บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ของก๊าซเรือนกระจกกับภาคพลังงาน

2.1.1 ก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ

ก๊าซเรือนกระจกที่มีอยู่ในบรรยากาศโลกตามธรรมชาติ ซึ่งประกอบด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) มีคุณสมบัติดูดกลืนความร้อน ทำให้โลกอบอุ่น และเอื้อให้สิ่งมีชีวิตสามารถอาศัยอยู่ในโลกได้ แต่กิจกรรมต่างๆของมนุษย์ โดยเฉพาะหลังยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมเป็นต้นมา มีการใช้พลังงานฟอสซิล (fossil fuel) เช่น น้ำมัน ถ่านหิน มาก การสูญเสียพื้นที่ป่าไม้ ทำให้ก๊าซเรือนกระจกถูกปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศในปริมาณมาก บรรยากาศโลกดูดกลืนความร้อนไว้มากขึ้น เกิดภาวะเรือนกระจก หรือโลกร้อน นำมาสู่การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศทั่วโลก

โดยกิจกรรมที่ทำให้ก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศมีปริมาณเพิ่มขึ้นแสดงในตารางที่ 2.1 การเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ไม่สมบูรณ์ปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยได้ที่มิใช่มีเทน (Non-Methane Volatile Organic Compounds หรือเรียกกันทั่ว ๆ ไปว่า NMVOC) แต่ปริมาณการปลดปล่อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง การประเมินการปลดปล่อยจึงมีความไม่แน่นอนสูง นอกจากนี้ไอน้ำในบรรยากาศจัดว่าเป็นก๊าซเรือนกระจกได้เช่นเดียวกัน แต่มิได้นำมาประเมินปริมาณการปลดปล่อยด้วย

ตารางที่ 2.1 กิจกรรมของมนุษย์ที่ปลดปล่อย (sources) ก๊าซเรือนกระจกสู่บรรยากาศ

กิจกรรม	ก๊าซเรือนกระจก
การใช้พลังงานฟอสซิล (น้ำมัน ถ่านหิน)	คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O)
กระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม (Industrial process)	คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ,ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.1 กิจกรรมของมนุษย์ที่ปลดปล่อย (sources) ก๊าซเรือนกระจกสู่บรรยากาศ (ต่อ)

กิจกรรม	ก๊าซเรือนกระจก
การสูญเสียพื้นที่ป่าไม้	คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O)
การเกษตร (ปลูกข้าว เลี้ยงปศุสัตว์)	มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O)
การกำจัดของเสีย (Waste)	มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O)

ที่มา: IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (1996)

โดยระดับศักยภาพที่ทำให้โลกร้อนขึ้น (global warming potential: GWP) ของก๊าซเรือนกระจกชนิดต่าง ๆ ก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดมีระดับศักยภาพที่ทำให้โลกร้อนขึ้นไม่เท่ากัน โดยมีการกำหนดค่าระดับศักยภาพที่ทำให้โลกร้อนขึ้น ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นมาตรฐานเปรียบเทียบ เช่น ก๊าซมีเทน (CH_4) และ ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) มีค่า GWP เท่ากับ 21 และ 310 นั่นคือก๊าซก๊าซมีเทน และก๊าซไนตรัสออกไซด์ 1 กิโลกรัม มีระดับศักยภาพที่ทำให้โลกร้อนขึ้นได้มากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ถึง 21 และ 310 เท่าตามลำดับ การปลดปล่อยก๊าซมีเทน CH_4 และก๊าซไนตรัสออกไซด์ N_2O 1 กิโลกรัม จึงเท่ากับการปลดปล่อย CO_2 ถึง 21 และ 310 กิโลกรัม เป็นต้น

ตารางที่ 2.2 ระดับศักยภาพที่ทาให้โลกร้อนขึ้น

ก๊าซเรือนกระจก	อักษรย่อ	GWP	อายุคงค้างในชั้นบรรยากาศ (ปี)
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	CO_2	1	50-200
ก๊าซมีเทน	CH_4	21	10
ก๊าซไนตรัสออกไซด์	N_2O	310	150
Hydro fluorocarbons	HFCs	140 – 12,100	1.4-270
Perfluoro carbons	PFCs	6300 – 12,500	2,600-50,000
Sulphur hexafluoride	SF_6	24,900	3,200

ที่มา: IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (1996)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงาน (การจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย, 2543)

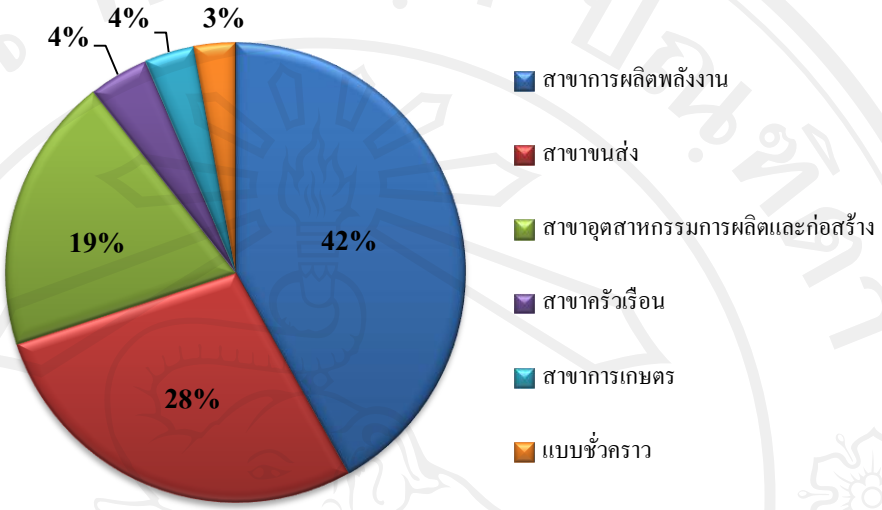
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงานนั้นในปี พ.ศ. 2543 มีปริมาณเท่ากับ 159.39 $TgCO_2e$ หรือล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าคิดเป็นร้อยละ 69.6 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศ โดยเป็นปริมาณ 149.91 Tg CO_2e จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นหลัก ส่วนก๊าซCH_4 (0.41 Tg) ปล่อยจากการขุดเจาะก๊าซธรรมชาติ และการทำเหมืองเป็นส่วนใหญ่ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคนี้แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1A การปล่อยจากกลุ่มการเผาไหม้เชื้อเพลิงและกลุ่มที่ 1B การปล่อยจากกลุ่มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบชั่วคราวจากเชื้อเพลิง (Fugitive Emissions from Fuels) ภาคพลังงานมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่ม ขึ้นในช่วง พ.ศ. 2543-2547 อยู่ที่ร้อยละ 27.9 และมีอัตราการเพิ่ม ขึ้นร้อยละ 6.4 ต่อปี

ภาคพลังงานมีปริมาณการปล่อยในมากที่สุดของการปล่อยทั้งหมดของประเทศ โดยเฉพาะสามสาขาหลักในกลุ่มการเผาไหม้เชื้อเพลิงคือ สาขาการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อการผลิตพลังงาน สาขาขนส่ง และสาขาอุตสาหกรรมการผลิตและก่อสร้าง สาขาในกลุ่มการเผาไหม้เชื้อเพลิง มีปริมาณการปล่อยมากที่สุดคือสาขาการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อการผลิตพลังงานปล่อยประมาณ 66.44 $TgCO_2e$ หรือร้อยละ 41.7 ของปริมาณปล่อยในภาคพลังงาน ซึ่งแบ่งย่อยเป็นการปล่อยจากการใช้ก๊าซธรรมชาติและการใช้ถ่านหิน เนื่องจากการจัดหาพลังงานส่วนใหญ่สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าส่วนใหญ่เป็นก๊าซธรรมชาติ และมีมากกว่าปริมาณจากการใช้ถ่านหินลิกไนท์ถึงแม้ว่าก๊าซธรรมชาติจะมีค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) น้อยว่าก็ตาม ปริมาณการปล่อยในสาขานี้จึงขึ้นกับการจัดหาพลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้า การเปลี่ยนประเภทของเชื้อเพลิงในแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (PDP) อาจทำให้ลำดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสาขานี้เปลี่ยนไปด้วย การปล่อยในสาขานี้เพิ่มขึ้นร้อยละ 5.8 ต่อปี ในช่วง พ.ศ. 2543-2547 การเพิ่มขึ้นของปริมาณการปล่อยโดยรวมยังขึ้นอยู่กับความต้องการไฟฟ้าและการผลิตเป็นหลัก

ส่วนสาขาขนส่ง มีปริมาณการปล่อยมากเรียงลำดับ คือ 44.70 $TgCO_2e$ คิดเป็นร้อยละ 28.0 ของปริมาณที่ปล่อยในภาคพลังงาน สาขาขนส่งส่วนใหญ่เป็นการปล่อยจาก การขนส่งทางบกและมีการเพิ่มขึ้นสูงประมาณร้อยละ 6.0 ต่อปี ในช่วงปี พ.ศ. 2543-2547 ซึ่งในขณะที่การเพิ่มขึ้นของภาคพลังงานเท่ากับ ร้อยละ 6.4 ต่อปีการคำนวณในสาขานี้ใช้วิธีการในระดับเทียร์ 1 (Tier 1) เนื่องจากไม่มีข้อมูลด้านการขนส่งที่สำคัญเช่น ระยะทางของการใช้รถต่อปี จึงทำให้ไม่สามารถปรับขึ้นมาเป็นวิธีการคำนวณในระดับเทียร์ 2 (Tier 2) ได้ การคำนวณในเทียร์ (Tier) ที่สูงขึ้นทำให้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวางนโยบายและการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจกในอนาคตได้ดีขึ้น ในปี พ.ศ. 2543-2547 นี้ยังไม่มีการใช้แก๊สโซฮอลและไบโอดีเซล



