T-VER-P-TOOL-02-04

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากการเผาทำลายก๊าซชีวภาพจากการดำเนินโครงการ

(Tool to calculate project emissions from flaring)

ฉบับที่ 01

มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม 2566

1. บทนำ

เอกสารฉบับนี้เป็นเครื่องมือการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการจากการเผาทำลายก๊าซชีวภาพซึ่งประกอบด้วยก๊าซมีเทนที่มีความเข้มข้นสูง แหล่งที่มาของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งจากชีวมวล (Biogenic) เช่น ก๊าซจากหลุมฝังกลบ ก๊าซชีวภาพ ก๊าซจากระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น รวมถึงการระบุวิธีการ/แหล่งข้อมูลของพารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผล

2. คำนิยามที่เกี่ยวข้อง

- **ก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง (Residual gas หรือ RG)** หมายถึง ก๊าซไวไฟที่มีก๊าซมีเทนเป็นองค์ประกอบและถูกเผาทำลายเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมของโครงการ
- **ก๊าซไอเสีย (Exhaust gas หรือ EG)** หมายถึง ก๊าซเผาไหม้ที่ปล่อยออกมาจากระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ
- **ข้อกำหนดการใช้งานระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ (Flare operating specifications)** หมายถึง ข้อกำหนดของผู้ผลิตสำหรับการใช้งานระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ซึ่งรวมถึง อัตราการไหลต่ำสุดและสูงสุดและเงื่อนไขการทำงานขั้นต่ำและสูงสุดอื่น ๆ และรายละเอียดสำหรับอุปกรณ์ควบคุม
- **สภาวะอ้างอิง (Reference conditions)** หมายถึง 0 ^{o}C (273.15 K, 32 ^{o}F) และ 1 atm (101.325 kN/m^{2}, 101.325 kPa, 14.69 psia, 29.92 in Hg, 760 torr)
- **เชื้อเพลิงเสริม (Auxiliary fuel)** หมายถึง เชื้อเพลิงที่ผสมในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งเพื่อเพิ่มค่าความร้อนสำหรับการเผาไหม้อย่างต่อเนื่อง โดยปกติเชื้อเพลิงเสริมที่ใช้ เช่น ก๊าซปิโตรเลียมเหลว ก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น
- **ประสิทธิภาพของระบบเผาทำลาย (Flare efficiency)** หมายถึง ประสิทธิภาพการทำลายก๊าซมีเทนของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ซึ่งกำหนดเป็นหนึ่งลบด้วยอัตราส่วนระหว่างการไหลของมวลของก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสียและการไหลของมวลของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งที่ถูกเผาทำลาย (อ้างถึงในหน่วยพื้นฐานแห้ง (dry basis) และสภาวะอ้างอิง)
- **ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบเปิด (Open flare)** หมายถึง อุปกรณ์สำหรับเผาทำลายก๊าซชีวภาพที่ปลายเปิดโล่ง หรือมีลักษณะเป็นปล่องปิดอาจจะอยู่ในรูปแบบแนวตั้งหรือแนวนอน โดยที่ความยาวของปล่องเผาไหม้มีขนาดน้อยกว่า 2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของปล่องเผาไหม้
- **ระบบเผาทำลายก๊าซแบบปิด (Enclosed flare)** หมายถึง อุปกรณ์สำหรับเผาทำลายก๊าซชีวภาพอยู่ภายในปล่อง และความยาวของปล่องเผาไหม้ต้องมีขนาดมากกว่า 2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของปล่องเผาไหม้ อุปกรณ์ประกอบด้วยระบบการเผาไหม้และระบบรับอากาศตามธรรมชาติหรือบังคับได้สำหรับปฏิกิริยาการเผาไหม้

- **Low height flare** หมายถึง ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิดที่มีความสูงของปล่องระหว่าง 2 – 10 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของปล่องเผาไหม้

3. ลักษณะของกิจกรรมที่เข้าข่าย และเงื่อนไขการนำไปใช้

3.1 เครื่องมือการคำนวณนี้ใช้สำหรับคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการจากการเผาทำลายก๊าซชีวภาพด้วยระบบปิดหรือระบบเปิด และผู้พัฒนาโครงการควรระบุชนิดของระบบเผาทำลายที่ใช้ในกิจกรรมโครงการในเอกสารข้อเสนอโครงการ (Project Design Document หรือ PDD)

3.2 เครื่องมือนี้ใช้ได้กับการเผาทำลายก๊าซชีวภาพที่มีรายละอียดดังนี้

1) ก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งมีองค์ประกอบของก๊าซมีเทนที่มีความเข้มข้นสูง และ

2) แหล่งที่มาของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง ได้แก่ ก๊าซมีเทนจากแหล่งชีวมวล (Biogenic) (เช่น ก๊าซจากหลุมฝังกลบ ก๊าซชีวภาพ ก๊าซจากระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น)

3.3 เครื่องมือการคำนวณนี้ไม่รวมถึงการใช้เชื้อเพลิงเสริม ดังนั้นก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งจะต้องเป็นก๊าซไวไฟเพียงพอที่จะเผาไหม้ได้ ในกรณีใช้ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิดผู้พัฒนาโครงการต้องปฏิบัติตามข้อมูลการใช้งานระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพที่ผู้ผลิตกำหนดไว้

4. การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาทำลายก๊าซชีวภาพจากการดำเนินโครงการ ซึ่งเป็นการกำหนดพารามิเตอร์ที่ใช้คำนวณต่อไปนี้

พารามิเตอร์	หน่วย	อธิบาย
$PE_{flare,y}$	tCO_2e	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาทำลายก๊าซชีวภาพจากการดำเนินโครงการในปี y

4.1 กิจกรรมที่พิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ

ประเภท	กิจกรรม
การเผาทำลายก๊าซชีวภาพ	การใช้ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ

4.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาทำลายก๊าซชีวภาพ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาทำลายก๊าซชีวภาพคำนวณจากประสิทธิภาพของระบบเผาทำลาย และปริมาณของก๊าซมีเทนไปยังระบบเผาทำลาย โดยมีรายละเอียดดังนี้

$$PE_{flare,y} = GWP_{CH4} \times \sum_{m=1}^{525,600} F_{CH4,RG,m} \times (1- \eta_{flare,m}) \times 10^{-3} \quad \text{สมการที่ (1)}$$

โดยที่

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

GWP_{CH4} = ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน (tCO_2e/ tCH_4)

$F_{CH4,RG,m}$ = ปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาที m (kg)

$\eta_{flare,m}$ = ประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายในนาที m

โดยมีขั้นตอนการคำนวณดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การหาปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง

พารามิเตอร์	หน่วย	ความหมาย
$F_{CH4,m}$	kg	การไหลของมวลของก๊าซมีเทนไปยังระบบเผาทำลายในนาที m

ข้อกำหนดต่อไปนี้มีผลบังคับใช้

1) คำนวณก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งโดยใช้เครื่องมือการคำนวณ T-VER-P-TOOL-02-05 การคำนวณอัตราการไหลของมวลของก๊าซเรือนกระจกในกระแสก๊าซ
2) การไหลของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งจะต้องถูกวัดอย่างต่อเนื่อง
3) ก๊าซมีเทนเป็นก๊าซเรือนกระจก i ที่ต้องกำหนดการไหลของมวล
4) สามารถใช้การคำนวณมวลโมเลกุลของกระแสก๊าซอย่างง่ายในเครื่องมือการคำนวณ T-VER-P-TOOL-02-05 การคำนวณอัตราการไหลของมวลของก๊าซเรือนกระจกในกระแสก๊าซ
5) ช่วงเวลา t สำหรับการไหลของมวลควรใช้ค่าเฉลี่ยในทุกนาที m

$F_{CH4,m}$ ซึ่งวัดจากการไหลของมวลในช่วงนาที m จะต้องใช้เพื่อกำหนดมวลของก๊าซมีเทนในหน่วยกิโลกรัมที่ป้อนเข้าสู่ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพในนาที m ($F_{CH4,RG,m}$) โดย $F_{CH4,\ m}$ จะถูกกำหนดบนฐานแห้ง (dry basis)

ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดค่าประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ

ประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ จะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการเผาไหม้ของระบบและเวลาที่ระบบเผาไหม้ทำงาน โดยแบ่งเป็นระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบเปิดและแบบปิด กรณีระบบเผาทำลาบก๊าซชีวภาพแบบเปิดกำหนดให้ใช้ค่า default สำหรับกรณีระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพระบบปิด ผู้พัฒนาโครงการต้องกำหนดทางเลือกที่ใช้และต้องมีการติดตามข้อมูลตามทางเลือกที่เลือกใช้ ช่วงเวลาที่ระบบเผาทำลายทำงานต้องใช้อุปกรณ์ตรวจวัดเปลวไฟ หรือตามข้อกำหนดที่ผู้ผลิตระบุไว้

1) ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบเปิด (Open flare)

กำหนดประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบเปิดในนาที m ($\eta_{flare,m}$) เท่ากับ 50% เมื่อตรวจพบเปลวไฟในนาที m ($Flame_m$) มิฉะนั้น $\eta_{flare,m}$ มีค่าเป็น 0%

2) ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิด (Enclosed flare)

ผู้พัฒนาโครงการอาจจะเลือกค่าประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพสำหรับนาที m ($\eta_{flare,m}$) จากสองทางเลือก ดังนี้

- ทางเลือก A: ใช้ค่า default
- ทางเลือก B: ตรวจวัดประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ

ในกรณีที่ข้อมูลสูญหายสำหรับพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวัดประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ตามทางเลือก B ข้างต้น ผู้พัฒนาโครงการอาจเลือกที่จะปฏิบัติตามข้อกำหนดของทางเลือก A ทั้งนี้ ผู้พัฒนาโครงการจะต้องระบุทางเลือกนี้ไว้ในเอกสารข้อเสนอโครงการ (PDD)

ทางเลือก A: ค่า default

ประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพสำหรับนาที m ($\eta_{flare,m}$) เท่ากับ 90% เมื่อตรงตามเงื่อนไขสองข้อต่อไปนี้

1) อุณหภูมิของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ($T_{EG,m}$) และอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งไปยังระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ($F_{RG,m}$) ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดการใช้งานระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพของผู้ผลิต ($SPEC_{flare}$) ในนาที m และ
2) ตรวจพบเปลวไฟในนาที m ($Flame_m$)

มิฉะนั้น $\eta_{flare,m}$ เท่ากับ 0%

สำหรับระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิดซึ่งถูกกำหนดให้เป็น Low height flare ประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพจะถูกปรับเป็นแนวทางอนุรักษ์นิยมโดยการลบ 10%[2]

ทางเลือก B: ตรวจวัดประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ

ประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพในนาที m คือ ค่าที่ได้จากการตรวจวัดได้ ($\eta_{flare,m} = \eta_{flare,calc,m}$) เมื่อตรงตามเงื่อนไขต่อไปนี้ เพื่อแสดงให้เห็นว่าแสงแฟลร์ทำงานตามข้อกำหนดการทำงานของผู้ผลิต

1) อุณหภูมิระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ($T_{EG,m}$) และ อัตราการไหลของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งไปยังระบบ ($F_{RG,m}$) อยู่ในข้อกำหนดการทำงานของผู้ผลิต ($SPEC_{flare}$) ในนาที m และ
2) ตรวจพบเปลวไฟในนาที m ($Flame_m$)

มิฉะนั้น $\eta_{flare,m}$ เท่ากับ 0%

การวัดประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพผู้พัฒนาโครงการ สามารถดำเนินการได้ 2 วิธีดังนี้

ทางเลือก B.1 การตรวจวัดโดยหน่วยงานตรวจวัดที่ได้มาตรฐานอย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง[3]

ทางเลือก B.2 การวัดประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพทุกนาที

ตัวอย่างแนวปฏิบัติการตรวจวัดเปลวไฟ (ทางเลือก B)

ผู้พัฒนาโครงการอาจเลือกอุปกรณ์ตรวจวัดเปลวไฟที่เหมาะสมและคุ้มค่าสำหรับการดำเนินกิจกรรมของโครงการ เพื่อให้มั่นใจว่าปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกไม่ถูกประเมินเกินจริง โดยมีตัวอย่างดังนี้

ตัวอย่างที่ 1 กิจกรรมโครงการเกี่ยวข้องกับการติดตั้งและการทำงานของระบบกักเก็บก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบและระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ

เพื่อติดตามการทำงานของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ผู้พัฒนาโครงการควรติดตั้งเครื่องตรวจจับ UV/IR ซึ่งไวต่อทั้งความยาวคลื่นอัลตราไวโอเลตและอินฟราเรด และตรวจจับเปลวไฟโดยการเปรียบเทียบสัญญาณของทั้งสองช่วง เครื่องตรวจจับนี้ทำงานอย่างต่อเนื่อง

ตัวอย่างที่ 2 กิจกรรมโครงการเกี่ยวข้องกับการติดตั้งและการทำงานของระบบรวบรวมกักเก็บก๊าซชีวภาพมาใช้ประโยชน์และระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อติดตามการทำงานของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ผู้พัฒนาโครงการควรติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ (thermocoples) เพื่อติดตามการทำงานของเปลวไฟ ซึ่งทำการวัดอุณหภูมิอย่างต่อเนื่อง

[2] ตัวอย่างเช่น ค่า default ที่ใช้จะเป็น 80% แทนที่จะเป็น 90%

[3] กรณีช่วงระยะเวลาติดตามผล (Monitoring period) น้อยกว่าหนึ่งปี ควรดำเนินการตรวจวัดอย่างน้อย 2 ครั้งในช่วงระยะเวลาติดตามผลและการตรวจวัดแต่ละครั้งมีระยะห่างในกรอบเวลาสูงสุดหกเดือน

ทางเลือก B.1: การตรวจวัดโดยหน่วยงานตรวจวัดที่ได้มาตรฐานอย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง

ค่า $\eta_{flare,calc,m}$ คำนวณจากค่าเฉลี่ยของการวัดประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพปีละ 2 ครั้ง ในปี y ($\eta_{flare,calc,y}$) โดยมีการปรับค่าจากปัจจัยความไม่แน่นอน 5% ดังนี้

$$\eta_{flare,calc,y} = 1 - \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\left(\frac{F_{CH4,EG,t}}{F_{CH4,RG,t}}\right) - 0.05 \qquad \text{สมการที่ (2)}$$

โดยที่

$\eta_{flare,calc,y}$ = ประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ในปี y

$F_{CH4,EG,t}$ = ปริมาณของก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสียของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในช่วงเวลา t (kg)

$F_{CH4,RG,t}$ = ปริมาณของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง

t = จำนวน 2 ครั้งในปี y จากการวัดประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ โดยใช้เวลาตรวจวัดแต่ละครั้งอย่างน้อย 1 ชั่วโมง และห่างกันอย่างน้อย 6 เดือน

ค่า $F_{CH4,EG,t}$ ได้จากการตรวจวัดเป็นไปตามมาตรฐานที่เหมาะสมและค่า $F_{CH4,RG,t}$ คำนวณตามขั้นตอนที่ 1 และประกอบด้วยผลรวมของปริมาณก๊าซมีเทนในนาที m ในช่วงเวลา t

<u>ตัวอย่างแนวปฏิบัติการวัดประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ (ทางเลือก B.1)</u>

ผู้พัฒนาโครงการอาจเลือกแนวทางในการวัดประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพที่เหมาะสมและคุ้มค่าสำหรับกิจกรรมของโครงการ โดยมีตัวอย่างดังนี้

กิจกรรมโครงการเกี่ยวข้องกับการติดตั้งและการทำงานของระบบกักเก็บก๊าซชีวภาพขนาดเล็กและระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ผู้พัฒนาโครงการดำเนินการวัดประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพโดยหน่วยงานที่ได้รับการรับรองเป็นรายครึ่งปี นิติบุคคลที่ได้รับการรับรองนี้ดำเนินการวัดสองครั้งต่อปี

โดยจะตรวจวัดปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง (kg) และปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสียจากระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ (kg) อย่างน้อย 1 ชั่วโมง ประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพในปี y คำนวณจากค่าเฉลี่ยของการวัด 2 ครั้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง โดยลบปัจจัยความไม่แน่นอนที่ 5 %

ทางเลือก B.2 การวัดประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพทุกนาที

ค่าประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ($\eta_{flare,calc,m}$) อ้างอิงจากการตรวจสอบปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสีย ปริมาณก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง และปริมาณอากาศที่ใช้ในกระบวนการในนาที m และในปี y ดังนี้

$$\eta_{flare,calc,m} = 1 - \frac{F_{CH4,EG,m}}{F_{CH4,RG,m}}$$ สมการที่ (5)

โดยที่

$\eta_{flare,calc,m}$ = ประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ในนาที m

$F_{CH4,EG,m}$ = ปริมาณของก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสียของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที m (kg)

$F_{CH4,RG,m}$ = ปริมาณของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที m (kg)

ค่า $F_{CH4,RG,m}$ คำนวณตามขั้นตอนที่ 1

ค่า $F_{CH4,EG,m}$ คำนวณตามขั้นตอนที่ 2.1 - 2.4 ดังนี้

ขั้นตอนที่ 2.1 การคำนวณปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสียบนฐานแห้ง

ปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสียคำนวณได้จากปริมาตรการไหลของก๊าซไอเสียและความเข้มข้นของก๊าซมีเทนที่วัดได้ในก๊าซไอเสียดังนี้

$$F_{CH4,EG,m} = V_{EG,m} \times fc_{CH4,EG,m} \times 10^{-6}$$ สมการที่ (6)

โดยที่

$F_{CH4,EG,m}$ = ปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสียจากระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที m (kg)

$V_{EG,m}$ = ปริมาตรก๊าซไอเสียจากระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที m (m^3)

$fc_{CH4,EG,m}$ = ปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสียจากระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที m (mg/m^3)

ขั้นตอนที่ 2.2 การคำนวณปริมาตรของก๊าซไอเสีย ($V_{EG,m}$)

การคำนวณปริมาตรเฉลี่ยของก๊าซไอเสียในนาที m ตามการคำนวณของกระบวนการเผาไหม้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง ปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้และองค์ประกอบของก๊าซไอเสีย มีการคำนวณดังนี้

$$V_{EG,m} = Q_{EG,m} \times M_{RG,m}$$ สมการที่ (7)

โดยที่

$V_{EG,m}$ = ปริมาตรของก๊าซไอเสียบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที m (m^3)

$Q_{EG,m}$ = ปริมาตรของก๊าซไอเสียบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที m
(m^3 exhaust gas/kg residual gas)

$M_{RG,m}$ = ปริมาณก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที m (kg)

ขั้นตอนที่ 2.3 การคำนวณปริมาณของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง ($M_{RG,m}$)

ผู้พัฒนาโครงการอาจเลือกตรวจสอบปริมาณของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาที m โดยตรงหรือตามขั้นตอนที่กำหนดในขั้นตอนนี้ ค่า $M_{RG,m}$ ได้จากการคำนวณปริมาตรและความหนาแน่นของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง ความหนาแน่นของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งจะถูกกำหนดตามสัดส่วนของส่วนประกอบทั้งหมดในก๊าซชีวภาพ

$$M_{RG,m} = p_{RG,ref,m} \times V_{RG,m}$$ สมการที่ (8)

โดยที่

$M_{RG,m}$ = ปริมาณก๊าซเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที m (kg)

$p_{RG,ref,m}$ = ความหนาแน่นของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที m (kg/m^3)

$V_{RG,m}$ = ปริมาตรก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที m (m^3)

และ

$$p_{RG,ref,m} = \frac{p_{ref}}{\frac{R_u \times T_{ref}}{MM_{RG,m}}}$$ สมการที่ (9)

โดยที่

$p_{RG,ref,m}$ = ความหนาแน่นของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งที่สภาะอ้างอิงในนาที m (kg/m^3)

p_{ref} = ความดันบรรยากาศที่สภาะอ้างอิง (Pa)

R_u = ค่าคงที่ก๊าซในอุดมคติ ($Pa \cdot m^3/kmol \cdot K$)

$MM_{RG,m}$ = มวลโมเลกุลของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาที m (kg/ kmol)

T_{ref} = อุณหภูมิที่สภาะอ้างอิง (K)

ค่า $MM_{RG,m}$ คำนวณตามสมการที่ 10 โดยผู้พัฒนาโครงการอาจเลือกอย่างใดอย่างหนึ่ง a) ใช้สัดส่วนปริมาตรที่วัดได้ของแต่ละองค์ประกอบ i ของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งหรือ b) อย่างง่าย โดยใช้สัดส่วนปริมาตรของก๊าซมีเทนและพิจารณาความแตกต่างเป็น 100% เป็นก๊าซไนโตรเจน (N_2) โดยใช้สมการเช่นเดียวกันโดยไม่คำนึงถึงตัวเลือกที่ถูกเลือก

$$\mathbf{MM_{RG,m} = \sum_i (V_{i,RG,m} \times MM_i)}$$ สมการที่ (10)

โดยที่

$MM_{RG,m}$ = มวลโมเลกุลของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาที m (kg/km)

MM_i = มวลโมเลกุลของส่วนประกอบก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง i (kg/km)

$V_{i,RG,m}$ = สัดส่วนปริมาตรของส่วนประกอบ i ในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในชั่วโมง h

i = ส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง ในกรณีทางเลือก (a) ค่า i = CH_4, CO, CO_2, O_2, H_2, H_2S, NH_3, N_2 หรือ ทางเลือก (b) ค่า i = CH_4 และ N_2

ขั้นตอนที่ 2.4 การคำนวณปริมาตรของก๊าซไอเสียบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง ($Q_{EG,m}$)

ค่า $Q_{EG,m}$ คำนวณได้ตามสมการที่ 11

$$\mathbf{Q_{EG,m} = Q_{CO2,EG,m} + Q_{O2,EG,m} + Q_{N2,EG,m}}$$ สมการที่ (11)

โดยที่

$Q_{EG,m}$ = ปริมาตรของก๊าซไอเสียบนฐานแห้งต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในนาที m (m^3/kg residual gas)

$Q_{CO2,EG,m}$ = ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซไอเสียต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในนาที m (m^3/kg residual gas)

$Q_{O2,EG,m}$ = ปริมาณก๊าซออกซิเจนในก๊าซไอเสียต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในนาที m (m^3/kg residual gas)

$Q_{N2,EG,m}$ = ปริมาณก๊าซไนโตรเจนในก๊าซไอเสียต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในนาที m (m^3/kg residual gas)

และ

$$\mathbf{Q_{O2,EG,m} = n_{O2,EG,m} \times VM_{ref}} \quad \text{สมการที่ (12)}$$

โดยที่

$Q_{O2,EG,m}$ = ปริมาณก๊าซออกซิเจนในก๊าซไอเสียต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในนาที m (m^3/kg residual gas)

$n_{O2,EG,m}$ = ปริมาณก๊าซออกซิเจนในก๊าซไอเสียต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งที่ถูกเผาทำลายพื้นฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในนาที m (kmol / kg residual gas)

VM_{ref} = ปริมาตรของหนึ่งโมลของก๊าซในอุดมคติที่อุณหภูมิและความดันอ้างอิง (m^3/kmol)

$$Q_{n2,EG,m} = VM_{ref} \times \left(\left(\frac{MF_{N,RG,m}}{2 \times AM_N} + \left(\frac{1 - v_{O2,air}}{v_{O2,air}} \right) \times \left(F_{O2,RG,m} + n_{O2,RG,m} \right) \right) \right) \quad \text{สมการที่ (13)}$$

โดยที่

$Q_{N2,EG,m}$ = ปริมาณก๊าซไนโตรเจนในก๊าซไอเสียต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในนาที m (m^3 / kg residual gas)

VM_{ref} = ปริมาตรของหนึ่งโมลของก๊าซในอุดมคติที่อุณหภูมิและความดันอ้างอิง (m^3 /

$MF_{N,RG,m}$ = ปริมาณก๊าซไนโตรเจนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาที m

AM_N = มวลอะตอมของไนโตรเจน (kg/kmol)

$v_{O2,air}$ = ปริมาตรของก๊าซออกซิเจนในอากาศ

$F_{O2,RG,m}$ = ปริมาณ Stochiometric ของโมลของก๊าซออกซิเจนที่จำเป็นสำหรับการออกซิเดชั่นที่สมบูรณ์ของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งใน 1 กิโลกรัมในนาที m (kmol/ kg residual gas)

$n_{O2,EG,m}$ = ปริมาณก๊าซออกซิเจนในก๊าซไอเสียต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งที่ถูกเผาทำลายบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในนาที m (kmol/ kg residual gas)

$$\mathbf{Q_{CO2,EG,m}} = \frac{\mathbf{MF_{C,RG,\,m} \times VM_{ref}}}{\mathbf{AM_C}} \qquad \text{สมการที่ (14)}$$

โดยที่

$Q_{CO2,EG,m}$ = ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซไอเสียต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในนาที m (m^3 / kg residual gas)

$MF_{C,RG,\,m}$ = สัดส่วนโดยมวลของคาร์บอนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาที m

AM_c = มวลอะตอมของคาร์บอน (kg/kmol)

VM_{ref} = ปริมาตรของหนึ่งโมลของก๊าซในอุดมคติที่อุณหภูมิอ้างอิงและความดัน (m^3 /

$$n_{O2,EG,m} = \frac{v_{O2,EG,m}}{\left(1 - \left(\frac{v_{O2,EG,m}}{v_{O2,air}}\right)\right)} \times \left(\left(\frac{MF_{C,RG,m}}{AM_C} + \frac{MF_{N,RG,m}}{2 \times AM_N} + \left(\frac{1 - v_{O2,air}}{v_{O2,air}}\right) \times F_{O2,RG,m}\right)\right) \qquad \text{สมการที่ (15)}$$

โดยที่

$n_{O2,EG,m}$ = ปริมาณก๊าซออกซิเจนในก๊าซไอเสียต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งวูบวาบบนพื้นฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในนาที m (kmol / kg residual gas)

$v_{O2,EG,m}$ = สัดส่วนปริมาตรของก๊าซออกซิเจนในก๊าซไอเสียบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในนาที m

$v_{O2,air}$ = สัดส่วนปริมาตรของก๊าซออกซิเจนในอากาศ

$MF_{C,RG,m}$ = สัดส่วนโดยมวลของคาร์บอนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาที m

AM_C = มวลอะตอมของคาร์บอน (kg / kmol)

$MF_{N,RG,m}$ = สัดส่วนโดยมวลของก๊าซไนโตรเจนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาที m

AM_N = มวลอะตอมของก๊าซไนโตรเจน (kg / kmol)

$F_{O2,RG,m}$ = ปริมาณ Stochiometric ของโมลของก๊าซออกซิเจนที่จำเป็นสำหรับการออกซิเดชั่นที่สมบูรณ์ของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง 1 กิโลกรัมในนาที m (kmol / kg residual gas)

$$F_{O2,RG,m} = \frac{MF_{C,RG,m}}{AM_C} + \frac{MF_{H,RG,m}}{4AM_H} - \frac{MF_{O,RG,m}}{2AM_O}$$ สมการที่ (16)

โดยที่

$F_{O2,RG,m}$ = ปริมาณ Stochiometric ของโมลของก๊าซออกซิเจนจำเป็นสำหรับการออกซิเดชั่นที่สมบูรณ์ของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง 1 กิโลกรัมในนาที m (kmol / kg residual gas)

$MF_{C,RG,m}$ = สัดส่วนโดยมวลของคาร์บอนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาที m

AM_C = มวลอะตอมของคาร์บอน (kg / kmol)

$MF_{O,RG,m}$ = สัดส่วนโดยมวลของก๊าซออกซิเจนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาที m

AM_O = มวลอะตอมของก๊าซออกซิเจน (kg / kmol)

$MF_{H,RG,m}$ = สัดส่วนโดยมวลของก๊าซไฮโดรเจนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาที m

AM_H = มวลอะตอมของก๊าซไฮโดรเจน (kg / kmol)

ค่าสัดส่วนโดยมวลของคาร์บอน ก๊าซไฮโดรเจน ก๊าซออกซิเจนและก๊าซไนโตรเจนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งโดยใช้สัดส่วนโดยปริมาตรของส่วนประกอบ i ในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง คำนวณได้ตามสมการที่ 17 ในการใช้สมการนี้ ผู้พัฒนาโครงการอาจเลือกที่จะ a) ใช้สัดส่วนโดยปริมาตรที่วัดได้ของแต่ละองค์ประกอบ i ของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งหรือ (b) ตรวจวัดสัดส่วนโดยปริมาตรของก๊าซมีเทนและพิจารณาความแตกต่างเป็น 100% ว่าเป็นก๊าซไนโตรเจน สมการเดียวกันนี้ใช้โดยไม่คำนึงถึงตัวเลือกที่ถูกเลือก

$$MF_{j,RG,m} = \frac{\sum_i v_{i,RG,m} \times AM_j \times NA_{j,i}}{MM_{RG,m}}$$ สมการที่ (17)

โดยที่

$MF_{j,RG,m}$ = สัดส่วนโดยมวลขององค์ประกอบ j ในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาที m

$v_{i,RG,m}$ = ปริมาตรของส่วนประกอบ i ในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งในนาที m

AM_j = มวลอะตอมของธาตุ j (kg / kmol)

$NA_{j,i}$ = จำนวนอะตอมของธาตุ j ในส่วนประกอบ i

$MM_{RG,m}$ = มวลโมเลกุลของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาที m (kg / kmol)

j = องค์ประกอบ C, O, H และ N

i = ส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง หากตัวเลือก (a) ถูกเลือกเพื่อวัดสัดส่วน โดยปริมาตร i = CH_4, CO, CO_2, O_2, H_2, H_2S, NH_3, N_2 หรือหากเลือกตัวเลือก (b) แล้ว i = CH_4 และ N_2

สำหรับประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิดในนาที m ($\eta_{flare,m}$) จะถูกปรับเป็นแนวทางอนุรักษ์นิยมโดยการลบประสิทธิภาพ 10 % ตัวอย่างเช่น หากค่าที่วัดได้คือ 99% ค่าที่นำไปใช้จะเป็น 89%

5. ขั้นตอนวิธีการติดตามผล

5.1 ขั้นตอนการติดตามผล

1) ให้ผู้พัฒนาโครงการอธิบายและระบุขั้นตอนการติดตามผลข้อมูลกิจกรรมโครงการ (Activity data) หรือตรวจสอบผลการตรวจวัดทั้งหมดในเอกสารข้อเสนอโครงการ รวมถึงประเภทของเครื่องมือตรวจวัดที่ใช้ ผู้รับผิดชอบในการติดตามผลและตรวจสอบข้อมูล การสอบเทียบเครื่องมือวัด (ถ้ามี) และขั้นตอนการรับประกันและควบคุมคุณภาพ ในกรณีที่วิธีการมีตัวเลือกที่แตกต่างกัน เช่น การใช้ค่าเริ่มต้นหรือการตรวจวัดที่หน้างาน ผู้พัฒนาโครงการต้องระบุว่าจะใช้ตัวเลือกใด นอกจากนี้การติดตั้ง ดูแลรักษาและสอบเทียบเครื่องมือตรวจวัดควรดำเนินการตามคำแนะนำของผู้ผลิตอุปกรณ์และเป็นไปตามมาตรฐานภายในประเทศ หรือมาตรฐานสากล เช่น IEC, ISO

2) ข้อมูลทั้งหมดที่รวบรวมเป็นส่วนหนึ่งของการติดตามผลการลดก๊าซเรือนกระจก ซึ่งควรจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบไฟล์อิเล็กทรอนิกส์และมีระยะเวลาเก็บรักษาเป็นไปตามแนวทางที่ อบก. กำหนด หรือตามระบบคุณภาพขององค์กรแต่มีระยะเวลาไม่น้อยกว่าที่ อบก. กำหนดไว้อย่างน้อย 2 ปีหลังจากสิ้นสุดระยะเวลาคิดคาร์บอนเครดิตครั้งล่าสุด และควรตรวจสอบข้อมูลให้ถูกต้องตามวิธีการติดตามผลที่ระบุในพารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผลที่ระบุไว้ในตารางหัวข้อที่ 5.2

5.2. พารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผล

พารามิเตอร์	$F_{CH4, EG, t}$
หน่วย	kg
ความหมาย	ปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสียจากระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในช่วงเวลา t
แหล่งข้อมูล	ผลการตรวจวัดจากหน่วยงานที่ได้รับการรับรอง
การติดตามผล	ตรวจวัดการไหลของก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสียเป็นไปตามมาตรฐานที่เหมาะสม เวลา t เป็นการตรวจวัดการไหลของมวลอย่างน้อย 1 ชั่วโมง และห่างกันอย่างน้อย 6 เดือน อัตราการไหลเฉลี่ยต่อการเผาทำลายในเวลา t ต้องมากกว่าอัตราการไหลเฉลี่ยย้อนหลัง 6 เดือน

ความถี่ในการติดตามผล	2 ครั้งต่อปี
ขั้นตอน QA / QC	ตามมาตรฐาน
ความคิดเห็นอื่นๆ	จำเป็นต้องมีการตรวจวัดพารามิเตอร์นี้ในกรณีที่ใช้ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิดและผู้พัฒนาโครงการเลือก B.1 เพื่อกำหนดประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ

พารามิเตอร์	$T_{EG,m}$
หน่วย	องศาเซลเซียส
ความหมาย	อุณหภูมิของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพในนาที *m*
แหล่งข้อมูล	ตรวจวัดจากผู้พัฒนาโครงการ
การติดตามผล	ตรวจวัดอุณหภูมิของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพด้วยอุปกรณ์ที่เหมาะสม และการตรวจวัดนอกอุณหภูมิการทำงานที่ระบุโดยผู้ผลิตอาจระบุว่าระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพทำงานไม่ถูกต้องและอาจจำเป็นต้องมีการบำรุงรักษา ผู้ผลิตระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพจะต้องจัดเตรียมแนวทางการตรวจสอบอุณหภูมิของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพที่เหมาะสม ซึ่งคาดว่าจะอยู่ในระยะ 1 ส่วน 3 ของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ในกรณีที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิมากกว่า 1 ตัว ผู้ผลิตระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพจะต้องแนะนำเงื่อนไขที่จะติดตั้งในแต่ละตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการตรวจสอบการทำงานของระบบ
ความถี่ในการติดตามผล	1 ครั้งต่อนาที
ขั้นตอน QA / QC	ควรเปลี่ยนหรือสอบเทียบอุปกรณ์วัดอุณหภูมิตามตารางการบำรุงรักษา
ความคิดเห็นอื่นๆ	การเปลี่ยนแปลงที่ไม่คาดคิด เช่นอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น / ลดลงอย่างฉับพลันอาจเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ เหตุการณ์เหล่านี้ควรถูกบันทึกไว้พร้อมกับการดำเนินการแก้ไขใดๆ ที่ดำเนินการเพื่อแก้ไขปัญหา การตรวจสอบพารามิเตอร์นี้สามารถใช้ได้ในกรณีที่เลือกใช้ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิด และการตรวจวัดต้องเป็นเป็นไปตามข้อกำหนดของผู้ผลิต

พารามิเตอร์	$V_{i,RG,m}$
หน่วย	-
ความหมาย	สัดส่วนปริมาตรของส่วนประกอบ i ในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในชั่วโมง h
แหล่งข้อมูล	การตรวจวัดโดยผู้พัฒนาโครงการโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซแบบต่อเนื่อง
การติดตามผล	การตรวจวัดอาจทำทั้งบนฐานแห้งหรือฐานเปียก ทั้งนี้กรณีใช้ฐานเปียกให้ดำเนินการแปลงเป็นฐานแห้ง
ความถี่ในการติดตามผล	ดำเนินการตรวจวัดอย่างต่อเนื่องโดยเฉลี่ยเป็นนาที
ขั้นตอน QA / QC	เครื่องวิเคราะห์จะต้องได้รับการสอบเทียบตามคำแนะนำของผู้ผลิต

ความคิดเห็นอื่นๆ	ผู้พัฒนาโครงการสามารถตรวจวัดปริมาณ CH_4, CO และ CO_2 ของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งเท่านั้น และพิจารณาส่วนที่เหลือเป็น N_2 การตรวจวัดพารามิเตอร์นี้ใช้ได้เฉพาะในกรณีของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิด และการตรวจวัดประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิด การตรวจวัดปริมาณก๊าซมีเทนจะต้องใกล้กับอุปกรณ์สำหรับตรวจวัดการไหลของก๊าซชีวภาพ

พารามิเตอร์	$V_{RG,m}$
หน่วย	m^3
ความหมาย	ปริมาตรก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที m
แหล่งข้อมูล	การตรวจวัดโดยผู้พัฒนาโครงการโดยใช้เครื่องวัดอัตราการไหล
การติดตามผล	เครื่องมือที่บันทึกได้ด้วยสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ (อะนาล็อกหรือ ดิจิตอล)
ความถี่ในการติดตามผล	ต่อเนื่อง โดยเป็นค่าเฉลี่ยนาที
ขั้นตอน QA / QC	เครื่องวัดอัตราการไหลจะต้องได้รับการสอบเทียบตามคำแนะนำของผู้ผลิต
ความคิดเห็นอื่นๆ	1) ใช้ในกรณีที่ผู้พัฒนาโครงการเลือกใช้ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิด และการตรวจวัดประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งกรณีที่ผู้พัฒนาโครงการเลือกที่จะคำนวณ $V_{RG,m}$ แทนการตรวจวัด 2) การตรวจวัดพารามิเตอร์นี้ต้องดำเนินการตามข้อกำหนดของผู้ผลิตสำหรับอัตราการไหล/ค่าความหนาแน่นความร้อน โดยอัตราการไหลมีหน่วยเป็น m^3 / h

พารามิเตอร์	$M_{RG,m}$
หน่วย	kg
ความหมาย	ปริมาณก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที m
แหล่งข้อมูล	-
การติดตามผล	เครื่องมือที่บันทึกได้ด้วยสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ (อะนาล็อกหรือดิจิตอล)
ความถี่ในการติดตามผล	ต่อเนื่อง โดยเป็นค่าเฉลี่ยนาที
ขั้นตอน QA / QC	การสอบเทียบโดยห้องปฏิบัติการได้รับการรับรอง ทั้งนี้จำนวนการสอบเทียบ และความถี่ในการสอบเทียบเป็นไปตามข้อแนะนำของผู้ผลิต
ความคิดเห็นอื่นๆ	1) ใช้ในกรณีที่ใช้ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิด และการตรวจสอบประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพอย่างต่อเนื่องและกรณีผู้พัฒนาโครงการเลือกที่จะคำนวณ $M_{RG,m}$ แทนการคำนวณ 2) การตรวจวัดพารามิเตอร์นี้ต้องดำเนินการตามข้อกำหนดของผู้ผลิต สำหรับอัตราการไหล/ค่าความหนาแน่นความร้อน โดยอัตราการไหลมีหน่วยเป็น m^3 / h

พารามิเตอร์	$V_{O2,EG,m}$
หน่วย	-

ความหมาย	สัดส่วนปริมาตรของก๊าซออกซิเจนในก๊าซไอเสียบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในนาที
แหล่งข้อมูล	การตรวจวัดโดยผู้พัฒนาโครงการโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซแบบต่อเนื่อง
การติดตามผล	เครื่องวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างแบบสกัดด้วยน้ำและอนุภาคหรือเครื่องวิเคราะห์ในแหล่งกำเนิดเพื่อการวิเคราะห์บนฐานเปียก จุดตรวจวัดจะอยู่ส่วนบนของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ (80% ของความสูงเปลวไฟ) การสุ่มตัวอย่างจะต้องดำเนินการด้วยหัววัดการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมกับระดับอุณหภูมิที่สูง (เช่น หัววัด inconel)
ความถี่ในการติดตามผล	ต่อเนื่อง โดยเป็นค่าเฉลี่ยนาที
ขั้นตอน QA / QC	เครื่องวิเคราะห์จะต้องได้รับการสอบเทียบตามคำแนะนำของผู้ผลิต การตรวจสอบศูนย์และการตรวจสอบค่าทั่วไปควรดำเนินการโดยเปรียบเทียบกับก๊าซมาตรฐาน
ความคิดเห็นอื่นๆ	การตรวจสอบพารามิเตอร์นี้ใช้ได้เฉพาะในกรณีระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิดและการตรวจวัดประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่อง

พารามิเตอร์	$Fc_{CH4,EG,m}$
หน่วย	mg/m^3
ความหมาย	ปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสียจากระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที m
แหล่งข้อมูล	การวัดโดยผู้พัฒนาโครงการโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซแบบต่อเนื่อง
การติดตามผล	เครื่องวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างแบบสกัดด้วยน้ำและอนุภาคหรือเครื่องวิเคราะห์ในแหล่งกำเนิดเพื่อการวิเคราะห์พื้นฐานแบบเปียก จุดตรวจวัดจะอยู่ส่วนบนของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ (80% ของความสูงเปลวไฟ) การสุ่มตัวอย่างจะต้องดำเนินการด้วยหัววัดการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมกับระดับอุณหภูมิที่สูง (เช่น หัววัด
ความถี่ในการติดตามผล	ต่อเนื่อง โดยเป็นค่าเฉลี่ยนาที
ขั้นตอน QA / QC	เครื่องวิเคราะห์จะต้องได้รับการสอบเทียบตามคำแนะนำของผู้ผลิต การตรวจสอบศูนย์และการตรวจสอบค่าทั่วไปควรดำเนินการโดยเปรียบเทียบกับก๊าซมาตรฐาน
ความคิดเห็นอื่นๆ	ใช้ได้เฉพาะในกรณีระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิดและการตรวจวัดประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่อง เครื่องมือวัดอ่านค่าเป็น ppmv หรือ % โดยคูณด้วย 0.716 จะได้หน่วยเป็น mg/m^3

พารามิเตอร์	$Flame_m$
หน่วย	การเปิดและการปิดระบบระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ
ความหมาย	การตรวจจับเปลวไฟของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพในนาที m
แหล่งข้อมูล	การตรวจวัด
การติดตามผล	ตรวจวัดโดยใช้เครื่องตรวจจับเปลวไฟแบบออพติคอลแบบติดตั้งกับระบบ เช่น เครื่องตรวจจับอัลตร้าไวโอเล็ต หรืออินฟาเรด เป็นต้น
ความถี่ในการติดตามผล	1 ครั้งต่อนาที บันทึกการตรวจจับเปลวไฟเป็นนาทีในกรณีเปิดระบบ และบันทึกการตรวจจับเปลวไฟเป็นนาทีในกรณีปิดระบบ

ขั้นตอน QA / QC	อุปกรณ์จะต้องได้รับการบำรุงรักษาและสอบเทียบตามคำแนะนำของผู้ผลิต
ความคิดเห็นอื่นๆ	ใช้ได้กับระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพทุกประเภท

พารามิเตอร์	$Maintenance_y$
หน่วย	วันที่
ความหมาย	กิจกรรมการบำรุงรักษาในปี y
แหล่งข้อมูล	ผู้พัฒนาโครงการ
การติดตามผล	บันทึกการบำรุงรักษาทุกด้านรวมถึงรายละเอียดของบุคคลากร ชิ้นส่วนที่เปลี่ยนหรือจำเป็นต้องเปลี่ยน แหล่งที่มาของชิ้นส่วนอะไหล่ หมายเลขซีเรียลและใบรับรองการสอบเทียบ
ความถี่ในการติดตามผล	ทุกปี
ขั้นตอน QA / QC	บันทึกการบำรุงรักษาต้องเก็บไว้อย่างน้อย 2 ปี หลังจากการเลิกใช้ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ
ความคิดเห็นอื่นๆ	1) ใช้สำหรับกรณีระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิดและผู้พัฒนาโครงการเลือกตัวเลือก B เพื่อคำนวณประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ 2) บันทึกการบำรุงรักษาจำเป็นสำหรับเปรียบเทียบกับตารางการบำรุงระบุรักษาโดยผู้ผลิต ($SPEC_{Flare}$)

พารามิเตอร์	GWP_{CH4}
หน่วย	tCO_2e/tCH_4
ความหมาย	ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน
แหล่งข้อมูล	ใช้ข้อมูลจากรายงานประเมินสถานการณ์ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC Assessment Report) ที่จัดทำโดยคณะกรรมาธิการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change หรือ IPCC ที่ประกาศโดย อบก.
วิธีการติดตามผล	**<u>สำหรับการจัดทำเอกสารข้อเสนอโครงการ</u>** - ใช้ค่า GWP_{CH4} ล่าสุดตามที่ อบก. ประกาศ **<u>สำหรับการติดตามผลการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก</u>** - ใช้ค่า GWP_{CH4} ตามที่ อบก. ประกาศ สำหรับประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกตามช่วงระยะเวลาคิดเครดิต (Crediting Period) ที่ขอรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจก

5.3 พารามิเตอร์ที่ไม่ต้องติดตามผล

5.3.1 พารามิเตอร์ที่ไม่ต้องติดตามผลจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาทำลายก๊าซชีวภาพ

พารามิเตอร์ที่ไม่ต้องติดตามผลรวมถึงค่าคงที่ที่ใช้ในสมการดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าคงที่ที่ใช้ในสมการ

พารามิเตอร์	หน่วย SI	ความหมาย	ค่า
MM_{CH4}	kg/kmol	มวลโมเลกุลของก๊าซมีเทน	16.04
MM_{CO}	kg/kmol	มวลโมเลกุลของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์	28.01
MM_{CO2}	kg/kmol	มวลโมเลกุลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	44.01
MM_{O2}	kg/kmol	มวลโมเลกุลของก๊าซออกซิเจน	32.00
MM_{H2}	kg/kmol	มวลโมเลกุลของก๊าซไฮโดรเจน	2.02
MM_{N2}	kg/kmol	มวลโมเลกุลของก๊าซไนโตรเจน	28.02
AM_C	kg/kmol (g/mol)	มวลอะตอมของคาร์บอน	12.00
AM_H	kg/kmol (g/mol)	มวลอะตอมของไฮโดรเจน	1.01
AMo	kg/kmol (g/mol)	มวลอะตอมของออกซิเจน	16.00
AM_N	kg/kmol (g/mol)	มวลอะตอมของไนโตรเจน	14.01
P_{ref}	N/m^3 หรือ Pa	ความดันบรรยากาศที่สภาวะอ้างอิง	101,325
R_u	J / kmol·K	ค่าคงที่ก๊าซในอุดมคติ	0.008314472
T_{ref}	K	อุณหภูมิที่สภาวะอ้างอิง	273.15
$V_{o2,air}$	-	O_2 เศษส่วนปริมาตรของอากาศ	0.21
GWP_{CH4}	tCO_2 / tCH_4	ศักยภาพภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน	25
MVn	m^3/kmol	ปริมาตรของหนึ่งโมลของก๊าซในอุดมคติใดๆ ที่สภาวะอ้างอิง	22.414
$\rho_{CH4, n}$	kg/m^3	ความหนาแน่นของก๊าซมีเทนที่สภาวะอ้างอิง	0.716
$NA_{i,j}$	-	จำนวนอะตอมของธาตุ j ในส่วนประกอบ i	
VM_{ref}	kg/m^3	ปริมาตรของหนึ่งโมลของก๊าซในอุดมคติที่อุณหภูมิอ้างอิงและความดัน	22.4

พารามิเตอร์	$SPEC_{flare}$
หน่วย	อุณหภูมิ มีหน่วยเป็น °C อัตราการไหลหรือฟลักซ์ความร้อน มีหน่วยเป็น kg/h หรือ m^3/h กำหนดการบำรุงรักษา มีหน่วยเป็น จำนวนวัน
ความหมาย	ข้อกำหนดการทำงานของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพจากผู้ผลิต เช่น อุณหภูมิ อัตราการไหลและตารางการบำรุงรักษา
แหล่งข้อมูล	ผู้ผลิตระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ

ค่าการนำไปใช้	เอกสารใน PDD จะกำหนดข้อกำหนดการทำงานของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพที่กำหนดโดยผู้ผลิต ดังต่อไปนี้ (a) อัตราการไหลขาเข้าต่ำสุดและสูงสุดหากจำเป็นเปลี่ยนเป็นอัตราการไหลที่สภาวะอ้างอิงหรือฟลักซ์ความร้อน (b) อุณหภูมิในการทำงานต่ำสุดและสูงสุด และ (c) ระยะเวลาสูงสุดเป็นจำนวนวันระหว่างเหตุการณ์การบำรุงรักษา
ความคิดเห็นอื่นๆ	ใช้ได้เฉพาะในกรณีเลือกใช้ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิด ไม่จำเป็นต้องกำหนดการบำรุงรักษาหากเลือกตัวเลือก A เพื่อกำหนดประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซธรรมชาติแบบปิด

6. เอกสารอ้างอิง

CDM Methodological tool:

TOOL06: Project emissions from flaring version 04.0

TOOL08: Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream version 03.0

บันทึกการแก้ไข T-VER-P-TOOL-02-04

ฉบับที่	แก้ไขครั้งที่	วันที่บังคับใช้	รายการแก้ไข
01	-	1 มีนาคม 2566	เปลี่ยนแปลงจากรหัสเอกสารเดิม TVER-TOOL-02-04 Version 01
01	-	30 พฤศจิกายน 2565	การเริ่มใช้ครั้งแรก