

การคำนวณ

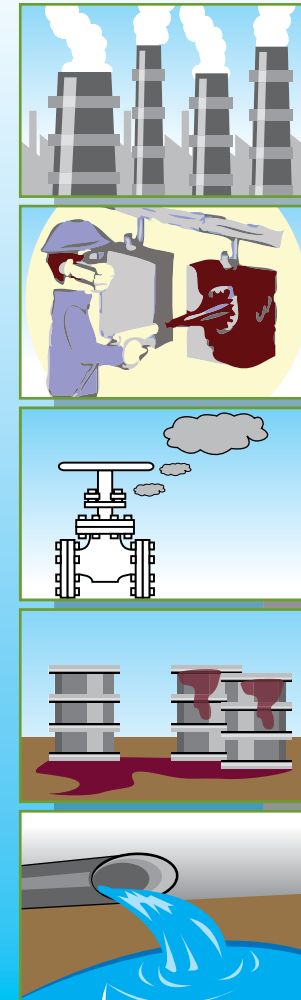
การแปลผลข้อมูลพิษจากข้อมูลการตรวจวัด



กรมควบคุมมลพิษ
POLLUTION CONTROL DEPARTMENT

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

การคำนวณการปล่อยมลพิษจากข้อมูลการตรวจวัด



$$C_{mg/m^3} = \frac{C_{ppm} \times MW}{24.45}$$

$$R = C \times Q$$

$$Q_d = Q_w \times M_{corr}$$

$$R = C \times Q_d \times O_{2,cor} \times T_{cor}$$

Measurement



กรมควบคุมมลพิษ
POLLUTION CONTROL DEPARTMENT

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม



กรมควบคุมมลพิษ
POLLUTION CONTROL DEPARTMENT

การคำนวณ การปลดปล่อยมลพิษจากข้อมูลการตรวจวัด



กรมควบคุมมลพิษ
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม



การคำนวณการปลดปล่อยมลพิษจากข้อมูลการตรวจวัด

พิมพ์ครั้งที่ 1 จำนวน 500 เล่ม กันยายน 2555

เผยแพร่โดย ส่วนสารอันตราย
 สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย
 กรมควบคุมมลพิษ
 92 ซอยพหลโยธิน 7 ถนนพหลโยธิน
 พญาไท กรุงเทพมหานคร 10400
 โทร 0 2298 2439, 02298 2442
 โทรสาร 0 2298 2442
 email: dbase.c@pcd.go.th

พิมพ์ที่ บริษัท วีรณาเพรส จำกัด
 โทร 0 2728 7701-5
 โทรสาร 0 2728 7783

เอกสารนี้สามารถดาวน์โหลดได้ที่ website : <http://www.pcd.go.th>

คำนำ

การคำนวณการปลดปล่อยมลพิษหรือการระบายมลพิษจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรม สามารถคำนวณได้หลายวิธี อาทิ การจัดทำมวลสมดุล การใช้ข้อมูลจากการติดตามตรวจสอบ การใช้ตัวคูณอัตราการปลดปล่อยมลพิษ หรือสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษ และการใช้หลักเกณฑ์ทางวิศวกรรม ซึ่งแต่ละวิธีจะมีข้อดีและข้อจำกัดในการนำไปใช้แตกต่างกันไป

เอกสาร “การคำนวณการปลดปล่อยมลพิษจากข้อมูลการตรวจวัด” นี้ จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้โรงงานอุตสาหกรรมใช้เป็นคู่มือเบื้องต้นสำหรับคำนวณหาปริมาณมลพิษที่โรงงานอุตสาหกรรมได้ปลดปล่อยหรือระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งเน้นเฉพาะการนำข้อมูลจากการตรวจวัด อาทิ ความเข้มข้นของมลพิษในอากาศ น้ำเสียหรือของเสียมาใช้ในการคำนวณ นอกจากนี้ ยังมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้สนใจมีความเข้าใจถึงหลักในการคำนวณการปลดปล่อยมลพิษจากข้อมูลการตรวจวัด โดยมีการอธิบายถึงหลักการ ตัวอย่างและขั้นตอนในการคำนวณเพื่อให้ผู้ใช้สามารถศึกษาด้วยตนเองได้ง่าย

กรมควบคุมมลพิษ หวังเป็นอย่างยิ่งว่า เอกสารนี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้สนใจทั่วไป รวมถึงโรงงานอุตสาหกรรมหรือผู้ประกอบการที่ต้องจัดทำรายงานข้อมูลการระบายมลพิษให้กับหน่วยงานราชการ ทั้งนี้ หากท่านพบข้อผิดพลาดหรือมีข้อเสนอแนะประการใดๆ ขอความกรุณาแจ้งกรมควบคุมมลพิษเพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงแก้ไขให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นไป

สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย

กรมควบคุมมลพิษ

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการคำนวณการปลดปล่อยมลพิษจากข้อมูลการตรวจวัด

1. ประเภทของการตรวจวัดการระบายมลพิษโดยตรง	1
2. การคำนวณการปลดปล่อยโดยการตรวจวัด	1
3. หน่วยของการรายงานข้อมูลผลตรวจวัดคุณลักษณะของน้ำ อากาศ ของเสีย	2
4. หน่วยของการรายงานปริมาณการปลดปล่อย หรือระบายมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม	3
5. หลักทั่วไปในการเปลี่ยนหน่วย	4
6. การเปลี่ยนหน่วย ppm	4
7. การรายงานผลการตรวจวัดปริมาณสารเจือปนในอากาศ	6
8. ขีดจำกัดของเครื่องมือตรวจวัด	9
9. ข้อมูลสำหรับใช้คำนวณการปลดปล่อยมลพิษด้วยวิธีการตรวจวัด	10
10. ขั้นตอนการคำนวณการปลดปล่อยมลพิษจากข้อมูลการตรวจวัด	10

บทที่ 2 การคำนวณปริมาณการปลดปล่อย/เคลื่อนย้ายมลพิษจากข้อมูลผลการตรวจวัด

1. หลักการคำนวณ	12
2. ตัวอย่างการคำนวณการปลดปล่อยโดยใช้ข้อมูลการตรวจวัดตามกำหนดระยะเวลาหรือเป็นครั้งคราว	15
- ตัวอย่างที่ 1	15
- ตัวอย่างที่ 2	23
- ตัวอย่างที่ 3	25
3. ตัวอย่างการคำนวณการปลดปล่อยโดยใช้ข้อมูลตรวจวัดการระบายมลพิษทางอากาศจากระบบติดตามตรวจวัดการระบายมลพิษจากปล่องแบบอัตโนมัติ	26
- ตัวอย่างที่ 4	27

เอกสารประกอบการเรียบเรียง

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก คำย่อ 32

ภาคผนวก ข ข้อมูลสำหรับการเปลี่ยนหน่วยในมาตราเมตริกซ์ 33

ภาคผนวก ค ตารางธาตุ 34

คณะผู้จัดทำ 35

สารบัญรูปภาพ

หน้า

แผนภาพแสดงขั้นตอนการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยมลพิษ/เคลื่อนย้ายน้ำเสียของเสีย 11

บทที่ 1

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการคำนวณการปลดปล่อยมลพิษจากข้อมูลการตรวจวัด

1. ประเภทของการตรวจวัดการระบายมลพิษโดยตรง (Direct Measurement/ Direct Monitoring)

การติดตามตรวจสอบหรือการตรวจวัดการระบายมลพิษจากแหล่งกำเนิดสามารถจำแนกตามลักษณะของความต่อเนื่องหรือความถี่ของการตรวจวัด ได้ดังนี้

(1) การตรวจวัดมลพิษทางอากาศอย่างต่อเนื่อง (Continuous Emission Monitoring: CEM)

เป็นการตรวจติดตามผลการตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากปล่องซึ่งติดตั้งที่โรงงานโดยมีการรายงานผลการตรวจวัดมลพิษทางอากาศอย่างต่อเนื่อง 24 ชั่วโมงต่อวันตลอดทั้งปี เพื่อให้ระบบควบคุมมลพิษและกระบวนการผลิตทำงานในสภาวะที่เหมาะสมและเพื่อให้เป็นไปตามกฎหมายที่กำหนด โดยทั่วไปมักใช้ CEMs ในการตรวจวัดพารามิเตอร์ SO₂, NO₂, CO, CO₂ อย่างไรก็ตาม CEMs ไม่เหมาะสำหรับนำมาใช้ตรวจวัดสารมลพิษที่มีความเข้มข้นต่ำมาก ๆ นอกจากมีค่าใช้จ่ายสูงแล้ว ยังจำเป็นต้องบำรุงรักษาและปรับเทียบความถูกต้องของเครื่องมือวิเคราะห์อย่างสม่ำเสมอ รวมถึงการทดสอบและประเมินประสิทธิภาพการทำงานของ CEMs เป็น ระยะเวลา ด้วย

(2) การตรวจวัดตามกำหนดระยะเวลา (Periodic Emission Monitoring)

เป็นการตรวจวัดปริมาณการปลดปล่อยมลพิษจากจุดที่มีการระบายมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อม อาทิ ปล่องระบายอากาศเสีย ท่อระบายน้ำเสีย ในระยะเวลาสั้นๆ หรือช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง ซึ่งสถานประกอบการอาจมีความถี่ของการตรวจวัดแตกต่างกัน อาทิ ทุกสัปดาห์ ทุกเดือน ทุกสามเดือน เป็นต้น ขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการตรวจวัด โดยส่วนใหญ่สถานประกอบการมักดำเนินการตรวจวัดตามที่กฎหมายกำหนด และบางส่วนของกิจกรรมการตรวจวัดเพื่อใช้ประโยชน์ในการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย/อากาศเสีย

ในการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยมลพิษโดยอาศัยการตรวจวัดตามกำหนดระยะเวลาหรือเป็นครั้งคราว ถือว่าเป็นข้อมูลที่มีคุณภาพหรือให้ความเที่ยงถูกต้องมากที่สุด ณ เวลาที่มีการตรวจวัด ทั้งนี้ ควรทำการตรวจวัดในสภาวะการทำงานที่เป็นปกติ หากพิจารณาในระยะยาวแล้วผลการตรวจวัดโดยใช้ CEMs จะถือว่าให้ความถูกต้องของข้อมูลมากที่สุดเนื่องจากความถี่ของระยะเวลาของการตรวจวัดยาวนานกว่า

2. การคำนวณการปลดปล่อยโดยการตรวจวัด (Measurement: M)

การคำนวณการปลดปล่อยหรือระบายมลพิษโดยใช้ข้อมูลผลการตรวจวัด จัดเป็นวิธีคำนวณการปลดปล่อยมลพิษ หรือระบายมลพิษวิธีหนึ่ง อย่างไรก็ตามนอกเหนือจากข้อมูลการตรวจวัดแล้ว สามารถคำนวณหาปริมาณมลพิษที่มีการปลดปล่อยโดยใช้วิธีคาดประมาณ อื่นๆ ได้ อาทิ การจัดทำมวลสมดุล (Mass Balance/ Material Accounting) การใช้ตัวคูณอัตราการปลดปล่อยมลพิษ หรือสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษ (Emission Factor) และการใช้หลักเกณฑ์ทางวิศวกรรม (Engineering Calculation/Engineering Judgement)

การนำข้อมูลการตรวจวัดมาคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยมลพิษนี้ มักนำมาใช้ในกรณีที่เป็นการปลดปล่อยมลพิษภายใต้สภาวะการทำงานที่เป็นปกติ หรือการปลดปล่อยที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลและความเข้มข้น โดยนำความเข้มข้นของมลพิษที่การตรวจวัดได้ มาคูณกับอัตราการไหลหรืออัตราการระบายมลพิษชนิดนั้น ๆ ก็จะทราบปริมาณการปลดปล่อยมลพิษต่อไป

ข้อดี

- มีความถูกต้องมากที่สุด สำหรับใช้คำนวณปริมาณการปลดปล่อยหรือระบายมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม หากมีการเก็บข้อมูลการตรวจวัดที่เป็นระบบและมีจำนวนที่มากเพียงพอ
- เป็นที่ยอมรับของหน่วยงานราชการ เนื่องจากเป็นข้อมูลที่คำนวณได้จากการตรวจวัดปริมาณการปลดปล่อยโดยตรง และเป็นไปตามข้อกำหนดตามกฎหมาย
- กรณีที่สถานประกอบการมีการตรวจติดตามคุณภาพอากาศหรือน้ำเสียเป็นประจำสม่ำเสมอตามกฎหมายของทางราชการ หรือเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์จากสายการผลิตอยู่แล้ว จึงไม่เป็นการเพิ่มงบประมาณค่าใช้จ่ายในการตรวจวัดสารมลพิษมากขึ้นกว่าเดิม
- กรณีที่ข้อมูลผลการตรวจวัดพบว่ามี การปลดปล่อยมลพิษ หรือมีการสูญเสียวัตถุดิบจากกระบวนการผลิต ผลการตรวจวัดไม่เพียงแต่ให้ความถูกต้องในการคาดการณ์การปลดปล่อยเท่านั้น แต่ยังมีส่วนกระตุ้นให้สถานประกอบการมีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงระบบการผลิต เพื่อลดปริมาณการปลดปล่อยมลพิษหรือลดการสูญเสียสารเคมีในกระบวนการผลิตลง

ข้อจำกัด

- เป็นวิธีที่มีค่าใช้จ่ายสูง สำหรับค่าอุปกรณ์เครื่องมือ การเก็บหรือวิเคราะห์ตัวอย่าง รวมทั้งการบำรุงรักษาเครื่องมือ
- บุคลากรต้องได้รับการฝึกอบรมในการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง
- ต้องใช้ระยะเวลาในการรวบรวม จัดเก็บ วิเคราะห์ข้อมูลจำนวนมาก และเป็นระบบ จึงจะได้ข้อมูลที่ถูกต้อง
- ในทางปฏิบัติ ไม่มีเทคโนโลยีที่ใช้สำหรับการติดตามตรวจสอบหรือตรวจวัดการปลดปล่อยสารเคมี หรือมลพิษได้ทุกประเภท
- ถ้าข้อมูลการตรวจวัดไม่เป็นตัวแทนของสภาพการปฏิบัติงานในสภาวะปกติ อาจส่งผลให้การคาดการณ์การปลดปล่อยที่คลาดเคลื่อน
- ไม่นิยมนำมาใช้ในการตรวจวัดการระบายอากาศแบบฟุ้งกระจาย (fugitive emission)

3. หน่วยของการรายงานข้อมูลผลตรวจวัดคุณลักษณะของน้ำ อากาศ ของเสีย

การรายงานข้อมูลผลการตรวจวัดมลพิษในอากาศ น้ำ ที่มีการระบายออกจากโรงงาน หน่วยงานราชการกำหนดให้มีการรายงานในหน่วยของความเข้มข้นเพื่อเทียบกับค่ามาตรฐานของการระบายมลพิษในน้ำหรืออากาศ กรณีที่เป็นของเสียอาจมีความจำเป็นในการตรวจวิเคราะห์หาของเสียดังกล่าวเข้าข่ายเป็นของเสียอันตรายหรือไม่ หรือมีคุณลักษณะอย่างไร เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับบริษัทรับบำบัดหรือกำจัดของเสียดังกล่าว

โดยทั่วไป การรายงานผลการตรวจวัดสารมลพิษหรือสารเคมีที่มีอยู่ในน้ำเสีย อากาศเสีย หรือของเสียมักรายงานข้อมูลในหน่วยของความเข้มข้น ดังนี้

3.1 ความเข้มข้นของมลพิษในน้ำหรือของเหลว

หน่วยงานราชการกำหนดให้รายงานข้อมูลความเข้มข้นของมลพิษในน้ำเป็น มิลลิกรัม/ลิตร (มก./ล. หรือ mg/l) ซึ่งหมายถึง ปริมาณสารเคมี/มลพิษ ในหน่วยมิลลิกรัมต่อปริมาตรน้ำหรือของเหลว 1 ลิตร อย่างไรก็ตาม สำหรับการรายงานข้อมูลการตรวจวัด อาจพบว่ามีกรรายงานความเข้มข้นในหน่วย ppm หรือ ส่วนในล้านส่วน (ppm: parts per million) ทั้งนี้ 1 ppm จะมีค่าเท่ากับ 1 mg/l

3.2 ความเข้มข้นของมลพิษในอากาศ

หน่วยงานราชการกำหนดให้รายงานข้อมูลความเข้มข้นของมลพิษในอากาศ ดังนี้

1) มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร (มก./ลบ.ม. หรือ mg/m³) หมายถึง ปริมาณสารเคมี/มลพิษ ในหน่วยมิลลิกรัมต่อปริมาตรอากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร ใช้รายงานความเข้มข้นของมลพิษที่มีลักษณะเป็นอนุภาค เช่น ปริมาณฝุ่นละออง โลหะหนัก เป็นต้น

2) ส่วนในล้านส่วน (ppm: parts per million) เป็นหน่วยที่ใช้รายงานความเข้มข้นของมลพิษที่มีคุณลักษณะเป็นแก๊สหรือไอสารเคมีระเหย อาทิ SO₂, NO₂, CO, H₂S, xylene ซึ่งในกรณีนี้ 1 ppm จะมีค่าไม่เท่ากับ 1 mg/m³

3.3 ความเข้มข้นของมลพิษในของเสีย ของแข็ง สลัดจ์ ดิน ตะกอนดิน

1) มิลลิกรัม/กิโลกรัม (มก./กก. หรือ mg/kg) หมายถึง ปริมาณสารเคมี/มลพิษในหน่วยมิลลิกรัมต่อน้ำหนักของของแข็ง 1 กิโลกรัม หรือ อาจรายงานในหน่วย ppm โดยที่ 1 ppm จะมีค่าเท่ากับ 1 mg/kg

2) ส่วนในล้านส่วน (ppm : parts per million) ความเข้มข้น หมายถึง ความเข้มข้นของสารมลพิษในล้านส่วนของสารชนิดอื่น มักแสดงในหน่วยของ มก./ล. หรือ มก./กก.

3.4 การเทียบค่าความเข้มข้นของมลพิษในตัวกลางที่เป็นของเหลว และของแข็ง

ความเข้มข้น	น้ำ/ของเหลว	ของแข็ง สลัดจ์ ตะกอนดิน ดิน
1 ppm	1 mg/l	1 mg/kg
1 ppb	1 µg/l	1 µg/kg
1 ppt	1 ng/l	1 ng/kg

4. หน่วยของการรายงานปริมาณการปลดปล่อย หรือระบายมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม

การรายงานข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษ โดยทั่วไปมักกำหนดให้มีการรายงานข้อมูลมลพิษที่มีการปลดปล่อยหรือระบายมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อมทั้งอากาศ ดิน น้ำ หรือ ในภาพรวมของมลพิษหรือสารเคมีชนิดนั้นๆ

ในหน่วยปริมาณของมลพิษต่อระยะเวลาที่มีการปลดปล่อย อาทิ กิโลกรัม/ปี ซึ่งการรายงานปริมาณมลพิษในหน่วยเดียวกัน จะทำให้สามารถเปรียบเทียบปริมาณมลพิษชนิดเดียวกันที่มีการปลดปล่อยสู่ตัวกลางสิ่งแวดล้อมต่างๆ ได้ รวมถึงสามารถเปรียบเทียบปริมาณมลพิษชนิดเดียวกันแต่การปลดปล่อยจากแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ ได้เช่นกัน และสามารถเปรียบเทียบสถิติการปลดปล่อยมลพิษชนิดเดียวกันในปีต่างๆ กันได้ เป็นต้น ซึ่งในเอกสารฉบับนี้ กำหนดให้มีการรายงานข้อมูลเป็นกิโลกรัมต่อปี

5. หลักทั่วไปในการเปลี่ยนหน่วย

เนื่องจากการคำนวณการปลดปล่อยมลพิษ มีความจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนหน่วยของข้อมูลที่จะนำมาคำนวณต่างๆ ให้อยู่ในรูปหรือหน่วยที่ต้องการ ดังนั้น ทุกขั้นตอนการคำนวณจึงควรเขียนหน่วยของข้อมูลตัวเลขที่นำมาใช้ประกอบการคำนวณกำกับไว้ทุกครั้ง อาทิ 1 นาที = 60 วินาที และ 1 กิโลเมตร = 1,000 เมตร ฯลฯ ซึ่งนอกจากจะแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวเลขและหน่วยที่นำมาใช้คำนวณแล้ว ยังมีส่วนช่วยป้องกันความผิดพลาดจากการเปลี่ยนหน่วยและง่ายต่อการตรวจสอบความถูกต้องในการเปลี่ยนหน่วยว่า ได้มีการเปลี่ยนหน่วยที่ใดไปแล้วและเหลือหน่วยใดบ้างที่ยังไม่ได้ถูกนำมาคำนวณหรือเปลี่ยนหน่วย ดังตัวอย่างการคำนวณต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 1 มลพิษเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 45 เซนติเมตร/ 2 วินาที ให้คำนวณหาระยะทางที่มลพิษเคลื่อนที่ในเวลา 1 ชั่วโมง ว่าสามารถเคลื่อนที่ได้ระยะทางกี่กิโลเมตร

จากข้อมูลข้างต้น หน่วยที่ต้องการคือ กิโลเมตร/ชั่วโมง สามารถแสดงวิธีการคำนวณหรือการเปลี่ยนหน่วยได้ดังนี้

$$\frac{45 \text{ cm}}{2 \text{ sec}} \times \frac{60 \text{ sec}}{1 \text{ min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} \times \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \times \frac{1 \text{ km}}{1,000 \text{ m}} = \frac{0.81 \text{ km}}{\text{hr}}$$

ตัวอย่างที่ 2 โรงงานระบายน้ำทิ้งสู่สิ่งแวดล้อมในอัตรา 75 ลิตร/วินาที ให้คำนวณหาอัตราการระบายน้ำทิ้งในหน่วยลูกบาศก์เมตรต่อวัน

$$\frac{75 \text{ l}}{1 \text{ sec}} \times \frac{60 \text{ sec}}{1 \text{ min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} \times \frac{24 \text{ hr}}{1 \text{ d}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1,000 \text{ l}} = \frac{6,480 \text{ m}^3}{\text{d}}$$

6. การเปลี่ยนหน่วย ppm

เนื่องจาก ข้อมูลผลการตรวจวัดความเข้มข้นของมลพิษหรือสารเคมี ในอากาศ น้ำ หรือ ดิน จะมีการรายงานข้อมูลในหน่วยที่แตกต่างกัน เช่น mg/l, mg/kg, mg/m³ และ ppm กรณีที่ผลการตรวจวัดมีการรายงานในหน่วย ppm (part per million) จะต้องเปลี่ยนหน่วย ppm ให้เป็น mg/l, mg/kg หรือ mg/m³ ก่อนจึงจะนำไปใช้คำนวณต่อไป

6.1) การเปลี่ยนหน่วย ppm สำหรับมลพิษในน้ำและของเสีย

การเปลี่ยนหน่วย ppm เป็น mg/l ในน้ำ หรือ mg/kg ในของเสีย สามารถเปลี่ยนหน่วยจาก ppm เป็น mg/l หรือ mg/kg ได้เลย โดยที่ $1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg/l} = 1 \text{ g/m}^3 = 1 \text{ mg/kg}$

ตัวอย่างเช่น

- ความเข้มข้นของ As ในน้ำเสีย 20 ppm = ความเข้มข้น 20 mg/l
- ความเข้มข้นของ As ในกากตะกอน 20 ppm = ความเข้มข้น 20 mg/kg

6.2) การเปลี่ยนหน่วย ppm สำหรับมลพิษในอากาศ

การเปลี่ยนหน่วย ppm สำหรับมลพิษในอากาศ จะนำมาใช้ในกรณีที่ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศ ซึ่งมีการรายงานผลในหน่วย ppm จะต้องมีการเปลี่ยนหน่วย เป็น mg/m^3 เพื่อนำไปคำนวณปริมาณการปลดปล่อยต่อไป โดยสูตรหรือสมการที่ใช้ในการเปลี่ยนหน่วย ดังนี้

$$C_{\text{mg/m}^3} = \frac{C_{\text{ppm}} \times \text{MW}}{24.45}$$

- $C_{\text{mg/m}^3}$ = ความเข้มข้นของสารมลพิษในหน่วย mg/m^3
- C_{ppm} = ความเข้มข้นของสารมลพิษในหน่วย ppm
- MW = น้ำหนักโมเลกุลของสารมลพิษ
- 24.45 = ปริมาตรในหน่วยลิตร ของก๊าซใดๆ 1 กรัมโมเลกุล ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท (mmHg)

ตัวอย่างที่ 3 การเปลี่ยนหน่วยจากผลการตรวจวัด Xylene (C_8H_{10}) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 50 ppm เป็น mg/m^3

- หา MW ของ Xylene ซึ่งสูตรทางเคมีของ คือ C_8H_{10}
- จากตารางธาตุ พบว่าน้ำหนักอะตอมของ C = 12.01 และ H = 1.01
- ดังนั้นมวลโมเลกุลของ Xylene = $(8 \times 12.01) + (10 \times 1.01) = 106.18$
- คำนวณหาปริมาณความเข้มข้นของ Xylene ในหน่วย mg/m^3

$$\text{ความเข้มข้นของ Xylene} = \frac{50 \times 106.18}{24.45} = \underline{217.137} \text{ mg/m}^3$$

7. การรายงานผลการตรวจวัดปริมาณสารเจือปนในอากาศ

เนื่องจากมาตรฐานคุณภาพอากาศที่ระบายนอกจากปล่อง ได้กำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศจากกระบวนการผลิตที่ไม่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง และมีการเผาไหม้เชื้อเพลิง โดยการรายงานผลการตรวจวัดปริมาณสารเจือปนในอากาศ กำหนดให้รายงานผลดังนี้

1) กระบวนการผลิตที่ไม่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง ให้คำนวณผลที่ความดัน 1 บรรยากาศ หรือที่ 760 มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่สภาวะแห้ง (dry basis) โดยมีปริมาตรออกซิเจน ณ สภาวะจริง ในขณะที่ทำการตรวจวัด

2) กระบวนการผลิตที่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง ให้คำนวณผลที่ความดัน 1 บรรยากาศ หรือที่ 760 มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่สภาวะแห้ง (dry basis) โดยมีปริมาตรออกซิเจนส่วนเกิน (excess oxygen) ร้อยละ 7

สูตรสำหรับคำนวณความเข้มข้นของมลพิษเทียบกับสภาวะออกซิเจนร้อยละ 7

$$\text{Conc } i_{(\text{std. O}_2)} = \text{Conc. } i_{(\text{measured O}_2)} \times \frac{20.9\% - \text{Std. O}_2\%}{20.9\% - \text{actual O}_2\%}$$

หรือ

$$\text{Conc } i_{(\text{std. O}_2)} = \text{Conc. } i_{(\text{measured O}_2)} \times \frac{20.9\% - 7\%}{20.9\% - \text{actual O}_2\%}$$

โดยที่

i	=	มลพิษใดๆ
Conc. $i_{(\text{std. O}_2)}$	=	ความเข้มข้นของมลพิษ (แก๊ส) ที่สภาวะออกซิเจนมาตรฐาน 7%
Conc. $i_{(\text{measured O}_2)}$	=	ความเข้มข้นของมลพิษ (แก๊ส) ขณะที่ทำการตรวจวัดจริง
Std. O ₂ %	=	ความเข้มข้นเป็นร้อยละโดยปริมาตรของออกซิเจนส่วนเกิน หรือที่สภาวะมาตรฐานคือร้อยละ 7
actual O ₂ %	=	ความเข้มข้นเป็นร้อยละโดยปริมาตรของออกซิเจน ณ สภาวะจริงในขณะที่ตรวจวัด อาจเขียนแทนด้วย measured O ₂ %
7	=	ความเข้มข้นเป็นร้อยละโดยปริมาตรออกซิเจนส่วนเกินในการเผาไหม้ที่สภาวะมาตรฐาน
20.9	=	ความเข้มข้นเป็นร้อยละโดยปริมาตรออกซิเจนในบรรยากาศ

สูตรสำหรับคำนวณความเข้มข้นของมลพิษเทียบกับสภาวะแห้ง (dry basis)

$$\text{Conc } i_{(\text{dry})} = \frac{\text{Conc. } i_{(\text{wet})}}{\frac{100\% - \% \text{moisture}}{100\%}}$$

โดยที่

i = มลพิษใดๆ

$\text{Conc } i_{(\text{dry})}$ = ความเข้มข้นของมลพิษ (แก๊ส) ที่สภาวะแห้ง (dry basis)

$\text{Conc. } i_{(\text{wet})}$ = ความเข้มข้นของมลพิษ (แก๊ส) ที่สภาวะเปียก (wet basis) หรือมีความชื้น

$\text{Std. O}_2\%$ = ความเข้มข้นเป็นร้อยละโดยปริมาตรของออกซิเจนส่วนเกินหรือที่สภาวะมาตรฐาน คือร้อยละ 7

$\text{actual O}_2\%$ = ความเข้มข้นเป็นร้อยละโดยปริมาตรของออกซิเจน ณ สภาวะจริงในขณะที่ตรวจวัด อาจเขียนแทนด้วย $\text{measured O}_2\%$

$\% \text{moisture}$ = ร้อยละความชื้นของอากาศขณะทำการตรวจวัด

สูตรสำหรับคำนวณหาอัตราการไหลของแก๊สเทียบกับสภาวะแห้ง ดังนี้

$$\text{Gas flow rate }_{(\text{dry})} = \text{Gas flow rate }_{(\text{wet})} \times \frac{100\% - \% \text{moisture}}{100\%}$$

หรือ

$$Q_d = Q_w \times \frac{100\% - \% \text{moisture}}{100\%}$$

หรือ

$$Q_d = Q_w \times \left(1 - \frac{\% \text{moisture}}{100\%} \right)$$

ตัวอย่างที่ 4 มลพิษชนิดหนึ่งมีความเข้มข้น 1,000 ppm ที่ 12% O_2 ให้คำนวณหามลพิษที่ 7% O_2

$$\text{Conc. } i_{(\text{std. O}_2)} = \text{Conc. } i_{(\text{measured O}_2)} \times \frac{20.9\% - \text{Std. O}_2\%}{20.9\% - \text{actual O}_2\%}$$

$$\text{Conc. } i_{(7\% \text{O}_2)} = 1,000 \text{ ppm} \times \frac{20.9 - 7}{20.9 - 12}$$

$$\text{Conc. } i_{(7\%O_2)} = 1,000 \text{ ppm} \times \frac{13.9}{8.9} = 1,562 \text{ ppm}$$

ตัวอย่างที่ 5 จงคำนวณหาความเข้มข้นของ SO₂ ในสภาวะแห้ง (dry basis) จากข้อมูลต่อไปนี้

- SO₂ (Wet) = 1,500 ppm
- moisture content = 8%

$$\text{Conc } i_{(\text{dry})} = \frac{\text{Conc. } i_{(\text{wet})}}{\frac{100\% - \% \text{moisture}}{100\%}}$$

$$\text{Conc SO}_{2(\text{dry})} = \frac{1,500 \text{ ppm}_{(\text{wet})}}{\frac{100\% - 8\%}{100\%}} = 1,630 \text{ ppm}$$

เนื่องจาก ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่อง กำหนดให้มีการรายงานในสภาวะมาตรฐานที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ปริมาตรอากาศเสียที่ออกซิเจน 7 % (กรณีที่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง) และที่สภาวะแห้ง เพื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานการระบายมลพิษ ความเข้มข้นดังกล่าวจึงไม่ใช่ความเข้มข้นที่แท้จริงของมลพิษขณะที่มีการปลดปล่อยหรือระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม ดังนั้น การนำไปคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยมลพิษ จะต้องนำข้อมูลดังกล่าวข้างต้นไปใช้ประกอบการคำนวณปริมาณความเข้มข้นของมลพิษที่มีการปลดปล่อยจริงขณะที่ทำการตรวจวัด โดยต้องมีการปรับค่าอุณหภูมิ ออกซิเจน หรือ ความชื้นแล้วแต่กรณี ดังรายละเอียดและตัวอย่างการคำนวณในบทที่ 2

สูตรทั่วไปสำหรับคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากปล่อง สรุปได้ดังนี้

$$R = C \times Q \times \text{Correction factor}$$

$$R = C \times Q \times O_{2\text{cor}} \times \text{Temperature}_{\text{Cor}} \times \text{Moisture}_{\text{Cor}}$$

$$R = C_d \times Q_d \times O_{2\text{cor}} \times T_{\text{Cor}} \times M_{\text{Cor}}$$

$$R = \frac{C_{\text{ppm}} \times MW \times Q_w \text{ m}^3}{24.45 \text{ s}} \times \frac{20.9 - \text{actual } O_2\%}{20.9 - \text{Std. } O_2\%} \times \frac{273 + T_{\text{std.}}}{273 + T_{\text{stack}}} \times \frac{1 - (\text{moisture}/100)}{1}$$

หมายเหตุ : โปรดศึกษารายละเอียด คำอธิบายเกี่ยวกับสูตรการคำนวณเพิ่มเติมในบทที่ 2

ตัวอย่างที่ 6 มลพิษชนิดหนึ่งมีความเข้มข้น 1,562 ppm ที่ 7% O₂ ให้คำนวณหาความเข้มข้นของสารดังกล่าวที่สภาวะ 12% O₂

จากสูตรสำหรับคำนวณหาความเข้มข้นของสารมลพิษที่สภาวะออกซิเจนมาตรฐาน 7%

$$\text{Conc } i_{(\text{std.O}_2)} = \text{Conc. } i_{(\text{measured O}_2)} \times \frac{20.9\% - \text{Std.O}_2\%}{20.9\% - \text{actualO}_2\%}$$

ในการคำนวณหามลพิษที่ 12% O₂ สามารถเขียนสูตรดังกล่าวข้างต้นใหม่ได้เป็น

$$\text{Conc. } i_{(\text{measured O}_2)} = \text{Conc. } i_{(\text{std.O}_2)} \times \frac{20.9\% - \text{actualO}_2\%}{20.9\% - \text{Std.O}_2\%}$$

นำข้อมูลผลการตรวจวัดซึ่งเทียบกับค่ามาตรฐาน มาแทนค่าในสูตรหรือสมการได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{Conc. } i_{(\text{std.O}_2)} &= 1,562 \text{ ppm} \times \frac{20.9 - 12}{20.9 - 7} \\ \text{Conc. } i_{(\text{std.O}_2)} &= 1,562 \text{ ppm} \times \frac{8.9}{13.9} = \underline{1,000 \text{ ppm}} \end{aligned}$$

8. ข้อจำกัดของเครื่องมือตรวจวัด

กรณีที่ผลการตรวจวัดสารมลพิษระบุว่าค่าที่ตรวจวัดได้ต่ำกว่าขีดจำกัดของเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์หรือตรวจไม่พบ ไม่ได้หมายความว่าไม่มีสารมลพิษอยู่ในสิ่งที่ต้องการตรวจวัดแต่เนื่องจากขีดจำกัดของเครื่องมือจึงไม่สามารถตรวจวัดสารมลพิษดังกล่าวนั้นได้ ตัวอย่างเช่น มีสารตะกั่วอยู่ในน้ำเสีย 2 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ถ้าใช้เครื่องมือวิเคราะห์หาสารตะกั่วซึ่งมีขีดจำกัดของการวัดคือ 5 มิลลิกรัม/ลิตร จะตรวจไม่พบหรือไม่สามารถรายงานผลการตรวจวัดปริมาณตะกั่วที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า 5 มิลลิกรัม/ลิตรได้ แต่หากใช้เครื่องมือที่มีขีดจำกัดที่ 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร ก็จะสามารถตรวจพบสารตะกั่วในตัวอย่างน้ำเสียนั้นได้ เป็นต้น ซึ่งในกรณีนี้จะมีผลต่อการนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้คำนวณการปลดปล่อยมลพิษ และไม่มีคำตอบที่แน่นอน ประเด็นที่ควรพิจารณาคือ การตรวจสอบข้อมูลผลการตรวจวัดย้อนหลัง หากมีการตรวจวัดหลายครั้งแล้วพบว่าสารตะกั่วมีค่าต่ำกว่าขีดจำกัดของเครื่องมือตรวจวัด และไม่สามารถหาเหตุผลหรือข้อโต้แย้งที่แสดงให้เห็นว่ามีสารตะกั่วอยู่ในตัวอย่างที่ต้องการตรวจวัดได้ ให้รายงานผลการตรวจวัดว่ามีค่าเท่ากับศูนย์ แต่กรณีที่ผลการตรวจวัดในอดีตที่ผ่านมาเคยมีการตรวจพบสาร

ตะกั่ว การนำข้อมูลไปใช้ประกอบการคาดการณ์การปลดปล่อยควรเป็นครึ่งหนึ่งของขีดจำกัดของเครื่องมือหรือ 2.5 มิลลิกรัม/ลิตร

กรณีที่ผลการตรวจวัดบางครั้งมีทั้งค่าสูงกว่าขีดจำกัดของเครื่องมือ และบางครั้งมีค่าต่ำกว่าขีดจำกัดฯ ดังนั้นในการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยจึงควรใช้ค่าการตรวจวัดที่สูงกว่าขีดจำกัดมาคำนวณ ยกเว้นแต่จะสามารถแสดงให้เห็นได้ว่าผลการตรวจวัดซึ่งสูงกว่าขีดจำกัดดังกล่าวเป็นการตรวจวัดที่ผิดพลาด อย่างไรก็ตามค่าที่นำมาใช้ประกอบการคาดการณ์การปลดปล่อยควรมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของขีดจำกัดฯ เช่นเดียวกับที่กล่าวมาแล้ว

9. ข้อมูลสำหรับใช้คำนวณการปลดปล่อยมลพิษด้วยวิธีการตรวจวัด

การคำนวณการปลดปล่อยหรือระบายมลพิษโดยใช้ข้อมูลผลการตรวจวัด จำเป็นต้องใช้ข้อมูล ต่อไปนี้

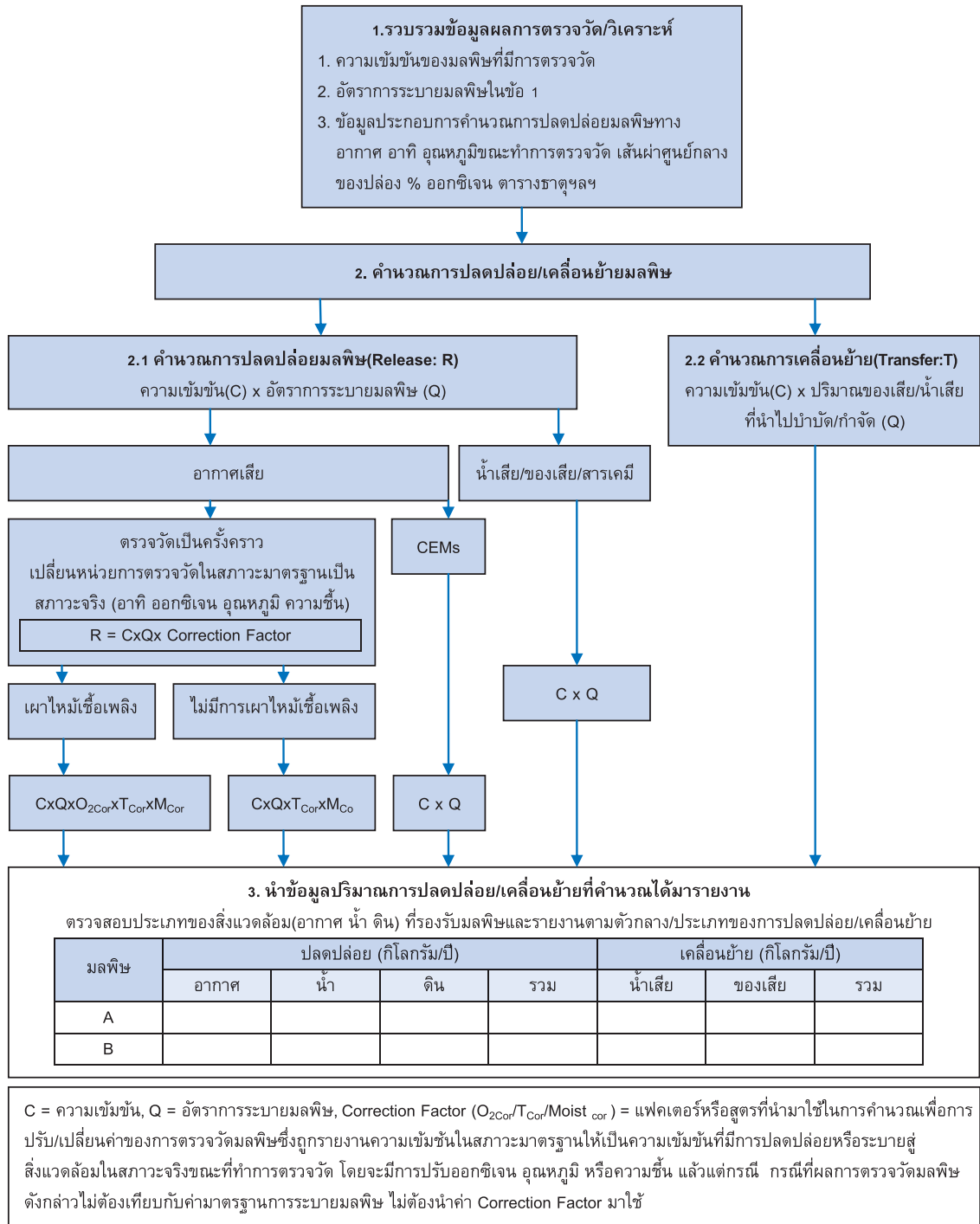
- 1) ผลการตรวจวัดหรือความเข้มข้นของมลพิษที่อยู่ในอากาศ น้ำ หรือของเสีย ซึ่งมีการระบายหรือทิ้งออกสู่สิ่งแวดล้อม หรือ นำไปบำบัด/กำจัด
- 2) ปริมาตรของน้ำเสีย อากาศเสีย หรือ ของเสียที่ระบาย หรือทิ้งออกสู่สิ่งแวดล้อม หรืออัตราการไหล หรืออัตราการระบายมลพิษชนิดนั้น ๆ
- 3) ข้อมูลอื่นๆ เกี่ยวกับสารมลพิษชนิด เช่น น้ำหนัก หรือ มวลโมเลกุล
- 4) สภาวะที่ทำการตรวจวัด หรือ ข้อมูลที่มีการรายงาน อาทิ ความดัน อุณหภูมิ ความชื้น %ออกซิเจน
- 5) เส้นผ่าศูนย์กลางปล่อง

10. ขั้นตอนการคำนวณการปลดปล่อยมลพิษจากข้อมูลการตรวจวัด

สามารถสรุปขั้นตอนการคำนวณ ได้ดังนี้

- 1) รวบรวมข้อมูลผลการตรวจวัด/วิเคราะห์
- 2) คำนวณการปลดปล่อย/เคลื่อนย้ายมลพิษ
- 3) นำข้อมูลที่คำนวณได้มารายงานข้อมูลการปลดปล่อยและหรือเคลื่อนย้ายโดยจำแนกตามประเภทตัวกลางสิ่งแวดล้อม/ลักษณะการจัดการ

ขั้นตอนการคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยมลพิษ/ เคลื่อนย้ายน้ำเสีย หรือ ของเสีย



แผนภาพแสดงขั้นตอนการคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยมลพิษ/ เคลื่อนย้ายน้ำเสีย หรือ ของเสีย

บทที่ 2

การคำนวณปริมาณการปลดปล่อย/เคลื่อนย้ายมลพิษ จากข้อมูลผลการตรวจวัด

1. หลักการคำนวณ

การนำข้อมูลผลการตรวจวัดความเข้มข้นของสารมลพิษใน น้ำเสียอากาศ หรือ ในของเสียคูณด้วยปริมาณของน้ำเสียอากาศเสีย หรือ ของเสีย ที่มีการระบาย/ทิ้ง/ เคลื่อนย้ายออกนอกสถานประกอบการเพื่อกำจัดต่อปี จากนั้นดำเนินการเปลี่ยนหน่วยของความเข้มข้น อัตราการระบายมลพิษ เพื่อให้ได้หน่วยการปลดปล่อยเป็นกิโลกรัม/ปี ดังสูตรต่อไปนี้

ปริมาณการปลดปล่อย(R)/ เคลื่อนย้าย(T)	=	ความเข้มข้นของมลพิษ ในน้ำ/อากาศ/ของเสีย	x	อัตราการระบายมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม/ หรือเคลื่อนย้ายของเสีย
---	---	--	---	---

หรือ

R	=	C	x	Q
---	---	---	---	---

โดยที่

R = ปริมาณมลพิษที่มีการปลดปล่อยหรือระบาย (release: R) สู่ตัวกลางสิ่งแวดล้อม อาทิ อากาศ ดิน หรือ น้ำ หรือ อาจหมายถึงน้ำเสียหรือของเสียซึ่งมีมลพิษตามที่กำหนดให้ต้องมีการรายงานข้อมูล ได้รับการเคลื่อนย้าย (transfer: T) เพื่อนำไปบำบัดหรือกำจัดภายนอกสถานประกอบการซึ่งในกรณีนี้จะเปลี่ยนจาก R เป็น T เนื่องจากการคำนวณมลพิษที่มีการเคลื่อนย้าย ใช้หลักการคำนวณเช่นเดียวกับการคำนวณมลพิษที่มีการปลดปล่อย

(หน่วย : ปริมาณ/ระยะเวลาที่มีปลดปล่อย (เคลื่อนย้าย) เช่น กิโลกรัม/ปี)

C = ความเข้มข้นของมลพิษที่ตรวจวัดได้ ในอากาศ, น้ำ/ของเหลว หรือ ของเสีย

(หน่วย : ปริมาณ/ปริมาตร เช่น มิลลิกรัม/ลิตร มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร)

หมายเหตุ

- กรณีที่เป็นมลพิษที่อยู่ในน้ำ สามารถนำความเข้มข้นจากผลการตรวจวัดดังกล่าวมาใช้คำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยได้เลย
- กรณีที่เป็นมลพิษทางอากาศ ซึ่งรายงานผลการตรวจวัดโดยเทียบกับสภาวะมาตรฐาน ให้ตรวจสอบว่าเป็นมลพิษจากกระบวนการผลิตที่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง หรือไม่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง จากนั้นคำนวณความเข้มข้นของมลพิษจากสภาวะมาตรฐาน เป็นความเข้มข้นของมลพิษในสภาวะการปลดปล่อยจริง

- 1) กรณีที่ไม่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง กฎหมายกำหนดให้คำนวณเพื่อรายงานผลการตรวจวัดที่ความดัน 1 บรรยากาศ หรือที่ 760 มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสที่สภาวะแห้ง (dry basis) โดยมีปริมาตรอากาศเสียที่ออกซิเจน ณ สภาวะจริงในขณะที่ทำการตรวจวัด
- 2) กรณีที่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง กฎหมายกำหนดให้คำนวณเพื่อรายงานผลการตรวจวัดที่ความดัน 1 บรรยากาศ หรือที่ 760 มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสที่สภาวะแห้ง (dry basis) โดยมีปริมาตรออกซิเจนส่วนเกินในการเผาไหม้ (%excess oxygen) ร้อยละ 7

Q = อัตราการปลดปล่อยหรือระบายมลพิษ
(หน่วย : ปริมาตร/เวลาการระบายหรือปลดปล่อยมลพิษ เช่น ลูกบาศก์เมตร/วัน ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง)
และ

$$Q = A_s \times V_s$$

โดยที่

A_s = พื้นที่หน้าตัดของปล่องที่มลพิษไหลผ่าน (หน่วย : พื้นที่ เช่น ตารางเมตร)

V_s = ความเร็วของแก๊สที่ไหลผ่านปล่องระบาย (หน่วย : ระยะทาง/เวลา เช่น เมตร/วินาที, m/s)

จากสูตรข้างต้น สามารถเขียนสูตรทั่วไปสำหรับคำนวณการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศ ได้ดังนี้

$$R = C \times Q \times \text{Correction factor}$$

หรือ
$$R = C \times Q \times O_2 \text{ correction} \times T_{\text{Correction}} \times M_{\text{Correction}}$$

จากนั้นดำเนินการปรับแก้ไขสูตรการคำนวณโดยใช้ correction factor โดยพิจารณาจากข้อมูลที่ใช้ประกอบการคำนวณการปลดปล่อย และตัดข้อมูลในส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการคำนวณออกไป ดังนี้

- กรณีที่มีความชื้น(Q_w) และมีการเผาไหม้เชื้อเพลิง

$$R = C \times Q_w \times O_2 \text{ cor} \times T_{\text{Cor}} \times M_{\text{Cor}}$$

- กรณีไม่มีความชื้น(Q_d) และมีการเผาไหม้เชื้อเพลิง

$$R = C \times Q_d \times O_2 \text{ cor} \times T_{\text{cor}}$$

- กรณีไม่มีความชื้น(Q_d) และไม่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง ใช้ correction factor เฉพาะปรับอุณหภูมิ

$$R = C \times Q_d \times T_{\text{cor}}$$

จากนั้น แทนค่า C,Q หรือ correction factor โดยพิจารณา ดังนี้

- 1) กรณีที่ผลการตรวจวัดรายงานความเข้มข้น (C) มีหน่วยเป็น ppm ให้ใช้สูตร $(C_{\text{ppm}} \times \text{MW}) / 24.45$ แทนค่าใน C เพื่อเปลี่ยนหน่วยจาก ppm เป็น mg/m^3 กรณีที่หน่วยเป็น mg/m^3 ให้นำค่าความเข้มข้นดังกล่าวไปคำนวณได้เลย
- 2) อัตราการระบายอากาศ (Q) ให้ตรวจสอบว่าเป็นอัตราการระบายอากาศในสภาวะแห้ง (Qd) หรือในสภาวะที่มีความชื้น (Qw) ถ้าเป็นอัตราการระบายอากาศในสภาวะแห้ง ไม่ต้องปรับแก้ไข Moisture Correction
- 3) $O_{2\text{Cor}}$ (O_2 correction: $O_{2\text{cor}}$) ใช้ในกรณีที่เป็นการตรวจวัดซึ่งมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง โดยที่ ปริมาตรออกซิเจนส่วนเกิน (excess oxygen) ในการเผาไหม้อยู่ระหว่าง 7 และปริมาตรออกซิเจนขณะที่ทำการตรวจวัด (oxygen concentration at measured level) อาจเขียนด้วย actual $O_2\%$ หรือ measured O_2
- 4) T_{Cor} (Temperature Correction: T_{cor}) ใช้ในกรณีที่ข้อมูลรายงานผลการตรวจวัดที่อุณหภูมิ 25°C หรือ อุณหภูมิที่สภาวะมาตรฐาน ($T_{\text{std.}}$) ซึ่งจะต้องใช้ทุกกรณีไม่ว่าจะมีการเผาไหม้เชื้อเพลิงหรือไม่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิงก็ตาม
- 5) M_{Cor} (Moisture Correction: M_{cor}) ใช้กรณีที่ไม่มีเฉพาะข้อมูลอัตราการระบายอากาศซึ่งตรวจวัดในสภาวะที่มีความชื้น (Qw) และไม่มีข้อมูลอัตราการระบายอากาศในสภาวะแห้ง (Qd) โดยทั่วไป บริษัทที่รับบริการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายจากปล่อง จะทำการวัดอัตราการไหลของอากาศในปล่อง ทั้งในสภาวะแห้ง (Qd) และสภาวะที่มีความชื้น (Qw) ดังนั้น จึงสามารถนำค่า Qd มาใช้คำนวณปริมาณการปลดปล่อยได้โดยไม่ต้องปรับแก้ไขค่าความชื้นอีก

ตัวอย่างของการนำสูตรหรือ สมการข้างต้นมาใช้โดยมีการปรับเปลี่ยนตามเงื่อนไข หรือข้อมูลที่นำมาใช้ประกอบการคำนวณแล้วแต่กรณี โดยตัดทอนบางสูตรออกไป อาทิ

Correction Factor										
ความเข้มข้น		อัตราการระบาย		ปรับ C กรณีมีการเผาไหม้		ปรับ C ณ อุณหภูมิจริง		ปรับ Q ในสภาวะที่มีความชื้น		
R	=	C	x	Q	x	O ₂ Correction	x	Temp. Correction	x	Moisture Correction

R	=	C	x	Qd	x	O ₂ cor	x	T _{cor}	x	M _{cor}
---	---	---	---	----	---	--------------------	---	------------------	---	------------------

กรณีที่ไม่มี การเผาไหม้เชื้อเพลิง สภาวะแห้ง (ปรับแก้ไขเฉพาะอุณหภูมิ ไม่ต้องปรับแก้ไข %O₂ และ %ความชื้น)

R	=	$\frac{C \text{ mg}}{\text{m}^3}$	x	$\frac{Qd \text{ m}^3}{s}$	x	$\frac{20.9 - \text{actual O}_2\%}{20.9 - \text{std. O}_2\%}$	x	$\frac{273+T_{\text{std.}}}{273+T_{\text{stack}}}$	x	$\frac{1 - (\text{moisture}/100)}{1 - (\text{moisture}/100)}$
---	---	-----------------------------------	---	----------------------------	---	---	---	--	---	---

กรณีที่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง สภาวะแห้ง (ปรับแก้ไขเฉพาะอุณหภูมิ และ %O₂)

R	=	$\frac{C \text{ mg}}{\text{m}^3}$	x	$\frac{Qd \text{ m}^3}{s}$	x	$\frac{20.9 - \text{actual O}_2\%}{20.9 - 7}$	x	$\frac{273+25}{273+T_{\text{stack}}}$	x	$\frac{1 - (\text{moisture}/100)}{1 - (\text{moisture}/100)}$
---	---	-----------------------------------	---	----------------------------	---	---	---	---------------------------------------	---	---

กรณีที่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง สภาวะเปียก(wet basis) และความเข้มข้นของมลพิษรายงานในหน่วย ppm (เปลี่ยนหน่วยความเข้มข้นจาก ppm เป็น mg/m³ ปรับแก้ไข อุณหภูมิ %O₂ และ %ความชื้น)

R	=	$\frac{C_{\text{ppm}} \times \text{MW}}{24.45}$	x	$\frac{Qw \text{ m}^3}{s}$	x	$\frac{20.9 - \text{actual O}_2\%}{20.9 - 7}$	x	$\frac{273+25}{273+T_{\text{stack}}}$	x	$\frac{1 - (\text{moisture}/100)}{1 - (\text{moisture}/100)}$
---	---	---	---	----------------------------	---	---	---	---------------------------------------	---	---

โดยที่

R	=	ปริมาณการปลดปล่อยมลพิษต่อปี (kg/y)
C	=	ความเข้มข้นของสารมลพิษในหน่วย mg/m^3 (C_{mg/m^3}) ที่สภาวะมาตรฐาน
	=	$C_{\text{ppm}} \times \text{MW}/24.45$ (กรณีที่ข้อมูลผลการตรวจวัดรายงานความเข้มข้นในหน่วย ppm)
Qd	=	อัตราการระบายมลพิษหรืออัตราการไหลของอากาศในปล่องสภาวะแห้ง (Qd)
	=	$Q_w \times (1 - (\text{moisture}/100))$
Qw	=	อัตราการระบายมลพิษในสภาวะเปียก (Qw)
$\text{O}_2\% \text{ correction}$	=	แฟกเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณเพื่อปรับแก้ไขความเข้มข้นมลพิษ ซึ่งรายงานปริมาตรออกซิเจนส่วนเกิน (excess oxygen) ร้อยละ 7 เปลี่ยนเป็นร้อยละของปริมาตรออกซิเจนขณะที่ทำการตรวจวัด ($\text{actual O}_2\%$)
	=	$(20.9 - \text{actual O}_2\%)/(20.9 - \text{std. O}_2\%)$ หรือ $(20.9 - \text{actual O}_2\%)/(20.9 - 7)$
Std. $\text{O}_2\%$	=	ความเข้มข้นเป็นร้อยละโดยปริมาตรของออกซิเจนส่วนเกินหรือที่สภาวะมาตรฐาน คือ ร้อยละ 7
actual $\text{O}_2\%$	=	ความเข้มข้นเป็นร้อยละโดยปริมาตรของออกซิเจน ณ สภาวะจริงในขณะทำการตรวจวัด
T_{stack}	=	อุณหภูมิของแก๊สขณะที่ทำการตรวจวัด (measured temperature/ actual temperature/ stack temperature) บางครั้งอาจพบว่าเขียนแทนด้วย $T_{\text{measured}}:T_m$ หรือ $T_{\text{stack}}:T_s$ หรือ $T_{\text{actual}}:T_a$
$T_{\text{std.}}$	=	อุณหภูมิที่สภาวะมาตรฐาน (25°C หรือ 298K)
T_{cor}	=	แฟกเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณเพื่อปรับแก้ไขความเข้มข้นมลพิษ ซึ่งรายงานที่อุณหภูมิ 25°C เปลี่ยนเป็นอุณหภูมิขณะที่ทำการตรวจวัด
	=	$(273+T_{\text{std.}})/(273+T_s)$ หรือ $(273+25)/(273+T_s) = 298/(273+T_s)$
M_{cor}	=	แฟกเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณเพื่อปรับแก้ไขอัตราการไหลของอากาศ (ลูกบาศก์เมตร/เวลา) กรณีที่มีการตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศในสภาวะที่มีความชื้น (Qw)
	=	$1 - (\text{moisture}/100)$

2. ตัวอย่างการคำนวณการปลดปล่อยโดยใช้ข้อมูลการตรวจวัดตามกำหนดระยะเวลาหรือเป็นครั้งคราว

ตัวอย่างที่ 1

จงคำนวณหาปริมาณมลพิษที่มีการปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมของโรงงานแห่งหนึ่งซึ่งทำงาน 8 ชั่วโมง/วัน ทำงาน 6 วัน/สัปดาห์ โดยปรากฏข้อมูลการตรวจวัดมลพิษของโรงงาน ดังนี้

- โรงงานมีการระบายน้ำเสียจำนวน $50 \text{ m}^3/\text{d}$ ลงสู่แม่น้ำเป็นระยะเวลา 365 วัน จากผลการตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะของน้ำเสียโดยเฉลี่ยทั้งปี พบว่ามีสารตะกั่ว $200 \text{ mg}/\text{l}$
- ของเสียที่เกิดจากโรงงานคือกากตะกอนซึ่งมีสารตะกั่วปนอยู่ $20 \text{ mg}/\text{kg}$ โรงงานมีการขนส่งไปกำจัด ณ โรงงานรับกำจัดของเสียปริมาณ 1,000 ตัน/ปี

- ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายจากปล่องสู่บรรยากาศเป็นระยะเวลา 6 วัน/สัปดาห์ โดยเฉลี่ยทั้งปี โดยมีผลการตรวจวัด ดังนี้

parameter	Unit	ปล่องที่ I	ปล่องที่ II
- Stack Height	m	30	30
- Stack Diameter	m	0.84	1
- Barometric Pressure	mmHg	756.06	756.06
- Absolute Stack Gas Pressure	mmHg	735.47	755.78
- Dry Gas Meter Temperature	°C	36.0	38.2
- Stack Temperature (T _{Stack})	°C	64.1	42.7
- Moisture Content	%	2.84	5.83
- Gas Velocity (v)	m/s	14.16	11.38
- Gas Flow Rate (Qd)	Nm ³ /s	6.523	7.906
- Oxygen	%	19.0	20.5
- Excess Air	%	986.08	5,502.24
- Sulfur Dioxide (SO ₂)	ppm	500	-
- Pb	mg/Nm ³	20	30

MW ของ S = 32.07, O = 15.99

หมายเหตุ

ปล่องที่ I ผลการตรวจวัดดังกล่าวเกิดจากกระบวนการผลิตที่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง

- โดยที่ข้อมูลผลการตรวจวัดดังกล่าวเป็นการรายงานที่สภาวะมาตรฐาน(ความดัน 1 บรรยากาศ หรือ 760 มิลลิเมตรปรอท) อุณหภูมิ 25 °C ที่สภาวะแห้ง (dry basis) โดยมีปริมาตรออกซิเจนส่วนเกินร้อยละ 7

ปล่องที่ II ผลการตรวจวัดดังกล่าวเกิดจากกระบวนการผลิตที่ไม่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง

- โดยที่ข้อมูลผลการตรวจวัด SO₂ ดังกล่าวเป็นการรายงานที่สภาวะมาตรฐาน (ความดัน 1 บรรยากาศ หรือ 760 มิลลิเมตรปรอท) อุณหภูมิ 25 °C ที่สภาวะแห้ง (dry basis) โดยมีปริมาตรอากาศเสียที่ออกซิเจน ณ สภาวะจริง ในขณะตรวจวัด

จากข้อมูลข้างต้น โรงงานแห่งนี้มีมลพิษที่ต้องรายงาน 2 รายการ คือ สารตะกั่ว (Pb) และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) โดยสารตะกั่วถูกปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม 2 เส้นทางคือ แหล่งน้ำ และ บรรยากาศ นอกจากนี้โรงงานได้นำของเสียหรือตะกั่วที่มีสารตะกั่วไปกำจัดนอกสถานประกอบการด้วย สำหรับ SO₂ ซึ่งเป็นมลพิษทางอากาศได้ถูกระบายสู่สิ่งแวดล้อม คือ บรรยากาศเพียงเส้นทางเดียว ดังนั้น ในการคำนวณ จึงต้องคำนวณปริมาณมลพิษที่มีการปลดปล่อยหรือเคลื่อนย้าย 3 ส่วนคือ คือ 1) มลพิษที่ปลดปล่อยสู่ น้ำ 2) มลพิษที่ปลดปล่อยสู่บรรยากาศ และ 3) การเคลื่อนย้ายของเสียเพื่อบำบัดหรือกำจัด ดังนี้

1) วิธีการคำนวณการปลดปล่อยมลพิษสู่ น้ำ

ขั้นที่ 1 จากข้อมูลข้างต้นพบว่าโรงงานมีการตรวจวัดหรือความเข้มข้นของมลพิษในที่นี้คือสารตะกั่วโดยเฉลี่ยทั้งปี 200 mg/l และปริมาณน้ำทั้งที่ระบายออกสู่สิ่งแวดล้อมคือ 50 m³/d

คำนวณการระบายสารตะกั่วสู่สิ่งแวดล้อม จากสมการ $R = C \times Q$

โดยที่ ความเข้มข้นของสารตะกั่วในน้ำเสีย (C) = 200 mg/l และ อัตราการระบายน้ำเสียสู่แหล่งน้ำ (Q) = 50 m³/d

$$\text{ปริมาณการปลดปล่อย} = \left| \frac{200 \text{ mg}}{\text{l}} \right| \times \left| \frac{50 \text{ m}^3}{\text{d}} \right|$$

ขั้นที่ 2 จากขั้นที่ 1 เมื่อคูณปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วด้วยอัตราการระบายน้ำเสีย จะได้ปริมาณการปลดปล่อยหรือระบายน้ำเสียต่อวัน และเมื่อคูณด้วยจำนวนวันที่มีการระบายน้ำทิ้งต่อปี คือ 365 วัน/ปี จะได้ปริมาณการระบายน้ำทิ้งต่อปี ดังนี้

$$\text{ปริมาณการปลดปล่อย} = \left| \frac{200 \text{ mg}}{\text{l}} \right| \times \left| \frac{50 \text{ m}^3}{\text{d}} \right| \times \left| \frac{365 \text{ d}}{\text{y}} \right|$$

ขั้นที่ 3 เนื่องจากหน่วยที่ต้องรายงานคือ กิโลกรัม/ปี ดังนั้นจึงต้องเปลี่ยนหน่วยลิตร (l) เป็น ลูกบาศก์เมตร (m³) และหน่วยมิลลิกรัม (mg) เป็น กิโลกรัม (kg) เพื่อนำไปตัดทอนกับค่าปริมาณความเข้มข้นของสารตะกั่ว (mg/l) และปริมาณน้ำเสีย (m³/d) และปริมาณของมลพิษ โดย 1 kg = 10⁶ mg และ 1 m³ = 1,000 l ดังนั้น

$$R = C \times Q$$

$$\text{ปริมาณการปลดปล่อย} = \text{ความเข้มข้น} \times \text{อัตราการระบายมลพิษ} \times \text{ระยะเวลาการระบายมลพิษ} \times \text{เปลี่ยนหน่วย}$$

$$\text{ปริมาณการปลดปล่อย} = \left| \frac{200 \text{ mg}}{\text{l}} \right| \times \left| \frac{50 \text{ m}^3}{\text{d}} \right| \times \left| \frac{365 \text{ d}}{\text{y}} \right| \times \left| \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}} \right| \times \left| \frac{1,000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \right|$$

ปริมาณการปลดปล่อย 3,650 kg/y

สรุปวิธีการคำนวณ

สามารถแสดงวิธีการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยหรือระบายสารตะกั่วสู่แหล่งน้ำจากขั้นตอนที่ 1-3 ข้างต้น ได้ดังนี้

$$R = C \times Q$$

$$\text{ปริมาณการปลดปล่อย} = \text{ความเข้มข้น} \times \text{อัตราการระบาย/ทิ้งสู่สิ่งแวดล้อม} \times \text{เปลี่ยนหน่วย}$$

$$\text{ปริมาณการปลดปล่อย} = \text{ความเข้มข้นของมลพิษในน้ำเสีย} \times \text{อัตราการระบายน้ำเสีย} \times \text{ระยะเวลาการปลดปล่อย} \times \text{เปลี่ยน mg เป็น kg} \times \text{เปลี่ยน l เป็น m}^3$$

$$\text{ปริมาณการปลดปล่อย} = \left| \frac{200 \text{ mg}}{\text{l}} \right| \times \left| \frac{50 \text{ m}^3}{\text{d}} \right| \times \left| \frac{365 \text{ d}}{\text{y}} \right| \times \left| \frac{1 \text{ kg}}{1,000,000 \text{ mg}} \right| \times \left| \frac{1,000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \right|$$

ปริมาณการระบาย/ปลดปล่อยสารตะกั่วสู่แหล่งน้ำ = 3,650 กก./ปี

2. วิธีการคำนวณปริมาณสารตะกั่วในตะกรัน (slag) ที่นำไปบำบัด / ทำจมนอกสถานประกอบการ

ใช้หลักการคำนวณเช่นเดียวกับการคำนวณหาปริมาณสารตะกั่วที่ปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งจากข้อมูลพบว่า ความเข้มข้นของสารตะกั่วใน slag คือ 20mg/kg และมีการนำไปบำบัด/กำจัด 1,000 ตัน/ปี

ปริมาณการขนของเสียไปบำบัด/กำจัดนอกสถานประกอบการ (transfer: T) = C x Q

$$T = C \times Q$$

ปริมาณของตะกั่วในของเสียที่นำไปกำจัด	=	ความเข้มข้น	x	อัตราการขนไปกำจัด	เปลี่ยนหน่วย
ปริมาณของตะกั่วในของเสียที่นำไปกำจัด	=	$\frac{20 \text{ mg}}{\text{kg}}$	x	$\frac{1,000 \text{ t}}{\text{y}}$	$\frac{10^3 \text{ kg}}{\text{t}} \times \frac{\text{kg}}{10^6 \text{ mg}}$
	=	<u>20</u>		kg/y	

3. วิธีคำนวณการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศ

จากข้อมูลการตรวจวัด ข้อมูลที่นำมาใช้ประกอบการคำนวณมีดังนี้

parameter	Unit	ปล่องที่ I	ปล่องที่ II
- Stack Temperature (T_{stack})	$^{\circ}\text{C}$	64.1	42.7
- Gas Flow Rate (Q_d)	Nm^3/s	6.523	7.906
- Oxygen	%	19.0	20.5
- Sulfur Dioxide (SO_2)	ppm	500	-
- Pb	mg/Nm^3	20	30

3.1 การคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยสารตะกั่วจากปล่องระบายอากาศที่ 1 สู่บรรยากาศ จากเตาเผา กรณีที่มีการเผาไหม้

จากสมการทั่วไปสำหรับคำนวณหามลพิษที่ปลดปล่อยสู่อากาศ

$$R = C_d \times Q_d \times \text{O}_2 \text{ Correction} \times \text{Temp. Correction} \times \text{Moisture Correction}$$

จะเห็นว่า สมการที่นำมาใช้คำนวณ ไม่ต้องนำความชื้นมาปรับแก้ไข (Moisture correction) เนื่องจากมีข้อมูลของ อัตราการระบายมลพิษ (Q_d) ในสภาวะแห้ง จึงสามารถนำข้อมูลอัตราการระบายมลพิษ (Q_d) ในสภาวะแห้ง มาใช้คำนวณได้เลย ดังนั้น สมการที่นำมาใช้คำนวณจึงเขียนเป็น

$$R = C_d \times Q_d \times \text{O}_2 \text{ Correction} \times \text{Temp. Correction}$$

$$R = \left[\frac{C_{\text{mg/m}^3}}{\text{mg/m}^3} \right] \times \left[\frac{Q_d \text{ m}^3}{\text{s}} \right] \times \left[\frac{20.9 - \text{measured \% O}_2}{20.9 - \text{std. \% O}_2} \right] \times \left[\frac{273 + T_{\text{std.}}}{273 + T_{\text{stack}}} \right]$$

สามารถคำนวณปริมาณการปลดปล่อยหรือระบายสารตะกั่ว โดยนำค่าผลการตรวจวัดมาแทนค่า ได้ดังนี้

$$R = C_d \times Q_d \times O_2 \text{ Correction} \times T. \text{ Correction} \times \text{ระยะเวลาการปลดปล่อย} \times \text{เปลี่ยนหน่วย}$$

$$R = \frac{C_d}{\text{m}^3} \times \frac{Q_d}{\text{s}} \times \frac{20.9 - \text{actual\%O}_2}{20.9 - \text{std.\%O}_2} \times \frac{273+T_{\text{std.}}}{273+T_{\text{stack}}} \times \frac{60 \text{ s}}{\text{min}} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{hr}} \times \frac{8 \text{ hr}}{\text{d}} \times \frac{6 \text{ d}}{\text{wk}} \times \frac{52 \text{ wk}}{\text{y}} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}}$$

$$R = \frac{20 \text{ mg}}{\text{m}^3} \times \frac{6523 \text{ m}^3}{\text{s}} \times \frac{20.9 - 19.0}{20.9 - 7} \times \frac{273+25}{273+64.1} \times \frac{60 \text{ s}}{\text{min}} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{hr}} \times \frac{8 \text{ hr}}{\text{d}} \times \frac{6 \text{ d}}{\text{wk}} \times \frac{52 \text{ wk}}{\text{y}} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}}$$

$$R = \frac{20 \text{ mg}}{\text{m}^3} \times \frac{6523 \text{ m}^3}{\text{s}} \times \frac{1.9}{13.9} \times \frac{298}{337.1} \times \frac{60 \text{ s}}{\text{min}} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{hr}} \times \frac{8 \text{ hr}}{\text{d}} \times \frac{6 \text{ d}}{\text{wk}} \times \frac{52 \text{ wk}}{\text{y}} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}}$$

$$= 141.65 \text{ kg/y}$$

3.2 การคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยสารตะกั่วจากปล่องระบายอากาศที่ 2 สู่บรรยากาศ กรณีที่ไม่มีการเผาไหม้

วิธีการคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยสารตะกั่วคำนวณในลักษณะเช่นเดียวกับการคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยสารตะกั่วจากปล่องระบายอากาศที่ 1 สู่บรรยากาศ แต่ไม่ต้องมีการปรับเปอร์เซ็นต์ออกซิเจนเนื่องจากเป็นมลพิษที่มาจากกระบวนการผลิตที่ไม่มีการเผาไหม้ ดังนี้

$$R = Cd \times Qd \times T. \text{ Correction} \times \text{ระยะเวลาการปลดปล่อย} \times \text{เปลี่ยนหน่วย}$$

$$R = \frac{Cd}{\text{m}^3} \times \frac{Qd}{\text{s}} \times \frac{273+T_{\text{std}}}{273+T_{\text{stack}}} \times \frac{60 \text{ s}}{\text{min}} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{hr}} \times \frac{8 \text{ hr}}{\text{d}} \times \frac{6 \text{ d}}{\text{wk}} \times \frac{52 \text{ wk}}{\text{y}} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}}$$

$$R = \frac{30 \text{ mg}}{\text{m}^3} \times \frac{7.906 \text{ m}^3}{\text{s}} \times \frac{273+25}{273+42.7} \times \frac{60 \text{ s}}{\text{min}} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{hr}} \times \frac{8 \text{ hr}}{\text{d}} \times \frac{6 \text{ d}}{\text{wk}} \times \frac{52 \text{ wk}}{\text{y}} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}}$$

$$R = \frac{30 \text{ mg}}{\text{m}^3} \times \frac{7.906 \text{ m}^3}{\text{s}} \times \frac{298}{315.7} \times \frac{60 \text{ s}}{\text{min}} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{hr}} \times \frac{8 \text{ hr}}{\text{d}} \times \frac{6 \text{ d}}{\text{wk}} \times \frac{52 \text{ wk}}{\text{y}} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}}$$

$$= 2,011.72 \text{ kg/y}$$

3.3 คำนวณหาปริมาณการปลดปล่อย SO₂ จากปล่องระบายอากาศที่ 1 สู่บรรยากาศ จากเตาเผากรณีที่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง ข้อมูลที่ใช้ประกอบการคำนวณมีดังนี้

parameter	Unit	เตาเผา I
- Stack Temperature (T _{stack})	°C	64.1
- Gas Flow rate (Qd)	Nm ³ /s	6.523
- Oxygen :	%	19.0
- Sulfur Dioxide (SO ₂)	ppm	500

ขั้นที่ 1 เปลี่ยนความเข้มข้นของ SO₂ จาก ppm เป็น mg/m³

จากสูตร

$$C_{\text{mg/m}^3} = C_{\text{ppm}} \times \text{MW} / 24.45$$

- คำนวณหา $\text{MW}_{\text{SO}_2} = (32.07) + (15.99 \times 2) = 64.05$

- ความเข้มข้นของ $\text{SO}_2 = 500 \text{ ppm}$

- แทนค่าในสูตร $C_{\text{mg/m}^3} = \frac{C_{\text{ppm,SO}_2} \times \text{MW}_{\text{SO}_2}}{24.45}$

$$\text{ความเข้มข้นของ SO}_2 = \frac{500 \times 64.05}{24.45} = 1,309.82 \text{ mg/m}^3$$

ขั้นที่ 2 ปรับความเข้มข้นของ SO₂ เพื่อคำนวณสภาวะที่มีการปลดปล่อยจริง

- เนื่องจากข้อมูลผลการตรวจวัดเป็นการรายงานเพื่อเทียบกับมาตรฐานการระบายอากาศเสียจากปล่อง ซึ่งตามกฎหมายกำหนดไว้ที่อุณหภูมิ 25°C, ออกซิเจน 7% ที่สภาวะแห้ง

- จากขั้นตอนที่ 1 ความเข้มข้นของ SO₂ = 1,309.82 mg/m³

∴ ความเข้มข้นของการปลดปล่อย SO₂ ในสภาวะจริง

$$R = C \times O_{2 \text{ cor}} \times \text{Temp}_{\text{cor}} \times \text{เปลี่ยนหน่วย}$$

$$R = \frac{1309.82 \text{ mg}}{\text{m}^3} \times \frac{20.9 - \text{actual \%O}_2}{20.9 - \text{std.\%O}_2} \times \frac{273 + T_{\text{std.}}}{273 + T_{\text{stack}}} \times \frac{\text{kg}}{10^6 \text{ mg}}$$

$$R = \frac{1309.82 \text{ mg}}{\text{m}^3} \times \frac{20.9 - 19.0}{20.9 - 7} \times \frac{273 + 25}{273 + 64.1} \times \frac{\text{kg}}{10^6 \text{ mg}}$$

$$R = \frac{1309.82 \text{ mg}}{\text{m}^3} \times \frac{1.9}{13.9} \times \frac{298}{337.1} \times \frac{\text{kg}}{10^6 \text{ mg}}$$

$$R = \frac{158 \text{ kg}}{10^6 \text{ m}^3}$$

ขั้นที่ 3 คำนวณหาอัตราการระบายแก๊สออกจากปล่อง

$$Q_d \times \text{ระยะเวลาการปลดปล่อย}$$

$$\begin{array}{|c|} \hline Q_d \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline 60 \text{ s} & 60 \text{ min} & 8 \text{ hr} & 6 \text{ d} & 52 \text{ wk} \\ \hline \text{min} & \text{hr} & \text{d} & \text{wk} & \text{y} \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{|c|} \hline 6.523 \text{ m}^3 \\ \hline \text{s} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline 60 \text{ s} & 60 \text{ min} & 8 \text{ hr} & 6 \text{ d} & 52 \text{ wk} \\ \hline \text{min} & \text{hr} & \text{d} & \text{wk} & \text{y} \\ \hline \end{array}$$

$$= 58.613 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{y}$$

ขั้นที่ 4 คำนวณปริมาณการปลดปล่อยของ SO₂ สู่สิ่งแวดล้อม

$$R = C \times Q$$

$$R = \frac{158 \text{ kg}}{10^6 \text{ m}^3} \times \frac{58.613 \times 10^6 \text{ m}^3}{\text{y}}$$

$$R = 9,276.89 \text{ kg/y}$$

สรุปวิธีการคำนวณ

สามารถแสดงวิธีการคำนวณปริมาณการปลดปล่อย SO₂ สู่สิ่งแวดล้อมจากขั้นตอนข้างต้น ได้ดังนี้

$$C_{\text{mg/m}^3} \times Q_d \times O_2 \text{ Corr} \times T. \text{ Corr} \times \text{ระยะเวลาการปลดปล่อย} \times \text{เปลี่ยนหน่วย}$$

$$\frac{\text{C}_{\text{ppm} \times \text{MW}}}{24.45} \times \frac{Q_d}{\text{min}} \times \frac{20.9 - \text{std\%O}_2}{20.9 - \text{actual\%O}_2} \times \frac{273 + T_{\text{std}}}{273 + T_{\text{stack}}} \times \frac{60 \text{ s}}{\text{min}} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{hr}} \times \frac{8 \text{ hr}}{\text{d}} \times \frac{6 \text{ d}}{\text{wk}} \times \frac{52 \text{ wk}}{\text{y}} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}}$$

$$\frac{500 \times 64.05 \text{ mg}}{24.45 \text{ m}^3} \times \frac{6.523 \text{ m}^3}{\text{s}} \times \frac{20.9 - 19.0}{20.9 - 7} \times \frac{273 + 25}{273 + 64.1} \times \frac{60 \text{ s}}{\text{min}} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{hr}} \times \frac{8 \text{ hr}}{\text{d}} \times \frac{6 \text{ d}}{\text{wk}} \times \frac{52 \text{ wk}}{\text{y}} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}}$$

$$\frac{1,309.82 \text{ mg}}{\text{m}^3} \times \frac{6.523 \text{ m}^3}{\text{s}} \times \frac{1.9}{13.9} \times \frac{298}{337.1} \times \frac{60 \text{ s}}{\text{min}} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{hr}} \times \frac{8 \text{ hr}}{\text{d}} \times \frac{6 \text{ d}}{\text{wk}} \times \frac{52 \text{ wk}}{\text{y}} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}}$$

$$= 9,276.89 \text{ kg/y}$$

สรุปปริมาณการปลดปล่อย/เคลื่อนย้ายมลพิษของโรงงานแห่งนี้ (หน่วย : กิโลกรัม/ปี)

มลพิษ	อากาศ	น้ำ	ดิน	รวมปริมาณการปลดปล่อย	ปริมาณมลพิษในของเสียที่เคลื่อนย้ายไปบำบัด/กำจัด	รวมปริมาณการปลดปล่อยและเคลื่อนย้าย
Pb	2,152	3,650	-	5,820	20	5,840
SO ₂	9,276.89	-	-	9,276.89	0	9,276.89

หมายเหตุ

กรณีที่ไม่ทราบอัตราการระบายอากาศเสีย แต่มีข้อมูลเส้นผ่าศูนย์กลางปล่อง และความเร็วของแก๊สผ่านปล่อง ระบายอากาศเสีย สามารถคำนวณหาอัตราการระบายอากาศเสียในกรณีของปล่องที่ 1 ดังนี้

parameter	Unit	ปล่องที่ I	ปล่องที่ II
- Stack Diameter	m	0.84	1
- Moisture Content	%	2.84	5.83
- Gas Velocity	m/s	14.16	11.38
- Oxygen	%	19.0	20.5
- Sulfur Dioxide (SO ₂)	ppm	500	100
- Pb	mg/Nm ³	20	30

อัตราการระบาย = พื้นที่หน้าตัดปล่อง x ความเร็วของแก๊สที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดปล่อง

หรือจากสูตร $Q = A v_s$

โดยที่ Q = อัตราการระบายมลพิษ

A = พื้นที่หน้าตัดของปล่อง

$= \pi r^2 \times v_s$ (กรณีปล่องเป็นวงกลม)

$= W \times D \times v_s$ (กรณีปล่องเป็นรูปสี่เหลี่ยม)

v_s = ความเร็วของแก๊สที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดของปล่อง

จากสูตร $Q = A v_s$

$= \pi r^2 \times v_s$

พบว่าเส้นผ่าศูนย์กลางปล่องที่ 1 = 0.84 m ดังนั้น รัศมีของปล่อง = 0.42 m

ความเร็วของแก๊สในปล่องที่ 1 = 14.16 m/s

$$Q = \left| \frac{22}{7} \right| \times \left| \frac{(0.42 \text{ m})^2}{\text{m}^2} \right| \times \left| \frac{14.16 \text{ m}}{\text{s}} \right|$$

$$= 7.85 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_d = Q_w \times (1 - (\text{moisture}/100))$$

$$Q_d = 7.85 \text{ m}^3/\text{s} \times (1 - (2.84/100)) = 7.85 \times 0.97$$

$$Q_d = \underline{7.62 \text{ m}^3/\text{s}}$$

ตัวอย่างที่ 2 โรงงานชุบสังกะสีมีการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ 250 วัน/ปี โดยโรงงานได้มีการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้งเดือนละ 1 ครั้ง ปรากฏข้อมูลดังนี้

ครั้งที่	วันที่ตรวจวิเคราะห์	ความเข้มข้นของสังกะสี ($\mu\text{g/l}$)	ปริมาณน้ำเสียที่ระบายสู่สิ่งแวดล้อม (m^3/d)
1	8 มกราคม	918	1,570
2	12 กุมภาพันธ์	700	1,490
3	10 มีนาคม	815	1,580
4	15 เมษายน	683	1,660
5	9 พฤษภาคม	787	1,380
6	13 มิถุนายน	840	1,290
7	11 กรกฎาคม	865	1,730
8	10 สิงหาคม	643	1,600
9	8 กันยายน	958	1,750
10	12 ตุลาคม	681	1,560
11	10 พฤศจิกายน	680	1,800
12	8 ธันวาคม	627	1,630

วิธีที่ 1

ขั้นที่ 1 คำนวณหาค่าเฉลี่ยของการตรวจวัด และอัตราการระบายน้ำเสียจำนวน 12 ครั้ง

	C	Q
วันที่ตรวจวิเคราะห์	ความเข้มข้นของสังกะสี ($\mu\text{g/l}$)	ปริมาณน้ำเสียที่ระบายสู่สิ่งแวดล้อม (m^3/d)
8 มกราคม	918	1,570
12 กุมภาพันธ์	700	1,490
10 มีนาคม	815	1,580
15 เมษายน	683	1,660
9 พฤษภาคม	787	1,380
13 มิถุนายน	840	1,290
11 กรกฎาคม	865	1,730
10 สิงหาคม	643	1,600
8 กันยายน	958	1,750
12 ตุลาคม	681	1,560
10 พฤศจิกายน	680	1,800
8 ธันวาคม	627	1,630
รวม	9,197	19,040
เฉลี่ย	$9,197/12 = 766.416$	$19,040/12 = 1,586.667$

ขั้นที่ 2 นำค่าเฉลี่ยของผลการตรวจวัด และอัตราการระบายน้ำเสียมาคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยต่อปี จากข้อมูลขั้นต้นโรงงานมีการปล่อยน้ำเสียลงสู่สิ่งแวดล้อม 250 วัน/ปี ดังนั้น ปริมาณการปลดปล่อย/ปี คือ

$$R = \boxed{C} \times \boxed{Q} \times \boxed{t} \times \boxed{\text{เปลี่ยนหน่วย}}$$

$$R = \left| \frac{766.417 \mu\text{g}}{\text{l}} \right| \times \left| \frac{1,586.667 \text{ m}^3}{\text{d}} \right| \times \left| \frac{250 \text{ d}}{\text{y}} \right| \times \left| \frac{1 \text{ kg}}{10^9 \mu\text{g}} \right| \times \left| \frac{1,000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \right|$$

$$= \underline{304 \text{ kg/y}}$$

วิธีที่ 2

ขั้นที่ 1 คำนวณปริมาณการปลดปล่อยมลพิษต่อวัน จากการตรวจวัดในเดือนต่างๆ ทั้ง 12 เดือน และหาค่าเฉลี่ย

	C	Q	C x Q
วันที่ตรวจวิเคราะห์	ความเข้มข้นของสังกะสี (µg/l)	ปริมาณน้ำเสียที่ระบายสู่สิ่งแวดล้อม (m ³ /d)	ปริมาณการปลดปล่อย (kg/d)
8 มกราคม	918	1570	1.44
12 กุมภาพันธ์	700	1,490	1.04
10 มีนาคม	815	1,580	1.28
15 เมษายน	683	1,660	1.13
9 พฤษภาคม	787	1,380	1.09
13 มิถุนายน	840	1,290	1.08
11 กรกฎาคม	865	1,730	1.50
10 สิงหาคม	643	1,600	1.03
8 กันยายน	958	1,750	1.68
12 ตุลาคม	681	1,560	1.06
10 พฤศจิกายน	680	1,800	1.22
8 ธันวาคม	627	1,630	1.02
		เฉลี่ย	1.21

หมายเหตุ $1 \text{ m}^3 = 1,000 \text{ l}$ และ $1 \text{ kg} = 10^9 \mu\text{g}$

ตัวอย่างวิธีการคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยในเดือนมกราคม

$$\text{ปริมาณการปลดปล่อยในวันที่ 8 มกราคม} = \left| \frac{918 \mu\text{g}}{\text{l}} \right| \times \left| \frac{1570 \text{ m}^3}{\text{d}} \right| \times \left| \frac{1,000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \right| \times \left| \frac{1 \text{ kg}}{10^9 \mu\text{g}} \right|$$

$$\text{ปริมาณการปลดปล่อยในวันที่ 8 มกราคม} = \underline{1.44 \text{ kg/d}}$$

สำหรับการคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยในเดือน กุมภาพันธ์ – ธันวาคม คำนวณโดยใช้วิธีเดียวกับเดือน มกราคม

ขั้นที่ 2 คำนวณปริมาณการปลดปล่อยต่อปี ซึ่งจากข้อมูลขั้นต้น พบว่ามีการปลดปล่อยเฉลี่ย 1.21 กิโลกรัม /วัน และโรงงานมีการปล่อยน้ำเสียลงสู่สิ่งแวดล้อม 250 วัน/ปี ดังนั้น ปริมาณการปลดปล่อยต่อปี คือ

$$\text{ปริมาณการปลดปล่อย/ปี} = \left| \frac{1.21 \text{ kg}}{\text{d}} \right| \times \left| \frac{250 \text{ d}}{\text{y}} \right| = \underline{304 \text{ kg/y}}$$

ตัวอย่างที่ 3 โรงงาน ข. มีการเผาของเสียจากการผลิตวันละประมาณ 4 ชั่วโมง/วัน เป็นระยะเวลา 200 วัน/ปี ผลการตรวจวัดแก๊สที่ระบายออกจากปล่อง พบสาร dioxin 2.2 ng-TEQ/Nm³ โดยมีปริมาณการระบายอากาศเสีย 340 Nm³/hr มีเถ้าที่เกิดจากการเผามีละ 0.46 ตัน ตรวจพบสาร dioxin ในเถ้า 3.1 ng-TEQ/g โดยสถานประกอบการได้ขนส่งเถ้าดังกล่าวไปกำจัดด้วยการฝังกลบ ณ โรงงานรับกำจัดกากของเสีย ให้คำนวณหาปริมาณสาร dioxin ที่ระบายออกสู่บรรยากาศ และปริมาณสาร dioxin ในเถ้าที่นำไปกำจัดต่อปี

ขั้นที่ 1 คำนวณหาปริมาณ dioxin ที่ระบายจากปล่องเตาเผาออกสู่บรรยากาศ

สมการ $R = C \times Q \times t$

โดยที่ R = ปริมาณ dioxin ที่ปลดปล่อยหรือระบายออกจากเตาเผา (kg-TEQ/y)

C = ความเข้มข้นของ dioxin ในอากาศเสีย = 2.2 ng-TEQ/Nm³

Q = อัตราการระบายอากาศ = 340 Nm³/hr

t = ระยะเวลาการระบายอากาศ = 4 hr/d

ปริมาณการปลดปล่อย dioxin	=	$\left \frac{\text{ความเข้มข้นของ Dioxin ในอากาศเสีย}}{2.2 \text{ ng-TEQ}} \right \times \left \frac{\text{ปริมาณอากาศเสีย ที่ปลดปล่อยต่อชั่วโมง}}{340 \text{ Nm}^3}{\text{hr}} \right \times \left \frac{\text{ระยะเวลา การเผา}}{4 \text{ hr}}{\text{d}} \right \times \left \frac{\text{จำนวนวัน ที่ใช้เตาเผาต่อปี}}{200 \text{ d}}{\text{y}} \right \times \left \frac{\text{เปลี่ยนหน่วย ng เป็น kg}}{10^{12} \text{ ng}} \right $
	=	$5.98 \times 10^{-7} \text{ kg-TEQ/y}$

ขั้นที่ 2 คำนวณหาปริมาณ dioxin ในเถ้าที่นำไปกำจัด ใช้หลักการเดียวกันกับการหาปริมาณการปลดปล่อยมลพิษสู่พื้นหรืออากาศ คือ ต้องทราบข้อมูลความเข้มข้นของมลพิษในน้ำหรืออากาศ ซึ่งในกรณีนี้คือเถ้าหรือของเสีย และปริมาณเถ้าที่มีการนำไปกำจัด

จากสมการ $T = C \times Q$

โดยที่ T = ปริมาณ dioxin ที่เคลื่อนย้าย (kg-TEQ/y) เพื่อนำไปกำจัด

C = ความเข้มข้นของ dioxin ในเถ้า = 3.1 ng-TEQ/g

Q = ปริมาณเถ้าที่เกิดจากการเผาของเสียหรือนำไปกำจัด = 0.46 t/y

คำนวณปริมาณสาร dioxin ในเถ้าที่มีการขนส่งไปกำจัดนอกสถานประกอบการ

ปริมาณการเคลื่อนย้ายไดออกซิน	=	$\left \frac{\text{ความเข้มข้นของ dioxin ในเถ้า}}{3.1 \text{ ng-TEQ}}{\text{g}} \right \times \left \frac{\text{ปริมาณเถ้าที่เกิดจากการเผาของเสีย}}{0.46 \text{ t}}{\text{y}} \right \times \left \frac{\text{เปลี่ยนหน่วย kg เป็น t}}{1,000 \text{ kg}}{\text{t}} \right \times \left \frac{\text{เปลี่ยนหน่วย g เป็น kg}}{1,000 \text{ g}}{\text{kg}} \right \times \left \frac{\text{เปลี่ยนหน่วย ng เป็น กก.}}{10^{12} \text{ ng}}{\text{ng}} \right $
	=	$1.426 \times 10^{-6} \text{ kg-TEQ/y}$

ขั้นที่ 3 นำปริมาณมลพิษที่มีการปลดปล่อยเคลื่อนย้ายทั้งหมดมารวมกัน

มลพิษ	ปริมาณการปลดปล่อย			ปริมาณการเคลื่อนย้าย
	อากาศ (kg-TEQ/y)	น้ำ (kg-TEQ/y)	รวม (kg-TEQ/y)	ของเสียที่ขนไปกำจัด (kg-TEQ/y)
dioxin	5.98×10^{-7}	-	5.98×10^{-7}	1.426×10^{-6}

3. ตัวอย่างการคำนวณการปลดปล่อยโดยใช้ข้อมูลตรวจวัดการระบายมลพิษทางอากาศจากระบบติดตามตรวจวัดการระบายมลพิษจากปล่องแบบอัตโนมัติ (Continuous Emission Monitoring System : CEMs)

ข้อมูลการตรวจวัดโดยใช้ CEMs เป็นข้อมูลการตรวจวัดความเข้มข้นของการระบายมลพิษอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี สามารถหาอัตราการระบายมลพิษได้โดยการนำความเข้มข้นของมลพิษ คูณด้วยปริมาตรของแก๊ส หรืออัตราการไหลของมลพิษนั้น ทั้งนี้ ก่อนที่จะนำข้อมูล CEMs มาใช้ในการคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยต้องมีการตรวจสอบสถานะของข้อมูลจากระบบส่งข้อมูลก่อน กล่าวคือ ต้องใช้เฉพาะข้อมูลที่ผ่านการตรวจสอบสถานะว่า valid data หรือ สถานะที่มีการตรวจวัดปกติมีการนำค่าไปคำนวณหาค่าเฉลี่ยในการตรวจวัดเท่านั้น

ข้อพึงระวัง ไม่นำข้อมูลดังต่อไปนี้มาใช้ประกอบการคำนวณ

1. ข้อมูลที่มีการระบุหรือบ่งบอกค่าสถานะดังต่อไปนี้
 - calibration หรือ สถานะที่ค่าพารามิเตอร์นั้นทำการปรับเทียบความถูกต้อง
 - audit CEMs หรือ สถานะที่มีการตรวจเช็คระบบหรือ พารามิเตอร์ใดๆ ในระบบ
 - clear stack สถานะที่มีการตรวจวัดปกติ มีการนำค่าไปคำนวณหาค่าเฉลี่ยการตรวจวัด แต่เป็นสภาวะที่โรงงานปิดการดำเนินกิจกรรม (shutdown) ไม่มีการปล่อยมลพิษออกทางปล่อง หรือ ปล่อยน้อยมาก
2. ข้อมูลที่มีแนวโน้มที่สูงหรือต่ำกว่าปกติ
3. ข้อมูลที่มีผ่านการคำนวณโดยเทียบกับค่ามาตรฐานการระบายมลพิษ หรือสภาวะมาตรฐาน

ตัวอย่างที่ 4 ผลการตรวจวัดการระบายมลพิษทางอากาศด้วย CEMs ตลอดทั้งปี ปรากฏผลดังตารางด้านล่าง
ให้คำนวณการปลดปล่อยสาร SO₂ ต่อปี

Date	Time	O ₂ (%)	Temp. (C)	Pressure (Kpa)	Flow (m ³ /hr)	SO ₂ (ppm)	NOx (ppm)	Opacity (%)	CO (ppm)
1/1/2011	00:00:00	5.088	67.055	992.918	2230.496	83.593	166.424	14.227	6.461
1/1/2011	01:00:00	5.113	67.768	978.233	2254.535	84.876	165.015	15.08	11.871
1/1/2011	02:00:00	5.005	67.5	993.544	2268.43	85.362	161.24	15.042	11.279
1/1/2011	03:00:00	5.374	68.12	993.02	2204.135	83.264	157.919	14.449	6.436
1/1/2011	04:00:00	5.085	67.101	978.342	2266.245	84.09	164.25	14.673	6.747
1/1/2011	05:00:00	5.044	67.102	994.08	2260.415	81.838	167.163	14.186	7.367
1/1/2011	06:00:00	4.983	68.26	996.703	2292.258	84.154	165.028	13.243	7.425
1/1/2011	07:00:00	5.424	67.677	996.012	2154.33	79.183	152.944	11.645	3.849
1/1/2011	08:00:00	4.978	66.747	996.697	2227.64	81.747	160.829	11.753	8.758
1/1/2011	09:00:00	4.873	67.466	982.18	2287.521	82.674	151.392	10.782	9.117
1/1/2011	10:00:00	5.157	69.887	982.009	2295.165	83.757	134.257	11.622	4.355
1/1/2011	11:00:00	5.379	71.056	981.088	2307.866	86.256	127.781	10.582	2.649
1/1/2011	12:00:00	5.228	69.823	996.315	2085.454	89.377	114.555	9.681	9.246
1/1/2011	13:00:00	5.887	69.898	962.086	2082.723	86.308	135.733	12.159	1.897
1/1/2011	14:00:00	6.625	71.161	975.915	2035.165	82.648	154.442	14.403	1.775
1/1/2011	15:00:00	7.028	71.964	992.375	2037.921	82.409	155.266	14.448	1.85
1/1/2011	16:00:00	6.679	68.751	960.028	2000.869	79.965	156.356	15.524	4.421
1/1/2011	17:00:00	5.891	71.12	995.306	2305.287	90.537	169.766	17.21	2.194
1/1/2011	18:00:00	5.484	69.78	994.26	2324.261	90.226	179.75	18.279	2.499
1/1/2011	19:00:00	5.611	71.138	996.612	2368.337	91.507	182.894	18.441	1.805
1/1/2011	20:00:00	5.392	68.98	978.882	2291.997	89.375	182.525	17.829	1.767
1/1/2011	21:00:00	5.552	70.46	996.058	2335.47	90.248	189.994	18.278	1.677
1/1/2011	22:00:00	5.66	71.488	997.712	2376.284	91.678	196.908	18.663	1.718
1/1/2011	23:00:00	5.716	71.271	997.91	2367.492	92.144	196.571	18.615	1.776
2/1/2011	00:00:00	5.83	71.633	997.824	2345.142	90.319	198.011	18.937	1.548
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
31/12/2011	23:00:00	6.066	70.497	996.361	2265.475	91.6	175.57	20.411	3.03

จากข้อมูลผลการตรวจวัด CEMs ดังกล่าวข้างต้น จะเห็นว่ามี การตรวจวัด ออกซิเจน และ อุณหภูมิ ความดัน ฯลฯ ซึ่งเป็นข้อมูลจากการตรวจวัดจริงโดยไม่มีการปรับหรือรายงานในสภาวะมาตรฐาน ดังนั้นข้อมูลที่นำมาใช้ประกอบการคำนวณจึงมีเพียงอัตราการไหลของอากาศ และ ความเข้มข้นของมลพิษ ในที่นี้คือ SO₂ ที่ตรวจวัดในช่วงเวลาต่างๆ กัน โดยไม่ต้องนำค่าของออกซิเจน และ อุณหภูมิมาประกอบการคิดคำนวณ

วิธีการคำนวณ

จากตารางข้างต้น ข้อมูลที่ต้องนำมาใช้ประกอบการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยสาร SO₂ ประกอบด้วย

1. Flow หรือ อัตราการไหล/ระบายอากาศสู่สิ่งแวดล้อม (Q) ซึ่งผลการตรวจวัดรายงานเป็นหน่วย m³/hr
2. ความเข้มข้น (C) ของ SO₂ ซึ่งผลการตรวจวัดรายงานเป็นหน่วย ppm ในการคำนวณจะต้องเปลี่ยนหน่วยจาก ppm เป็น mg/m³ ก่อน

ขั้นตอนการคำนวณ

1. นำข้อมูลผลการตรวจวัดมาคำนวณโดยใช้โปรแกรม excel
2. กำหนดคอลัมน์ที่ต้องนำมาคำนวณคือ flow (m^3/hr) หรืออัตราการระบายมลพิษเป็น คอลัมน์ A และความเข้มข้นของ SO_2 (ppm) เป็นคอลัมน์ B
3. เพิ่ม คอลัมน์ C
4. ในคอลัมน์ C ตั้งสูตรคำนวณโดยนำคอลัมน์ B x (64.05/24.45) เพื่อเปลี่ยนหน่วยการตรวจวัดของ SO_2 จาก ppm เป็น mg/m^3
5. เพิ่มคอลัมน์ D
6. ในคอลัมน์ D ตั้งสูตรคำนวณโดยนำคอลัมน์ C x คอลัมน์ A หรือ ความเข้มข้น (mg/m^3) x อัตราการระบายมลพิษ (m^3/hr) ผลการคำนวณที่ได้ จะเป็นอัตราการระบายมลพิษในแต่ละช่วงเวลา (mg/hr)
7. เพิ่มคอลัมน์ E
8. ในคอลัมน์ E ตั้งสูตรคำนวณ โดยนำคอลัมน์ D x ($1 \text{ kg}/10^6 \text{ mg}$) เพื่อเปลี่ยนหน่วยปริมาณการระบายมลพิษจาก mg/hr เป็น kg/hr
9. ในคอลัมน์ E ใช้คำสั่ง sum เพื่อรวมปริมาณ SO_2 ที่ปลดปล่อยเป็นรายชั่วโมง เนื่องจากเป็นการรวมปริมาณการปลดปล่อยรายชั่วโมงตั้งแต่ชั่วโมงแรกของวันที่ 1 มกราคม เวลา 00.00.00 น. สิ้นสุดที่ชั่วโมงสุดท้ายคือวันที่ 31 ธันวาคม เวลา 23.00.00 น. ดังนั้น ผลรวมของปริมาณการปลดปล่อย/ชั่วโมงต่อเนื่องตลอดทั้งปี คือ ปริมาณการปลดปล่อย SO_2 ในระยะเวลา 1 ปี นั้นเอง

รายการคำนวณ

	คอลัมน์ A	คอลัมน์ B	คอลัมน์ C	คอลัมน์ D	คอลัมน์ E
วิธีคำนวณ		→	คอลัมน์ B x (64.05/24.45)	คอลัมน์ A x คอลัมน์ C	คอลัมน์ D x (1kg/10 ⁶ mg)
คำอธิบาย		→	(เปลี่ยนความเข้มข้น จาก ppm เป็น mg/m ³)	(คำนวณการปลดปล่อย/ชั่วโมง)	(เปลี่ยนหน่วย mg เป็น kg)

Date	Time	Flow (m ³ /hr)	SO ₂ (ppm)	SO ₂ (mg/m ³)	mg/hr	kg/hr
1/1/2011	00:00:00	2230.496	83.593	218.983	488,440.459	0.49
1/1/2011	01:00:00	2254.535	84.876	222.344	501,282.053	0.50
1/1/2011	02:00:00	2268.43	85.362	223.617	507,259.553	0.51
1/1/2011	03:00:00	2204.135	83.264	218.121	480,768.198	0.48
1/1/2011	04:00:00	2266.245	84.09	220.285	499,219.432	0.50
1/1/2011	05:00:00	2260.415	81.838	214.385	484,600.054	0.48
1/1/2011	06:00:00	2292.258	84.154	220.453	505,334.014	0.51
1/1/2011	07:00:00	2154.33	79.183	207.430	446,873.346	0.45
1/1/2011	08:00:00	2227.64	81.747	214.147	477,042.532	0.48
1/1/2011	09:00:00	2287.521	82.674	216.575	495,420.885	0.50
1/1/2011	10:00:00	2295.165	83.757	219.413	503,587.912	0.50
1/1/2011	11:00:00	2307.866	86.256	225.959	521,483.023	0.52
1/1/2011	12:00:00	2085.454	89.377	234.135	488,277.440	0.49
1/1/2011	13:00:00	2082.723	86.308	226.095	470,893.653	0.47
1/1/2011	14:00:00	2035.165	82.648	216.507	440,628.155	0.44
1/1/2011	15:00:00	2037.921	82.409	215.881	439,948.924	0.44
1/1/2011	16:00:00	2000.869	79.965	209.479	419,139.767	0.42
1/1/2011	17:00:00	2305.287	90.537	237.174	546,753.248	0.55
1/1/2011	18:00:00	2324.261	90.226	236.359	549,359.792	0.55
1/1/2011	19:00:00	2368.337	91.507	239.715	567,725.090	0.57
1/1/2011	20:00:00	2291.997	89.375	234.130	536,624.344	0.54
1/1/2011	21:00:00	2335.47	90.248	236.417	552,143.736	0.55
1/1/2011	22:00:00	2376.284	91.678	240.163	570,694.576	0.57
1/1/2011	23:00:00	2367.492	92.144	241.383	571,473.178	0.57
2/1/2011	00:00:00	2345.142	90.319	236.603	554,866.539	0.55
:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:
31/12/2011	23:00:00	2265.475	91.6	239.958	543,619.489	0.54
					รวม	5,963.07

ปริมาณการปลดปล่อย/ระบาย SO₂ สู่อากาศตลอดเท่ากับ 5,963 kg/y

เอกสารประกอบการเรียบเรียง

Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts, Australia, “National Pollutant Inventory Emission estimation technique manual for Combustion in Boilers, Version 3.2”, February, 2010

Environmental Agency, Environmental Permitting (England and Wales) Regulations 2010, Regulation 60(1), December 2010. V3, Incineration activities guidance note

Ministry of Economy, Trade and Industry, Ministry of Environment, Japan, “Manual for Calculating the quantity of Released Pollutant under the PRTR (Pollutant Release and Transfer Register) System, Third Edition, Part I Basics”, January 2004

Scottish Environment Protection Agency, “Scottish Pollutant Inventories Reporting, Scottish Release Inventory (SPRI) Operator Guidance on Release Estimation Techniques (RET) 2010”, 2010 v1, Pollution Prevention and Control Act 1999, The Pollution Prevention and Control (Scotland) Regulations 2000 No 323, Regulation 26(2)

สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ “แนวทางการคาดการณ์การปลดปล่อยและเคลื่อนย้ายมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม”, กันยายน 2552

United State Environmental Protection Agency, “Basic Concepts in Environmental Sciences”, Retrieved 10 October 2011, from <http://www.epa.gov/apti/bces/index.htm>

ກາດຟນວກ

ภาคผนวก ก

คำย่อ

C	Celsius (เซลเซียส : ซ.)
d	day (วัน : ว.)
hr	hour (ชั่วโมง : ชม.)
K	Kelvin (เคลวิน)
kg	kilogram (กิโลกรัม : กก.)
l	liter (ลิตร : ล.)
m	meter (เมตร : ม.)
m/s	meter/sec (เมตร/วินาที : ม./วิ)
m ³	cubic meter (ลูกบาศก์เมตร : ลบ.ม. : ม ³)
mg/kg	milligram/kilogram (มิลลิกรัม/กิโลกรัม : มก./กก.)
mg/l	milligram/liter (มิลลิกรัม/ลิตร : มก./ล.)
mg/m ³	milligram/cubic meter (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร : มก. / ม ³)
min	minute (นาที : น.)
Nm ³ /s	Normal cubic meter/second (ลูกบาศก์เมตร/วินาที : ม ³ /วิ. : ลบ.ม./วิ.)
ppm	part per million
s	second (วินาที : วิ.)
t	ton (ตัน : ต.)
wk	week (สัปดาห์ : ส.)
y	year (ปี : ป.)
mmHg	millimeter Hg, (มิลลิเมตรปรอท)

ภาคผนวก V

ข้อมูลสำหรับการเปลี่ยนหน่วยในมาตราเมตริกซ์

	คำนำหน้า		สัญลักษณ์
10^{24}	ยอตตะ	Yotta	Y
10^{21}	เซตตะ	Zetta	Z
10^{18}	เอ็กซะ	Exa	E
10^{15}	เพนตะ	Penta	P
10^{12}	ทีระ	Tera	T
10^9	จิกะ	Giga	G
10^8	เมกะ	Mega	M
10^3	กิโล	Kilo	k
10^2	เฮกโต	Hecto	h
10	เดคา	Daca	da
1	ค่าลงท้าย- กรัม/ ลิตร/เมตร	- g/l/m	
10^{-1}	เดซิ	Deci	d
10^{-2}	เซนติ	Centi	c
10^{-3}	มิลลิ	Milli	m
10^{-6}	ไมโคร	Micro	μ
10^{-9}	นาโน	Nano	n
10^{-12}	พิโก	Pico	p
10^{-15}	เฟมโต	Femto	f
10^{-18}	อัตโต	Atto	a
10^{-21}	เซปโต	Zepto	z
10^{-24}	ยอคโต	Yocto	y

ตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนหน่วย 1 กรัม เป็นหน่วยอื่นๆ ได้ดังนี้

1 กรัม (ก.)	=	10^{-3} หรือ 0.001	กิโลกรัม (กก.)
	=	100	เซนติกรัม (ชก.)
	=	1,000 หรือ 10^3	มิลลิกรัม (มก.)
	=	10^6	ไมโครกรัม(มคก.)
	=	10^{12}	นาโนกรัม (นก.)

ภาคผนวก ค ตารางธาตุ

[illegible]

คณะผู้จัดทำ

ที่ปรึกษา

- | | |
|---------------------------|---|
| 1. นางสุณี ปิยะพันธุ์พงศ์ | รองอธิบดีกรมควบคุมมลพิษ |
| 2. นายรังสรรค์ ปิ่นทอง | ผู้อำนวยการสำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย |
| 3. นางสาวพรพิมล เจริญส่ง | ผู้อำนวยการส่วนสารอันตราย
สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย |

ผู้เรียบเรียง

นายอร่าม พันธุ์วรรณ
นักวิชาการสิ่งแวดล้อมชำนาญการ
ส่วนสารอันตราย สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย

ผู้ให้ข้อคิดเห็นในการปรับแก้ไขเอกสาร

- | | |
|---------------------------|---|
| 1. นางสาวอรรวรรณ มานูวงศ์ | นักวิชาการสิ่งแวดล้อมชำนาญการ
ส่วนมลพิษทางอากาศจากอุตสาหกรรม
สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง |
| 2. นายธีระพล คงชนม์ | นักวิชาการสิ่งแวดล้อมปฏิบัติการ
ส่วนมลพิษทางอากาศจากอุตสาหกรรม
สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง |

บันทึกข้อความ

[illegible]

[illegible]

บันทึกข้อความ

[illegible]

[illegible]

บันทึกข้อความ

[illegible]

[illegible]

บันทึกข้อความ

[illegible]