BR,y}$	$GWP_{CH4} \times \Sigma BR_{n,y} \times EF_{BR,n,y}$		tCO_2e/y	ข้อมูลจากการคำนวณ
GWP_{CH4}		21	-	อ้างอิงจาก IPCC
$BR_{n,y}$			$t_{dry\ basis}$	ข้อมูลจากการคำนวณ
$EF_{BR,n,y}$		0.001971	$tCH_4/t_{dry\ basis}$	อ้างอิงจากACM0018

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สัญลักษณ์	สูตร	ค่า	หน่วย	หมายเหตุ
โครงการ				
PE_y	$PE_{FF,y} + PE_{EL,y} + PE_{TR,y} + PE_{BR,y}$		tCO_2e/y	ข้อมูลจากการคำนวณ
$PE_{FF,y}$	$\sum FC_{i,j,y} \times COEF_{i,y}$		tCO_2	ข้อมูลจากการคำนวณ
$FC_{i,j,y}$			มวลหรือปริมาตร/ปี	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$COEF_{i,y}$	$NCV_{i,y} \times EFCO_{2,i,y}$		tCO_2/มวลหรือปริมาตร	ข้อมูลจากการคำนวณ
$NCV_{i,y}$			GJ/มวลหรือปริมาตร	อ้างอิงจากผู้ใช้งาน
$EF_{CO2,i,y}$			tCO_2/GJ	อ้างอิงจากผู้ใช้งาน
$PE_{EL,y}$	$EL_{PJ,imp,y} \times EF_{CO2,grid,y}$		tCO_2	ข้อมูลจากการคำนวณ
$EL_{PJ,imp,y}$			MWh	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$EF_{CO2,grid,y}$		0.5554	tCO_2/MWh	อ้างอิงจาก อบก.
$PE_{TR,y}$	$\sum D_{f,m} \times FR_{f,m} \times EF_{CO2,f} \times 10^{-6} \times n_{trip}$		tCO_2e/y	ข้อมูลจากการคำนวณ
$D_{f,m}$			km/เที่ยว	ข้อมูลจากการใช้งาน
$FR_{f,m}$			t/เที่ยว	ข้อมูลจากการตรวจวัด
n_{trip}			เที่ยว	ข้อมูลจากการใช้งาน
$EF_{CO2,f}$			gCO_2 /tkm	อ้างอิงจากผู้ใช้งาน
$PE_{BR,y}$	$GWP_{CH4} \times \sum BR_{n,y} \times NCV_{BR,n,y} \times EF_{BR,n,y}$		tCO_2e/y	ข้อมูลจากการคำนวณ
$NCV_{BR,n,y}$			GJ/ $t_{dry\ basis}$	อ้างอิงจากผู้ใช้งาน
$EF_{BR,n,y}$		0.0000411	tCH_4/GJ	อ้างอิงจาก IPCC
ER_y	$BE_y - PE_y$		tCO_2e/y	ข้อมูลจากการคำนวณ
BE_y	$BE_{EL,y} + BE_{BR,y}$		tCO_2e/y	ข้อมูลจากการคำนวณ
PEy	$PE_{FF,y} + PE_{EL,y} + PE_{TR,y} + PE_{BR,y}$		tCO_2e/y	ข้อมูลจากการคำนวณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ก.3.2) การผลิตความร้อนจากชีวมวล

- เงื่อนไขการบังคับใช้

1. การติดตั้งโรงงานใหม่ในพื้นที่ที่ยังไม่มีการดำเนินการผลิตความร้อน (Greenfield projects)

2. การติดตั้งโรงงานใหม่ในพื้นที่ที่มีการดำเนินการผลิตความร้อน โดยการแทนที่หรือดำเนินการเพิ่มจากโรงงานเดิม (ขยายกำลังการผลิต)

3. การพัฒนาประสิทธิภาพพลังงานของโรงงานเดิม ซึ่งสามารถเพิ่มกำลังการผลิตโดยการปรับปรุงโรงงานเดิม

4. การทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลทั้งหมดหรือบางส่วนโดยชีวมวลในโรงงานเดิม หรือในโรงงานใหม่ที่สร้างขึ้นก่อนการดำเนินการของโครงการ (โครงการเปลี่ยนเชื้อเพลิง)

5. สามารถใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลร่วมในการเผาไหม้ได้ไม่เกิน 80% ของเชื้อเพลิงเผาไหม้ทั้งหมดที่ใช้เป็นพลังงาน

6. ชีวมวลที่ใช้ในโครงการไม่ควรเก็บไว้มากกว่า 1 ปี

7. ชีวมวลที่ใช้จะต้องไม่ผ่านกระบวนการทางเคมี ยกเว้นการขนส่ง หรือการปรับปรุงทางเคมีที่ไม่เป็นสาเหตุการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างมีนัยสำคัญ

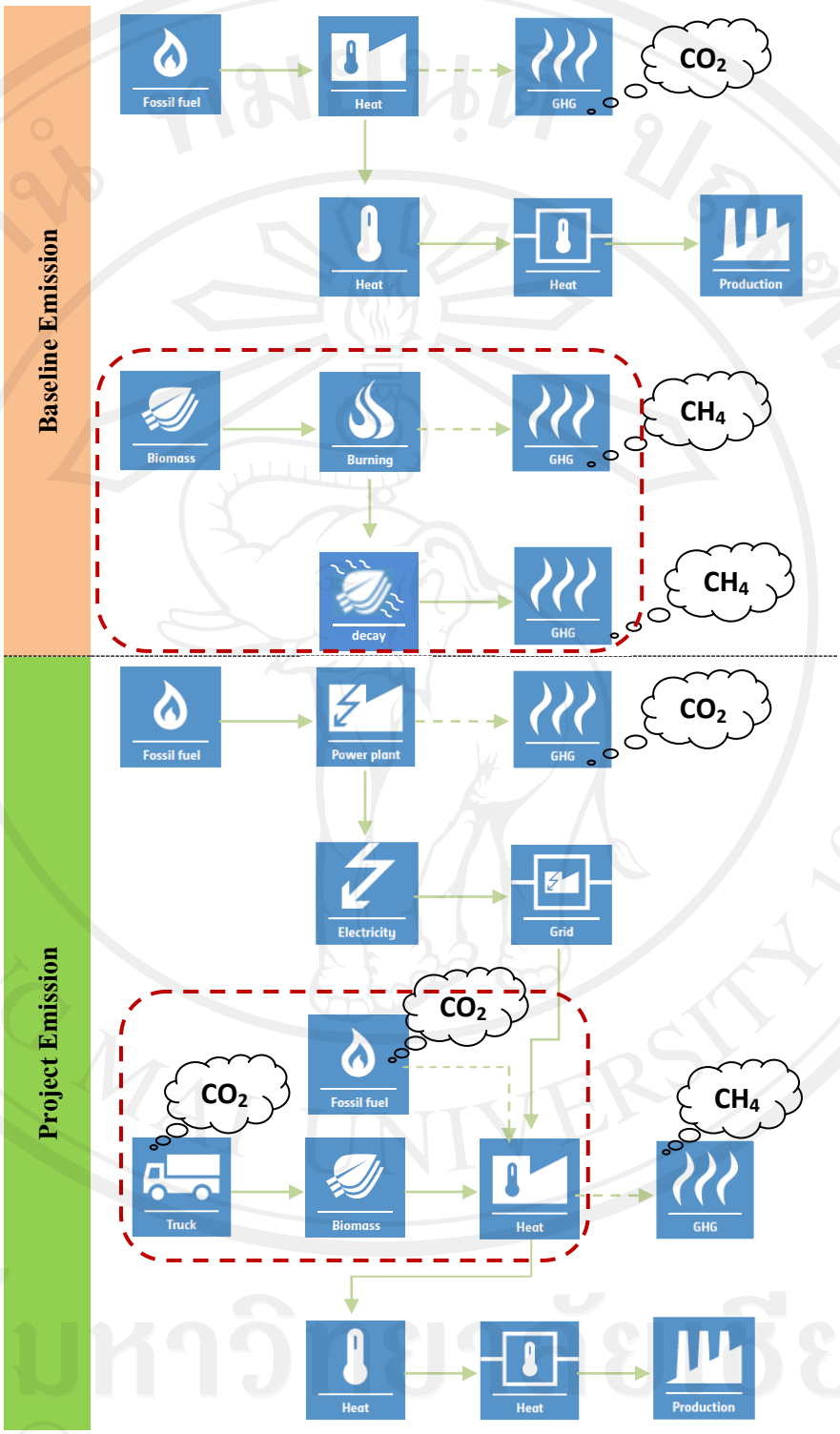
- ลักษณะและขอบเขตของโครงการ

เป็นโครงการที่ใช้ชีวมวลเพื่อผลิตความร้อนใช้ในโรงงานและสถานประกอบการต่างๆ โดยโครงการเป็นไปตามเงื่อนไขการบังคับใช้ที่กำหนด

ขอบเขตโครงการ พื้นที่ของขอบเขตกิจกรรมโครงการประกอบด้วยพื้นที่ทางกายภาพและทางภูมิศาสตร์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตความร้อนด้วยชีวมวล

- ทุกโรงงานที่ผลิตความร้อนบนพื้นที่ของโครงการ ทั้งใช้ชีวมวล เชื้อเพลิงฟอสซิล หรือใช้งานร่วมกันทั้งคู่
- ทุกแหล่งผลิตความร้อนที่ป้อนให้โครงการและหรือจำหน่าย (ทั้งโดยตรงหรือระบบจำหน่ายท้องถิ่น)
- การขนส่งชีวมวลสู่โครงการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ ภผ ก.5 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานและโครงการในการผลิตความร้อนจากพลังงานชีวมวล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- ข้อมูลกรณีฐาน

พิจารณาจากปริมาณความร้อนที่ผลิตได้จากระบบผลิตความร้อนจากชีวมวลเพื่อป้อนให้กับกระบวนการผลิตในอาคารหรือโรงงานต่างๆ และใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของประเทศไทย และปริมาณชีวมวลที่ใช้ในโครงการในการคำนวณหาค่าการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรม “burning” เช่น การเผาตอซังข้าวในที่โล่ง และ “decay” เช่น การกองชีวมวลทิ้งไว้

- กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำมาใช้ในการคำนวณ

	กิจกรรม	**ชนิดของก๊าซเรือนกระจก**	**รายละเอียด**
กรณีฐาน	การผลิตความร้อน	CO_2	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตความร้อน
	การเผาไหม้ที่ไม่ควบคุมหรือการย่อยสลายจากชีวมวลส่วนเกิน	CH_4	เกิดจากการย่อยสลายของชีวมวลทั้งแบบใช้อากาศหรือไม่ใช้อากาศ และการเผาไหม้แบบไม่ควบคุม และไม่ได้นำมาใช้เป็นพลังงาน
โครงการ	การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในพื้นที่	CO_2	การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในพื้นที่โรงงานชีวมวล
	การใช้ไฟฟ้าทั้งในและนอกพื้นที่กระบวนการ	CO_2	การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าทั้งในและนอกพื้นที่กระบวนการใช้ชีวมวล
	การขนส่งชีวมวลนอกพื้นที่	CO_2	การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการขนส่งชีวมวลมาสู่/ออกจากโรงงาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- วิธีการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

กรณีฐาน

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานมีการคำนวณดังนี้

$$BE_y = \sum_f FF_{BL,HG,y,f} \cdot EF_{FF,y,f} \quad (20)$$

โดยที่:

BE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานในปี y (tCO_2)

$FF_{BL,HG,y,f}$ = ปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในกระบวนการผลิตความร้อนในปี y (GJ)

$EF_{FF,y,f}$ = ปัจจัยการปล่อยก๊าซ CO_2 ของเชื้อเพลิงฟอสซิลชนิด f (tCO_2/GJ)

y = ปีของช่วงระยะเวลาในการดำเนินการ

f = ชนิดของเชื้อเพลิงฟอสซิล

ปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในกระบวนการผลิตความร้อน

$$FF_{BL,HG,y,f} = \frac{HG_{PJ,BR,y}}{\eta_{BL,HG,FF,y}} \quad (21)$$

$HG_{PJ,BR,y}$ = ปริมาณความร้อนที่ผลิตได้จากการดำเนินการโครงการในปี y (GJ)

$\eta_{BL,HG,FF}$ = ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ผลิตความร้อนจากเชื้อเพลิงฟอสซิล (ratio)

$$HG_{PJ,BR,y} = \sum_h \sum_n \left(BR_{n,h,y} \cdot NCV_{BR,n,y} \cdot \eta_{PJ,HG,BR,h}\right) \quad (22)$$

$BR_{n,h,y}$ = ปริมาณชีวมวลประเภท n ที่ใช้ในอุปกรณ์ผลิตความร้อน h ในปี y ($t_{dry\ basis}$)

$NCV_{BR,n,y}$ = ค่าความร้อนสุทธิของชีวมวลประเภท n ในปี y ($GJ/t_{dry\ basis}$)

$\eta_{PJ,HG,BR,h}$ = ประสิทธิภาพการผลิตความร้อนของอุปกรณ์ผลิตความร้อน h (ratio)

สำหรับการสนับสนุนจากต่างประเทศจะเพิ่มการพิจารณาตัวแปรการการเผาไหม้แบบไม่ควบคุมหรือการย่อยสลายของชีวมวล โดยมีสมการดังต่อไปนี้

$$BE_{BR,y} = GWP_{CH4} \times \sum_n BR_{n,y} \times EF_{BR,n,y} \quad (23)$$

โดยที่:

GWP_{CH4} = ศักยภาพการทำให้โลกร้อนของก๊าซมีเทน ($tCO_2/tCH4$)

$BR_{n,y}$ = ปริมาณชีวมวลประเภท n ที่ใช้ในการดำเนินการโครงการในปี y ($t_{dry\ basis}$)

$EF_{BR,n,y}$ = ปัจจัยการปล่อยก๊าซมีเทนถ้าไม่มีการควบคุมการเผาไหม้ของชีวมวลประเภท n ในปี y (0.001971 $tCH_4/t_{dry\ basis}$) (ACM0018)

n = ประเภทของชีวมวล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โครงการ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการมีการคำนวณดังนี้

$$PE_y = PE_{EL,y} + PE_{TR,y} \quad (24)$$

โดยที่:

$PE_{EL,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างปี y จากการใช้ไฟฟ้าทั้งในและนอกพื้นที่กระบวนการใช้ชีวมวล (tCO_2)

$PE_{TR,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างปี y จากการขนส่งชีวมวลสู่โรงไฟฟ้าของโครงการ (tCO_2)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างปี y เนื่องจากการใช้ไฟฟ้าสำหรับกระบวนการของชีวมวลนอกพื้นที่

$$PE_{EL,y} = EF_{CO_2,grid,y} \cdot EL_{PJ,imp,y} \quad (25)$$

โดยที่:

$EL_{PJ,imp,y}$ = ปริมาณไฟฟ้านำเข้าของโครงการจากโครงข่ายในปี y (MWh)

$EF_{CO2,grid,y}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในปี y (tCO_2/MWh)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งของชีวมวลมายังโครงการ

$$PE_{TR,y} = \sum_f D_{f,m} \times FR_{f,m} \times EF_{CO_2,f} \times 10^{-6} \times n_{trip} \quad (26)$$

โดยที่:

$D_{f,m}$ = ระยะทางระหว่างจุดเริ่มต้นจนถึงโครงการของสายการขนส่ง f ในช่วงระยะเวลา m (km)

$FR_{f,m}$ = มวลรวมทั้งหมดของการขนส่งในสายการขนส่ง f ในช่วงระยะเวลา m (t)

$EF_{CO2,f}$ = ปัจจัยการปล่อยก๊าซ CO_2 สำหรับสายการขนส่ง f (gCO_2 / tkm)

n_{trip} = จำนวนเที่ยว

f = สายการขนส่งของโครงการในช่วงระยะเวลา m

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระดับของรถบรรทุก	Emission factor (gCO_2/tkm)
รถบรรทุกเบา (ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 26 ตัน)	245
รถบรรทุกหนัก (มากกว่า 26 ตัน)	129

สำหรับการสนับสนุนจากต่างประเทศจะเพิ่มการพิจารณาตัวแปรการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลภายในพื้นที่ของโครงการและการเผาไหม้แบบควบคุม โดยมีสมการดังต่อไปนี้

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในพื้นที่โครงการ

$$PE_{FF,y} = \sum FC_{i,j,y} \times COEF_{i,y} \quad (27)$$

โดยที่:

$FC_{i,j,y}$ = ปริมาณของเชื้อเพลิงชนิด i ที่ใช้ผาไหม้ในกระบวนการ j ในช่วงปี y (มวลหรือปริมาตร/ ปี)

$COEF_{i,y}$ = สัมประสิทธิ์การปล่อย CO_2 ของเชื้อเพลิงชนิด i ในปี y (tCO_2/มวลหรือปริมาตร)

i = ชนิดของเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ในกระบวนการ j ในช่วงปี y

$$COEF_{i,y} = NCV_{i,y} \times EF_{CO_2,i,y} \quad (28)$$

โดยที่:

$NCV_{i,y}$ = ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงชนิด i ในปี y (GJ/มวลหรือปริมาตร)

$EF_{CO2,i,y}$ = ปัจจัยการปล่อยก๊าซ CO_2 ของเชื้อเพลิงชนิด i ในปี y (tCO_2/GJ)

การเผาไหม้แบบควบคุม โดยมีสมการดังต่อไปนี้

$$PE_{BR,y} = GWP_{CH4} \sum_n BR_{n,y} \cdot NCV_{BR,n,y} \cdot EF_{BR,n,y} \quad (29)$$

โดยที่:

GWP_{CH4} = ศักยภาพการทำให้โลกร้อนของก๊าซมีเทน (tCO_2/tCH4)

$BR_{n,y}$ = ปริมาณชีวมวลประเภท n ที่ใช้ในการดำเนินการโครงการในปี y ($t_{dry\ basis}$)

$NCV_{BR,n,y}$ = ค่าความร้อนสุทธิของชีวมวลประเภท n ในปี y (GJ/ $t_{dry\ basis}$)

$EF_{BR,n,y}$ = ปัจจัยการปล่อยก๊าซมีเทนจากการควบคุมการเผาไหม้ของชีวมวลประเภท n ในปี y (0.0000411 tCH_4/GJ) (ACM0018)

n = ประเภทของชีวมวล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- การตรวจวัด

จากวิธีการคำนวณสามารถแจกแจงตัวแปรในการตรวจวัดการผลิตความร้อนโดยใช้ชีวมวล ได้ดังนี้

ตัวแปร	ประเภทของข้อมูล	หน่วย	ความถี่	การเก็บข้อมูล	เครื่องมือวัด
$BR_{n,h,y}$	ปริมาณชีวมวลประเภท n ที่ใช้ในอุปกรณ์ผลิตความร้อน h	$t_{dry\text{-}basis,y}$	-	โดยจะคิดจากอัตราการใช้เชื้อเพลิงของอุปกรณ์แต่ละชนิดในแต่ละปี	-
$BR_{1,n,y}$	ปริมาณชีวมวลแต่ละประเภทที่ย่อยสลายแบบใช้อากาศหรือการไม่ควบคุมการเผาไหม้ของชีวมวลโครงการ	$t_{dry\ basis.y}$	-	โดยจะคิดเป็นสัดส่วนจากชีวมวลทั้งหมดที่ได้รับ	-
$FC_{i,j,y}$	ปริมาณของเชื้อเพลิงฟอสซิลชนิด i ที่ใช้เผาไหม้ในกระบวนการ j	มวลหรือปริมาตร / ปี	-	ตรวจวัดจากปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของกระบวนการ และบันทึกเป็นรายปี	-
$\eta_{PJ,HG,BR,h}$	ประสิทธิภาพการผลิตความร้อนของอุปกรณ์ผลิตความร้อน h	-	1 นาที และเฉลี่ย 15 นาที	ตรวจวัดโดยใช้อุปกรณ์วิเคราะห์ประสิทธิภาพการเผาไหม้ โดยตรวจวัดบริเวณปล่องไอเสียของอุปกรณีผลิตความร้อน	G
$NCV_{BR,n,y}$	ค่าความร้อนสุทธิของชีวมวล	GJ/ $t_{dry\ basis}$	-	เก็บตัวอย่างชีวมวลเพื่อทำการวิเคราะห์ในห้องทดลอง	-
-	ปริมาณความชื้นของชีวมวล	%	-	เก็บตัวอย่างชีวมวลเพื่อทำการวิเคราะห์ในห้องทดลอง	-
$EL_{PJ,imp,y}$	ปริมาณไฟฟ้านำเข้าของโครงการจากโครงข่าย	MWh	5 นาที และเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง	การตรวจวัดปริมาณไฟฟ้าที่ใช้จะเป็นการตรวจวัดแบบต่อเนื่องจากตู้ไฟฟ้าหลักของระบบ	A

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวแปร	ประเภทของข้อมูล	หน่วย	ความถี่	การเก็บข้อมูล	เครื่องมือวัด
$FR_{f,m}$	มวลของชีวมวลต่อเที่ยวการขนส่ง f ในช่วงเวลา m	t	-	การวัดจากการชั่งน้ำหนักจากรถบรรทุกและลบกับน้ำหนักของรถบรรทุก และบันทึกค่าไว้ ซึ่งแท่นชั่งต้องได้รับการสอบเทียบตามระยะเวลาที่กำหนด	แท่นชั่งน้ำหนักขนาดใหญ่

หมายเหตุ : ความถี่ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดจะต้องทำในรอบ 12 เดือน และควรระบุชื่อผู้ดำเนินการในการตรวจวัดแต่ละตัวแปรซึ่งต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญหรือมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีนั้น

- การรายงานผลการคำนวณ

สรุปค่าจากการตรวจวัดและการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

สัญลักษณ์	สูตร	ค่า	หน่วย	หมายเหตุ
กรณีฐาน				
BE_y	$\sum FF_{BL,HG,y,f} \times EF_{FF,y,f} + BE_{BR,y}$		tCO_2e/y	ข้อมูลจากการคำนวณ
$FF_{BL,HG,y,f}$	$HG_{PJ,BR,y} / \eta_{BL,HG,FF}$		GJ	ข้อมูลจากการคำนวณ
$HG_{PJ,BR,y}$	$\sum\sum BR_{n,h,y} \times NCV_{BR,n,y} \times \eta_{PJ,HG,BR,h}$		GJ	ข้อมูลจากการคำนวณ
$BR_{n,h,y}$			$t_{dry\text{-}basis}$	ข้อมูลจากการใช้งาน
$NCV_{BR,n,y}$			$GJ/t_{dry\text{-}basis}$	อ้างอิงจากผู้ใช้งาน
$\eta_{PJ,HG,BR,h}$				อ้างอิงจากผู้ใช้งาน
$\eta_{BL,HG,FF}$				อ้างอิงจากผู้ใช้งาน
$EF_{FF,y,f}$			tCO_2/GJ	อ้างอิงจากผู้ใช้งาน
$BE_{BR,y}$	$GWP_{CH4} \times \sum BR_{1,n,y} \times NCV_{BR,n,y} \times EF_{BR,n,y}$		tCO_2e/y	ข้อมูลจากการคำนวณ
GWP_{CH4}		21	-	อ้างอิงจาก IPCC
$BR_{1,n,y}$			$t_{dry\ basis}$	ข้อมูลจากการคำนวณ
$NCV_{BR,n,y}$			$GJ/t_{dry\ basis}$	อ้างอิงจากผู้ใช้งาน
$EF_{BR,n,y}$			$tCH4/GJ$	อ้างอิงจากผู้ใช้งาน
โครงการ				
PE_y	$PE_{FF,y} + PE_{EL,y} + PE_{TR,y} + PE_{BR,y}$		tCO_2e/y	ข้อมูลจากการคำนวณ
$PE_{FF,y}$	$\sum FC_{i,j,y} \times COEF_{i,y}$		tCO_2	ข้อมูลจากการคำนวณ
$FC_{i,j,y}$			มวลหรือปริมาตร/ปี	ข้อมูลจากการตรวจวัด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สัญลักษณ์	สูตร	ค่า	หน่วย	หมายเหตุ
$COEF_{i,y}$	$NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}$		tCO_2/มวลหรือปริมาตร	ข้อมูลจากการคำนวณ
$NCV_{i,y}$			GJ/มวลหรือปริมาตร	อ้างอิงจากผู้ใช้งาน
$EF_{CO2,i,y}$			tCO_2/GJ	อ้างอิงจากผู้ใช้งาน
$PE_{EL,y}$	$EL_{PJ,imp,y} \times EF_{CO2,grid,y}$		tCO_2	ข้อมูลจากการคำนวณ
$EL_{PJ,imp,y}$			MWh	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$EF_{CO2,grid,y}$		0.5554	tCO_2/MWh	อ้างอิงจาก อบก.
$PE_{TR,y}$	$\sum D_{f,m} \times FR_{f,m} \times EF_{CO2,f} \times 10^{-6} \times n_{trip}$		tCO_2e/y	ข้อมูลจากการคำนวณ
$D_{f,m}$			km/เที่ยว	ข้อมูลจากการใช้งาน
$FR_{f,m}$			t/เที่ยว	ข้อมูลจากการตรวจวัด
n_{trip}			เที่ยว	ข้อมูลจากการใช้งาน
$EF_{CO2,f}$			gCO_2 /tkm	อ้างอิงจากผู้ใช้งาน
$PE_{BR,y}$	$GWP_{CH4} \times \sum BR_{n,y} \times NCV_{BR,n,y} \times EF_{BR,n,y}$		tCO_2e/y	ข้อมูลจากการคำนวณ
$NCV_{BR,n,y}$			GJ/ $t_{dry\ basis}$	อ้างอิงจากผู้ใช้งาน
$EF_{BR,n,y}$		0.0000411	tCH_4/GJ	อ้างอิงจาก IPCC
ER_y	$BE_y - PE_y$		tCO_2e/y	ข้อมูลจากการคำนวณ
BE_y	$\sum FF_{BL,HG,y,f} \times EF_{FF,y,f} + BE_{BR,y}$		tCO_2e/y	ข้อมูลจากการคำนวณ
PEy	$PE_{FF,y} + PE_{EL,y} + PE_{TR,y} + PE_{BR,y}$		tCO_2e/y	ข้อมูลจากการคำนวณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ก.4) การผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ

ก.4.1) การผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพโดยระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

- เงื่อนไขการบังคับใช้

การผลิตก๊าซชีวภาพ

1. จากการกักเก็บและเผาไหม้ก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสีย ด้วยการผลิตก๊าซชีวภาพโดยปราศจากกากของเสีย

2. เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ เช่น บ่อหมักแบบไร้อากาศ บ่อปิด ถังหมักหรือบนพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรม

3. บ่อปิดลึกมากกว่า 2 เมตรโดยไม่เติมอากาศ ความลึกอาจจะอ้างอิงจากการออกแบบทางวิศวกรรมหรือวัดโดยตรง หรือคำนวณจากปริมาตรทั้งหมดหารด้วยพื้นที่บ่อ

4. อุณหภูมิบรรยากาศมากกว่า 15°C คิดที่ช่วงอุณหภูมิต่ำสุดของปีโดยการเฉลี่ยในแต่ละเดือน

5. มาตรการจะถูกจำกัดให้ปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมรายปีน้อยกว่าหรือเท่ากับ 60 $ktCO_2$ เทียบเท่า

การผลิตไฟฟ้า

1. ผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ในโรงงานเพื่อทดแทนการใช้ไฟฟ้าจากโครงข่ายที่ผลิตโดยเชื้อเพลิงฟอสซิล

2. ใช้ได้กับกิจกรรมของโครงการ

(ก) ติดตั้งโรงไฟฟ้าใหม่ที่ไม่มีการใช้พลังงานทดแทนมาก่อน

(ข) การเพิ่มกำลังการผลิต

(ค) ปรับปรุงโรงไฟฟ้าที่มีอยู่เดิม

(ง) การเปลี่ยนอุปกรณ์ในโรงไฟฟ้าที่มีอยู่

3. กำลังการผลิตในแต่ละกิจกรรมโครงการที่กล่าวมาต้องไม่เกิน 15 MW

- ลักษณะและขอบเขตของโครงการ

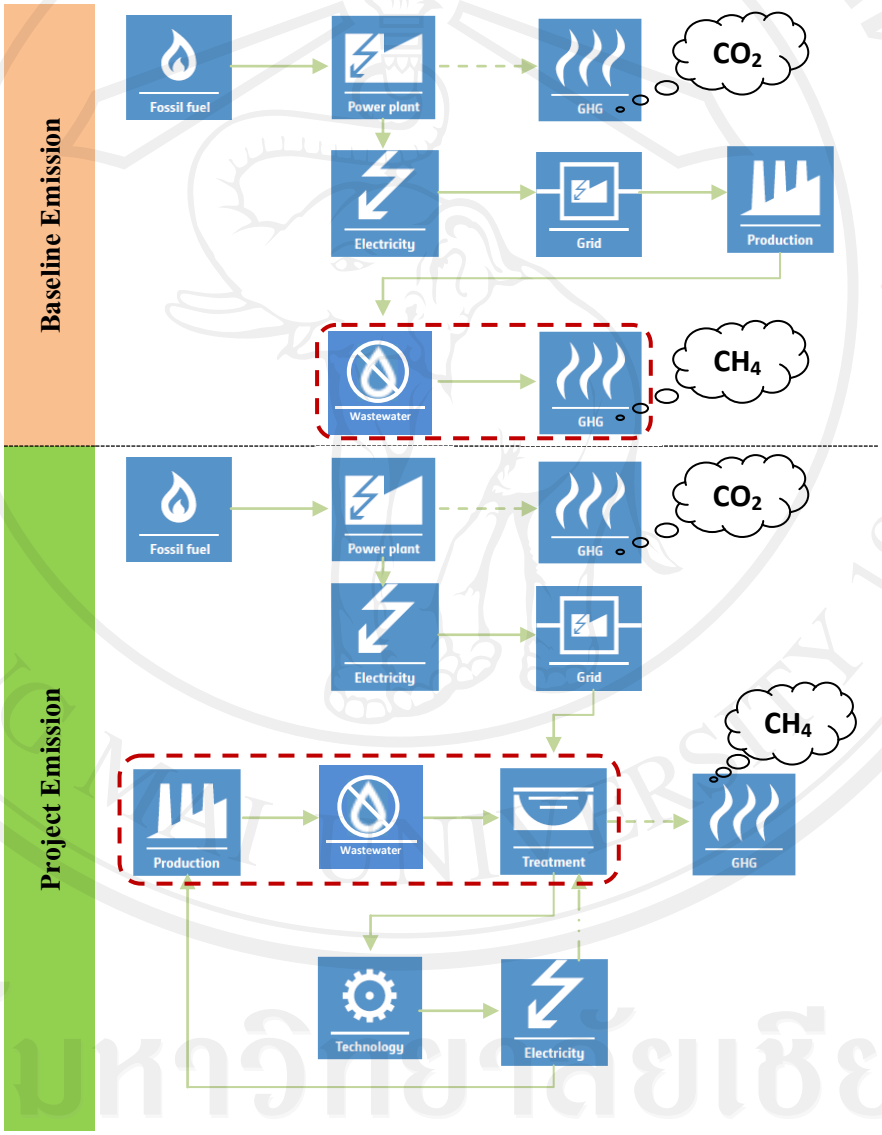
เป็นโครงการที่ใช้ก๊าซชีวภาพจากการบำบัดน้ำเสียเพื่อผลิตไฟฟ้าให้กับโครงข่ายไฟฟ้าหรือใช้ในโรงงานและโครงการเป็นไปตามเงื่อนไขการบังคับใช้ที่กำหนด

ขอบเขตโครงการ พื้นที่ของขอบเขตกิจกรรมโครงการประกอบด้วยพื้นที่ทางกายภาพและทางภูมิศาสตร์เพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสียซึ่งเป็นที่สำหรับกักเก็บก๊าซชีวภาพและใช้เผาทิ้งหรือนำไปผลิตไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- ข้อมูลกรณีฐาน

ระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพเพื่อใช้ทดแทนไฟฟ้าจากโครงข่ายในการดำเนินหรือจำหน่ายไฟฟ้าให้กับโครงข่าย ให้ใช้ปริมาณไฟฟ้าสุทธิที่ผลิตได้จากโครงการและใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของประเทศไทย และปริมาณก๊าซมีเทนที่มีการปล่อยจากแหล่งน้ำเสียของโรงงานก่อนการดำเนินการโครงการ ในการคำนวณหาค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน



รูปที่ ภผ ก.6 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานและโครงการของการผลิตไฟฟ้าโดยก๊าซชีวภาพของระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำมาใช้ในการคำนวณ

	กิจกรรม	ชนิดของก๊าซเรือนกระจก	รายละเอียด
กรณีฐาน	การผลิตก๊าซชีวภาพ	CH_4	เกิดจากปริมาณก๊าซชีวภาพที่ปล่อยจากบ่อหมักเมื่อยังไม่ได้ดำเนินกิจกรรมโครงการ
	การผลิตไฟฟ้าสุทธิ	CO_2	เกิดจากปริมาณไฟฟ้าที่ทดแทนระบบเมื่อยังไม่ได้ดำเนินการกิจกรรมโครงการ
โครงการ	การใช้พลังงานสำหรับการดำเนินการ	CO_2	การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลหรือพลังงานไฟฟ้าสำหรับการดำเนินงานของสิ่งอำนวยความสะดวกที่ติดตั้งทั้งหมด
	การบำบัดน้ำเสียของโครงการ	CH_4	การบำบัดน้ำเสียของระบบบำบัดของโครงการเพื่อผลิตก๊าซมีเทนสำหรับนำไปเผาไหม้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้า
	การรั่วไหลของการกักเก็บ	CH_4	เกิดจากการรั่วไหลของการกักเก็บที่ไม่ได้ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ
	การเผาทิ้งแบบแห้ง (flaring)	CH_4	การเผาทิ้งหรือการเผาไหม้ของกระแสก๊าซชีวภาพจากการฝังกลบในปี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- วิธีการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

กรณีฐาน

ใช้สำหรับทั้งการสนับสนุนจากภายในประเทศและจากต่างประเทศ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานมีการคำนวณดังนี้

$$BE_y = BE_{EL,y} + BE_{CH_4,y} \quad (30)$$

โดยที่:

BE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานในปี y (tCO_2e)

$BE_{EL,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานเนื่องจากการผลิตไฟฟ้าเพื่อทดแทนการใช้ไฟฟ้าในโรงงานหรือจำหน่ายให้โครงข่ายในปี y (tCO_2)

$BE_{CH4,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานเนื่องจากการปล่อยก๊าซมีเทนของน้ำเสียที่ยังไม่ได้รับการบำบัดในปี y (tCO_2e)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานเนื่องจากการผลิตไฟฟ้า

$$BE_{EL,y} = EG_{PJ,y} \times EF_{CO_2,grid,y} \quad (31)$$

โดยที่:

$EG_{PJ,y}$ = ปริมาณไฟฟ้าสุทธิที่ผลิตได้ทุกโรงไฟฟ้าซึ่งตั้งในพื้นที่และขอบเขตของโครงการในปี y (MWh)

$EF_{CO2,grid,y}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในปี y (tCO_2/MWh)

ถ้ามีการใช้ไฟฟ้าจากหลายแหล่งควรแบ่งตามสัดส่วนของปริมาณไฟฟ้าที่โรงงานหรือสถานประกอบการใช้โดยเปรียบเทียบกับปริมาณไฟฟ้าจากแหล่งต่อไปนี้

1. การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของโครงการ
2. การใช้ไฟฟ้าจากโครงข่าย
3. การใช้ชีวมวลบางส่วนร่วมกับเชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตไฟฟ้าก่อนการดำเนินโครงการ

$$EG_{PJ,y} = EG_{PJ,gross,y} - EG_{PJ,aux,y} \quad (32)$$

โดยที่:

$EG_{PJ,gross,y}$ = ปริมาณไฟฟ้ารวมทั้งหมดที่ผลิตได้ทุกโรงไฟฟ้าซึ่งตั้งในพื้นที่และขอบเขตของโครงการในปี y (MWh)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$EG_{PJ,aux,y}$ = การใช้ไฟฟ้าเสริมทั้งหมดในการดำเนินการของโรงไฟฟ้าของโครงการ (MWh)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานจาก

$$BE_{CH4} = BE_{ww,treatment,y} \quad (33)$$

โดยที่:

$BE_{ww,treatment,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสีย (tCO_2e)

การปล่อยก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการโดยพิจารณาจากค่าประสิทธิภาพการลดลงของค่า COD ก่อนดำเนินการโครงการ

$$BE_{ww,treatment,y} = \sum_i (Q_{ww,i,y} \times COD_{inflow,i,y} \times \eta_{COD,BL,i} \times MCF_{ww,treatment,BL,i}) \times B_{o,ww} \times UF_{BL} \times GWP_{CH4} \quad (32)$$

โดยที่:

$Q_{ww,i,y}$ = ปริมาตรของน้ำเสียขาเข้าที่บำบัดในระบบบำบัดกรณีฐาน (m^3)

$COD_{inflow,i,y}$ = Chemical Oxygen Demand ของน้ำเสียขาเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียกรณีฐาน (t/m^3) โดยใช้ค่าเฉลี่ยที่ความแม่นยำ 90%

$\eta_{COD,BL,i}$ = ประสิทธิภาพในการแยกสารอินทรีย์ของระบบกรณีฐาน

$MCF_{ww,treatment,BL,i}$ = ค่าปรับแก้ตามประเภทของบ่อบำบัดและทางน้ำทิ้งของระบบ

i = ดัชนีบอกถึงระบบบำบัดของกรณีฐาน

$B_{o,ww}$ = ความสามารถในการผลิตก๊าซมีเทนของน้ำเสีย (0.25 $kgCH_4/kgCOD$)

UF_{BL} = ค่าแก้ไขแบบจำลองเพื่อความแม่นยำ (0.89)

GWP_{CH4} = ศักยภาพในการทำให้โลกร้อนของก๊าซมีเทน (21)

ค่าปรับแก้ตามประเภทของบ่อบำบัดและทางน้ำทิ้งของระบบ (MCF)

ประเภทของบ่อบำบัดและทางน้ำทิ้งของระบบ	***MCF* value**
ระบายออกโดยตรงสู่ทะเล แม่น้ำ หรือทะเลสาบ	0.1
ระบบบำบัดโดยใช้อากาศที่มีการจัดการที่ดี	0.0
ระบบบำบัดโดยใช้อากาศที่มีการจัดการที่ไม่ดี หรือรับน้ำเสียมากเกินไป	0.3
ระบบบำบัดกากของเสียแบบไร้อากาศที่ไม่มีระบบรวบรวมก๊าซชีวภาพ	0.8
ระบบบำบัดไร้อากาศที่ไม่มีระบบรวบรวมก๊าซชีวภาพ	0.8

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บ่อเปิดที่มีความลึกน้อยกว่า 2 เมตร	0.2
บ่อเปิดที่มีความลึกมากกว่า 2 เมตร	0.8
ระบบบ่อเกรอะ/ถังบำบัดพลังงานน้ำเสีย	0.5

โครงการ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการมีการคำนวณดังนี้

$$PE_y = PE_{power,y} + PE_{ww,teatmenty} + PE_{ww,fugitivey} \quad (34)$$

โดยที่:

PE_{powery} = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าและพลังงานให้กับอุปกรณ์และการดำเนินการต่างๆของโครงการ (tCO_2e/ปี)

$PE_{ww,treatment,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดของโครงการ (tCO_2e)

$PE_{ww,fugitivey}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของการกักเก็บที่ไม่ได้ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ (tCO_2e/ปี)

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าและพลังงานให้กับอุปกรณ์และการดำเนินการต่างๆของโครงการ

$$PE_{power,y} = EC_{PJ,y} \times EF_{CO_2,grid,y} \quad (35)$$

โดยที่

$EC_{PJ,y}$ = ปริมาณของไฟฟ้าที่ใช้ในการดำเนินการผลิตก๊าซชีวภาพและผลิตไฟฟ้า (MWh)

$EF_{CO2,grid,y}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในปี y (tCO_2/MWh)

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดของโครงการ

$$PE_{ww,teatmenty} = \sum_k (Q_{ww,k,y} \times COD_{inf\ low,k,y} \times \eta_{COD,PJ,k} \times MCF_{ww,treatmentPJ,k}) \times B_{o,ww} \times UF_{PJ} \times GWP_{CH4} \quad (35)$$

โดยที่:

$Q_{ww,k,y}$ = ปริมาตรของน้ำเสียขาเข้าที่บำบัดในระบบบำบัดของโครงการ (m^3)

$COD_{inf\ low,k,y}$ = Chemical Oxygen Demand ของน้ำเสียขาเข้าสู่ระบบบำบัดนำเสียของโครงการ (t/m^3) โดยใช้ค่าเฉลี่ยที่ความแม่นยำ 90%

$\eta_{COD,PJ,k}$ = ประสิทธิภาพในการแยกสารอินทรีย์ของระบบโครงการโดยพิจารณาจากค่า COD ขาเข้าและขาออกของน้ำเสีย

$MCF_{ww,treatmentPJ,k}$ = ค่าปรับแก้ตามประเภทของบ่อบำบัดและทางน้ำทิ้งของระบบ

k = ดัชนีบอกถึงระบบบำบัดของโครงการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$B_{o,ww}$ = ความสามารถในการผลิตก๊าซมีเทนของน้ำเสีย (0.25 $kgCH_4/kgCOD$)

UF_{PJ} = ค่าแก้ไขแบบจำลองเพื่อความแม่นยำ (1.12)

GWP_{CH_4} = ศักยภาพในการทำให้โลกร้อนของก๊าซมีเทน (21)

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของการกักเก็บที่ไม่ได้ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ

$$PE_{ww,fugitive,y} = (1 - CFE_{ww}) \times MEP_{ww,treatment,y} \times GWP_{CH_4} \quad (36)$$

โดยที่:

CFE_{ww} = ประสิทธิภาพการกักเก็บก๊าซชีวภาพ (0.9 จาก AMS-III.H)

$MEP_{ww,treatment,y}$ = ปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพทั้งหมดในปี y (tCH_4)

$$MEP_{ww,treatment,y} = Q_{ww,y} \times B_{o,ww} \times UF_{PJ} \times \sum_k COD_{removed,PJ,k,y} \times MCF_{ww,treatment,PJ,k} \quad (37)$$

โดยที่:

$COD_{removed,PJ,k,y}$ = ค่า COD ที่ลดลงของน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดในปี y (t/m^3)

$MCF_{ww,treatment,PJ,k}$ = ค่าปรับแก้ตามประเภทของบ่อบำบัดและทางน้ำทิ้งของระบบ

UF_{PJ} = ค่าปรับแก้จากความไม่แน่นอนของโมเดล (1.12)

สำหรับการสนับสนุนจากต่างประเทศจะเพิ่มการพิจารณาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเผาทิ้งก๊าซชีวภาพโดยมีสมการดังนี้

$$P_{flare,y} = \sum_{h=1}^{8760} TM_{RG,h} \times (1 - \eta_{flare,h}) \times \frac{GWP_{CH4}}{1000} \quad (38)$$

โดยที่

$PE_{flare,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาทิ้งแบบแห้งในปี y (tCO_2e)

$TM_{RG,h}$ = อัตราไหลเชิงมวลของก๊าซมีเทนที่เหลือ (kg/h)

$\eta_{flare,h}$ = ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหัวเผาทิ้ง

$$TM_{RG,h} = FV_{RG,h} \times fv_{CH4,RG,h} \times \rho_{CH4,n} \quad (39)$$

โดยที่

$FV_{RG,h}$ = อัตราไหลเชิงปริมาตรของก๊าซที่เหลือในสถานะปกติของก๊าซแห้งเป็นรายชั่วโมง (m^3/h)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$fv_{CH4,RG,h}$	=	สัดส่วนของก๊าซมีเทนที่เหลือในสถานะก๊าซแห้งเป็นรายชั่วโมง
$\rho_{CH4,n}$	=	ความหนาแน่นของก๊าซมีเทนในสถานะปกติ (kg/m^3)

- การตรวจวัด

จากวิธีการคำนวณสามารถแจกแจงตัวแปรในการตรวจวัดการผลิตก๊าซชีวภาพและไฟฟ้าโดยใช้ก๊าซชีวภาพจากการบำบัดน้ำเสียได้ดังนี้

ตัวแปร	ประเภทของข้อมูล	หน่วย	ความถี่	การเก็บข้อมูล	เครื่องมือวัด
$EG_{PJ,gross,y}$	ปริมาณไฟฟ้ารวมทั้งหมด	MWh	ทุกๆ 5 นาที และเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง	การตรวจวัดปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้โดยอ่านค่าจากอุปกรณ์บันทึกปริมาณไฟฟ้าที่ได้รับการสอบเทียบตามระยะเวลาที่กำหนด	A
$EG_{PJ,aux,y}$	การใช้ไฟฟ้าเสริมทั้งหมดในการดำเนินการของโรงไฟฟ้าของโครงการ	MWh	ทุกๆ 5 นาที และเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง	การตรวจวัดปริมาณไฟฟ้าที่ใช้จะเป็นการตรวจวัดแบบต่อเนื่องจากตู้ไฟฟ้าหลักของระบบ	A
$EC_{PJ,y}$	ปริมาณของไฟฟ้าที่ใช้ในการดำเนินการผลิตก๊าซชีวภาพและผลิตไฟฟ้า	MWh	ทุกๆ 5 นาที และเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง	การตรวจวัดปริมาณไฟฟ้าที่ใช้จะเป็นการตรวจวัดแบบต่อเนื่องจากตู้ไฟฟ้าหลักของระบบ	A
$Q_{ww,k,y}$, $Q_{ww,y}$	ปริมาณของน้ำเสียทั้งขาเข้าและขาออกจากระบบ	m^3	ตรวจวัดอย่างต่อเนื่อง	การตรวจวัดปริมาณน้ำเสียทั้งขาเข้าและขาออกจากระบบบำบัดโดยอาจจะอ้างอิงค่าจากการบันทึก	-
$COD_{inflow,k,y}$ $COD_{ww,dicharge,BL,y}$ $COD_{ww,dicharge,PJ,y}$ $COD_{removed,PJ,k,y}$	ค่า COD ของน้ำเสียทั้งขาเข้าและขาออกจากระบบ	t/m^3	ทุกๆ 1 เดือน	การเก็บตัวอย่างของน้ำเสียเพื่อหาค่า COD ทั้งขาเข้าและขาออกของระบบบำบัด	อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำเสีย
$w_{CH4,y}$	สัดส่วนของก๊าซมีเทนใน	-	ทุกๆ 1 นาที และเฉลี่ย 15	ตรวจวัดโดยใช้อุปกรณ์วิเคราะห์องค์ประกอบของ	F

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวแปร	ประเภทของข้อมูล	หน่วย	ความถี่	การเก็บข้อมูล	เครื่องมือวัด
	ก๊าซชีวภาพ		นาที	ก๊าซชีวภาพผ่านวาล์วของท่อก๊าซชีวภาพ	
T	อุณหภูมิของก๊าซชีวภาพ	°C	ทุกๆ 1 นาที และเฉลี่ย 15 นาที	ตรวจวัดโดยใช้อุปกรณ์วัดอุณหภูมิของก๊าซชีวภาพผ่านวาล์วของท่อก๊าซชีวภาพ	อุปกรณ์วัดอุณหภูมิก๊าซชีวภาพ
P	ความดันของก๊าซชีวภาพ	kg/cm^2	ทุกๆ 1 นาที และเฉลี่ย 15 นาที	ตรวจวัดโดยใช้อุปกรณ์วัดความดันของก๊าซชีวภาพผ่านวาล์วของท่อก๊าซชีวภาพ	อุปกรณ์วัดความดันก๊าซชีวภาพ
$FV_{RG,h}$	อัตราไหลเชิงปริมาตรของก๊าซที่เหลือในสถานะปกติของก๊าซแห้งในท่อ	m^3/h	ทุกๆ 5 นาที และเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง	การตรวจวัดก๊าซชีวภาพก่อนการเผาทิ้งโดยแยกจากท่อหลักในการป้อนสู่เครื่องยนต์ของก๊าซชีวภาพ	I
$fv_{CH4,RG,h}$	สัดส่วนของก๊าซมีเทนที่เหลือในสถานะก๊าซแห้ง	-	ทุกๆ 5 นาที และเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง	การตรวจวัดวิเคราะห์สัดส่วนก๊าซมีเทนจากวาล์วของท่อหลักก่อนการเผาไหม้	F
$\rho_{CH4,n}$	ความหนาแน่นของก๊าซมีเทนในสถานะปกติ	kg/m^3	ทุกๆ 5 นาที และเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง	การตรวจวัดวิเคราะห์คุณสมบัติของก๊าซชีวภาพจากวาล์วของท่อหลักก่อนการเผาไหม้	F

หมายเหตุ : ความถี่ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดจะต้องทำในรอบ 12 เดือน และควรระบุชื่อผู้ดำเนินการในการตรวจวัดแต่ละตัวแปรซึ่งต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญหรือมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีนั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- การรายงานผลการคำนวณ

สรุปค่าจากการตรวจวัดและการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

สัญลักษณ์	สูตร	ค่า	หน่วย	หมายเหตุ
กรณีฐาน				
BE_y	$BE_{EL,y} + BE_{CH4,y}$		tCO_2e	ข้อมูลจากการคำนวณ
$BE_{EL,y}$	$EG_{PJ,y} \times EF_{CO2,grid,y}$		tCO_2e	ข้อมูลจากการคำนวณ
$EG_{PJ,y}$	$EG_{PJ,gross,y} - EG_{PJ,aux,y}$		MWh	ข้อมูลจากการคำนวณ
$EG_{PJ,gross,y}$			MWh	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$EG_{PJ,aux,y}$			MWh	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$EF_{CO2,grid,y}$		0.5554	tCO_2e /MWh	อ้างอิงจาก อบก.
$BE_{CH4,y}$	$BE_{ww,treatment,y}$		tCO_2e/y	ข้อมูลจากการคำนวณ
$BE_{ww,treatment,y}$	$\Sigma(Q_{ww,y} \times COD_{removed,y} \times MCF_{ww,treatment,BL} \times B_{o,ww} \times UF_{BL} \times GWP_{CH4})$		tCO_2e/y	ข้อมูลจากการคำนวณ
$Q_{ww,I,y}$			m^3/y	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$COD_{inflow,I,y}$			t/m^3	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$\eta_{COD,bl,i}$			-	อ้างอิงจากผู้ใช้งาน
$MCF_{ww,treatment,BL,i}$			-	อ้างอิงจาก AMS III.H
$B_{o,ww}$		0.25	kg CH_4/kg COD	อ้างอิงจาก AMS III.H
UF_{BL}		0.89	-	อ้างอิงจาก AMS III.H
GWP_{CH4}		21	-	อ้างอิงจาก IPCC
โครงการ				
$PE_{power,t}$	$EC_{PJ,y} X EF_{CO2,grid,y}$		tCO_2e/y	ข้อมูลจากการคำนวณ
$EC_{PJ,y}$			MWh/y	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$EF_{CO2,grid,y}$		0.5554	tCO_2e/MWh	อ้างอิงจาก อบก.
$PE_{ww,treatment,y}$	$Q_{ww,k,y} X COD_{inflow,k,y} X \eta_{COD,pj,k} X MCF_{ww,treatment,pj,k} X B_{o,ww} X UF_{pj} X GWP_{CH4}$		tCO_2e/y	ข้อมูลจากการคำนวณ
$Q_{ww,k,y}$			m^3/y	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$COD_{inflow,k,y}$			t/m^3	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$\eta_{COD,pj,k}$			-	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$MCF_{ww,treatment,pj,k}$			-	อ้างอิงจาก AMS III.H

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สัญลักษณ์	สูตร	ค่า	หน่วย	หมายเหตุ
$B_{o,ww}$		0.25	$kgCH_4/kgCOD$	อ้างอิงจาก AMS III.H
UF_{pj}		0.89	-	อ้างอิงจาก AMS III.H
GWP_{CH4}		21	-	อ้างอิงจาก IPCC
$PE_{ww,fugitive,y}$	$(1\text{-}CFE_{ww}) \times MEP_{ww,treatment,y} \times GWP_{CH4}$		tCO_2e	ข้อมูลจากการคำนวณ
CFE_{ww}		0.9	-	อ้างอิงจาก AMS III.H
$MEP_{ww,treatment,y}$	$Q_{ww,y} \times B_{o,ww} \times UF_{PJ} \times \Sigma COD_{removed,PJ,k,y} \times MCF_{ww,treatment,PJ,k}$		t	ข้อมูลจากการคำนวณ
$Q_{ww,y}$			m^3/y	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$B_{o,ww}$		0.25	$kgCH_4/kgCOD$	อ้างอิงจาก AMS III.H
UF_{PJ}		1.12	-	อ้างอิงจาก AMS III.H
$COD_{removed,PJ,k,y}$			t/m^3	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$MCF_{ww,treatment,PJ,k}$			-	อ้างอิงจาก AMS III.H
$PE_{flare,y}$	$\Sigma TM_{RG,h} \times (1\text{-}\eta_{flare,h}) \times GWP_{CH4}/1000$		tCO_2e	ข้อมูลจากการคำนวณ
$TM_{RG,h}$	$FV_{RG,h} \times fv_{CH4,RG,h} \times \rho_{CH4,n}$		kg/h	ข้อมูลจากการคำนวณ
$FV_{RG,h}$			m^3/h	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$fv_{CH4,RG,h}$				ข้อมูลจากการตรวจวัด
$\rho_{CH4,n}$			kg/m^3	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$\eta_{flare,h}$				อ้างอิงจากผู้ผลิต
ER_y	$BE_y - PE_y$		tCO_2e/y	ข้อมูลจากการคำนวณ
BE_y	$BE_{EL,y} + BE\ CH_{4,y}$		tCO_2e/y	ข้อมูลจากการคำนวณ
PE_y	$PE_y = PE_{power,y} + PE_{ww,treatment,y} + PE_{ww,fugitive,y} + PE_{flare,y}$		tCO_2e/y	ข้อมูลจากการคำนวณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ก.4.2) การผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพโดยระบบบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์

- เงื่อนไขการบังคับใช้

การผลิตก๊าซชีวภาพ

1. การเปลี่ยนหรือการปรับปรุงของระบบการจัดการมูลสัตว์แบบไร้อากาศในฟาร์มปศุสัตว์เพื่อผลิตและกักเก็บก๊าซมีเทนและการใช้งานโดยการเผาไหม้หรือการใช้ประโยชน์จากก๊าซมีเทนที่ผลิตได้ นอกจากนี้ยังครอบคลุมถึงการรักษามูลสัตว์ที่เก็บจากฟาร์มหลายแห่งในโรงงานส่วนกลาง วิธีการนี้ใช้ได้เฉพาะภายใต้เงื่อนไขดังต่อไปนี้:

ก. จำนวนปศุสัตว์ในฟาร์มจะมีการจัดการภายใต้เงื่อนไขที่วางเอาไว้

ข. ปุ๋ยคอกหรือน้ำเสียหลังการหมักจะไม่ปล่อยลงในแหล่งน้ำธรรมชาติ (เช่นแม่น้ำหรือปากแม่น้ำ)

ค. อุณหภูมิเฉลี่ยรายปีของพื้นที่กรณีฐานที่ทำการหมักมูลสัตว์แบบไร้อากาศจะอยู่สูงกว่า 5 °C

ง. ในสมมติฐานของกรณีฐานระยะเวลาของการกักเก็บมูลสัตว์ในระบบบำบัดแบบไร้อากาศจะมากกว่า 1 เดือนและในกรณีของบึงขนาดใหญ่แบบไร้อากาศในกรณีฐาน, ต้องมีระดับความลึกอย่างน้อย 1 เมตร

จ. ไม่มีการผลิตและกักเก็บก๊าซมีเทนและใช้เผาทิ้งหรือใช้ประโยชน์ในสมมติฐานของกรณีฐาน

2. กิจกรรมโครงการจะต้องตรงตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้

ก. มาตรการทางเทคนิคที่จะต้องใช้ (ประกอบด้วย การเผาทิ้ง) เพื่อให้แน่ใจว่าก๊าซชีวภาพทั้งหมดที่ผลิตโดยบ่อหมักสามารถใช้ได้

ข. เวลาการเก็บของมูลสัตว์หลังจากที่ออกจากโรงสัตว์ ได้แก่ การขนส่งไม่ควรเกิน 45 วันก่อนที่จะถูกป้อนเข้าบ่อหมักแบบไร้อากาศ หากผู้เข้าร่วมโครงการแสดงให้เห็นถึงปริมาณของส่วนที่แห้งของมูลสัตว์เมื่อออกจากโรงเลี้ยงสัตว์มีมากกว่า 20% จะไม่ใช้เวลาการเก็บนี้

3. มาตรการจะถูกจำกัดให้ปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมรายปีน้อยกว่าหรือเท่ากับ 60 $ktCO_2$ เทียบเท่า

การผลิตไฟฟ้า

1. ผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ในฟาร์มเพื่อทดแทนการใช้ไฟฟ้าจากโครงข่ายที่ผลิตโดยเชื้อเพลิงฟอสซิล

2. ใช้ได้กับกิจกรรมของโครงการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(ก) ติดตั้งโรงไฟฟ้าใหม่ที่ไม่มีการใช้พลังงานทดแทนมาก่อน

(ข) การเพิ่มกำลังการผลิต

(ค) ปรับปรุงโรงไฟฟ้าที่มีอยู่เดิม

(ง) การเปลี่ยนอุปกรณ์ในโรงไฟฟ้าที่มีอยู่

3. กำลังการผลิตในแต่ละกิจกรรมโครงการที่กล่าวมาต้องไม่เกิน 15 MW

- ลักษณะและขอบเขตของโครงการ

เป็นโครงการที่ใช้ก๊าซชีวภาพจากฟาร์มปศุสัตว์ผลิตไฟฟ้าให้กับโครงข่ายไฟฟ้าหรือใช้ในโรงงานและโครงการเป็นไปตามเงื่อนไขการบังคับใช้ที่กำหนด

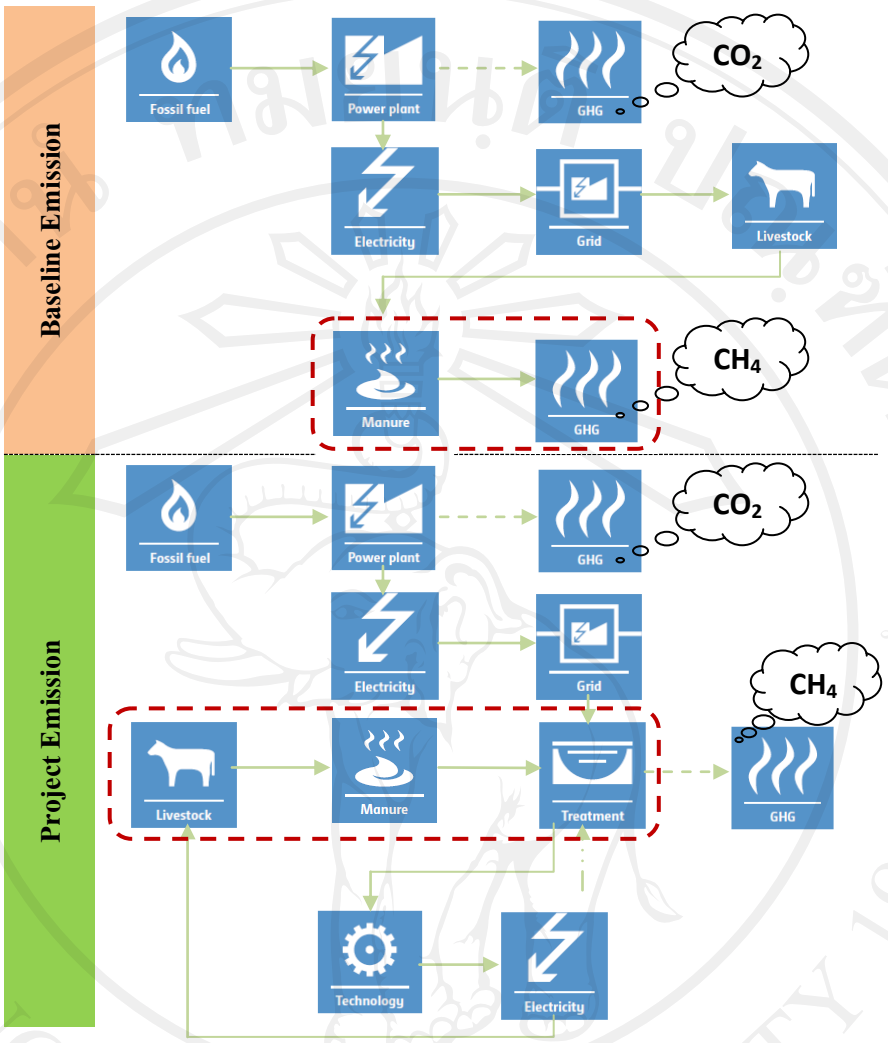
ขอบเขตโครงการ พื้นที่ของขอบเขตกิจกรรมโครงการประกอบด้วยพื้นที่ทางกายภาพและทางภูมิศาสตร์ ดังนี้

1. ส่วนของปศุสัตว์
2. ระบบการจัดการมูลสัตว์ (รวมทั้งปุ๋ยพืชหมักจากส่วนกลางที่สามารถใช้ได้)
3. โรงงานที่ผลิต กักเก็บและใช้เผาไหม้ก๊าซมีเทน

- ข้อมูลกรณีฐาน

ระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพเพื่อใช้ทดแทนไฟฟ้าจากโครงข่ายในฟาร์มปศุสัตว์หรือจำหน่ายไฟฟ้าให้กับโครงข่าย ให้ใช้ปริมาณไฟฟ้าสุทธิที่ผลิตได้จากโครงการและใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของประเทศไทย และปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดจากมูลสัตว์ในฟาร์มปศุสัตว์ในการคำนวณหาค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ ภผ ก.7 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานและโครงการของการผลิตไฟฟ้าโดยก๊าซชีวภาพของระบบบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์

- กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำมาใช้ในการคำนวณ

	กิจกรรม	**ชนิดของก๊าซเรือนกระจก**	**รายละเอียด**
กรณีฐาน	การผลิตก๊าซชีวภาพ	CH_4	เกิดจากปริมาณก๊าซชีวภาพที่ปล่อยจากบ่อหมักเมื่อยังไม่ได้ดำเนินกิจกรรมโครงการ
	การผลิตไฟฟ้าสุทธิ	CH_4	เกิดจากปริมาณไฟฟ้าที่ทดแทนระบบเมื่อยังไม่ได้ดำเนินการกิจกรรมโครงการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

	กิจกรรม	ชนิดของก๊าซเรือนกระจก	รายละเอียด
โครงการ	การรั่วไหลทางกายภาพของก๊าซชีวภาพจากระบบ	CH_4	การรั่วไหลทางกายภาพของก๊าซชีวภาพจากระบบการจัดการมูลสัตว์ ซึ่งประกอบด้วย การผลิต การเก็บ และการขนส่งก๊าซชีวภาพไปยังจุดเผาไหม้หรือการใช้ประโยชน์
	การใช้พลังงานสำหรับการดำเนินการ	CO_2	การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลหรือพลังงานไฟฟ้าสำหรับการดำเนินงานของสิ่งอำนวยความสะดวกที่ติดตั้งทั้งหมด
	การเผาทิ้งแบบแห้ง (flaring)	CH_4	การเผาทิ้งหรือการเผาไหม้ของกระแสก๊าซชีวภาพจากการฝังกลบในปี

- วิธีการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

กรณีฐาน

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานมีการคำนวณดังนี้

$$BE_y = BE_{EL,y} + BE_{CH4,y} \quad (40)$$

โดยที่:

BE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานในปี y (tCO_2e)

$BE_{EL,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานเนื่องจากการผลิตไฟฟ้าเพื่อทดแทนการใช้ไฟฟ้าในฟาร์มปศุสัตว์หรือจำหน่ายให้โครงข่ายในปี y (tCO_2)

$BE_{CH4,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานเนื่องจากการปล่อยก๊าซมีเทนของระบบบำบัดน้ำเสียในปี y (tCO_2e)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานเนื่องจากการผลิตไฟฟ้า

$$BE_{EL,y} = EG_{PJ,y} \times EF_{CO_2,grid,y} \quad (41)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยที่:

$EG_{PJ,y}$ = ปริมาณไฟฟ้าสุทธิที่ผลิตได้ทุกโรงไฟฟ้าซึ่งตั้งในพื้นที่และขอบเขตของโครงการในปี y (MWh)

$EF_{CO2,grid,y}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในปี y (tCO_2/MWh)

ถ้ามีการใช้ไฟฟ้าจากหลายแหล่งควรแบ่งตามสัดส่วนของปริมาณไฟฟ้าที่โรงงานหรือสถานประกอบการใช้โดยเปรียบเทียบกับปริมาณไฟฟ้าจากแหล่งต่อไปนี้

1. การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของโครงการ
2. การใช้ไฟฟ้าจากโครงข่าย
3. การใช้ชีวมวลบางส่วนร่วมกับเชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตไฟฟ้าก่อนการดำเนินโครงการ

$$EG_{PJ,y} = EG_{PJ,gross,y} - EG_{PJ,aux,y} \quad (42)$$

โดยที่:

$EG_{PJ,gross,y}$ = ปริมาณไฟฟ้ารวมทั้งหมดที่ผลิตได้ทุกโรงไฟฟ้าซึ่งตั้งในพื้นที่และขอบเขตของโครงการในปี y (MWh)

$EG_{PJ,aux,y}$ = การใช้ไฟฟ้าเสริมทั้งหมดในการดำเนินการของโรงไฟฟ้าของโครงการ (MWh)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานเนื่องจากการปล่อยก๊าซมีเทนของระบบบำบัดน้ำเสีย

$$BE_{CH_4,y} = GWP_{CH_4} \times D_{CH_4} \times UF_b \times \sum_{j,LT} MCF_j \times B_{0,LT} \times N_{LT,y} \times VS_{LT,y} \times MS\%_{Bl,j} \quad (43)$$

โดยที่:

GWP_{CH_4} = ระดับศักยภาพที่ทำให้โลกร้อนขึ้นของก๊าซมีเทน (21)

D_{CH_4} = ความหนาแน่นของก๊าซมีเทน (0.00067 t/m^3 ที่อุณหภูมิห้อง (20 ºC) และความดัน 1 atm)

LT = ดัชนีสำหรับปศุสัตว์ทุกประเภท

j = ดัชนีสำหรับระบบการจัดการมูลสัตว์

MCF_j = ค่าปรับแก้ตามประเภทของบ่อบำบัดและทางน้ำทิ้งสำหรับระบบการจัดการมูลสัตว์

$B_{0,LT}$ = ศักยภาพการผลิตก๊าซมีเทนสูงสุดของระบบ ($m^3 CH_4/kg\ dm$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$N_{LT,y}$ = จำนวนเฉลี่ยรายปีของสัตว์ในปี y (ตัว)

$VS_{LT,y}$ = ปริมาณมูลสัตว์ของระบบในปี y (บนฐานน้ำหนักวัตถุแห้ง, kg dm/ตัว/ปี)

$MS\%_{Bl,j}$ = สัดส่วนของมูลสัตว์ที่ใช้ในระบบการจัดการมูลสัตว์

UF_b = ปัจจัยการแก้ไขสำหรับความไม่แน่นอนของระบบ (0.94)

- มูลสัตว์ที่ใช้ในระบบการจัดการมูลสัตว์ในปี y มีการคำนวณดังนี้

$$VS_{LT,y} = \left(\frac{W_{site}}{W_{default}}\right) \times VS_{default} \times nd_y \qquad (44)$$

โดยที่:

W_{site} = น้ำหนักเฉลี่ยของสัตว์ตามประชากรปศุสัตว์ในพื้นที่โครงการ (kg)

$W_{default}$ = น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นของสัตว์ตามจำนวนสัตว์ทั้งหมด (kg)

$VS_{default}$ = ค่าเริ่มต้นสำหรับอัตราการขับถ่ายมูลสัตว์ต่อวันบนฐานวัตถุแห้งตามประชากรปศุสัตว์ (kg dm/ตัว/วัน)

nd_y = จำนวนวันในปี y ที่ดำเนินการระบบการจัดการมูลสัตว์

- จำนวนเฉลี่ยต่อปีของสัตว์ ($N_{LT,y}$) คำนวณดังต่อไปนี้:

$$N_{LT,y} = N_{da,y} \times \left(\frac{N_{p,y}}{365}\right) \qquad (45)$$

โดยที่:

$N_{da,y}$ = จำนวนวันยืนคอกของสัตว์ในปี y (วัน)

$N_{p,y}$ = จำนวนของสัตว์ที่ผลิตรายปี สำหรับปี y (ตัว)

ค่าปรับแก้ตามประเภทของบ่อบำบัดและทางน้ำทิ้งของระบบ (MCF)

ประเภทของบ่อบำบัดและทางน้ำทิ้งของระบบ	***MCF* value**
ระบายออกโดยตรงสู่ทะเล แม่น้ำ หรือทะเลสาบ	0.1
ระบบบำบัดโดยใช้อากาศที่มีการจัดการที่ดี	0.0
ระบบบำบัดโดยใช้อากาศที่มีการจัดการที่ไม่ดี หรือรับน้ำเสียมากเกินไป	0.3
ระบบบำบัดกากของเสียแบบไร้อากาศที่ไม่มีระบบรวบรวมก๊าซชีวภาพ	0.8
ระบบบำบัดไร้อากาศที่ไม่มีระบบรวบรวมก๊าซชีวภาพ	0.8
บ่อเปิดที่มีความลึกน้อยกว่า 2 เมตร	0.2
บ่อเปิดที่มีความลึกมากกว่า 2 เมตร	0.8
ระบบบ่อเกรอะ/ถังบำบัดน้ำเสีย	0.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โครงการ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการมีการคำนวณดังนี้

$$PE_y = PE_{PL,y} + PE_{power,y} \quad (46)$$

โดยที่:

PE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการในปี y (tCO_2e)

$PE_{PL,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเนื่องจากการรั่วไหลทางกายภาพของก๊าซชีวภาพในปี y (tCO_2e)

$PE_{power,y}$ = การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลหรือพลังงานไฟฟ้าสำหรับการดำเนินงานของสิ่งอำนวยความสะดวกที่ติดตั้งทั้งหมดในปี y (tCO_2e)

(ก) การรั่วไหลของก๊าซชีวภาพจากระบบการจัดการมูลสัตว์ที่ใช้ใน การผลิต, การเก็บและขนส่งก๊าซชีวภาพจะประมาณค่าจาก 10% ของศักยภาพการผลิตก๊าซมีเทนสูงสุดของมูลสัตว์ที่ป้อนเข้าระบบการจัดการที่ดำเนินการโดยกิจกรรมโครงการ:

$$PE_{PL,y} = 0.10 * GWP_{CH_4} * D_{CH_4} * \sum_{i,LT} B_{0,LT} * N_{LT,y} * VS_{LT,y} * MS\%_{i,y} \quad (47)$$

โดยที่:

$MS\%_{i,y}$ สัดส่วนของมูลสัตว์ที่มีในระบบ i ในปี y

(ข) การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล หรือพลังงานไฟฟ้าสำหรับการดำเนินงานของสิ่งอำนวยความสะดวกที่ติดตั้งทั้งหมดมีการคำนวณดังนี้

$$PE_{power,y} = EC_{PJ,y} \times EF_{CO_2,grid,y} \quad (48)$$

โดยที่

$EC_{PJ,y}$ = ปริมาณของไฟฟ้าที่ใช้ในการดำเนินการผลิตก๊าซชีวภาพและผลิตไฟฟ้า(MWh)

$EF_{CO_2,grid,y}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในปี y (tCO_2/MWh)

สำหรับการสนับสนุนจากต่างประเทศจะเพิ่มการพิจารณาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเผาทิ้งก๊าซชีวภาพโดยมีสมการดังนี้

$$P_{flare,y} = \sum_{h=1}^{8760} TM_{RG,h} \times (1 - \eta_{flare,h}) \times \frac{GWP_{CH4}}{1000} \quad (49)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยที่

$PE_{flare,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาทิ้งแบบแห้งในปี y (tCO_2e)

$TM_{RG,h}$ = อัตราไหลเชิงมวลของก๊าซมีเทนที่เหลือ (kg/h)

$\eta_{flare,h}$ = ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหัวเผาทิ้ง

$$TM_{RG,h} = FV_{RG,h} \times fv_{CH4,RG,h} \times \rho_{CH4,n} \quad (50)$$

โดยที่

$FV_{RG,h}$ = อัตราไหลเชิงปริมาตรของก๊าซที่เหลือในสถานะปกติของก๊าซแห้งเป็นรายชั่วโมง (m^3/h)

$fv_{CH4,RG,h}$ = สัดส่วนของก๊าซมีเทนที่เหลือในสถานะก๊าซแห้งเป็นรายชั่วโมง

$\rho_{CH4,n}$ = ความหนาแน่นของก๊าซมีเทนในสถานะปกติ (kg/m^3)

- การตรวจวัด

จากวิธีการคำนวณสามารถแจกแจงตัวแปรในการตรวจวัดการผลิตก๊าซชีวภาพและไฟฟ้าโดยใช้ก๊าซชีวภาพจากฟาร์มปศุสัตว์ได้ดังนี้

ตัวแปร	ประเภทของข้อมูล	หน่วย	ความถี่	การเก็บข้อมูล	เครื่องมือวัด
$EG_{PJ,gross,y}$	ปริมาณไฟฟ้ารวมทั้งหมด	MWh	ทุกๆ 5 นาที และเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง	การตรวจวัดปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้โดยอ่านค่าจากอุปกรณ์บันทึกปริมาณไฟฟ้าที่ได้รับการสอบเทียบตามระยะเวลาที่กำหนด	A
$EG_{PJ,aux,y}$	การใช้ไฟฟ้าเสริมทั้งหมดในการดำเนินการของโรงไฟฟ้าของโครงการ	MWh	ทุกๆ 5 นาที และเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง	การตรวจวัดปริมาณไฟฟ้าที่ใช้จะเป็นการตรวจวัดแบบต่อเนื่องจากตู้ไฟฟ้าหลักของระบบ	A
Wsite	น้ำหนักเฉลี่ยของสัตว์ตามประชากรปศุสัตว์ในพื้นที่โครงการ	kg	-	การตรวจวัดน้ำหนักของสัตว์ในฟาร์ม โดยอาศัยการสุ่มตัวอย่างในการตรวจวัด หรือใช้ข้อมูลบันทึกจากฟาร์มปศุสัตว์โดยมีการรับรองจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	อุปกรณ์ชั่งน้ำหนัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวแปร	ประเภทของข้อมูล	หน่วย	ความถี่	การเก็บข้อมูล	เครื่องมือวัด
$N_{da,y}$	จำนวนวันยืนคอกของสัตว์	วัน	-	จำนวนวันยืนคอกของสัตว์ในทุกช่วงอายุ	-
$N_{p,y}$	จำนวนของสัตว์ที่ผลิตรายปี	ตัว	-	จำนวนสัตว์ที่ผลิตได้ในทุกช่วงอายุ	-
$w_{CH4,y}$	สัดส่วนของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ	-	ทุกๆ 1 นาที และเฉลี่ย 15 นาที	ตรวจวัดโดยใช้อุปกรณ์วิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพผ่านวาล์วของท่อก๊าซชีวภาพ	F
T	อุณหภูมิของก๊าซชีวภาพ	°C	ทุกๆ 1 นาที และเฉลี่ย 15 นาที	ตรวจวัดโดยใช้อุปกรณ์วัดอุณหภูมิของก๊าซชีวภาพผ่านวาล์วของท่อก๊าซชีวภาพ	อุปกรณ์วัดอุณหภูมิก๊าซชีวภาพ
P	ความดันของก๊าซชีวภาพ	kg/cm^2	ทุกๆ 1 นาที และเฉลี่ย 15 นาที	ตรวจวัดโดยใช้อุปกรณ์วัดความดันของก๊าซชีวภาพผ่านวาล์วของท่อก๊าซชีวภาพ	อุปกรณ์วัดความดันก๊าซชีวภาพ
$FV_{RG,h}$	อัตราไหลเชิงปริมาตรของก๊าซที่เหลือในสถานะปกติของก๊าซแห้งในท่อ	m^3/h	ทุกๆ 5 นาที และเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง	การตรวจวัดก๊าซชีวภาพก่อนการเผาทิ้งโดยแยกจากท่อหลักในการป้อนสู่เครื่องยนต์ของก๊าซชีวภาพ	I
$fv_{CH4,RG,h}$	สัดส่วนของก๊าซมีเทนที่เหลือในสถานะก๊าซแห้ง	-	ทุกๆ 5 นาที และเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง	การตรวจวัดวิเคราะห์สัดส่วนก๊าซมีเทนจากวาล์วของท่อหลักก่อนการเผาไหม้	F
$\rho_{CH4,n}$	ความหนาแน่นของก๊าซมีเทนในสถานะปกติ	kg/m^3	ทุกๆ 5 นาที และเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง	การตรวจวัดวิเคราะห์คุณสมบัติของก๊าซชีวภาพจากวาล์วของท่อหลักก่อนการเผาไหม้	F

หมายเหตุ : ความถี่ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดจะต้องทำในรอบ 12 เดือน และควรระบุชื่อผู้ดำเนินการในการตรวจวัดแต่ละตัวแปรซึ่งต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญหรือมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีนั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- การรายงานผล

สรุปค่าตัวแปรปริมาณมูลสัตว์และจำนวนสัตว์เฉลี่ยรายปีตามชนิดของสัตว์

ชนิดของสุกร / ตัวแปร	น้ำหนักเฉลี่ย (kg)	น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น (kg)	ค่าเริ่มต้นสำหรับอัตราการขับถ่าย	จำนวนวันยื่นดอก	จำนวนสัตว์ที่เลี้ยงทั้งหมดต่อปี	ปริมาณมูลสัตว์ของระบบ	จำนวนสัตว์เฉลี่ยรายปี
	W_{site}	$W_{default}$	$VS_{default}$	$N_{da,y}$	$N_{p,y}$	$VS_{LT,y}$	$N_{LT,y}$
พ่อพันธุ์ (Breeding male)							
แม่พันธุ์ (Breeding female)							
หมูขุน 2 (Fattening) (75-105 กก.)							
หมูขุน 1 (Fattening) (25-75 กก.)							
ลูกหมู (Nursery)							
รวม							

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- การรายงานผลการคำนวณ

สรุปค่าจากการตรวจวัดและการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

สัญลักษณ์	สูตร	ค่า	หน่วย	หมายเหตุ
กรณีฐาน				
BE_y	$BE_{EL,y} + BE_{CH4,y}$		tCO_2e	ข้อมูลจากการคำนวณ
$BE_{EL,y}$	$EG_{PJ,y} \times EF_{CO2,grid,y}$		tCO_2e	ข้อมูลจากการคำนวณ
$EG_{PJ,y}$	$EG_{PJ,gross,y} - EG_{PJ,aux,y}$		MWh	ข้อมูลจากการคำนวณ
$EG_{PJ,gross,y}$			MWh	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$EG_{PJ,aux,y}$			MWh	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$EF_{CO2,grid,y}$		0.5554	tCO_2e /MWh	อ้างอิงจาก อบก.
$BE_{CH4,y}$	$GWPCH_4 \times DCH_4 \times MCF_j$ $\sum B_{o,LT} \times N_{LT,y} \times VS_{LT,y} \times MS\%_{BL,j} \times UF_b$		tCO_2e	ข้อมูลจากการคำนวณ
GWP_{CH4}		21	-	อ้างอิงจาก AMS III.D
D_{CH4}		0.00067	t/m^3	อ้างอิงจาก AMS III.D
MCF_j		80	%	อ้างอิงจาก AMS III.D
$B_{o,LT}$		0.45	m^3_{CH4}/kg dm	อ้างอิงจาก AMS III.D
-	$\sum N_{LT,y} \times VS_{LT,y}$		kg dm/ปี	ข้อมูลจากการตรวจวัด
nd_y		365	วัน	อ้างอิงจาก AMS III.D
$MS\%_{BL,j}$		100	%	อ้างอิงจาก AMS III.D
UF_b		0.94	-	อ้างอิงจาก AMS III.D
โครงการ				
PE_y	$PE_{PL,y} + PE_{power,y} + PE_{flare,y}$		tCO_2e	ข้อมูลจากการคำนวณ
$PE_{PL,y}$	$0.10 \times GWP_{CH4} \times D_{CH4} \times \sum B_{O,LT} \times N_{LT,y} \times VS_{LT,y} \times MS\%_{i,y}$		tCO_2e	ข้อมูลจากการคำนวณ
$MS\%_{i,y}$		100	%	อ้างอิงจาก IPCC
$PE_{power,y}$	$EC_{PJ,y} \times EF_{CO2,y}$		tCO_2e	ข้อมูลจากการคำนวณ
$EC_{PJ,y}$			MWh	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$EF_{CO2,y}$		0.5554	tCO_2/MWh	อ้างอิงจาก อบก.
$PE_{flare,y}$	$\sum TM_{RG,h} \times (1-\eta_{flare,h}) \times GWP_{CH4}/1000$		tCO_2e	ข้อมูลจากการคำนวณ
$TM_{RG,h}$	$FV_{RG,h} \times fv_{CH4,RG,h} \times \rho_{CH4,n}$		kg/h	ข้อมูลจากการคำนวณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สัญลักษณ์	สูตร	ค่า	หน่วย	หมายเหตุ
$FV_{RG,h}$			m^3/h	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$fv_{CH4,RG,h}$				ข้อมูลจากการตรวจวัด
$\rho_{CH4,n}$			kg/m^3	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$\eta_{flare,h}$				อ้างอิงจากผู้ผลิต
ER_y	$BE_y - PE_y$		tCO_2e	ข้อมูลจากการคำนวณ

ก.4.3) การผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพโดยระบบฝังกลบขยะ

- เงื่อนไขการบังคับใช้

การผลิตก๊าซชีวภาพ

1. จากการกักเก็บและเผาไหม้ก๊าซมีเทนจากการฝังกลบโดยใช้เศษขยะเหลือทิ้งจากกิจกรรมของมนุษย์ประกอบด้วย ขยะมูลฝอย, อุตสาหกรรม และขยะอื่นๆที่สามารถย่อยสลายทางอินทรีย์ได้

2. มาตรการจะถูกจำกัดให้ปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมรายปีน้อยกว่าหรือเท่ากับ 60 $ktCO_2$ เทียบเท่า

การผลิตไฟฟ้า

1. ผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ในโรงงานเพื่อทดแทนการใช้ไฟฟ้าจากโครงข่ายที่ผลิตโดยเชื้อเพลิงฟอสซิล

2. ใช้ได้กับกิจกรรมของโครงการ

(ก) ติดตั้งโรงไฟฟ้าใหม่ที่ไม่มีการใช้พลังงานทดแทนมาก่อน

(ข) การเพิ่มกำลังการผลิต

(ค) ปรับปรุงโรงไฟฟ้าที่มีอยู่เดิม

(ง) การเปลี่ยนอุปกรณ์ในโรงไฟฟ้าที่มีอยู่

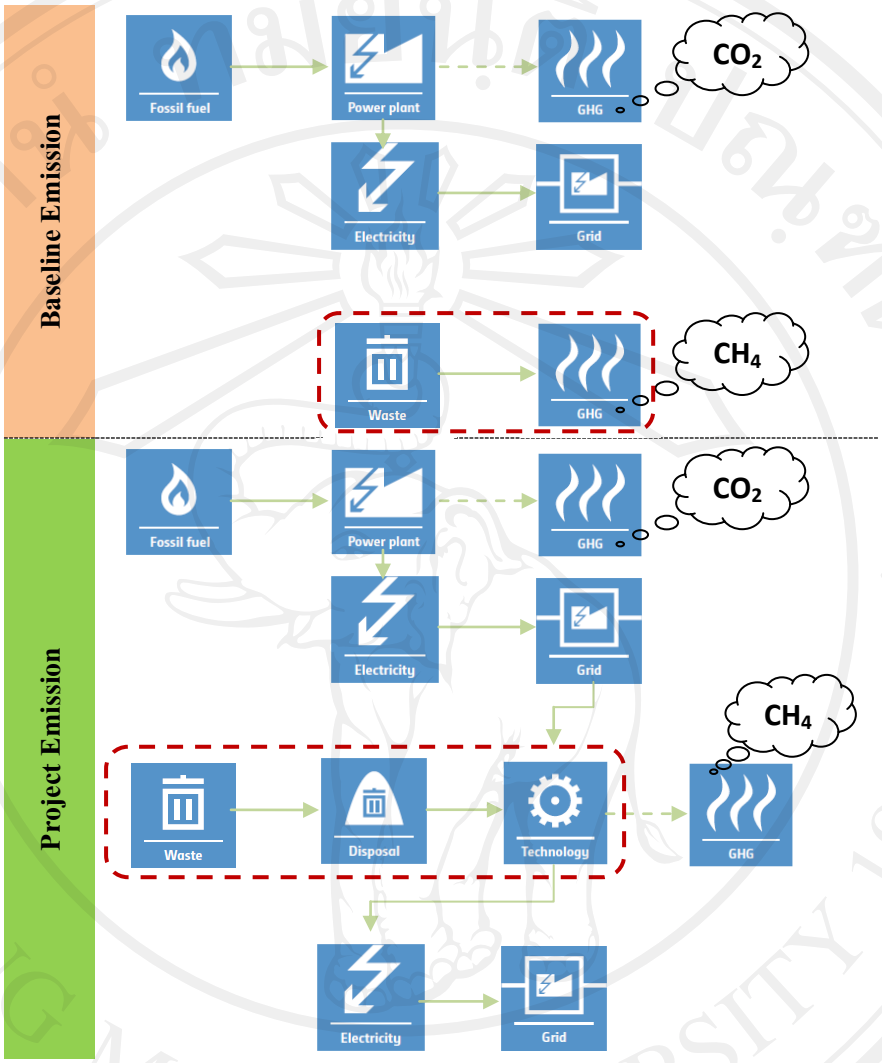
3. กำลังการผลิตในแต่ละกิจกรรมโครงการที่กล่าวมาต้องไม่เกิน 15 MW

- ลักษณะและขอบเขตของโครงการ

เป็นโครงการที่ใช้ก๊าซชีวภาพจากการฝังกลบผลิตไฟฟ้าให้กับโครงข่ายไฟฟ้าหรือใช้ในโรงงานและโครงการเป็นไปตามเงื่อนไขการบังคับใช้ที่กำหนด

ขอบเขตโครงการ พื้นที่ทางกายภาพและทางภูมิศาสตร์เพื่อใช้ในการฝังกลบซึ่งเป็นที่สำหรับกักเก็บก๊าซชีวภาพและใช้เผาทิ้งหรือนำไปผลิตไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ ภผ ก.8 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานและโครงการของการผลิตไฟฟ้าโดยก๊าซชีวภาพจากการฝังกลบขยะ

- ข้อมูลกรณีฐาน

ระบบผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลเพื่อจำหน่ายไฟฟ้าให้กับโครงข่ายและใช้ในการดำเนินการโครงการ ให้ใช้ปริมาณไฟฟ้าสุทธิที่ผลิตได้จากโครงการและใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของประเทศไทย และปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดจากขยะที่ฝังกลบในการคำนวณหาค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำมาใช้ในการคำนวณ

	กิจกรรม	ชนิดของก๊าซเรือนกระจก	รายละเอียด
กรณีฐาน	การผลิตก๊าซชีวภาพ	CH_4	เกิดจากปริมาณก๊าซชีวภาพที่ปล่อยจากบ่อหมักเมื่อยังไม่ได้ดำเนินกิจกรรมโครงการ
	การใช้ไฟฟ้าสุทธิ	CO_2	เกิดจากปริมาณไฟฟ้าที่ทดแทนระบบเดิมเมื่อยังไม่ได้ดำเนินการกิจกรรมโครงการ
โครงการ	การใช้พลังงานสำหรับการดำเนินการ	CO_2	การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลหรือพลังงานไฟฟ้าสำหรับการดำเนินงานของสิ่งอำนวยความสะดวกที่ติดตั้งทั้งหมด
	การเผาทิ้งแบบแห้ง (flaring)	CH_4	การเผาทิ้งหรือการเผาไหม้ของกระแสก๊าซชีวภาพจากการฝังกลบในปี

- วิธีการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

กรณีฐาน

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานมีการคำนวณดังนี้

$$BE_y = BE_{EL,y} + BE_{CH4,y} \quad (51)$$

โดยที่:

BE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานในปี y (tCO_2e)

$BE_{EL,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานเนื่องจากการผลิตไฟฟ้าเพื่อทดแทนการใช้ไฟฟ้าในโรงงานหรือจำหน่ายให้โครงข่ายในปี y (tCO_2)

$BE_{CH4,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานเนื่องจากการปล่อยก๊าซมีเทนจากขยะในกรณีที่ไม่มีการดำเนินการโครงการในปี y (tCO_2e)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานเนื่องจากการผลิตไฟฟ้า

$$BE_{EL,y} = EG_{PJ,y} \times EF_{CO_2,grid,y} \quad (52)$$

โดยที่:

$EG_{PJ,y}$ = ปริมาณไฟฟ้าสุทธิที่ผลิตได้ทุกโรงไฟฟ้าซึ่งตั้งในพื้นที่และขอบเขตของโครงการในปี y (MWh)

$EF_{CO2,grid,y}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในปี y (tCO_2/MWh)

ถ้ามีการใช้ไฟฟ้าจากหลายแหล่งควรแบ่งตามสัดส่วนของปริมาณไฟฟ้าที่โรงงานหรือสถานประกอบการใช้โดยเปรียบเทียบกับปริมาณไฟฟ้าจากแหล่งต่อไปนี้

1. การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของโครงการ
2. การใช้ไฟฟ้าจากโครงข่าย
3. การใช้ชีวมวลบางส่วนร่วมกับเชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตไฟฟ้าก่อนการดำเนินโครงการ

$$EG_{PJ,y} = EG_{PJ,gross,y} - EG_{PJ,aux,y} \quad (53)$$

โดยที่:

$EG_{PJ,gross,y}$ = ปริมาณไฟฟ้ารวมทั้งหมดที่ผลิตได้ทุกโรงไฟฟ้าซึ่งตั้งในพื้นที่และขอบเขตของโครงการในปี y (MWh)

$EG_{PJ,aux,y}$ = การใช้ไฟฟ้าเสริมทั้งหมดในการดำเนินการของโรงไฟฟ้าของโครงการ (MWh)

การปล่อยก๊าซมีเทนของกรณีฐาน

$$BE_{CH_4,y} = BE_{CH_4,SWDS,y} - MD_{reg,y} * GWP_{CH_4} \quad (54)$$

โดยที่:

$BE_{CH_4,SWDS,y}$ = การปล่อยก๊าซมีเทนของพื้นที่ทิ้งขยะ (SWDS) (tCO_2e)

$MD_{reg,y}$ = การปล่อยก๊าซมีเทนจากการกักเก็บและเผาไหม้ถูกกำหนดโดยนานาชาติหรือความต้องการความปลอดภัยภายในประเทศหรือข้อกำหนดตามกฎหมายในปี yในประเทศไทยค่านี้เท่ากับศูนย์ (t_{CH4})

GWP_{CH_4} = ศักยภาพการทำให้โลกร้อนของก๊าซมีเทน (21)

$$BE_{CH_4,SWDS,y} = \varphi_y.(1-f_y).GWP_{CH4}.(1-OX).(16/12).F.DOC_{f,y}.MCF_y.\sum_{x=1}^{y}\sum_{j} W_{j,x}.DOC_j.e^{-k_j(y-x)}.(1-e^{-k_j}) \quad (55)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยที่

φ = ปัจจัยความไม่แน่นอนของแบบจำลอง (0.9)

f = สัดส่วนของก๊าซมีเทนที่กักเก็บในพื้นที่ทิ้งขยะและการเผาทิ้ง,การเผาไหม้หรือการใช้ประโยชน์ (0)

OX = ปัจจัยการเกิดออกซิเดชั่นของขยะ (0.1)

F = สัดส่วนของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพจากพื้นที่ทิ้งขยะ (0.5)

DOC_f = สัดส่วนของสารอินทรีย์คาร์บอนที่ย่อยสลายได้ (DOC) ที่สามารถแยกได้ (0.5)

MCF = ค่าปรับแก้ตามประเภทของบ่อบำบัดและทางน้ำทิ้งของระบบ

$W_{j,x}$ = ปริมาณขยะอินทรีย์ชนิด j สำหรับการฝังกลบ

DOC_j = สัดส่วนของของสารอินทรีย์คาร์บอนที่ย่อยสลายได้ โดยพลังงานน้ำหนักของขยะชนิด j (IPCC Guidelines)

k_j = อัตราการย่อยสลายของขยะชนิด j (IPCC Guidelines)

j = ชนิดของขยะ

x = ปีระหว่างช่วงการซื้อขายคาร์บอนเครดิตซึ่งไม่ได้คำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

y = ปีสำหรับการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ค่าปรับแก้ตามประเภทของบ่อบำบัดและทางน้ำทิ้งของระบบ (MCF)

ประเภทของบ่อบำบัดและทางน้ำทิ้งของระบบ	***MCF* value**
ระบายออกโดยตรงสู่ทะเล แม่พลังงานน้ำ หรือทะเลสาบ	0.1
ระบบบำบัดโดยใช้อากาศที่มีการจัดการที่ดี	0.0
ระบบบำบัดโดยใช้อากาศที่มีการจัดการที่ไม่ดี หรือรับน้ำเสียมากเกินไป	0.3
ระบบบำบัดกากของเสียแบบไร้อากาศที่ไม่มีระบบรวบรวมก๊าซชีวภาพ	0.8
ระบบบำบัดไร้อากาศที่ไม่มีระบบรวบรวมก๊าซชีวภาพ	0.8
บ่อเปิดที่มีความลึกน้อยกว่า 2 เมตร	0.2
บ่อเปิดที่มีความลึกมากกว่า 2 เมตร	0.8
ระบบบ่อเกรอะ/ถังบำบัดน้ำเสีย	0.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โครงการ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการมีการคำนวณดังนี้

$$PE_y = PE_{Power,y} \quad (56)$$

โดยที่:

$PE_{power,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลหรือไฟฟ้าสำหรับการดำเนินการของสิ่งอำนวยความสะดวกที่ติดตั้งทั้งหมดในปี y (tCO_2e)

$PE_{flare,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาทิ้งหรือการเผาไหม้ของกระแสก๊าซชีวภาพจากการฝังกลบในปี y (tCO_2e)

การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล หรือพลังงานไฟฟ้าสำหรับการดำเนินงานของสิ่งอำนวยความสะดวกที่ติดตั้งทั้งหมดมีการคำนวณดังนี้

$$PE_{power,y} = EC_{PJ,y} \times EF_{CO_2,grid,y} \quad (57)$$

โดยที่

$EC_{PJ,y}$ = ปริมาณของไฟฟ้าที่ใช้ในการดำเนินการผลิตก๊าซชีวภาพและผลิตไฟฟ้า (MWh)

$EF_{CO_2,grid,y}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในปี y (tCO_2/MWh)

สำหรับการสนับสนุนจากต่างประเทศจะเพิ่มการพิจารณาตัวแปรเกี่ยวข้องการเผาทิ้งของก๊าซชีวภาพ โดยมีสมการดังต่อไปนี้

$$PE_{flare,y} = \sum_{h=1}^{8760} TM_{RG,h} \times (1 - \eta_{flare,h}) \times \frac{GWP_{CH_4}}{1000} \quad (58)$$

โดยที่

$PE_{flare,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาทิ้งแบบแห้งในปี y (tCO_2e)

$TM_{RG,h}$ = อัตราไหลเชิงมวลของก๊าซมีเทนที่เหลือ (kg/h)

$\eta_{flare,h}$ = ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหัวเผาทิ้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$TM_{RG,h} = FV_{RG,h} \times fv_{CH_4,RG,h} \times \rho_{CH_4,n} \quad (59)$$

โดยที่

$FV_{RG,h}$ = อัตราไหลเชิงปริมาตรของก๊าซที่เหลือในสถานะปกติของก๊าซแห้งเป็นรายชั่วโมง (m^3/h)

$fv_{CH_4,RG,h}$ = สัดส่วนของก๊าซมีเทนที่เหลือในสถานะก๊าซแห้งเป็นรายชั่วโมง

$\rho_{CH_4,n}$ = ความหนาแน่นของก๊าซมีเทนในสถานะปกติ (kg/m^3)

- การตรวจวัด

จากวิธีการคำนวณสามารถแจกแจงตัวแปรในการตรวจวัดการผลิตก๊าซชีวภาพและไฟฟ้าโดยใช้ก๊าซชีวภาพจากการฝังกลบได้ดังนี้

ตัวแปร	ประเภทของข้อมูล	หน่วย	ความถี่	การเก็บข้อมูล	เครื่องมือวัด
$W_{j,x}$	ปริมาณขยะอินทรีย์ชนิด j สำหรับการฝังกลบ	ton	รายวันและรวมเป็นรายปี	ปริมาณขยะในการฝังกลบของแต่ละปีนั้นจะอ้างอิงจากบันทึกของโรงฝังกลบขยะ	-
$EG_{PJ,gross,y}$	ปริมาณไฟฟ้ารวมทั้งหมด	MWh	ทุกๆ 5 นาที และเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง	การตรวจวัดปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้โดยอ่านค่าจากอุปกรณ์บันทึกปริมาณไฟฟ้าที่ได้รับการสอบเทียบตามระยะเวลาที่กำหนด	A
$EG_{PJ,aux,y}$	การใช้ไฟฟ้าเสริมทั้งหมดในการดำเนินการของโรงไฟฟ้าของโครงการ	MWh	ทุกๆ 5 นาที และเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง	การตรวจวัดปริมาณไฟฟ้าที่ใช้จะเป็นการตรวจวัดแบบต่อเนื่องจากตู้ไฟฟ้าหลักของระบบ	A
$w_{CH4,y}$	สัดส่วนของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ	-	ทุกๆ 1 นาที และเฉลี่ย 15 นาที	ตรวจวัดโดยใช้อุปกรณ์วิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพผ่านวาล์วของท่อก๊าซชีวภาพ	F
T	อุณหภูมิของก๊าซชีวภาพ	°C	ทุกๆ 1 นาที และเฉลี่ย 15 นาที	ตรวจวัดโดยใช้อุปกรณ์วัดอุณหภูมิของก๊าซชีวภาพผ่านวาล์วของท่อก๊าซชีวภาพ	อุปกรณ์วัดอุณหภูมิก๊าซชีวภาพ
P	ความดันของก๊าซชีวภาพ	kg/cm^2	ทุกๆ 1 นาที และเฉลี่ย 15	ตรวจวัดโดยใช้อุปกรณ์วัดความดันของก๊าซชีวภาพผ่านวาล์วของ	อุปกรณ์วัดความดันก๊าซ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวแปร	ประเภทของข้อมูล	หน่วย	ความถี่	การเก็บข้อมูล	เครื่องมือวัด
			นาที	ท่อก๊าซชีวภาพ	ชีวภาพ
$FV_{RG,h}$	อัตราไหลเชิงปริมาตรของก๊าซที่เหลือในสถานะปกติของก๊าซแห้ง	m^3/h	ทุกๆ 5 นาที และเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง	การตรวจวัดก๊าซชีวภาพก่อนการเผาทิ้งโดยแยกจากท่อหลักในการป้อนสู่เครื่องยนต์ของก๊าซชีวภาพ	I
$fv_{CH_4,RG,h}$	สัดส่วนของก๊าซมีเทนที่เหลือในสถานะก๊าซแห้ง	-	ทุกๆ 5 นาที และเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง	การตรวจวัดวิเคราะห์สัดส่วนก๊าซมีเทนจากวาล์วของท่อหลักก่อนการเผาไหม้	F
$\rho_{CH_4,n}$	ความหนาแน่นของก๊าซมีเทนในสถานะปกติ	kg/m^3	ทุกๆ 5 นาที และเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง	การตรวจวัดวิเคราะห์คุณสมบัติของก๊าซชีวภาพจากวาล์วของท่อหลักก่อนการเผาไหม้	F

หมายเหตุ : ความถี่ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดจะต้องทำในรอบ 12 เดือน และควรระบุชื่อผู้ดำเนินการในการตรวจวัดแต่ละตัวแปรซึ่งต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญหรือมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีนั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- การรายงานผลการคำนวณ

สรุปค่าจากการตรวจวัดและการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

สัญลักษณ์	สูตร	ค่า	หน่วย	หมายเหตุ
กรณีฐาน				
BE_y	$BE_{EL,y} + BE_{CH4,y}$		tCO_2e	ข้อมูลจากการคำนวณ
$BE_{EL,y}$	$EG_{PJ,y} + EF_{CO2,grid,y}$		tCO_2e	ข้อมูลจากการคำนวณ
$EG_{PJ,y}$	$EG_{PJ,gross,y} - EG_{PJ,aux,y}$		MWh	ข้อมูลจากการคำนวณ
$EG_{PJ,gross,y}$			MWh	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$EG_{PJ,aux,y}$			MWh	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$EF_{CO2,grid,y}$		0.5554	tCO_2e /MWh	อ้างอิงจาก อบก.
$BE_{CH4,y}$	$BECH_{4,SWDS,y} - MD_{reg,y} \times GWP_{CH4}$		tCO_2e/y	ข้อมูลจากการคำนวณ
$BECH_{4,SWDS,y}$			tCO_2e	ข้อมูลจากการคำนวณ
φ		0.9	-	อ้างอิงจาก IPCC
f		0	-	อ้างอิงจาก IPCC
OX		0.1	-	อ้างอิงจาก IPCC
F		0.5	-	อ้างอิงจาก IPCC
DOC_f		0.5	-	อ้างอิงจาก IPCC
MCF			-	อ้างอิงจาก IPCC
$W_{j,x}$			t	ข้อมูลจากการใช้งาน
DOC_j			-	อ้างอิงจาก IPCC
k_j			1/ปี	อ้างอิงจาก IPCC
$MD_{reg,y}$			tCH_4	อ้างอิงจาก IPCC
GWP_{CH4}		21	tCO_2/tCH_4	อ้างอิงจาก IPCC
โครงการ				
PE_y	$PE_{power,y} + PE_{flare,y}$		tCO_2e/y	ข้อมูลจากการคำนวณ
$PE_{power,y}$	$EC_{pj,y} X EF_{CO2,grid,y}$		tCO_2e/y	ข้อมูลจากการคำนวณ
$EC_{pj,y}$			MWh/y	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$EF_{CO2,grid,y}$		0.5554	tCO_2e/MWh	อ้างอิงจาก อบก.
$PE_{flare,y}$	$\Sigma TM_{RG,h} \times (1-\eta_{flare,h}) \times GWP_{CH4}/1000$		tCO_2e	ข้อมูลจากการคำนวณ
$TM_{RG,h}$	$FV_{RG,h} \times fv_{CH4,RG,h} \times \rho_{CH4,n}$		kg/h	ข้อมูลจากการคำนวณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สัญลักษณ์	สูตร	ค่า	หน่วย	หมายเหตุ
$FV_{RG,h}$			m^3/h	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$fv_{CH4,RG,h}$				ข้อมูลจากการตรวจวัด
$\rho_{CH4,n}$			kg/m^3	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$\eta_{flare,h}$				อ้างอิงจากผู้ผลิต
ER_y	$BE_y - PE_y$		tCO_2e/y	ข้อมูลจากการคำนวณ
BE_y	$BE_{EL,y} + BE_{CH4,y}$		tCO_2e/y	ข้อมูลจากการคำนวณ
PE_y	$PE_{power,y} + PE_{flare,y}$		tCO_2e/y	ข้อมูลจากการคำนวณ

ข) วิธีการคำนวณก๊าซเรือนกระจกของประสิทธิภาพพลังงาน

วิธีการวิเคราะห์ผลของประสิทธิภาพการใช้พลังงาน จะทำการวิเคราะห์หาระดับการใช้พลังงานทั้งก่อนและหลังการปรับปรุง แล้วนำมาเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของการใช้พลังงานภายใต้สภาวะการทำงานเดียวกัน จะแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ การใช้พลังงานไฟฟ้า และการผลิตความร้อน ซึ่งพิจารณาจากมาตรฐาน IPMVP และ CDM ตามลำดับ

ข.1) การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานด้านไฟฟ้า

ข.1.1) การเปลี่ยนหรือปรับปรุงเครื่องทำน้ำเย็น

- เงื่อนไขการบังคับใช้

1. การเพิ่มสมรรถนะการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นให้สูงขึ้นกว่าค่าพิกัดของเครื่องทำน้ำเย็นตัวเดิม ที่มีอายุการใช้งานที่นานและไม่คุ้มค่าในการซ่อมบำรุงหรือรักษาสภาพให้มีสมรรถนะการทำความเย็นที่ดีเหมือนเดิมได้

2. ใช้การตรวจวัดแบบตรวจวัดปริมาณพลังงานเฉพาะในส่วนที่ทำการปรับปรุง ซึ่งแยกออกจากส่วนที่เหลือของสถานประกอบการ โดยทำการตรวจวัดเฉพาะจุดเป็นช่วงเวลาสั้นๆ

3. สภาวะแวดล้อมคงที่หรือไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

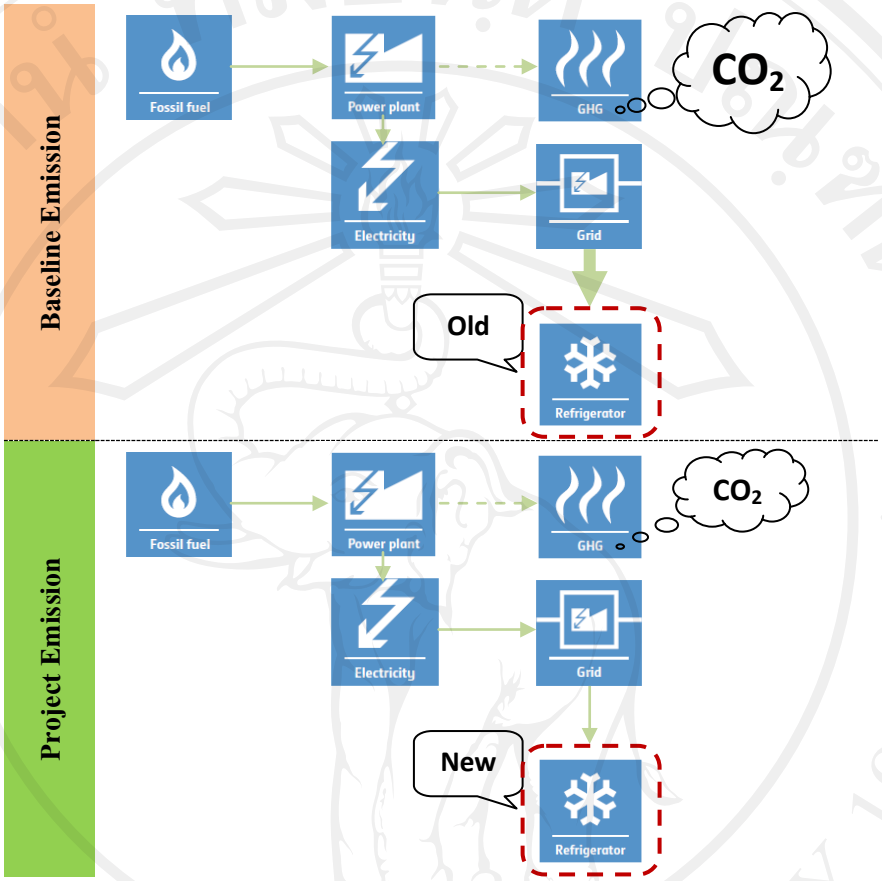
4. กำหนดให้อัตราการไหลของน้ำเย็นเป็นสภาวะที่ต้องควบคุม โดยทั้งกรณีฐานและของโครงการต้องมีค่าอัตราการไหลของน้ำเย็นใกล้เคียงกัน

- ลักษณะและขอบเขตของโครงการ

เป็นโครงการเพิ่มสมรรถนะให้กับเครื่องทำน้ำเย็นให้สูงขึ้นกว่าค่าพิกัดของเครื่องทำน้ำเย็นตัวเดิม ที่มีอายุการใช้งานที่นานและไม่คุ้มค่าในการซ่อมบำรุงหรือรักษาสภาพให้มีสมรรถนะการทำความเย็นที่ดีเหมือนเดิมได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ขอบเขตโครงการ พื้นที่ของขอบเขตกิจกรรมโครงการเฉพาะพื้นที่ที่ทำการปรับปรุง ไม่รวมส่วนที่เหลือของสถานประกอบการ



รูปที่ ภผ ก.9 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานและโครงการของการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานด้วยการเปลี่ยนหรือปรับปรุงเครื่องทำน้ำเย็น

- ข้อมูลกรณีฐาน

ในโครงการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นเพื่อเพิ่มสมรรถนะการทำงานให้สูงขึ้นกว่าพิกัดของเครื่องทำน้ำเย็นตัวเดิม เนื่องจากหมดอายุการใช้งานและไม่คุ้มค่ากับการซ่อมบำรุง ให้ใช้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานต่อตันความเย็นและปริมาณตันความเย็นที่ทำได้ตลอดทั้งปี และใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของประเทศไทย ในการคำนวณหาค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำมาใช้ในการคำนวณ

	กิจกรรม	ชนิดของก๊าซเรือนกระจก	รายละเอียด
กรณีฐาน	การใช้ไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นก่อนปรับปรุง	CO_2	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้ไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นก่อนปรับปรุง
โครงการ	การใช้ไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นหลังปรับปรุง	CO_2	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้ไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นหลังปรับปรุงที่สภาวะควบคุม

- วิธีการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

กรณีฐาน

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานมีการคำนวณดังนี้

$$BE_y = E_{Pre} \times TR_{BL} \times EF_{CO_2,grid,y} \quad (60)$$

โดยที่:

E_{Pre} = ประสิทธิภาพจริงก่อนปรับปรุง (kW/TR)

$EF_{CO2,grid,y}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในปี y ($kgCO_2/kWh$)

TR_{BL} = ปริมาณการใช้งานจากภาระความเย็นที่การใช้เดิมต่อปี (TR-hr/ปี)

ประสิทธิภาพจริงก่อนปรับปรุง

$$E_{Pre} = P_{Pre} / TR_{Pre,n} \quad (61)$$

P_{Pre} = ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของเครื่องทำน้ำเย็น (kW)

$TR_{Pre,n}$ = ค่าตันความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นตัวเดิม (TR)

ปริมาณการใช้งานจากภาระความเย็นที่มีการใช้อยู่เดิมต่อปี

$$TR_{BL} = TR_{Pre,n} \times t_y \quad (62)$$

t_y = ชั่วโมงการทำงานต่อปี (hr/ปี)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โครงการ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการมีการคำนวณดังนี้

$$PE_y = E_{Post} \times TR_{BL} \times EF_{CO_2,grid,y} \quad (63)$$

โดยที่:

E_{Post} = ประสิทธิภาพจริงก่อนปรับปรุง (kW/TR)

ประสิทธิภาพจริงหลังปรับปรุง

$$E_{Post} = P_{Post} / TR_{Post,n} \quad (64)$$

โดยที่:

P_{Post} = ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของเครื่องทำน้ำเย็นตัวใหม่ (kW)

$TR_{Post,n}$ = ค่าตันความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นตัวใหม่ (TR)

$$TR_{Post,n} = [m_{w,Post,n} \times C_{p,Post,n} \times (t_{i,Post,n} - t_{e,Post,n})] / 3.517 \quad (65)$$

โดยที่:

$m_{w,Post,n}$ = อัตราการไหลของน้ำเย็น (dm^3/s)

$C_{p,Post,n}$ = ค่าความจุความร้อนของน้ำ (kJ/kg-°C)

$t_{i,Post,n}$ = อุณหภูมิขาเข้าของน้ำเย็น (°C)

$t_{e,Post,n}$ = อุณหภูมิขาออกของน้ำเย็น (°C)

- การตรวจวัด

จากวิธีการคำนวณสามารถแจกแจงตัวแปรในการตรวจวัดการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานด้านไฟฟ้าโดยการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นได้ดังนี้

ตัวแปร	ประเภทของข้อมูล	หน่วย	ความถี่	การเก็บข้อมูล	เครื่องมือวัด
$t_{i,Post,n}$	อุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้า	°C	ทุก ๆ 15 นาที	การวัดอุณหภูมิของน้ำขาเข้าเครื่องทำน้ำเย็น	C
$t_{e,Post,n}$	อุณหภูมิน้ำเย็นขาออก	°C	ทุก ๆ 15 นาที	การวัดอุณหภูมิของน้ำขาออกจากเครื่องทำน้ำเย็น	C
P_{Pre}. P_{Post}	กำลังไฟฟ้าที่จ่ายเข้าเครื่องทำน้ำเย็น	kW	ทุก ๆ 15 นาที	การวัดกำลังไฟฟ้าจากตู้ไฟฟ้าร่วมของเครื่องทำน้ำเย็นแต่ละเครื่อง	A

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$m_{w,Post,n}$	อัตราการไหลของน้ำเย็น	dm^3/s	ทุก ๆ 15 นาที	การวัดอัตราการไหลของน้ำจากท่อน้ำเย็นขาเข้า	I
t_y	ชั่วโมงการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น	ชั่วโมง	-	จากสถิติการเก็บข้อมูลการเปิดใช้งานเครื่องทำน้ำเย็นจาก Log Sheet ของทางอาคารย้อนหลัง 1 ปี	-

หมายเหตุ : ความถี่ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดจะต้องทำในรอบ 12 เดือน และควรระบุชื่อผู้ดำเนินการในการตรวจวัดแต่ละตัวแปรซึ่งต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญหรือมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีนั้น

- การรายงานผลการคำนวณ

สรุปค่าจากการตรวจวัดและการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

สัญลักษณ์	สูตร	ค่า	หน่วย	หมายเหตุ
กรณีฐาน				
BE	$E_{Pre} \times TR_{BL} \times EF_{CO2,grid,y}$		tCO_2e	ข้อมูลจากการคำนวณ
E_{Pre}	$P_{pre,n} / TR_{Pre,n}$		kW/TR	ข้อมูลจากการคำนวณ
$TR_{Pre,n}$			TR	ข้อมูลการใช้งาน
$P_{pre,n}$			kW	ข้อมูลการใช้งาน
$EF_{CO2,grid,y}$		0.5554	$kgCO_2/kWh$	อ้างอิงจาก อบก.
TR_{BL}	$TR_{Pre,n} \times t_y$		TR-hr/ปี	ข้อมูลจากการคำนวณ
t_y			hr/ปี	ข้อมูลการใช้งาน
โครงการ				
PE	$E_{Post} \times TR_{Post,n} x t_y \times EF_{CO2,grid,y}$		tCO_2e	ข้อมูลจากการคำนวณ
E_{Post}	$P_{Post,n} / TR_{Post,n}$		kW/TR	ข้อมูลจากการคำนวณ
$TR_{Post,n}$	$[m_{w,Post,n} \times C_{p,Post,n} \times (t_{i,Post,n} - t_{e,Post,n})] / 3.517$		TR	ข้อมูลจากการคำนวณ
$m_{w,Post,n}$			dm^3/s	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$C_{p,Post,n}$			kJ/kg-°C	ที่ t=10.41°C, P=2.763bar
$t_{i,Post,n}$			°C	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$t_{e,Post,n}$			°C	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$P_{Post,n}$			kW	ข้อมูลจากการตรวจวัด
ER_y	$BE_y - PE_y$		tCO_2e	ข้อมูลจากการคำนวณ
BE	$E_{Pre} \times TR_{BL} \times EF_{CO2,grid,y}$		tCO_2e	ข้อมูลจากการคำนวณ
PE	$E_{Post} \times TR_{BL} \times EF_{CO2,grid,y}$		tCO_2e	ข้อมูลจากการคำนวณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข.1.2) การเปลี่ยนอุปกรณ์ให้แสงสว่างประสิทธิภาพสูง

- เงื่อนไขการบังคับใช้

1. การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานให้กับระบบส่องสว่างโดยการเปลี่ยนอุปกรณ์ให้แสงสว่างที่มีประสิทธิภาพสูงและใช้พลังงานลดลง

2. ใช้การตรวจวัดแบบตรวจวัดปริมาณพลังงานเฉพาะในส่วนที่ทำการปรับปรุง ซึ่งแยกออกจากส่วนที่เหลือของสถานประกอบการ โดยทำการตรวจวัดเฉพาะจุดเป็นช่วงเวลาสั้นๆ

3. สภาวะแวดล้อมคงที่หรือไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

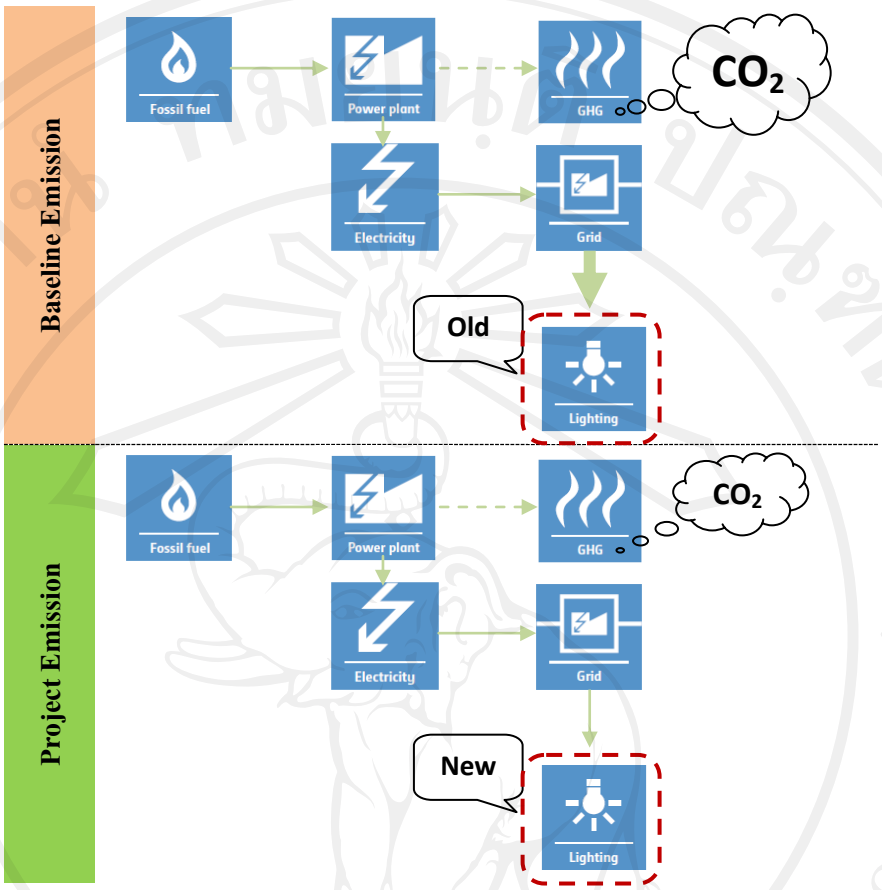
4. กำหนดให้ค่าความส่องสว่างเป็นสภาวะที่ต้องควบคุม โดยในส่วนการดำเนินการโครงการต้องมีค่าความส่องสว่างเท่ากับหรือมากกว่าอุปกรณ์ให้แสงสว่างเดิม หรือตามค่ามาตรฐานที่กฎหมายกำหนด

- ลักษณะและขอบเขตของโครงการ

เป็นโครงการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานให้กับระบบส่องสว่างโดยการเปลี่ยนอุปกรณ์ให้แสงสว่างที่มีประสิทธิภาพสูงและใช้พลังงานลดลง แต่ยังคงให้ค่าความส่องสว่างเท่ากับหรือมากกว่าอุปกรณ์ให้แสงสว่างเดิม

ขอบเขตโครงการ พื้นที่ของขอบเขตกิจกรรมโครงการเฉพาะพื้นที่ที่ทำการปรับปรุง ไม่รวมส่วนที่เหลือของสถานประกอบการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ ภผ ก.10 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานและโครงการของการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานด้วยการเปลี่ยนอุปกรณ์ให้แสงสว่างประสิทธิภาพสูง

- ข้อมูลกรณีฐาน

ในโครงการเปลี่ยนอุปกรณ์ให้แสงสว่างที่มีประสิทธิภาพสูงและใช้พลังงานลดลงจากอุปกรณ์ให้แสงสว่างเดิม แต่ค่าความส่องสว่างเท่ากับหรือมากกว่าอุปกรณ์เดิมหรือตามค่ามาตรฐานที่กฎหมายกำหนด ให้ใช้ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของอุปกรณ์ จำนวนอุปกรณ์ทั้งหมดและชั่วโมงใช้งานอุปกรณ์และใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของประเทศไทย ในการคำนวณหาค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำมาใช้ในการคำนวณ

	กิจกรรม	**ชนิดของก๊าซเรือนกระจก**	**รายละเอียด**
กรณีฐาน	การใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์ให้แสงสว่างก่อนปรับปรุง	CO_2	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์ให้แสงสว่างก่อนปรับปรุง
โครงการ	การใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์ให้แสงสว่างหลังปรับปรุง	CO_2	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์ให้แสงสว่างหลังปรับปรุงที่สภาวะควบคุม

- วิธีการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

กรณีฐาน

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานมีการคำนวณดังนี้

$$BE_y = [\sum_i (P_{BL,avg,i} \times N_{BL,i} \times t_{y,i})] \times EF_{CO_2,grid,y} \quad (66)$$

โดยที่:

$P_{BL,avg,i}$ = กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยในแต่ละประเภทของอุปกรณ์ให้แสงสว่างก่อนปรับปรุง (kW)

$N_{BL,i}$ = จำนวนอุปกรณ์ในแต่ละประเภททั้งหมดก่อนปรับปรุง (หลอด)

$t_{y,i}$ = ชั่วโมงการใช้งานของอุปกรณ์ก่อนปรับปรุงต่อปี (hr/ปี)

$EF_{CO2,grid,y}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในปี y ($kgCO_2/kWh$)

โครงการ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการมีการคำนวณดังนี้

$$PE_y = [\sum_i (P_{PJ,avg,i} \times N_{PJ,i} \times t_{y,i})] \times EF_{CO_2,grid,y} \quad (67)$$

โดยที่:

$P_{PJ,avg,i}$ = กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยในแต่ละประเภทของอุปกรณ์ให้แสงสว่างหลังปรับปรุง (kW)

$N_{PJ,i}$ = จำนวนอุปกรณ์ในแต่ละประเภทหลังปรับปรุง (หลอด)

$t_{y,i}$ = ชั่วโมงการใช้งานของอุปกรณ์ก่อนปรับปรุงต่อปี (hr/ปี)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$EF_{CO2,grid,y}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในปี y ($kgCO_2/kWh$)

จำนวนตัวอย่างของหลอดไฟสำหรับตรวจสอบค่าความส่องสว่าง

$$n = \frac{N_{PJ,i}}{(1 - N_{PJ,i} e^2)} \quad (68)$$

โดยที่:

n = จำนวนตัวอย่างของอุปกรณ์ให้แสงสว่าง (หลอด)

$N_{PJ,i}$ = จำนวนอุปกรณ์ในแต่ละประเภททั้งหมดหลังปรับปรุง (หลอด)

e = ค่าความเชื่อมั่น (ที่ 90%; e = 0.1)

- การตรวจวัด

จากวิธีการคำนวณสามารถแจกแจงตัวแปรในการตรวจวัดการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานด้านไฟฟ้าโดยการเปลี่ยนอุปกรณ์ให้แสงสว่างประสิทธิภาพสูงได้ดังนี้

ตัวแปร	ประเภทของข้อมูล	หน่วย	ความถี่	การเก็บข้อมูล	เครื่องมือวัด
$P_{BL,avg,I}$, $P_{PJ,avg,I}$	ค่ากำลังไฟฟ้า	kW	ทุกๆ 1 นาที	ตรวจวัดแบบชั่วขณะ ซึ่งจะทำการตรวจวัดกำลังไฟฟ้าของโคมเป็นจำนวนไม่น้อยกว่า 5% ของจำนวนโคมทั้งหมด	A
t_y	ชั่วโมงการทำงาน	hr	จากตารางเวลาการเปิดใช้งาน	ข้อมูลจากทางสถานประกอบการ	-
Lux_{PJ}	ค่าความส่องสว่าง	Lux	-	ตรวจวัดเก็บข้อมูลแบบสุ่มตามพื้นที่และจำนวนตัวอย่างเนื่องจากค่าความสว่างของหลอดไฟมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก	J

หมายเหตุ : ความถี่ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดจะต้องทำในรอบ 12 เดือน และควรระบุชื่อผู้ดำเนินการในการตรวจวัดแต่ละตัวแปรซึ่งต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญหรือมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีนั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- การรายงานผลการคำนวณ

สรุปค่าจากการตรวจวัดและการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

สัญลักษณ์	สูตร	ค่า	หน่วย	หมายเหตุ
กรณีฐาน				
BE	$[\sum(P_{BL,avg,i} \times N_{BL,i} \times t_{y,i})] \times EF_{CO2,grid,y}$		$kgCO_2e$	ข้อมูลจากการคำนวณ
$EF_{CO2,grid,y}$		0.5554	$kgCO_2e/kWh$	อ้างอิงจาก อบก.
$P_{BL,avg,i}$	$P_{BL,total,i} / N_{BL,i}$		kW	ข้อมูลจากการคำนวณ
$P_{BL,total,i}$			kW	ข้อมูลจากการตรวจวัด
n	$N_{BL,i} /(1- N_{BL,i} e^2)$		หลอด	ข้อมูลจากการคำนวณ
$N_{BL,i}$			หลอด	ข้อมูลจากการตรวจวัด
e	90% ; e = 0.1	0.1		อ้างอิงจาก IPMVP
$t_{y,i}$			ชั่วโมง	ข้อมูลจากการใช้งาน
$Lux_{BL,i}$			ลักซ์	ข้อมูลจากการตรวจวัด (ค่าควบคุม)
โครงการ				
PE	$[\sum(P_{PJ,avg,i} \times N_{PJ,i} \times t_{y,i})] \times EF_{CO2,grid,y}$		$kgCO_2e$	ข้อมูลจากการคำนวณ
$EF_{CO2,grid,y}$		0.5554	$kgCO_2e/kWh$	อ้างอิงจาก อบก.
$P_{PJ,avg,i}$	$P_{PJ,total,i} / N_{PJ,i}$		kW	ข้อมูลจากการคำนวณ
$P_{PJ,total,i}$			kW	ข้อมูลจากการตรวจวัด
n	$N_{PJ,i} /(1- N_{PJ,i} e^2)$		หลอด	ข้อมูลจากการคำนวณ
$N_{PJ,i}$			หลอด	ข้อมูลจากการตรวจวัด
e	90% ; e = 0.1	0.1		อ้างอิงจาก IPMVP
$t_{y,i}$			ชั่วโมง	ข้อมูลจากการใช้งาน
$Lux_{PJ,i}$			ลักซ์	ข้อมูลจากการตรวจวัด (ค่าควบคุม)
ER_y	BE-PE		tCO_2e	ข้อมูลจากการคำนวณ
BE			tCO_2e	ข้อมูลจากการคำนวณ
PE			tCO_2e	ข้อมูลจากการคำนวณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข.1.3) การเปลี่ยนหรือปรับปรุงโบลเวอร์ ปั๊มและมอเตอร์

- เงื่อนไขการบังคับใช้

1. การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานให้กับโบลเวอร์ ปั๊มและมอเตอร์โดยการเปลี่ยนหรือปรับปรุงอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและใช้พลังงานลดลง

2. ใช้การตรวจวัดแบบตรวจวัดปริมาณพลังงานเฉพาะในส่วนที่ทำการปรับปรุง ซึ่งแยกออกจากส่วนที่เหลือของสถานประกอบการ โดยทำการตรวจวัดเฉพาะจุดเป็นช่วงเวลาสั้นๆ

3. สภาวะแวดล้อมคงที่หรือไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

- ลักษณะและขอบเขตของโครงการ

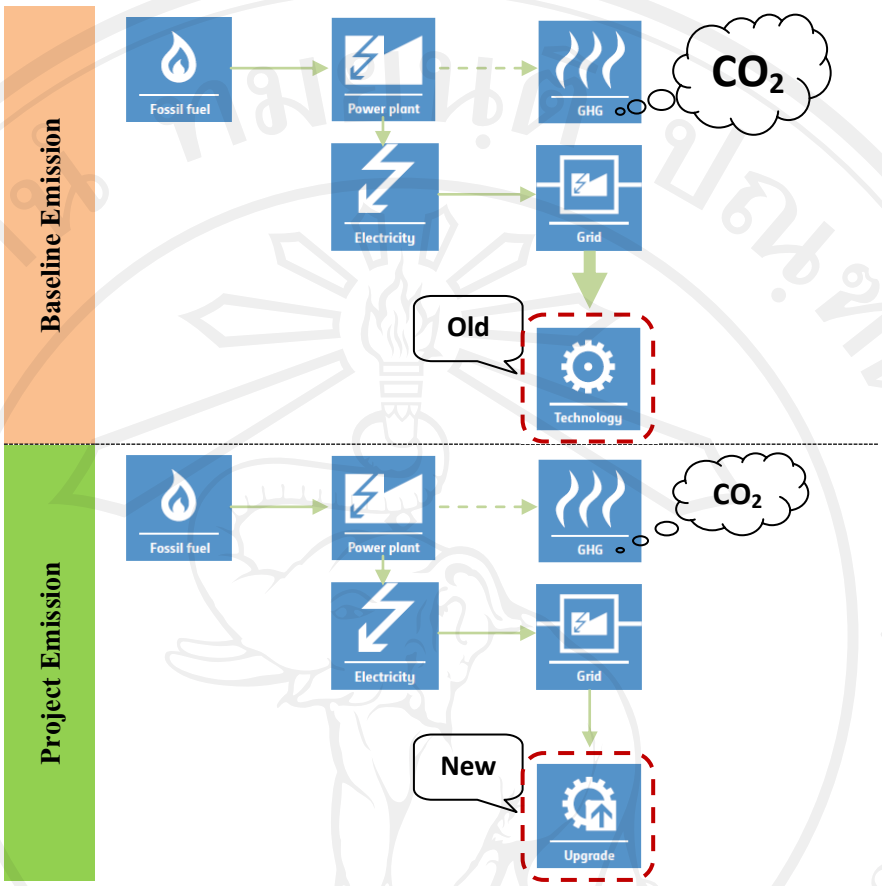
เป็นโครงการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานให้กับโบลเวอร์ ปั๊มและมอเตอร์โดยการเปลี่ยนหรือปรับปรุงอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพเท่าเดิมหรือสูงขึ้นและใช้พลังงานลดลง

ขอบเขตโครงการ พื้นที่ของขอบเขตกิจกรรมโครงการเฉพาะพื้นที่ที่ทำการปรับปรุง ไม่รวมส่วนที่เหลือของสถานประกอบการ

- ข้อมูลกรณีฐาน

ในโครงการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานให้กับโบลเวอร์ ปั๊มและมอเตอร์โดยการเปลี่ยนหรือปรับปรุงอุปกรณ์ ให้ใช้ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของอุปกรณ์ ชั่วโมงใช้งานอุปกรณ์และจำนวนวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ที่ได้ และใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของประเทศไทย ในการคำนวณหาค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ ภผ ก.11 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานและโครงการของการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานด้วยการเปลี่ยนหรือปรับปรุงโบลเวอร์ ปั๊มและมอเตอร์

- กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำมาใช้ในการคำนวณ

	กิจกรรม	**ชนิดของก๊าซเรือนกระจก**	**รายละเอียด**
กรณีฐาน	การใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์ก่อนปรับปรุง	CO_2	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์ก่อนปรับปรุง
โครงการ	การใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์หลังปรับปรุง	CO_2	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์หลังปรับปรุง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- วิธีการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

กรณีฐาน

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานมีการคำนวณดังนี้

$$BE_y = \sum_i EC_{BL,i} \times EF_{CO_2,grid,y} \quad (69)$$

โดยที่:

$EC_{BL,i}$ = ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละอุปกรณ์ก่อนปรับปรุง (kWh)

$EF_{CO2,grid,y}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในปี y ($kgCO_2/kWh$)

$$EC_{BL,i} = P_{BL,i} \times n_i \times t_y \quad (70)$$

โดยที่:

$P_{BL,i}$ = ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ยของแต่ละอุปกรณ์ก่อนปรับปรุง (kW)

n_i = จำนวนของแต่ละอุปกรณ์

t_y = ชั่วโมงการใช้งานของแต่ละอุปกรณ์ก่อนปรับปรุง (hr)

โครงการ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการมีการคำนวณดังนี้

$$PE_y = \sum_i EC_{PJ,i} \times EF_{CO_2,grid,y} \quad (71)$$

โดยที่:

$EC_{PJ,i}$ = ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละอุปกรณ์ก่อนปรับปรุง (kWh)

$EF_{CO2,grid,y}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในปี y ($kgCO_2/kWh$)

$$EC_{PJ,i} = P_{PJ,i} \times n_i \times t_y \quad (72)$$

โดยที่:

$P_{BL,i}$ = ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ยของแต่ละอุปกรณ์หลังปรับปรุง (kW)

n_i = จำนวนของแต่ละอุปกรณ์

t_y = ชั่วโมงการใช้งานของแต่ละอุปกรณ์ก่อนปรับปรุง (hr)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- การตรวจวัด

จากวิธีการคำนวณสามารถแจกแจงตัวแปรในการตรวจวัดการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานด้านไฟฟ้าโดยการเปลี่ยนหรือปรับปรุงโบลเวอร์ ปั๊มและมอเตอร์ได้ดังนี้

ตัวแปร	ประเภทของข้อมูล	หน่วย	ความถี่	การเก็บข้อมูล	เครื่องมือวัด
$P_{BL,I}$	กำลังไฟฟ้า	kW	ทุกๆ 1 นาที ตลอดช่วงเวลาการใช้งาน 1 ชั่วโมง	ตรวจวัดแบบชั่วขณะ จากแผงควบคุมรวม โดยอ้างอิงหน่วย	A
$P_{PJ,i}$	กำลังไฟฟ้า	kW	ทุกๆ 1 นาที ตลอดช่วงเวลาการใช้งาน 1 ชั่วโมง	ตรวจวัดแบบชั่วขณะ จากแผงควบคุมรวม	A
n_i	จำนวนของอุปกรณ์	-	-	-	-
t_y	ชั่วโมงการใช้งาน	hr	-	ตามช่วงเวลาที่ต้องการตรวจวัด	สถิติข้อมูลการผลิต

หมายเหตุ : ความถี่ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดจะต้องทำในรอบ 12 เดือน และควรระบุชื่อผู้ดำเนินการในการตรวจวัดแต่ละตัวแปรซึ่งต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญหรือมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีนั้น

- การรายงานผลการคำนวณ

สรุปค่าจากการตรวจวัดและการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

สัญลักษณ์	สูตร	ค่า	หน่วย	หมายเหตุ
กรณีฐาน				
BEy	$\Sigma EC_{BL,i} \times EF_{CO2,grid,y}$		$kgCO_2e$	ข้อมูลการคำนวณ
$EC_{BL,i}$	$P_{BL,i} \times n_i \times t_y$		kWh	ข้อมูลการคำนวณ
$EF_{CO2,grid,y}$		0.5554	$kgCO_2e/kWh$	อ้างอิงจาก อบก.
$P_{BL,i}$			kW	ข้อมูลการคำนวณ
n_i			หลอด	ข้อมูลการตรวจวัด
t_y			hr	ข้อมูลการใช้งาน
โครงการ				
PE_y	$\Sigma EC_{PJ,i} \times EF_{CO2,grid,y}$		$kgCO_2e$	ข้อมูลการคำนวณ
$EC_{PJ,i}$	$P_{PJ,i} \times n_i \times t_y$		kWh	ข้อมูลการคำนวณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$EF_{CO2,grid,y}$	0.5554	$kgCO_2e/kWh$	อ้างอิงจาก อบก.
$P_{PJ,i}$		kW	ข้อมูลการคำนวณ
n_i		หลอด	ข้อมูลการตรวจวัด
t_y		hr	ข้อมูลการใช้งาน
ER_y BE_y-PE_y		tCO_2e	ข้อมูลการคำนวณ
BE_y		tCO_2e	ข้อมูลการคำนวณ
PE_y		tCO_2e	ข้อมูลการคำนวณ

ข.2) การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานด้านความร้อน

ข.2.1) การเปลี่ยนหรือปรับปรุงหม้อน้ำ

- เงื่อนไขการบังคับใช้

1. ใช้กับกิจกรรมโครงการเปลี่ยนหรือปรับปรุงหม้อน้ำตามอายุการใช้งาน

2. ขอบเขตของโครงการประกอบด้วยเฉพาะการปรับปรุง/การติดตั้งทั้งหมดของหม้อน้ำเท่านั้น

3. ไม่รวมการเปลี่ยนเชื้อเพลิงในขอบเขตของโครงการ

4. ผู้เข้าร่วมโครงการต้องมีเอกสารหลักฐานระดับประสิทธิภาพของหม้อน้ำจากหน่วยงานที่น่าเชื่อถือ

5. ขนาดของหม้อน้ำในแต่ละกรณีฐานและหม้อน้ำที่ทดแทนควรจะทดสอบจากมาตรฐานสากล ASME PTC 4-19982

6. ใช้เชื้อเพลิงประเภทเดียวเท่านั้นทั้งหม้อน้ำเดิมและที่นำมาทดแทน

- ลักษณะและขอบเขตของโครงการ

เป็นโครงการเพิ่มสมรรถนะให้กับระบบผลิตความร้อนให้สูงขึ้นกว่าค่าพิกัดของหม้อน้ำเดิม โดยการฟื้นฟูหม้อน้ำและเปลี่ยนหม้อน้ำที่มีอายุการใช้งานที่นานและไม่คุ้มค่าในการซ่อมบำรุงหรือรักษาสภาพให้มีสมรรถนะการทำความเย็นที่ดีเหมือนเดิมได้

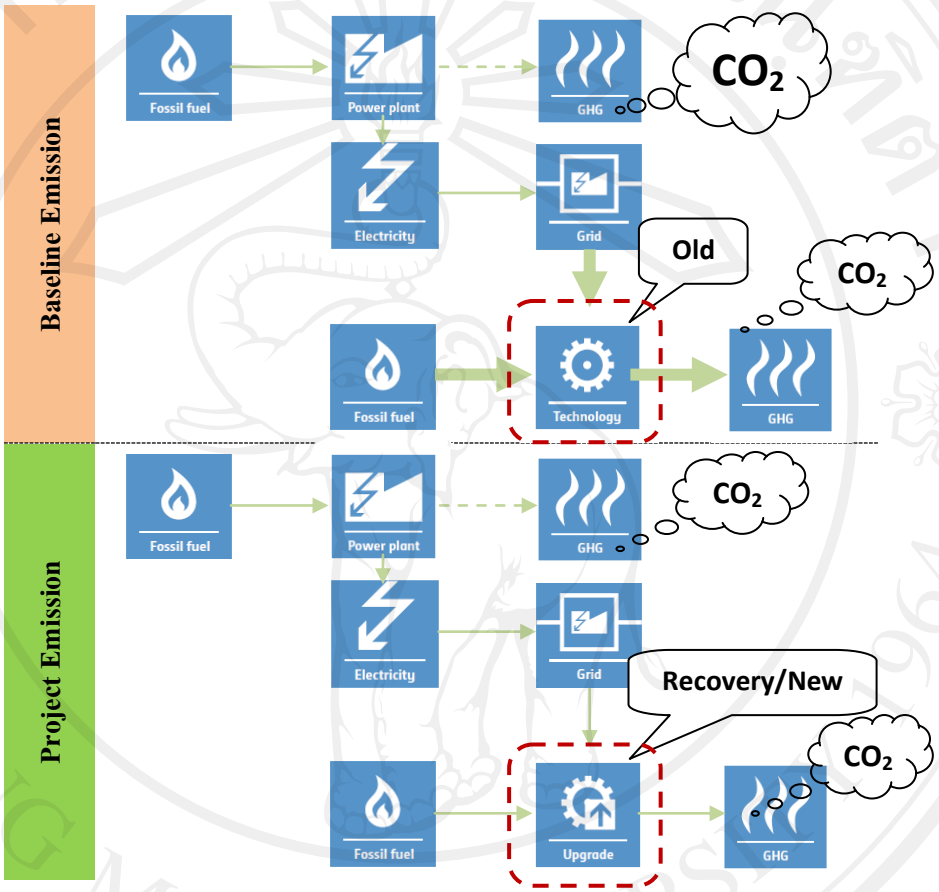
ขอบเขตโครงการ พื้นที่ของขอบเขตกิจกรรมโครงการเฉพาะพื้นที่ที่ทำการปรับปรุง ไม่รวมส่วนที่เหลือของสถานประกอบการ

- ข้อมูลกรณีฐาน

ในโครงการเปลี่ยนหรือปรับปรุงหม้อน้ำเพื่อเพิ่มสมรรถนะการทำงานให้สูงขึ้นกว่าพิกัดของหม้อน้ำเดิม เนื่องจากอายุการใช้งานที่นานและไม่คุ้มค่ากับการซ่อมบำรุง ให้ใช้ประสิทธิภาพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การใช้พลังงานต่อตันความเย็นและปริมาณตันความเย็นที่ทำได้ตลอดทั้งปี และใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของประเทศไทย ในการคำนวณหาค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน



รูปที่ ภผ ก.12 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานและโครงการของการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานด้วยการเปลี่ยนหรือปรับปรุงหม้อน้ำ

- กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำมาใช้ในการคำนวณ

	กิจกรรม	**ชนิดของก๊าซเรือนกระจก**	**รายละเอียด**
กรณีฐาน	การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของหม้อน้ำก่อนปรับปรุง	CO_2	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงของหม้อน้ำก่อนปรับปรุง
โครงการ	การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล	CO_2	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

	กิจกรรม	ชนิดของ ก๊าซเรือนกระจก	รายละเอียด
	ของหม้อน้ำหลัง ปรับปรุง		จากการใช้เชื้อเพลิงของหม้อน้ำหลังปรับปรุง

- วิธีการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

กรณีฐาน

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานมีการคำนวณดังนี้

$$BE_y = FC_{BL} \times EF_{C,FF} \times QXID_{FF} \times 44/12 \quad (73)$$

โดยที่:

FC_{BL} = ปริมาณความร้อนของเชื้อเพลิงของกรณีฐานที่ความต้องการความร้อนเท่ากับของโครงการ (MJ)

$EF_{C,FF}$ = ปัจจัยการปล่อยก๊าซคาร์บอนของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด (tC/MJ)

$QXID_{FF}$= ค่าสัมประสิทธิ์การออกซิไดซ์ของเชื้อเพลิง

$$FC_{BL} = \frac{EG_{PJ,y}}{\eta_{BL}} \quad (74)$$

โดยที่:

$EG_{PJ,y}$ = ปริมาณความร้อนที่ต้องการของโครงการ (MJ)

η_{BL} = ประสิทธิภาพจริงก่อนปรับปรุง/เปลี่ยน

ปริมาณความร้อนที่ต้องการของโครงการ

$$EG_{PJ,y} = m_{PJ,avg,y} \times (h_{PJ,avg,e} - h_{PJ,avg,i}) / 1000 \quad (75)$$

โดยที่:

$m_{PJ,avg,y}$ = ปริมาณน้ำเฉลี่ยต่อปีของโครงการ (kg)

$h_{PJ,avg,e}$ = ค่าเอนทาลปีของน้ำร้อนหรือไอน้ำร้อนขาออกของโครงการ (kJ/kg)

$h_{PJ,avg,i}$ = ค่าเอนทาลปีของน้ำหรือน้ำร้อนขาเข้าของโครงการ (kJ/kg)

ประสิทธิภาพจริงก่อนปรับปรุง/เปลี่ยนหม้อน้ำ

$$\eta_{BL} = \frac{EG_{BL,his}}{FC_{BL,his}} \quad (76)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยที่:

$EG_{BL,his}$ = ปริมาณความร้อนที่ต้องการเฉลี่ยในอดีต (MJ)

FC_{BL},his= ปริมาณความร้อนจากการใช้เชื้อเพลิงที่ใช้ในอดีต (kJ/kg)

$$EG_{BL,his} = m_{BL,avg,y} \times (h_{BL,avg,e} - h_{BL,avg,i}) / 1000 \quad (77)$$

โดยที่:

$m_{BL,avg,y}$ = ปริมาณน้ำเฉลี่ยต่อปีของในอดีต (kg)

$h_{BL,avg,e}$ = ค่าเอนทาลปีของน้ำร้อนหรือไอน้ำร้อนขาออกของในอดีต (kJ/kg)

$h_{BL,avg,i}$ = ค่าเอนทาลปีของน้ำหรือน้ำร้อนขาเข้าของในอดีต (kJ/kg)

$$FC_{BL,his} = Q_{BL,avg,i} \times NCV_{BL,i} \quad (78)$$

โดยที่:

$Q_{BL,avg,i}$ = ปริมาณเชื้อเพลิงเฉลี่ยต่อปีของกรณีฐาน (kg, liter)

$NCV_{BL,i}$ = ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงที่ใช้ในกรณีฐาน (MJ/kg, liter)

โครงการ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการมีการคำนวณดังนี้

$$PE_y = FC_{PJ} \times EF_{C,FF} \times QXID_{FF} \times 44/12 \quad (79)$$

โดยที่:

FC_{PJ} = ปริมาณความร้อนของเชื้อเพลิงของโครงการตามความต้องการความร้อนของโครงการ (MJ)

$EF_{C,FF}$ = ปัจจัยการปล่อยก๊าซคาร์บอนของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด (tC/MJ)

$QXID_{FF}$= ค่าสัมประสิทธิ์การออกซิไดซ์ของเชื้อเพลิง

$$FC_{PJ} = \frac{EG_{PJ,y}}{\eta_{PJ}} \quad (80)$$

โดยที่:

$EG_{PJ,y}$ = ปริมาณความร้อนที่ต้องการของโครงการ (MJ)

η_{PJ} = ประสิทธิภาพจริงหลังปรับปรุง/เปลี่ยน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- การตรวจวัด

จากวิธีการคำนวณสามารถแจกแจงตัวแปรในการตรวจวัดการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานด้านความร้อนโดยการฟื้นฟูหรือเปลี่ยนหม้อน้ำได้ดังนี้

ตัวแปร	ประเภทของข้อมูล	หน่วย	ความถี่	การเก็บข้อมูล	เครื่องมือวัด
$m_{PJ,avg,y}$	ปริมาณพลังงานน้ำเฉลี่ยต่อปีของโครงการ	kg	ระยะเวลา 15 นาที	ตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำขาเข้าหม้อน้ำ ขณะที่ภาระการใช้งานคงที่	I
$h_{PJ,e,avg}$	ค่าเอนทาลปีของน้ำร้อนหรือไอน้ำร้อนขาออกของโครงการ	kJ/kg	ระยะเวลา 15 นาที	ตรวจวัดค่าความดันและอุณหภูมิของน้ำร้อนหรือไอน้ำร้อนขาออกจากหม้อน้ำ ขณะที่ภาระการใช้งานคงที่	เครื่องบันทึกค่าความดันและอุณหภูมิน้ำร้อนหรือไอน้ำร้อน
$h_{PJ,i,avg}$	ค่าเอนทาลปีของน้ำหรือน้ำร้อนขาเข้าของโครงการ	kJ/kg	ระยะเวลา 15 นาที	ตรวจวัดค่าความดันและอุณหภูมิของน้ำหรือน้ำร้อนขาเข้าจากหม้อน้ำ ขณะที่ภาระการใช้งานคงที่	เครื่องบันทึกค่าความดันและอุณหภูมิน้ำ
η_{PJ}	ประสิทธิภาพจริงหลังปรับปรุง/เปลี่ยน	-	ระยะเวลา 5 นาที	ตรวจวัดไอเสียจากปล่องของหม้อน้ำ ขณะที่ภาระการใช้งานคงที่	G

หมายเหตุ : ความถี่ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดจะต้องทำในรอบ 12 เดือน และควรระบุชื่อผู้ดำเนินการในการตรวจวัดแต่ละตัวแปรซึ่งต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญหรือมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีนั้น

- การรายงานผลการคำนวณ

สรุปค่าจากการตรวจวัดและการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

สัญลักษณ์	สูตร	ค่า	หน่วย	หมายเหตุ
กรณีฐาน				
BEy	$FC_{BL} \times EF_{C,FF} \times QXID_{FF} \times 44/12$		tCO_2e	ข้อมูลจากการคำนวณ
FC_{BL}	$EG_{PJ,y} / h_{BL}$		MJ	ข้อมูลจากการคำนวณ
$EG_{PJ,y}$	$M_{PJ,avg,y} \times (h_{PJ,e,avg} - h_{PJ,i,avg})/1000$		MJ	ข้อมูลจากการคำนวณ
$M_{PJ,avg,y}$			kg	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$h_{PJ,e,avg}$	$P_{PJ,e,avg}, T_{PJ,e,avg}$		kJ/kg	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$h_{PJ,i,avg}$	$P_{PJ,i,avg}, T_{PJ,i,avg}$		kJ/kg	ข้อมูลจากการตรวจวัด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สัญลักษณ์	สูตร	ค่า	หน่วย	หมายเหตุ
h_{BL}	$EG_{BL,his}/FC_{BL,his}$		-	ข้อมูลจากการคำนวณ
$EG_{BL,his}$	$M_{BL,avg,y} \times (h_{BL,e,avg} - h_{BL,i,avg})$		MJ	ข้อมูลจากการคำนวณ
$M_{BL,avg,y}$			kg	ข้อมูลการใช้งาน
$h_{BL,e,avg}$	$P_{BL'e,avg}$, $T_{BL'e,avg}$		kJ/kg	ข้อมูลการใช้งาน
$h_{BL,i,avg}$	$P_{BL'i,avg}$, $T_{BL'i,avg}$		kJ/kg	ข้อมูลการใช้งาน
$FC_{BL,his}$	$Q_{BL,avg,i} \times NCV_{BL,i}$		MJ	ข้อมูลจากการคำนวณ
$Q_{BL,avg,i}$			kg, lite	ข้อมูลการใช้งาน
$NCV_{BL,i}$			MJ/kg, lite	อ้างอิงจากผู้ใช้งาน
$EF_{CO2,FF}$			tCO_2/MJ	อ้างอิงจากผู้ใช้งาน
$QXID_{FF}$			-	อ้างอิงจากผู้ใช้งาน
โครงการ				
PEy	$FC_{PJ} \times EF_{C,FF} \times QXID_{FF} \times 44/12$		tCO_2e	ข้อมูลจากการคำนวณ
FC_{PJ}	$EG_{PJ,y} / \eta_{PJ}$		MJ	ข้อมูลจากการคำนวณ
η_{PJ}			-	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$EF_{C,FF}$			tC/MJ	อ้างอิงจากผู้ใช้งาน
$QXID_{FF}$			-	อ้างอิงจากผู้ใช้งาน
ER_y	BEy - PEy		tCO_2e	ข้อมูลจากการคำนวณ
BEy			tCO_2e	ข้อมูลจากการคำนวณ
PEy			tCO_2e	ข้อมูลจากการคำนวณ

ข.2.2) การเปลี่ยนเชื้อเพลิงหม้อน้ำ

- เงื่อนไขการบังคับใช้

1. เปลี่ยนมาใช้ชีวมวลหรือการเพิ่มสัดส่วนปริมาณชีวมวลจากระดับเดิม

2. อุปกรณ์ผลิตความร้อนตัวเดิมก่อนดำเนินโครงการทั้งที่ไม่ได้ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลมาก่อนหรือใช้มาก่อนภายใน 3 ปีก่อนดำเนินโครงการ

3. เชื้อเพลิงฟอสซิลอาจจะใช้เผาไหม้ร่วมกับชีวมวลในการผลิตความร้อนแต่ไม่ควรเกิน 50% ของปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้

4. ชีวมวลที่ใช้ในโครงการไม่ควรเก็บไว้นานเกิน 1 ปี

5. พิจารณาเฉพาะการใช้พลังงานในส่วนการขนส่งชีวมวลหรือกลไกปรับปรุงชีวมวลก่อนเผาไหม้แต่ไม่รวมกระบวนการทางเคมี

6. แหล่งชีวมวลผลิตโดยตรงในพื้นของโครงการหรือใช้การขนส่งมาสู่โครงการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

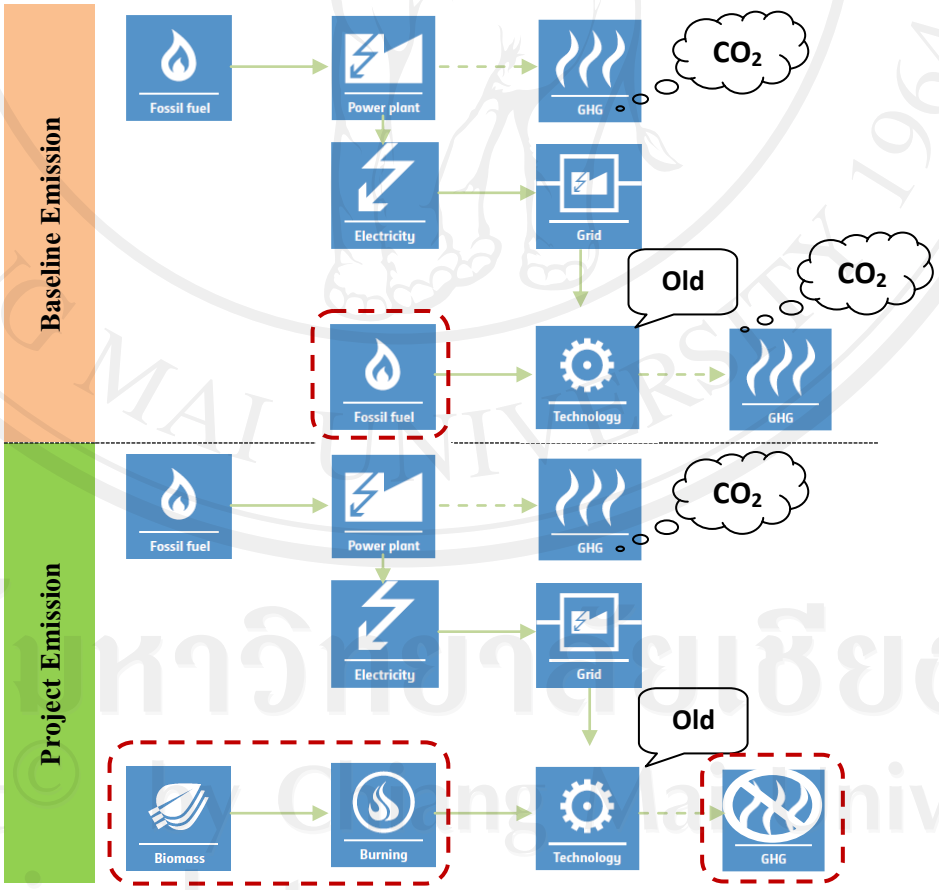
- ลักษณะและขอบเขตของโครงการ

เป็นโครงการเปลี่ยนเชื้อเพลิงในหม้อน้ำเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล เพื่อทดแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล

ขอบเขตโครงการ พื้นที่ของขอบเขตกิจกรรมโครงการเฉพาะพื้นที่ที่ทำการปรับปรุง ไม่รวมส่วนที่เหลือของสถานประกอบการ

- ข้อมูลกรณีฐาน

โครงการเปลี่ยนเชื้อเพลิงในหม้อน้ำด้วยเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อทดแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ให้ใช้ค่าความร้อนที่ต้องการผลิตและใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเชื้อเพลิงฟอสซิล และค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้ของอุปกรณ์ผลิตความร้อนด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิล และปริมาณก๊าซมีเทนที่ปล่อยจากชีวมวลขณะที่ไม่ได้นำมาเผาไหม้ ในการคำนวณหาค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน



รูปที่ ภผ ก.13 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานและโครงการของการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานด้วยการเปลี่ยนเชื้อเพลิงหม้อน้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำมาใช้ในการคำนวณ

	กิจกรรม	ชนิดของก๊าซเรือนกระจก	รายละเอียด
กรณีฐาน	การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของหม้อน้ำก่อนปรับปรุง	CO_2	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของหม้อน้ำโดยคิดเทียบเท่ากับพลังงานความร้อนจากการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล
	การเผาไหม้และย่อยสลายของชีวมวลก่อนนำมาใช้งาน	CH_4	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้และย่อยสลายของชีวมวลก่อนนำมาใช้งานที่ปริมาณเท่ากับการใช้ในโครงการ
โครงการ	การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของหม้อน้ำหลังปรับปรุง	CO_2	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงของหม้อน้ำหลังปรับปรุง
	การใช้ไฟฟ้าในการดำเนินการโครงการ	CO_2	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้ไฟฟ้าสำหรับการดำเนินการโครงการ
	การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการขนส่งชีวมวล	CO_2	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลสำหรับการขนส่งชีวมวลมายังโครงการ

- วิธีการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

กรณีฐาน

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานมีการคำนวณดังนี้

$$BE_y = BE_{FF,y} \times BE_{BR,y} \quad (81)$$

โดยที่:

$BE_{FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตความร้อนของกรณีฐาน (tCO_2e/yr)

$BE_{BR,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้แบบไม่ควบคุมหรือการย่อยสลายของชีวมวลแบบใช้อากาศ (tCO_2e/yr)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$BE_{FF,y} = \frac{HG_{PJ,biomass,y} \times EF_{FF,CO_2,y}}{\eta_{heat,FF}} \quad (82)$$

โดยที่:

$HG_{PJ,biomass,y}$ = ความร้อนรวมที่ผลิตจากการเผาไหม้ชีวมวลทุกอุปกรณ์ผลิตความร้อนในพื้นที่โครงการ (GJ/yr)

$EF_{FF,CO2,y}$ = ปัจจัยการปล่อยก๊าซ CO_2 ของเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ถูกทดแทนด้วยชีวมวล (tCO_2e/GJ)

$\eta_{heat,FF}$ = ประสิทธิภาพสุทธิเฉลี่ยของอุปกรณ์ผลิตความร้อนถ้าใช้เชื้อเพลิงเผาไหม้ในกรณีฐาน

ความร้อนรวมที่ผลิตจากการเผาไหม้ชีวมวลทุกอุปกรณ์

$$HG_{PJ,biomass,y} = HG_{PJ,total,y} \times \frac{\sum_i BF_{i,y} \times NCV_{BR,i}}{\sum_i BF_{i,y} \times NCV_{BR,i} + \sum_i FC_{i,y} \times NCV_{FF,i}} \quad (83)$$

โดยที่:

$HG_{PJ,total,y}$ = ความร้อนรวมทั้งที่ผลิตจากการเผาไหม้ชีวมวลและเชื้อเพลิงฟอสซิลทุกอุปกรณ์ผลิตความร้อนในพื้นที่โครงการ (GJ/yr)

$BF_{i,y}$ = ปริมาณชีวมวลประเภท i ที่ใช้ในโครงการต่อปี (kg/yr)

$FC_{i,y}$ = ปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท I ที่ใช้ในโครงการต่อปี (liter/yr)

$NCV_{BR,i}$ = ค่าความร้อนสุทธิของชีวมวลประเภท i (GJ/kg)

$NCV_{FF,i}$ = ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i (GJ/liter)

$$HG_{PJ,total,y} = m_{PJ,y} \times (h_{PJ,e} - h_{PJ,i}) / 10^6 \quad (84)$$

โดยที่:

$m_{PJ,y}$ = ปริมาณน้ำเฉลี่ยต่อปีของโครงการ (kg)

$h_{PJ,e}$ = ค่าเอนทาลปีของน้ำร้อนหรือไอน้ำร้อนขาออกของโครงการ (kJ/kg)

$h_{PJ,i}$ = ค่าเอนทาลปีของน้ำร้อนหรือไอน้ำร้อนขาเข้าของโครงการ (kJ/kg)

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้แบบไม่ควบคุมและการย่อยสลายของชีวมวลแบบใช้อากาศ

$$BE_{BR,y} = GWP_{CH_4} \times \sum_i BF_{i,y} \times NCV_{BR,i} \times EF_{CH_4,i,y} \quad (85)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยที่:

GWP_{CH4} = ศักยภาพการก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน ($tCO_2e/tCH4$)

$EF_{CH4,i,y}$ = ปัจจัยการปล่อยก๊าซมีเทนจากการเผาไหม้ชีวมวลประเภท i (tCH4/GJ)

โครงการ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการมีการคำนวณดังนี้

$$PE_y = PE_{CO_2,FF,y} + PE_{CO_2,EC,y} + PE_{CO_2,TR,y} \quad (86)$$

โดยที่:

$PE_{CO2,FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลบนพื้นที่ของโครงการ (tCO_2e/yr)

$PE_{CO2,EC,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ของโครงการ (tCO_2e/yr)

$PE_{CO2,TR,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างปี y จากการขนส่งชีวมวลสู่โครงการ (tCO_2e/yr)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างปี y เนื่องจากการใช้ไฟฟ้าสำหรับกระบวนการของชีวมวลนอกพื้นที่

$$PE_{CO_2,EC,y} = EC_{PJ,y} \cdot EF_{CO_2,grid,y} \quad (87)$$

โดยที่:

$EC_{PJ,y}$ = ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในพื้นที่ของโครงการ (MWh)

$EF_{CO2,grid,y}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในปี y (tCO_2e/MWh)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งของชีวมวลมายังโครงการ

$$PE_{TR,y} = \sum_f D_{f,m} \times FR_{f,m} \times EF_{CO_2,f} \times 10^{-6} \times n_{trip} \quad (88)$$

โดยที่:

$D_{f,m}$ = ระยะทางระหว่างจุดเริ่มต้นจนถึงโครงการของสายการขนส่ง f ในช่วงระยะเวลา m (km)

$FR_{f,m}$ = มวลรวมทั้งหมดของการขนส่งในสายการขนส่ง f ในช่วงระยะเวลา m (t)

$EF_{CO2,f}$ = ปัจจัยการปล่อยก๊าซ CO_2 สำหรับสายการขนส่ง f (gCO_2 / tkm)

n_{trip} = จำนวนเที่ยว

f = สายการขนส่งของโครงการในช่วงระยะเวลา m

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระดับของรถบรรทุก	Emission factor (gCO_2/tkm)
รถบรรทุกเบา (ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 26 ตัน)	245
รถบรรทุกหนัก (มากกว่า 26 ตัน)	129

สำหรับการสนับสนุนจากต่างประเทศจะเพิ่มการพิจารณาตัวแปรการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในพื้นที่ของโครงการโดยมีสมการดังต่อไปนี้

$$PE_{CO_2,FF,y} = \sum FC_{i,y} \times COEF_{i,y} \quad (89)$$

โดยที่:

$FC_{i,y}$ = ปริมาณของเชื้อเพลิงชนิด i ที่ใช้ผาไหม้ในแต่ละกระบวนการในช่วงปี y (มวลหรือปริมาตร/ ปี)

$COEF_{i,y}$ = สัมประสิทธิ์การปล่อย CO_2 ของเชื้อเพลิงชนิด i ในปี y (tCO_2/มวลหรือปริมาตร)

i = ชนิดของเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ในแต่ละกระบวนการในช่วงปี y

$$COEF_{i,y} = NCV_{FF,i,y} \times EF_{CO2,i,y} \quad (90)$$

โดยที่:

$NCV_{i,y}$ = ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงชนิด i ในปี y (GJ/มวลหรือปริมาตร)

$EF_{CO2,i,y}$ = ปัจจัยการปล่อยก๊าซ CO_2 ของเชื้อเพลิงชนิด i ในปี y (tCO_2/GJ)

- การตรวจวัด

จากวิธีการคำนวณสามารถแจกแจงตัวแปรในการตรวจวัดการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานด้านความร้อนโดยการเปลี่ยนเชื้อเพลิงหม้อน้ำได้ดังนี้

ตัวแปร	ประเภทของข้อมูล	หน่วย	ความถี่	การเก็บข้อมูล	เครื่องมือวัด
$m_{PJ,y}$	ปริมาณพลังงานน้ำเฉลี่ยต่อปีของโครงการ	kg	ระยะเวลา 15 นาที	ตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำขาเข้าหม้อน้ำ ขณะที่ภาระการใช้งานคงที่	I

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$h_{PJ,e}$	ค่าเอนทาลปีของน้ำร้อนหรือไอน้ำร้อนขาออกของโครงการ	kJ/kg	ระยะเวลา 15 นาที	ตรวจวัดค่าความดันและอุณหภูมิของน้ำร้อนหรือไอน้ำร้อนขาออกจากหม้อน้ำ ขณะที่ภาระการใช้งานคงที่	เครื่องบันทึกค่าความดันและอุณหภูมิน้ำร้อนหรือไอพลังงานน้ำร้อน
$h_{PJ,i}$	ค่าเอนทาลปีของน้ำหรือน้ำร้อนขาเข้าของโครงการ	kJ/kg	ระยะเวลา 15 นาที	ตรวจวัดค่าความดันและอุณหภูมิของน้ำหรือน้ำร้อนขาเข้าจากหม้อน้ำ ขณะที่ภาระการใช้งานคงที่	เครื่องบันทึกค่าความดันและอุณหภูมิน้ำ
$P_{PJ,y}$	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการดำเนินการโครงการ	MW	ทุก 1 นาที ระยะเวลา 1 ชั่วโมง	ตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้าจากแผงควบคุมรวมของระบบผลิตความร้อนขณะที่ภาระการใช้งานคงที่	A
$FC_{i,y}$	ปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในโครงการ	มวลหรือปริมาตร/ปี	ทุกๆ 1 นาที ระยะเวลา 1 ชั่วโมง	ตรวจวัดจากมิเตอร์วัดปริมาณเชื้อเพลิง โดยต้องผ่านการสอบเทียบอย่างน้อยปีละครั้ง และตรวจสอบปริมาณเชื้อเพลิงที่เปลี่ยนแปลงกับข้อมูลค่าใช้จ่าย	มิเตอร์วัดปริมาณเชื้อเพลิง

หมายเหตุ : ความถี่ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดจะต้องทำในรอบ 12 เดือน และควรระบุชื่อผู้ดำเนินการในการตรวจวัดแต่ละตัวแปรซึ่งต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญหรือมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีนั้น

- การรายงานผลการคำนวณ

สรุปค่าจากการตรวจวัดและการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

สัญลักษณ์	สูตร	ค่า	หน่วย	หมายเหตุ
กรณีฐาน				
BE_y	$BE_{FF,y} + BE_{BR,y}$		tCO_2e	ข้อมูลจากการคำนวณ
$BE_{FF,y}$	$(HG_{PJ,biomass,y} \times EF_{FF,CO2,y})/\eta_{heat,FF}$		tCO_2e/yr	ข้อมูลจากการคำนวณ
$HG_{PJ,biomass,y}$	$HG_{PJ,total,y} \times (\sum BF_{i,y} \times NCV_{BR,i}) / (\sum BF_{i,y} \times NCV_{BR,i} + \sum FC_{i,y} \times NCV_{FF,i})$		GJ/yr	ข้อมูลจากการคำนวณ
$HG_{PJ,total,y}$	$m_{PJ,y} \times (h_{PJ,e}-h_{PJ,i})/10^6$		GJ/yr	ข้อมูลจากการคำนวณ
$m_{PJ,y}$			kg	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$h_{PJ,e}$	$P_{PJ,e}, T_{PJ,e}$		kJ/kg	ข้อมูลจากการตรวจวัด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สัญลักษณ์	สูตร	ค่า	หน่วย	หมายเหตุ
$h_{PJ,i}$	$P_{PJ,i}$, $T_{PJ,i}$		kJ/kg	ข้อมูลจากการตรวจวัด
-	$\sum BF_{i,y} \times NCV_{BR,i}$		GJ	ข้อมูลจากการใช้งาน
-	$\sum FC_{i,y} \times NCV_{FF,i}$		GJ	ข้อมูลจากการใช้งาน
$EF_{FF,CO2,y}$			tCO_2e/GJ	อ้างอิงจากผู้ใช้
$\eta_{heat,FF}$			-	อ้างอิงจากผู้ใช้
$BE_{BR,y}$	$GWP_{CH4} \times \sum BF_{i,y} \times NCV_{BR,i} \times EF_{CH4,i,y}$		tCO_2e/yr	ข้อมูลจากการคำนวณ
GWP_{CH4}		21	tCO_2e/tCH_4	อ้างอิงจาก IPCC
-	$\sum BF_{i,y} \times NCV_{BR,i} \times EF_{CH4,i,y}$		tCH_4	ข้อมูลจากการคำนวณ
โครงการ				
PEy	$PE_{CO2,FF,y} + PE_{CO2,EC,y} + PE_{CO2,TR,y}$		tCO_2e	ข้อมูลจากการคำนวณ
$PE_{CO2,FF,y}$	$\sum FC_{i,y} \times COEF_{i,y}$		tCO_2e	ข้อมูลจากการคำนวณ
$FC_{i,y}$			มวลหรือปริมาตร/ปี	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$COEF_{i,y}$	$NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}$		tCO_2e/มวลหรือปริมาตร	ข้อมูลจากการคำนวณ
$NCV_{i,y}$			GJ/มวลหรือปริมาตร	อ้างอิงจากผู้ใช้
$EF_{CO2,i,y}$			tCO_2/GJ	อ้างอิงจากผู้ใช้
$PE_{CO2,EC,y}$	$EC_{PJ,y} \times EF_{CO2,grid,y}$		tCO_2e/yr	ข้อมูลจากการคำนวณ
$EC_{PJ,y}$	$P_{PJ,y} \times t_y$		kWh	ข้อมูลจากการคำนวณ
$P_{PJ,y}$			kW	ข้อมูลจากการตรวจวัด
t_y			hr	ข้อมูลจากการใช้งาน
$EF_{CO2,grid,y}$		0.5554	$kgCO_2/kWh$	อ้างอิงจาก อบก.
$PE_{TR,y}$	$\sum D_{f,m} \times FR_{f,m} \times EF_{CO2,f} \times 10^{-6} \times n_{trip}$		tCO_2e/y	ข้อมูลจากการคำนวณ
$D_{f,m}$			km/เที่ยว	ข้อมูลจากการใช้งาน
$FR_{f,m}$			t/เที่ยว	ข้อมูลจากการตรวจวัด
n_{trip}			เที่ยว	ข้อมูลจากการใช้งาน
$EF_{CO2,f}$			gCO_2 /tkm	อ้างอิงจากผู้ใช้งาน
ER_y	$BE_y - PE_y$		tCO_2e	ข้อมูลจากการคำนวณ
BE_y			tCO_2e	ข้อมูลจากการคำนวณ
PE_y			tCO_2e	ข้อมูลจากการคำนวณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค) การขนส่ง

ค.1) การขนส่งระบบราง

- เงื่อนไขการบังคับใช้

1. โครงการการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานระบบรางใหม่หรือแยกสายรถบัสใหม่

2. การแยกสายรถบัสใหม่หรือ MRTS ระบบรางที่ใช้แทนที่เส้นทางรถประจำทางที่มีอยู่ดำเนินการภายใต้สภาพการจราจร

3. วิธีการที่ไม่สามารถใช้ได้กับการปรับปรุงการดำเนินงานและช่องทางรถประจำทางหรือ MRTS ระบบรางที่มีอยู่แล้ว

4. วิธีการที่ไม่สามารถใช้แทนที่ช่องทางรถประจำทางที่มีอยู่แล้วหรือระบบรางที่มีอยู่แล้วหรือโครงสร้างพื้นฐานของระบบรางของชานเมืองแบบดำเนินการเต็มรูปแบบ

5. วิธีการใช้สำหรับขนส่งผู้โดยสารเท่านั้น

6. เชื้อเพลิงที่ใช้ประกอบด้วย (ของเหลว) เชื้อเพลิงก๊าซหรือการผสมเชื้อเพลิงชีวภาพเช่นเดียวกับการผลิตไฟฟ้าที่สามารถนำมาใช้ในกรณีฐานหรือโครงการ มีเงื่อนไขดังต่อไปนี้

- สำหรับเชื้อเพลิงชีวภาพ, รถโดยสารของโครงการจะต้องใช้การผสมผสานเชื้อเพลิงชีวภาพเหมือนกัน (ร้อยละเดียวกันของเชื้อเพลิงชีวภาพ) กับที่ใช้กับทั่วไปโดยเปรียบเทียบกับรถประจำทางในประเทศเช่นวิธีการไม่ใช้บังคับถ้าโครงการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพผสมสูงกว่าหรือต่ำกว่าของที่ใช้โดยทั่วไปของรถประจำทาง นอกจากนี้โครงการจะต้องไม่ใช้เชื้อเพลิงชีวภาพผสมสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับรถยนต์และรถแท็กซี่

7. วิธีการที่ไม่สามารถใช้ได้กับการดำเนินงานเกี่ยวกับอากาศและน้ำที่ใช้ระบบการขนส่ง

8. วิธีการที่ใช้ได้สำหรับการเดินทางในเมืองหรือชานเมือง ไม่สามารถใช้กับการขนส่งระหว่างเมือง

- ลักษณะและขอบเขตของโครงการ

โครงการจะประกอบด้วยการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากช่องทางเดินของ MRTS เท่านั้น พื้นที่ของช่องทางเดินของ MRTS ควรจะระบุไว้ในโครงการ

ขอบเขตโครงการ ขอบเขตพื้นที่ของขอบเขตโครงการจะประกอบด้วยพื้นที่เมืองขนาดใหญ่ที่ดำเนินโครงการ ขึ้นอยู่กับต้นทางและปลายทางของผู้โดยสารที่ใช้ระบบโครงการ โครงการไม่สามารถควบคุมการเดินทางของต้นทางหรือปลายทางของผู้โดยสารในพื้นที่ของโครงการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

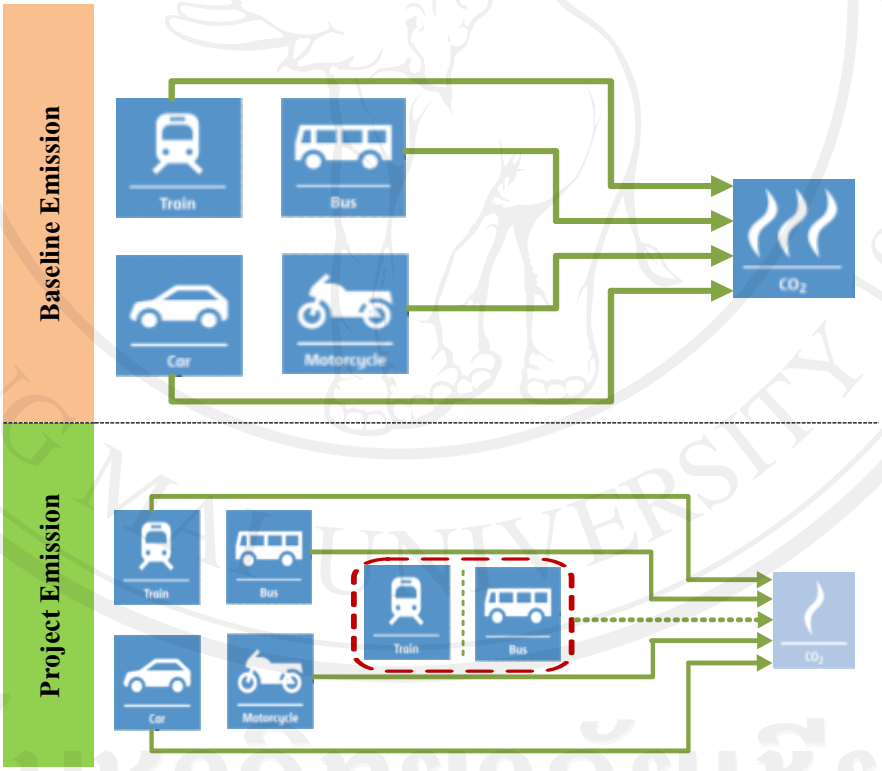
- ข้อมูลกรณีฐาน

1. ระยะการเดินทางต่อรูปแบบการขนส่งที่จะเกิดขึ้นในกรณีฐาน

2. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐานส่วนบุคคลสำหรับแต่ละผู้โดยสารที่สำรวจ

3. ใช้ปัจจัยการขยายตัวของแต่ละบุคคลในแต่ละการสำรวจผู้โดยสารตามตัวอย่างการออกแบบการสำรวจ (ตามที่กำหนดในภาคผนวกที่ 4) และสรุปการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐานทั้งหมดของรอบระยะเวลา (สัปดาห์) การสำรวจ เพื่อให้ได้ (หรือระยะเวลาการตรวจสอบ) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐานประจำปี การปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐานของระยะเวลาการสำรวจ (สัปดาห์) จะคำนวณต่อผู้โดยสารของรอบระยะเวลา (สัปดาห์) และคูณด้วยจำนวนผู้โดยสารที่ขนส่งต่อปี (หรือระยะเวลาการตรวจสอบ) ดังสมการที่ 1 ด้านล่าง

4. ใช้ความเชื่อมั่นต่ำที่สุดที่ 95% ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐานรวม



รูปที่ ภผ ก.14 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานและโครงการของการขนส่งระบบราง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำมาใช้ในการคำนวณ

	กิจกรรม	**ชนิดของก๊าซเรือนกระจก**	**รายละเอียด**
กรณีฐาน	รูปแบบการขนส่งที่มีการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล	CO_2	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกก่อนมีการขนส่งระบบราง
โครงการ	การขนส่งที่ใช้ไฟฟ้า	CO_2	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลังมีการขนส่งระบบราง

- วิธีการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

กรณีฐาน

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานมีการคำนวณดังนี้

$$BE_y = P_y \sum_p \left(BE_{p,y} \cdot BSP_{i,y} \right) \quad (91)$$

โดยที่:

BE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน.ในปี y (tCO_2)

$BE_{p,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐานต่อผู้โดยสารที่สำรวจในปี y (tCO_2)

$BSP_{i,y}$ = สัดส่วนผู้โดยสารที่ใช้ทั้งรถไฟฟ้าและอาจใช้ยานพาหนะประเภท "i" (บางส่วน)

P_y = จำนวนผู้โดยสารรวมในปี y

p = ผู้โดยสารที่สำรวจ (แต่ละบุคคล)

y = ปีของช่วงเวลาที่กำหนด

$$BE_{p,y} = \sum_i BTD_{p,i,y} \cdot EF_{PKM,i,y} \times 10^{-6} \quad (92)$$

โดยที่:

$BE_{p,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐานต่อผู้โดยสารที่สำรวจ p ในปี y (tCO_2)

$EF_{PKM,i,y}$ = ปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อผู้โดยสาร-กิโลเมตร ของรูปแบบ i ในปี y (gCO_2/PKM)

$BTD_{p,i,y}$ = ระยะการเดินทางกรณีฐานของผู้โดยสารที่สำรวจ p ในการใช้รถประเภท i ในปี y (km)

p = ผู้โดยสารที่สำรวจ (แต่ละบุคคล)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

i = ประเภทยานพาหนะ

y = ปีของช่วงเวลาที่กำหนด

ประเภทรถ/ตัวแปร	$EF_{KM,i}$	OC_i	BTD_{Pi}
รถประจำทาง (Bus)	1,034	40.59	7.3
รถยนต์ส่วนบุคคล (PC)	192	1.93	7.3
รถแท็กซี่ (TX)	175	0.77	7.3
รถจักรยานยนต์ (MC)	49	1.37	7.3

แหล่งอ้างอิง : สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.)

โครงการศึกษาความเหมาะสมในการดำเนินโครงการตามกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism, CDM) ในภาคคมนาคมและขนส่ง (ระยะที่2) โดย ศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างมูลฐานอย่างยั่งยืน มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2552

การหาปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อผู้โดยสาร-กิโลเมตร ($EF_{PKM,i,y}$)

$$EF_{PKM,i,y} = \frac{EF_{KM,t}}{OC_i} \quad (93)$$

โดยที่:

$EF_{PKM,i,y}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อผู้โดยสาร-กิโลเมตร ของรูปแบบ i ในปี y (gCO_2/PKM)

$EF_{KM,i}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อกิโลเมตรของรถโดยสารแต่ละประเภท i (gCO_2/km)

OC_i = อัตราการโดยสารเฉลี่ยของยานพาหนะประเภท “i” ก่อนโครงการเริ่ม (คน)

โครงการ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการมีการคำนวณดังนี้

$$PE_y = EC_{PJ,y} \times EF_{CO_2,grid,y} \quad (94)$$

โดยที่:

PE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการในปี y (tCO_2)

$EC_{PJ,y}$ = ปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าของรถไฟฟ้า (เฉพาะตัวรถไฟ) MWh/yr

$EF_{CO2,grid,y}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในปี y tCO_2/MWh

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- การตรวจวัด

จากวิธีการคำนวณสามารถแจกแจงตัวแปรในการตรวจวัดการขนส่งระบบราง ได้ดังนี้

ตัวแปร	ประเภทของข้อมูล	หน่วย	ความถี่	การเก็บข้อมูล	เครื่องมือวัด
P_y	จำนวนผู้โดยสารรวมในปี y	คน	ทุกวัน	ตรวจเช็คตรงประตูทางเข้าอัตโนมัติ	ประตูทางเข้าอัตโนมัติ
$BTD_{p,i,y}$	ระยะการเดินทางกรณีฐานของผู้โดยสารที่สำรวจ p ในการใช้รถประเภท i	km	ทุกเดือน	สัมภาษณ์	-
OC_i	อัตราการโดยสารเฉลี่ยของยานพาหนะประเภท “i” ก่อนโครงการเริ่ม	คน	ทุกเดือน	สัมภาษณ์	-
$EC_{PJ,y}$	ปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าของรถไฟฟ้า (เฉพาะตัวรถไฟ)	MWh/yr	ทุกเดือน	วัดมิเตอร์ไฟฟ้า	-

หมายเหตุ : ความถี่ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดจะต้องทำในรอบ 12 เดือน และควรระบุชื่อผู้ดำเนินการในการตรวจวัดแต่ละตัวแปรซึ่งต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญหรือมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีนั้น

- การรายงานผลการคำนวณ

สรุปค่าจากการตรวจวัดและการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

สัญลักษณ์	สูตร	ค่า	หน่วย	หมายเหตุ
กรณีฐาน				
BE_y	$P_y \sum(BE_{p,y} \times BSP_{i,y})$		tCO_2	ข้อมูลจากการคำนวณ
$BE_{p,y}$	$\sum(BTD_{p,I,y} \times EF_{PKM,I,y} \times 10^{-6})$		tCO_2	ข้อมูลจากการคำนวณ
$BSP_{i,y}$				ข้อมูลจากการคำนวณ
P_y			คน	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$BTD_{p,i,y}$			PKM	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$EF_{PKM,i,y}$	$EF_{KM,i}/OC_i$		gCO_2/PKM	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$EF_{KM,i}$			gCO_2/km	ข้อมูลจากการตรวจวัด
OC_i			คน	ข้อมูลจากการตรวจวัด
โครงการ				
PE_y	$EC_{PJ,y} \times EF_{CO2,grid,y}$		tCO_2	ข้อมูลจากการคำนวณ
$EC_{PJ,y}$			MWh/yr	ข้อมูลจากการตรวจวัด
$EF_{CO2,grid,y}$		0.5554	tCO_2/MWh	อ้างอิงจาก อบก.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สัญลักษณ์	สูตร	ค่า	หน่วย	หมายเหตุ
ER_y	BEy - PEy		tCO_2	ข้อมูลจากการคำนวณ
BE_y			tCO_2	ข้อมูลจากการคำนวณ
PE_y			tCO_2	ข้อมูลจากการคำนวณ

จากการพิจารณาวิธีการคำนวณ การตรวจวัด และการรายงานผล การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละประเภทกิจกรรมข้างต้น จะเห็นได้ว่าการจะได้มาซึ่งค่าของตัวแปรตรวจวัดต่างๆนั้นจำเป็นอย่างยิ่งต้องมีอุปกรณ์ตรวจวัด ทั้งเพื่อตรวจวัดและตรวจสอบความถูกต้องของค่าเหล่านั้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทราบถึงชนิดของอุปกรณ์ ช่วงการวัด ความถี่ในการสอบเทียบอุปกรณ์เพื่อให้เกิดความเที่ยงตรงและแม่นยำของข้อมูล และราคาของอุปกรณ์เพื่อประเมินราคาตรวจวัดเริ่มต้นในแต่ละประเภทของกิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังนั้นจึงได้จัดทำตารางอุปกรณ์ตรวจวัดเพื่อความสะดวก ดังตารางต่อไปนี้

ตารางอุปกรณ์ตรวจวัด

	ชื่ออุปกรณ์	ช่วงการวัด	ความถี่ในการสอบเทียบ	ราคา (บาท)	รูปภาพ
A	**อุปกรณ์วัดปริมาณไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง**	6 V to 960 V 6 V to 480 V 100 mA to 6,500 A 40 Hz to 69 Hz	12 เดือน	200,000	
B	**เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด**	-35 °C ถึง +950 °C 0 ถึง 100%RH	12 เดือน	70,000	
C	**อุปกรณ์วัดอุณหภูมิน้ำ**	ชนิดหัววัด Pt100 -100 ถึง 800 °C ชนิดหัววัด NTC -50 ถึง 150 °C	12 เดือน	40,000	
D	**เครื่องวัดความเร็วลมและอุณหภูมิแบบพกพา**	ความเร็วลม 0.3 ถึง 20 m/s อุณหภูมิ 0 ถึง +50 องศาเซลเซียส	12 เดือน	36,000	
F	**อุปกรณ์วิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบ**	CH_4 : 0 - 100% CO_2 : 0 - 100%	12 เดือน	300,000	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

	ชื่ออุปกรณ์	ช่วงการวัด	ความถี่ในการสอบเทียบ	ราคา (บาท)	รูปภาพ
	พกพา	O_2 : 0-25% H_2S : 0-500ppm, 0-5,000ppm or 0-10,000ppm			
G	**เครื่องวัดค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้**	อุณหภูมิ -40 ถึง +1,200 C ก๊าซออกซิเจน (O2) 0 ถึง 21%Vol. ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) 0 ถึง 4,000 ppm ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 0 ถึง CO2max ก๊าซเชื้อเพลิงชนิดมีเทน (CH_4) หรือ โพรเพน (C_3H_8) สำหรับการวัดการรั่วของก๊าซไวไฟในบรรยากาศ 0 ถึง 10,000 ppm (option) แรงดันอากาศในปล่องไอเสีย (Draft pressure) -40 ถึง +40 hPa	12 เดือน	250,000	
H	**เครื่องวัดค่าความเป็นกรดด่างและอุณหภูมิของน้ำ น้ำเสียและของเหลว**	0 ถึง 14 pH 0 ถึง 60 °C	12 เดือน	30,000	
I	**เครื่องวัดอัตราการไหลของของเหลวในท่อชนิดเคลื่อนย้าย**	ขนาดท่อ 13 ถึง 5,000 mm อัตราการไหล 0.1m/s ถึง 20m/s bi-directional อุณหภูมิ -20°C ถึง +135°C	12 เดือน	350,000	
J	**อุปกรณ์ตรวจวัดความส่องสว่าง**	1 lux (ช่วงการวัด 0 ถึง 19,999 lux) 10 lux (ช่วงการวัด 20,000 ถึง 99,999 lux)	12 เดือน	15,000	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

	ชื่ออุปกรณ์	ช่วงการวัด	ความถี่ในการสอบเทียบ	ราคา (บาท)	รูปภาพ
K	**เครื่องวัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์**	ช่วงของแสงอาทิตย์ที่ได้รับ 1 W/m^2 ถึง 1999 W/m^2	12 เดือน	7,500	

ราคาต้นทุนในการตรวจวัด

จากการวิเคราะห์ต้นทุนในการตรวจวัดโดยการพิจารณาราคาของแต่ละตัวแปรตรวจวัดและเปรียบเทียบถึงค่าใช้จ่ายรวมจากตัวแปรตรวจวัดในแต่ละเทคโนโลยีระหว่างวิธีการของ CDM และวิธีการของแนวทาง MRV ในภาคพลังงานของประเทศไทยทั้งการสนับสนุนภายในประเทศและจากต่างประเทศสามารถสรุปราคาต้นทุนในการตรวจวัดได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางสรุปการเปรียบเทียบราคาต้นทุนในการตรวจวัดสำหรับแนวทางของ MRV

เทคโนโลยี	CDM	MRV	
		Domes.	Inter
ด้านพลังงานทดแทน			
ผลิตไฟฟ้าโดยพลังงานแสงอาทิตย์ ลมและน้ำ	6,200	6,200	6,200
ผลิตความร้อนโดยพลังงานแสงอาทิตย์	7,300	7,300	7,300
ผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ			
- น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม	22,150	13,150	20,150
- น้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์	16,600	8,600	15,600
- การฝังกลบขยะ	23,700	8,600	15,600
ผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล	7,900	7,100	7,900
ผลิตความร้อนจากชีวมวล	11,000	7,900	9,000
ด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน			
- การเปลี่ยนหรือปรับปรุงเครื่องทำน้ำเย็น	9,200	7,400	7,400
- การเปลี่ยนหรือปรับปรุง โบลเวอร์ ปั๊มน้ำและมอเตอร์	6,200	6,200	6,200
- การเปลี่ยนหลอดไฟ	6,200	6,300	6,300

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- การเปลี่ยนหรือปรับปรุงหม้อน้ำ	8,600	8,600	8,600
- การเปลี่ยนเชื้อเพลิงในหม้อน้ำ	13,300	12,500	13,300
ด้านการขนส่ง (ระบบราง)	7,700	7,700	7,700

หมายเหตุ:

1. คิดราคาในหน่วยบาท
2. เป็นตัวอย่างราคาต่อการวัด 1 ตัวอย่าง (Sample) ไม่รวมค่าวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมด รวมถึงไม่รวมค่าอุปกรณ์ตรวจวัดและค่าใช้จ่ายในการทวนสอบ
3. ในทางปฏิบัติการตรวจวัดจะขึ้นอยู่กับขนาดอุปกรณ์และลักษณะเฉพาะของพื้นที่ตรวจวัด อันจะนำมาซึ่งการเปลี่ยนแปลงราคาการตรวจวัดได้

ซึ่งราคาการตรวจวัดในด้านพลังงานทดแทนนั้นราคาตรวจวัดในส่วนของการผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์ ลมและน้ำ จะมีราคาเท่ากันเนื่องจากการพิจารณาตัวแปรตรวจวัดไม่แตกต่างกัน ส่วนการผลิตพลังงานจากก๊าซชีวภาพและชีวมวลนั้นราคาตรวจวัดในส่วนของวิธีการของ CDM จะมีราคาสูงที่สุด รองลงมาคือวิธีการของแนวทาง MRV ซึ่งส่วนที่ได้รับการสนับสนุนจากต่างประเทศจะมีราคาสูงกว่าส่วนที่มีการสนับสนุนภายในประเทศ

ส่วนในด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานจะเห็นได้ว่าถึงแม้จะอ้างอิงมาตรฐานจาก IPMVP แต่ราคาในการตรวจวัดจะไม่แตกต่างจากวิธีการของ CDM มากนัก แต่อย่างไรก็ตามยังคงมีตัวแปรตรวจวัดของวิธีการ CDM บางตัวแปรที่ไม่สามารถระบุถึงค่าใช้จ่ายได้เนื่องจากเป็นตัวแปรเฉพาะในวิธีการของ CDM ซึ่งจะส่งผลต่อราคาในการตรวจวัดที่อาจจะสูงขึ้นตามมา

ส่วนในด้านการขนส่งนั้นมีตัวแปรตรวจวัดเพียงตัวแปรเดียวดังนั้นราคาตรวจวัดจึงไม่มีความแตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แนวทางการทวนสอบ

จากแนวทางการตรวจวัด และการรายงานผล การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละด้านพลังงาน จะนำไปสู่ผลการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้ แต่ผลที่ได้นั้นยังขาดการรับรองถึงความถูกต้อง ความเพียงพอและเหมาะสมของข้อมูล ทั้งในด้านเอกสารหลักฐานยืนยันการได้มาซึ่งข้อมูล ด้านข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้ และด้านความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นกับข้อมูล จึงต้องมีการทวนสอบเพื่อประเมินผลของข้อมูลตามแนวทางการทวนสอบและรับรองจากหน่วยงานทวนสอบที่เชื่อถือได้

ดังนั้นแนวคิดในการทวนสอบของคู่มือฉบับนี้เกิดจากการศึกษาและพิจารณาองค์ประกอบของการทวนสอบตามมาตรฐานสากลต่างๆ เพื่อให้มีความชัดเจน ตรงประเด็น และครอบคลุมทุกส่วนในการประเมินผลรายงานการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และเป็นไปตามหลักการของมาตรฐานสากล ซึ่งประกอบด้วยการทวนสอบของ 2 มาตรฐาน

- CDM validation and verification manual/ CDM EB (กำลังจะเลิกใช้วันที่ 31 ม.ค. 2013 เปลี่ยนไปใช้ Clean development mechanism validation and verification standard" (VVS) แทน) ซึ่งมีองค์ประกอบดังนี้
    i. **วัตถุประสงค์** ของการทวนสอบเพื่อกำหนดเป้าหมายของแผนการทวนสอบ ทำให้เกิดความแน่ใจในการปฏิบัติงาน ความสมบูรณ์ และความโปร่งใส
    ii. **วิธีการทวนสอบ** ประกอบด้วยหลักของการทวนสอบ คุณภาพของหลักฐาน ความชัดเจน การแก้ไขปัญหา และการดำเนินการ
    iii. **รายงานการทวนสอบ** เป็นบทสรุปจากทีมงานการทวนสอบ ทั้งข้อมูลพื้นฐานต่างๆ ข้อสำคัญของการปฏิบัติงาน และการประเมินข้อมูลรายงานการทวนสอบทั้งหมด
    iv. **การรับรอง** รับรองจาก DOE และจากคณะกรรมการบริหารของ CDM
- MRV for Offset Credit (J-VER) scheme - validation and verification guideline for J-VER scheme/ Ministry of the Environment, Japan
    i. **วัตถุประสงค์** คือการประเมินการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทั้งประเภทของข้อมูล ความเหมาะสมของวิธีการ ความถูกต้องของรายงานการทวนสอบ และค่าความเชื่อมั่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ii. **วิธีการทวนสอบ** ประกอบด้วยการวางแผนงานในการประเมินข้อมูล ค่าความเชื่อมั่นของข้อมูล ความเสี่ยง และจำนวนตัวอย่างของข้อมูล

iii. **รายงานการทวนสอบ** เป็นการสรุปผลการประเมินและตรวจสอบข้อมูลตามในแต่ละประเภท ความน่าเชื่อถือและความถูกต้องของข้อมูล

iv. **การรับรอง** ยอมรับค่าความคลาดเคลื่อนที่ 5% ที่อาจจะเกิดจากความไม่เที่ยงตรงและความผิดพลาดที่อาจเป็นไปได้

จากการพิจารณาองค์ประกอบดังกล่าวจะทำให้สามารถบอกถึงความหมายของการทวนสอบและแนวทางที่ควรจะเป็นสำหรับแนวทางการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบในภาคพลังงานของประเทศไทย ได้อย่างชัดเจน ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น ได้ดังต่อไปนี้

“การทวนสอบ” ของ MRV guideline หมายถึง กระบวนการสร้างความเชื่อมั่น โดยมีการดำเนินงานในด้านต่างๆ อย่างรอบด้าน รวมถึงการรวบรวมและประเมินเอกสารหลักฐานที่เกี่ยวข้องเพื่อเปรียบเทียบกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการ และมีการรายงานผลการทวนสอบ (verification report) ต่อผู้อ่านรายงาน เพื่อทวนสอบว่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้ที่ระบุไว้ในรายงานการติดตามผล (Monitoring Report) มีความสอดคล้องตามหลักการและข้อกำหนดที่ระบุใน “คู่มือแนวทางการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ” โดยการทวนสอบนั้นจะต้องดำเนินการอย่างเป็นอิสระโดยองค์กรกลางที่ไม่มีส่วนได้ส่วนเสียกับผู้พัฒนาโครงการ/เจ้าของโครงการ

“การทวนสอบโดยหน่วยงานทวนสอบ” หมายถึง กระบวนการซึ่งมีองค์กรกลางเป็นผู้ดำเนินการทวนสอบว่าการตรวจวัดและการรายงานผลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้และอื่นๆ ที่เกิดขึ้นจากโครงการที่เข้าร่วม ตามเงื่อนไขที่กำหนดและมีความสอดคล้องเป็นไปตามข้อกำหนดของแนวทางการตรวจวัดและรายงานผล และอื่นๆที่อยู่ในรูปแบบการรายงานการติดตามผล

แนวทางการทวนสอบ สำหรับการทวนสอบ รายงานการติดตามผลการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละด้านพลังงาน เพื่อประเมินความถูกต้อง ความเพียงพอและเหมาะสมของข้อมูลประกอบด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้

1. บทบาทและความรับผิดชอบ
2. องค์ประกอบของการทวนสอบ
3. การประเมินความเสี่ยง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. การจัดทำแผนการตรวจสอบและทวนสอบ

5. การดำเนินการทวนสอบ

6. การประเมินผล

7. การจัดทำการรายงานผล

1. บทบาทและความรับผิดชอบ

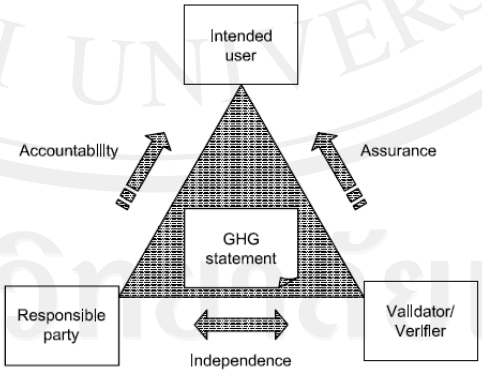
บทบาทและความรับผิดชอบของผู้ที่เกี่ยวข้องกับการทวนสอบและมีความสัมพันธ์กันดังต่อไปนี้

ผู้เข้าร่วมโครงการ จัดหาและแต่งตั้งผู้ทวนสอบเพื่อพิจารณาข้อมูลตามข้อกำหนดของการทวนสอบนั้นๆ ถึงความสามารถและการปฏิบัติงาน

องค์กรหรือผู้สนับสนุนโครงการลดก๊าซเรือนกระจก ทำหน้าที่ยืนยันปริมาณก๊าซเรือนกระจกตามข้อกำหนดของผู้ทวนสอบ รวมถึงข้อมูลสนับสนุนการยืนยันปริมาณก๊าซเรือนกระจก

ผู้ทวนสอบ ทำการทวนสอบและสรุปตามรูปแบบรายงานการทวนสอบ ซึ่งเป็นการให้ความเห็นที่เป็นอิสระต่อข้อมูล และจะเผยแพร่ไปยังเฉพาะกลุ่มที่ได้ตกลงไว้กับผู้เข้าร่วมโครงการ

ข้อมูลของผู้ที่เกี่ยวข้อง อาจเป็นผู้เข้าร่วมโครงการ กลุ่มผู้รับผิดชอบ ผู้รับผิดชอบโปรแกรมการจัดการก๊าซเรือนกระจก ผู้กำกับดูแล (regulators) ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหรือผู้ประกอบการอื่น ๆ ที่ได้รับผลกระทบ (เช่น ชุมชนท้องถิ่น หน่วยงานทางภาครัฐหรือองค์กรเอกชน)



รูปที่ ภผ ก.15 บทบาทและความรับผิดชอบของผู้ที่เกี่ยวข้องกับการทวนสอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยแนวปฏิบัติในการทวนสอบ (Code of Conduct) จะต้องดำเนินการทวนสอบด้วยความเที่ยงธรรม ปราศจากความมีอคติ และเป็นอิสระ เพื่อแสดงถึงความรับผิดชอบตามหลักการของมาตรฐาน ISO 14064-3

2. องค์ประกอบของการทวนสอบ

การทวนสอบรายงานการติดตามผลของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ ผู้เข้าร่วมโครงการจำเป็นต้องทราบถึงองค์ประกอบของการทวนสอบ เพื่อให้เกิดความเข้าใจและการทำงานเป็นไปในแนวทางเดียวกัน โดยองค์ประกอบมีดังต่อไปนี้

2.1 ผู้ทวนสอบ

หน่วยงานทวนสอบต้องคัดเลือกบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถที่เหมาะสมเพื่อสร้างคณะผู้ทวนสอบและแต่งตั้งหัวหน้าผู้ทวนสอบ ทั้งนี้ เพื่อให้ได้คณะผู้ทวนสอบซึ่งสามารถให้ความเห็นต่อการทวนสอบได้อย่างเหมาะสม หน่วยงานทวนสอบต้องดำเนินการทวนสอบอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล และสอดคล้องกับวิธีการทวนสอบ

คุณสมบัติของผู้ทวนสอบ คือ

ก. มีความรู้ มีความเป็นมืออาชีพในการทวนสอบ

ข. มีความเป็นอิสระ

ค. ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อนกับหน่วยงาน หรือโครงการ หรือบุคคลผู้ถูกทวนสอบ หรือหน่วยงานที่ใช้ข้อมูลจากผลการทวนสอบ

ง. ดำเนินการอย่างซื่อสัตย์ ตรงไปตรงมา น่าเชื่อถือ ในทุกขั้นตอน

หลักเกณฑ์ในการพิจารณาคุณสมบัติข้างต้นให้เป็นไปตามข้อกำหนดใน ISO 14065 หน่วยงานทวนสอบที่เป็นหน่วยงานภายนอก จะต้องได้รับการรับรองตาม ISO 14065

2.2 โครงสร้างของการทวนสอบ

คณะผู้ทวนสอบประกอบไปด้วยหัวหน้าทีม 1 คน ซึ่งมีหน้าที่ในการดำเนินการทวนสอบ และทีมงาน หน่วยงานทวนสอบต้องประเมินความเสี่ยงในการตรวจสอบหรือทวนสอบ และระบุความเสี่ยงดังกล่าวออกมาเพื่อใช้ในการพัฒนาและจัดทำแผนการตรวจสอบหรือทวนสอบ หน่วยงานตรวจสอบหรือทวนสอบยังต้องดำเนินการเพื่อให้ผลที่ได้จากการตรวจสอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หรือทวนสอบมีความครอบคลุมให้มากที่สุด และจัดทำการสรุปผลการดำเนินงานตามหลักฐานซึ่งต้องมีความถูกต้อง เพียงพอและสามารถตรวจสอบได้

2.3 การทบทวนข้อตกลง

คณะผู้ทวนสอบ และผู้เข้าร่วมโครงการ จะต้องเห็นพ้องกันในสิ่งต่อไปนี้

ก. วัตถุประสงค์ของการทวนสอบ

การประเมินถึงความถูกต้องของข้อมูลในรายงานการติดตามผลของกิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละประเภท

ข. ขอบข่ายของการทวนสอบ

มีความแตกต่างกันไปตามประเภทของกิจกรรม ซึ่งถูกกำหนดขอบข่ายจากการประเมินความเสี่ยงของข้อมูลในรายงานการติดตามผล เพื่อให้การทวนสอบมีความตรงประเด็นและสอดคล้องกับตัวแปรที่มีผลต่อข้อมูล

ค. หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการทวนสอบ

เกณฑ์ในการทวนสอบ ความถูกต้อง ความโปร่งใส ความเพียงพอและเหมาะสมของข้อมูล ความน่าเชื่อถือ และสามารถตรวจสอบได้ โดยเกณฑ์ในการประเมินรายงานตามหลักการพื้นฐานมีดังต่อไปนี้

ระดับคะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
ความโปร่งใส	
5	มีข้อมูลทั้งการเลือกแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก ขอบเขตของการคำนวณ วิธีการคำนวณ วิธีการวัด และเอกสารอ้างอิงที่ชัดเจน เพียงพอและเหมาะสมมากที่สุด
4	มีข้อมูลทั้งการเลือกแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก ขอบเขตของการคำนวณ วิธีการคำนวณ วิธีการวัด และเอกสารอ้างอิงที่ชัดเจน เพียงพอและเหมาะสมมาก
3	มีข้อมูลทั้งการเลือกแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก ขอบเขตของการคำนวณ วิธีการคำนวณ วิธีการวัด และเอกสารอ้างอิงที่ชัดเจน เพียงพอและเหมาะสมปานกลาง
2	มีข้อมูลทั้งการเลือกแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก ขอบเขตของการคำนวณ วิธีการคำนวณ วิธีการวัด และเอกสารอ้างอิงที่ชัดเจน เพียงพอและเหมาะสมน้อย
1	ไม่มีข้อมูลที่ชัดเจน เพียงพอและเหมาะสม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระดับคะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
ความถูกต้อง	
5	มีการลดความไม่แน่นอน รักษาระดับความถูกต้อง มีการรับรองข้อมูล และข้อมูลเหมาะสมมากที่สุด
4	มีการลดความไม่แน่นอน รักษาระดับความถูกต้อง มีการรับรองข้อมูล และข้อมูลเหมาะสมมาก
3	มีการลดความไม่แน่นอน รักษาระดับความถูกต้อง มีการรับรองข้อมูล และข้อมูลเหมาะสมปานกลาง
2	มีการลดความไม่แน่นอน รักษาระดับความถูกต้อง มีการรับรองข้อมูล และข้อมูลเหมาะสมน้อย
1	ไม่มีการลดความไม่แน่นอน รักษาระดับความถูกต้อง มีการรับรองข้อมูล และข้อมูลเหมาะสม
การเปรียบเทียบ	
5	แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก ข้อมูล วิธีการวัดและคำนวณ รวมถึงช่วงเวลาแต่ละฤดูกาลที่เหมาะสม สะท้อนถึงปริมาณการปล่อยตามความสำคัญของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละแหล่งมากที่สุด
4	แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก ข้อมูล วิธีการวัดและคำนวณ รวมถึงช่วงเวลาแต่ละฤดูกาลที่เหมาะสม สะท้อนถึงปริมาณการปล่อยตามความสำคัญของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละแหล่งมาก
3	แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก ข้อมูล วิธีการวัดและคำนวณ รวมถึงช่วงเวลาแต่ละฤดูกาลที่เหมาะสม สะท้อนถึงปริมาณการปล่อยตามความสำคัญของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละแหล่งปานกลาง
2	แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก ข้อมูล วิธีการวัดและคำนวณ รวมถึงช่วงเวลาแต่ละฤดูกาลที่เหมาะสม สะท้อนถึงปริมาณการปล่อยตามความสำคัญของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละแหล่งน้อย
1	ไม่มีความสัมพันธ์กันทั้งแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก ข้อมูล วิธีการวัดและคำนวณ รวมถึงช่วงเวลาแต่ละฤดูกาลที่เหมาะสม
ความสอดคล้อง	
5	ข้อมูลที่เก็บรวบรวมหรือคำนวณจากการติดตามในชุดข้อมูลแบบเดียวกัน เมื่อทุกๆ การเปลี่ยนแปลงข้อมูล มีความสอดคล้องกันมากที่สุด
4	ข้อมูลที่เก็บรวบรวมหรือคำนวณจากการติดตามในชุดข้อมูลแบบเดียวกัน เมื่อทุกๆ การเปลี่ยนแปลงข้อมูล มีความสอดคล้องกันมาก
3	ข้อมูลที่เก็บรวบรวมหรือคำนวณจากการติดตามในชุดข้อมูลแบบเดียวกัน เมื่อทุกๆ การเปลี่ยนแปลงข้อมูล มีความสอดคล้องกันปานกลาง
2	ข้อมูลที่เก็บรวบรวมหรือคำนวณจากการติดตามในชุดข้อมูลแบบเดียวกัน เมื่อทุกๆ การเปลี่ยนแปลงข้อมูล มีความสอดคล้องกันน้อย
1	ไม่มีความสอดคล้องกันของข้อมูลเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระดับคะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
ความสมบูรณ์	
5	ตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลจากทุกแหล่งในขอบเขต และสะท้อนถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น เอกสารสมบูรณ์ทั้งรูปแบบ ข้อมูลที่ครบถ้วน แหล่งอ้างอิงและสมมติฐานที่เหมาะสมมากที่สุด
4	ตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลจากทุกแหล่งในขอบเขต และสะท้อนถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น เอกสารสมบูรณ์ทั้งรูปแบบ ข้อมูลที่ครบถ้วน แหล่งอ้างอิงและสมมติฐานที่เหมาะสมมาก
3	ตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลจากทุกแหล่งในขอบเขต และสะท้อนถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น เอกสารสมบูรณ์ทั้งรูปแบบ ข้อมูลที่ครบถ้วน แหล่งอ้างอิงและสมมติฐานที่เหมาะสมปานกลาง
2	ตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลจากทุกแหล่งในขอบเขต และสะท้อนถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น เอกสารสมบูรณ์ทั้งรูปแบบ ข้อมูลที่ครบถ้วน แหล่งอ้างอิงและสมมติฐานที่เหมาะสมน้อย
1	ไม่มีการตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลจากทุกแหล่งในขอบเขต และไม่สะท้อนถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น เอกสารไม่สมบูรณ์ทั้งรูปแบบ ข้อมูลที่ครบถ้วน แหล่งอ้างอิงและสมมติฐานที่เหมาะสม

ง. เกณฑ์พิจารณาความมีสาระสำคัญ (materiality)

เกิดจากค่าความไม่แน่นอนรวมที่ระดับ 5% ซึ่งเกิดจากค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดหรือวิธีการตรวจวัด ค่าความผิดพลาดที่อาจเป็นไปได้ และค่าความผิดพลาดเนื่องจากความไม่เที่ยงตรงอาจจะเกิดจากผู้ปฏิบัติงานหรือเครื่องมือตรวจวัด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4 ขั้นตอนการทวนสอบ

ขั้นตอน	รายละเอียดการดำเนินงาน	สถานที่ดำเนินงาน
1 การทบทวนข้อตกลง	ผู้ทวนสอบและผู้พัฒนาโครงการจะต้องเห็นพ้องกันในวัตถุประสงค์ ขอบข่าย หลักเกณฑ์ ตลอดจนการกำหนดเกณฑ์ข้อบกพร่องที่มีนัยสำคัญ	สำนักงานของหน่วยงานทวนสอบ หรือ สถานที่ดำเนินโครงการ
2 รวบรวมข้อมูลโครงการ	รวบรวมข้อมูลจากเอกสารประกอบโครงการ รายงานการตรวจสอบ และอื่นๆ อาทิ สภาพแวดล้อมของโครงการ วัตถุประสงค์และสาระในการดำเนินโครงการ สถานะการดำเนินงาน วิธีการติดตามผล ระบบการติดตามผล ระบบการรายงาน และวิธีการจัดทำข้อมูล (data processing method)	สำนักงานของหน่วยงานทวนสอบ (และสถานที่ดำเนินโครงการ หากจำเป็น)
3 การประเมินความเสี่ยง	ประเมินความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากความไม่แน่นอนและความผิดพลาด (Uncertainty and error) ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง ซึ่งได้ประมาณการไว้ และประเมินขนาดของความเสี่ยง	สำนักงานของหน่วยงานทวนสอบ
4 จัดทำแผนการทวนสอบ	จากผลการประเมินความเสี่ยง จัดทำแผนการทวนสอบและแผนการสุ่มตัวอย่าง ซึ่งมีขั้นตอนที่สำคัญ ได้แก่ การตรวจสอบ (investigation) เอกสารและข้อมูลที่บันทึกไว้ การสำรวจ (inspection) และการสังเกต (observation) อุปกรณ์และสถานที่ (facilities) และสิ่งต่างๆ รวมถึงการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้อง และการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้ซ้ำอีกครั้ง	สำนักงานของหน่วยงานทวนสอบ
5 การดำเนินการตามแผนการ	การดำเนินการตามแผน โดยการรวบรวม	สำนักงานของหน่วยงาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ขั้นตอน	รายละเอียดการดำเนินงาน	สถานที่ดำเนินงาน
ทวนสอบ	ข้อมูลหลักฐานตามขอบเขตของโครงการ (coverage of project) รวมถึงข้อมูลพื้นฐานต่างๆ เช่น ข้อมูลกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ต้องใช้ในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโครงการ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ และตัวชี้วัดต่างๆ ตามที่ระบุในรายงานการตรวจวัด	ทวนสอบ สถานที่ดำเนินโครงการ
6 การประเมินผลที่ได้จากการทวนสอบ	ประเมินผลจากหลักฐานที่ได้จากการทวนสอบ	สำนักงานของหน่วยงานทวนสอบ (และสถานที่ดำเนินโครงการ หากจำเป็น)
7 การให้ความเห็นในการทวนสอบ	สรุปความเห็นจากการประเมินผล	สำนักงานของหน่วยงานทวนสอบ
8 การจัดทำรายงาน	จัดทำรายงานการทวนสอบ	สำนักงานของหน่วยงานทวนสอบ
9 การควบคุมคุณภาพ	คณะผู้ทวนสอบทบทวนรายงานการทวนสอบ และบทสรุป และจัดทำรายงานการทวนสอบ	สำนักงานของหน่วยงานทวนสอบ
10 การจัดส่งรายงานการทวนสอบ	จัดส่งรายงานการทวนสอบให้คณะกรรมการ	สำนักงานของหน่วยงานทวนสอบ

3. การประเมินความเสี่ยง

ผู้ทวนสอบ จะต้องประเมินความเสี่ยงที่มีผลต่อความมีสาระสำคัญของปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยกำหนดให้เกณฑ์ความไม่สอดคล้องของข้อมูลที่มีผลต่อการประเมินก๊าซเรือนกระจกคลาดเคลื่อนต่อผู้ใช้ **ไม่ควรเกินร้อยละ 5** โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเด็นต่อไปนี้ รวมถึงประเมินสาเหตุและขนาดของความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1 ความเสี่ยงสืบเนื่อง (Inherent risk)

ความเสี่ยงของข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการเก็บข้อมูลและประมวลผล เช่น

- ความไม่ครบถ้วน เช่น กำหนดขอบเขตพิจารณาไม่ถูกต้องหรือไม่ครอบคลุม ฯลฯ
- ความผิดพลาด เช่น ค่าคงที่ที่ใช้ผิด คัดลอกข้อมูลผิดพลาด ฯลฯ
- ความขัดแย้งกัน เช่น แต่ละพื้นที่ใช้วิธีการต่างกัน
- ความไม่สมบูรณ์ในการจัดการข้อมูลและควบคุม
- ความรู้ความเข้าใจของผู้จัดเตรียมข้อมูล

3.2 ความเสี่ยงจากการควบคุม (Control risk)

ข้อบกพร่องอันเนื่องมาจากขาดการควบคุมเพื่อป้องกันข้อผิดพลาด เช่น

- การขาดแนวทางที่ชัดเจนในการตรวจสอบหรือทวนสอบข้อมูล
- ขาดการตรวจสอบภายใน
- ขาดการสอบเทียบเครื่องมือวัด
- ความไม่สมบูรณ์ของการควบคุมคุณภาพ

3.3 ความเสี่ยงในการตรวจสอบพบข้อผิดพลาด (Detection risk)

ความเสี่ยงที่ผู้ทวนสอบจะตรวจสอบไม่พบข้อบกพร่องที่มีผลต่อความมีสาระสำคัญ เช่น บุคลากร, แผนและวิธีการที่ใช้ และระยะเวลาทวนสอบ

ผู้ทวนสอบจะต้องนำผลการประเมินความเสี่ยงมาเป็นข้อมูลในการจัดทำแผนการทวนสอบ โดยในการกำหนดวิธีการการสุ่มตัวอย่าง ให้ใช้ Risk-based approach sampling

3.4 ขั้นตอนในการประเมินความเสี่ยง

3.4.1 ประเมินความเสี่ยงจากการเก็บข้อมูลและประมวลผล

- ตรวจสอบขอบเขตของการพิจารณาข้อมูลของรายงานติดตามผล
- การอ้างอิงค่าสัมประสิทธิ์หรือค่าคงที่ต่างๆ ตามค่าที่มีการปรับปรุงล่าสุด
- วิธีการที่ใช้ในกิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละพื้นที่ต้องเป็นสอดคล้องกันถ้ากิจกรรมเป็นประเภทเดียวกัน
- การจัดการและควบคุมข้อมูลต้องมีความสมบูรณ์ ทั้งความถูกต้อง ความโปร่งใส ความเพียงพอและเหมาะสมของข้อมูล ความน่าเชื่อถือ และสามารถตรวจสอบได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- ความเข้าใจในเนื้อหาของผู้เข้าร่วมโครงการ เพื่อให้เกิดความตรงประเด็นในแต่ละประเภทกิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

3.4.2 ประเมินความเสี่ยงจากการป้องกันข้อผิดพลาด

- การกำหนดแนวทางสำหรับการตรวจสอบข้อมูลของผู้เข้าร่วมโครงการ
- การควบคุมการตรวจสอบของผู้เข้าร่วมโครงการ เช่น ประเภทของเครื่องมือวัด การใช้เครื่องมือวัด และผู้ดำเนินการตรวจวัดต้องมีความเชี่ยวชาญเฉพาะทาง
- ข้อมูลหรือเอกสารหลักฐานการสอบเทียบเครื่องมือวัด จากองค์กรหรือหน่วยงานที่มีความน่าเชื่อถือ
- ตรวจสอบความสอดคล้องของแนวทาง เครื่องมือวัด และหลักฐานหรือเอกสารยืนยัน เพื่อให้เกิดความสมบูรณ์ของการควบคุมคุณภาพ สามารถป้องกันข้อผิดพลาดได้มากน้อยเพียงและเปรียบเทียบกับข้อมูลในรายงานการติดตามผล

3.4.3 ประเมินความเสี่ยงในการตรวจพบข้อผิดพลาด

- การแต่งตั้งบุคลากรในการทวนสอบที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน เนื่องจากอาจจะมีผลต่อการพิจารณาข้อมูลถ้าบุคลากรขาดประสบการณ์และความเชี่ยวชาญ ที่สำคัญคือความโปร่งใสของบุคลากรในการทวนสอบ
- การกำหนดแผนและวิธีการในการทวนสอบโดยการเปรียบเทียบความสอดคล้องวิธีการของแต่ละประเภทกิจกรรม กับข้อมูลรายงานการติดตามผล และประกอบกับผลการประเมินความเสี่ยงในขั้นตอนที่ 1 และ 2 ข้างต้น
- ช่วงระยะเวลาในการเข้าไปทวนสอบของแต่ละโครงการอาจจะแตกต่างกันในแต่ละช่วงปี อาจส่งผลต่อข้อมูลที่อาจจะไม่สามารถตรวจสอบได้ในบางกรณี เช่น ช่วงฤดูของการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล หรือ โรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้วัตถุดิบจากการเกษตร เป็นต้น

โดยวิธีการคำนวณหาค่าความไม่แน่นอน และความผิดพลาดมีดังต่อไปนี้

$$U_{Total} = \sqrt{U_{RE/EF_A}^2 + U_B^2 + U_C^2}$$

โดยที่

U_{Total} = ค่าความไม่แน่นอนรวม (%)

U_{RE/EF_A} = ค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัด/วิธีการ

U_B = ค่าความผิดพลาดที่อาจเป็นไปได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

U_C = ค่าความผิดพลาดเนื่องจากความไม่เที่ยงตรง

* U_B และ U_C จะไม่นำมาคำนวณเมื่อความผิดพลาดทั้งหมดถูกแก้ไขอย่างสมบูรณ์

$$U_{RE/EF_A} = \sqrt{U_{RE/EF}^2 + U_A^2}$$

โดยที่

$U_{RE/EF}$ = ค่าความผิดพลาดของปัจจัยการดูด/ปล่อยก๊าซเรือนกระจก (%)

U_A = ค่าความผิดพลาดเนื่องจากการใช้เครื่องมือวัด (%)

4. การจัดทำแผนการตรวจสอบและทวนสอบ

หน่วยงานทวนสอบต้องจัดทำแผนการตรวจสอบหรือทวนสอบโดยคำนึงถึงความมีสาระสำคัญ เพื่อให้ความเสี่ยงจากการทวนสอบมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ และต้องดำเนินการทวนสอบอย่างมีประสิทธิภาพ

4.1 ความเข้าใจในกิจกรรมและสภาพแวดล้อมของโครงการ

หน่วยงานทวนสอบต้องเก็บข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมและสภาพแวดล้อมของโครงการ ประเมินความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากความไม่แน่นอนและความผิดพลาดที่อยู่ในรายงานการติดตามผลและเอกสารหลักฐานต่างๆ โดยสังเขป

4.2 ความเข้าใจในระบบและวิธีการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงและกระบวนการจัดทำข้อมูล

หน่วยงานทวนสอบต้องเข้าใจในระบบและวิธีการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงและกระบวนการจัดทำข้อมูลการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวมถึงวิธีการติดตามผล และประเมินความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากความไม่แน่นอนและความผิดพลาดที่อยู่ในรายงานการติดตามผลและเอกสารหลักฐานต่างๆ โดยสังเขป

4.3 การระบุความเสี่ยง

<u>ความเสี่ยงจากข้อมูลรายงาน</u>

การระบุความเสี่ยงจะระบุตามการประเมินค่า (evaluate) ความเสี่ยงที่อยู่ในรายงานการติดตามผลและเอกสารหลักฐานต่างๆ จากขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงในอยู่ในรูปแบบที่เข้าใจ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ง่าย ชัดเจน และสอดคล้องกับวิธีการในแต่ละประเภทของกิจกรรม และควรกำหนดผู้รับผิดชอบในแต่ละข้อมูลด้วย

ความเสี่ยงจากข้อผิดพลาด

โดยความเสี่ยงที่เกิดขึ้นจะเกิดจากการประเมินค่าความเสี่ยงอันเนื่องมาจากความผิดพลาดที่อยู่ในรายงานการติดตามผลและเอกสารหลักฐานต่างๆ ตามขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงจากการป้องกันข้อผิดพลาดที่กำหนดไว้ข้างต้น ควรระบุความเสี่ยงดังต่อไปนี้เป็นหลัก

- แนวทางที่กำหนด
- การตรวจสอบเครื่องมือวัด
- หลักฐานการสอบเทียบเครื่องมือวัด

จากนั้นจึงนำค่าความผิดพลาดที่ได้มาคำนวณออกมาเป็นค่าความไม่แน่นอนของข้อมูลรวมทั้งหมดเพื่อประเมินถึงความมีสาระสำคัญต่อไป

4.4 หัวข้อสำคัญที่ต้องมีในแผนการทวนสอบ

หน่วยงานทวนสอบต้องกำหนดประเภทของขั้นตอน (type of procedures) และขอบเขตช่วงเวลาของกิจกรรม (activity timing) สถานที่ดำเนินกิจกรรม บุคลากรที่ดำเนินงานและการควบคุมภายใน รวมถึงจัดทำแผนการสุ่มตัวอย่าง และใส่ข้อมูลเหล่านี้ลงในแผนการตรวจสอบหรือทวนสอบ ตัวอย่างของหัวข้อที่จะต้องมี เช่น

- ประเด็นที่จะตรวจสอบ หรือทวนสอบ
- วิธีการที่ใช้ในการตรวจสอบประเด็นเหล่านี้ เช่น การสอบถามจากการเดินสำรวจ การคำนวณซ้ำ รูปแบบเอกสาร, การตรวจสอบทางกายภาพ, การสังเกต และการตรวจสอบร่วมกัน เป็นต้น
- ช่วงเวลาที่ดำเนินการ
- สถานที่ที่ดำเนินการ
- ผู้ดำเนินการ
- วิธีการที่จะตรวจสอบหรือทวนสอบในกรณีที่ใช้ข้อมูลทุติยภูมิของอาคาร
- แผนการสุ่มข้อมูล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.5 การจัดสรรหน้าที่ (allocation of engagement)

หน่วยงานทวนสอบต้องจัดสรรภาระและหน้าที่การตรวจสอบหรือทวนสอบให้กับบุคลากรในคณะผู้ทวนสอบอย่างเหมาะสม

4.6 การบันทึกและจัดเก็บ

ต้องมีการบันทึกแผนการทวนสอบรวมถึงกระบวนการพัฒนาแผนดังกล่าวอย่างเป็นลายลักษณ์อักษร และจะต้องมีการจัดเก็บรักษาแผนดังกล่าวไว้เพื่อการตรวจสอบอย่างน้อย 5 ปีหลังจากการทวนสอบนั้นแล้วเสร็จ เพื่อการเปรียบเทียบแผนในอดีตกับปัจจุบันซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตามวิธีการของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ช่วงเวลา และการพัฒนาของเทคโนโลยี จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงแผนให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงเสมอ

4.7 การปรับปรุงแผนการทวนสอบ

หน่วยงานทวนสอบต้องปรับปรุงแผนการทวนสอบให้เหมาะสมและสอดคล้องกับกระบวนการที่กำหนดไว้ และในกรณีที่เงื่อนไขซึ่งกำหนดไว้เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือพบข้อเท็จจริงใหม่ระหว่างกระบวนการทวนสอบ หน่วยงานทวนสอบต้องปรับปรุงแผนการทวนสอบใหม่ตามความจำเป็น และต้องแจ้งให้ผู้เข้าร่วมโครงการและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทราบทันทีที่มีการปรับปรุงแผน

5. การดำเนินการทวนสอบ

หน่วยงานทวนสอบต้องดำเนินการทวนสอบตามแผนที่กำหนดไว้ และในกรณีที่จำเป็นต้องมีการปรับปรุงแผนเพื่อลดความเสี่ยงในการทวนสอบดังที่ได้กล่าวข้างต้น จะต้องดำเนินกระบวนการทวนสอบตามแผนที่ปรับปรุงใหม่ และรวบรวมหลักฐานที่ต้องใช้ในการทวนสอบแต่ละประเด็นอย่างเหมาะสมและเพียงพอ เช่น เป้าหมายที่เกี่ยวข้อง ความครอบคลุม ความสอดคล้อง และความถูกต้อง

ในกรณีที่หน่วยงานทวนสอบใช้ข้อมูลของอาคาร จะต้องมีการตรวจสอบข้อมูลนั้น เช่น การรับรองข้อมูลจากแหล่งซื้อขายหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ถ้าผลการตรวจสอบข้อมูลมีความถูกต้องจึงจะใช้ได้ มิฉะนั้นจะต้องวางแผนการทวนสอบใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.1 การประเมินความน่าเชื่อถือของการควบคุมภายใน (Judgement of reliance on internal control)

ในกรณีที่แผนการทวนสอบจัดทำขึ้นตามระบบการควบคุมภายใน จะต้องมีการดำเนินการทวนสอบการควบคุมภายในว่าสอดคล้องกับแผนหรือไม่ ซึ่งแผนดังกล่าวจะนำมาใช้ได้ต่อเมื่อผลที่ได้จากทวนสอบสนับสนุนว่าแผนนั้นขึ้นอยู่กับการควบคุมภายในจริง แต่ถ้าผลที่ได้ไม่สนับสนุนว่าแผนนั้นขึ้นอยู่กับการควบคุมภายใน การทวนสอบจะต้องไม่ขึ้นอยู่กับการควบคุมภายใน

5.2 การทวนสอบข้อมูลทั่วไปที่ใช้ในการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง

หน่วยงานทวนสอบต้องทวนสอบให้สอดคล้องกับเนื้อหาที่นำเสนอและสถานะที่แท้จริงของโครงการตามที่ระบุในข้อมูลโครงการ (project outline) เช่น ประเภทของโครงการและชนิดของก๊าซที่ครอบคลุม (coverage) และคำนวณกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งเป็นข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

5.3 การทวนสอบเส้นฐานของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโครงการ

หน่วยงานทวนสอบต้องทวนสอบว่ามีการตรวจวัดและการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโครงการอย่างเหมาะสมแล้ว

5.4 การทวนสอบการคำนวณปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการปรับปรุงเนื้อหาในรายงานการติดตามผล

หน่วยงานทวนสอบต้องทวนสอบว่าได้มีการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงอย่างเหมาะสมและสอดคล้องตามแนวทางการตรวจวัด และรายงานผลหรือไม่ นอกจากนี้ หน่วยงานทวนสอบต้องทวนสอบว่า ในรายงานการติดตามผลได้มีการอธิบายถึงประเด็นต่างๆ ตามที่ระบุไว้ในรายละเอียดตามคู่มือแนวทางการตรวจวัด รายงานผล และการทวนสอบหรือไม่

5.5 การเก็บรักษาข้อมูล

หน่วยงานทวนสอบต้องเก็บข้อมูลการทวนสอบตามแผนการทวนสอบ รวมถึงเอกสารหลักฐานที่ได้รวบรวมไว้อย่างน้อย 10 ปี หลังจากการทวนสอบนั้นแล้วเสร็จ เพื่อเป็นการเก็บข้อมูลไว้สำหรับเปรียบเทียบกับการทวนสอบในกิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภท

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เดียวกันในอดีต ซึ่งจะทำให้ทราบถึงแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่เกิดขึ้นอดีตจนถึงปัจจุบัน

6. การประเมินผล

หน่วยงานทวนสอบต้องประเมินผลจากข้อมูลและหลักฐานที่ได้รับจากกระบวนการทวนสอบเพื่อให้ความเห็นต่อการทวนสอบ

6.1 ความเพียงพอของข้อมูล

ข้อมูลและหลักฐานที่ได้รับเป็นไปอย่างเหมาะสมและเพียงพอที่จะให้ความเห็นหรือไม่ และในกรณีที่มีหลักฐานไม่เพียงพอ จะต้องดำเนินการรวบรวมหลักฐานเพิ่มเติม

6.2 ความถูกต้องของรายงานการทวนสอบ

- ความสอดคล้องของหน่วยวัดที่ใช้
- หลักฐานสนับสนุนข้อมูล (จากกิจกรรมต่างๆ) เช่น การบันทึกการตรวจวัดทั้งปริมาณการใช้เชื้อเพลิง, ไอน้ำที่ผลิตได้, ไฟฟ้าที่ผลิตได้ และอื่นๆ ถูกต้องหรือไม่

6.3 การประเมินความไม่แน่นอนและความผิดพลาด

ในกรณีที่ข้อมูลหรือหลักฐานที่ได้รับ มีข้อมูลที่ผิดพลาดในรายงานการติดตามผลและเอกสารหลักฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง หน่วยงานทวนสอบต้องประเมินว่าผลของความไม่แน่นอนที่เกิดจากความผิดพลาดนั้นมีมากน้อยเพียงใด

6.4 การสรุปการปรับปรุงรายงานการติดตามผล

หน่วยงานทวนสอบต้องสรุปหัวข้อที่จะต้องปรับปรุง โดยคำนึงถึงลักษณะและความมีสาระสำคัญอันเกิดจากผลของการประเมินความไม่แน่นอนและความผิดพลาด

เกณฑ์ขั้นต่ำในการพิจารณาว่าความคลาดเคลื่อนใดมีสาระสำคัญ พิจารณาจากกรณีที่ความคลาดเคลื่อนดังกล่าวรวมกันแล้ว มีผลให้การประเมินก๊าซเรือนกระจกเปลี่ยนแปลงเกินร้อยละ 5

6.5 การแจ้งการปรับปรุงรายงานการติดตามผล

ต้องแจ้งหัวข้อที่ต้องแก้ไขปรับปรุงให้ผู้เข้าร่วมโครงการทราบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6.6 การให้ความเห็นต่อการทวนสอบขั้นสุดท้าย

หน่วยงานทวนสอบต้องสรุปการให้ความเห็นโดยเปรียบเทียบกับรายงานการติดตามผลและเอกสารหลักฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง(หากมีการปรับปรุง ให้ใช้ฉบับล่าสุดที่มีการปรับปรุง) ตามแผนการสุ่มตัวอย่าง

6.7 การควบคุมคุณภาพ

ต้องดำเนินการตามกระบวนการควบคุมคุณภาพอย่างเพียงพอ เช่น การปรับปรุงการให้ความเห็นในการทวนสอบจากภาคีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งมิได้อยู่ในคณะผู้ทวนสอบ แต่มีความรู้ในการทวนสอบในระดับเดียวกันกับหัวหน้าคณะผู้ทวนสอบ ทั้งนี้ เพื่อให้ได้การประเมินที่มีสาระ ว่าคณะผู้ทวนสอบได้ดำเนินการทวนสอบตามแนวทางที่กำหนดและได้มีการให้ความคิดเห็นที่เหมาะสมต่อการทวนสอบนั้น ต้องไม่ออกรายงานการทวนสอบจนกว่าจะตัดสินได้ว่าได้มีการให้ความเห็นต่อการทวนสอบอย่างเหมาะสมตามที่กำหนดในกระบวนการทวนสอบแล้ว

6.8 การเก็บรักษาข้อมูล

หน่วยงานทวนสอบจะต้องเก็บข้อมูลรวมทั้งผลที่ได้จากกระบวนการทวนสอบไว้อย่างน้อย 10 ปี หลังจากการทวนสอบนั้นแล้วเสร็จ เพื่อเป็นการเก็บข้อมูลไว้สำหรับเปรียบเทียบกับการทวนสอบในกิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทเดียวกันในอดีต ซึ่งจะทำให้ทราบถึงแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่เกิดขึ้นอดีตจนถึงปัจจุบัน

7. การจัดทำรายงานผล

หน่วยงานทวนสอบต้องออกรายงานการทวนสอบว่า ผู้เข้าร่วมโครงการจัดทำรายงานการติดตามผล และเอกสารหลักฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง อย่างเหมาะสมและสอดคล้องตามเงื่อนไขในรายละเอียดในคู่มือแนวทางการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบหรือไม่

7.1 หัวข้อในรายงานการทวนสอบ

รายงานการทวนสอบต้องครอบคลุมหัวข้อดังต่อไปนี้ วัน เวลา สถานที่ เป้าหมาย และขอบเขตของการตรวจสอบหรือทวนสอบ เนื้อหาของการทวนสอบที่ดำเนินการ และบทสรุป

7.2 ความรับผิดชอบของหน่วยงานทวนสอบ

รายงานการทวนสอบจะต้องระบุถึงขอบเขตความรับผิดชอบของหน่วยงานทวนสอบอย่างชัดเจน ตามความเห็นที่ให้ในการทวนสอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

7.3 บทสรุปความเห็นในการทวนสอบ

บทสรุปในรายงานการทวนสอบต้องทำให้ผู้อ่านสามารถเข้าใจได้ว่าการทวนสอบที่ดำเนินการเป็นการทวนสอบที่สามารถเชื่อมั่นได้อย่างสมเหตุสมผล (reasonable assurance) และต้องระบุชัดเจนว่าผลการตรวจสอบหรือทวนสอบเป็นแบบใดแบบหนึ่งดังต่อไปนี้

การให้ความเห็น	เงื่อนไข
สมเหตุสมผล	ค่าความไม่แน่นอนและความผิดพลาดรวมน้อยกว่าเกณฑ์ความมีสาระสำคัญ
สมเหตุสมผล แต่มีเงื่อนไข	ค่าความไม่แน่นอนและความผิดพลาดรวมน้อยกว่าเกณฑ์ความมีสาระสำคัญ ถ้ามีการแก้ไขตามที่ระบุ
ไม่สมเหตุสมผล	ค่าความไม่แน่นอนและความผิดพลาดรวมเกินเกณฑ์ความมีสาระสำคัญ ไม่สามารถออกรายงานได้
ไม่มีความเห็น	ข้อมูลไม่เพียงพอในการให้ความเห็น

7.4 การออกรายงาน

การออกรายงานการทวนสอบต้องออก คู่กับรายงานการติดตามผล และเอกสารหลักฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง พร้อมจัดทำใบรายงานสรุปตามรูปแบบที่กำหนด และส่งให้กับผู้เข้าร่วมโครงการและคณะอนุกรรมการขึ้นทะเบียนโครงการ

7.5 เอกสารและรายงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

นอกจากรายงานการทวนสอบ หน่วยงานทวนสอบต้องจัดเตรียมและส่งเอกสารหรือหลักฐานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องให้กับคณะกรรมการรับรองผลการทวนสอบ

7.8 การดำเนินงานภายหลังจากการทวนสอบแล้วเสร็จ

หน่วยงานทวนสอบต้องมีการดำเนินงานที่เหมาะสมโดยขึ้นอยู่กับข้อเท็จจริงที่มีอยู่ ในกรณีที่พบข้อเท็จจริงใหม่ที่มีผลต่อผลการทวนสอบภายหลังจากที่ออกรายงานการทวนสอบแล้ว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข

ภาพการเข้าศึกษาในสถานที่จริง

รูปที่ ภผ ข.1 โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ บริษัท อินฟินิท กรีน จำกัด

รูปที่ ภผ ข.2 โรงไฟฟ้าพลังงานลม กังหันลมหัวไทร จ.นครศรีธรรมราช

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ ภผ ข.3 โรงไฟฟ้าชีวมวล บริษัท เดชา ไบโอกรีน จำกัด

รูปที่ ภผ ข.4 โรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพ บริษัท สมอทองน้ำมันปาล์ม จำกัด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ ภผ ข.5 โรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพ บริษัท ปาล์มไทยพัฒนา จำกัด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล ปิยะพงษ์ มหาไม้

วัน เดือน ปี เกิด 5 ตุลาคม พ.ศ. 2531

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนจักรคำคณาทร จังหวัดลำพูน ปีการศึกษา 2549
สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาเครื่องกล
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2553
สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved