**TVER-TOOL-02-05**

**การคำนวณ****อัตราการไหลของมวลของก๊าซเรือนกระจกในกระแสก๊าซ**

**(****Tool to calculate the mass flow of**

**a greenhouse gas in a gaseous stream)**

**ฉบับที่ 01**

**1. บทนำ**

เอกสารฉบับนี้เป็นเครื่องมือการคำนวณกําหนดการไหลของมวลของก๊าซเรือนกระจก จะคํานวณจากการตรวจวัดอัตราการไหลของปริมาตรรวมหรือการไหลของมวลของกระแสก๊าซ สัดส่วนโดยปริมาตรของก๊าซในกระแสก๊าซและองค์ประกอบของก๊าซและปริมาณน้ำ รวมถึงการระบุวิธีการ/แหล่งข้อมูลของพารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผล

**2. คำนิยามที่เกี่ยวข้อง**

* + **ความชื้นสัมบูรณ์ (Absolute humidity)** หมายถึงอัตราส่วนระหว่างมวลของน้ำ (ไอน้ำ) ในก๊าซและมวลของก๊าซแห้ง
  + **บนฐานแห้ง (Dry basis)** หมายถึงพารามิเตอร์ที่ไม่คำนึงถึงปริมาณน้ำที่มีอยู่ในก๊าซ
* **กระแสก๊าซ (Gaseous stream)** หมายถึงส่วนผสมของส่วนประกอบก๊าซซึ่งอาจมีสัดส่วนที่แตกต่างกันของ N2, CO2, O2, CO, H2, CH4, N2O, NO, NO2, SO2, SF6, PFC และ H2O ในเฟสไอน้ำและความดันสัมบูรณ์ต้องต่ำกว่า 10 atm หรือ 1.013 MPA[[1]](#footnote-1) ก๊าซอื่นๆ อาจมีอยู่ (เช่นไฮโดรคาร์บอน) หากความเข้มข้นทั้งหมดน้อยกว่า 1% (v / v) ของทั้งหมด[[2]](#footnote-2) ก๊าซแห้งหรือกระแสก๊าซแห้งไม่รวมสัดส่วนของน้ำและก๊าซเปียกหรือกระแสก๊าซเปียก รวมถึงสัดส่วนของน้ำ
* **ปริมาณความชื้น (Moisture content)** หมายถึงความเข้มข้นของน้ำในมวลของน้ำ (ไอน้ำ) ต่อปริมาตรของก๊าซแห้งในสภาวะอ้างอิง หรือที่เรียกว่าสภาวะ NPT ซึ่งแสดงเป็น mg H2O / m3 dry gas
* **สภาวะอ้างอิง (Normal conditions)** หมายถึง 0°C (273.15 K, 32°F) และ 1 atm (101.325 kN / m2, 101.325 kPa, 14.69 psia, 29.92 ใน Hg, 760 torr)
* **ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity)** หมายถึงอัตราส่วนระหว่างความดันบางส่วนของน้ำในก๊าซ และความดันอิ่มตัวที่อุณหภูมิที่กําหนด
* **ความชื้นอิ่มตัว (สัมบูรณ์) (Saturation (absolute) humidity)** หมายถึงปริมาณสูงสุดของน้ำ   
  (ไอน้ำ) ที่ก๊าซสามารถบรรจุได้ที่อุณหภูมิและความดันที่กําหนดซึ่งแสดงเป็นมวลของน้ำต่อมวลของก๊าซแห้ง
* **บนฐานเปียก (Wet basis)** หมายถึง พารามิเตอร์ที่แสดงถึงปริมาณน้ำที่มีอยู่ในก๊าซ

**3. ลักษณะของกิจกรรมที่เข้าข่าย และเงื่อนไขการนำไปใช้**

การใช้งานทั่วไปของเครื่องมือนี้สำหรับตรวจวัดอัตราการไหลและองค์ประกอบของก๊าซที่เหลือทิ้งหรือการเผาทำลายก๊าซหรือก๊าซไอเสียเพื่อกําหนดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานหรือการดำเนินโครงการ ทั้งนี้วิธีการที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซเฉพาะและชนิดเดียวที่น่าสนใจควรใช้เครื่องชั่งวัสดุเป็นวิธีการกำหนดการไหลต่อไป และอาจไม่ใช้เครื่องมือนี้เนื่องจากเครื่องชั่งวัสดุเป็นวิธีที่ประหยัดต้นทุนในการตรวจสอบการไหลของ CO2 ทั้งนี้ ในการกำหนดกรณีฐานมีเงื่อนไขดังนี้

* 1. ระบุกระแสก๊าซสำหรับคำนวณอัตราการไหลของมวล
  2. ระบุประเภทของก๊าซเรือนกระจกสำหรับคำนวณอัตราการไหลของมวล
  3. ระบุช่วงเวลาในการตรวจวัดอัตราการไหลของกระแสก๊าซ และ
  4. สถานการณ์ที่การทําให้เข้าใจง่ายสําหรับการคํานวณมวลโมเลกุลของกระแสก๊าซ (สมการที่ 3 หรือ 17) ไม่สามารถใช้ได้ (เช่น กระแสก๊าซส่วนใหญ่ประกอบด้วยก๊าซอื่นที่ไม่ใช่ก๊าซไนโตรเจน)

**4. การคำนวณอัตราการไหลของมวลของก๊าซเรือนกระจกในกระแสก๊าซ**

การคำนวณอัตราการไหลของมวลของก๊าซเรือนกระจกในกระแสก๊าซ ซึ่งเป็นการกำหนดพารามิเตอร์ที่ใช้คำนวณต่อไปนี้

**ตารางที่ 1** รายละเอียดอัตราการไหลของมวลของก๊าซเรือนกระจกในกระแสก๊าซ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| พารามิเตอร์ | หน่วย | อธิบาย |
| Fi,t | kg/hr | อัตราการไหลของมวลของก๊าซเรือนกระจกประเภท i(CO2, CH4, N2O, SF6 หรือ PFC) ในกระแสก๊าซในช่วงเวลาt |

อัตราการไหลของมวลของก๊าซเรือนกระจกประเภทi ในกระแสก๊าซ (Fi,t)คำนวณจากการไหลและสัดส่วนโดยปริมาตรของกระแสก๊าซที่ได้จากการตรวจวัด ทั้งนี้ ผู้พัฒนาโครงการต้องระบุทางเลือกสำหรับคำนวณอัตราการไหลของมวลของก๊าซเรือนกระจกในเอกสารข้อเสนอโครงการ (Project Design Document หรือ PDD) โดยมีแนวทางการตรวจวัดดังตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** แนวทางการตรวจวัดอัตราการไหลของกระแสก๊าซ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ทางเลือก** | **อัตราการไหลของกระแสก๊าซ** | **สัดส่วนโดยปริมาตร** |
| **A** | อัตราการไหลของปริมาตรบนฐานแห้ง | บนฐานแห้งหรือเปียก[[3]](#footnote-3) |
| **B** | อัตราการไหลของปริมาตรบนฐานเปียก | บนฐานแห้ง |
| **C** | อัตราการไหลของปริมาตรบนฐานเปียก | บนฐานเปียก |
| **D** | อัตราการไหลของมวลบนฐานแห้ง | บนฐานแห้งหรือเปียก |
| **E** | อัตราการไหลของมวลบนฐานเปียก | บนฐานแห้ง |
| **F** | อัตราการไหลของมวลบนฐานเปียก | บนฐานเปียก |

## 

## 4.1 การคำนวณค่าความชื้นสัมบูรณ์ของกระแสก๊าซ

ความชื้นสัมบูรณ์เป็นพารามิเตอร์ที่จําเป็นสําหรับทางเลือก B และได้จากการตรวจวัดปริมาณความชื้นจากทางเลือกที่ 1 หรือจากการสมมติว่ากระแสก๊าซแห้งหรืออิ่มตัวในแนวทางอนุรักษ์นิยม จากทางเลือกที่ 2) ทั้งนี้ ผู้พัฒนาโครงการต้องระบุทางเลือกสำหรับคำนวณอัตราการไหลของมวลของก๊าซเรือนกระจกใน PDD โดยมีรายละเอียดดังนี้

**ทางเลือกที่ 1** การใช้ข้อมูลจากการตรวจวัดปริมาณความชื้น โดยปริมาณความชื้นสัมบูรณ์ของกระแสก๊าซ สามารถคำนวณได้ดังนี้

|  |  |
| --- | --- |
| **mH2O,t,db = CH2O,t,db,n**  **10-6 × t,db,n** | สมการที่ (1) |

โดยที่

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| mH2O,t,db | = | ปริมาณความชื้นสัมบูรณ์ของกระแสก๊าซในช่วงเวลา tบนฐานแห้ง  (kg H2O/kg dry gas) |
| CH2O,t,db,n | = | ปริมาณความชื้นของกระแสก๊าซในช่วงเวลา tบนฐานแห้งในสภาวะอ้างอิง (mg H2O/m3 dry gas) |
| t,db,n | = | ความหนาแน่นของกระแสก๊าซในช่วงเวลา tบนฐานแห้งในสภาวะปกติ  (kg dry gas/m3 dry gas) |

1) ความหนาแน่นของกระแสก๊าซบนฐานแห้งในสภาวะอ้างอิง (*t,db,n*) สามารถคำนวณได้ดังนี้

|  |  |
| --- | --- |
| ***t,db,n***= **Pn** **×** **MMt,db**  **Ru** **× Tn** | สมการที่ (2) |

โดยที่

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *t,db,n* | = | ความหนาแน่นของกระแสก๊าซในช่วงเวลา tบนฐานแห้งในสภาวะอ้างอิง  (kg dry gas/m3 dry gas) |
| Pn | = | ความดันสัมบูรณ์ในสภาวะอ้างอิง (Pa) |
| Tn | = | อุณหภูมิในสภาวะอ้างอิง (K) |
| MMt,db | = | มวลโมเลกุลของกระแสก๊าซในช่วงเวลา tบนฐานแห้ง  (kg dry gas/kmol dry gas) |
| Ru | = | ค่าคงที่ก๊าซในอุดมคติสากล (Pa⋅m3/kmol-K) |

2) การคำนวณมวลโมเลกุลของกระแสก๊าซ (MMt,db) ต้องวัดสัดส่วนโดยปริมาตรของก๊าซทั้งหมด (k) ในกระแสก๊าซ อย่างไรก็ตามเพื่อลดความซับซ้อน ให้คำนวณเฉพาะสัดส่วนโดยปริมาตรของก๊าซ k ที่เป็นก๊าซเรือนกระจกและใช้สำหรับการคํานวณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในกรณีฐานจะต้องได้รับการตรวจสอบและความแตกต่างถึง 100% อาจถือได้ว่าเป็นก๊าซไนโตรเจนบริสุทธิ์ การทําให้เข้าใจง่ายไม่เป็นที่ยอมรับหากมีการระบุแตกต่างกันในวิธีการกรณีฐาน ทั้งนี้ มวลโมเลกุลของกระแสก๊าซ (MMt,db) สามารถคำนวณได้ดังนี้

|  |  |
| --- | --- |
| **MMt,db = ∑(vk,t,db × MMk)**  **k** | สมการที่ (3) |

โดยที่

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MMt,db | = | มวลโมเลกุลของกระแสก๊าซในช่วงเวลา tบนฐานแห้ง (kg dry gas/kmol dry gas) |
| vk,t,db | = | สัดส่วนโดยปริมาตรของก๊าซชนิด kในกระแสก๊าซในช่วงเวลา tบนฐานแห้ง  (m³ gas k/m³ dry gas) |
| MMk | = | มวลโมเลกุลของก๊าซชนิด k (kg/kmol) |
| k | = | ก๊าซทั้งหมดยกเว้นน้ำที่มีอยู่ในกระแสก๊าซ (เช่น N2, CO2, O2, CO, H2, CH4, N2O, NO, NO2, SO2, SF6 และ PFC) |

**ทางเลือกที่ 2** การคํานวณอย่างง่ายโดยไม่ต้องตรวจวัดปริมาณความชื้น

ทางเลือกนี้ให้วิธีการที่ง่ายและอนุรักษ์นิยมในการคำนวณความชื้นสัมบูรณ์โดยกำหนดให้กระแสก๊าซแห้งหรืออิ่มตัวขึ้นอยู่กับสถานการณ์อนุรักษ์นิยม[[4]](#footnote-4)ในกรณีกำหนดให้เป็นกระแสก๊าซแห้งแล้ว ค่า mH2O,t,db จะกำหนดให้เท่ากับ 0 ในกรณีกำหนดเป็นกระแสก๊าซอิ่มตัวแล้ว ค่า mH2O,t,db จะกำหนดให้เท่ากับความชื้นสัมบูรณ์ความอิ่มตัว (mH2O,t,db,sat) โดยค่า MMt,db คำนวณได้จากสมการที่ (3) ทั้งนี้ ค่าความชื้นสัมบูรณ์อิ่มตัวสามารถคํานวณได้ดังนี้

|  |  |
| --- | --- |
| **mH2O,t,db,sat = PH2O,t,Sat × MMH2O**  **(Pt – pH2O,t,sat) × MMt,db** | สมการที่ (4) |

โดยที่

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| mH2O,t,db,sat | = | ความชื้นสัมบูรณ์อิ่มตัวในช่วงเวลา tบนฐานแห้ง (kg H2O/kg dry gas) |
| pH2O,t,sat | = | ค่าความดันอิ่มตัวของน้ำที่อุณหภูมิ Tในช่วงเวลา t (Pa) |
| Tt | = | อุณหภูมิของกระแสก๊าซในช่วงเวลา t (K) |
| Pt | = | ความดันสัมบูรณ์ของกระแสก๊าซในช่วงเวลา t (Pa) |
| MMH2O | = | มวลโมเลกุลของน้ำ (kg H2O/kmol H2O) |
| MMt,db | = | มวลโมเลกุลของกระแสก๊าซในช่วงเวลา tบนฐานแห้ง  (kg dry gas/kmol dry gas) |

1) มวลโมเลกุลของกระแสก๊าซ (MMt,db) คำนวณได้โดยใช้สมการที่ (3)

**ทางเลือก A**

การวัดการไหลแบบแห้งไม่สามารถทำได้สำหรับกระแสก๊าซเปียก ดังนั้นการวัดการไหลให้ตรวจวัดกระแสก๊าซบนฐานแห้ง มี 2 วิธีดังนี้

* 1. ตรวจวัดปริมาณความชื้นของกระแสก๊าซ (CH2O,t,db,n) และแสดงให้เห็นว่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 kg dry gas/kmol dry gas หรือ
  2. อุณหภูมิของกระแสก๊าซ (Tt) ที่จุดตรวจวัด น้อยกว่า 60ºC (333.15 K)

กรณีไม่สามารถแสดงให้เห็นว่ากระแสก๊าซแห้งการวัดการไหลให้สันนิษฐานว่าอยู่บนฐานเปียกและให้ใช้ทางเลือกจาก[ตารางที่ 2](#_bookmark14) โดยอัตราการไหลของมวลของก๊าซเรือนกระจกประเภท i(Fi,t) คำนวณได้ดังนี้

|  |  |
| --- | --- |
| **Fi,t = Vt,db × vi,t,db × i,t** | สมการที่ (5) |

ร่วมกับ

|  |  |
| --- | --- |
| **i,t = Pt × MMi**  **Ru × Tt** | สมการที่ (6) |

โดยที่

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Fi,t | = | อัตราการไหลของมวลของก๊าซเรือนกระจกประเภท i ในกระแสก๊าซในช่วงเวลาt  (kg gas/h) |
| Vt,db | = | การไหลของปริมาตรของกระแสก๊าซในช่วงเวลา t บนฐานแห้ง (m³ dry gas/h) |
| vi,t,db | = | สัดส่วนโดยปริมาตรของก๊าซเรือนกระจกประเภท iในกระแสก๊าซในช่วงเวลา tบนฐานแห้ง (m³ gas i/m³ dry gas) |
| **i,t** | = | ความหนาแน่นของก๊าซเรือนกระจกประเภท iในกระแสก๊าซในช่วงเวลา t  (kg gas i/m³ gas i) |
| Pt | = | ความดันสัมบูรณ์ของกระแสก๊าซในช่วงเวลา t (Pa) |
| MMi | = | มวลโมเลกุลของก๊าซเรือนกระจกประเภท i (kg/kmol) |
| Ru | = | ค่าคงที่ก๊าซในอุดมคติสากล (Pa⋅m3/kmol-K) |
| Tt | = | อุณหภูมิของกระแสก๊าซในช่วงเวลา t (K) |

**ทางเลือก B**

อัตราการไหลของมวลของก๊าซเรือนกระจกประเภท i (Fi,t) คำนวณจากสมการที่ (5) และ (6) การไหลของปริมาตรของกระแสก๊าซในช่วงเวลา tบนฐานแห้ง (Vt,db) คำนวณจากการแปลงการไหลของปริมาตรที่ได้จากการตรวจวัดบนฐานเปียกเป็นบนฐานแห้ง ได้ดังนี้

|  |  |
| --- | --- |
| **Vt,db = Vt,wb / (1+vH2O,t,db)** | สมการที่ (7) |

โดยที่

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Vt,db | = | การไหลของปริมาตรของกระแสก๊าซในช่วงเวลา tบนฐานแห้ง (m³ dry gas/h) |
| Vt,wb | = | ปริมาตรการไหลของกระแสก๊าซในช่วงเวลา tบนฐานเปียก (m³ wet gas/h) |
| vH2O,t,db | = | สัดส่วนโดยปริมาตรของ H2O ในกระแสก๊าซในช่วงเวลา tบนฐานแห้ง  (m³ H2O/m³ dry gas) |

1) สัดส่วนโดยปริมาตรของน้ำในช่วงเวลาt บนฐานแห้ง (vH2O,t,db) คำนวณได้ดังนี้

|  |  |
| --- | --- |
| **vH2O,t,db = mH2O,t,db × MMt,db**  **MMH2O** | สมการที่ (8) |

โดยที่

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| vH2O,t,db | = | สัดส่วนโดยปริมาตรของน้ำในกระแสก๊าซในช่วงเวลา tบนฐานแห้ง  (m³ H2O/m³ dry gas) |
| mH2O,t,db | = | ความชื้นสัมบูรณ์ในกระแสก๊าซในช่วงเวลา tบนฐานแห้ง (kg H2O/kg dry gas) |
| MMt,db | = | มวลโมเลกุลของกระแสก๊าซในช่วงเวลา tบนฐานแห้ง (kg dry gas/kmol dry gas) |
| MMH2O | = | มวลโมเลกุลของ H2O (kg H2O/kmol H2O) |

2) ความชื้นสัมบูรณ์ของกระแสก๊าซ (mH2O,t,db) คำนวณโดยใช้ทางเลือก 1 หรือ 2 ที่ระบุไว้ในการกําหนดความชื้นสัมบูรณ์ของส่วนกระแสก๊าซของเครื่องมือและมวลโมเลกุลของกระแสก๊าซ (MMt,db) โดยใช้สมการที่ (3)

**ทางเลือก C** การไหลของมวลของก๊าซเรือนกระจกประเภท i(Fi,t) สามารถคำนวณได้ดังนี้

|  |  |
| --- | --- |
| **Fi,t = Vt,wb,n × vi,t,wb × i,n** | สมการที่ (9) |

ร่วมกับ

|  |  |
| --- | --- |
| **i,n = Pn × MMi**  **Ru × Tn** | สมการที่ (10) |

โดยที่

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Fi,t | = | การไหลของมวลของก๊าซเรือนกระจกประเภท i ในกระแสก๊าซในช่วงเวลา t  (kg gas/h) |
| Vt,wb,n | = | ปริมาตรการไหลของกระแสก๊าซในช่วงเวลา t บนฐานเปียกในสภาวะอ้างอิง  (m³ wet gas/h) |
| vi,t,wb | = | สัดส่วนโดยปริมาตรของก๊าซเรือนกระจกประเภท i ในกระแสก๊าซในช่วงเวลา t  บนฐานเปียก (m³ gas i/m³ wet gas) |
| i,n | = | ความหนาแน่นของก๊าซเรือนกระจกประเภท i ในกระแสก๊าซในสภาวะอ้างอิง  (kg gas i/m³ wet gas i) |
| Pn | = | ความดันสัมบูรณ์ในสภาวะอ้างอิง (Pa) |
| Tn | = | อุณหภูมิในสภาวะอ้างอิง (K) |
| MMi | = | มวลโมเลกุลของก๊าซเรือนกระจกประเภท i (kg/kmol) |
| Ru | = | ค่าคงที่ก๊าซในอุดมคติสากล (Pa⋅m3/kmol-K) |

ทั้งนี้สามารถแปลงการไหลของปริมาตรของกระแสก๊าซจากสภาพจริงเป็นสภาวะปกติของอุณหภูมิและความดัน ได้ดังนี้

|  |  |
| --- | --- |
| **Vt,wb,n = Vt,wb × [(Tn/Tt) × (Pt/Pn)]** | สมการที่ (11) |

โดยที่

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Vt,wb,n | = | ปริมาตรการไหลของกระแสก๊าซในช่วงเวลา tบนฐานเปียกที่สภาวะอ้างอิง  (m3 wet gas/h) |
| Vt,wb | = | ปริมาตรการไหลของกระแสก๊าซในช่วงเวลา tบนฐานเปียก (m³ wet gas/h) |
| Pt | = | ความดันของกระแสก๊าซในช่วงเวลา t (Pa) |
| Tt | = | อุณหภูมิของกระแสก๊าซในช่วงเวลา t (K) |
| Pn | = | ความดันสัมบูรณ์ในสภาวะอ้างอิง (Pa) |
| Tn | = | อุณหภูมิในสภาวะอ้างอิง (K) |

**ทางเลือก D**

อุปกรณ์ตรวจวัดการไหลกระแสก๊าซแห้งไม่สามารถตรวจวักกระแสก๊าซเปียกได้ ดังนั้นจึงจําเป็นต้องแสดงให้เห็นว่ากระแสก๊าซแห้งเพื่อใช้ทางเลือกนี้ มี 2 วิธีดังนี้

1. วัดปริมาณความชื้นในกระแสก๊าซ (CH2O,t,db,n) และแสดงให้เห็นว่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 kg dry gas/kmol dry gas หรือ
2. อุณหภูมิของกระแสก๊าซ (Tt) ที่จุดตรวจวัดน้อยกว่า 60ºC (333.15 K)

กรณีไม่สามารถแสดงให้เห็นว่ากระแสก๊าซแห้งการวัดการไหล ให้สันนิษฐานว่าอยู่บนฐานเปียกและให้ใช้ทางเลือกจากตารางที่ 2 โดยอัตราการไหลของมวลของก๊าซเรือนกระจกประเภท i (Fi,t) สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (5) และ (6) ทั้งนี้การไหลของปริมาตรของกระแสก๊าซในช่วงเวลา tบนฐานแห้ง (Vt,db) คำนวณได้โดยการแปลงการไหลของมวลของกระแสก๊าซเป็นการไหลของปริมาตรดังนี้

|  |  |
| --- | --- |
| **Vt,db = Mt,db / t,db** | สมการที่ (12) |

โดยที่

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Vt,db | = | ปริมาตรการไหลของกระแสก๊าซในช่วงเวลา tบนฐานแห้ง (m3 dry gas/h) |
| Mt,db | = | การไหลของมวลของกระแสก๊าซในช่วงเวลา tบนฐานแห้ง (kg/h) |
| t,db | = | ความหนาแน่นของกระแสก๊าซในช่วงเวลา tบนฐานแห้ง (kg dry gas/m3 dry gas) |

1) ความหนาแน่นของกระแสก๊าซ (t,db) สามารถคำนวณได้ดังนี้

|  |  |
| --- | --- |
| t,db **= Pt × MMt,db**  **Ru × Tt** | สมการที่ (13) |

โดยที่

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| t,db | = | ความหนาแน่นของกระแสก๊าซในช่วงเวลา t บนฐานแห้ง (kg dry gas/m3 dry gas) |
| MMt,db | = | มวลโมเลกุลของกระแสก๊าซในช่วงเวลา t บนฐานแห้ง (kg dry gas/kmol dry gas) |
| Pt | = | ความดันของกระแสก๊าซในช่วงเวลา t (Pa) |
| Tt | = | อุณหภูมิของกระแสก๊าซในช่วงเวลา t (K) |

2) มวลโมเลกุลของกระแสก๊าซ (MMt,db) คำนวณได้โดยใช้สมการที่ (3)

**ทางเลือก E**

การไหลของมวลของก๊าซเรือนกระจกประเภท i (Fi,t) ถูกกําหนดโดยใช้สมการที่ (5) และ (6) การไหลของปริมาตรของกระแสก๊าซในช่วงเวลา tบนฐานแห้ง (Vt,db) ถูกกําหนดในสองขั้นตอนขั้นแรกการไหลของมวลของกระแสก๊าซในช่วงเวลา t บนฐานเปียก (Mt,wb) จะถูกแปลงจากบนฐานเปียกเป็นบนฐานแห้งดังนี้

|  |  |
| --- | --- |
| **Mt,db = Mt,wb/(1+mH2O,t,db)** | สมการที่ (14) |

โดยที่

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Mt,db | = | การไหลของมวลของกระแสก๊าซในช่วงเวลา tบนฐานแห้ง (kg/h) |
| Mt,wb | = | การไหลของมวลของกระแสก๊าซในช่วงเวลา tบนฐานเปียก (kg/h) |
| mH2O,t,db | = | ความชื้นสัมบูรณ์ของน้ำในกระแสก๊าซในช่วงเวลา tบนฐานแห้ง  (kg H2O/kg dry gas) |

1) การไหลของมวลของกระแสก๊าซในช่วงเวลา t บนฐานแห้ง (Mt,db) จะถูกแปลงเป็นการไหลของปริมาตรของกระแสก๊าซในช่วงเวลา t บนฐานแห้ง (Vt,db) โดยใช้สมการที่ (12)

2) ความชื้นสัมบูรณ์ของกระแสก๊าซ (mH2O,t,db) สามารถคำนวณได้โดยใช้ทางเลือกที่ 1 หรือ 2 ที่ระบุไว้ในส่วน "การคำนวณค่าความชื้นสัมบูรณ์ของกระแสก๊าซ"

### ทางเลือก F

### การไหลของมวลของก๊าซเรือนกระจกประเภท i(Fi,t) สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ (9) และ (10) และสมการดังต่อไปนี้

|  |  |
| --- | --- |
| **Vt,wb,n = Mt,wb / t,wb,n** | สมการที่ (15) |

และ

|  |  |
| --- | --- |
| **t,wb,n = Pn × MMt,wb**  **Ru ×Tn** | สมการที่ (16) |

โดยที่

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Vt,wb,n | = | ปริมาตรการไหลของกระแสก๊าซในช่วงเวลา tในสภาวะปกติบนฐานเปียก (m3 wet gas/h) |
| vi,t,wb | = | สัดส่วนโดยปริมาตรของก๊าซเรือนกระจกประเภท iในกระแสก๊าซในช่วงเวลา tบนฐานเปียก (m³ gas i/m³ wet gas) |
| Mt,wb | = | การไหลของมวลของกระแสก๊าซในช่วงเวลา tบนฐานเปียก (kg/h) |
| t,wb,n | = | ความหนาแน่นของกระแสก๊าซในช่วงเวลา tบนฐานเปียกในสภาวะอ้างอิง  (kg wet gas/m3 wet gas) |
| Pn | = | ความดันสัมบูรณ์ในสภาวะอ้างอิง (Pa) |
| Tn | = | อุณหภูมิในสภาวะอ้างอิง (K) |
| MMt,wb | = | มวลโมเลกุลของกระแสก๊าซในช่วงเวลา tบนฐานเปียก (kg wet gas/kmol wet gas) |
| Ru | = | ค่าคงที่ก๊าซในอุดมคติสากล (Pa⋅m3/kmol-K) |

1) การกําหนดมวลโมเลกุลของกระแสก๊าซ (MMt,wb) ต้องตรวจวัดสัดส่วนโดยปริมาตรของก๊าซทั้งหมด (k) ในกระแสก๊าซ อย่างไรก็ตามเพื่อลดความซับซ้อน ให้คำนวณเฉพาะสัดส่วนโดยปริมาตรของก๊าซ k ที่เป็นก๊าซเรือนกระจกและใช้สำหรับการคํานวณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในกรณีฐานจะต้องได้รับการตรวจสอบและความแตกต่างถึง 100% อาจถือได้ว่าเป็นก๊าซไนโตรเจนบริสุทธิ์ การทําให้เข้าใจง่ายไม่เป็นที่ยอมรับหากมีการระบุแตกต่างกันในวิธีการกรณีฐาน ทั้งนี้ มวลโมเลกุลของกระแสก๊าซ (MMt,db) สามารถคำนวณได้ดังนี้

|  |  |
| --- | --- |
| **MMt,wb = ∑(vk,t,wb × MMk )**  **k** | สมการที่ (17) |

โดยที่

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MMt,wb | = | มวลโมเลกุลของกระแสก๊าซในช่วงเวลา tบนฐานเปียก (kg wet gas/kmol wet gas) |
| vk,t,wb | = | สัดส่วนโดยปริมาตรของก๊าซ kในกระแสก๊าซในช่วงเวลา tบนฐานเปียก  (m³ gas k/m³ wet gas) |
| MMk | = | มวลโมเลกุลของก๊าซ k (kg/kmol) |
| k | = | ก๊าซทั้งหมดที่มีอยู่ในกระแสก๊าซ (เช่น N2, CO2, O2, CO, H2, CH4, N2O, NO, NO2, SO2, SF6 และ PFC และ H2O ในเฟสไอ) |

**5.** **ขั้นตอนวิธีการติดตามผล**

**5.1 ขั้นตอนการติดตามผล**

1. ให้ผู้พัฒนาโครงการอธิบายและระบุขั้นตอนการติดตามผลข้อมูลกิจกรรมโครงการ (Activity data) หรือตรวจสอบผลการตรวจวัดทั้งหมดในเอกสารข้อเสนอโครงการ รวมถึงประเภทของเครื่องมือตรวจวัดที่ใช้ ผู้รับผิดชอบในการติดตามผลและตรวจสอบข้อมูล การสอบเทียบเครื่องมือวัด (ถ้ามี) และขั้นตอนการรับประกันและควบคุมคุณภาพ ในกรณีที่วิธีการมีทางเลือกที่แตกต่างกัน เช่น การใช้ค่าเริ่มต้นหรือการตรวจวัดที่หน้างาน ผู้พัฒนาโครงการต้องระบุว่าจะใช้ทางเลือกใด นอกจากนี้การติดตั้ง ดูแลรักษา และสอบเทียบเครื่องมือตรวจวัดควรดำเนินการตามคำแนะนำของผู้ผลิตอุปกรณ์และเป็นไปตามมาตรฐานภายในประเทศ หรือมาตรฐานสากล เช่น IEC, ISO
2. ข้อมูลทั้งหมดที่รวบรวมเป็นส่วนหนึ่งของการติดตามผลการลดก๊าซเรือนกระจก ซึ่งควรจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบไฟล์อิเล็กทรอนิกส์และมีระยะเวลาเก็บรักษาเป็นไปตามแนวทางที่ อบก. กำหนด หรือตามระบบคุณภาพขององค์กรแต่มีระยะเวลาไม่น้อยกว่าที่ อบก. กำหนดไว้อย่างน้อย 2 ปีหลังจากสิ้นสุดระยะเวลาคิดคาร์บอนเครดิตครั้งล่าสุด และควรตรวจสอบข้อมูลให้ถูกต้องตามวิธีการติดตามผลที่ระบุในพารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผลที่ระบุไว้ในตารางหัวข้อที่ 5.2

**5.2. พารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผล**

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | Vt,wb |
| หน่วย | m³ wet gas/h |
| ความหมาย | การไหลของปริมาตรของกระแสก๊าซในช่วงเวลา tบนฐานเปียก |
| แหล่งข้อมูล | รายงานการตรวจวัดของผู้พัฒนาโครงการ |
| วิธีการติดตามผล | การตรวจวัดปริมาตรการไหลจะอ้างอิงจากค่าความดันและอุณหภูมิ จําเป็นต้องใช้เครื่องมือที่มีสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ที่บันทึกได้ (อะนาล็อกหรือดิจิตอล) |
| ความถี่ในการติดตามผล | ต่อเนื่องในกรณีที่ไม่ได้ระบุไว้ในวิธีการพื้นฐาน |
| ขั้นตอน QA / QC | การสอบเทียบโดยห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรอง การสอบเทียบและความถี่ในการสอบเทียบให้อ้างอิงจากผู้ผลิต |
| ความคิดเห็นอื่นๆ | พารามิเตอร์นี้สำหรับทางเลือก B และ C |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | Vt,db |
| หน่วย | m³ dry gas/h |
| ความหมาย | การไหลของปริมาตรของกระแสก๊าซในช่วงเวลา tบนฐานแห้ง |
| แหล่งข้อมูล | รายงานการตรวจวัดของผู้พัฒนาโครงการ |
| วิธีการติดตามผล | การตรวจวัดปริมาตรการไหลจะอ้างอิงจากค่าความดันและอุณหภูมิ โดยคํานวณจากการตรวจวัดการไหลแบบเปียกรวมกับความเข้มข้นของน้ำ |
| ความถี่ในการติดตามผล | ต่อเนื่องในกรณีที่ไม่ได้ระบุไว้ในวิธีการพื้นฐาน |
| ขั้นตอน QA / QC | การสอบเทียบโดยห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรอง การสอบเทียบและความถี่ในการสอบเทียบให้อ้างอิงจากผู้ผลิต |
| ความคิดเห็นอื่นๆ | พารามิเตอร์นี้สำหรับทางเลือก A |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | Vi,t,db |
| หน่วย | m³ dry gas/h |
| ความหมาย | สัดส่วนโดยปริมาตรของก๊าซเรือนกระจก i ในช่วงเวลา t บนฐานแห้ง |
| แหล่งข้อมูล | รายงานการตรวจวัดของผู้พัฒนาโครงการ |
| วิธีการติดตามผล | เครื่องวิเคราะห์ก๊าซบนฐานแห้งอย่างต่อเนื่อง การตรวจวัดปริมาตรการไหลให้อ้างอิงค่าความดันและอุณหภูมิที่ได้จากการตรวจวัด |
| ความถี่ในการติดตามผล | ต่อเนื่องในกรณีที่ไม่ได้ระบุไว้ในวิธีการพื้นฐาน |
| ขั้นตอน QA / QC | การสอบเทียบควรมีการตรวจสอบเป็นศูนย์ด้วยก๊าซเฉื่อย (เช่น N2) และการตรวจสอบการอ่านอย่างน้อยหนึ่งครั้งด้วยก๊าซมาตรฐาน (ก๊าซสอบเทียบเดี่ยวหรือก๊าซสอบเทียบผสม) ซึ่งก๊าซสอบเทียบทั้งหมด ต้องมีใบรับรองจากผู้ผลิตและต้องอยู่ภายใต้ระยะเวลาที่มีผลบังคับใช้ |
| ความคิดเห็นอื่นๆ | พารามิเตอร์นี้สำหรับทางเลือก B และ E และอาจได้รับการติดตามผลสำหรับทางเลือก A และ D |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | vi,t,wb |
| หน่วย | m³ gas i/m³ wet gas |
| ความหมาย | สัดส่วนโดยปริมาตรของก๊าซเรือนกระจก i ในช่วงเวลา t บนฐานเปียก |
| แหล่งข้อมูล | รายงานการตรวจวัดของผู้พัฒนาโครงการ |
| วิธีการติดตามผล | คํานวณจากการวิเคราะห์บนฐานแห้งรวมกับค่าความเข้มข้นของน้ําหรือเครื่องวิเคราะห์ในแหล่งกําเนิดแบบต่อเนื่องในกรณีไม่ได้ระบุไว้ในวิธีการพื้นฐาน |
| ความถี่ในการติดตามผล | ต่อเนื่องในกรณีที่ไม่ได้ระบุไว้ในวิธีการพื้นฐาน |
| ขั้นตอน QA / QC | การสอบเทียบควรมีการตรวจสอบเป็นศูนย์ด้วยก๊าซเฉื่อย (เช่น N2) และการตรวจสอบการอ่านอย่างน้อยหนึ่งครั้งด้วยก๊าซมาตรฐาน (ก๊าซสอบเทียบเดี่ยวหรือก๊าซสอบเทียบผสม) ซึ่งก๊าซสอบเทียบทั้งหมด ต้องมีใบรับรองจากผู้ผลิตและต้องอยู่ภายใต้ระยะเวลาที่มีผลบังคับใช้ |
| ความคิดเห็นอื่นๆ | พารามิเตอร์นี้สำหรับทางเลือก C และ F และอาจได้รับการติดตามผลสำหรับทางเลือก A และ D |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | Mt,wb |
| หน่วย | kg/hr |
| ความหมาย | การไหลของมวลของกระแสก๊าซในช่วงเวลา tบนฐานเปียก |
| แหล่งข้อมูล | รายงานการตรวจวัดของผู้พัฒนาโครงการ |
| วิธีการติดตามผล | ใช้เครื่องมือที่มีสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถบันทึกข้อมูลได้ (อะนาล็อกหรือดิจิตอล) |
| ความถี่ในการติดตามผล | ต่อเนื่องในกรณีที่ไม่ได้ระบุไว้ในวิธีการพื้นฐาน |
| ขั้นตอน QA / QC | การสอบเทียบโดยห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรอง การสอบเทียบและความถี่ในการสอบเทียบให้อ้างอิงจากผู้ผลิต |
| ความคิดเห็นอื่นๆ | พารามิเตอร์นี้จะต้องติดตามผลสำหรับทางเลือก E และ F |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | Mt,db |
| หน่วย | kg/hr |
| ความหมาย | การไหลของมวลของกระแสก๊าซในช่วงเวลา t บนฐานแห้ง |
| แหล่งข้อมูล | รายงานการตรวจวัดของผู้พัฒนาโครงการ |
| วิธีการติดตามผล | คํานวณจากการตรวจวัดอัตรากการไหลบนฐานเปียกร่วมกับการตรวจวัดความเข้มข้นของน้ำ |
| ความถี่ในการติดตามผล | ต่อเนื่องในกรณีที่ไม่ได้ระบุไว้ในวิธีการพื้นฐาน |
| ขั้นตอน QA / QC | การสอบเทียบและความถี่ในการสอบเทียบให้อ้างอิงตามข้อมูลของผู้ผลิต |
| ความคิดเห็นอื่นๆ | พารามิเตอร์นี้สำหรับทางเลือก D |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | CH2O,t,db,n |
| หน่วย | mg H2O/m3dry gas |
| ความหมาย | ปริมาณความชื้นของกระแสก๊าซในสภาวะอ้างอิงในช่วงเวลา t |
| แหล่งข้อมูล | USEPA CF42 method 4 – Gravimetric determination of water content |
| วิธีการติดตามผล | การตรวจวัดแบบไม่ต่อเนื่อง |
| ความถี่ในการติดตามผล | ค่าเฉลี่ยของการตรวจวัดติดต่อกัน 3 ครั้งภายใน 1 วัน (อย่างน้อย 2 ชั่วโมงต่อครั้ง) ทั้งนี้การตรวจวัดควรสอดคล้องกับ the Annual Surveillance Test (เกี่ยวข้องกับข้อกําหนดของมาตรฐาน EN 14181) หรือการสอบเทียบเครื่องวัดการไหลสําหรับกระแสก๊าซ |
| ขั้นตอน QA / QC | USEPA CF42 method 4 |
| ความคิดเห็นอื่นๆ | จําเป็นต้องมีการติดตามผลสำหรับทางเลือก 1 ที่อธิบายไว้ในส่วน "การหาค่าความชื้นสัมบูรณ์ของกระแสก๊าซ" หรือเป็นวิธีหนึ่งในการพิสูจน์ว่ากระแสก๊าซเป็นฐานแห้ง (จําเป็นสําหรับทางเลือก A หรือ D) |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | Tt |
| หน่วย | K |
| ความหมาย | อุณหภูมิของกระแสก๊าซในช่วงเวลาt |
| แหล่งข้อมูล | รายงานการตรวจวัดของผู้พัฒนาโครงการ |
| วิธีการติดตามผล | ใช้เครื่องมือที่มีสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถบันทึกข้อมูลได้ (อะนาล็อกหรือดิจิตอล) เช่น thermocouples, thermo resistance เป็นต้น |
| ความถี่ในการติดตามผล | ต่อเนื่องในกรณีที่ไม่ได้ระบุไว้ในวิธีการพื้นฐาน |
| ขั้นตอน QA / QC | การสอบเทียบโดยห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรอง การสอบเทียบและความถี่ในการสอบเทียบให้อ้างอิงจากผู้ผลิต |
| ความคิดเห็นอื่นๆ | กรณีพารามิเตอร์ทั้งหมดจะถูกแปลงเป็นสภาวะอ้างอิงในระหว่างการตรวจติดตามผล พารามิเตอร์นี้อาจไม่จําเป็นยกเว้นการตรวจวัดปริมาณความชื้น ดังนั้นจึงตรวจวัด เฉพาะเมื่อทําการวัดดังกล่าว (ด้วยความถี่เดียวกัน) อย่างไรก็ตามกรณีอุณหภูมิกระแสก๊าซต่ํากว่า 60ºC จะต้องตรวจติดตามพารามิเตอร์นี้อย่างต่อเนื่องเพื่อให้มั่นใจว่าตรงตามเงื่อนไขการบังคับใช้ |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | Pt |
| หน่วย | Pa หรือ N/m2 |
| ความหมาย | ความดันของกระแสก๊าซในช่วงเวลาt |
| แหล่งข้อมูล | รายงานการตรวจวัดของผู้พัฒนาโครงการ |
| วิธีการติดตามผล | ใช้เครื่องมือที่มีสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถบันทึกข้อมูลได้ (อะนาล็อกหรือดิจิตอล) เช่น thermocouples, thermo resistance เป็นต้น |
| ความถี่ในการติดตามผล | ต่อเนื่องในกรณีที่ไม่ได้ระบุไว้ในวิธีการพื้นฐาน |
| ขั้นตอน QA / QC | การสอบเทียบกับอุปกรณ์หลักจะต้องดําเนินการเป็นระยะ และต้องเก็บบันทึกขั้นตอนการสอบเทียบไว้ให้พร้อมใช้งาน รวมถึงอุปกรณ์หลักและใบรับรองการสอบเทียบ ทั้งนี้ Pressure transducers (ทั้งแบบคาปาซิทีฟหรือตัวต้านทาน) ต้องได้รับการสอบเทียบทุกเดือน |
| ความคิดเห็นอื่นๆ | กรณีพารามิเตอร์ทั้งหมดจะถูกแปลงเป็นสภาวะอ้างอิงในระหว่างกระบวนการตรวจติดตามผล พารามิเตอร์นี้อาจไม่จําเป็นยกเว้นการตรวจวัดปริมาณความชื้น ดังนั้นจึงตรวจวัด เฉพาะเมื่อทําการวัดดังกล่าว (ด้วยความถี่เดียวกัน) |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | pH20,t,sat |
| หน่วย | Pa หรือ N/m2 |
| ความหมาย | ความดันความอิ่มตัวของน้ำอุณหภูมิ Tt ในช่วงเวลาt |
| แหล่งข้อมูล |  |
| วิธีการติดตามผล | พารามิเตอร์นี้เป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิกระแสก๊าซ Tt เท่านั้นจากการอ้างอิง [1] สําหรับความดันรวมเท่ากับ 101,325 Pa |
| ความถี่ในการติดตามผล |  |
| ขั้นตอน QA / QC |  |
| ความคิดเห็นอื่นๆ | [1] Fundamentals of Classical Thermodynamics; Gordon J. Van Wylen, Richard E. Sonntag and Borgnakke; 4º Edition 1994, John Wiley & Sons, Inc. |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | Vk,t,db |
| หน่วย | mg H2O/m3 dry gas |
| ความหมาย | สัดส่วนโดยปริมาตรของก๊าซ k ในกระแสก๊าซในช่วงเวลา t บนฐานแห้ง |
| แหล่งข้อมูล | รายงานการตรวจวัดของผู้พัฒนาโครงการ |
| วิธีการติดตามผล | เครื่องวิเคราะห์ก๊าซบนฐานแห้งอย่างต่อเนื่อง |
| ความถี่ในการติดตามผล | ต่อเนื่องในกรณีที่ไม่ได้ระบุไว้ในวิธีการพื้นฐาน |
| ขั้นตอน QA / QC | การสอบเทียบควรมีการตรวจสอบเป็นศูนย์ด้วยก๊าซเฉื่อย (เช่น N2) และการตรวจสอบการอ่านอย่างน้อยหนึ่งครั้งด้วยก๊าซมาตรฐาน ( ก๊าซสอบเทียบเดี่ยวหรือก๊าซสอบเทียบผสม) ซึ่งก๊าซสอบเทียบทั้งหมด ต้องมีใบรับรองจากผู้ผลิตและต้องอยู่ภายใต้ระยะเวลาที่มีผลบังคับใช้ |
| ความคิดเห็นอื่นๆ |  |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | vk,t,wb |
| หน่วย | m³ gas k/m³ wet gas |
| ความหมาย | สัดส่วนโดยปริมาตรของก๊าซ kในกระแสก๊าซในช่วงเวลา t บนฐานเปียก |
| แหล่งข้อมูล | รายงานการตรวจวัดของผู้พัฒนาโครงการ |
| วิธีการติดตามผล | คํานวณจากการวิเคราะห์แบบแห้งพร้อมการวัดความเข้มข้นของน้ำหรือเครื่องวิเคราะห์ในแหล่งกําเนิดอย่างต่อเนื่องหากไม่ได้ระบุไว้ใน วิธีการ/เครื่องมือพื้นฐาน |
| ความถี่ในการติดตามผล | ต่อเนื่องในกรณีที่ไม่ได้ระบุไว้ในวิธีการพื้นฐาน |
| ขั้นตอน QA / QC | การสอบเทียบควรมีการตรวจสอบเป็นศูนย์ด้วยก๊าซเฉื่อย (เช่น N2) และการตรวจสอบการอ่านอย่างน้อยหนึ่งครั้งด้วยก๊าซมาตรฐาน (ก๊าซสอบเทียบเดี่ยวหรือก๊าซสอบเทียบผสม) ซึ่งก๊าซสอบเทียบทั้งหมดต้องมีใบรับรองจากผู้ผลิตและต้องอยู่ภายใต้ระยะเวลาที่มีผลบังคับใช้ |
| ความคิดเห็นอื่นๆ |  |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | สถานะของอุปกรณ์สำหรับเผาทําลายก๊าซชีวภาพ |
| หน่วย | ไม่มีหน่วย |
| ความหมาย | สถานะการทํางานของอุปกรณ์สำหรับเผาทําลายก๊าซชีวภาพ |
| แหล่งข้อมูล |  |
| วิธีการติดตามผล | การตรวจวัดและการจัดทําเอกสารอาจดําเนินการโดยการบันทึกการผลิตพลังงานจากก๊าซมีเทนที่กักเก็บได้หรือการทํางานของระบบเผาทำลาย โดยใช้เครื่องตรวจจับเปลวไฟเพื่อแสดงให้เห็นถึงการเผาทําลายก๊าซมีเทน เว้นแต่จะระบุวิธีการอื่นในวิธีการ / เครื่องมือพื้นฐาน ทั้งนี้การลดการปล่อยเรือนกระจกจะไม่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่อุปกรณ์เผาทําลายก๊าซมีเทนไม่ทํางาน |
| ความถี่ในการติดตามผล | ต่อเนื่องในกรณีที่ไม่ได้ระบุไว้ในวิธีการพื้นฐาน |
| ขั้นตอน QA / QC |  |
| ความคิดเห็นอื่นๆ | สําหรับอุปกรณ์ตรวจจับเปลวไฟให้อ้างอิง TVER-TOOL-02-04 "การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาทำลายก๊าซชีวภาพจากการดำเนินโครงการ" |

**5.3. พารามิเตอร์ที่ไม่ต้องติดตามผล**

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | RU |
| หน่วย | Pa⋅m3/kmol-K |
| ความหมาย | ค่าคงที่ของก๊าซในอุดมคติ |
| ค่าที่นำไปใช้ | 8,314 |
| ความคิดเห็นอื่นๆ |  |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | MMi |
| หน่วย | kg/kmol |
| ความหมาย | มวลโมเลกุลของก๊าซเรือนกระจกประเภท i |
| ค่าที่นำไปใช้ | |  |  |  | | --- | --- | --- | | **ชนิดก๊าซ** | **สูตรโมเลกุล** | **มวลโมเลกุล (kg / kmol)** | | Carbon dioxide | CO2 | 44.01 | | Methane | CH4 | 16.04 | | Nitrous oxide | N2O | 44.02 | | Sulfur hexafluoride | SF6 | 146.06 | | Perfluoromethane | CF4 | 88.00 | | Perfluoroethane | C2F6 | 138.01 | | Perfluoropropane | C3F8 | 188.02 | | Perfluorobutane | C4F10 | 238.03 | | Perfluorocyclobutane | c-C~~4~~F8 | 200.03 | | Perfluoropentane | C5F12 | 288.03 | | Perfluorohexane | C6F14 | 338.04 | | Carbon dioxide | CO2 | 44.01 | |
| ความคิดเห็นอื่นๆ |  |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | MMk |
| หน่วย | kg/kmol |
| ความหมาย | มวลโมเลกุลของก๊าซk |
| ค่าที่นำไปใช้ | |  |  |  | | --- | --- | --- | | **ชนิดก๊าซ** | **สูตรโมเลกุล** | **มวลโมเลกุล  (kg / kmol)** | | Nitrogen | N2 | 28.01 | | Oxygen | O2 | 32.00 | | Carbon monoxide | CO | 28.01 | | Hydrogen | H2 | 2.02 | | Nitric oxide | NO | 30.01 | | Nitrogen dioxide | NO2 | 46.01 | | Sulfur dioxide | SO2 | 64.06 | |
| ความคิดเห็นอื่นๆ |  |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | MMH2O |
| หน่วย | kg/kmol |
| ความหมาย | มวลโมเลกุลของน้ำ |
| ค่าที่นำไปใช้ | 18.0152 |
| ความคิดเห็นอื่นๆ |  |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | Pn |
| หน่วย | Pa หรือ N/m2 |
| ความหมาย | ความดันสัมบูรณ์ในสภาวะอ้างอิง |
| ค่าที่นำไปใช้ | 101,325 |
| ความคิดเห็นอื่นๆ |  |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | Tn |
| หน่วย | K |
| ความหมาย | อุณหภูมิในสภาวะอ้างอิง |
| ค่าที่นำไปใช้ | 273.15 |
| ความคิดเห็นอื่นๆ |  |

**6. เอกสารอ้างอิง**

CDM Methodological tool :

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

**ภาคผนวก 1**

**แนวทางการจัดการและติดตามข้อมูลเพิ่มเติม  
เพื่อกําหนดการไหลของมวลของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ**

ภาคผนวกนี้ใช้สำหรับกิจกรรมโครงการขนาดเล็กและขนาดใหญ่ในการคำนวณอัตราการไหลของมวลของมีเทนในก๊าซชีวภาพจากการบําบัดของเสียและก๊าซฝังกลบ

**1. การทดแทนข้อมูลสําหรับปริมาณก๊าซมีเทนหรือการไหลของก๊าซชีวภาพ**

ในกรณีชุดข้อมูลของอัตราการไหลของมวลมีเทนขาดหายไปให้แทนที่ด้วยชุดข้อมูลแบบอนุรักษ์นิยมจากช่วงเวลาที่กําหนด อย่างไรก็ตามการทดแทนข้อมูลจะใช้กับค่าความเข้มข้นของมีเทนหรือค่าอัตราการไหลของปริมาตรก๊าซชีวภาพเท่านั้น แต่จะไม่นําไปใช้กับทั้งสองอย่างพร้อมกัน ทั้งนี้ในกรณีชุดข้อมูลของปริมาณก๊าซมีเทนและการไหลของก๊าซชีวภาพขาดหายไปในช่วงเวลาที่กําหนด จะไม่อนุญาตให้มีการลบข้อมูลสําหรับช่วงเวลานั้น ทั้งนี้การทดแทนชุดข้อมูลตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 1 มีเงื่อนไขดังนี้

* 1. สำหรับค่าความเข้มข้นของก๊าซมีเทน หรือ อัตราการไหลของก๊าซชีวภาพ ในช่วงระยะเวลาที่ข้อมูลขาดหายไป จะต้องสอดคล้องกับการทํางานปกติ (เช่น อัตราการไหลเฉลี่ยในช่วงระยะเวลาที่หายไปจะไม่เบี่ยงเบนไปจากการไหลเฉลี่ยอัตราของช่วงเวลาที่นํามาแทนข้อมูล (ระยะเวลาการทดแทนข้อมูล)1 มากกว่า +/- 20%) และ
  2. สําหรับอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพ หรือ ความเข้มข้นของก๊าซมีเทนในช่วงระยะเวลาที่ข้อมูลขาดหายไป จะต้องสอดคล้องกับความเข้มข้นของก๊าซมีเทนในช่วงการดําเนินการปกติ (เช่นความเข้มข้นของก๊าซมีเทนเฉลี่ยในช่วงระยะเวลาที่ข้อมูลขาดหายไปจะต้องไม่เบี่ยงเบนไปจากความเข้มข้นของก๊าซมีเทนเฉลี่ยของระยะเวลาการทดแทนข้อมูลมากกว่า +/- 20%); และ
  3. ผู้พัฒนาโครงการจะต้องแสดงให้เห็นว่าก๊าซมีเทนได้ถูกเผาทำลายในช่วงระยะเวลาที่ข้อมูลขาดหายไป ในกรณีที่ไม่สามารถแสดงหลักฐานได้ จะไม่อนุญาตให้มีการทดแทนชุดข้อมูล

**ตารางที่ 1** ขั้นตอนการลบข้อมูล

| **ระยะเวลาที่ข้อมูลขาดหายไป** | **ขั้นตอนการทดแทนข้อมูล** |
| --- | --- |
| น้อยกว่า 6 ชั่วโมง | ใช้ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของระยะเวลา 4 ชั่วโมงก่อนและหลังไฟฟ้าดับ |
| 6 ถึง 24 ชั่วโมง | ใช้ขอบเขตบนหรือขอบล่างของช่วงความเชื่อมั่น 95% ของข้อมูลในช่วง 24 ชั่วโมงก่อนและหลังไฟฟ้าดับ แล้วแต่ว่ากรณีใดจะส่งผลให้มีการประมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบอนุรักษ์นิยมมากขึ้น |
| 1 ถึง 7 วัน | ใช้ขอบเขตบนหรือขอบล่างของช่วงความเชื่อมั่น 95% ของข้อมูลในช่วง 72 ชั่วโมงก่อนและหลังไฟฟ้าดับ แล้วแต่ว่ากรณีใดจะส่งผลให้มีการประมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบอนุรักษ์นิยมมากขึ้น |
| มากกว่า 1 สัปดาห์ | ไม่สามารถแทนที่ด้วยชุดข้อมูลได้ |

## 2. การใช้เครื่องวัดการไหลเดียวสําหรับการใช้ก๊าซชีวภาพที่นํากลับมาใช้ใหม่หลายครั้ง

ในกรณีก๊าซชีวภาพที่นํากลับมาใช้ใหม่ (เช่น ก๊าซฝังกลบ) ถูกใช้เพื่อวัตถุประสงค์หลายประการ (เช่น การเผาทำลายหรือการผลิตพลังงาน) และอุปกรณ์เผาทําลายก๊าซมีเทนทั้งหมดจะได้รับการตรวจติดตามว่าใช้งานได้ (เช่น บันทึกของเครื่องตรวจจับเปลวไฟ พลังงานที่ผลิตได้) อาจใช้เครื่องวัดการไหลเดี่ยว เพื่อบันทึกข้อมูลในอุปกรณ์เผาทําลายก๊าซมีเทนหลายเครื่อง ประสิทธิภาพการเผาทําลายที่มีประสิทธิภาพน้อยที่สุดในบรรดาอุปกรณ์เผาทําลายจะใช้เป็นประสิทธิภาพการเผาทําลายสําหรับอุปกรณ์ทําลายทั้งหมดที่ตรวจสอบโดยเครื่องวัดการไหลนี้

ในกรณีมีช่วงเวลาที่อุปกรณ์เผาทําลายอย่างน้อย 1 เครื่องไม่ทํางาน อาจมีการอ้างสิทธิ์การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาทําลายมีเทนได้จากการตรวจสอบยืนยันการปฏิบัติตามเงื่อนไขต่อไปนี้ระบุด้านล่าง ในกรณีเช่นนี้ประสิทธิภาพของอุปกรณ์เผาทําลายที่มีประสิทธิภาพน้อยที่สุดในการทํางานจะใช้เป็นประสิทธิภาพของอุปกรณ์เผาทําลายทั้งหมดที่ตรวจสอบโดยเครื่องวัดการไหลเดียวนี้

* 1. อุปกรณ์เผาทําลายทั้งหมดที่มีการติดตั้งวาล์วที่ท่อนำเข้าก๊าซปิดโดยอัตโนมัติจากการที่อุปกรณ์ไม่ทํางาน หรือ การปล่อยก๊าซชีวภาพสู่บรรยากาศโดยระบบแมนนัล
  2. สําหรับในช่วงเวลาที่อุปกรณ์เผาทําลายจำนวน 1 เครื่องหรือมากกว่า ไม่ทํางาน ผู้พัฒนาโครงการจะต้องแสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์เผาทําลายที่เหลือ สามารถเผาทําลายก๊าซชีวภาพจริง ที่บันทึกไว้ในช่วงเวลาดังกล่าว สําหรับอุปกรณ์อื่นที่ไม่ใช่สำหรับเผาทำลายก๊าซจะต้องแสดงให้เห็นว่าเอาต์พุตสอดคล้องกับการไหลของก๊าซ (เช่น โดยมวลและ / หรือสมดุลพลังงาน)

ทั้งนี้ การตรวจวัดปริมาณก๊าซมีเทนจะต้องดําเนินด้านหลังของเครื่องวัดการไหลและต้องปฏิบัติตามข้อกําหนดการติดตั้งของเครื่องวัดการไหลด้วย

## 3. การใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างสําหรับปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซฝังกลบ

การสุ่มตัวอย่างสําหรับปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซที่ผลิตได้จากหลุมฝังกลบมีเงื่อนไขดังต่อไปนี้

* 1. ความสามารถในการบําบัดของเสียสูงสุดของหลุมฝังกลบคือ 200 ตันต่อวัน และ
  2. มาตรฐานการสุ่มเลือกตัวอย่างใช้หลักการทางสถิติโดยใช้ตารางสำเร็จของ ทาโร ยามาเน่ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และความคลาดเคลื่อนร้อยละ 10 รายละเอียดตามภาคผนวก 2
  3. ต้องปฏิบัติตามวิธีการระดับชาติหรือนานาชาติสําหรับการตรวจวัดปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพโดยการวิเคราะห์กึ่งต่อเนื่อง มิฉะนั้นการอ่านมิเตอร์สามารถทําได้ในกรณีปริมาณมีเทนถึงความเสถียรเป็นเวลาอย่างน้อย 3 นาที การวิเคราะห์แบบ Orsat ไม่เข้าข่าย
  4. มีการตรวจวัดอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพอย่างต่อเนื่อง โดยการสุ่มตัวอย่างในช่วงเวลาที่กําหนดสามารถใช้ได้เฉพาะในกรณีที่อัตราการไหลเฉลี่ยในช่วงสัปดาห์ถัดไปไม่ผันผวนมากกว่า +/- 20% เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของอัตราการไหล ในช่วงเวลาที่ตรวจวัดปริมาณก๊าซมีเทนโดยการสุ่มตัวอย่าง มิฉะนั้นการปรับแบบอนุรักษ์นิยมจะนําไปใช้กับปริมาณก๊าซมีเทนที่ตรวจวัดได้ โดยการใช้ค่าเบี่ยงเบนเป็นปัจจัยลด

**ภาคผนวก 2**

**การคำนวณจำนวนตัวอย่างของทาโร ยามาเน่**

สูตรการหาจำนวนตัวอย่างของทาโร ยามาเน่ (Taro Yamane, 1973) ตามสมการที่ (1)

สมการที่ *(1)*

เมื่อ n = จำนวนตัวอย่าง

N = จำนวนประชากร

e = ค่าความคลาดเคลื่อน

**ตารางที่ 1** ขนาดของกลุ่มตัวอย่างของทาโร ยามาเน่ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และความคลาดเคลื่อนต่างๆ

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ขนาด ประชากร** | **ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ระดับความคลาดเคลื่อน (e)** | | | | | |
| **± 1%** | **± 2%** | **± 3%** | **± 4%** | **± 5%** | **± 10%** |
| 500 | **\*** | **\*** | **\*** | **\*** | 222 | 83 |
| 1,000 | **\*** | **\*** | **\*** | 385 | 286 | 91 |
| 1,500 | **\*** | **\*** | 638 | 441 | 316 | 94 |
| 2,000 | **\*** | **\*** | 714 | 476 | 333 | 95 |
| 2,500 | **\*** | 1,250 | 769 | 500 | 345 | 96 |
| 3,000 | **\*** | 1,364 | 811 | 517 | 353 | 97 |
| 3,500 | **\*** | 1,458 | 843 | 530 | 359 | 97 |
| 4,000 | **\*** | 1,538 | 870 | 541 | 364 | 98 |
| 4,500 | **\*** | 1,607 | 891 | 549 | 367 | 98 |
| 5,000 | **\*** | 1,667 | 909 | 556 | 370 | 98 |
| 6,000 | **\*** | 1,765 | 938 | 566 | 375 | 98 |
| 7,000 | **\*** | 1,842 | 959 | 574 | 378 | 99 |
| 8,000 | **\*** | 1,905 | 976 | 580 | 381 | 99 |
| 9,000 | **\*** | 1,957 | 989 | 584 | 383 | 99 |
| 10,000 | 5,000 | 2,000 | 1,000 | 588 | 385 | 99 |
| 15,000 | 6,000 | 2,143 | 1,034 | 600 | 390 | 99 |
| 20,000 | 6,667 | 2,222 | 1,053 | 606 | 392 | 100 |
| 25,000 | 7,143 | 2,273 | 1,064 | 610 | 394 | 100 |
| 50,000 | 8,333 | 2,381 | 1,087 | 617 | 397 | 100 |
| 100,000 | 9,091 | 2,439 | 1,099 | 621 | 398 | 100 |
| ∞ | 10,000 | 2,500 | 1,111 | 625 | 400 | 100 |

|  |
| --- |
| **บันทึกการแก้ไข TVER-TOOL-02-05** |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ฉบับที่** | **แก้ไขครั้งที่** | **วันที่บังคับใช้** | **รายการแก้ไข** |
| 01 | - | 30 พ.ย. 2565 | การเริ่มใช้ครั้งแรก |

1. เงื่อนไขนี้จําเป็นต้องใช้เนื่องจากสันนิษฐานในการคํานวณว่ากระแสก๊าซทํางานเป็นส่วนผสมไบนารีในอุดมคติของไอน้ำและก๊าซในอุดมคติ หากกระแสก๊าซมีสัดส่วนขนาดใหญ่กว่าของก๊าซอื่นๆ เช่น ไฮโดรคาร์บอนอื่นที่ไม่ใช่มีเทนหรือ HFC ก๊าซจะไม่สามารถพิจารณาได้ว่าเป็นส่วนผสมของก๊าซในอุดมคติ แรงกดดันปานกลางจะทําให้มั่นใจได้ว่าก๊าซมีพฤติกรรมเป็นก๊าซในอุดมคติ [↑](#footnote-ref-1)
2. สําหรับกรณีของก๊าซฝังกลบและก๊าซไอเสียจากการเกิดออกซิเดชันทางความร้อนโดยใช้ก๊าซธรรมชาติจะถือว่าความเข้มข้นรวมของก๊าซอื่นๆ คิดเป็นน้อยกว่า 1% (v / v) [↑](#footnote-ref-2)
3. การตรวจวัดอัตราการไหลบนฐานแห้งไม่สามารถตรวจวัดได้ในราคาที่สมเหตุสมผลสําหรับกระแสก๊าซเปียก ดังนั้นการอ่านค่าสําหรับสัดส่วนโดยปริมาตรไม่แตกต่างระหว่างเครื่องวิเคราะห์บนฐานเปียกและเครื่องวิเคราะห์บนฐานแห้ง และทั้ง 2 ประเภทสามารถใช้งานได้อย่างชัดเจนสําหรับการคํานวณทางเลือก A และ D [↑](#footnote-ref-3)
4. ข้อสันนิษฐานที่ว่ากระแสก๊าซอิ่มตัวนั้นอนุรักษ์นิยมสําหรับสถานการณ์ที่การไหลของมวลของก๊าซเรือนกระจกประเภท iถูกประเมินต่ำเกินไป (ใช้สําหรับการคํานวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน) ในทางกลับกันข้อสันนิษฐาน กระแสก๊าซแห้งเป็นอนุรักษ์นิยมสําหรับสถานการณ์ที่ก๊าซเรือนกระจกประเภท i ถูกประเมินค่าสูงเกินไป (ใช้สําหรับการคํานวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ) [↑](#footnote-ref-4)