รูปที่ 2.1 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงาน

สาขาอุตสาหกรรมการผลิตและก่อสร้างเป็นอีกหนึ่งที่มีปริมาณการปล่อยมาก คือ 30.78 $TgCO_2e$ คิดเป็นร้อยละ 19.3 ของปริมาณที่ปล่อยในภาคพลังงาน สาขานี้มีการปล่อยส่วนใหญ่มาจากอุตสาหกรรมที่ต้องการใช้พลังงานสูงและมีกำลังการผลิตมากเช่น อุตสาหกรรมอโลหะและอุตสาหกรรมเคมี เป็นต้น สาขานี้มีการเพิ่ม ขึ้นในช่วง พ.ศ. 2543-2547 ร้อยละ 9.8 ต่อปี ซึ่งสูงกว่าการเพิ่ม ขึ้นโดยรวมของภาคพลังงาน เนื่องจากมีการขยายตัวของอุตสาหกรรมในช่วงเวลาที่ศึกษาสูง ดังนั้นการขยายตัวของอุตสาหกรรมในอนาคตโดยเฉพาะอุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานสูง (Energy Intensive Industry) จะเป็นตัวแปรในการเพิ่ม หรือลดการปล่อยของสาขานี้การใช้พลังงานในสาขาอื่น ได้แก่ สาขาครัวเรือน และสาขาการเกษตร ปล่อยก๊าซเรือนกระจกไม่มากเมื่อเทียบกับสาขาที่กล่าวมาแล้ว โดยปล่อยในปริมาณ 6.67 และ 5.58 $TgCO_2e$ หรือร้อยละ 4.18 และ 3.50 ของปริมาณปล่อยในภาคพลังงานตามลำดับ

ส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบชั่วคราวจากเชื้อเพลิงนั้น มีปริมาณประมาณ ร้อยละ 3.28 ของปริมาณการปล่อยในภาคพลังงานทั้งหมด โดยที่การปล่อยจากการขุดเจาะน้ำมันและก๊าซธรรมชาติทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 4.6 ล้านตัน หรือ ร้อยละ 2.9 ของปริมาณการปล่อยในภาคพลังงาน

เนื่องจากภาคพลังงานเป็นภาคการปล่อยมากที่สุดและอยู่ในสาขาการปล่อยหลัก (key categories) เกือบทั้งสิ้นดังนั้นการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจึงควรให้ความสำคัญในภาคส่วนนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เป็นหลัก ซึ่งปัจจัยที่มีส่วนในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะเกิดจากฐานข้อมูลที่ต้องมีความแม่นยำเพื่อสามารถนำข้อมูลมาจัดทำบัญชีและใช้ในการวางนโยบายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการจัดทำฐานข้อมูลกิจกรรมที่สมบูรณ์และมีข้อมูลต่อเนื่องจึงเป็นเรื่องสำคัญ โดยต้องมีการออกแบบประเภทและชนิดของข้อมูลให้สอดคล้องกับการคำนวณตามชนิดของเทคโนโลยี โดยการออกแบบเป็นระเบียบวิธีการหรือแนวปฏิบัติ เพื่อให้ได้ข้อมูลสมบูรณ์และต่อเนื่อง และมอบหมายให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องนำไปปฏิบัติต่อไป

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องหลักการของการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ

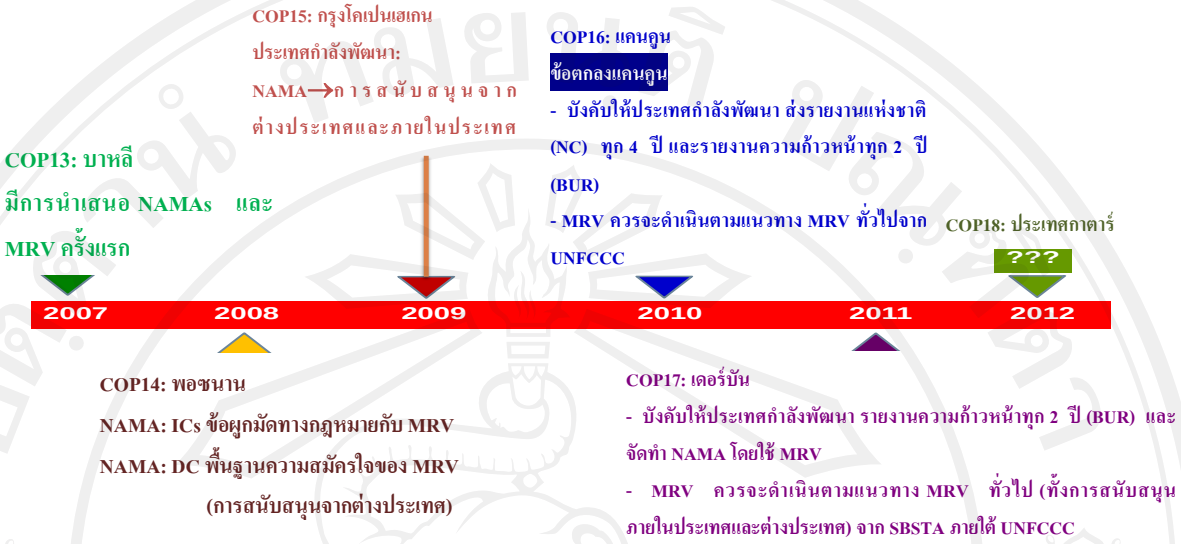
หลักการของการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ (MRV) จะเป็นการรวม 3 กระบวนการที่เป็นอิสระเข้าด้วยกันคือ การตรวจวัด (Measurement, M), การรายงานผล (Reporting, R) และการทวนสอบ (Verification, V) ถึงแม้ว่าแต่ละส่วนของการตรวจวัด, การรายงานและการทวนสอบจะเป็นกระบวนการอิสระ

การตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ เริ่มมาจากแผนปฏิบัติการบาหลี (Bali Action Plan) จากการเจรจาของอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ณ เมืองบาลี ประเทศอินโดนีเซียเมื่อปลายปี 2007 โดยความเข้าใจพื้นฐานของแผนปฏิบัติการบาหลีสำหรับการลดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ- ส่วนใหญ่การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะดำเนินการตามลักษณะที่สามารถตรวจวัด รายงานผลและทวนสอบได้ และแนวคิดนี้ได้รับผลตอบรับอย่างมีนัยสำคัญสำหรับการเจรจาระหว่างประเทศตั้งแต่นั้นมา แต่ในขณะเดียวกันการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ มักจะถูกนำมาใช้โดยมีความเข้าใจร่วมกันในคำนิยาม, วัตถุประสงค์และเนื้อหาที่นำไปสู่ความสับสนและความเข้าใจผิด

โดยการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบจะถูกจำแนกตาม วัตถุประสงค์, เป้าหมาย, ระเบียบวิธีการ และผู้การดำเนินการ และความแตกต่างที่สำคัญระหว่างแต่ละประเภทของการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ

การตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบเป็นเพียงแค่เครื่องมือ ดังนั้นการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบมีผลกระทบต่อนโยบายที่ชัดเจนก็ต่อเมื่อวัตถุประสงค์ (สิ่งที่คุณ MRV?) เป้าหมาย (ทำไมต้องทำ MRV?) ระเบียบวิธีการ (ทำ MRV อย่างไร?) และผู้ดำเนินการ (ใครทำ MRV?) จะมีการกำหนดไว้อย่างชัดเจน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 2.2 พัฒนาการของ MRV จากการประชุม COP ที่ผ่านมา

2.2.1 วัตถุประสงค์ของการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ

วัตถุประสงค์ของการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดในการกำหนดลักษณะโดยรวมของการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ วัตถุประสงค์สามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งอื่น ๆ นอกจากนี้แต่ละแบบยังสามารถแยกความแตกต่างตามลักษณะของการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ และพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ (ขอบเขต) ที่ดำเนินการการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบการปล่อย/การลดก๊าซเรือนกระจกได้จริง

ตัวอย่างเช่นเมื่อวัตถุประสงค์เป็นปล่อยก๊าซเรือนกระจก, โดยการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ สามารถเปรียบเทียบแบบง่ายจากค่าสัมบูรณ์ของปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายในขอบเขตทางภูมิศาสตร์ ถ้าวัตถุประสงค์คือการลดก๊าซเรือนกระจกจะทำการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบที่ซับซ้อนมากขึ้นในทางเทคนิคโดยใช้ความแตกต่างระหว่างการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลาย ๆ สถานการณ์ทั้งที่มีและไม่มีในโครงการ/นโยบาย/การปฏิบัติในขอบเขตทางภูมิศาสตร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2.2 เป้าหมายของการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ

เป้าหมายของการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ หมายถึง เหตุผลในการดำเนินการการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ ตัวอย่างเช่นในกรณีของกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism, CDM) การออกคาร์บอนเครดิตเป็นเป้าหมายสูงสุดของการตรวจวัด รายงานผล แลการทวนสอบตามปริมาณของก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้โดยการดำเนินงานของแต่ละโครงการ เนื่องจากต้องมีความรับผิดชอบมากสำหรับการสร้างของสินทรัพย์ทางการเงินในรูปแบบซื้อขายในตลาดคาร์บอน ซึ่งต้องมีความถูกต้องในระดับสูงและเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ และในกรณีการทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกแห่งชาติภายใต้อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเป้าหมายของการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ ในระดับชาติจะพิจารณาจากปริมาณรวมของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายปี ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีความแม่นยำสูงเช่นเดียวกับกลไกการพัฒนาที่สะอาด ดังนั้นเป้าหมายของการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ มีผลกระทบสำคัญต่อระดับความแม่นยำที่ต้องการ

2.2.3 วิธีการและผู้ดำเนินการการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ

วิธีการและผู้ดำเนินการการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ เป็นส่วนสำคัญของขั้นตอนการปฏิบัติของการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ แม้ว่าลักษณะของการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ โดยส่วนใหญ่จะถูกกำหนดตามวัตถุประสงค์และเป้าหมาย เพื่อให้เกิดความชัดเจนมากขึ้นจะเรียกว่า ระเบียบวิธีการการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบและแนวทางการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ ตามวิธีการและบทบาทของผู้ดำเนินการ โดยทั่วไปแล้วความซับซ้อนของการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ จะอยู่ในรูปแบบเฉพาะของระเบียบวิธีการการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ ทั้งระเบียบวิธีการการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ และแนวทางการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนและวิธีสำหรับการตรวจสอบข้อมูล, การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจก, การรายงานผลและการทวนสอบในรายละเอียด

2.2.4 ความสับสนในการใช้การตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ

การใช้การตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ โดยไม่มีการชี้แจงวัตถุประสงค์ เป้าหมาย วิธีการและผู้ดำเนินการ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดแนวโน้มที่จะนำไปสู่การโต้เถียงและการปิดบัง ตัวอย่างเช่น นอกจากการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ การปล่อย/การลดก๊าซเรือนกระจกจากที่ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กล่าวไปข้างต้น ยังมีส่วนของความแตกต่างในแต่ละประเภทของการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ เช่น การตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ ในระดับของการสนับสนุนการสร้างขีดความสามารถและความช่วยเหลือทางการเงินแก่ประเทศกำลังพัฒนา ซึ่งมีการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ ในบริบทที่แตกต่างกันอย่างสิ้นเชิงตามการเจรจาของอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Institute for Global Environmental Strategies: IGES, 2011) ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่อาจจะเกิดความสับสนขึ้นในการใช้การตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ ดังนั้นควรมีการชี้แจ้งถึงวัตถุประสงค์ของการใช้การตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ เพื่อการดำเนินการตามประเภทของการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบแต่ละประเภท โดยในที่นี้จะเป็นการกล่าวถึงการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ ในส่วนของการปล่อย/การลดก๊าซเรือนกระจก

การตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ การปล่อย/การลดก๊าซเรือนกระจกนั้นไม่ได้จัดเป็นปัญหาใหม่ทั้งหมด โดนมีการกล่าวถึงอย่างกว้างขวางในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา โดยเป็นปัญหาที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ เมื่อต้องมีการตรวจสอบแผนการที่ได้ดังกล่าวไว้ข้างต้น เช่น กลไกการพัฒนาที่สะอาด บัญชีก๊าซเรือนกระจกแห่งชาติ การทวนสอบการลดการปล่อยก๊าซ (Verified Emission Reduction, VER) และแผนการซื้อขายมลพิษในระดับนานาชาติ และ/หรือระดับประเทศ

การตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ การปล่อย/การลดก๊าซเรือนกระจกจึงมีความจำเป็นที่เกี่ยวข้องกับแผนการลดก๊าซเรือนกระจก แต่อย่างไรก็ตามการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ ยังไม่มีการจัดการอย่างเป็นระบบ ดังนั้นภายใต้การเจรจาอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในปี 2550 จึงได้แบ่งประเภทของการตรวจวัด รายงานผล และการทวนสอบ ออกเป็น 4 ประเภท โดยจำแนกตามความแตกต่างในวัตถุประสงค์ เป้าหมาย ระเบียบวิธีการและผู้ดำเนินการ ตามคุณลักษณะที่เกี่ยวข้อง ตัวอย่างของแผนการดำเนินการที่มีอยู่ และมาตรฐานและแนวทางระหว่างประเทศที่เกี่ยวข้องดังตารางที่ 2.3 เพื่อไม่ให้เกิดความสับสนในการนำการตรวจวัด รายงานผล และการทวนสอบไปใช้ในการดำเนินการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.3 การตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ การปล่อย/การลดก๊าซเรือนกระจก

		ประเภทที่ 1 : การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับองค์กร	**ประเภทที่ 2:** การลดก๊าซเรือนกระจกในระดับโครงการ	**ประเภทที่ 3:** การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับชาติ	**ประเภทที่ 4:** การลดก๊าซเรือนกระจกตามนโยบาย / แผนปฏิบัติการ
วัตถุประสงค์		การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากในระดับองค์กรภายใต้โครงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้จริงในแต่ละโครงการ	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับชาติ/ภูมิภาค	การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามนโยบาย/แผนปฏิบัติการระดับชาติ/ภูมิภาค
เป้าหมาย		การพิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ครอบคลุมโดยองค์กรภายใต้โครงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	การออกเครดิตและการรับรองปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละโครงการภายใต้โครงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	การพิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับชาติและการประเมินตามข้อตกลงของพิธีการเกียวโตสำหรับประเทศที่พัฒนาแล้ว	การประเมินเชิงปริมาณของนโยบายและแผนปฏิบัติการ
ระเบียบวิธีการ	**M/R**	แนวทางการตรวจวัดและการรายงานผลภายใต้โครงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ระเบียบวิธีการการตรวจวัด/กรณีฐาน/การคำนวณ ภายใต้โครงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	IPCC Guidelines และ อำนาจการตัดสินใจของUNFCCC COP/CMP	ไม่มี
	V	แนวทางการทวนสอบภายใต้โครงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	แนวทางการทวนสอบภายใต้โครงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	อำนาจการตัดสินใจของUNFCCC COP/CMP และพิธีสารเกียวโตเกี่ยวกับการทบทวนเอกสาร	ไม่มี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.3 การตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ การปล่อย/การลดก๊าซเรือนกระจก (ต่อ)

		ประเภทที่ 1 : การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับองค์กร	**ประเภทที่ 2:** การลดก๊าซเรือนกระจกในระดับโครงการ	**ประเภทที่ 3:** การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับชาติ	**ประเภทที่ 4:** การลดก๊าซเรือนกระจกตามนโยบาย / แผนปฏิบัติการ
ผู้ดำเนินการ	**M/R**	ควบคุมโดยองค์กรภายใต้โครงการลดก๊าซเรือนกระจก	ผู้เข้าร่วมโครงการในแต่ละโครงการ	รัฐบาล/ส่วนปกครองท้องถิ่น	ไม่ปรากฏ (อาจจะดำเนินการตามนโยบาย/แผนปฏิบัติการของรัฐบาล)
	V	การทวนสอบจากบุคคลที่สาม เช่น หน่วยงานพิสูจน์ผลต่างๆ	การทวนสอบจากบุคคลที่สาม เช่น หน่วยงานพิสูจน์ผลต่างๆ	ทีมผู้เชี่ยวชาญในการทวนสอบภายใต้ UNFCCC/ พิธีสารเกียวโต	ไม่ปรากฏ
คุณลักษณะ		• ต้องการระดับความถูกต้องสูง • มีการกำหนดในทางเทคนิคและมีความซับซ้อน • ต้องมีความรู้ที่เพียงพอและมีประสบการณ์จากประเทศที่พัฒนาแล้ว •ค่อนข้างง่าย	• ต้องการระดับความถูกต้องสูง • มีการกำหนดในทางเทคนิคและมีความซับซ้อน • ดำเนินการตามแบบสากลผ่านโครงการ CDM ทั่วโลกในปัจจุบัน •ปัญหาทางเทคนิคในการกำหนดกรณีฐาน, การแสดงส่วนเพิ่มเติม	• ต้องการระดับความถูกต้องในระดับกลาง (ต่ำกว่าประเภทที่ 1 และ 2) • มีการกำหนดในทางเทคนิคและการดำเนินการที่กว้างขวางในประเทศที่พัฒนาแล้ว • ไม่เป็นที่ยอมรับเท่าที่ควรในประเทศกำลังพัฒนา • ค่อนข้างง่าย	• ไม่มีการพัฒนาการ MRV • ไม่ปรากฏระดับความถูกต้อง แต่อาจจะต่ำกว่าระดับกลาง • ประสิทธิผลของ MRV ต่อการควบคุมสภาพภูมิอากาศระหว่างประเทศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.3 การตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ การปล่อย/การลดก๊าซเรือนกระจก (ต่อ)

	ประเภทที่ 1 : การปล่อย ก๊าซเรือนกระจก ในระดับองค์กร	**ประเภทที่ 2:** การลด ก๊าซเรือนกระจกใน ระดับโครงการ	**ประเภทที่ 3:** การปล่อย ก๊าซเรือนกระจก ในระดับชาติ	**ประเภทที่ 4:** การลด ก๊าซเรือนกระจก ตามนโยบาย / แผนปฏิบัติการ
ตัวอย่างการดำเนินการ	• EU-ETS • Climate Registry • California Climate Action Registry (สหรัฐอเมริกา) • Tokyo Metropolitan Government ETS • JVETS (ประเทศญี่ปุ่น)	• CDM • VCS • J-VER (ประเทศญี่ปุ่น) • BOCM (ประเทศญี่ปุ่น: กำลังพัฒนา)	การส่งและทบทวน บัญชีก๊าซเรือน กระจกแห่งชาติ	ไม่มี
มาตรฐานและแนวทาง ระหว่างประเทศ	•ISO14064-1 •ISO14064-3 •ISO14065 •ISO14066	•ISO14064-2 •ISO14064-3 •ISO14065 •ISO14066	• IPCC Guidelines (M/R) • UNFCCC COP/CMP Decisions (R/V)	ไม่มี

ที่มา: IGES (2012)

หมายเหตุ:

European Voluntary Emissions Trading Scheme: EU-ETS คือ ระบบควบคุมการค้าสิทธิการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในกลุ่มประเทศสหภาพยุโรป

Japan's Voluntary Emissions Trading Scheme: JVETS คือ โครงการการซื้อขายและแลกเปลี่ยนสิทธิของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจของประเทศญี่ปุ่น

Voluntary Carbon Standard: VCS คือ มาตรฐานคาร์บอนภาคสมัครใจ

Japan Verification Emission Reduction: J-VER คือ มาตรฐานการทวนสอบการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศญี่ปุ่น

Biennial Offset Carbon Mechanism: BOCM คือ กลไกเครดิตชดเชยแบบทวิภาคี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2.5 นิยามของการตรวจวัด รายงานผล และการทวนสอบ

การตรวจวัด รายงานผล และการทวนสอบ (Measurement, Reporting and Verification: MRV) เป็นที่รู้จักคู่กันไปกับ แผนปฏิบัติการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างเหมาะสม โดยที่ MRV ถือเป็นกลไกหนึ่งที่มีเป้าหมายเพื่อส่งเสริมการตรวจวัดผล การรายงานผล และการทวนสอบพิสูจน์ผลของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นไปอย่างน่าเชื่อถือ โดยมีคำนิยามดังต่อไปนี้

- การตรวจวัด (Measurement) เป็นการเก็บข้อมูลฐานทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณที่เป็นที่ยอมรับในระดับสากล

- การรายงาน (Reporting) หมายถึง เป็นรูปแบบการรายงานข้อมูลจากการตรวจวัดที่เชื่อถือได้เพื่อแสดงข้อมูลให้แก่ผู้ใช้ข้อมูลทั้งภายในและภายนอกองค์กร หรือระดับประเทศ ภายใต้รูปแบบที่เป็นมาตรฐานสากล

- การทวนสอบ (Verification) เป็นการประเมินเพื่อให้แน่ใจได้ว่าข้อมูลที่รายงานนั้นสะท้อนปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แท้จริง

โดยมีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาระบบ MRV คือ การสร้างระบบที่มีความถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือเพื่อให้ทุกประเทศ ทั้งประเทศที่พัฒนาแล้วและประเทศที่กำลังพัฒนาเกิดความมั่นใจในการนำไปปฏิบัติเพื่อใช้เป็นเครื่องมือ ในการกำหนดเป้าหมายและดำเนินโครงการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อไป

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (UNFCCC, 2012)

2.3.1 หลักการในการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก

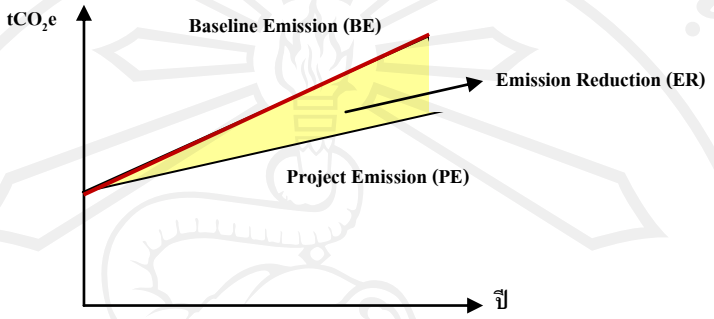
การหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละโครงการนั้น ต้องคำนึงถึงความถูกต้องและความเท่าเทียมของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐานของแต่ละโครงการ จึงแบ่งหลักการคำนวณออกเป็น 2 ประเภท คือ Brown field และ Green field ซึ่งจำแนกตามลักษณะของแต่ละโครงการทั้งการดำเนินการโครงการจากระบบการผลิตเดิมและการดำเนินการโครงการจากการสร้างระบบการผลิตใหม่ทั้งหมด ตามลำดับ

ก. Brown field

การดำเนินการโครงการจากระบบการผลิตเดิม กล่าวคือ มีการดำเนินการผลิตหรือใช้พลังงานในระบบเดิมก่อนแล้ว ซึ่งระบบเดิมนั้นมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตอยู่ปริมาณหนึ่ง เรียกว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Emission) และหลังจากนั้นจึงมีการดำเนินการโครงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่การดำเนินการโครงการยังคงมีการใช้พลังงานอยู่จึงมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เรียกว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโครงการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(Project Emission) ดังนั้นปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จะเกิดจากระบบการผลิตเดิมและมีการนำโครงการลดก๊าซเรือนกระจกมาเพิ่มเติมหรือทดแทนระบบเดิม เช่น โครงการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นในระบบปรับอากาศ เป็นต้น โดยมีความสัมพันธ์ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานและโครงการ

ข. Green field

การดำเนินการโครงการจากการสร้างระบบการผลิตใหม่ทั้งหมด กล่าวคือ ไม่มีการดำเนินการผลิตหรือใช้พลังงานในพื้นที่นั้นมาก่อน จึงไม่มีค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่เพื่อเกิดการดำเนินการของโครงการลดก๊าซเรือนกระจก รวมถึงการผลิตและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน จึงควรพิจารณาจากค่ามาตรฐานกลางในระบบการผลิตเดียวกันโดยพิจารณาจากปัจจัยต่างๆตามประเภทของโครงการ และส่วนการดำเนินการโครงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกยังคงมีการใช้พลังงานอยู่จึงมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเช่นเดียวกับ Brown field ตัวอย่างเช่นโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น

2.3.2 ระเบียบวิธีการคำนวณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จากความสัมพันธ์ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานและโครงการดังรูปที่ 2.3 จะเห็นถึงส่วนของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้ ซึ่งเรียกว่า ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Reduction, ER) โดยมีการคำนวณดังนี้

$$ER_y = BE_y - PE_y$$

โดยที่ :

ER_y = ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี y (tCO_2e/ปี)

BE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานในปี y (tCO_2e/ปี)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

PE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการในปี y (tCO_2e/ปี)

ซึ่งค่า BE_y และ PE_y สามารถหาได้แตกต่างกันไปในแต่ละประเภทของโครงการ เมื่อคำนวณหาค่าที่ได้จึงนำมาแทนลงในสมการหลัก เพื่อหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ของโครงการนั้น

2.3.2.1 ระเบียบวิธีการคำนวณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการด้านพลังงานทดแทน

ก. การคำนวณก๊าซเรือนกระจกจากโครงการผลิตไฟฟ้าโดยพลังงานแสงอาทิตย์ น้ำ และลม

โครงการผลิตไฟฟ้าโดยพลังงานแสงอาทิตย์ น้ำ และลม สามารถอ้างอิงการคำนวณหาค่า BE_y และPE_y ได้จาก ACM0002 Ver.12.3.0 : Consolidated baseline methodology for grid-connected electricity generation from renewable sources โดยวิธีที่นำมาใช้เป็นวิธีการสำหรับคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้จากการผลิตไฟฟ้าโดยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐาน (BE_y) คำนวณได้จากสมการ

$$BE_y = EG_{PJ,y} \times EF_{CO2}$$

โดยที่ :

BE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานในปี y (tCO_2)

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

EF_{CO2} = ปัจจัยการปล่อยก๊าซ CO_2 รวมสำหรับที่เชื่อมต่อโครงข่ายการผลิตไฟฟ้าในปี y (tCO_2/MWh)

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (PE_y) คำนวณได้จากสมการ

$$PE_y = PE_{FF,y} + PE_{GP,y} + PE_{HP,y}$$

โดยที่:

PE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการในปี y (tCO_2e)

$PE_{FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในปี y (tCO_2)

$PE_{GP,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเนื่องจากการปล่อยก๊าซที่ไม่สามารถควบแน่นได้จากการดำเนินการของโรงไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพในปี y (tCO_2e)

$PE_{HP,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอ่างเก็บน้ำของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ (tCO_2e)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข. การคำนวณก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตความร้อนโดยพลังงานแสงอาทิตย์

โครงการผลิตความร้อนโดยพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถอ้างอิงการคำนวณหาค่า BE_y และ PE_y ได้จาก AMS I.C. Ver. 19 : Thermal energy production with or without electricity โดยวิธีที่นำมาใช้เป็นวิธีการสำหรับคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้จากการผลิตความร้อนโดยพลังงานแสงอาทิตย์

โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐาน (BE_y) คำนวณได้จากสมการ

$$BE_y = BE_{thermal,CO_2,y} = (EG_{thermal,y} / \eta_{BL,thermal}) \times EF_{FF,CO_2}$$

โดยที่:

BE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานในปี y (tCO_2)

$BE_{thermal,CO2,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานจากการทดแทนโดยกิจกรรมโครงการพลังงานความร้อนในปี y (tCO_2)

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

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

$\eta_{BL,thermal}$ = ประสิทธิภาพของระบบที่ยังคงใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลก่อนการดำเนินการกิจกรรมโครงการ

สำหรับกิจกรรมของโครงการการผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นการใช้แสงอาทิตย์มาผลิตน้ำร้อนโดยตรงจึงไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก, $PE_y = 0$

ค. การคำนวณก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าโดยชีวมวล

โครงการผลิตไฟฟ้าโดยชีวมวล สามารถอ้างอิงการคำนวณหาค่า BE_y และ PE_y ได้จาก ACM0018 Ver. 02.0.0: Consolidated methodology for electricity generation from biomass residues in power-only plants โดยวิธีที่นำมาใช้เป็นวิธีการสำหรับคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้จากการผลิตไฟฟ้าโดยชีวมวล

โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐาน (BE_y) คำนวณได้จากสมการ

$$BE_y = BE_{EL,y} + BE_{BR,y}$$

โดยที่:

BE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานในปี y (tCO_2e)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

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

$BE_{BR,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานเนื่องจากการไม่ควบคุมการเผาไหม้หรือการย่อยสลายของชีวมวลในปี y (tCO_2e)

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (PE_y) คำนวณได้จากสมการ

$$PE_y = PE_{FF,y} + PE_{EL,y} + PE_{TR,y} + PE_{BR,y} + PE_{WW,y}$$

โดยที่:

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

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

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

$PE_{BR,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้ของชีวมวลระหว่างปี y (tCO_2e)

$PE_{WW,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปล่อยน้ำเสียของกระบวนการใช้ชีวมวลในปี *y* (tCO_2e)

ง. การคำนวณก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตความร้อนโดยชีวมวล

โครงการผลิตความร้อนโดยชีวมวล สามารถอ้างอิงการคำนวณหาค่า BE_y และ PE_y ได้จาก ACM0006 Ver.12.0.1: Consolidated methodology for electricity and heat generation from biomass residues โดยวิธีที่นำมาใช้เป็นวิธีการสำหรับคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้จากการผลิตความร้อนโดยชีวมวล

โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐาน (BE_y) คำนวณได้จากสมการ

$$BE_y = \sum_f FF_{BL,HG,y,f} \cdot EF_{FF,y,f} + BE_{BR,y}$$

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)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$BE_{BR,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานเนื่องจากการไม่ควบคุมการเผาไหม้หรือการย่อยสลายของชีวมวลในปี y (tCO2e)

y = ปีของช่วงระยะเวลาในการดำเนินการ

f = ชนิดของเชื้อเพลิงฟอสซิล

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (PE_y) คำนวณได้จากสมการเดียวกับการผลิตไฟฟ้าโดยชีวมวล

จ. การคำนวณก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าโดยก๊าซชีวภาพ (การบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรม)

โครงการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพโดยการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรม สามารถอ้างอิงการคำนวณหาค่า BE_y และ PE_y ได้จาก AMS III.H. Ver. 16 : Methane recovery in wastewater treatment โดยวิธีที่นำมาใช้เป็นวิธีการสำหรับคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้จากการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพจากอุตสาหกรรมโดยการบำบัดน้ำเสีย

โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐาน (BE_y) คำนวณได้จากสมการ

$$BE_y = BE_{power,y} + BE_{ww,treatment,y} + BE_{ww,dischage,y}$$

โดยที่:

$BE_{power,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าหรือเชื้อเพลิงฟอสซิล (tCO_2)

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

$BE_{ww,dischage,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการระบายน้ำเสียที่ยังคงมีสารอินทรีย์ที่ไม่ได้บำบัดอยู่(tCO_2e)

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (PE_y) คำนวณได้จากสมการ

$$PE_y = PE_{power,y} + PE_{ww,treatment,y} + PE_{ww,dischargey} + PE_{flaring,y}$$

โดยที่:

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

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

$PE_{ww,dischargey}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปล่อยก๊าซมีเทนจากสารอินทรีย์ที่ยังคง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตกค้างจากการบำบัดของโครงการ (tCO_2e)

$PE_{flaring,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากการเปาไม้ไม่สมบูรณ์ของหัวเผาทิ้ง (tCO_2e)

ฉ. การคำนวณก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าโดยก๊าซชีวภาพ (การบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์)

โครงการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพโดยการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ สามารถอ้างอิงการคำนวณหาค่า BE_y และ PE_y ได้จาก AMS III.D. Ver. 18 : Methane recovery in animal manure management systems โดยวิธีที่นำมาใช้เป็นวิธีการสำหรับคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้จากการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพโดยการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐาน (BE_y) คำนวณได้จากสมการ

$$BE_y = GWP_{CH4} * D_{CH4} * UF_b * \sum_{j,LT} MCF_j * B_{0,LT} * N_{LT,y} * VS_{LT,y} * MS\%_{Bl,j}$$

โดยที่:

BE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐาน.ในปี y (tCO_2e)

GWP_{CH4} = ระดับศักยภาพที่ทำให้โลกร้อนขึ้นของก๊าซมีเทน (Global Warming Potential: GWP) (21)

D_{CH4} = ความหนาแน่นของก๊าซมีเทน (0.00067 t/m^3 ที่อุณหภูมิห้อง (20 ºC) และความดัน 1 atm)

LT = ดัชนีสำหรับปศุสัตว์ทุกประเภท

j = ดัชนีสำหรับระบบการจัดการมูลสัตว์

MCF_j = ปัจจัยการเกิดก๊าซมีเทนรายปีสำหรับระบบการจัดการมูลสัตว์

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

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

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

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

UF_b = ปัจจัยการแก้ไขสำหรับความไม่แน่นอนของระบบ (0.94)

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (PE_y) คำนวณได้จากสมการ

$$PE_y = PE_{PL,y} + PE_{flare,y} + PE_{power,y} + PE_{storage,y}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยที่:

PE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการในปี y (tCO_2e)

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

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

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

$PE_{storage,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดเก็บมูลสัตว์ (tCO_2e)

ช. การคำนวณก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าโดยก๊าซชีวภาพ (การฝังกลบ)

โครงการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพโดยการฝังกลบ สามารถอ้างอิงการคำนวณหาค่า BE_y และ PE_y ได้จาก AMS III.G. Ver. 07 : Landfill Methane Recovery โดยวิธีที่นำมาใช้เป็นวิธีการสำหรับคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้จากการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพโดยการฝังกลบ

โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐาน (BE_y) คำนวณได้จากสมการ

$$BE_y = BE_{CH4,y} + BE_{power,y}$$

โดยที่:

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

$BE_{power,y}$ =การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากปริมาณใช้ไฟฟ้าหรือเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ทดแทนระบบเดิม (tCO_2e)

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (PE_y) คำนวณได้จากสมการ

$$PE_y = PE_{Power,y} + PE_{flare,y} + PE_{process,y}$$

โดยที่:

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

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

$PE_{process,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการปรับปรุงคุณภาพก๊าซในปี y (tCO_2e)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3.2.2 ระเบียบวิธีการคำนวณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

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

ก. มาตรการปรับปรุงให้กับเครื่องทำน้ำเย็น

- ก่อนปรับปรุง โดยใช้วิธีหรี่วาล์วควบคุมค่าอัตราการไหลของน้ำเย็นตามค่ามาตรฐานการออกแบบ หรือค่าอัตราการไหลของน้ำเย็นที่ใช้งานจริง อย่างใดอย่างหนึ่ง

- หลังปรับปรุง ปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ด้วยการปรับตั้งค่าความถี่ใช้งานให้ได้ค่าอัตราการไหลของน้ำเย็นตามค่ามาตรฐานการออกแบบ หรือค่าอัตราการไหลของน้ำเย็นที่ใช้งานจริง ตามค่าก่อนปรับปรุง

คำนวณหาค่าการใช้พลังงานทั้งก่อนและหลังการปรับปรุง ดังนี้

การใช้พลังงาน (kWh/ปี) = kW x ชั่วโมง/ปี$_{Base}$

โดยที่:

kW = กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (kW) ของเครื่องสูบน้ำเย็นเฉลี่ยของก่อนหรือหลังการปรับปรุง

ชั่วโมง/ปี$_{Base}$ = ชั่วโมงการทำงานของเครื่องสูบน้ำเย็นใน 1 ปี โดยจะใช้เป็นค่าเดียวกันในการคำนวณทั้งก่อนและหลังปรับปรุง

คำนวณหาผลการประหยัด ดังนี้

ผลการประหยัด (kWh/ปี) = การใช้พลังงานก่อนปรับปรุง – การใช้พลังงานหลังปรับปรุง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข. มาตรการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น

โดยเลือกแนวทางการใช้ข้อมูลจากการตรวจวัดแบบ Option A รวมกับข้อมูลจากการประมาณการณ์ (Measured Factors and Stipulated) ซึ่งในมาตรการนี้จะทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลเฉพาะในส่วนของเครื่องทำน้ำเย็น

คำนวณหาประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นก่อนและหลังการปรับปรุงโดยสมการต่อไปนี้

$$ChP = \frac{3.517 \times P}{m_w \times C_p (t_i - t_e)}$$

โดยที่:

ChP = ค่าสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นสำหรับระบบปรับอากาศ (kW/TR)

P = กำลังไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเครื่องอัดไอ (kW)

m_w = อัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านเครื่องระเหย (dm^3/s)

C_p = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.187 kJ/kg-°C

t_i = อุณหภูมิของน้ำที่ไหลเข้าเครื่องระเหย (°C)

t_e = อุณหภูมิของน้ำที่ไหลออกจากเครื่องระเหย (°C)

- ปรับแก้ค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการคำนวณ เนื่องจากการคำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นจำเป็นต้องมีการใช้ตัวปรับแก้ตามสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกันในแต่ละวัน(อุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายนอก) ซึ่งมีผลกระทบกับประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น

ประสิทธิภาพแท้จริง = ประสิทธิภาพการทำความเย็น × ตัวปรับแก้

- หาค่าประสิทธิภาพที่เปลี่ยนแปลงไป โดยคิดจากส่วนต่างของประสิทธิภาพที่ตรวจวัดได้ก่อนและหลังการปรับปรุงดังสมการ

ผลต่างประสิทธิภาพ(kW/TR) = ประสิทธิภาพจริงก่อนปรับปรุง – ประสิทธิภาพจริงหลังปรับปรุง

$= (kW/TR_{Pre} - kW/TR_{Post})$

- หาปริมาณการใช้งานจากภาระความเย็นที่มีการใช้อยู่เดิมต่อปี

ปริมาณการใช้ ($TR_{Base\ line}$) = อัตราการทำความเย็นเครื่องทำน้ำเย็นทำได้ค่าเฉลี่ยจากการใช้งานจริงตลอดช่วงเวลาที่ตรวจวัดก่อนปรับปรุง (TR) × ชม.ใช้งานต่อปี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

= (TR-h/ปี)

- คำนวณหาผลประหยัดต่อปีจากสมการ

ผลประหยัดต่อปี (kWh/ปี) = ผลต่างประสิทธิภาพ × $TR_{Base\ line}$

= (kW/TR_{Pre} – kW/TR_{Post}) x $TR_{Base\ line}$(TR-h/ปี)

ค. มาตรการปรับปรุงเครื่องเป่าลมและมอเตอร์

โดยเลือกแนวทางการใช้ข้อมูลจากการตรวจวัดแบบ Option A รวมกับข้อมูลจากการประมาณการณ์ (Measured Factors and Stipulated) ซึ่งในมาตรการนี้จะทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลโดยวิธีการวิเคราะห์ผลการประหยัด จะทำการวิเคราะห์หาดัชนีการใช้พลังงาน (Specificed Energy Consumption Index, SEC) ทั้งก่อนและหลังการปรับปรุง ซึ่งมีวิธีในการคำนวณดังนี้

- คำนวณหาดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุงเครื่องเป่าลม ($SEC_{ก่อนปรับปรุง}$)

$SEC_{ก่อนปรับปรุง}$ = ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ยก่อนปรับปรุง (kW) × เวลาทำงานของ Blower ที่ตรวจวัดก่อนปรับปรุง (ชั่วโมง) / จำนวนผลผลิตที่ได้จากตรวจวัดก่อนปรับปรุง (เมตร)

- คำนวณหาดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุงเครื่องเป่าลม ($SEC_{หลังปรับปรุง}$)

$SEC_{หลังปรับปรุง}$ = ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ยหลังปรับปรุง (kW) × เวลาทำงานของ Blower ที่ตรวจวัดหลังปรับปรุง (ชั่วโมง) / จำนวนผลผลิตที่ได้จากตรวจวัดหลังปรับปรุง (เมตร)

- คำนวณหาผลประหยัดต่อปีจากสมการ (kwh)

ผลประหยัดต่อปี (kWh) =[($SEC_{ก่อนปรับปรุง}$)-($SEC_{หลังปรับปรุง}$)] x จำนวนผลผลิตที่ได้ย้อนหลัง 1 ปี

ง. มาตรการเปลี่ยนใบพัดของพัดลม

โดยเลือกแนวทางการใช้ข้อมูลจากการตรวจวัดแบบ Option A รวมกับข้อมูลจากการประมาณการณ์ (Measured Factors and Stipulated) ซึ่งในมาตรการนี้จะทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลเฉพาะในส่วนของมอเตอร์ใบพัดของพัดลม

- วัดค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ของพัดลม (kW) และค่าความเร็วของลม (FPM) ของใบพัดชุดเดิม
- วัดค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ของพัดลม (kW) และค่าความเร็วของลม (FPM) ของใบพัดชุดใหม่
- เปรียบเทียบค่าความเร็วของลม (FPM) ระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงโดยค่าความเร็วของลม (FPM) หลังการปรับปรุง ต้องมีค่าไม่ต่ำกว่าค่าความเร็วของลม (FPM) ก่อนการปรับปรุง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คำนวณหาค่าการใช้พลังงานทั้งก่อนและหลังการปรับปรุง และผลการประหยัดมีการคำนวณดังเช่นการปรับปรุงเครื่องทำน้ำเย็น ที่ได้กล่าวไปข้างต้น

จ. มาตรการระบบแสงสว่าง (Lighting)

โดยเลือกแนวทางการใช้ข้อมูลจากการตรวจวัดแบบ Option A รวมกับข้อมูลจากการประมาณการณ์ (Measured Factors and Stipulated) ซึ่งในมาตรการนี้จะทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลเฉพาะในส่วนของระบบแสงสว่าง ซึ่งมีวิธีในการคำนวณดังนี้

- พลังงานไฟฟ้าที่ได้ประหยัดต่อปี (kWh/ปี)

= พลังงานที่ใช้ก่อนปรับปรุง - พลังงานที่ใช้ก่อนปรับปรุง

$= \sum(kW_{เฉลี่ย/หลอด} \text{ x จำนวนหลอด x ชั่วโมงการทำงานต่อปี}) \Big|_{ก่อนปรับปรุง}$

$- \sum(kW_{เฉลี่ย/หลอด} \text{ x จำนวนหลอด x ชั่วโมงการทำงานต่อปี}) \Big|_{หลังปรับปรุง}$

- วิธีการตรวจวัด

จะทำการตรวจวัดเก็บข้อมูลเฉพาะในเฉพาะในส่วนของระบบแสงสว่าง ซึ่งจะทำการตรวจวัดเก็บข้อมูล สำหรับจำนวนฟลูออเรสเซนต์ที่ตรวจวัดจะใช้สูตรของ Taro Yamane ในการเลือกจำนวนหลอดที่จะตรวจวัดขั้นต่ำ ที่ความเชื่อมั่น 90%

ฉ. มาตรการปรับปรุงเครื่องสูบน้ำหรือปั๊มน้ำ (Water Pumping)

โดยเลือกแนวทางการใช้ข้อมูลจากการตรวจวัดแบบ Option A รวมกับข้อมูลจากการประมาณการณ์ (Measured Factors and Stipulated) ซึ่งในมาตรการนี้จะทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลเฉพาะในส่วนของปั๊มน้ำซึ่งมีวิธีในการคำนวณดังนี้

- คำนวณหาการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุงของมอเตอร์ปั๊มน้ำของหอผึ่งเย็น

พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง = ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ใช้ (kW) x เวลาทำงานขอมอเตอร์ปั๊มน้ำ (ชั่วโมง)

- คำนวณหาการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุงของมอเตอร์ปั๊มน้ำของหอผึ่งเย็น

พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง = ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ใช้ (kW) x เวลาทำงานของมอเตอร์ปั๊มน้ำ (ชั่วโมง)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- คำนวณหาผลประหยัดต่อปีจากสมการ

ผลประหยัดต่อปี(kWh) = พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง – พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง

หมายเหตุ ปริมาณน้ำหรืออัตราการไหลของน้ำหลังการปรับปรุง ต้องมีปริมาณเท่ากับหรือมากกว่าก่อนการปรับปรุง

ช. การฟื้นฟูหรือเปลี่ยนหม้อน้ำในอุตสาหกรรมและส่วนผลิตความร้อน

โครงการการฟื้นฟูหรือเปลี่ยนหม้อน้ำในอุตสาหกรรมและส่วนผลิตความร้อน สามารถอ้างอิงการคำนวณหาค่า BE_y และ PE_y ได้จาก AM0044 Ver.01: Energy efficiency improvement projects: boiler rehabilitation or replacement in industrial and district heating sectors โดยวิธีที่นำมาใช้เป็นวิธีการสำหรับคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้จากการการปรับปรุงประสิทธิภาพโดยการการฟื้นฟูหรือเปลี่ยนหม้อน้ำในอุตสาหกรรมและส่วนผลิตความร้อน

โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐาน (BE_y) คำนวณได้จากสมการ

$$BE_y = \sum_{i=1}^{n} FC_{BL,i,y} \cdot EF_{C,FF,i} \cdot OXID_{FF,i} \cdot 44/12$$

โดยที่ :

BE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานระหว่างปี y (tCO_2/ปี)

n = จำนวนของหมอไอน้ำในขอบเขตของโครงการ

$FC_{BL,i,y}$ = เชื้อเพลิงฟอสซิลที่ป้อนให้กับหม้อน้ำ i ของกรณีฐานในปี y (MJ/ปี)

$EF_{C,FF,i}$ = ปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในหม้อน้ำ i (tC/ปี)

$OXID_{FF,i}$ = ปัจจัยการเกิดออกซิเดชัน สำหรับการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในหม้อน้ำ i (สัดส่วน)

44/12 = ปัจจัยการแปลงค่าจากคาร์บอนเทียบเท่าเป็น CO_2e (อัตราส่วนระหว่าง น้ำหนักโมเลกุลของ CO_2/น้ำหนักโมเลกุลของคาร์บอน)

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (PE_y) คำนวณได้จากสมการ

$$PE_y = \sum_{i=1}^{n} FC_{PJ,i,y} \cdot NCV_i * EF_{C,FF,i} \cdot OXID_{FF,i} \cdot 44/12$$

โดยที่:

PE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการระหว่างปี y (tCO_2/ปี)

$FC_{PJ,i,y}$ = การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลสำหรับหม้อน้ำ i ของโครงการในปี y (มวลหรือปริมาตร/ปี)

$EF_{C,FF,i}$ = ปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับเชื้อเพลิงฟอสซิลในหม้อน้ำ i ของโครงการ (tC/MJ)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

NCV_i = ค่าความสร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในหม้อน้ำ i ของโครงการ (มวลหรือปริมาตร/ปี)

$OXID_{FF,i}$ = ปัจจัยการเกิดออกซิเดชัน สำหรับการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในหม้อน้ำ i ของโครงการ (สัดส่วน)

ซ. การเปลี่ยนเชื้อเพลิงหม้อน้ำในอุตสาหกรรมและส่วนผลิตความร้อน

โครงการการเปลี่ยนเชื้อเพลิงหม้อน้ำในอุตสาหกรรมและส่วนผลิตความร้อน สามารถอ้างอิงการคำนวณหาค่า BE_y และ PE_y ได้จาก AM0036 Ver. 04 : Fuel switch from fossil fuels to biomass residues in heat generation equipment โดยวิธีที่นำมาใช้เป็นวิธีการสำหรับคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้จากการการปรับปรุงประสิทธิภาพโดยการการเปลี่ยนเชื้อเพลิงหม้อน้ำในอุตสาหกรรมและส่วนผลิตความร้อน

โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐาน (BE_y) คำนวณได้จากสมการ

$$BE_y = BE_{HG,y} + BE_{BF,y}$$

โดยที่:

BE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐาน (tCO_2e/ปี)

$BE_{HG,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตความร้อนของกรณีฐาน (tCO_2/ปี)

$BE_{BF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้แบบไม่ควบคุมหรือการย่อยสลายของชีวมวลแบบใช้อากาศ (tCO_2e/ปี)

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (PE_y) คำนวณได้จากสมการ

$$PE_y = PE_{CO2,FF,y} + PE_{CO2,EC,y} + PE_{CO2,TR,y} + GWP_{CH4} \cdot PE_{CH4,BF,y}$$

โดยที่:

PE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในโครงการ(tCO_2/yr)

$PE_{CO2,FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลบนพื้นที่ของโครงการ (tCO_2/ปี)

$PE_{CO2,EC,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ของโครงการ (tCO_2/ปี)

$PE_{CO2,TR,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างปี y จากการขนส่งชีวมวลสู่โครงการ (tCO_2/ปี)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

GWP_{CH4} = ระดับศักยภาพที่ทำให้โลกร้อนขึ้นของก๊าซมีเทน (Global Warming Potential: GWP) (tCO_2e/tCH_4)

$PE_{CH4,BF,y}$ = ปริมาณก๊าซมีเทนจากการเผาไหม้ของชีวมวลในอุปกรณ์ผลิตความร้อนCH_4 (tCH_4/ปี)

2.3.2.3 ระเบียบวิธีการคำนวณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการด้านการขนส่ง (ระบบราง)

โครงการขนส่งโดยระบบราง สามารถอ้างอิงการคำนวณหาค่า BE_y และ PE_y ได้ ACM0016 Ver. 03 : Mass Rapid Transit Projects โดยวิธีที่นำมาใช้เป็นวิธีการสำหรับคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้จากการขนส่งโดยระบบราง

โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐาน (BE_y) คำนวณได้จากสมการ

$$BE_y = \frac{P_y}{P_{SPER}} \sum_p \left(BE_{p,y} \cdot FEX_{p,y} \right)$$

โดยที่ :

BE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน.ในปี y (tCO_2)

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

$FEX_{p,y}$ = ปัจจัยการขยายสำหรับแต่ละผู้โดยสารที่สำรวจในปี y (แต่ละผู้โดยสารที่สำรวจที่ความแตกต่างของปัจจัยการขยาย)

P_y = จำนวนผู้โดยสารรวมในปี y

P_{SPER} = จำนวนผู้โดยสารในช่วงเวลาการสำรวจ (1 สัปดาห์)

p = ผู้โดยสารที่สำรวจ (แต่ละบุคคล)

y = ปีของช่วงเวลาที่กำหนด

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (PE_y) คำนวณได้จากสมการ

$$PE_y = DPE_y + IPE_y$$

โดยที่:

PE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการในปี y (tCO_2)

DPE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงของโครงในปี y (tCO_2)

IPE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมของโครงในปี y (tCO_2)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4 มาตรฐานการทวนสอบ

การศึกษามาตรฐานการทวนสอบจะทำการศึกษา 2 มาตรฐาน คือ CDM Validation and Verification Manual และ J-VER (Japan Verified Emission Reduction) เพื่อกำหนดหลักการการทวนสอบให้เป็นไปตามหลักการของมาตรฐานสากลที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและได้รับการยอมจากประเทศที่พัฒนาแล้ว เพื่อปรับใช้กับการดำเนินการของแนวทางการตรวจวัด รายงานผลและการทวนสอบ สำหรับโครงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยและเป็นที่ยอมรับของต่างประเทศ

2.4.1 มาตรฐาน CDM Validation and Verification Manual (UNFCCC, 2012)

ในกระบวนการการตรวจสอบและทวนสอบของกลไกการพัฒนาที่สะอาดนั้น มีการพัฒนาแบบแผนและขั้นตอนสำหรับการตรวจสอบและการทวนสอบเอกสารออกแบบของโครงการในกลไกการพัฒนาที่สะอาด โดยมีองค์ประกอบดังต่อไปนี้

ก. วัตถุประสงค์ของการทวนสอบ

- ความถูกต้องของการปฏิบัติและดำเนินการตามเอกสารของโครงการ รวมถึงอุปกรณ์ที่ใช้งานทุกชิ้นในพื้นที่ของโครงการ

- ความถูกต้องของรายงานการตรวจสอบและเอกสารอื่นๆที่เกี่ยวข้อง ถึงความสมบูรณ์ความโปร่งใสและเป็นไปตามข้อกำหนดของคู่มือ

- ตรวจสอบระบบการตรวจสอบและขั้นตอนดำเนินการจริงต้องเป็นไปตามระบบการตรวจสอบและขั้นตอนการดำเนินการที่ได้อธิบายในแผนการตรวจสอบและวิธีการคำนวณ

- การประเมินข้อมูลการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้บันทึกและเก็บไว้ตามวิธีการตรวจสอบและผลสรุปอย่างเร่งด่วนตามคำสั่งของ CERs เพื่อตีพิมพ์ข้อมูลที่ไม่ได้เผยแพร่อย่างอิสระ

ข. วิธีการทวนสอบ

- หลักของการทวนสอบ

  - ทบทวนข้อมูลถึงความสมบูรณ์ของข้อมูลที่มีการเสนอมา
  - ทบทวนแผนการตรวจสอบและวิธีการตรวจสอบ ตามข้อกำหนดของการตรวจวัดถึงความถี่ คุณภาพของมิเตอร์ เช่นการสอบเทียบของอุปกรณ์และขั้นตอนการประกันคุณภาพและควบคุมคุณภาพ
  - การประเมินการจัดการข้อมูลและระบบการประกันคุณภาพและควบคุมคุณภาพที่ส่งผลต่อการผลิตและการรายงานผลการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- การประเมินในพื้นที่โครงการตามการดำเนินการที่ได้มีการออกแบบไว้ ทั้งข้อมูลของกระบวนการผลิต การรวบรวมและรายงานผลของตัวแปรตรวจวัด และข้อมูลในการคำนวณและสมมติฐานของข้อมูลก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ โดยการสัมภาษณ์ผู้จัดการโครงการและตรวจสอบข้อมูลที่ได้กับข้อมูลจากโครงการอื่นที่ได้มีการบันทึกไว้

- คุณภาพของเอกสารและหลักฐาน
  - เอกสารและหลักฐานนั้นต้องมีข้อมูลที่เพียงพอ และเหมาะสม
  - การคัดเลือกหลักฐานที่มีความน่าเชื่อถือ
  - แหล่งและลักษณะของหลักฐาน (จากภายนอก/ภายในประเทศ, การสอบถาม, เอกสาร)
  - เอกสารและหลักฐานในด้านการตรวจวัด จะต้องสามารถเปรียบเทียบกับข้อมูลจากโครงการอื่นๆได้
  - ถ้าเอกสารและหลักฐานในการรายงานผลการลดก๊าซเรือนกระจกนั้นมีไม่เพียงพอ รายงานฉบับดังกล่าวจะไม่ผ่านการทวนสอบและการรับรองผล
- ความชัดเจน, การแก้ไขปัญหา และการดำเนินการต่อ
  - การทวนสอบจะระบุเนื้อหาเกี่ยวกับลักษณะการตรวจสอบและการดำเนินการของโครงการที่มีผลต่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และสิ่งสำคัญคือความโปร่งใสของเนื้อหา ในการอธิบายและสรุปในรายงานการทวนสอบ
  - ความชัดเจนของข้อมูลนั้นต้องมีข้อมูลที่เพียงพอ สมบูรณ์ และโปร่งใส พอที่จะเผยแพร่ตามข้อกำหนด
  - การแก้ไขปัญหาจากการที่มีหลักฐานการตรวจสอบและรายงานผลไม่เพียงพอตามที่ระบุไว้ในแผนการติดตามผลและระเบียบวิธีการคำนวณ โดยข้อผิดพลาดอาจจะเกิดจากค่าสมมติฐาน ข้อมูลหรือการคำนวณปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งส่งผลต่อการประมาณค่าการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
  - การดำเนินการต่อจะต้องไม่ส่งผลต่อระดับความเชื่อมั่นในการประมาณค่าการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการปรับปรุงการตรวจวัดและรายงานผลในสถานการณ์จริง

ค. รายงานการทวนสอบ

ข้อมูลรายงานการทวนสอบต้องมีดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- บทสรุปของกระบวนการทวนสอบและขอบเขตของการทวนสอบ
- ทีมงานการทวนสอบ
- ข้อมูลพื้นฐานของโครงการและการเยี่ยมชมสถานที่
- สรุปข้อสำคัญของการปฏิบัติงานโครงการตามเอกสารออกแบบที่ได้ตกลงไว้
- แผนการตรวจสอบเป็นไปตามวิธีการตรวจสอบ และการตรวจสอบก็เป็นไปตามแผนการตรวจสอบ
- ตัวแปรแต่ละตัวเป็นไปตามแผนการตรวจสอบและค่าที่ได้ต้องสมบูรณ์ตามรายงานการตรวจสอบที่ได้รับการตรวจสอบ
- การประเมินตามความชัดเจน การแก้ไขปัญหา และการดำเนินการต่อ ตามความต้องการจากผู้เข้าร่วมโครงการ
- การประเมินเนื้อหาย้อนหลังจากการทวนสอบก่อนหน้า
- การสรุปปริมาณของก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ตามการตรวจสอบ

ง. การออกเอกสารรับรองการดำเนินกิจกรรมของโครงการ

- การรับรองผลจะรับประกันโดยหน่วยงานของ DOE ในระหว่างช่วงเวลาดำเนินการกิจกรรมโครงการที่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้จริง
- เอกสารรับรองผลจะถูกพิจารณาตามข้อกำหนดของคณะกรรมการบริหารของกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM Executive Board) ของการรับรองผลการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CERs) โดยอ้างอิงตามรายงานการทวนสอบของปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ผ่านการทวนสอบแล้ว

2.4.2 มาตรฐาน J-VER (Japan Verified Emission Reduction) (Japan's Ministry of the Environment, 2011)

มีการกำหนดตามมาตรฐาน ISO 14064-3 และ 14065 โดยใช้บุคคลที่สาม (Third Party) ในการทวนสอบโดยที่ บุคคลที่สามต้องเข้าใจในโครงสร้างของISO และ J-VER และได้รับการรับรอง ISO 14065 (CER) จากองค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการรับรองระบบงาน (International Accreditation Forum, IAF)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.4 ลักษณะการดำเนินการของมาตรฐาน J-VER

การตรวจสอบ	การทวนสอบ
● ดำเนินการระหว่างช่วงแผนของโครงการ ● พิจารณากระบวนการการประเมินของบุคคลที่ 3 ถ้าโครงการตรงตามข้อกำหนดของ J-VER ● แผนการของโครงการจะถูกยอมรับเมื่อผ่านตามกฎระเบียบ, มาตรฐาน, วิธีการ, วิธีการตรวจสอบ และตามคู่มือ อื่นๆ ● ความเชื่อมั่น : รายละเอียดของการรายงานผลเพื่อผ่านการตรวจสอบข้อมูลที่เก็บรวบรวมและการประเมินความถูกต้อง	● ดำเนินการระหว่างช่วงที่โครงการดำเนินการ ● กระบวนการทวนสอบของบุคคลที่ 3 เพื่อความถูกต้องของปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามรูปแบบการคำนวณที่เหมาะสม ● การยอมรับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่กำหนดในการายงานการตรวจสอบด้วยการดำเนินการตามกฎระเบียบและคู่มือวิธีการตรวจสอบ, ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานการตรวจสอบและรายงานผล ● ค่าความเชื่อมั่น : รายละเอียดของการรายงานผลเพื่อผ่านการตรวจสอบข้อมูลที่เก็บรวบรวมและการประเมินความถูกต้อง

ก. ความเชื่อมั่น

หลักการสำคัญของความเชื่อมั่น

- ในแนวทางการตรวจสอบและการทวนสอบ (The Validation and Verification Guidelines, VVG) ข้อมูลจะถูกตรวจสอบตามเกณฑ์การตัดสินใจ ตามข้อจำกัดของความเชื่อมั่น
- เมื่อผลของการตรวจสอบและการทวนสอบในการตัดสิน ตามแผนการของโครงการและรายงานการตรวจสอบซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดต่างๆ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญ
- เมื่อผู้ใช้ไม่เข้าใจข้อมูลแผนการ โครงการและรายงานการตรวจสอบและส่งผลต่อการตัดสินใจและการปฏิบัติบางวิธีการ
- ค่ามาตรฐานเชิงปริมาณของข้อมูล (สูงกว่าค่าที่กำหนดของค่าความไม่แน่นอนที่ยอมรับได้)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- การลดลงของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ที่ความคลาดเคลื่อนของข้อมูล 5% (ทั้งส่วนของการตรวจสอบและการทวนสอบ)

ข. การวางแผนงาน

การเข้าใจกิจกรรมโครงการและการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อมดังต่อไปนี้

- ความเสี่ยงของในการค้นคว้าโครงการ
- การได้รับข้อมูลการวางแผนงาน การตรวจสอบและการทวนสอบ
    - กิจกรรมโครงการ/การดำเนินการโครงการด้านสิ่งแวดล้อม (กรณีฐาน, วิธีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก/การดูดซับ อื่นๆ)
    - ปัจจัยภายนอกที่กระทบต่อผลการลดก๊าซเรือนกระจก (กฎหมาย, ราคาเชื้อเพลิง อื่นๆ)

ค. ความเสี่ยง

ความเป็นไปได้ขององค์กรที่จะมองถึงค่าความผิดพลาดและการแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น

- ความเสี่ยงของการตรวจสอบและการทวนสอบ: 3 ประเภท
    - ความเสี่ยงเฉพาะ (Specific risk) : ความเสี่ยงของแผนและรายงานการตรวจสอบของโครงการที่เกิดค่าความผิดพลาดจากกิจกรรมโครงการตามปกติ
    - ความเสี่ยงของการควบคุม (Control risk) : ความเสี่ยงจากค่าความผิดพลาดของแผนและรายงานการตรวจสอบของโครงการที่ไม่สามารถป้องกันหรือตรวจพบโดย QA/QC และขั้นตอนควบคุมอื่นๆตามการวางแผนโครงการและรายงานการตรวจสอบ
    - ความเสี่ยงของการตรวจจับ (Detection risk) : ความเป็นไปได้ของค่าความผิดพลาดของแผนและรายงานการตรวจสอบของโครงการ จะต้องไม่พบหลังจากดำเนินการตรวจสอบและการทวนสอบ
- ค่าความไม่แน่นอน

ง. ตัวอย่าง

ประสิทธิภาพของตัวอย่างที่ใช้ควรเทียบกับข้อมูลขนาดใหญ่ถ้าความเสี่ยงอยู่ในระดับสูง และอาจจะใช้การแจกแจงการสำรวจ สำหรับ J-VER ในโครงการขนาดเล็กหลายๆกรณีจะใช้ข้อมูลทั้งหมด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- แผนการตรวจสอบโครงการสำหรับสมการที่ใช้, การเปลี่ยนหน่วย, ค่าปัจจัยต่างๆที่ใช้ (ขึ้นกับการควบคุมภายในที่มีโอกาสจะขยายขอบเขต) อื่นๆ

- ในส่วนของแผนการตรวจสอบ จะตรวจสอบข้อมูลที่ถูกกำหนดไว้ข้างต้น และการตรวจวัด, แหล่งการบันทึกข้อมูล และการรวบรวมข้อมูล อื่นๆ

*หมายเหตุ : ข้อมูลที่ใช้เป็นตัวอย่างไม่ได้จำกัดอยู่แค่รายการข้างต้นเท่านั้น

จ. ตรวจสอบสถานะและระบบสำหรับการหาค่าความเชื่อมั่น

ตารางที่ 2.5 การตรวจสอบสถานะและระบบสำหรับการหาค่าความเชื่อมั่นของมาตรฐาน J-VER

จุดตรวจสอบ :	**จุดทวนสอบ :**
● ตรวจสอบถึงวิธีการตรวจสอบของแผนโครงการตามคู่มือวิธีการตรวจสอบ เพื่อเป็นการตรวจสอบถึงความเหมาะสมถ้าวิธีการนั้นไม่ได้รับการยอมรับ ● ตรวจสอบสมรรถนะและระบบต่างๆบนการตรวจสอบจริงตามแผนที่วางไว้ เช่นเดียวกับการ QA/QC และระบบโครงสร้างอื่นๆ	● การทวนสอบโครงการที่เข้าร่วมว่าจะได้รับการยอมรับหรือไม่โดยคระกรรมการทวนสอบของ J-VER ที่ดำเนินการตามแผนงาน (ดังนั้น เป้าหมายจะมุ่งเน้นไปที่การประเมินปริมาณของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก , อื่นๆ) ● ตรวจสอบประเภทของข้อมูล (รวมถึงค่าเริ่มต้น) ที่ใช้ในรายงานการตรวจสอบ, ความน่าเชื่อถือและความถูกต้องของข้อมูล ● ตรวจสอบความเหมาะสมของสมการคำนวณและวิธีการถ้าใช้ในการประมาณค่า

- ความถูกต้องของรายงานการทวนสอบ

- ความสอดคล้องของหน่วยวัดที่ใช้ (Higher Heating Value (HHV) เปลี่ยนเป็น Lower Heating Value (LHV); การเปลี่ยนหน่วย (จาก kcal เป็น MJ) อื่นๆ)
- เป็นหลักฐานสนับสนุนให้กับข้อมูล (ปริมาณของกิจกรรมต่างๆ)ได้หรือไม่ (การบันทึกการตรวจวัดทั้งปริมาณการใช้เชื้อเพลิง, ไอน้ำที่ผลิตได้, ไฟฟ้าที่ผลิตได้ และอื่นๆ)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- ค่าความเชื่อมั่น

- โครงการการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 5% (ทั้งในส่วนของการตรวจสอบและการทวนสอบ)
- ค่าความผิดพลาดจะประเมินจากลักษณะของกิจกรรมโครงการ
- มีการป้องกันหรือตรวจสอบโดยการควบคุมคุณภาพและการประกันคุณภาพและขั้นตอนการควบคุมอื่นๆ
- แผนต่างๆของโครงการและรายงานการตรวจสอบไม่ได้มีตรวจสอบหลังจากการดำเนินการตรวจสอบและทวนสอบ
- การพิจารณาค่าความไม่แน่นอนมี 3 ปัจจัยดังนี้
  1) ค่าความผิดพลาดจากความแม่นยำของเครื่องมือและวิธีการตรวจวัด
  2) ค่าความผิดพลาดที่อาจเกิดจากการทดสอบ
  3) ค่าความผิดพลาดเนื่องจากความไม่เที่ยงตรงในผลการทดสอบและวิธีการต่างๆ

ฉ. ผลลัพธ์ของแผนงาน

ตารางที่ 2.6 ผลลัพธ์ของแผนงานในการตรวจสอบและการทวนสอบของมาตรฐาน J-VER

การตรวจสอบ	**การทวนสอบ**
● เครื่องมือวัดและวิธีการตรวจวัดได้กำหนดเงื่อนไขไว้ในคู่มือการตรวจสอบซึ่งมีช่วงระดับความคลาดเคลื่อนของข้อมูลเชิงปริมาณ 5% ● ความถี่ของการตรวจวัดและการสอบเทียบเครื่องมือวัด เพื่อพิจารณาความผิดพลาดที่เกิดขึ้นตามข้อ 2 และ 3 ข้างต้น	● การประเมินเชิงปริมาณในข้อ 2 และ 3 จะต้องใช้ค่าจริงเป็นข้อมูลหลัก *ยังใช้กับข้อ 1 ถ้าวิธีอื่นมีการกำหนดนอกเหนือจากคู่มือการตรวจสอบ ● ระดับความคลาดเคลื่อนของข้อมูลอยู่ที่ 5%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

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

โดยที่

U_{Total} ค่าความไม่แน่นอนรวม (%)

U_{RE/EF_A} ค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัด/วิธีการ

U_B ค่าความผิดพลาดที่อาจเป็นไปได้

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 (%)

ตารางที่ 2.7 ค่าความผิดพลาดในการตรวจสอบและการทวนสอบของมาตรฐาน J-VER

การตรวจสอบ	**การทวนสอบ**
1. ค่าความผิดพลาดจากเครื่องมือวัด: ตรวจสอบความถี่ของการตรวจวัดและการสอบเทียบค่าความถูกต้องของเครื่องมือ 2. ค่าความผิดพลาดที่อาจเป็นไปได้ : ตรวจสอบจากความผิดพลาดของผู้ปฏิบัติงาน, และอื่นๆ 3. ค่าความผิดพลาดเนื่องจากความไม่เที่ยงตรง	1. ค่าความผิดพลาดที่อาจเป็นไปได้ : ตรวจสอบจากความผิดพลาดของผู้ปฏิบัติงาน, และอื่นๆ 2. ค่าความผิดพลาดเนื่องจากความไม่เที่ยงตรง

2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างและสถิติทดสอบ

2.5.1 การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างของ Taro Yamane

การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง ในกรณีทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน (Finite Population) ใช้สูตรทาโร ยามาเน (Taro Yamane, 1973) โดยจำนวนตัวอย่างในแต่ละระดับความเชื่อมั่นที่จำนวนประชากรขนาดต่างๆ สามารถสรุปค่าได้ดังตารางที่ 2.4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สูตร $$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

เมื่อ n แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

N แทน ขนาดของประชากร

e แทน ความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 2.8 จำนวนตัวอย่างในแต่ละระดับความเชื่อมั่นที่จำนวนประชากรขนาดต่างๆ

จำนวนประชากร /ระดับความเชื่อมั่น	**จำนวนตัวอย่าง**				
	99%	95%	90%	85%	80%
1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	3
5	5	5	5	4	4
10	10	10	9	8	7
20	20	19	17	14	11
30	30	28	23	18	14
40	40	36	29	21	15
50	50	44	33	24	17
100	99	80	50	31	20
200	196	133	67	36	22
300	291	171	75	39	23
400	385	200	80	40	24
500	476	222	83	41	24
1000	909	286	91	43	24
2000	1667	333	95	43	25
3000	2308	353	97	44	25
4000	2857	364	98	44	25
5000	3333	370	98	44	25

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.8 จำนวนตัวอย่างในแต่ละระดับความเชื่อมั่นที่จำนวนประชากรขนาดต่างๆ (ต่อ)

จำนวนประชากร /ระดับความเชื่อมั่น	จำนวนตัวอย่าง				
	99%	95%	90%	85%	80%
10000	5000	385	99	44	25
100000	9091	398	100	44	25
1000000	9901	400	100	44	25
10000000	9990	400	100	44	25
100000000	9999	400	100	44	25
1000000000	10000	400	100	44	25

2.5.2 การทดสอบแบบ F-test

ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของประชากรโดยใช้ t-test สิ่งสำคัญที่จะต้องพิจารณาสิ่งหนึ่ง คือ ความแปรปรวนของประชากรเท่ากันหรือไม่ หรือความเป็นเอกพันธ์ของค่าความแปรปรวน (Homogeneity of Variance) และในการทดสอบว่า ความแปรปรวนของประชากรจะแตกต่างกันหรือไม่นั้นจะต้องใช้การทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างด้วยสถิติทดสอบเอฟ

ข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบเอฟ มีดังนี้

1. กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยการสุ่มที่เป็นอิสระจากกัน
2. ประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ
3. ข้อมูลอยู่ในมาตราอันตรภาคหรืออัตราส่วน

ก. การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างของความแปรปรวนของประชากร

เมื่อต้องการทราบว่า ความแปรปรวนของประชากร (σ^2) 2 กลุ่มมีความแตกต่างกันหรือไม่ จะทำการทดสอบโดยใช้สถิติทดสอบเอฟ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบเอฟ
2. กำหนดสมมติฐานทางสถิติ

สำหรับการทดสอบแบบสองทิศทาง

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$
$$H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

สำหรับการทดสอบแบบทิศทางเดียว

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$H_1 : \sigma_1^2 > \sigma_2^2$ หรือ $\sigma_1^2 < \sigma_2^2$ อย่างใดอย่างหนึ่ง

3. กำหนด α

4. คำนวณหาค่าสถิติ F จากสูตร

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$ มี $df_1 = n_1 - 1$ และ $df_2 = n_2 - 1$

ในทางสถิติมักนิยมคำนวณค่า F โดยใช้ค่าความแปรปรวนจากกลุ่มตัวอย่างที่มีค่ามากเป็นตัวเศษ ซึ่งจะทำให้ขอบเขตวิกฤตอยู่ทางขวาเสมอ

5. กำหนดขอบเขตวิกฤต โดยหาค่า F วิกฤต (F_{α,df_1,df_2})

6. สรุปผลการทดสอบ

$F \geq$ F วิกฤต จะปฏิเสธ H_0

F < F วิกฤต จะยอมรับ H_0

ข. การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนของประชากร

ในการทดสอบเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยกรณีกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน โดยใช้สถิติทดสอบทีแบบ Pooled Variance และ Separated Variance ผู้ทดสอบต้องเลือกใช้แบบใดแบบหนึ่ง จึงจำเป็นต้องทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนของประชากรด้วยการใช้สถิติทดสอบเอฟ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบเอฟ

2. กำหนดสมมติฐานทางสถิติ

$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$

$H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

3. กำหนด α

4. คำนวณหาค่าสถิติ F จากสูตร

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$ โดยที่ $S_1^2 > S_2^2$ และ $df_1 = n_1 - 1$ และ $df_2 = n_2 - 1$

5. กำหนดขอบเขตวิกฤต โดยหาค่า F วิกฤต (F_{α,df_1,df_2})

6. สรุปผลการทดสอบ

$F \geq$ F วิกฤต จะปฏิเสธ H_0

F < F วิกฤต จะยอมรับ H_0

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved