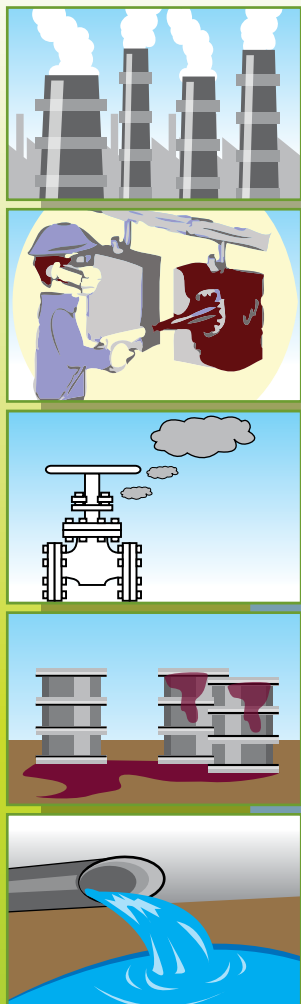


แนวทางการควบคุมมลพิษ

# การปลดปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม



Measurement  
 Mass Balance  
 Emission Factors  
 Engineering Calculation





กรมควบคุมมลพิษ  
POLLUTION CONTROL DEPARTMENT

แนวทางการตรวจวัดประเมิน  
การปลดปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม

# Measurement Mass Balance Emission Factors Engineering Calculation



กรมควบคุมมลพิษ

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม



## แนวทางการตรวจวัดปริมาณการปลดปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม

### ■ ลิขสิทธิ์ของกรมควบคุมมลพิษ

พิมพ์ครั้งที่ 1 จำนวน 1,000 เล่ม กันยายน 2552

### ■ เพยแพชู่โตย

ส่วนสารอันตราย

สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย

กรมควบคุมมลพิษ

92 ซอยพหลโยธิน 7 ถนนพหลโยธิน

พญาไท กรุงเทพมหานคร 10400

โทร 0 2298 2439, 0 2298 2442

โทรสาร 0 2298 2425, 0 2298 2765

e-mail: dbase.c@pcd.go.th

### ■ เอกสารนี้ สามารถดาวน์โหลดได้ที่

website : <http://www.pcd.go.th>, <http://pops.pcd.go.th>

# คำนำ

ระบบการรายงานข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรม ผู้ตัวกลางสิ่งแวดล้อมทั้ง อากาศ ดิน หรือ น้ำ เป็นเรื่องค่อนข้างใหม่สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม และบุคคลทั่วไป เนื่องจากมีวิธีการและความแตกต่างจากการรายงานข้อมูลการติดตามตรวจสอบคุณลักษณะของ น้ำเสียหรืออากาศเสียที่ระบายออกจากท่อหรือปล่อง ซึ่งมีการรายงานเป็นหน่วยความเข้มข้นเทียบกับ ค่ามาตรฐานที่กำหนด อาทิ มิลลิกรัม/ลิตร หรือ มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร แต่ระบบการรายงานข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษผู้สิ่งแวดล้อมเป็นการรายงานในเชิงปริมาณ หรือ Loading ของมลพิษชนิดนั้นๆ ต่อระยะเวลาการปลดปล่อย ซึ่งส่วนใหญ่มีการกำหนดรอบการรายงานเป็นประจำทุกปี เช่น กิโลกรัม/ปี โดยอาศัยข้อมูลการติดตามตรวจสอบและข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อประกอบการคำนวณสำหรับการ จัดทำรายงานฯ

แนวทางการคาดประมาณการปลดปล่อยมลพิษนี้ได้เรียบเรียงขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อให้ เป็นเอกสารแนะนำให้โรงงานอุตสาหกรรมได้รับทราบและเข้าใจถึงขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูล วิธีการ หรือเทคนิคเบื้องต้นที่มีการนำมาใช้สำหรับคาดประมาณการปลดปล่อยมลพิษ พร้อมทั้งมีตัวอย่าง ประกอบการคาดประมาณ และ 2) เพื่อให้หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องหรือผู้สนใจทั่วไป มีความเข้าใจ และรับทราบถึงวิธีการหรือเทคนิคสำหรับใช้คาดประมาณการปลดปล่อยมลพิษ ซึ่งเอกสารนี้จะได้รับการปรับปรุงแก้ไขสำหรับใช้เป็นคู่มือสำหรับคาดประมาณการปลดปล่อยมลพิษ หลังจากที่หน่วยงาน ราชการได้กำหนดกฎ/ระเบียบที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำทำเนียบการปลดปล่อยและเคลื่อนย้ายมลพิษ หรือ Pollutant Release and Transfer Register ในอนาคตต่อไป

ทั้งนี้ หากท่านใดมีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับเอกสารนี้ ขอความกรุณาแจ้งกรมควบคุมมลพิษ เพื่อประโยชน์ ในการปรับปรุงแก้ไขเอกสารแนวทางฯ ดังกล่าวต่อไป

สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย  
กรมควบคุมมลพิษ  
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

# สารบัญ

<b>บทที่ 1</b>	<b>บทนำ</b>	<b>หน้า</b>
	1. ความหมายที่เกี่ยวข้องกับทำเนียบการปลดปล่อยและเคลื่อนย้ายมลพิษ	1
	2. เกณฑ์การรายงานข้อมูล	2
	3. รูปแบบการรายงานข้อมูล	2
	4. กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำรายงานข้อมูลมลพิษ	3
<b>บทที่ 2</b>	<b>การเตรียมการสำหรับภาคอุตสาหกรรมปลดปล่อยมลพิษ</b>	<b>6</b>
<b>บทที่ 3</b>	<b>วิธีการภาคอุตสาหกรรมปลดปล่อยมลพิษ</b>	<b>9</b>
	1. การคาดประมาณการปลดปล่อยโดยการตรวจวัด (Measurement: M)	9
	2. การคาดประมาณการปลดปล่อยโดยการจัดทำมวลสมดุล (Mass Balance: B)	12
	3. การคาดประมาณการปลดปล่อยโดยการใช้ตัวคูณอัตราการปลดปล่อยมลพิษ (Emission Factor: E)	14
	4. การคาดประมาณการปลดปล่อยโดยการใช้หลักทางวิศวกรรม (Engineering Calculation: C)	17
<b>บทที่ 4</b>	<b>การเลือกวิธีภาคอุตสาหกรรมปลดปล่อยมลพิษ</b>	<b>19</b>
	1. ข้อควรพิจารณาในการเลือกวิธีคาดประมาณการปลดปล่อยมลพิษ	19
	1) การคาดประมาณการปลดปล่อยโดยการตรวจวัด	19
	2) การคาดประมาณการปลดปล่อยโดยการจัดทำมวลสมดุล	20
	3) การคาดประมาณการปลดปล่อยโดยการใช้ตัวคูณอัตราการปลดปล่อยมลพิษ	20
	4) การคาดประมาณการปลดปล่อยโดยการใช้หลักทางวิศวกรรม	22
	2. ขั้นตอนการเลือกวิธีสำหรับนำมาใช้คาดประมาณการปลดปล่อยมลพิษ	22
<b>บทที่ 5</b>	<b>ตัวอย่างภาคอุตสาหกรรมปลดปล่อยมลพิษ</b>	<b>24</b>
	1. การคาดประมาณการปลดปล่อยมลพิษโดยใช้ข้อมูลผลการตรวจวัด	24
	2. การคาดประมาณการปลดปล่อยมลพิษโดยการจัดทำมวลสมดุล	31
	3. การคาดประมาณการปลดปล่อยมลพิษโดยการใช้ตัวคูณอัตราการปลดปล่อยมลพิษ	36
	4. การคาดประมาณการปลดปล่อยมลพิษโดยการใช้หลักทางวิศวกรรม	40
	<b>เอกสารประกอบภาคเตรียมเชิง</b>	<b>51</b>
	<b>ภาคผนวก</b>	
	ภาคผนวก ก การเปลี่ยนหน่วย	53
	ภาคผนวก ข ข้อมูลสำหรับการเปลี่ยนหน่วยในมาตราเมตริกซ์	54
	ภาคผนวก ค ตารางธาตุ	55
	ภาคผนวก ง ตารางสรุปแนวทางในการเลือกใช้เทคนิคสำหรับคาดประมาณการปลดปล่อยมลพิษ	56
	ภาคผนวก จ เว็บไซต์สำหรับดาวน์โหลดคู่มือคาดประมาณการปลดปล่อยและเคลื่อนย้ายมลพิษ	59
	<b>คณะผู้จัดทำ</b>	<b>60</b>

# บทที่ 1 บทนำ

## 1 ความหมายที่เกี่ยวข้องกับทำเนียบการปลดปล่อยและเคลื่อนย้ายมลพิษ

### 1) ทำเนียบการปลดปล่อยและเคลื่อนย้ายมลพิษ

ทำเนียบการปลดปล่อยและเคลื่อนย้ายมลพิษ หรือเรียกสั้นๆ ว่า PRTR เป็นตัวย่อของคำว่า Pollutant Release and Transfer Registers ความหมายกว้างๆ โดยทั่วไปจะหมายถึงฐานข้อมูลที่แสดงถึง**ชนิดและปริมาณของมลพิษ** ที่มีการปลดปล่อยจากแหล่งกำเนิดสู่สิ่งแวดล้อม ทั้งด้าน อากาศ ดิน น้ำ รวมถึงข้อมูลปริมาณการเคลื่อนย้ายน้ำเสียหรือของเสียออกนอกสถานประกอบการเพื่อบำบัดหรือกำจัด ซึ่งตัวย่อแต่ละตัวมีความหมายดังนี้

- P: Pollutant :** **มลพิษ** หมายถึง สารเคมี ของเสีย หรือ มลสารอื่นๆ ตามที่กฎหมาย PRTR กำหนดให้ต้องรายงาน
- R: Release :** **ปลดปล่อย** หมายถึง การทิ้ง ระบาย หกรด รั่วไหล ของมลพิษ ทั้งในรูปแบบของของแข็ง ของเหลว ก๊าซ จากแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ สู่สิ่งแวดล้อม ทั้งอากาศ ดิน น้ำ หรือน้ำใต้ดิน
- T: Transfer :** **การเคลื่อนย้าย** หมายถึง การเคลื่อนย้ายหรือการนำน้ำเสียหรือของเสียออกนอกสถานประกอบการ เพื่อไปบำบัดหรือกำจัด
- R: Registers :** **ทะเบียน** หมายถึง ทะเบียนข้อมูล หรือฐานข้อมูล ของแหล่งกำเนิดมลพิษต่างๆ ที่มีการปลดปล่อยมลพิษ รวมถึงข้อมูลการเคลื่อนย้ายน้ำเสียของเสีย เพื่อบำบัดหรือกำจัด

### 2) คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับ PRTR ตาม พ.ร.บ.ส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535

**มลพิษ** หมายความว่า ของเสีย วัตถุอันตราย และ มลสารอื่นๆ รวมทั้งกากตะกอนหรือสิ่งตกค้างจากสิ่งเหล่านั้น ที่ถูกปล่อยทิ้งจากแหล่งกำเนิดมลพิษ หรือที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ ซึ่งก่อให้เกิดหรืออาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม หรือภาวะที่เป็นพิษภัยอันตราย ต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนได้ และให้หมายความรวมถึงรังสี ความร้อน แสง เสียง กลิ่น ความสั่นสะเทือน หรือเหตุรำคาญอื่นๆ ที่เกิดหรือถูกปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดมลพิษด้วย

**ของเสีย** หมายความว่า ขยะมูลฝอย สิ่งปฏิกูล น้ำเสีย อากาศเสีย มลสาร หรือวัตถุอันตรายอื่นใด ซึ่งถูกปล่อยทิ้งหรือมีที่มาจากแหล่งกำเนิดมลพิษ รวมทั้งกากตะกอน หรือสิ่งตกค้างจากสิ่งเหล่านั้น ที่อยู่ในสภาพของแข็ง ของเหลวหรือก๊าซ

**น้ำเสีย** หมายความว่า ของเสียที่อยู่ในสภาพเป็นของเหลว รวมทั้งมลสารที่ปะปน หรือปนเปื้อน อยู่ในของเหลวนั้น

**อากาศเสีย** หมายความว่า ของเสียที่อยู่ในสภาพเป็นไอเสียด ก๊าซพิษ ก๊าซ เหม่า ฝุ่นละออง ฝ้าถ่าน หรือมลสารอื่นที่มีสภาพละเอียดบางเบาจนสามารถรวมตัวอยู่ในบรรยากาศได้

**วัตถุอันตราย** หมายความว่า วัตถุระเบิดได้ วัตถุไวไฟ วัตถุออกซิไดซ์ และ วัตถุเปอร์ออกไซด์ วัตถุมีพิษ วัตถุที่ทำให้เกิดโรค วัตถุกัมมันตรังสี วัตถุที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม วัตถุกัดกร่อน วัตถุที่ก่อให้เกิดการระคายเคือง วัตถุอย่างอื่นไม่ว่าจะเป็นเคมีภัณฑ์ หรือสิ่งอื่นใดที่อาจทำให้เกิดอันตรายแก่บุคคล สัตว์ พืช ทรัพย์ หรือสิ่งแวดล้อม

**แหล่งกำเนิดมลพิษ** หมายความว่า ชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม อาคาร สิ่งก่อสร้าง ยานพาหนะ สถานที่ประกอบกิจการใดๆ ซึ่งเป็นแหล่งที่มาของมลพิษ

## 2 เกณฑ์การรายงานข้อมูล

สำหรับโรงงานที่เข้าข่ายต้องรายงานข้อมูลปริมาณการปลดปล่อยและเคลื่อนย้ายมลพิษ จะต้องมีลักษณะตรงตามเงื่อนไข/เกณฑ์ ที่กฎหมายกำหนด ตัวอย่างเช่น มีกำลังการผลิต มีรายชื่อมลพิษ มีปริมาณการผลิตการใช้สารเคมี เชื้อเพลิง หรือปลดปล่อยมลพิษเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดเท่านั้น กรณีที่เข้าข่ายไม่ตรงตามเกณฑ์ทั้งหมดไม่ต้องการรายงานข้อมูล ดังตัวอย่างแสดงในตารางข้างล่างดังนี้

ประเภท/ลักษณะการประกอบกิจการ	จำนวนคนงาน/กำลังการผลิต	รายชื่อมลพิษ	ปริมาณการผลิต-ใช้สารเคมี/ปริมาณการปลดปล่อยมลพิษ	การรายงาน
/	-	-	-	ไม่ต้องรายงาน
/	-	/	-	ไม่ต้องรายงาน
/	/	/	-	ไม่ต้องรายงาน
/	/	/	/	รายงาน

## 3 รูปแบบการรายงานข้อมูล

เนื่องจากระบบการรายงานข้อมูลการติดตามตรวจสอบการระบายมลพิษจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรม เช่น คุณลักษณะของน้ำเสียหรืออากาศเสียที่ระบายออกจากท่อหรือปล่อง มีการรายงานข้อมูลเป็นความเข้มข้น อาทิ มิลลิกรัม/ลิตร หรือ มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตรอากาศ แต่ระบบการรายงานข้อมูลของ PRTR เป็นการรายงานในเชิงปริมาณหรือ loading ต่อระยะเวลาการปลดปล่อย โดยส่วนใหญ่จะกำหนดรอบการรายงานทุกปี เช่น กิโลกรัม/ปี กรัม/ปี ทำให้ข้อมูลปริมาณการปลดปล่อยมลพิษชนิดใดชนิดหนึ่งที่ระบายสู่ตัวกลางสิ่งแวดล้อม ทั้งอากาศ ดิน และน้ำ ถูกรายงานในหน่วยเดียวกัน นอกจากจะทำให้รู้ว่ามลพิษที่ปลดปล่อยสู่ตัวกลางแต่ละประเภทมีมากน้อยเพียงใด หรือมีการปลดปล่อยสู่ตัวกลางสิ่งแวดล้อมใดเป็นหลักแล้ว ยังมีส่วนให้สถานประกอบการหรือหน่วยงานราชการสามารถ

ทราบถึงภาพโดยรวมหรือปริมาณทั้งหมดของสารมลพิษชนิดนั้นที่มีการปลดปล่อยจากสถานประกอบการ อีกด้วย

นอกเหนือจาก PRTR จะมีการรายงานข้อมูลการปลดปล่อยจากมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่สามารถระบุจุดระบายหรือปลดปล่อยที่แน่นอน เช่น ท่อน้ำเสีย ปล่องระบายอากาศเสีย แล้วระบบการรายงานข้อมูล PRTR ยังมีการรายงานข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษแบบฟุ้งกระจาย (fugitive emission) ซึ่งเกิดขึ้นโดยไม่ตั้งใจ อันเนื่องมาจากอุปกรณ์หรือเครื่องมือต่างๆ อาทิ ข้อต่อ ข้องอ ปัมป์ เกิดการรั่วไหลหรือสูญเสียความแน่นหนาจนไม่สามารถเก็บกักวัตถุติด สารเคมี ของเหลว หรือแก๊ส ได้ตามปกติอีกด้วย ตัวอย่างของแบบฟอร์มการรายงานข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษดังแสดงในตารางต่อไปนี้

มลพิษ	ปริมาณการปลดปล่อยสู่อากาศ (กก./ปี)				ปลดปล่อยสู่น้ำ		ปลดปล่อยสู่ดิน	
	มลพิษ	วิธี*	ฟุ้งกระจาย (fugitive/non point source)	วิธี*	วิธี*	วิธี*	วิธี*	
ตะกั่ว								
ปรอท								
เบนซีน								
ไซลีน								

หมายเหตุ \* ระบุวิธีการประมาณ M (measurement), E (emission factor), B (mass balance), C (engineering calculation)

#### 4 กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำรายงานข้อมูลมลพิษ

กระทรวงอุตสาหกรรมได้ออกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การจัดทำรายงานชนิดและปริมาณมลพิษที่ระบายออกจากโรงงาน พ.ศ. 2550 ลงวันที่ 16 สิงหาคม 2550 และประกาศในราชกิจจานุเบกษา เมื่อวันที่ 17 กันยายน 2550 โดยในข้อ 2 ตามประกาศฯ กำหนดให้โรงงานที่มีมลพิษน้ำและอากาศต้องจัดทำรายงานชนิดปริมาณสารมลพิษที่ระบายออกจากโรงงาน และจากประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดประเภทหรือชนิดของโรงงานที่ต้องจัดทำรายงานชนิดและปริมาณสารมลพิษที่ระบายออกจากโรงงาน พ.ศ. 2551 ได้มีการกำหนดประเภทหรือชนิดโรงงานที่ต้องจัดทำรายงานฯ ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องการจัดทำรายงานฯ ดังต่อไปนี้

ลำดับที่	ประเภทหรือชนิดโรงงาน	ขนาดโรงงาน	มลพิษน้ำ	มลพิษอากาศ
11(3),(4)	โรงงานอุตสาหกรรมประกอบกิจการทำน้ำตาลทรายดิบ ทรายขาว หรือขาวบริสุทธิ์	ทุกขนาด	จัดทำรายงาน	จัดทำรายงาน
11(6)	โรงงานอุตสาหกรรมประกอบกิจการทำลูโคส เดกซ์โทรส หรือผลิตภัณฑ์ที่คล้ายคลึง	กำลังการผลิต 20 ตัน ต่อวันขึ้นไป	จัดทำรายงาน	จัดทำรายงาน
38(1)	โรงงานประกอบกิจการผลิตเยื่อกระดาษ	ตั้งแต่ 50 ตันต่อวันขึ้นไป	จัดทำรายงาน	จัดทำรายงาน



ลำดับที่	ประเภทหรือชนิดโรงงาน	ขนาดโรงงาน	มลพิษน้ำ	มลพิษอากาศ
42(1)	โรงงานประกอบกิจการคลอรีน-อัลคาไลน์ที่ใช้โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เป็นวัตถุดิบในการผลิต $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , NaOH, HCl, $\text{Cl}_2$ , NaOCl และปูนคลอรีน (Bleaching Powder)	กำลังการผลิตแต่ละชนิดหรือรวมกันตั้งแต่ 100 ตันต่อวันขึ้นไป	จัดทำรายงาน	จัดทำรายงาน
42, 44	โรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมีใช้วัตถุดิบจากโรงกลั่นน้ำมัน หรือโรงแยกก๊าซ	ตั้งแต่ 100 ตันต่อวัน	จัดทำรายงาน	จัดทำรายงาน
43	โรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตปุ๋ยเคมี หรือสารป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์ โดยกระบวนการทางเคมี	ทุกขนาด	จัดทำรายงาน	จัดทำรายงาน
49	โรงงานอุตสาหกรรมกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม	ทุกขนาด	จัดทำรายงาน	จัดทำรายงาน
50(2)	โรงงานอุตสาหกรรมแยกหรือแปรสภาพก๊าซธรรมชาติ	ทุกขนาด	จัดทำรายงาน	จัดทำรายงาน
57	โรงงานประกอบกิจการผลิตปูนซีเมนต์	ทุกขนาด	ไม่ทำรายงาน	จัดทำรายงาน
59	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเหล็กและเหล็กกล้าที่มีเตาอบหรือใช้น้ำกรดหรือใช้สารที่อาจเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม	กำลังการผลิตตั้งแต่ 100 ตันต่อวันขึ้นไป	จัดทำรายงาน	จัดทำรายงาน
59	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเหล็กและเหล็กกล้าที่มีเตาหลอมเหล็ก	เตาหลอมมีปริมาตรรวมทั้งสิ้น (Total Capacity) ตั้งแต่ 5 ตันต่อครั้ง (batch) ขึ้นไป	ไม่ทำรายงาน	จัดทำรายงาน
60	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการถลุงแร่หรือหลอมโลหะ ซึ่งไม่ใช่อุตสาหกรรมเหล็กหรือเหล็กกล้า	กำลังการผลิตตั้งแต่ 50 ตันต่อวันขึ้นไป	ไม่ทำรายงาน	จัดทำรายงาน
88	โรงไฟฟ้า	กำลังการผลิต 10 เมกะวัตต์ ขึ้นไป	จัดทำรายงาน	จัดทำรายงาน
101	โรงงานปรับคุณภาพของเสียรวมเฉพาะสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุไม่ใช้แล้ว ตามกฎหมายโรงงาน	ทุกขนาด เฉพาะ	จัดทำรายงาน	ไม่ทำรายงาน
		- โรงงานบำบัดน้ำเสียรวม		
		- เตาเผาของเสีย	ไม่ทำรายงาน	จัดทำรายงาน
		- หลุมฝังกลบ	จัดทำรายงาน	ไม่ทำรายงาน
105	โรงงานจัดการกากของเสียและวัตถุอันตราย	ทุกขนาด เฉพาะการฝังกลบ	จัดทำรายงาน	จัดทำรายงาน
106	โรงงานจัดการกากของเสียและวัตถุอันตราย (Recycle)	ทุกขนาด	จัดทำรายงาน	จัดทำรายงาน
	โรงงานทุกประเภทที่มีน้ำเสียปนเปื้อนสารอินทรีย์	มีปริมาตรน้ำเสียตั้งแต่ 500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (ไม่รวมน้ำหล่อเย็น) หรือปริมาณความสกปรกก่อนเข้าระบบบำบัด (BOD Load of Influent) ตั้งแต่ 100 กิโลกรัมต่อวันขึ้นไป	จัดทำรายงาน	ไม่ทำรายงาน

ลำดับที่	ประเภทหรือชนิดโรงงาน	ขนาดโรงงาน	มลพิษน้ำ	มลพิษอากาศ
	โรงงานทุกประเภทที่ใช้สารหรือองค์ประกอบของสารดังต่อไปนี้ในกระบวนการผลิต สังกะสี แคดเมียม ไซยาไนต์ ฟอสฟอรัส ที่อยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ ตะกั่ว ทองแดง บาเรียม เซเลเนียม นิเกิล แมงกานีส โครเมียมวาเลนซี 6 อาร์ซีนิค และสารประกอบ อาร์ซีนิค ปรอท และ สารประกอบปรอท	มีปริมาณน้ำเสียตั้งแต่ 50 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (ไม่รวมน้ำหล่อเย็น)	จัดทำรายงาน	ไม่ทำรายงาน

สำหรับพารามิเตอร์ที่กำหนดให้ต้องรายงานคือพารามิเตอร์ตามมาตรฐานการระบายน้ำทิ้งและอากาศที่ระบายออกจากโรงงานที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งพารามิเตอร์ตามที่กำหนดในรายงาน การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม ในกรณีที่โรงงานดังกล่าวเข้าข่ายที่ต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม โดยการรายงานมลพิษน้ำต้องมีพารามิเตอร์อย่างน้อย BOD หรือ COD หรือ SS หรือทั้งสามพารามิเตอร์ หรือโลหะหนัก ตามคุณลักษณะน้ำเสียจากโรงงานแต่ละประเภท หรือ พารามิเตอร์อื่นที่กำหนดในรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม โดยให้ใช้ผลตรวจวัดจริงในการรายงาน ส่วนการรายงานมลพิษอากาศ ต้องมีพารามิเตอร์อย่างน้อย SO<sub>2</sub> หรือ NO<sub>x</sub> หรือ TSP หรือทั้งสาม พารามิเตอร์ตามชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ หรือพารามิเตอร์อื่นที่กำหนดในรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม โดยให้ใช้ผลตรวจวัดจริงในการรายงานหรือใช้ค่าจากการคำนวณสำหรับการระบายมลพิษแบบฟุ้งกระจาย (fugitive emission) โดยกำหนดให้มีการรายงานปีละ 2 รอบ

## บทที่ 2

# การเตรียมการสำหรับความปลอดภัยในการปลดปล่อยมลพิษ

### 1 การจัดทำข้อมูลสำหรับใช้ประกอบการรายงานข้อมูล และความปลอดภัยในการปลดปล่อย

ประเภทของข้อมูลซึ่งสถานประกอบการควรเก็บรวบรวมไว้สำหรับใช้ประกอบการคาดการณ์ การปลดปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม หรือการจัดทำรายงาน ได้แก่

#### 1.1 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต อาทิ

- **ข้อมูลวัตถุดิบ** เช่น ชนิดและปริมาณวัตถุดิบที่ซื้อ ใช้ในกระบวนการผลิต ยอดคงเหลือ วัตถุดิบที่เสื่อมสภาพ
- **ข้อมูลการผลิต** รวมถึงปริมาณวัตถุดิบและปริมาณผลผลิต หรือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากแต่ละกระบวนการผลิต องค์ประกอบหรือส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสารเคมี/มลพิษ/ผลิตภัณฑ์ ของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตและแหล่งกำเนิดของของเสีย
- **ข้อมูลจำเพาะของวัตถุดิบ และผลิตภัณฑ์** รวมถึงข้อมูลความปลอดภัยของสารเคมี (Safety Data Sheet: SDS) หรือ สูตร อัตราส่วน และลักษณะของสารเคมีนั้น ตามคำขออนุญาตผลิตวัตถุอันตราย (ใบ วอ.1) ใบอนุญาตผลิตวัตถุอันตราย (วอ.2) เป็นต้น ซึ่งมีประโยชน์ในการระบุถึง องค์ประกอบของสารเคมีและผลิตภัณฑ์ที่ใช้และผลิตในสถานประกอบการ
- **ข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องจักร อุปกรณ์** รวมถึงข้อมูลทั่วไปทางด้านวิศวกรรม เช่น ลักษณะเฉพาะของเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตและระบบบำบัดมลพิษ ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิตอย่างใด อย่างหนึ่ง จำนวนขนาดและสภาพของคอมเพรสเซอร์ วาล์ว fitting เส้นผ่าศูนย์กลางของปล่องระบายมลพิษ เป็นต้น

#### 1.2 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับมลพิษที่เกิดขึ้นภายในสถานประกอบการ

- **ข้อมูลผลการติดตามตรวจสอบ หรือตรวจวัดต่างๆ** เช่น ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำทิ้ง คุณภาพอากาศที่มีการระบายออกจากปล่อง คุณภาพอากาศในบริเวณสถานที่ปฏิบัติงาน
- **ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณการระบาย หรือ ingsู่สิ่งแวดล้อม** เช่น ปริมาณน้ำทิ้ง ปริมาณอากาศเสีย ที่ระบายออกจากปล่อง
- **ข้อมูลชนิด/ปริมาณของเสีย** ได้แก่ ข้อมูลชนิดและปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นภายในสถานประกอบการ เอกสารเกี่ยวกับการขออนุญาตนำของเสียออกนอกบริเวณโรงงานเพื่อบำบัด หรือ กำจัด การนำกลับมาใช้ประโยชน์อีก การนำกลับมาใช้ซ้ำ เช่น แบบขอขยายระยะเวลาในการกักเก็บ สิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วบริเวณโรงงาน (แบบ สก.1) แบบคำขออนุญาตขอรับของเสียหรือ สิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงาน (แบบ สก.2) ใบแจ้งเกี่ยวกับรายละเอียด สิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว (แบบ สก.3) เอกสารใบกำกับการขนส่งของเสียอันตราย เป็นต้น

**1.3 ข้อมูลอื่นๆ** อาทิ สารเคมีที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสีย สารเคมีที่ใช้ในการทำความสะอาดเครื่องจักรในการผลิต หรือบำรุงรักษาต่างๆ ซึ่งปลายทางของผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดส่วนใหญ่มักสิ้นสุดที่การปล่อยทิ้ง เป็นต้น

## 2. สำรขวและระบุนุแหล่งกำเนิดมลพิษ

ศึกษาข้อมูลที่รวบรวมได้และดำเนินการสำรวจแหล่งกำเนิด หรือที่มาของมลพิษภายในสถานประกอบการ ว่ามาจากแหล่งใดบ้าง หรือมีปริมาณมากน้อยเพียงใด ซึ่งจะมีผลต่อการเลือกวิธีคาดการณ์การปลดปล่อยมลพิษ อาทิ สถานที่ขนถ่ายวัตถุดิบ สถานที่จัดเก็บสารเคมี แท็งก์ฟาร์ม ระบบท่อส่งวัตถุดิบ บั้ม วาล์ว ระบบการเก็บกักเชื้อเพลิงซึ่งมีการทรุดรั่วไหลของสารเคมี เครื่องจักร กระบวนการผลิต พื้นที่ทำงาน ระบบบำบัดอากาศเสีย ระบบบำบัดน้ำเสีย สถานที่เก็บกากของเสีย ระบบบำบัด/กำจัดของเสีย

## 3. ศึกษาข้อมูลและเทคนิคสำหรับใช้คาดการณ์การปลดปล่อย

การคาดการณ์การปลดปล่อยเป็นกระบวนการเลือกสรรอย่างหนึ่ง ซึ่งสถานประกอบการอาจเลือกใช้วิธีที่เห็นว่าเป็นไปได้มากที่สุด ให้ข้อมูลที่ถูกต้องและเที่ยงตรงที่สุด เนื่องจากเทคนิคหรือวิธีคาดการณ์การปลดปล่อยมลพิษมีหลายประเภท อาทิ การตรวจวัด การจัดทำมวลสมดุล การใช้ตัวคูณ อัตราการปลดปล่อยมลพิษ การใช้หลักเกณฑ์ทางวิศวกรรม ซึ่งแต่ละเทคนิค มีข้อดี ข้อจำกัดแตกต่างกัน ข้อมูลที่รวบรวมได้เบื้องต้นจะบอกได้ว่าควรใช้เทคนิคหรือวิธีคาดการณ์วิธีใดได้บ้าง บางเทคนิคอาจมีความเที่ยงตรงหรือถูกต้องมากกว่าวิธีอื่นแต่อาจมีค่าใช้จ่ายมากกว่า แต่บางวิธีก็อาจทำได้ง่ายกว่าแต่ผลการคาดการณ์อาจไม่เที่ยงตรงมากนัก เป็นต้น ซึ่งการจะเลือกใช้วิธีใดนั้นขึ้นกับ ปริมาณมลพิษที่สถานประกอบการปลดปล่อย คุณภาพของข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ จุดมุ่งหมายของการนำข้อมูลไปใช้ และขึ้นกับการตัดสินใจของผู้คาดการณ์เกี่ยวกับความเที่ยงตรงที่ได้รับจากการเลือกวิธีการคาดการณ์นั้นๆ สถานประกอบการควรระลึกไว้ว่าไม่ใช่ทุกวิธีจะสามารถใช้การได้กับการปลดปล่อยทุกประเภท ดังนั้นการเลือกใช้วิธีการคาดการณ์วิธีใดวิธีหนึ่ง ควรมีการพิจารณาถึงประเด็นข้อดีข้อเสียของแต่ละวิธี เพื่อที่จะสามารถเลือกเทคนิคหรือวิธีที่เหมาะสมที่สุดกับแหล่งกำเนิดหรือกิจกรรมที่ก่อให้เกิดมลพิษแต่ละประเภทได้

## 4. ทดลองคาดการณ์และเลือกเทคนิคสำหรับคาดการณ์การปลดปล่อยมลพิษ

วิธีตรวจสอบว่ามีข้อมูลเพียงพอสำหรับการคาดการณ์หรือไม่ และวิธีคาดการณ์การปลดปล่อยที่ใช้มีความเหมาะสมหรือไม่ คือการทดลองคำนวณปริมาณการปลดปล่อยโดยใช้ข้อมูลที่รวบรวมได้ ซึ่งนอกจากจะทำให้มีการทบทวนหรือพิจารณาถึงวิธีการคาดการณ์การปลดปล่อยมลพิษใหม่แล้วยังช่วยให้มีโอกาสในการเก็บรวบรวมข้อมูลใหม่เพิ่มเติม มีการวางแผนและกำหนดวิธีการจัดเก็บข้อมูล รวมถึงทราบถึงแหล่งกำเนิดของมลพิษต่างๆ ภายในสถานประกอบการ และสามารถนำไปสู่วิธีการจัดการเพื่อลดการสูญเสียสารเคมี หรือลดการปลดปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมได้

## 5. พัฒนาระบบในกาจัดเก็บ ดิตตามข้อมูล

สถานประกอบการควรพัฒนาวิธีการจัดเก็บข้อมูลให้เป็นระบบสำหรับใช้ในการติดตามและเก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นต่อการรายงานและคำนวณสำหรับปีถัดไป เนื่องจากข้อมูลจำนวนมากถูกเก็บไว้ตามแผนกต่างๆ และถูกใช้งานอื่นนอกเหนือจากการรายงานข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษของสถานประกอบการ ดังนั้น จึงควรรู้ถึงแผนกหรือสถานที่จัดเก็บข้อมูลสำหรับใช้ประกอบการคาดการณ์การปลดปล่อยมลพิษและควรมีการจัดทำสำเนาเก็บไว้ที่ผู้ประสานงานด้วย บางกรณีอาจต้องจัดทำแบบฟอร์มขึ้นใหม่สำหรับใช้จัดเก็บข้อมูลที่มีความจำเป็นต่อการคาดการณ์การปลดปล่อยมลพิษขึ้นเป็นการเฉพาะ นอกจากนี้สถานประกอบการควรแต่งตั้งหรือมอบหมายพนักงานเพื่อทำหน้าที่เป็นผู้ประสานงานระหว่างสถานประกอบการกับบุคคลภายนอก เช่น ภาครัฐในการจัดส่งข้อมูล และประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียงกับโรงงาน ซึ่งอาจมีความสนใจในข้อมูลเกี่ยวกับการปลดปล่อยและเคลื่อนย้ายมลพิษ

ผู้ประสานงานในการเก็บรวบรวมข้อมูลและประสานงานกับบุคคลภายนอก ควรเป็นผู้ที่รู้ข้อมูลเกี่ยวกับสถานประกอบการ กระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ที่โรงงานผลิตได้ เช่น ผู้จัดการสิ่งแวดล้อม หรือผู้จัดการโรงงาน โดยต้องพิจารณาถึงระยะเวลาการปฏิบัติงานของผู้ที่ได้รับมอบหมายด้วย เนื่องจากต้องรายงานข้อมูลเป็นประจำทุกปีและต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน จะทำให้การรายงานข้อมูลง่ายขึ้นในปีต่อไป รวมถึงการใช้ประโยชน์จากข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษให้ได้มากที่สุดด้วยเช่นกัน โดยเป้าหมายสูงสุดคือ การระบุถึงสาเหตุและที่มาของมลพิษและการดำเนินการเพื่อลดการปลดปล่อย อาทิ ประเมินผลของการเปลี่ยนกิจกรรมใดๆ ในสถานประกอบการเพื่อลดปริมาณการปลดปล่อยมลพิษในแต่ละปี ดังนั้นหากมีการเปลี่ยนตัวผู้ประสานงานบ่อยๆ นอกจากจะเป็นการไม่ให้ความสำคัญกับผู้ปฏิบัติงานดังกล่าวแล้วจะมีผลทำให้การใช้ประโยชน์จากข้อมูลการปลดปล่อยฯ ลดน้อยลง

## 6. การใช้ประโยชน์จากการคาดการณ์การปลดปล่อย/ระบายมลพิษ

การคาดการณ์การปลดปล่อยหรือระบายมลพิษ อาจสามารถบ่งบอกถึงกระบวนการหรือขั้นตอนที่ไม่สามารถ เปลี่ยนวัตถุดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์หรือผลผลิตได้หมด หรือสามารถระบุแหล่งที่มีการสูญเสียวัตถุดิบในกระบวนการผลิตได้ ทำให้มีการตรวจสอบจุดที่มีการสูญเสียวัตถุดิบ ช่วยเพิ่มความระมัดระวังในการทำงานและการใช้วัตถุดิบ ซึ่งจะส่งผลให้มีการลดการสูญเสียวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์ ลดปริมาณของเสียที่จะต้องนำไปบำบัดหรือกำจัด หรือลดการระบายและปลดปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและเพิ่มผลกำไรให้กับสถานประกอบการได้มากขึ้น เป็นต้นว่า การที่สถานประกอบการพบว่าการส่งของเสียไปกำจัดเป็นจำนวนมาก อาจสะท้อนให้เห็นว่าวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไม่บริสุทธิ์ ซึ่งการตรวจพบปัญหาในกรณีนี้อาจทำให้สถานประกอบการต้องลงทุนติดตั้งระบบขจัดสิ่งปนเปื้อน หรือความไม่บริสุทธิ์ออกจากวัตถุดิบหรือสารเคมีก่อนนำไปใช้ในการผลิต หรืออาจตัดสินใจเปลี่ยนผู้ผลิตสินค้ารายใหม่ หรือเปลี่ยนสูตรของสารเคมีที่จะนำมาใช้ใหม่เพื่อแก้ปัญหาเรื่องสารเคมีหรือวัตถุดิบที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต หรืออาจมีการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตใหม่ เป็นต้น

# บทที่ 3

## วิธีการหาค่าประมาณการปลดปล่อยมลพิษ

วิธีหรือเทคนิคที่นิยมนำมาใช้ในการหาประมาณการปลดปล่อยมลพิษ โดยทั่วไปจำแนกได้ 4 ประเภท คือ การตรวจวัด (Measurement) การจัดทำมวลสมดุล (Mass Balance / Material Accounting) การใช้ตัวคูณอัตราการปลดปล่อยมลพิษ (Emission Factor) หรือสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษ และการใช้หลักเกณฑ์ทางวิศวกรรม (Engineering Calculation / Engineering Judgement) โดยมีรายละเอียดของแต่ละวิธีหรือเทคนิค ดังนี้

### 1. การหาค่าประมาณการปลดปล่อยโดยการตรวจวัด (Measurement: M)

มักใช้ได้ดีภายใต้สภาวะการทำงานที่ปกติ สำหรับเส้นทางของมลพิษ (waste stream) ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลและความเข้มข้น เมื่อทราบผลการตรวจวัดหรือความเข้มข้นของมลพิษแล้ว นำค่าดังกล่าวมาคูณกับอัตราการไหลหรืออัตราการระบายมลพิษชนิดนั้น ก็จะทราบปริมาณการปลดปล่อยได้

#### 1) ประเภทของการตรวจวัด จำแนกได้ดังนี้

##### 1.1) การตรวจวัดโดยตรง (Direct Measurement / Direct Monitoring)

หมายถึง การติดตามตรวจสอบ/การตรวจวัดการระบายมลพิษจากแหล่งกำเนิดโดยตรง สามารถจำแนกตามลักษณะของความต่อเนื่องหรือความถี่ของการตรวจวัด ได้ดังนี้

##### (1) ระบบการตรวจวัดมลพิษทางอากาศอย่างต่อเนื่อง (Continuous Emission Monitoring)

- เป็นระบบรายงานผลการตรวจวัดข้อมูลการระบายมลพิษทางอากาศจากปล่องอย่างต่อเนื่อง 24 ชั่วโมงต่อวันตลอดทั้งปี ตัวอย่างเช่น การตรวจวัดคุณภาพการระบายมลพิษทางอากาศจากปล่อง

##### (2) การตรวจวัดเป็นครั้งคราว (Periodic Emission Monitoring)

- เป็นการตรวจวัดปริมาณการปลดปล่อยมลพิษในระยะเวลาสั้นๆ ณ แหล่งกำเนิด ซึ่งอาจจะมีการตรวจวัดสม่ำเสมอหรือตรวจวัดเพียงครั้งเดียวก็ได้ โดยความถี่ของการตรวจวัดอาจแตกต่างกัน การตรวจวัดดังกล่าวสถานประกอบการอาจดำเนินการตามข้อกำหนดของทางราชการ หรือเพื่อวัตถุประสงค์อื่นของสถานประกอบการ เช่น ข้อมูลความเข้มข้นของมลพิษที่ระบายจากระบบบำบัดน้ำเสีย หรือระบบบำบัดอากาศเสีย การตรวจวัดความเข้มข้นของสารเคมีในบรรยากาศของพื้นที่ปฏิบัติงาน หรือตรวจวัดปริมาณการได้รับสารเคมีของคนงาน เป็นต้น

## 1.2) การตรวจวัดโดยอ้อม (Indirect Measurement)

วัตถุประสงค์ของการตรวจวัดแบบนี้ คือใช้สำหรับติดตามตรวจสอบเพื่อควบคุมกระบวนการผลิต (process control measurement) โดยเป็นการตรวจวัดหาความเข้มข้นของสารเคมีในสายการผลิตหรือเมื่อออกจากสายการผลิตแล้ว ซึ่งสารเคมีหรือพารามิเตอร์ดังกล่าวเป็นชนิดเดียวกับมลพิษที่มีการปลดปล่อยจึงสามารถนำมาใช้คาดประมาณการปลดปล่อยได้อย่างเที่ยงตรง เนื่องจากปริมาณการปลดปล่อยมีความสัมพันธ์กับสภาพของการผลิตโดยตรง ดังนั้นหากมีความถี่ในการตรวจวัดมากพอที่จะบอกถึงสภาพของการผลิตในสภาวะปกติได้ตลอดทั้งปี ก็จะสามารถทราบถึงปริมาณสารเคมีหรือมลพิษที่มีการปลดปล่อยรั่วไหล หรือเปลี่ยนสถานะไปอยู่ในน้ำ/อากาศได้

## 1.3) ขีดจำกัดของเครื่องมือตรวจวัด (Detection Limit)

กรณีที่ผลการตรวจวัดสารมลพิษระบุว่าค่าที่ตรวจวัดได้ต่ำกว่าขีดจำกัดของเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์หรือตรวจไม่พบ ไม่ได้หมายความว่าไม่มีสารมลพิษอยู่ในสิ่งที่ต้องการตรวจวัด แต่เนื่องจากขีดจำกัดของเครื่องมือจึงไม่สามารถตรวจวัดสารมลพิษดังกล่าวนั้นได้ ตัวอย่างเช่น มีสารตะกั่วอยู่ในน้ำเสีย 2 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ถ้าใช้เครื่องมือวิเคราะห์หาสารตะกั่วซึ่งมีขีดจำกัดของการวัดคือ 5 มิลลิกรัม/ลิตร จะตรวจไม่พบหรือไม่สามารถรายงานผลการตรวจวัดปริมาณตะกั่วที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า 5 มิลลิกรัม/ลิตรได้ แต่หากใช้เครื่องมือที่มีขีดจำกัดที่ 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร ก็จะสามารถตรวจพบสารตะกั่วในตัวอย่างน้ำเสียนั้นได้ เป็นต้น ซึ่งในกรณีนี้จะมีผลต่อการนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้คาดประมาณการปลดปล่อยมลพิษ และไม่มีคำตอบที่แน่นอนประเด็นที่ควรพิจารณาคือ การตรวจสอบข้อมูลผลการตรวจวัดย้อนหลัง หากมีการตรวจวัดหลายครั้งแล้วพบว่าสารตะกั่วมีค่าต่ำกว่าขีดจำกัดของเครื่องมือตรวจวัด และไม่สามารถหาเหตุผลหรือข้อโต้แย้งที่แสดงให้เห็นว่ามีสารตะกั่วอยู่ในตัวอย่างที่ต้องการตรวจวัดได้ ให้รายงานผลการตรวจวัดว่ามีค่าเท่ากับศูนย์ แต่หากมีเหตุผลที่เชื่อได้ว่ายังคงมีสารมลพิษดังกล่าวอยู่จริง การนำข้อมูลไปใช้ประกอบการคาดประมาณการปลดปล่อยควรเป็นครั้งหนึ่งของขีดจำกัดของเครื่องมือหรือ 2.5 มิลลิกรัม/ลิตร

กรณีที่ผลการตรวจวัดบางครั้งมีทั้งค่าสูงกว่าขีดจำกัดของเครื่องมือ และบางครั้งมีค่าต่ำกว่าขีดจำกัดฯ ดังนั้นในการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยจึงควรใช้ค่าการตรวจวัดที่สูงกว่าขีดจำกัดฯ ยกเว้นแต่จะสามารถแสดงให้เห็นได้ว่าผลการตรวจวัดซึ่งสูงกว่าขีดจำกัดฯ ดังกล่าว เป็นการตรวจวัดที่ผิดพลาด อย่างไรก็ตามค่าที่นำมาใช้ประกอบการคาดประมาณการปลดปล่อยควรมีค่าเท่ากับครั้งหนึ่งของขีดจำกัดฯ เช่นเดียวกับที่กล่าวมาแล้ว



## 2) การตรวจวัดการปลดปล่อย/ระบายมลพิษ

### 2.1) การตรวจวัดการปลดปล่อย/ระบายมลพิษแบบฟุ้งกระจาย

โดยทั่วไปการตรวจวัดการฟุ้งกระจายของสารมลพิษในอากาศ (fugitive emission) มักทำได้ยาก เนื่องจากมลพิษมีแหล่งกำเนิดหรือแหล่งที่มาแตกต่างกัน การตรวจวัดโดยตรงจึงมีค่าใช้จ่ายสูงและใช้ระยะเวลามาก สถานประกอบการจึงอาจนำข้อมูลการติดตามตรวจสอบที่มีอยู่แล้วมาใช้ในขนาดประมาณการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศแบบฟุ้งกระจายได้ เช่น ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของสารเคมีในบรรยากาศบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงานต่างๆ และข้อมูลอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศจากระบบการระบายอากาศ (ventilation system) ของโรงงานสำหรับการคาดประมาณการปลดปล่อย (emission) แบบฟุ้งกระจายได้

อย่างไรก็ตาม ไม่มีความจำเป็นต้องตรวจติดตามหรือตรวจวัดสารเคมีตัวหนึ่งตัวใดโดยเฉพาะ หากโรงงานต้องรายงานข้อมูลสารมลพิษเพียงชนิดเดียว หรือ สารเคมีที่ต้องตรวจวัดมีลักษณะไม่เหมือนสารใดเลย ตัวอย่างเช่น โรงงานผลิตยารักษาโรคแห่งหนึ่งใช้สารคลอโรฟอร์มเป็นตัวทำละลายเพียงชนิดเดียวเท่านั้นในกระบวนการสกัดสารเคมี ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องตรวจวัดหาความเข้มข้นของสารคลอโรฟอร์มในบรรยากาศ แต่สามารถตรวจวัดความเข้มข้นของสารคลอโรฟอร์มที่อยู่ในพื้นที่ปฏิบัติงานในรูปของปริมาณสารประกอบไฮโดรคาร์บอนทั้งหมด (total hydrocarbon) แทน ก็ได้เช่นกัน

สถานประกอบการสามารถดำเนินการตรวจวัดการรั่วไหลของเครื่องจักรอุปกรณ์ต่างๆ เป็นประจำ เช่น วาล์ว ข้อต่อ ข้องอ บีม คอมเพรสเซอร์ หรือชิ้นส่วนต่างๆ จากอุปกรณ์การผลิต วิธีการตรวจวัดชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์เหล่านี้ อาจได้รับการพัฒนาจนเป็นที่แพร่หลายทั่วไป ตัวอย่างเช่น U.S.EPA Emission factor for equipment leak of VOCs and HAPs ซึ่งจะให้คำแนะนำทั่วไปในการตรวจวัดอัตราการรั่วไหลจาก วาล์ว ข้อต่อ ข้องอ บีม และ อุปกรณ์ที่ได้รับการห่อหุ้ม หรือ ซีลกันรั่ว เป็นต้น

การติดตามตรวจสอบการรั่วไหลของเครื่องมือ/อุปกรณ์ สามารถใช้คาดประมาณการปลดปล่อยแบบฟุ้งกระจายได้ อย่างไรก็ตามไม่จำเป็นต้องตรวจสอบวาล์วทั้งหมดที่มีในโรงงาน แต่ควรมีจำนวนการตรวจสอบมากพอที่จะใช้เป็นตัวแทนของวาล์วแต่ละประเภทได้ เช่น gate valve, globe valve อัตราการรั่วไหลอาจขึ้นอยู่กับอัตราการไหลผ่านอุปกรณ์/เครื่องมือชิ้นนั้น หรือชนิดของสารเคมีที่ใช้ นอกจากนี้อายุและสภาพการใช้งานของอุปกรณ์มีผลต่อปริมาณการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศแบบฟุ้งกระจายด้วยเช่นกัน ดังนั้นการตรวจสอบควรพิจารณาถึงกับปัจจัยเหล่านี้ด้วย อย่างน้อยต้องสามารถบอกได้ว่าอัตราการรั่วไหลเป็นผลจากชนิดของสารเคมี หรือ อัตราการไหลของสารเคมีผ่านอุปกรณ์นั้น

สถานประกอบการสามารถตรวจวัดการรั่วไหลได้ด้วยเครื่อง Sniffer โดยถือเครื่องมือไว้ใกล้กับอุปกรณ์ที่จะตรวจวัดและสามารถอ่านค่าผลการตรวจวัด หากตรวจพบว่ามี การรั่วไหล



แสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์หรือเครื่องมือนั้นต้องได้รับการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนใหม่

## 2.2) การตรวจวัดการระบายมลพิษที่มีจุดรั่วแหล่งกำเนิดแน่นอน

### 2.2.1) การตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากปล่อง

การตรวจติดตามการปลดปล่อยระบายมลพิษทางอากาศจากแหล่งกำเนิดที่มีจุดปล่อยหรือจุดระบายทิ้งที่แน่นอน เช่น จากปล่อง ทำได้ง่ายกว่าการปลดปล่อยแบบฟุ้งกระจาย เนื่องจากทราบถึงจุดที่มลพิษมีการระบายสู่สิ่งแวดล้อม และมักเป็นการตรวจติดตามการปลดปล่อยมลพิษตามข้อกำหนดของทางราชการ โดยทำการติดตั้งเครื่องมือเก็บตัวอย่างเพื่อวัดปริมาณความเข้มข้น และวัดอัตราการไหล และระยะเวลาที่มีการปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม ก็จะสามารถคาดการณ์ปริมาณการปลดปล่อยมลพิษนั้นๆ สู่ตัวกลางสิ่งแวดล้อมได้

### 2.2.2) การตรวจวัดมลพิษจากการระบายน้ำทิ้ง

การตรวจวัดการปลดปล่อยหรือการระบายน้ำทิ้งจากท่อ มีลักษณะเช่นเดียวกับการตรวจวัดการปลดปล่อยมลพิษที่มีการระบายออกจากปล่อง ส่วนใหญ่สถานประกอบการมักมีจุดระบายน้ำทิ้งเพียงจุดเดียว จึงทำให้การติดตามตรวจสอบการระบายน้ำทิ้งสู่แหล่งน้ำผิวดินจึงง่ายกว่าวิธีการปลดปล่อยแบบอื่น โดยสถานประกอบการต้องดำเนินการติดตามตรวจสอบการระบายน้ำทิ้งเป็นประจำ อันเนื่องจากกฎระเบียบข้อบังคับของหน่วยงานราชการต่างๆ หรือเพื่อใช้สำหรับควบคุมการเดินระบบบำบัดน้ำเสียให้สามารถบำบัดน้ำเสียให้เป็นไปตามมาตรฐานการระบายน้ำทิ้ง เป็นต้น

สำหรับมลพิษที่ระบายหรือปลดปล่อยสู่พื้นดินขึ้นกับลักษณะของเส้นทางของมลพิษ (waste stream) ที่มีการระบายหรือปลดปล่อยสู่พื้นดิน อาทิ จากระบบฝังกลบของเสีย จากระบบ land farming บ่อเก็บน้ำเสีย ที่ไม่มีระบบป้องกันการรั่วไหลของมลพิษจากของเสีย น้ำเสีย หรืออาจมาจากการระบายน้ำทิ้งลงสู่พื้นดินโดยตรง จากการรั่วไหลของสารเคมี/น้ำเสียจากเส้นท่อลงสู่พื้นดิน การตรวจวัดจึงอาจวัดจากความเข้มข้นของมลพิษในน้ำเสีย สลัดจ์ ของเสียที่มีการนำมาทิ้ง หรือใช้ความเข้มข้นของสารเคมีนั้นแล้วแต่กรณี

## 2 การขาดประมาณการปลดปล่อยโดยการจัดทำมวลสมดุล (Mass Balance: B)

มักใช้กับการจัดทำมวลสมดุลการปลดปล่อยมลพิษในภาพรวมของสถานประกอบการ และเฉพาะกระบวนการผลิต (process) ใดๆ ที่มีอัตราส่วนของการปลดปล่อยมลพิษต่อปริมาณการใช้สารเคมีที่แตกต่างกันมาก หรือการปลดปล่อยที่มีปริมาณมาก

### 1) หลักในการจัดทำมวลสมดุล

สิ่งที่จำเป็นในการพิจารณาการดุลมวลของสาร ได้แก่ การกำหนดระบบ (system) โดยระบบอาจเป็น



ไปตามเวลา ไม่มีการสะสมเกิดขึ้นในระบบ และถ้าในระบบไม่มีสารเกิดใหม่ไม่มีการใช้สาร สมการคือ

$$\text{มวลสารที่เกิดในระบบ} = \text{มวลสารที่ใช้ในระบบ}$$

หรือ

$$\text{ปริมาณสารที่ป้อนเข้าสู่ระบบ} = \text{ปริมาณสารที่ออกจากระบบ}$$

ตัวอย่างเช่น

ปริมาณสารที่ป้อนเข้าสู่ระบบ (Input)	ปริมาณสารที่ออกจากระบบ (Output)
ปริมาณสารเคมี ก. ที่นำมาในสถานประกอบการ/ปี	ปริมาณสารเคมี ก. ที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ส่งออก/ปี
ปริมาณสารเคมี ก. ที่ตรวจสอบเมื่อต้นปี	ปริมาณสาร ก. ที่ตรวจสอบ ณ ท้ายปี
ปริมาณสารเคมี ก. ที่ผลิตได้ในสถานประกอบการระหว่างปี	ปริมาณสาร ก. ที่มีการใช้ในสถานประกอบการในระหว่างปี
	ปริมาณสาร ก. ที่ปลดปล่อย ในสถานประกอบการระหว่างปี
	ปริมาณสาร ก. ในของเสียที่ถูกขนย้ายออกนอกสถานประกอบการระหว่างปี

การทำสมดุลมวลของกระบวนการผลิตหนึ่งๆ จะช่วยให้สามารถวิเคราะห์กระบวนการผลิตได้ว่าคงที่หรือมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือไม่อย่างไร อาทิ การใช้ปริมาณสารตั้งต้นปริมาณหนึ่งจะก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ขึ้นในปริมาณเท่าใด ตรงตามที่คำนวณหรือไม่ ซึ่งจะทำให้ทราบว่ากระบวนการผลิตนั้นเกิดการสูญเสียมากน้อยเพียงใด หรือขั้นตอนใด เพื่อที่จะสามารถหาทางพัฒนาและแก้ไขระบบหรือกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น ลดปริมาณของเสีย และลดความสูญเสียของผลิตภัณฑ์น้อยที่สุด

### 3 การคาดประมาณการปลดปล่อยโดยการใช้ตัวคูณอัตราการปลดปล่อยมลพิษ (Emission Factor: E)

ตัวคูณอัตราการปลดปล่อยมลพิษ หรือ สัมประสิทธิ์การระบายมลพิษ (Emission factor) เป็นตัวเลขหรือค่าที่กำหนดขึ้น โดยพัฒนามาจากการตรวจวัดปริมาณของมลพิษที่ถูกระบายจากกิจกรรม กระบวนการผลิต หรือเครื่องจักร/อุปกรณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง ค่า Emission factor จึงมักแสดงในรูปของอัตราส่วนของปริมาณการปลดปล่อยสารมลพิษที่เกิดจากกิจกรรม กระบวนการผลิต เครื่องจักร/อุปกรณ์ ที่มีลักษณะจำเพาะเจาะจงต่อการปลดปล่อยสารมลพิษชนิดนั้นออกสู่สิ่งแวดล้อม หรือแสดงในรูปของน้ำหนักของสารที่ปลดปล่อยหารด้วยน้ำหนัก ปริมาตร ระยะทาง หรือระยะเวลาของกิจกรรมที่มีการปลดปล่อยหรือระบายสารนั้นออกสู่สิ่งแวดล้อม ก็ได้

การคำนวณหรือคาดประมาณการปลดปล่อยมลพิษ ทำได้โดยนำ Emission factor มาคูณกับอัตราการดำเนินกิจกรรมที่ก่อให้เกิดมลพิษ (Activity data) หรือข้อมูลปริมาณงานที่ทำในช่วงระยะเวลาหนึ่ง เช่น ปริมาณการผลิต ปริมาณการใช้น้ำ อัตราการไหล ก็จะทราบถึงปริมาณการปลดปล่อยได้

การคาดประมาณการปลดปล่อยโดยใช้ Emission factor เหมาะสำหรับการปลดปล่อยที่มีปริมาณ

ค่อนข้างน้อย ส่วนใหญ่มักจะใช้ค่าประมาณการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศ โดยเฉพาะการฟุ้งกระจาย (Fugitive) เช่น การรั่วไหลจากวาล์ว ข้อต่อ ช้องอ บีม คอมเพรสเซอร์ แต่ไม่นิยมใช้ Emission factor คำนวณการปลดปล่อยสู่แหล่งน้ำหรือดิน แม้ว่า Emission factor บางตัวจะสามารถใช้คำนวณการปลดปล่อยสู่แหล่งน้ำและดินได้ก็ตาม โดยทั่วไป ค่า Emission factor จำแนกได้ 2 ประเภท คือ

- เจาะจงสารเคมีมลพิษอย่างใดอย่างหนึ่ง (chemical specific emission factor) เช่น emission factor สำหรับสาร NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, benzene
- ไม่เจาะจงสารเคมีใดโดยเฉพาะ (non chemical specific emission factor) เช่น emission factor สำหรับสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOC)

เนื่องจาก Emission factor เป็นค่าเฉลี่ยของปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้น ปริมาณการปลดปล่อยจากการคำนวณโดยวิธีนี้จึงอาจสูงหรือต่ำกว่าความเป็นจริงได้ การนำค่า Emission factor ไปใช้คำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยมลพิษ หรือสารเคมี ชนิดใดชนิดหนึ่ง จึงควรมีกระบวนการผลิต กรรมวิธีในการผลิต เครื่องจักร หรือ อุปกรณ์สำหรับใช้ในการผลิตที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับที่สถานประกอบการใช้อยู่ จึงจะทำให้ค่าการคาดประมาณใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ทั้งนี้ ค่า emission factor ที่นำมาใช้ประกอบการคาดประมาณการปลดปล่อยมลพิษ ควรได้มาจากหน่วยงานหรือสถาบันที่มีการยอมรับโดยทั่วไป อาทิ จากเว็บไซต์ National Pollutant Inventory (<http://www.npi.gov.au/publications/emission-estimation-technique/index.html>) ของประเทศออสเตรเลีย เว็บไซต์ Technology Transfer Network Clearinghouse for Inventories & Emissions Factors (<http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/>) ของประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นต้น

นอกจากนี้ควรใช้ Emission factor คำนวณปริมาณการปลดปล่อยเมื่อข้อมูลการผลิตและการปลดปล่อยมีความสัมพันธ์กันโดยตรงและไม่ซับซ้อน ทั้งนี้ สถานประกอบการสามารถกำหนดค่า Emission factor ของตนเองได้ โดยการนำค่าเฉลี่ยของการตรวจวัดอัตราการปลดปล่อยมลพิษในช่วงระยะเวลาที่กำหนดซึ่งมีความสัมพันธ์กับอัตราการดำเนินกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งที่ก่อให้เกิดมลพิษนั้น

### 3.1) การคาดประมาณการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศแบบฟุ้งกระจาย

ค่า Emission factor เป็นค่าที่แสดงถึงอัตราส่วนของปริมาณการปลดปล่อยมลพิษต่อกิจกรรม หรือ กระบวนการผลิต ซึ่งพัฒนาจากการตรวจวัด การทดลอง หรือ โมเดล เพื่อใช้สำหรับคำนวณหาปริมาณสารมลพิษที่มีการปลดปล่อย/เคลื่อนย้าย ด้วยการนำค่า Emission factor มาคูณกับอัตราของกิจกรรม หรือ ข้อมูลปริมาณงานที่ทำในช่วงระยะเวลาหนึ่ง เช่น ปริมาณการผลิต ปริมาณการใช้น้ำ อัตราการใช้เชื้อเพลิง อัตราการไหล หรือ ค่าที่ได้จากการวัดต่างๆ เป็นต้น จะได้ปริมาณการปลดปล่อยมลพิษ ซึ่งค่าที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีนี้ส่วนใหญ่จะเป็นมลพิษทางอากาศ ซึ่งมีการปลดปล่อยแบบฟุ้งกระจาย (fugitive) เช่น การรั่วไหล/ซึมจากวาล์ว ข้อต่อ บีม คอมเพรสเซอร์ และ เครื่องมืออื่นๆ รวมทั้งเป็นวิธีที่เร็วที่สุดสำหรับคาดประมาณด้วย อย่างไรก็ตามค่า Emission factor ที่ใช้คำนวณหาอัตราการรั่วไหล/ซึมส่วนใหญ่ขึ้นกับชนิดของสารเคมีที่รั่วไหล/ซึมผ่านอุปกรณ์หรือเครื่องมืออื่นๆ

การคำนวณการปลดปล่อยแบบฟุ้งกระจายจากอุปกรณ์/เครื่องมือต่างๆ สถานประกอบการต้องสำรวจจำนวนปั๊ม คอมเพรสเซอร์ วาล์ว ข้อต่อ ปะเก็น และอุปกรณ์ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน หลังจากนั้นพิจารณา Emission factor ที่เหมาะสมสำหรับการคาดการณ์การปลดปล่อยจากเครื่องมือ/อุปกรณ์ดังกล่าวและนำมาคูณกับจำนวนอุปกรณ์/เครื่องมือที่มีอยู่ก็จะได้ปริมาณการปลดปล่อย ในการหาอัตราการรั่วไหล สำหรับสารเคมีแต่ละชนิด ทำได้โดยนำอัตราการรั่วไหลของสารเคมีผ่านวาล์ว/เครื่องมือ คูณด้วยอัตราส่วนของน้ำหนักของสารเคมีที่ไหลผ่านวาล์ว/เครื่องมือ โดยใช้หลักการคำนวณเช่นเดียวกันนี้กับแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ ด้วย

อย่างไรก็ตาม ค่า Emission factor สำหรับอัตราการรั่วไหล/ซึมผ่านอุปกรณ์/เครื่องมือ เป็นค่าเฉลี่ยและครอบคลุมสภาพการปฏิบัติงานต่างๆ ซึ่งอาจไม่เหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับสถานประกอบการได้หมดทุกประเภท

### 3.2) การคาดการณ์การปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากแหล่งกำเนิดที่รู้จักปล่อยแน่นอน

เนื่องจากสถานประกอบการต่างๆ มักใช้อุปกรณ์บำบัดมลพิษทางอากาศแตกต่างกัน จึงไม่พบการนำ Emission factor มาใช้คาดการณ์การปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากปล่องซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดที่รู้จักปล่อยแน่นอน (Point source) ในขณะที่วาล์ว หรือ ข้อต่อ ข้องอ ต่างมีลักษณะเช่นเดียวกันหมดทั้งนี้ มีข้อยกเว้น 2 ประการ หากจะนำ Emission factor มาใช้คาดการณ์การปลดปล่อยมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่รู้จักปล่อยแน่นอน คือ

ประการแรก การใช้ค่า Emission factor ซึ่งบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์หรือเครื่องมือนั้นเป็นผู้จัดทำหรือกำหนดไว้ เพื่อบอกถึงประสิทธิภาพของเครื่องมือ หรือค่าการระบายมลพิษจากอุปกรณ์หรือเครื่องมือชนิดนั้น ค่า Emission factor แบบนี้มักขึ้นกับอัตราการไหลและภาวะบรรจุ (Chemical loading)

ประการที่สอง การใช้ Emission factor คาดการณ์การปลดปล่อยจากกระบวนการผลิต (Process Emission factor) อย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งบอกถึงปริมาณการปลดปล่อยทั้งหมดของสถานประกอบการ (total release) เมื่อนำมาหักลบด้วยการปลดปล่อยแบบฟุ้งกระจาย (Fugitive) จะได้ค่าปริมาณการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากแหล่งกำเนิดประเภทเจาะจง หรือรู้จักปล่อยแน่นอน

ตัวอย่างเช่น ถ้าค่าเฉลี่ยของอัตราการปลดปล่อยสาร phthalic anhydride ทั้งหมดในโรงงานสามารถคำนวณได้จากปริมาณสาร phthalic anhydride ที่ผลิต และการปลดปล่อยแบบฟุ้งกระจาย (Fugitive air emission) สามารถคาดการณ์จากค่าสัมประสิทธิ์ของอัตราการรั่วไหลผ่านอุปกรณ์ (Leak rate emission factor) ดังนั้นเมื่อนำปริมาณการปลดปล่อย phthalic anhydride จากการฟุ้งกระจายไปหักออกจากปริมาณการปลดปล่อย phthalic anhydride ทั้งหมด จะได้ค่าปริมาณการปลดปล่อย phthalic anhydride จากแหล่งกำเนิดประเภทเจาะจง หรือรู้จักปล่อยแน่นอน

### 3.3) การคาดการณ์การปลดปล่อยสู่น้ำและดิน

ข้อมูลค่า Emission factor สำหรับการปลดปล่อยสู่น้ำและดินมีจำกัด และจำเพาะเจาะจง ไม่สามารถ

ประยุกต์ใช้ได้กับการปลดปล่อยทั่วไป จึงไม่เหมาะสมในการนำมาใช้คาดประมาณการปลดปล่อย ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

#### 4 การคาดประมาณการปลดปล่อยโดยใช้หลักทางวิศวกรรม (Engineering Calculation: C)

เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อย อันเนื่องมาจากการสูญเสียหรือระเหยของ สารเคมีซึ่งเก็บไว้ในถัง และการปลดปล่อยมลพิษจากอุปกรณ์ควบคุมมลพิษโดยเฉพาะกรณีที่มีการตรวจ วัดกระทำได้อย่างสม่ำเสมอ สามารถคาดประมาณการปลดปล่อยโดยใช้คุณสมบัติทางฟิสิกส์/เคมี ของสาร (เช่น ความดันไอ) และความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ (เช่น ideal gas law) มาประกอบการคาดประมาณ ตัวอย่างเช่น

- 1) ความสัมพันธ์ระหว่างการปลดปล่อยแบบฟุ้งกระจายของอากาศ (Fugitive) จากแท็งก์ ป่อเก็บกัก หรือจากระบบบำบัดน้ำเสีย
- 2) คุณลักษณะจำเพาะของอุปกรณ์/เครื่องมือ เช่น อัตราการกำจัด (Removal rate) ประสิทธิภาพ ของเครื่องมือ ผลผลิตที่ได้รับ หรือ อัตราการระเหย/ทำให้แห้ง (Drying rate) เป็นต้น การคำนวณ ประเภทนี้มักใช้คำนวณการปลดปล่อยอากาศจากแหล่งกำเนิดประเภทอุปกรณ์บำบัดมลพิษ อาจเป็นค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริง หรือเป็นค่าข้อมูลจำเพาะของอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักร ที่ได้จากผู้ผลิตชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์หรือเครื่องจักรชนิดนั้น เช่น bag house ได้รับการออกแบบ เพื่อกำจัดมลพิษประเภทฝุ่นได้ร้อยละ 99 ของปริมาณอากาศเสียที่เข้าสู่ระบบ ดังนั้นฝุ่นร้อยละ 1 จึงถูกปลดปล่อยหรือระบายสู่อากาศ จากข้อมูลดังกล่าวหากทราบองค์ประกอบของมลพิษที่อยู่ใน ฝุ่นก็สามารถหาปริมาณการปลดปล่อยของมลพิษนั้นได้
- 3) คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และสมดุลของสารเคมี มักใช้ในการคาดประมาณความเข้มข้น และการปลดปล่อยกรณีที่ไม่มีการตรวจวัด ตัวอย่างเช่น ความดันไอของสารเคมี โดยใช้ร่วมกับ Ideal gas law และ สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายใช้คำนวณความเข้มข้นของสารเคมีในอากาศ

##### 4.1) การคาดประมาณการปลดปล่อยแบบฟุ้งกระจาย

การคำนวณทางวิศวกรรมมักใช้คำนวณหาการสูญเสียของสารเคมีซึ่งระเหยออกจากแท็งก์เก็บกัก โดยอาศัยหลักความสัมพันธ์ระหว่างการฟุ้งกระจายของสารเคมี/มลพิษจากแท็งก์เก็บกักประเภทต่างๆ ซึ่งได้รับการพัฒนาจากหน่วยงานหรือสถาบัน รวมทั้งจากเอกสาร ตำราเกี่ยวกับหลักเกณฑ์ทาง วิศวกรรมที่มีการเผยแพร่และใช้กันทั่วไป เช่น ปริมาณของของเหลวที่คงเหลืออยู่ในถัง หรือจากการล้าง ทำความสะอาดเครื่องจักรด้วยตัวทำละลายระหว่างการผลิตเป็นกะ การฟุ้งกระจาย การถ่ายเท สารเคมี จากระบบรทุกสารเคมี ถึงแม้ว่าข้อมูลการตรวจวัดบางอย่างสามารถกระทำได้อาทิ การตรวจวัดหา ปริมาณการได้รับสารเคมีของพนักงานขณะปฏิบัติงานในบริเวณที่มีการขนถ่ายสารเคมี ยังคงต้องอาศัย วิธีคาดประมาณผลการแพร่กระจายของสารมลพิษนั้นและสภาพของบรรยากาศร่วมด้วย

#### 4.2) การคาดประมาณการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ

กรณีที่ไม่สามารถหาเอกสารทางวิชาการหรือตำราประกอบการคาดประมาณการปลดปล่อยมลพิษสถานประกอบการสามารถนำข้อมูลประสิทธิภาพของระบบบำบัดอากาศเสียต่างๆ มาใช้ในการคำนวณได้ โดยคำนวณจากปริมาณที่มลพิษในอากาศผ่านระบบบำบัดอากาศเสียและประสิทธิภาพของระบบในการขจัดมลพิษ

#### 4.3) การคาดประมาณการปลดปล่อยสู่น้ำ

สถานประกอบการที่มีการปลดปล่อยน้ำเสียจำนวนมาก โดยเฉพาะเมื่อมีการนำน้ำฝนที่ตกในพื้นที่โรงงานไปบำบัด โดยปกติน้ำเสียดังกล่าวมักมีปริมาณสารมลพิษเพียงเล็กน้อยจนเครื่องมือไม่อาจตรวจวัดได้ ดังนั้นการคำนวณทางวิศวกรรมจึงถูกนำมาใช้คาดประมาณ โดยใช้ค่าครึ่งหนึ่งของค่าต่ำสุดที่เครื่องมือสามารถตรวจวัดมลพิษชนิดนั้นได้มาเป็นพื้นฐานในการคำนวณ โดยการคูณปริมาณความเข้มข้นของสารมลพิษนั้นด้วยอัตราการระบายน้ำเสียออกสู่สิ่งแวดล้อม หรือกรณีที่มีการตรวจวัดประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียก็สามารถคำนวณปริมาณการปลดปล่อยมลพิษในน้ำเสียนั้นได้ โดยอาศัยคุณสมบัติการละลายน้ำของสารเคมีประกอบการคาดประมาณ

#### 4.4) คาดประมาณการปลดปล่อยสู่ดิน

สามารถคาดประมาณการปลดปล่อยโดยอาศัยข้อมูลจากสูตรหรือสมการการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่สารนั้นเกิดการปนเปื้อนลงสู่สิ่งแวดล้อม



## บทที่ 4

# การเลือกวิธีบำบัดประมาณการปลดปล่อยมลพิษ

### 1 ข้อควรพิจารณาในการเลือกวิธีบำบัดประมาณการปลดปล่อยมลพิษ

#### 1) การคาดประมาณการปลดปล่อยโดยการตรวจวัด

วิธีการตรวจวัดใช้สำหรับการคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยจากแหล่งกำเนิดที่รู้จักของการระบายมลพิษนั้นสู่สิ่งแวดล้อม เช่น การระบายอากาศจากปล่อง การระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งรองรับน้ำผิวดิน และการระบายลงสู่พื้นดิน

#### ข้อดี

- การคาดประมาณการปลดปล่อยโดยอาศัยข้อมูลการตรวจวัดโดยตรงอาจมีความถูกต้องมากที่สุด สำหรับใช้คาดประมาณการปลดปล่อย หากมีการเก็บข้อมูลการตรวจวัดที่เป็นระบบและมากเพียงพอ
- สถานประกอบการมักมีการตรวจติดตาม หรือตรวจวัดคุณลักษณะของมลพิษทั้งด้านน้ำ อากาศ หรือกากของเสีย การปลดปล่อย ตามกฎระเบียบอื่นที่กำหนดไว้อยู่แล้ว รวมถึงการตรวจสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์จากสายการผลิตอยู่แล้ว จึงไม่จำเป็นต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายในการตรวจวัดสารมลพิษเพิ่มขึ้นจากเดิม
- กรณีที่ข้อมูลผลการตรวจวัดพบว่าการปลดปล่อยมลพิษ หรือมีการสูญเสียวัตถุดิบจากกระบวนการผลิต การตรวจวัดโดยตรงไม่เพียงแต่ให้ความถูกต้องในการคาดประมาณการปลดปล่อยเท่านั้น แต่ยังมีส่วนกระตุ้นให้สถานประกอบการมีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงระบบการผลิต เพื่อลดปริมาณการปลดปล่อยลง หรือลดการสูญเสียสารเคมีในกระบวนการผลิตลง
- ไม่จำเป็นต้องติดตามตรวจสอบสารเคมีชนิดใดชนิดหนึ่งถ้ามีสารเคมีที่ใช้งานอยู่เพียงชนิดเดียวที่ต้องรายงาน (เช่น สารอินทรีย์เคมีเพียงชนิดเดียว) อย่างไรก็ตามอาจมีความจำเป็นในการตรวจวัดคุณสมบัติบางประการ เช่น pH ค่าความนำไฟฟ้าซึ่งมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้น
- หน่วยงานราชการเกิดความพึงพอใจกับข้อมูล เนื่องจากเป็นข้อมูลที่สามารถคำนวณได้จากการตรวจวัดปริมาณการปลดปล่อยโดยตรง และเป็นไปตามข้อกำหนดตามกฎหมาย

#### ข้อจำกัด

- เป็นวิธีที่มีค่าใช้จ่ายสูง สำหรับ ค่าอุปกรณ์/เครื่องมือ การเก็บหรือวิเคราะห์ตัวอย่าง การบำรุงรักษา เครื่องมือ บุคลากรต้องได้รับการฝึกอบรมในการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ การวิเคราะห์
- ต้องใช้ระยะเวลาในการจัดเก็บ รวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนมาก
- ในทางปฏิบัติ ไม่มีเทคโนโลยีที่ใช้สำหรับการติดตามตรวจสอบการปลดปล่อยมลพิษได้ทุกประเภท



- ถ้าข้อมูลการตรวจวัดเชื่อถือไม่ได้ (ไม่เป็นตัวแทนของสภาพการปฏิบัติงานในสภาวะปกติ) อาจส่งผลให้การคาดประมาณการปลดปล่อยที่คลาดเคลื่อน
- การตรวจวัดการระบายอากาศแบบฟุ้งกระจาย (Fugitive air emission) มักจะทำได้ยากและไม่นิยมใช้วิธีนี้

## 2) การคาดประมาณการปลดปล่อยโดยการจัดทำมวลสมดุล

การจัดทำมวลสมดุลสามารถใช้คาดประมาณการปลดปล่อยได้ทั้งอุปกรณ์ กระบวนการ หรือในภาพรวมของสถานประกอบการ

### ข้อดี

- ในทางทฤษฎี สามารถคาดประมาณการปลดปล่อยที่เกิดขึ้นภายในสถานประกอบการได้เกือบทั้งหมด โดยวิธีจัดทำมวลสมดุล
- เป็นการคำนวณโดยอาศัยหลักทางคณิตศาสตร์จึงมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำมาก
- สถานประกอบการมีข้อมูลสำหรับคิดคำนวณปริมาณมวลสารที่เข้าสู่ระบบ (Input) และออกจากระบบ (Output) อยู่แล้ว สามารถตรวจสอบได้จากค่าใช้จ่ายหรือหลักฐานการเงินในการซื้อ/ขายสารเคมี ข้อมูลการผลิต เช่น ข้อมูลปริมาณสารเคมีที่มีการนำมาใช้ในสถานประกอบการระหว่างปี สามารถตรวจสอบได้จากใบแจ้งหนี้หรือใบส่งของ ข้อมูลคุณลักษณะของสารเคมีสามารถตรวจสอบได้จาก MSDS หรือ ผู้ผลิต ข้อมูลปริมาณวัตถุดิบที่ใช้/ข้อมูลปริมาณการผลิต สามารถตรวจสอบได้จากข้อมูลการผลิต ข้อมูลการผลิตเป็นครั้งคราวหรือเป็นกะ เป็นต้น

### ข้อจำกัด

- การคาดประมาณการปลดปล่อยด้วยวิธีการจัดทำมวลสมดุลมีความถูกต้องและเป็นไปตามสมการแสดงปริมาณมวลสารที่เข้าและออกจากระบบตามที่ระบุในสมการเท่านั้น
- ความผิดพลาดหรือความไม่แน่นอนของปริมาณมวลสารที่เข้า/ออกจากระบบเพียงเล็กน้อยอาจส่งผลให้เกิดความผิดพลาดอย่างมากในการคำนวณปริมาณการปลดปล่อย
- ไม่เหมาะสำหรับนำมาใช้กรณีที่มีปริมาณการปลดปล่อยเพียงเล็กน้อย
- ไม่เหมาะสำหรับกระบวนการที่สารเกิดการทำปฏิกิริยาและเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่สอง หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอย่างมาก
- ไม่สามารถนำผลการคำนวณที่ได้มาทดแทนผลการตรวจวัดโดยตรงตามข้อกำหนดของทางราชการได้

## 3) การคาดประมาณการปลดปล่อยโดยใช้ตัวคูณอัตราการปลดปล่อยมลพิษ

Emission factor เป็นตัวเลขที่คูณด้วยอัตราของกิจกรรม หรือข้อมูลปริมาณงานที่ทำในช่วงระยะเวลาหนึ่ง เช่น ปริมาณการผลิต ปริมาณการใช้น้ำ ถึงแม้ว่า Emission factor บางตัวจะสามารถใช้คาดประมาณการปลดปล่อยสู่แหล่งน้ำและดินได้ แต่ส่วนใหญ่มักจะใช้คาดประมาณการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศ โดยเฉพาะการฟุ้งกระจาย (Fugitive) เช่น การรั่วไหลจาก วาล์ว ข้อต่อ ปัม คอมเพรสเซอร์

## ข้อดี

- เป็นวิธีที่รวดเร็วและทำได้ง่าย
- การคาดการณ์การปลดปล่อยจากระบบการอย่างใดอย่างหนึ่ง ต้องการข้อมูลเพียงปริมาณของวัตถุดิบ หรือ ปริมาณการผลิต
- การคาดการณ์การปลดปล่อยจากเครื่องมือ/อุปกรณ์ ต้องการข้อมูลเพียง 2 ประเภท ได้แก่ จำนวนของ วาล์ว ข้อต่อ ปัมป์ คอมเพรสเซอร์ และการไหลของสารเคมีผ่านอุปกรณ์นั้น
- มีประโยชน์มากสำหรับการปลดปล่อยที่มีปริมาณเพียงเล็กน้อยซึ่งอาจจะไม่สามารถคำนวณได้จากการจัดทำมวลสมดุล
- สามารถให้ผลคาดการณ์ที่ถูกต้องพอควรถ้าหากใช้กับสารเคมีบางประเภทและกระบวนการผลิตที่จำเพาะเจาะจง
- ถึงแม้ว่าสามารถคาดการณ์การปลดปล่อยมลพิษทางอากาศได้โดยวิธีอื่นอยู่แล้ว ก็ยังสามารถใช้ค่า Emission factor คาดการณ์การปลดปล่อยได้ด้วยเช่นกัน

## ข้อจำกัด

- ค่า Emission factor ที่ใช้สำหรับประเมินการปลดปล่อยจากการรั่วไหล (Leak) ของสารเคมีส่วนใหญ่จะเป็นค่าที่ใช้กับสารเคมีอินทรีย์ ส่วนการปลดปล่อยจากสารเคมีอนินทรีย์มีข้อมูล Emission factor น้อยมาก
- ข้อมูลค่า Emission factor ส่วนใหญ่กำหนดบนสมมติฐานว่าเป็นการปลดปล่อยอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงานในสภาวะปกติและไม่พบการรั่วไหล ซึ่งในสภาพความเป็นจริงมักไม่เป็นไปตามสมมติฐานดังกล่าว
- เนื่องจาก Emission factor ไม่ใช่ค่าปริมาณการปลดปล่อยที่แท้จริง กรณีที่สถานประกอบการมีข้อมูลการศึกษา/ตรวจวัดในอดีต สามารถกำหนดค่า Emission factor ของตนเอง แทนการใช้ค่า Emission factor ที่หน่วยงาน/สถาบันระดับชาติ ต่างๆ ได้มีการกำหนดไว้
- การใช้ค่า Emission factor มาตรฐานซึ่งหน่วยงาน/สถาบันต่างๆ เป็นผู้กำหนด ไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับกระบวนการผลิตหรือกิจกรรมที่มีลักษณะแตกต่างจากที่มีการกำหนดไว้ ดังนั้น สถานประกอบการควรมีเครื่องมือ/อุปกรณ์ หรือกระบวนการผลิตที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันกับมาตรฐานที่กำหนดเท่านั้นจึงจะได้ค่าการปลดปล่อยใกล้เคียงกับความเป็นจริง
- ค่า Emission factor สำหรับคาดการณ์การปลดปล่อยมลพิษจากกิจกรรมหรือแหล่งกำเนิดประเภทเดียวกัน แต่ถูกกำหนดโดยหน่วยงานที่แตกต่างกัน ค่า Emission factor จึงอาจแตกต่างกัน และให้ผลการคาดการณ์การปลดปล่อยแตกต่างกันไปด้วย

#### 4) การคาดประมาณการปลดปล่อยโดยการให้หลักทางวิศวกรรม

การคำนวณทางวิศวกรรม ใช้คาดประมาณการปลดปล่อยสู่ตัวกลางสิ่งแวดล้อมได้ทุกประเภทโดยเฉพาะกรณีที่ไม่สามารถคาดประมาณการปลดปล่อยโดยวิธีการตรวจวัด โดยใช้หลักความสัมพันธ์ต่างๆ ในการคำนวณการปลดปล่อย และหลักการของ mass transfer เพื่อคาดประมาณปริมาณของสารเคมีในกระบวนการต่างๆ และเส้นทางของของเสีย (waste stream)

##### ข้อดี

- สามารถค้นหาวิธีการคำนวณได้จากแหล่งต่างๆ เช่น ผู้ผลิตอุปกรณ์หรือเครื่องมือ ตำรา และคู่มือวิศวกรรม เป็นต้น
- เป็นวิธีที่ไม่แพง สามารถเชื่อถือได้ และเที่ยงตรง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการนำไปใช้ โดยทั่วไปมักใช้หาปริมาณการปลดปล่อยเพียงเล็กน้อย
- มักใช้คำนวณหาการสูญเสียสารเคมีจากแท็งก์เก็บกัก และเป็นวิธีที่ดีที่สุดสำหรับคาดประมาณการสูญเสียจากการเก็บรักษาสารเคมี
- วิธีที่ใช้ในการคำนวณมีความหลากหลายและมีลักษณะแตกต่างกันไป เช่น ปริมาณของสารเคมีที่ตกค้างอยู่ในภาชนะบรรจุ การสูญเสียสารเคมีจากการระเหย การสูญเสียสารเคมีจากระบบบำบัดน้ำเสีย

##### ข้อจำกัด

- ควรเลือกวิธีการคำนวณให้เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการคาดประมาณการปลดปล่อย
- พารามิเตอร์ของ mass transfer ส่วนใหญ่ขึ้นตรงกับอุณหภูมิ และมักไม่สามารถปรับเปลี่ยนค่าได้
- ปริมาณการปลดปล่อยที่คำนวณได้อาจแตกต่างจากปริมาณที่เกิดขึ้นจริง
- ข้อมูลที่ได้จากการคำนวณไม่สามารถใช้แทนผลการติดตามตรวจสอบ ตามข้อกำหนดของหน่วยงานราชการได้

## 2. ขั้นตอนการเลือกวิธีสำหรับนำมาใช้คาดประมาณการปลดปล่อยมลพิษ

การเลือกเทคนิคสำหรับคาดประมาณการปลดปล่อยมลพิษไม่มีแบบแผนที่ตายตัว กล่าวคือควรพิจารณาเป็นกรณีไป การเลือกเทคนิคการคาดประมาณการปลดปล่อยควรเริ่มต้นจากการระบุประเภทของแหล่งกำเนิด คุณลักษณะของการปลดปล่อยมลพิษจากแหล่งกำเนิดนั้น ข้อมูลที่ต้องการสำหรับนำมาใช้ประกอบการคาดประมาณการปลดปล่อย และการตัดสินใจเลือกวิธีคาดประมาณการปลดปล่อยซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่อข้อมูลที่ได้จากการคาดประมาณการปลดปล่อย สิ่งที่ควรระลึกไว้เสมอคือ ผู้คาดประมาณการปลดปล่อยมลพิษอาจไม่จำเป็นต้องรู้หรือตัดสินใจได้โดยทันทีว่าควรเลือกเทคนิคการคาดประมาณการปลดปล่อยใดมาใช้ บ่อยครั้งที่ต้องพิจารณาเปรียบเทียบถึงความน่าเชื่อถือของเทคนิค การคาดประมาณการปลดปล่อยภายใต้เงื่อนไขที่จำกัด ประกอบกับการตัดสินใจของผู้คาดประมาณก็จะสามารถเลือกวิธีคาดประมาณการปลดปล่อยที่เหมาะสมได้

โดยทั่วไปขั้นตอนในการพิจารณาเลือกเทคนิคสำหรับคาดประมาณการปลดปล่อย สรุปได้ดังนี้

## 1) ระบุที่มา ประเภทของแหล่งกำเนิด

### และลักษณะของการปลดปล่อยมลพิษจากแหล่งกำเนิดมลพิษนั้น

ระบุที่มาและลักษณะของแหล่งกำเนิดทุกแห่งที่ต้องคาดการณ์การปลดปล่อย อาทิ ปล่อง ช่อกลม หรือแหล่งกำเนิดมลพิษอื่นที่เกี่ยวข้องกับการเผาไหม้เชื้อเพลิง หรือจากกระบวนการผลิต จากเส้นท่อ ข้อต่อ เป็นต้น เพื่อให้ทราบถึงที่มาของแหล่งกำเนิดมลพิษที่สำคัญนอกจากจะดำเนินการสำรวจ หรือสอบถามข้อมูลจากผู้ปฏิบัติงานแล้ว เป็นต้น

## 2) ประเมินข้อมูลที่เป็นต้องใช้สำหรับคาดการณ์การปลดปล่อยและข้อมูลที่มีอยู่

ตรวจสอบและทบทวนข้อมูลทั้งหมดจากแหล่งข้อมูลที่มีอยู่ว่า ต้องใช้ข้อมูลอะไรบ้างสำหรับคาดการณ์การปลดปล่อย และข้อมูลที่มีอยู่เพียงพอหรือไม่ นอกจากนี้ยังประมาณสำหรับการตรวจวิเคราะห์ นับเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งสำหรับการเลือกเทคนิคคาดการณ์การปลดปล่อย ถ้าหากงบประมาณในการวิเคราะห์มลพิษชนิดนั้นมีจำกัด การเลือกใช้เทคนิคในการคาดการณ์ก็อาจจำกัดไปด้วย เนื่องจากการตรวจวัดแบบต่อเนื่องหรือเป็นครั้งคราว รวมถึงการจัดทำมวลสมดุลต่างต้องอาศัยข้อมูลการตรวจวัดด้วยเช่นกัน ในกรณีนี้เทคนิคการคาดการณ์การปลดปล่อย เช่น Emission factor หรือการคำนวณโดยใช้หลักทางวิศวกรรม หรือโดยวิธีอื่น จึงเป็นทางเลือกที่ต้องมีการพิจารณานำมาใช้ จึงต้องมีการประเมินเป็นกรณีไป

## 3) พิจารณาถึงความเหมาะสม/ข้อจำกัด ของเทคนิคการคาดการณ์การปลดปล่อย

ศึกษาถึงข้อดี/ข้อจำกัดของเทคนิคการคาดการณ์การปลดปล่อยแต่ละประเภทและควรมีการเปรียบเทียบถึงปริมาณการปลดปล่อยที่คำนวณได้จากเทคนิคการคาดการณ์การปลดปล่อยแต่ละวิธีด้วย

การเลือกเทคนิคการคาดการณ์การปลดปล่อยโดยอาศัยคู่มือ/เทคนิคจากหน่วยงาน หรือองค์กร จากต่างประเทศควรได้รับการพิจารณาในประเด็นต่างๆ เช่น ขอบเขตหรือเกณฑ์การจัดทำทำเนียบการปลดปล่อยของประเทศนั้นๆ ข้อจำกัดของการประยุกต์ใช้เทคนิคการคาดการณ์การปลดปล่อย ลักษณะจำเพาะของแหล่งกำเนิดมลพิษในสถานประกอบการ เทียบกับแหล่งกำเนิดตามทีระบุในเอกสารคู่มือการปลดปล่อยที่ได้จากต่างประเทศ ข้อมูลที่มีอยู่เทียบกับข้อมูลที่ต้องใช้สำหรับเทคนิคการคาดการณ์การปลดปล่อย เป็นต้น

## 4) เลือกเทคนิคสำหรับคาดการณ์การปลดปล่อยที่เหมาะสม

เนื่องจากเทคนิคสำหรับการคาดการณ์การปลดปล่อยมลพิษแต่ละประเภทนั้น มีข้อดีและข้อจำกัดในการนำไปประยุกต์ใช้แตกต่างกัน แต่ละเทคนิคสามารถใช้คาดการณ์การปลดปล่อยได้ภายใต้เงื่อนไขที่เหมาะสม ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกเทคนิคเพื่อนำมาใช้ในการคาดการณ์การปลดปล่อยมลพิษ ได้แก่ ชนิดของมลพิษ แหล่งกำเนิด คุณภาพของข้อมูลหรือความเที่ยงตรงที่ต้องการจากการคาดการณ์ เวลา ค่าใช้จ่าย ข้อมูลที่มีอยู่ ณ เวลานั้น ถึงแม้ว่าบางครั้งอาจมีเทคนิคที่สามารถนำมาใช้คาดการณ์การปลดปล่อยได้มากกว่าหนึ่งเทคนิคก็ตาม ผู้รับผิดชอบในการคาดการณ์การปลดปล่อยมลพิษควรพิจารณาเลือกใช้ให้เทคนิคที่ดีที่สุดที่สามารถบอกได้ถึงปริมาณการปลดปล่อยที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด โดยอาจต้องมีการทดลองคำนวณและเปรียบเทียบถึงความน่าเชื่อถือของค่าที่ได้จากการคาดการณ์ในแต่ละวิธีก่อนแล้วจึงตัดสินใจเลือกวิธีหรือเทคนิคที่มีความเหมาะสมต่อไป

# บทที่ 5

## ตัวอย่างการคาดการณ์การปลดปล่อยมลพิษ

### 1. การคาดการณ์การปลดปล่อยโดยใช้ข้อมูลผลการตรวจวัด

#### หลักการ

คำนวณปริมาณการปลดปล่อย/เคลื่อนย้ายมลพิษโดยนำผลการตรวจวัดความเข้มข้นของสารมลพิษใน น้ำเสีย อากาศ หรือ ในของเสีย คูณด้วยปริมาณของ น้ำเสีย อากาศเสีย หรือ ของเสีย ที่มีการระบาย/ทิ้ง/เคลื่อนย้ายออกนอกสถานประกอบการเพื่อกำจัด ต่อปี

$$\boxed{\text{ปริมาณการปลดปล่อย/เคลื่อนย้าย}} = \boxed{\text{ความเข้มข้นของมลพิษในน้ำ/อากาศ/ของเสีย}} \times \boxed{\text{ปริมาณของน้ำ/อากาศ/ของเสีย ที่มีการระบาย/ทิ้งสู่สิ่งแวดล้อมต่อปี/เคลื่อนย้าย}}$$

หรือ

$$\boxed{\text{ปริมาณการปลดปล่อย/เคลื่อนย้าย}} = \boxed{\text{ความเข้มข้นของมลพิษในน้ำ/อากาศ/ของเสีย}} \times \boxed{\text{ปริมาณน้ำ/อากาศ/ของเสียที่มีการระบาย/ทิ้งสู่สิ่งแวดล้อม}} \times \boxed{\text{ระยะเวลาของการปลดปล่อย}}$$

#### 1) การคาดการณ์การปลดปล่อยจากผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำทิ้ง

**ตัวอย่างที่ 1** โรงงาน ก ระบายน้ำเสียปริมาณ 50 ลบ.ม./วัน ลงสู่แม่น้ำเป็นระยะเวลา 365 วัน/ปี จากผลการตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะของน้ำเสียโดยเฉลี่ยทั้งปี พบว่ามีสารตะกั่วโดยเฉลี่ย 200 มก./ล.

##### ขั้นที่ 1

รวบรวมข้อมูลสำหรับคาดการณ์การปลดปล่อย จากข้อมูลข้างต้นพบว่าโรงงานมีผลการตรวจวัดหรือความเข้มข้นของมลพิษในที่นี้คือสารตะกั่วโดยเฉลี่ยทั้งปี 200 มก./ล. และปริมาณน้ำทิ้งที่ระบายออกสู่สิ่งแวดล้อมคือ 50 ลบ.ม.

$$\text{ปริมาณการปลดปล่อย} = \frac{200 \text{ มก.}}{\text{ลิตร}} \times \frac{50 \text{ ลบ.ม.}}{\text{วัน}}$$

##### ขั้นที่ 2

คำนวณปริมาณบรรทุก (loading) โดยการคูณปริมาณความเข้มข้นของสังกะสีด้วยอัตราการปล่อยทิ้งน้ำเสีย จะได้ปริมาณการปลดปล่อยต่อวัน และ เมื่อคูณด้วยจำนวนวันที่มีการระบายน้ำทิ้งต่อปี คือ 365 วัน/ปี ก็จะได้ปริมาณการระบายน้ำทิ้งต่อปี

$$\text{ปริมาณการปลดปล่อย} = \frac{200 \text{ มก.}}{\text{ลิตร}} \times \frac{50 \text{ ลบ.ม.}}{\text{วัน}} \times \frac{365 \text{ วัน}}{\text{ปี}}$$

##### ขั้นที่ 3

เนื่องจากหน่วยที่ต้องรายงานคือ กก./ปี ดังนั้นจึงต้องเปลี่ยนหน่วย ลิตรเป็นลูกบาศก์เมตร และหน่วย มิลลิกรัมเป็นกิโลกรัมเพื่อนำค่าปริมาณความเข้มข้นของสารตะกั่ว (มก./ล.) ตัดทอนกับปริมาณน้ำเสีย และปริมาณของมลพิษ โดย 1 กก.= 10<sup>6</sup> มก. และ 1 ลบ.ม.= 1,000 ล.

$$\text{ปริมาณการปลดปล่อย} = \frac{200 \text{ มก.}}{\text{ลิตร}} \times \frac{50 \text{ ลบ.ม.}}{\text{วัน}} \times \frac{365 \text{ วัน}}{\text{ปี}} \times \frac{1 \text{ กก.}}{1,000,000 \text{ มก.}} \times \frac{1,000 \text{ ลิตร}}{1 \text{ ลบ.ม.}}$$

## วิธีการคำนวณ

โดยสามารถแสดงวิธีการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยหรือระบายสารตะกั่วสู่แหล่งน้ำจากขั้นตอนข้างต้นได้ดังนี้

ปริมาณการปลดปล่อย/ เคลื่อนย้าย	=	ความเข้มข้น	×	ปริมาณการระบาย/ทิ้งสู่สิ่งแวดล้อม	×	เปลี่ยนหน่วย
ปริมาณการปลดปล่อย น้ำเสีย	=	ความเข้มข้นของมลพิษในน้ำเสีย	×	ปริมาณการระบายน้ำเสียสู่สิ่งแวดล้อม/วัน	×	ระยะเวลาการปลดปล่อย
ปริมาณการปลดปล่อย	=	$\frac{200 \text{ มก.}}{\text{ลิตร}}$	×	$\frac{50 \text{ ลบ.ม.}}{\text{วัน}}$	×	$\frac{365 \text{ วัน}}{1 \text{ ปี}}$
					×	$\frac{1 \text{ กก.}}{1,000,000 \text{ มก.}}$
					×	$\frac{1,000 \text{ ลิตร}}{1 \text{ ลบ.ม.}}$

ปริมาณการระบาย/ปลดปล่อยสารตะกั่วลงสู่แม่น้ำ = 3,600 กก./ปี

**ตัวอย่างที่ 2** โรงงานชุบสังกะสีมีการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ โดยโรงงานได้มีการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้งเดือนละ 1 ครั้ง ซึ่งมีพารามิเตอร์ต่างๆ รวมทั้งสังกะสีสามารถคำนวณการปลดปล่อยได้ดังนี้

**ขั้นที่ 1** รวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำเสียที่มีการปล่อยทิ้งและข้อมูลปริมาณความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำทิ้งจากข้อมูลการตรวจวัดตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง โดยข้อมูลการตรวจวัดดังตารางข้างล่าง

**ขั้นที่ 2** คำนวณปริมาณบรรทุก (Loading) ในวันที่มีการตรวจวัดคุณภาพน้ำเสีย โดยการคูณปริมาณความเข้มข้นของสังกะสีด้วยอัตราการปล่อยทิ้งน้ำเสีย จะได้ปริมาณการปลดปล่อยต่อวัน

วันที่ตรวจวิเคราะห์	ความเข้มข้นของสังกะสี (ไมโครกรัม/ลิตร)	× ปริมาณน้ำเสียที่ระบายสู่สิ่งแวดล้อม (ลบ.ม./วัน)	= ปริมาณการปลดปล่อย (กก./วัน)
8 มกราคม	918	1,570	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

วันที่ตรวจวิเคราะห์	ความเข้มข้นของสังกะสี (ไมโครกรัม/ลิตร)	x ปริมาณน้ำเสียที่ระบายสู่สิ่งแวดล้อม (ลบ.ม./วัน)	= ปริมาณการปลดปล่อย (กก./วัน)
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 ลูกบาศก์เมตร (ลบ.ม.หรือ  $m^3$ ) = 1,000 ลิตร (ล.) และ 1 กิโลกรัม (กก.) =  $10^9$  ไมโครกรัม (มคก.)

### ตัวอย่างวิธีการคำนวณโดยแยกคำนวณเป็นรายเดือน

$$\begin{array}{c}
 \boxed{\text{ปริมาณการปลดปล่อย}} = \boxed{\text{ความเข้มข้น}} \times \boxed{\text{ปริมาณน้ำเสีย}} \times \boxed{\text{เปลี่ยนหน่วย}} \\
 \\
 \text{ปริมาณการปลดปล่อยในวันที่ 8 มกราคม} = \frac{918 \text{ มคก.}}{\text{ล.}} \times \frac{1,570 \text{ ลบ.ม.}}{\text{วัน}} \times \frac{1,000 \text{ ล.}}{1 \text{ ลบ.ม.}} \times \frac{1 \text{ กก.}}{1,000,000,000 \text{ มคก.}}
 \end{array}$$

ปริมาณการปลดปล่อย = 1.44 กก./วัน

**ขั้นที่ 3** คำนวณปริมาณการปลดปล่อยต่อปี จากข้อมูลข้างต้น พบว่ามีการปลดปล่อย 1.21 กิโลกรัม/วัน ในเวลา 1 ปี โรงงานมีการปล่อยน้ำเสียลงสู่สิ่งแวดล้อม 250 วัน/ปี ดังนั้น ปริมาณการปลดปล่อยต่อปี คือ

$$\text{ปริมาณการปลดปล่อย/ปี} = \frac{1.21 \text{ กก.}}{\text{วัน}} \times \frac{250 \text{ วัน}}{\text{ปี}} = \frac{304 \text{ กก.}}{\text{ปี}}$$

## 2 การคาดประมาณการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ

ตัวอย่างสมการที่อาจนำมาใช้สำหรับคาดประมาณการปลดปล่อย

### 1. การคำนวณความเข้มข้นของสารมลพิษ

**สมการที่ 1**  $C = C_r / V_{m,STP}$

- โดยที่ C = ความเข้มข้นของสารมลพิษ (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
- $C_r$  = น้ำหนักของสารมลพิษในตัวอย่างที่เก็บได้ (มิลลิกรัม)
- $V_{m,STP}$  = ปริมาตรของอากาศตัวอย่างที่ทำการตรวจวัด ณ อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน (อุณหภูมิ 25°C ความดัน 760 mmHg), (ลูกบาศก์เมตร)

ทั้งนี้ สามารถแปลงความเข้มข้นของสารมลพิษในหน่วยปริมาตรต่อปริมาตร (เช่น ส่วนในล้านส่วน : ppm) เป็นหน่วยน้ำหนักต่อปริมาตร (กรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ดังสมการที่ 2

**สมการที่ 2**

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

โดยที่  $\text{mg/m}^3$  = ความเข้มข้นของสารมลพิษในหน่วยน้ำหนักต่อปริมาตร, (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร)  
 $\text{ppm}$  = ความเข้มข้นของสารมลพิษในหน่วยปริมาตรต่อปริมาตร, (ส่วนในล้านส่วน)  
 $\text{MW}$  = น้ำหนักโมเลกุลของสารมลพิษ  
 $24.45$  = ปริมาตรในหน่วยลิตร ของก๊าซใดๆ 1 กรัมโมเลกุล ที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน (อุณหภูมิ 25 °C ความดัน 760 mmHg)

## 2. การคำนวณการปลดปล่อยของสารมลพิษต่อชั่วโมง

**สมการที่ 3**

$$E = C \times Q_d \times 0.0036 \times [273/(273+T)]$$

โดยที่  $E$  = การปลดปล่อยรายชั่วโมงของสารมลพิษ, (กิโลกรัม/ชั่วโมง)  
 $C$  = ความเข้มข้นของสารมลพิษ, (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร)  
 $Q_d$  = อัตราการไหลของอากาศในปล่องขณะตรวจวัดจริง, สภาวะแห้ง (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)  
 $0.0036$  =  $3,600 \text{ วินาที/ชั่วโมง} \times 0.000001 \text{ กิโลกรัม/มิลลิกรัม}$   
 $= \left| \frac{60 \text{ วินาที} \times 60 \text{ นาที}}{1 \text{ นาที} \times 1 \text{ ชั่วโมง}} \right| \times \left| \frac{1 \text{ กิโลกรัม}}{1,000,000 \text{ มิลลิกรัม}} \right|$   
 $T$  = อุณหภูมิของตัวอย่างแก๊ส, องศาเซลเซียส (°C)

ทั้งนี้ หากอัตราการไหลของอากาศในปล่องขณะตรวจวัดจริงเป็นอัตราการไหลที่สภาวะความชื้นจริง สามารถปรับเป็นที่สภาวะอากาศแห้ง ได้ดังสมการที่ 4

**สมการที่ 4**

$$E = Q_w \times C \times 0.0036 \times [1-(\text{moistr}/100)] \times [273/(273+T)]$$

โดยที่  $E$  = การปลดปล่อยสารมลพิษ รายชั่วโมง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)  
 $Q_w$  = อัตราการไหลของอากาศ (ลูกบาศก์เมตร/วินาที) สภาวะความชื้นจริง  
 $C$  = ความเข้มข้นของสารมลพิษ, มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร  
 $0.0036$  =  $3,600 \text{ วินาที/ชั่วโมง} \times 0.000001 \text{ กิโลกรัม/มิลลิกรัม}$   
 $\text{moistr}$  = ความชื้นในอากาศตัวอย่าง, ร้อยละ  
 $273$  = 273 เคลวิน (K)  
 $T$  = อุณหภูมิของแก๊สในปล่อง, องศาเซลเซียส (°C)



ทั้งนี้ สามารถคำนวณความชื้นของอากาศในปล่องได้ดังสมการ 5

**สมการที่ 5**

$$\text{Moistr} = 100\% \times \frac{g_{\text{moist}}}{(1,000 \times V_{m,\text{STP}})} \div \frac{g_{\text{moist}}}{(1,000 \times V_{m,\text{STP}})} + \rho_{\text{STP}}$$

- โดยที่
- moistr = ความชื้นของตัวอย่างแก๊สในปล่อง (ร้อยละ)
  - $g_{\text{moist}}$  = ความชื้นที่วัดได้ (moisture collected), (กรัม)
  - $V_{m,\text{STP}}$  = ปริมาตรตัวอย่างที่วัด ณ อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน (อุณหภูมิ 25°C ความดัน 760 mmHg), (ลูกบาศก์เมตร)
  - $\rho_{m,\text{STP}}$  = ความหนาแน่นของตัวอย่างอากาศในปล่องในสถานะแห้งภายใต้ อุณหภูมิ และความดันมาตรฐาน (STP), (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร), ถ้าไม่ทราบค่า อาจใช้ค่า 1.62 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ในการประเมินแทน
  - 273 = 273 เคลวิน (K)
  - T = อุณหภูมิของตัวอย่างอากาศในปล่อง, องศาเซลเซียส

**สมการที่ 6**

$$E_{kpyi} = \sum (E_i \cdot \text{OpHrs})$$

- โดยที่
- $E_{kpyi}$  = ปริมาณการปลดปล่อยมลพิษใดๆ (i) ต่อปี, (กิโลกรัม/ปี)
  - $E_i$  = การปลดปล่อยมลพิษใดๆ (i), (กิโลกรัม/ชั่วโมง) จากสมการที่ 5
  - OpHrs = ชั่วโมงการทำงาน (ชั่วโมง/ปี)

**สมการที่ 7**

$$E_{kpti} = E_i / A$$

- โดยที่
- $E_{kpti}$  = ปริมาณการปลดปล่อยมลพิษใดๆ (i) ต่อตันของน้ำมันที่ใช้, (กก./ตัน)
  - $E_i$  = การปลดปล่อยมลพิษใดๆ (i), (กก./ชั่วโมง) จากสมการที่ 5
  - OpHrs = ชั่วโมงการทำงาน (ชั่วโมง/ปี)

**การคาดประมาณการปลดปล่อยโดยใช้ผลการตรวจวัดเป็นครั้งคราว**

**ตัวอย่างที่ 3** โรงงาน ข. โดยมีการเผาของเสียจากการผลิตวันละประมาณ 4 ชั่วโมง/วัน ผลการตรวจวัดแก๊สที่ระบายออกจากปล่อง พบสาร dioxin 2.2 ng-TEQ/Nm<sup>3</sup> โดยมีปริมาณการระบายอากาศเสีย 340 Nm<sup>3</sup>/h และมีการเผาของเสีย 200 วัน/ปี และมีเถ้าที่เกิดจากการเผาปีละ 0.46 ตัน/ปี และตรวจพบสารไดออกซินในเถ้า 3.1 ng-TEQ/g โดยสถานประกอบการได้มีการขนส่งเถ้าดังกล่าวไปกำจัดด้วยการฝังกลบยังโรงงานรับกำจัดกากของเสีย

ปริมาณการปลดปล่อยของไดออกซิน (ng-TEQ/ปี) = ความเข้มข้นของไดออกซินในอากาศเสีย  
x ปริมาณการปลดปล่อย

### คำนวณการปลดปล่อยสารไดออกซินสู่บรรยากาศ

ปริมาณการปลดปล่อย	ความเข้มข้นของไดออกซินในอากาศเสีย	ปริมาณอากาศเสียที่ปลดปล่อยต่อชั่วโมง	ระยะเวลาการเผา	จำนวนวันที่ใช้เตาเผาต่อปี	เปลี่ยนหน่วย นก. เป็น กก.
ไดออกซิน =	$\frac{2.2 \text{ ng-TEQ}}{\text{Nm}^3}$	$\times \frac{340 \text{ Nm}^3}{\text{ชม.}}$	$\times \frac{4 \text{ ชม.}}{\text{วัน}}$	$\times \frac{200 \text{ วัน}}{\text{ปี}}$	$\times \frac{1 \text{ กก.}}{10^{12} \text{ ng}}$
= $5.98 \times 10^{-7}$ กก.-TEQ/ปี					

### คำนวณปริมาณสารไดออกซินในเถ้าที่มีการขนส่งไปกำจัดนอกสถานประกอบการ

ปริมาณการเคลื่อนย้าย	ความเข้มข้นของไดออกซินในเถ้า	ปริมาณเถ้าที่เกิดจากการเผาของเสีย	เปลี่ยนหน่วย กก. เป็น ตัน	เปลี่ยนหน่วย ก. เป็น กก.	เปลี่ยนหน่วย นก. เป็น กก.
ไดออกซิน =	$\frac{3.1 \text{ ng-TEQ}}{\text{ก.}}$	$\times \frac{0.46 \text{ ตัน}}{\text{ปี}}$	$\times \frac{1,000 \text{ กก.}}{\text{ตัน}}$	$\times \frac{1,000 \text{ ก.}}{1 \text{ กก.}}$	$\times \frac{1 \text{ กก.}}{10^{12} \text{ ng}}$
= $1.426 \times 10^{-6}$ กก.-TEQ/ปี					

### การคาดการณ์การปลดปล่อยโดยใช้ข้อมูลตรวจวัดคุณภาพอากาศจากระบบติดตามตรวจวัดการระบายมลพิษจากปล่องแบบอัตโนมัติ (Continuous Emission Monitoring System (CEMs) Data)

ข้อมูลการตรวจวัดโดยใช้ CEMs จะให้ข้อมูลการตรวจวัดความเข้มข้นของมลพิษอย่างต่อเนื่องในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง เมื่อทราบปริมาณความเข้มข้นของมลพิษแล้ว สามารถหาอัตราการระบายมลพิษได้โดยการนำความเข้มข้นของมลพิษ คูณด้วยปริมาตรของแก๊สหรืออัตราการไหลของมลพิษนั้น

ถึงแม้ว่า CEMs สามารถรายงานข้อมูลการตรวจวัดจริงเป็นรายชั่วโมงโดยอัตโนมัติ อาจมีความจำเป็นในการคาดการณ์ปริมาณการปลดปล่อย โดยเลือกใช้ค่าที่เป็นตัวแทนในสภาวะปกติ

ตัวอย่างผลการตรวจวัด CEMs จากการเผาของของเสียที่เป็นน้ำมัน โดยแสดงปริมาณการปลดปล่อยมลพิษเป็นรายชั่วโมง แสดงดังตาราง

Time	O <sub>2</sub> content % by volume	ความเข้มข้น (Concentration)				Gas Flow Rate (Q) m <sup>3</sup> /s	Production Rate of Product (A) tonnes/hour
		SO <sub>2</sub> (ppm <sub>v,d</sub> )	NO <sub>x</sub> (ppm <sub>v,d</sub> )	CO (ppm <sub>v,d</sub> )	VOC (ppm <sub>v,d</sub> )		
1	10.3	150.9	142.9	42.9	554.2	8.52	290
2	10.1	144.0	145.7	41.8	582.9	8.48	293
3	11.8	123.0	112.7	128.4	515.1	8.85	270

ตัวอย่างนี้แสดงให้เห็นปริมาณการปลดปล่อย SO<sub>2</sub> จำนวนในช่วงระยะเวลาที่ 1 อุณหภูมิของแก๊สขณะทำการตรวจวัดคือ 150°C

$$E_i = (CxMWxQx 3,600) / [22.4x \{(T+273)/273\} x 10^6 ]$$

$$E_{so2,1} = (150.9x64x8.52x 3,600) / [22.4x \{(150+273)/273\} x 10^6 ]$$

$$= 296,217,907 / [22.4x \{423/273\} x 10^6 ]$$

$$= 8.53 \text{ กก./ชม.}$$

ช่วงที่ 2 และ 3

$$E_{so2,2} = 8.11 \text{ กก./ชม.}$$

$$E_{so2,3} = 7.23 \text{ กก./ชม.}$$

สมมติว่าตัวแทนของสภาพการปฏิบัติงานปกติตลอดทั้งปี

$$\text{ช่วงที่ 1} = 1,500 \text{ ชม.}$$

$$\text{ช่วงที่ 2} = 2,000 \text{ ชม.}$$

$$\text{ช่วงที่ 3} = 1,800 \text{ ชม.}$$

ปริมาณการปลดปล่อยทั้งปีคำนวณโดยการนำค่าทั้งสามช่วงเวลาเข้าด้วยกัน

$$E_{kpy,SO_2} = \sum (E_i x \text{ OpHrs})$$

$$E_{kpy, SO_2i} = (E_{so2,1} x \text{ OpHrs}_1) + (E_{so2,2} x \text{ OpHrs}_2) + (E_{so2,3} x \text{ OpHrs}_3)$$

$$E_{kpy, SO_2i} = (8.53 \text{ กก./ชม.} x 1,500 \text{ ชม./ปี}) + (8.11 x 2,000) + (7.23 x 1,800)$$

$$E_{kpy, SO_2i} = 42,021 \text{ กก./ปี}$$

ปริมาณการปลดปล่อย SO<sub>2</sub> ต่อκιโลกรัมของน้ำมันที่ใช้เมื่อการปฏิบัติงานในเช่นเดียวกับช่วงที่ 1 สามารถคำนวณโดยใช้สมการที่ 7

สมการที่ 7

$$E_{kpti} = E_{so2}/A$$

$$E_{kpti} = 8.53/290$$

$$= 2.94x10^{-2} \text{ SO}_2 \text{ ปลดปล่อยต่อตันของน้ำมันที่ใช้}$$

ใช้วิธีการคำนวณการปลดปล่อยมลพิษในช่วงเวลาที่ 2 และ 3 เช่นเดียวกับชั่วโมงที่ 1

**ตัวอย่างที่ 6** ข้อมูลจากการใช้ CEMs ตรวจวัด SO<sub>2</sub> เป็นระยะเวลา 6 วัน/สัปดาห์ โดยดำเนินการตรวจวัด 24 ชั่วโมง/วัน เป็นระยะเวลา 48 สัปดาห์/ปี โดยค่าเฉลี่ยของผลการตรวจวัด SO<sub>2</sub> แสดงได้ดังนี้

E <sub>1</sub>	=	13.2 กก./ชม.	E <sub>4</sub>	=	12.2 กก./ชม.
E <sub>2</sub>	=	12.6 กก./ชม.	E <sub>5</sub>	=	14.0 กก./ชม.
E <sub>3</sub>	=	11.2 กก./ชม.	E <sub>6</sub>	=	13.4 กก./ชม.

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

E	=	$\sum_1^n (E_i \times t)$
โดยที่	E	อัตราการระบายมลพิษ (กก./ปี)
	E <sub>i</sub>	อัตราการระบายมลพิษในระยะเวลาใดๆ (t)
	T	ช่วงระยะเวลาของการตรวจวัดการระบายมลพิษ
	N	จำนวนของช่วงระยะเวลาการตรวจวัดใน 1 ปี

นั่นคือ

$$E = \sum_1^{48} (E_i \times t)$$

คำนวณปริมาณการปลดปล่อย SO<sub>2</sub> ในระยะเวลา 1 สัปดาห์ =

ตัวอย่างที่ตรวจวัด	ผลการตรวจวัด (กก./ชม)	ระยะเวลาการตรวจวัด (ชม./วัน)	ปริมาณการปลดปล่อย (กก./วัน)
E1	13.2	24	316.8
E2	12.6	24	302.4
E3	11.2	24	268.8
E4	12.2	24	292.8
E5	14	24	336
E6	13.4	24	321.6
ปริมาณการปลดปล่อยใน 1 สัปดาห์			1,838.4

ปริมาณการปลดปล่อย SO<sub>2</sub> ในระยะเวลา 1 ปี หรือ 48 สัปดาห์ = 1,838.4 x 48 = 88,243 กก./ปี หรือ

$$E = [(13.2 \times 24) + (12.6 \times 24) + (11.2 \times 24) + (12.2 \times 24) + (14 \times 24) + (13.4 \times 24)] \times 48 \text{ กก./ปี} = 88,243 \text{ กก./ปี}$$

## 2 วิธีคำนวณการปลดปล่อยโดยการวัดค่ามวลสัมมูล

### หลักการ

มวลสัมมูลเป็นวิธีการตรวจสอบชนิดและปริมาณของวัตถุ/สารที่ป้อนเข้าสู่หรือออกจาก (input/output) ระบบ อุปกรณ์ หน่วย หรือกระบวนการผลิตใดๆ หรือ จากระบบทั้งหมดในสถานประกอบการ ความแตกต่างระหว่างปริมาณของสารที่ป้อนเข้าไปในระบบและออกจากระบบ จะกลายเป็นปริมาณของสารที่ถูกปลดปล่อยสู่ตัวกลางสิ่งแวดล้อมที่เป็น น้ำ อากาศ หรือดิน หรืออาจอยู่ในรูปของของเสียหรือน้ำเสียที่ถูกส่งไป

บำบัดหรือกำจัดนอกสถานประกอบการต่อไป หลักเกณฑ์ในการทำสมดุลมวลสาร มีขั้นตอนดังนี้

- (1) ศึกษาข้อมูล/กระบวนการผลิตโดยละเอียด/ปริมาณการใช้สารเคมีโดยละเอียด
- (2) เขียนแผนภูมิแสดงกระบวนการ กำหนดขอบเขตของระบบให้ชัดเจนด้วยเส้นประ ใส่ปริมาณหรือข้อมูลของสารทุกตัวที่ทราบลงในแผนภูมิ
- (3) ถ้ามีปฏิกิริยาเกี่ยวข้อง ต้องแสดงสมการเคมีให้ชัดเจน
- (4) เลือกฐานการคำนวณ (basis of calculation) ให้เหมาะสม
- (5) ทำสมดุลซึ่งอาจจะเป็น สมดุลมวลสารรวม (Overall material balance) หรือ สมดุลมวลสารของส่วนประกอบย่อย (Component material balance)

### 1) มวลสมดุลในภาพรวมของสถานประกอบการ (Overall facility mass balance)

**สมการที่ 1** ปริมาณสารที่ป้อนเข้าสู่ระบบ = ปริมาณสารที่ออกจากระบบ

หรือเขียนในรูปของ

**สมการที่ 2** Inputs = Products + Transfers + Emission

ปริมาณสารที่ใช้ = ปริมาณที่ผลิต + ปริมาณที่เคลื่อนย้ายเพื่อบำบัด/กำจัด + ปริมาณปลดปล่อย

โดยที่

- Input = ปริมาณสารทุกชนิดที่ใช้ในกระบวนการ
- Emission = ปริมาณที่ปลดปล่อยสู่อากาศ น้ำ และ ดิน รวมถึงกรณีเกิดเหตุหก/รด
- Transfer = หมายถึงสารที่มีการปลดปล่อยสู่อากาศ ทั้งในหลุมฝังกลบ หรือ เคลื่อนย้ายเพื่อทำลาย บำบัด Recycling หรือกำจัด
- Products = ผลิตภัณฑ์ และ วัสดุ ที่ส่งออกนอกสถานประกอบการ

### สมการที่ 3

Input of substance " i " = amount of substance " i " in product + amount of substance " i " in waste + amount of substance " i " trasformed / consumed in process + emission of substance " i "

ปริมาณสาร i ที่ใช้ไป = ปริมาณของสาร i ในผลิตภัณฑ์ + ปริมาณของสาร i ในของเสีย + ปริมาณของสาร i ที่มีการเปลี่ยนแปลง/ถูกใช้ไปในกระบวนการ + ปริมาณของสาร i ที่มีการปลดปล่อย

## 2) มวลสมดุลในระบบหรือกระบวนการผลิตใดๆ

แนวคิดในการจัดทำมวลสมดุลดังกล่าวข้างต้น สามารถประยุกต์ใช้ได้กับทุกหน่วยการผลิต โดยต้องการข้อมูลดังนี้

สมการที่ 4 
$$E_i = \sum Q_a W_{a,i} \rho_a - \sum Q_o W_{o,i} \rho_o$$

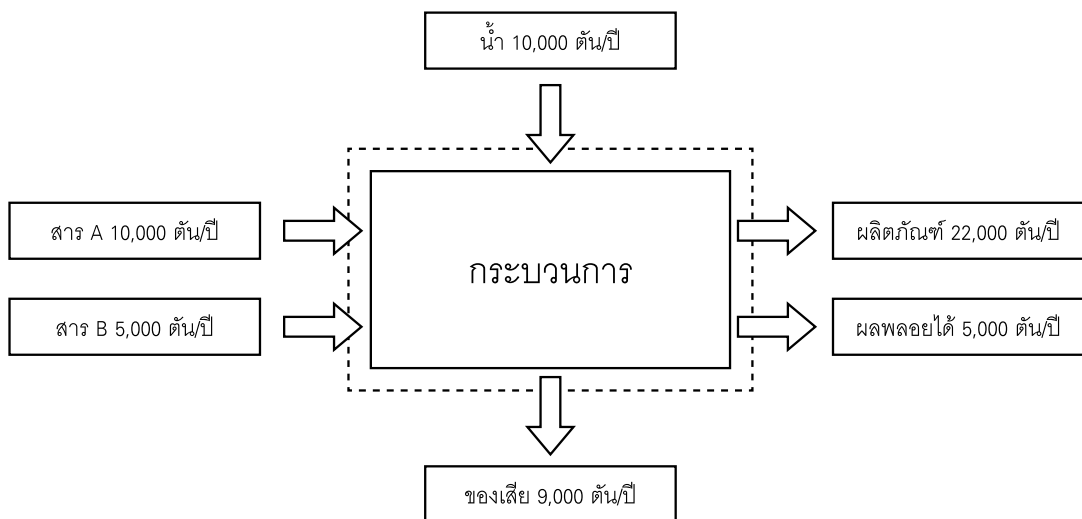
โดยที่

$E_i$	=	อัตราการระบายของสาร $i$ (กก./ชั่วโมง)
$Q_a$	=	อัตราการไหลเข้าสู่ระบบของ $a$ (ลบ.ม./ชั่วโมง)
$Q_o$	=	อัตราการไหลออกจากระบบของ $o$ (ลบ.ม./ชั่วโมง)
$W_{a,i}$	=	สัดส่วนน้ำหนักขององค์ประกอบของ $i$ ใน $a$ ที่เข้าสู่ระบบ
$W_{o,i}$	=	สัดส่วนน้ำหนักขององค์ประกอบของ $i$ ใน $o$ ที่ออกจากระบบ
$\rho_a, \rho_o$	=	ความหนาแน่นของ stream $a$ และ $o$ โดยลำดับ (กก./ลบ.ม.)

### ตัวอย่างที่ 1

ในกระบวนการผลิตอย่างหนึ่ง ใช้สาร A จำนวน 10,000 ตัน สาร B จำนวน 5,000 ตัน น้ำ 20,000 ตัน สำหรับผลิต ผลิตภัณฑ์ 22,000 ตัน และได้ผลพลอยได้ 4,000 ตัน/ปี โดยสาร A และ B เป็นสารที่ต้องรายงานภายใต้ PRTR ดังแสดงในแผนภาพ ให้คำนวณหาปริมาณสารที่ต้องรายงานภายใต้ PRTR

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต



$$= \text{ปริมาณของสาร A} + \text{ปริมาณของสาร B} + \text{ปริมาณน้ำ}$$

$$= 10,000 + 5,000 + 20,000 = 35,000 \text{ ตัน}$$

**ขั้นตอนที่ 2** คำนวณปริมาณสิ่งที่ได้จากกระบวนการผลิต

$$= \text{ปริมาณผลิตภัณฑ์} + \text{ปริมาณผลพลอยได้}$$

$$= 22,000 + 4,000 = 26,000 \text{ ตัน}$$

**ขั้นตอนที่ 3** คำนวณปริมาณของเสีย

ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น = ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ - สิ่งที่ได้จากการผลิต

$$= 35,000 - 26,000 = 9,000 \text{ ตัน/ปี}$$

**ขั้นตอนที่ 4** ระบุปริมาณการปลดปล่อย/เคลื่อนย้าย

จากปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น สถานประกอบการต้องระบุว่าของเสียดังกล่าวเป็นของเสียอันตรายหรือไม่อันตรายมีการกำจัดเอง หรือ ส่งออกไปบำบัดหรือกำจัดนอกสถานประกอบการ หรือมีการทิ้งลงสู่สิ่งแวดล้อม กรณีที่เป็นของเสียอันตรายและมีการทิ้งสู่สิ่งแวดล้อม จะเป็นข้อมูลการปลดปล่อยสู่พื้นดิน เป็นต้น

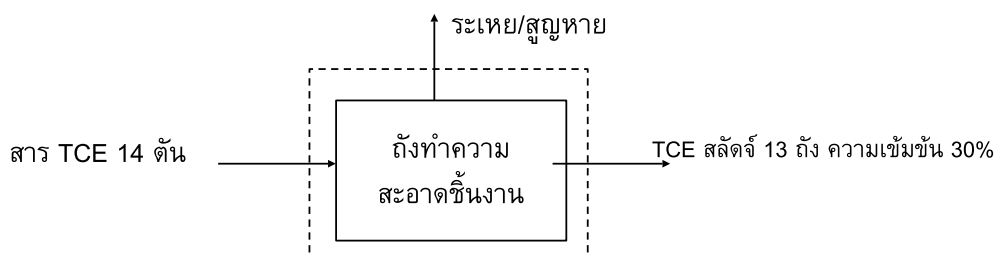
ตรวจสอบการดุลสมการ

<b>input</b>	=	<b>output</b>
ปริมาณของสาร A + ปริมาณของสาร B + ปริมาณน้ำ	=	ปริมาณผลิตภัณฑ์ + ปริมาณผลพลอยได้ + ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น
10,000 + 5,000 + 20,000	=	22,000 + 4,000 + 9,000
35,000	=	35,000

**ตัวอย่างที่ 2**

โรงงาน electroplating ใช้สาร trichloroethylene (TCE) จำนวน 14 ตัน ในการทำความสะอาดชิ้นงาน สารที่ใช้งานแล้วรวมทั้งสลัดจ์สะสมอยู่ที่ก้นถังทำความสะอาดถูกเก็บรวบรวมใส่ถังและส่งออกนอกสถานประกอบการเพื่อบำบัด จำนวน 13 ถัง (1 ถัง = 210 ลิตร) จากการตรวจวิเคราะห์พบว่าสลัดจ์มีความหนาแน่น 1.03 กิโลกรัม/ลิตร และความเข้มข้นของ TCE ในสลัดจ์ คือ 30% ให้คำนวณหาปริมาณ TCE ที่ปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม

**ขั้นตอนที่ 1** คำนวณน้ำหนักของ TCE ที่ส่งไป reclaim



TCE ถูกปลดปล่อยออกจากสถานประกอบการโดย air emission และการขนย้ายออก

นอกสถานประกอบการในรูปของ สลัดจ์ ถ้าทราบปริมาณของสารที่ใช้งานแล้วที่ส่งออกไปเพื่อ reclaimers ดังนั้นปริมาณของการเคลื่อนย้ายสามารถคำนวณได้จากปริมาตรของ สลัดจ์ และความหนาแน่นของสลัดจ์ดังรายละเอียดดังนี้

ปริมาณของ TCE ที่ส่งไป reclaimers คือ =

$$13 \text{ ถัง} \times \left| \frac{210 \text{ ลิตร}}{\text{ถัง}} \right| = 2,730 \text{ ลิตร}$$

มวล/น้ำหนักของ TCE ที่ส่งไป reclaimers = ปริมาตรของ สลัดจ์ x ความหนาแน่นของสลัดจ์ x % ของ TCE ในสลัดจ์

$$= 2,730 \text{ ลิตร} \times \left| \frac{1.03 \text{ กก.}}{\text{ลิตร}} \right| \times \left| \frac{30}{100} \right| = 844 \text{ กก.} = 0.844 \text{ ตัน}$$

**ขั้นตอนที่ 2** ดุลสมการ หรือ คำนวณปริมาณ TCE ที่สูญหายหรือปลดปล่อยสู่อากาศ ปริมาณของ TCE ที่ปลดปล่อยสู่อากาศ สามารถคำนวณด้วยวิธีมวลสมดุลโดยการหักลบปริมาณของ สลัดจ์ที่ส่งออกไปนอกสถานประกอบการเพื่อ Reclaim ออกจากปริมาณของ TCE ที่ซื้อ

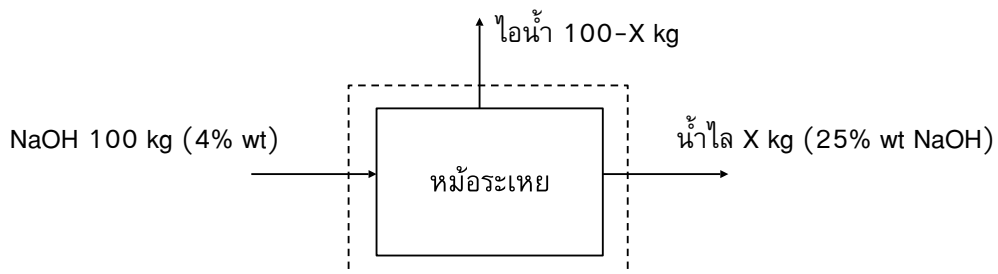
$$\begin{aligned} \text{ปริมาณการปลดปล่อย} &= \text{ปริมาณ TCE ที่ซื้อ} 14 \text{ ตัน} - \text{ปริมาณที่ส่งไป reclaim} 0.844 \text{ ตัน} \\ &= 13.16 \text{ ตัน} \end{aligned}$$

ตรวจสอบการดุล

<b>input</b>	=	<b>output</b>
ปริมาณที่ซื้อ	=	ปริมาณที่ใช้
ปริมาณที่ใช้	=	ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น+ปริมาณที่สูญหายไป
14	=	0.844+13.16

**ตัวอย่างที่ 3** อุตสาหกรรมเส้นใยใช้หม้อระเหยแบบ double effect ในการระเหยน้ำออกจากสารละลาย โซดาไฟเจือจาง 4% โดยน้ำหนัก ทำให้ได้น้ำไล (lye) ที่มีของแข็ง 25% โดยน้ำหนัก ให้คำนวณหาปริมาณของน้ำที่ระเหยทิ้งไปต่อ 100 กิโลกรัมของสารละลายที่ป้อนเข้า หม้อระเหยฐานการคำนวณ 100 kg ของสารที่ป้อน

วิธีทำ สมมติให้น้ำไลออกจากหม้อระเหย X กิโลกรัม ระบบสามารถแทนด้วยภาพดังต่อไปนี้





ในระบบนี้จะต้องทำการดุลมวลของสสารในระบบอย่างน้อย 2 สมการ เพื่อหาคำตอบ ดังนี้

### ขั้นตอนที่ 1 ดุลมวลสารรวม

$$\begin{aligned}
 \text{มวลสารที่เข้าห้ระเหยทั้งหมด} &= \text{มวลของไอน้ำที่ระเหยออก} + \text{มวลของ lye} \\
 100 \text{ kg} &= \text{มวลของไอน้ำ} + X \text{ kg} \\
 \text{ดังนั้น มวลไอน้ำ} &= 100 - X \text{ kg}
 \end{aligned}$$

### ขั้นตอนที่ 2 ดุลมวล NaOH

$$\begin{aligned}
 \text{สาร NaOH เข้าระบบ} &= \text{สาร NaOH ออกจากระบบ} \\
 (\text{มวลสารเข้าสู่ระบบ})(\text{ร้อยละของ NaOH}) &= (\text{มวลสารออกจากระบบ})(\text{ร้อยละของ NaOH}) \\
 100(0.04) &= X(0.25) \\
 X &= 16 \text{ kg} \\
 \text{ดังนั้น น้ำจะถูกระเหยไป} &= 100 - 16 \\
 &= 84 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

ตรวจสอบการดุลสมการ

<b>input</b>	=	<b>output</b>
สาร NaOH เข้าระบบ	=	สาร NaOH ออกจากระบบ
สาร NaOH เข้าห้ระเหย	=	น้ำ lye + NaOH ที่ระเหย
100	=	16 + 84

## 3. การคาดประมาณการปลดปล่อยมลพิษโดยการใช้ตัวคูณอัตราการผลิตปล่อยมลพิษหลัก

การคาดประมาณการปลดปล่อยมลพิษ คำนวณได้โดยใช้ข้อมูลของกิจกรรมที่ก่อให้เกิดมลพิษ (activity data) ข้อมูลปริมาณสารเคมี (วัตถุดิบ/หรือมลพิษ) ที่สถานประกอบการจัดการ/ปี ร่วมกับตัวคูณอัตราการปลดปล่อยมลพิษ (Emission factor) หรืออัตราส่วนของปริมาณการปลดปล่อยมลพิษต่อปริมาณสารเคมี (วัตถุดิบ/มลพิษ) ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการทดลองหรือโมเดล เพื่อบอกถึงปริมาณมลพิษที่ปลดปล่อยจากกิจกรรมที่ทำ หรือปริมาณสารเคมีที่ใช้

$$\boxed{\text{ปริมาณการปลดปล่อย/เคลื่อนย้าย}} = \boxed{\text{ปริมาณสารเคมี (มลพิษ) ที่มีการจัดการต่อปี หรือ กิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปลดปล่อยมลพิษ}} \times \boxed{\text{ตัวคูณอัตราการปลดปล่อยมลพิษ}}$$

นั่นคือ

$$\begin{array}{ccc}
 \text{อัตราการปลดปล่อย/ระบายมลพิษ} & = & \text{กิจกรรม} \times \text{ตัวคูณอัตราการปลดปล่อยมลพิษ} \\
 \text{(Emission Rate)} & & \text{(Activity Data)} \times \text{(Emission Factor)} \\
 \downarrow & & \downarrow \\
 \frac{\text{มลพิษ (mass)}}{\text{เวลา (time)}} & = & \frac{\text{หน่วยของกิจกรรม (unit of activity)}}{\text{เวลา (time)}} \times \frac{\text{มลพิษ (mass)}}{\text{หน่วยของกิจกรรม (unit of activity)}}
 \end{array}$$

กรณีที่ใช้ค่าประมาณการปลดปล่อยมลพิษจากกิจกรรมอย่างหนึ่งอย่างใดอาจเขียนในรูปดังนี้

$$E = A \times \text{OpHrs} \times E_f$$

โดยที่

- E = อัตราการปลดปล่อยมลพิษ (กก./ปี)
- A = อัตราของกระบวนการ (หน่วย/ชั่วโมง หรือ ม<sup>3</sup>/ชั่วโมง)
- OpHrs = ระยะเวลาการทำงานต่อปี หรือ ต่อกิจกรรม (ชั่วโมง/ปี)
- E<sub>f</sub> = ตัวคูณอัตราการปลดปล่อยมลพิษต่อกิจกรรม (กก./หน่วย หรือ กก./ลบ.ม.)

ทั้งนี้อาจขึ้นกับข้อมูลที่ใช้ประกอบการคาดประมาณ สมการข้างต้นอาจเขียนใหม่เป็น

$$E = A \times E_f$$

โดยที่

- E = อัตราการปลดปล่อยมลพิษ (กก./ปี)
- A = อัตราของกิจกรรม ในรูปของปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ (หน่วย/ปี)
- E<sub>f</sub> = ตัวคูณอัตราการปลดปล่อยมลพิษต่อกิจกรรม (กก./หน่วย)

โดยจากสมการดังกล่าวข้างต้น เมื่อพิจารณาถึงอุปกรณ์ป้องกันมลพิษจากการปลดปล่อย สามารถสรุปได้ดังนี้ กรณีไม่มีอุปกรณ์ป้องกันมลพิษ

$$E = A \times \text{OpHrs} \times E_f$$

หรือ

$$E = A \times E_f$$

กรณีมีอุปกรณ์ป้องกันมลพิษ

$$E = A \times \text{OpHrs} \times E_f \times \left\{ 1 - \left| \frac{CE}{100} \right| \right\}$$

หรือ

$$E = A \times E_f \times \left\{ 1 - \left| \frac{CE}{100} \right| \right\}$$

- โดยที่ E = อัตราการระบายมลพิษใดๆ (กก./ปี)
- A = อัตราของการทำกิจกรรมต่อชั่วโมง (ตัน/ชั่วโมง)
- OpHrs = ชั่วโมงการทำงาน (ชั่วโมง/ปี)

- $E_{fi}$  = ตัวคูณอัตราการปลดปล่อยมลพิษใดๆ สำหรับกิจกรรมที่ไม่มีการควบคุมการปลดปล่อยมลพิษ (กก./ตัน)
- $CE_i$  = ประสิทธิภาพโดยรวมของการควบคุมมลพิษใดๆ (%)

ตัวอย่างค่า Uncontrolled Emission factor for polyvinyl chloride manufacture

PM10 (kg/tonne of PVC Produced)	vinyl chloride (kg/tonne of PVC Produced)
17.5	8.5

**ตัวอย่าง** การคาดประมาณการปลดปล่อยแบบฟุ้งกระจาย (fugitive air emission) ด้วยตัวคูณอัตราการปลดปล่อยมลพิษ

### ลักษณะของกระบวนการผลิต

- โรงงานผลิตโพลีเมอร์แห่งหนึ่งผลิตโพลีเมอร์สูตรต่างๆ โดยใช้สาร methyl ethyl ketone (MEK) อย่างเดียว หรือ ผลิตจากส่วนผสมของสาร toluene และ xylene ในปริมาณที่เท่ากัน
- แผ่นโพลีเมอร์จะถูกป้อนอย่างต่อเนื่องเข้าสู่เครื่องอบแห้ง (dryer) โดยอัตโนมัติหลังจากออกมาจากเครื่องฉีด (extrusion) และรีด (rolling) เครื่องอบแห้งถูกตั้งระบบให้ทำงานในสภาพที่ความดันเป็นลบ (negative pressure) หรือความดันภายนอกมากกว่าภายในห้องเพื่อป้องกันการรั่วไหลอากาศเสียจากเครื่องอบแห้งที่ถูกอัดให้มีความดันสูงกว่าบรรยากาศ และป้อนเข้าสู่คอนเดนเซอร์เพื่อสกัดแยกตัวทำละลายที่บริสุทธิ์ออก หรือตัวทำละลายผสม ซึ่งผสมกันออกมาและส่งกลับเข้าสู่กระบวนการผลิต ตัวทำละลายที่ระเหยกลายเป็นไอถูกนำไปใช้ประโยชน์เป็นพลังงานหรือเผาทิ้ง (flare)
- โรงงานมีการประกอบการ 4,000 ชั่วโมง/ปี อัตราส่วนของตัวทำละลายในอากาศเสียที่ระบายออกจากเครื่องทำให้แห้ง มีค่าเฉลี่ย 0.01 และเครื่องคอนเดนเซอร์มีประสิทธิภาพ 80%

### ข้อมูลจากกระบวนการผลิตและการสำรวจพบว่า

- อากาศเสียจากเครื่องอบแห้งจะต่อโดยตรงเข้าสู่คอมเพรสเซอร์
- มี gas safety relief valve จำนวน 1 ตัว ต่อจากเครื่องคอมเพรสเซอร์
- และมี in line relieve valve จำนวน 2 ตัว ก่อนถึงคอนเดนเซอร์
- หลังจากเครื่องคอนเดนเซอร์ มี liquid valve จำนวน 18 ตัว ซึ่งต่อกับท่อส่งเข้าแท็งก์เก็บกัก และส่งกลับเข้าสู่กระบวนการผลิต
- มี gas valve จำนวน 12 ตัว จากคอนเดนเซอร์ ต่อเข้าสู่แท็งก์เก็บกัก และ flare
- สมมติว่า safety seal รั่ว แต่แหล่งกำเนิดที่ก่อให้เกิดการปลดปล่อยแบบฟุ้งกระจายอื่น ไม่มีการรั่วไหล สมมติว่าค่า Emission factor ของหน่วยงานแห่งหนึ่งสรุปได้ดังนี้

แหล่งกำเนิด	Emission factor (กก./ชั่วโมง)
Compressor seals (leaking)	3.54
Gas Safety-relief valve	0.098
In-Line valve (gas)	0.0132
In - Line valve (light liquid)	0.0038

## การคำนวณ

คำนวณปริมาณการปลดปล่อยจากอุปกรณ์แต่ละชนิดดังนี้

### Compressor seals(leaking)

$$\text{- MEK} = 3.54 \text{ กก./ชั่วโมง} \times 0.01 \text{ กก.MEK/กก.อากาศ} \times 400 \text{ ชั่วโมง/ปี}$$

- ปริมาณการปลดปล่อย MEK จาก Compressor seals

$$= 141.6 \text{ กก./ปี}$$

- เนื่องจากการผลิต polymer ที่มีส่วนผสมระหว่าง toluene และ xylene ในอัตราส่วนที่เท่ากัน

- ดังนั้นปริมาณการปลดปล่อยสาร toluene และ xylene มีปริมาณอย่างละ

$$= 141.6/2 = 70.8 \text{ กก./ปี}$$

### Gas Safety-relief valve

$$\text{- MEK} = 0.098 \text{ กก./ชั่วโมง} \times 0.01 \text{ กก.MEK/กก.อากาศ} \times 400 \text{ ชั่วโมง/ปี}$$

- toluene & xylene mixture อย่างละ

$$= 3.92 \text{ กก./ปี}$$

$$= 1.96 \text{ กก./ปี}$$

### Gas valve before condenser

$$\text{- MEK} = 2 \text{ วาล์ว} \times 0.00132 \text{ กก./ชั่วโมง/วาล์ว} \times 0.01 \text{ กก.MEK/กก.อากาศ} \\ \times 400 \text{ ชั่วโมง/ปี}$$

- toluene & xylene อย่างละ

$$= 1.056 \text{ กก./ปี}$$

$$= 0.528 \text{ กก./ปี}$$

### Gas valve after condenser

$$\text{- MEK} = 12 \text{ วาล์ว} \times 0.00132 \text{ กก./ชั่วโมง/วาล์ว} \\ \times 0.01(1-0.8) \text{ กก.MEK/กก.อากาศ} \times 400 \text{ ชั่วโมง/ปี}$$

- toluene & xylene อย่างละ

$$= 1.27 \text{ กก./ปี}$$

$$= 0.625 \text{ กก./ปี}$$

### Liquid valves

$$\text{- MEK} = 18 \text{ วาล์ว} \times 0.0038 \text{ กก./ชั่วโมง/วาล์ว} \times 400 \text{ ชั่วโมง/ปี}$$

-toluene & xylene อย่างละ

$$= 273.6 \text{ กก./ปี}$$

$$= 136.8 \text{ กก./ปี}$$

## รวมปริมาณการปลดปล่อยแบบฟุ้งกระจาย

$$\text{MEK} = 141.6 + 3.92 + 1.056 + 1.27 + 273.6 \text{ หรือประมาณ } 422 \text{ กก./ปี}$$

toluene & xylene อย่างละประมาณ 211 กก./ปี

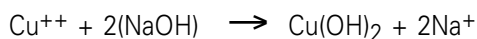
## 4. การคาดการณ์การปลดปล่อยมลพิษโดยการใช้หลักทางวิศวกรรม หลักการ

การคำนวณทางวิศวกรรม เป็นวิธีการคาดประมาณโดยใช้คุณสมบัติทางฟิสิกส์/เคมี ของสาร (เช่น ความดันไอ) และความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ (เช่น ideal gas law)

ปริมาณการปลดปล่อย/เคลื่อนย้าย	=	ความเข้มข้นของมลพิษ ในน้ำ/อากาศ/ของเสียซึ่งได้จาก การคำนวณทางวิศวกรรม	×	ปริมาณของน้ำ / อากาศ/ ของเสีย ที่มีการระบาย/ทิ้งสู่สิ่งแวดล้อม
-------------------------------	---	---	---	---

**ตัวอย่างที่ 1** น้ำล้างจากกระบวนการชุบ บำบัดโดยการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เพื่อให้ทองแดง (Cu) เกิดการตกตะกอนออกจากน้ำเสียโดยอยู่ในรูปของสลัดจ์ จากข้อมูลพบว่ามีสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ สำหรับใช้ในการตกตะกอนของทองแดง 0.9 ตัน จงหาปริมาณของทองแดงที่ตกตะกอนอยู่ในรูปของทองแดงที่ปลดปล่อยในรูปของของเสีย

**ขั้นตอนที่ 1** จากสมการการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่าง ทองแดง และ โซเดียมไฮดรอกไซด์ พบว่าแต่ละโมลของทองแดง (Cu) ในน้ำล้างใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 2 โมล ดังปฏิกิริยาดังต่อไปนี้



ทั้งนี้ ข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้องของระบุว่าปฏิกิริยาจะเกิดอย่างสมบูรณ์ที่ pH = 7.7 โดยเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์จนกระทั่ง pH = 8 เพื่อให้มั่นใจว่าเกิดปฏิกิริยาการตกตะกอนได้อย่างสมบูรณ์โดยที่

- น้ำหนักของมวลโมเลกุลของทองแดง (Cu) = 63.5 ตัน/ตัน-โมล
- น้ำหนักมวลโมเลกุลของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) = 40 ตัน/ตัน-โมล

โดยที่ [(Na = 22.99)+(O=15.99)+(H=1.00) = 40 ]

**ขั้นตอนที่ 2** คำนวณปริมาณของทองแดงในสลัดจ์ดังนี้

$$2 \text{ NaOH} \text{ ทำปฏิกิริยากับ } 1 \text{ Cu} \text{ หรือ } 2 \text{ tonne-moles NaOH} \equiv 1 \text{ tonne-mole Cu}$$

40 tones NaOH		x 2 tone-mole NaOH	≡	1 tone-mole Cu		63.5 tones Cu
tone-mole NaOH				x		tones-mole Cu

$$80 \text{ tonnes NaOH} \equiv 63.5 \text{ tonnes Cu}$$

นั่นคือ ใช้ NaOH 80 ตัน ในการทำปฏิกิริยาจะเกิดและตะกอน Cu จำนวน 63.5 ตัน

**ขั้นตอนที่ 3** คำนวณปริมาณของตะกอนของ Cu ที่เกิดจากการใช้ NaOH จำนวน 0.9 ตันในการทำปฏิกิริยา โดยการเทียบบัญญัติไตรยางค์

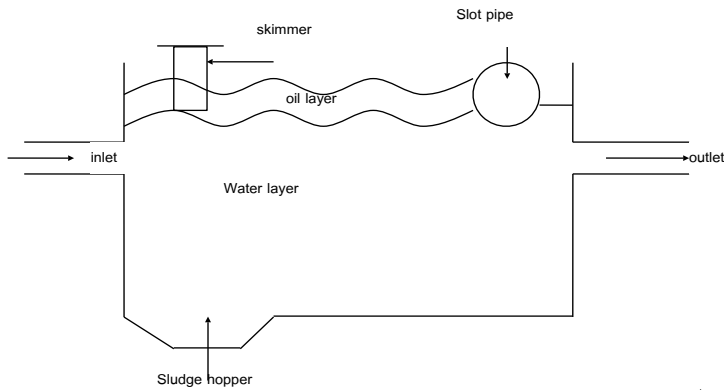
ใช้ NaOH 80 ตัน ในการทำปฏิกิริยาจะเกิดและตะกอน Cu จำนวน = 63.5 ตัน Cu

ใช้ NaOH 0.9 ตัน ในการทำปฏิกิริยาจะเกิดและตะกอน Cu จำนวน =  $63.5 \text{ ตัน Cu} \times 0.9 \text{ ตัน NaOH}$   
80 ตัน NaOH

ปริมาณ Cu ในสลัดจ์ = 0.71 ตัน Cu หรือ 710 กก.

หมายเหตุ วิธีนี้จะถูกต้องเฉพาะกรณีที่ใช้ NaOH ทำปฏิกิริยากับ Cu อย่างเดียวเท่านั้น

**ตัวอย่างที่ 2** ใช้ภาพ และตารางต่อไปในการคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยมลพิษโดยใช้ทฤษฎีการถ่ายเท มวลสาร (mass transfer theory)

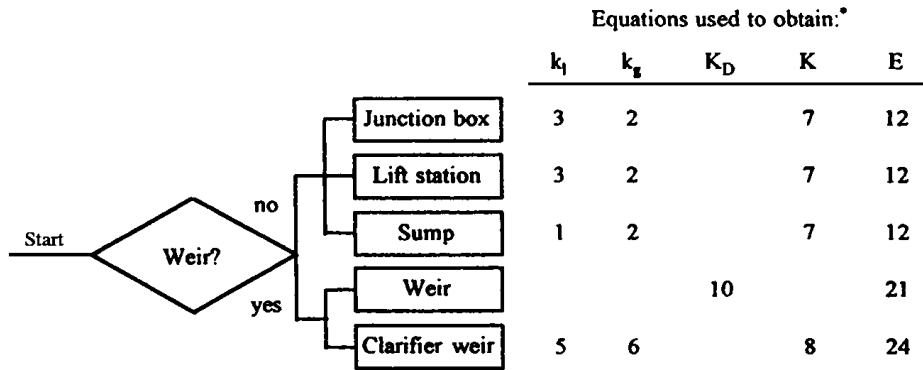


รูปที่ 1 ภาพของระบบ oil water separator

		Equations used to obtain:*									
		$k_1$	$k_g$	$K_{oil}$	$K$	$E$					
Start	Is system aerated?	yes	Diffused air?	yes	Biologically active?	yes	Flowthrough	1	2	7	20
				no	Biologically active?	no	Flowthrough	1	2	7	19
	no	Diffused air?	yes	Biologically active?	yes	Flowthrough	1	2	7	14	
			no	Biologically active?	no	Flowthrough	1	2	7	13	
	yes	Diffused air?	yes	Biologically active?	yes	Flowthrough	1,3	2,4	7	16	
			no	Biologically active?	yes	Flowthrough	1,3	2,4	7	15	
	no	Diffused air?	yes	Biologically active?	no	Flowthrough	1,3	2,4	7	12	
			no	Biologically active?	no	Flowthrough	1,3	2,4	7	11	
	no	Oil film layer?	yes	Biologically active?	yes	Flowthrough	1	2	7	16	
			no	Biologically active?	yes	Flowthrough	1	2	7	15	
	yes	Oil film layer?	yes	Oil film thickness > 1 cm?	yes	Flowthrough	1	2	7	12	
			no	Oil film thickness > 1 cm?	no	Flowthrough	1	2	7	11	
	no	Oil film thickness > 1 cm?	yes	Oil film thickness > 1 cm?	yes	Flowthrough	2	9	7	18	
			no	Oil film thickness > 1 cm?	no	Flowthrough	2	9	7	17	
	yes	Oil film thickness > 1 cm?	yes	Oil film thickness > 1 cm?	yes	Flowthrough	2	9	7	22	
			no	Oil film thickness > 1 cm?	no	Flowthrough	2	9	7	23	

หมายเหตุ สมการเป็นไปตามตารางที่ 1 และพารามิเตอร์ตามที่กำหนดในตารางที่ 2

รูปที่ 2 แผนภาพแสดงสมการ mass transfer ในระบบบำบัดน้ำเสียและระบบเก็บกัก (storage units)



หมายเหตุ สมการเป็นไปตามตารางที่ 1 และพารามิเตอร์ตามที่กำหนดในตารางที่ 2

รูปที่ 3 แผนภาพแสดงสมการ mass transfer ในระบบบำบัดน้ำเสีย

### ตารางที่ 1. Mass-transfer equations สำหรับคาดประมาณการปลดปล่อยจากระบบบำบัดน้ำเสีย

Equation Number	Equation
<i>Individual Liquid (<math>k_l</math>) and Gas (<math>k_g</math>)-Phase Mass-Transfer Coefficients</i>	
1	$k_l \text{ (m/s)} = 2.78 \times 10^{-6} (D_w / D_{ether})^{2/3}$ <p>for <math>0 &lt; U_{10} &lt; 3.25</math> m/s and all <math>F/D</math> ratios</p> $k_l \text{ (m/s)} = [2.605 \times 10^{-9} (F/D) + 1.277 \times 10^{-7}] (U_{10})^2 (D_w / D_{ether})^{2/3}$ <p>for <math>U_{10} &gt; 3.25</math> m/s and <math>14 &lt; F/D &lt; 51.2</math></p> $k_l \text{ (m/s)} = 2.61 \times 10^{-7} (U_{10})^2 (D_w / D_{ether})^{2/3}$ <p>for <math>U_{10} &gt; 3.25</math> m/s and <math>F/D &gt; 51.2</math></p> $k_l \text{ (m/s)} = 1.0 \times 10^{-6} + 144 \times 10^{-4} (U^*)^{2.2} (Sc_L)^{-0.5}; U^* < 0.3$ $k_l \text{ (m/s)} = 1.0 \times 10^{-6} + 34.1 \times 10^{-4} (U^*) (Sc_L)^{-0.5}; U^* > 0.3$ <p>for <math>U_{10} &gt; 3.25</math> m/s and <math>F/D &lt; 14</math>,</p> <p>where <math>U^* \text{ (m/s)} = 0.01 U_{10} (6.1 + 0.63 U_{10})^{0.5}</math></p> $Sc_L = \mu_L / (\rho_L D_w)$ <p>where <math>F/D = 2(A/\pi)^{0.5}</math></p>
2	$k_g \text{ (m/s)} = 4.82 \times 10^{-3} (U_{10})^{0.78} (Sc_G)^{-0.67} (d_e)^{-0.11}$ <p>where <math>Sc_G = \mu_a / (\rho_a D_a)</math></p> $d_e \text{ (m)} = 2(A/\pi)^{0.5}$
3	$k_l \text{ (m/s)} = [8.22 \times 10^{-9} \text{ J POWR } 1.024^{(T-20)} O_t 10^6 \text{ MW}_L / (Va_v \rho_L)] \times (D_w / D_{O_2, W})^{0.5}$ <p>where POWR (hp) = (total power to aerators) <math>V</math></p> $Va_v \text{ (ft}^2\text{)} = (\text{fraction of area agitated})A$

Equation Number	Equation
4	$k_g \text{ (m/s)} = 1.35 \times 10^{-7} (\text{Re})^{1.42} P^{0.4} (\text{Sc}_G)^{0.5} (\text{Fr})^{-0.21} (D_a \text{MW}_a / d) ,$ <p>where <math>\text{Re} = d^2 w \rho_a / \mu_a</math></p> $P = [0.85 \text{ POWR} (550 \text{ ft-lb}_f/\text{s-hp}) / N_f] g_c / [\rho_L (d^*)^5 w^3]$ $\text{Sc}_G = \mu_a / (\rho_a D_a)$ $\text{Fr} = d^* w^2 / g_c$
5	$k_l \text{ (m/s)} = f_{air,l} Q / (3600 \text{ s/min } h_c \pi d_c)$ <p>where <math>f_{air,l} = 1-1/r</math></p> $r = \exp[0.77 (h_c)^{0.623} (Q / (\pi d_c))^{0.66} (D_w / D_{O_2,w})^{0.66}]$
6	$k_g \text{ (m/s)} = 0.001 + 0.0462 U^* (\text{Sc}_G)^{-0.67}$ <p>where <math>U^* \text{ (m/s)} = (6.1 + 0.63 U_{10})^{0.5} U_{10} / 100</math></p> $\text{Sc}_G = \mu_a / (\rho_a D_a)$
<b>Overall Mass-Transfer Coefficients for water (K) and oil (K<sub>oil</sub>) Phases and for Weirs (K<sub>D</sub>)</b>	
7	$K \text{ (m/s)} = k_l K_{eq} k_g / (K_{eq} k_g + k_l)$ <p>where <math>K_{eq} = H / (RT)</math></p>
8	$K \text{ (m/s)} = [\text{MW}_L / (k_l \rho_{aL} (100 \text{ cm/m})) + \text{MW}_a / (k_g \rho_a H 55,555 (100 \text{ cm/m}))]^{-1} \text{MW}_L / [(100 \text{ cm/m}) \rho_L]$
9	$K_{oil} = k_g K_{eq,oil}$ <p>where <math>K_{eq,oil} = P^* \rho_a \text{MW}_{oil} / (\rho_{oil} \text{MW}_a P_o)</math></p>
10	$K_D = 0.16 h (D_w / D_{O_2,w})^{0.75}$
<b>Air Emissions (E)</b>	
11	$E \text{ (g/s)} = (1 - Ct/Co) V Co/t$ <p>where <math>Ct/Co = \exp(-KAt/V)</math></p>
12	$E \text{ (g/s)} = KC_L A,$ <p>where <math>C_L \text{ (g/m}^3) = Q Co / (KA+Q)</math></p>
13	$E \text{ (g/s)} = (1 - Ct/Co) V Co/t,$ <p>where <math>Ct/Co = \exp [(-KA + K_{eq} Q_a)t / V]</math></p>
14	$E \text{ (g/s)} = (KA + Q_a K_{eq}) C_L ,$ <p>where <math>C_L \text{ (g/m}^3) = Q Co / (KA + Q + Q_a K_{eq})</math></p>
15	$E \text{ (g/s)} = (1 - Ct/Co) KA / (KA + K_{max} b_i V / K_S) V Co/t,$ <p>where <math>Ct/Co = \exp (-K_{max} b_i t / K_S - KAt/V)</math></p>



Equation Number	Equation
16	$E \text{ (g/s)} = KC_L A,$ <p>where <math>C_L \text{ (g/m}^3\text{)} = [-b + (b^2 - 4ac)^{0.5}] / (2a)</math></p> $a = KA/Q + 1$ $b = K_S (KA/Q + 1) + K_{\max} b_i V/Q - C_o$ $c = -K_S C_o$
17	$E \text{ (g/s)} = (1 - C_{t_{oil}} / C_{o_{oil}}) V_{oil} C_{o_{oil}} / t$ <p>where <math>C_{t_{oil}} / C_{o_{oil}} = \exp(-K_{oil} t / D_{oil})</math></p> $C_{o_{oil}} = K_{ow} C_o / (1 - FO + FO K_{ow})$ $V_{oil} = FO V$ $D_{oil} = FO V/A$
18	$E \text{ (g/s)} = K_{oil} C_{L, oil} A,$ <p>where <math>C_{L, oil} \text{ (g/m}^3\text{)} = (Q_{oil} C_{o_{oil}} / K_{oil} A + Q_{oil})</math></p> $C_{o_{oil}} = K_{ow} C_o / (1 - FO + FO K_{ow})$ $Q_{oil} = FO Q$
19	$E \text{ (g/s)} = (1 - Ct/Co)(KA + Q_a K_{eq}) / (KA + Q_a K_{eq} + K_{\max} b_i V / K_S) V Co / t,$ <p>where <math>Ct/Co = \exp[-(KA + K_{eq} Q_a) t / V - K_{\max} b_i t / K_S]</math></p>
20	$E \text{ (g/s)} = (KA + Q_a K_{eq}) C_L,$ <p>where <math>C_L \text{ (g/m}^3\text{)} = [-b + (b^2 - 4ac)^{0.5}] / (2a)</math></p> $a = (KA + Q_a K_{eq}) / Q + 1$ $b = K_S [(KA + Q_a K_{eq}) / Q + 1] + K_{\max} b_i V / Q - C_o$ $c = -K_S C_o$
21	$E \text{ (g/s)} = [1 - \exp(-K_D)] Q C_o$
22	$E \text{ (g/s)} = K_{oil} C_{L, oil} A,$ <p>where <math>C_{L, oil} \text{ (g/m}^3\text{)} = Q_{oil} (C_{o_{oil}}^* / (K_{oil} A + Q_{oil}))</math></p> $C_{o_{oil}}^* = C_o / FO$ $Q_{oil} = FO Q$
23	$E \text{ (g/s)} = (1 - C_{t_{oil}} / C_{o_{oil}}^*) V_{oil} (C_{o_{oil}}^* / t),$ <p>where <math>C_{t_{oil}} / C_{o_{oil}}^* = \exp(-K_{oil} t / D_{oil})</math></p> $C_{o_{oil}}^* = C_o / FO$ $V_{oil} = FO V$ $D_{oil} = FO V/A$
24	$E \text{ (g/s)} = [1 - \exp(-K \tau d_c h_o / Q)] Q C_o$

Definition ของแต่ละพารามิเตอร์ระบุในตารางที่ 2

## ตารางที่ 2 ความหมายและหน่วยของพารามิเตอร์ในสมการ mass-transfer equations ในน้ำเสีย

Parameter	Definition	Units	Code <sup>a</sup>
$A$	Wastewater surface area	$m^2$ or $ft^2$	A
$b_i$	Biomass concentration (total biological solids)	$g/m^3$	B
$C_L$	Concentration of constituent in the liquid phase	$g/m^3$	D
$C_{L,oil}$	Concentration of constituent in the oil phase	$g/m^3$	D
$C_o$	Initial concentration of constituent in the liquid phase	$g/m^3$	A
$C_{o,oil}$	Initial concentration of constituent in the oil phase considering mass-transfer resistance between water and oil phase	$g/m^3$	D
$C_{o^*oil}$	Initial concentration of constituent in the oil phase considering no mass-transfer resistance between water and oil phase	$g/m^3$	D
$C_t$	Concentration of constituent in the liquid phase at time = $t$	$g/m^3$	D
$C_{t,oil}$	Concentration of constituent in the oil phase at time = $t$	$g/m^3$	D
$d$	Impeller diameter	cm	B
$D$	Wastewater depth	m or ft	A,B
$d^*$	Impeller diameter	ft	B
$D_a$	Diffusivity of constituent in air	$cm^2/s$	C
$d_c$	Clarifier diameter	m	B
$d_e$	Effective diameter	m	D
$D_{ether}$	Diffusivity of ether in water	$cm^2/s$	$(8.5 \times 10^{-6})^b$
$D_{O_2,w}$	Diffusivity of oxygen in water	$cm^2/s$	$(2.4 \times 10^{-5})^b$
$D_{oil}$	Oil film thickness	m	B
$D_w$	Diffusivity of constituent in water	$cm^2/s$	C
$f_{air,l}$	Fraction of constituent emitted to the air, considering zero gas resistance	Unitless	D
$F/D$	Fetch to depth ratio, $d_e/D$	Unitless	D
$FO$	Fraction of volume that is oil	Unitless	B
$Fr$	Froude number	Unitless	D
$g_c$	Gravitation constant (a conversion factor)	$lb_m \cdot ft/s^2 \cdot lb_f$	32.17
$h$	Weir height (distance from the wastewater overflow to the receiving body of water)	ft	B
$h_c$	Clarifier weir height	m	B
$H$	Henry's law constant of constituent	$atm \cdot m^3/gmol$	C
$J$	Oxygen-transfer rating of surface aerator	$lbO_2/hr \cdot hp$	B
$K$	Overall mass-transfer coefficient for transfer of constituent from liquid phase to gas phase	m/s	D

Parameter	Definition	Units	Code <sup>a</sup>
$K_D$	Volatilization-re-aeration theory mass- transfer coefficient	Unitless	D
$K_{eq}$	Equilibrium constant or partition coefficient (concentration in gas phase/ concentration in liquid phase)	Unitless	D
$K_{eq,oil}$	Equilibrium constant or partition coefficient (concentration in gas phase/ concentration in oil phase)	Unitless	
$k_g$	Gas-phase mass- transfer coefficient	m/s	D
$k_l$	Liquid-phase mass- transfer coefficient	m/s	D
$K_{max}$	Maximum biorate constant	g/s-g biomass	A,C
$K_{ow}$	Octanol-water partition coefficient	Unitless	C
$K_s$	Half-saturation biorate constant	g/m <sup>3</sup>	A,C
$MW_a$	Molecular weight of air	g/gmol	29
$MW_{oil}$	Molecular weight of oil	g/gmol	B
$MW_L$	Molecular weight of water	g/gmol	18
$E$	Emissions	g/s	D
$N_I$	Number of aerators	Unitless	A,B
$O_t$	Oxygen-transfer correction factor	Unitless	B
$P$	Power number	Unitless	D
$P^*$	Vapor pressure of the constituent	atm	C
$P_o$	Total pressure	atm	A
POWR	Total power to aerators	hp	B
$Q$	Volumetric flow rate	m <sup>3</sup> /s	A
$Q_a$	Diffused air flow rate	m <sup>3</sup> /s	B
$Q_{oil}$	Volumetric flow rate of oil	m <sup>3</sup> /s	B
$r$	Deficit ratio (ratio of the difference between the constituent concentration at solubility and actual constituent concentration in the upstream and the downstream)	Unitless	D
$R$	Universal gas constant	atm-m <sup>3</sup> /gmol-K	8.21x10 <sup>-5</sup>
Re	Reynolds number	Unitless	D
$Sc_G$	Schmidt number on the gas side	Unitless	D
$Sc_L$	Schmidt number on the liquid side	Unitless	D
$T$	Temperature of water	°C or Kelvin	A
$t$	Residence time of disposal	s	A
$U^*$	Friction velocity	m/s	D
$U_{10}$	Wind speed 10 m above the liquid surface	m/s	B
$V$	Wastewater volume	m <sup>3</sup> or ft <sup>3</sup>	A

Parameter	Definition	Units	Code <sup>a</sup>
$V_{av}$	Turbulent surface area	ft <sup>2</sup>	B
$V_{oil}$	Volume of oil	m <sup>3</sup>	B
$w$	Rotational speed of impeller	rad/s	B
$\rho_a$	Density of air	g/cm <sup>3</sup>	(1.2x10 <sup>-3</sup> ) <sup>b</sup>
$\rho_L$	Density of water	g/cm <sup>3</sup> or lb/ft <sup>3</sup>	1 <sup>b</sup> or 62.4 <sup>b</sup>
$\rho_{oil}$	Density of oil	g/m <sup>3</sup>	B
$\mu_a$	Viscosity of air	g/cm-s	(1.81x10 <sup>-4</sup> ) <sup>b</sup>
$\mu_L$	Viscosity of water	g/cm-s	(8.93x10 <sup>-3</sup> ) <sup>b</sup>

<sup>a</sup>Codes: A-site-specific parameter; B-site-specific parameter, default values available in U.S.EPA (1985a); C-parameter can be obtained from literature, data on ~150 compounds available in U.S.EPA (1985a); D-calculated value.

<sup>b</sup>Reported value at 25°C (298 K).

Source: U.S.EPA "Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume I, Stationary Point Area Sources," 4 th ed., with Supplement Park, NC Publication AP-42,1985a

### ตารางที่ 3 Diffusivities in air and vapour pressure

Compound	Diffusivity in Air, cm <sup>2</sup> /s	Vapour pressure at 25°C, mmHg
benzene	0.077	98.19
toluene	0.079	28.4
ethyl Benzene	0.0658	9.53
xylene	0.059	8.3

### ตารางที่ 4 Intermediate and final results for diffusion modeling

Parameter	Compound			
	Benzene	Toluene	Ethyl Benzene	Xylene
$Sc_G$	2.0	1.9	2.3	2.6
$k_G$ , m/s	0.0075	0.0078	0.0069	0.0063
$K_{eq,oil}$	0.0016	0.00047	0.00016	0.00014
$K_{oil}$ , m/s	1.2x10 <sup>-5</sup>	3.7x10 <sup>-6</sup>	1.1x10 <sup>-6</sup>	8.8x10 <sup>-7</sup>
$Co_{oil}$	810	14,000	11,000	60,000
$C_{L,oil}$	720	14,000	11,000	60,000
$E$ , g/s	0.7	4	1	4
$E$ , kg/hr	3	20	4	20

จากรูปภาพเครื่องแยกไขมันออกจากน้ำ (oil water separator) ความหนาของชั้นฟิล์มน้ำมันบนผิวหน้าของน้ำเสียจะแตกต่างกัน ขึ้นกับตำแหน่งของเครื่องกวาดตะกอน (skimmer) และระยะทางจากจุดที่มีการปล่อยน้ำเข้า (inlet) สู่อุปกรณ์แยกไขมัน (separator)

### กำหนดให้

- ชั้นฟิล์มของน้ำมันมีความหนาโดยเฉลี่ยมากกว่า 1 ซม. และพื้นที่ผิวของ Separator 84 ตารางเมตร
- ปริมาณน้ำเสีย 7,600 ลบ.ม./วัน
- สาร VOCs ที่มีอยู่ในน้ำเสียคือ benzene, toluene, ethyl benzene และ xylene
- สัดส่วน (mass fraction) ของสารดังกล่าวในน้ำเสียคือ 0.00926, 0.167, 0.130 และ 0.694 ตามลำดับ
- อัตราความเร็วลม 4.47 เมตร/วินาที
- ความหนาแน่นของอากาศในพื้นที่ดังกล่าว  $1.2 \times 10^{-3}$  กรัม/ลบ.ซม.
- มวลโมเลกุล (molecular weight) และความหนาแน่นของน้ำมันเท่ากับ 282 กรัม/โมล และ 0.92 กรัม/ลบ.ซม.
- สัดส่วนปริมาตรของน้ำมันในน้ำคือ 0.1
- 10% โดยปริมาตรของชั้นน้ำมันประกอบด้วยสาร VOC
- ความหนาแน่นของ volatile organic portion ของ ชั้นน้ำมันคือ  $0.87 \text{ g/cm}^3$
- compound specific data สำหรับการคำนวณคือตารางที่ 3
- ใช้ภาพ 2 ตารางที่ 1 และ 2 ในการคาดประมาณการปลดปล่อยของ benzene, toluene, ethyl benzene และ xylene จากเครื่อง oil water separator

### วิธีทำ

จากภาพที่ 2 สมการที่ใช้สำหรับน้ำเสียที่ไม่มีการเติมอากาศซึ่งมีชั้นของน้ำมันหนามากกว่า 1 ซม. สำหรับค่า  $k_g$ ,  $K_{oil}$  และ  $E$  คือ 2, 9 และ 18 ตามลำดับ ดังนั้น สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลสารในสภาวะแก๊ส (gas phase mass transfer coefficient) ได้จากสมการ

$$k_g \text{ (m/s)} = 4.82 \times 10^{-3} (U_{10})^{0.78} (Sc_G)^{-0.67} (d_e)^{-0.11}$$

โดยที่ Gas-side Schmidt number คือ

$$Sc_G = \frac{\mu_a}{\rho_a D_a}$$

ค่า Effective diameter ของ oil water separator คือ

$$d_e \text{ (m)} = 2 \left| \frac{A}{\pi} \right|^{0.5}$$

ค่า effective diameter ของ oil water separator คือ

$$d_e(m) = 2 \sqrt{\frac{84 \text{ m}^2}{\pi}}^{0.5} = 10.3 \text{ ม.}$$

$$Sc_G = \frac{1.81 \times 10^{-4} \text{ g/cm/s}}{1.2 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3 \times 0.077 \text{ cm}^2/\text{s}} = 2.0$$

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลสารในสภาวะแก๊ส (gas phase mass transfer coefficient) ของ benzene คือ

$$k_g \text{ (m/s)} = 4.82 \times 10^{-3} (4.47 \text{ m/s})^{0.78} 2.0^{-0.67} (10.3)^{-0.11} = 0.0075 \text{ m/s}$$

จาก สมการที่ 9 ในตารางที่ 1 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลสารทั้งหมด (overall mass transfer coefficient) ของสารประกอบจากสถานะน้ำมัน (oil phase) สู่อสถานะแก๊ส (gas phase) คือ

$$K_{eq,oil} = \frac{P \cdot \rho_a MW_{oil}}{\rho_{oil} MW_a P_o}$$

ในตัวอย่างนี้ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลสาร partition coefficient สำหรับ benzene ในเครื่อง oil water separator คือ

$$\begin{aligned} K_{eq,oil} &= \frac{95.19 \text{ mmHg} \times 1.2 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3 \times 282 \text{ g/mol}}{0.92 \text{ g/cm}^3 \times 29 \text{ g/mol} \times 760 \text{ mmHg}} \\ &= 1.6 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

ดังนั้น สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลสารจากสถานะน้ำมัน (oil phase) สู่อสถานะแก๊ส (gas phase)

$$K_{oil} = 0.0075 \text{ m/s} \times 1.6 \times 10^{-3} = 1.2 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

ปริมาณการปลดปล่อยคำนวณได้จาก

$$E = K_{oil} C_{L,oil} A$$

ความเข้มข้นของสารประกอบในสถานะน้ำมัน (oil phase)

$$C_{L,oil} = \frac{Q_{oil} C_{o,oil}}{K_{oil} A + Q_{oil}}$$

อัตราการไหลของน้ำมันคือ

$$Q_{oil} = FOQ$$

ความเข้มข้นของสารใดๆ ที่เข้าสู่ระบบ oil water separator ในสถานะน้ำมัน ( $C_{o,oil}$ ) หาได้จากการแปลงสัดส่วนมวลของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในชั้นของน้ำมัน เป็นความเข้มข้นในชั้นน้ำมันในหน่วย  $\text{g/m}^3$  โดยใช้สมการ

$$C_{O_{oil}} = R_i \left| \frac{0.87 \text{ g volatiles}}{\text{cm}^3 \text{ volatiles}} \right| \times \left| \frac{0.1 \text{ cm}^3 \text{ volatiles}}{\text{cm}^3 \text{ oil}} \right| \times \left| \frac{100 \text{ cm}}{\text{m}} \right|^3$$

สำหรับสาร benzene จะได้ความเข้มข้นของสาร benzene ในน้ำมัน ดังนี้

$$C_{O_{oil}} = \left| \frac{0.00926 \text{ g benzene}}{\text{g Volatiles}} \right| \times \left| \frac{0.87 \text{ g}}{\text{cm}^3} \right| \times 0.1 \times \left| \frac{100 \text{ cm}}{\text{m}} \right|^3$$

$$= 810 \text{ g/m}^3$$

อัตราการไหลของน้ำมัน (volumetric flow rate) ในเครื่องแยกไขมัน (beparator) จากตัวอย่างนี้ คือ

$$Q_{oil} = 0.1 \times \left| \frac{7600 \text{ m}^3}{\text{d}} \right| \times \left| \frac{1 \text{ d}}{24 \text{ hr}} \right| \times \left| \frac{\text{hr}}{3,600 \text{ s}} \right|$$

$$= 0.0088 \text{ m}^3/\text{s}$$

ดังนั้นความเข้มข้นของ benzene ซึ่งอยู่ในสถานะน้ำมัน คือ

$$C_{L,oil} = \left| \frac{0.0088 \text{ m}^3}{\text{s}} \right| \times \left| \frac{800 \text{ g}}{\text{m}^3} \right| / \left| \frac{1.2 \times 10^{-5} \text{ m}}{\text{s}} \right| \times 84 \text{ m}^3 + \left| \frac{0.0088 \text{ m}^3}{\text{s}} \right|$$

$$= 720 \text{ g/m}^3$$

และค่าการปลดปล่อยมวลพิษของ benzene คือ  $E = (1.2 \times 10^{-5} \text{ m/s})$

$$E = \left| \frac{1.2 \times 10^{-5} \text{ m}}{\text{s}} \right| \times \left| \frac{720 \text{ g}}{\text{m}^3} \right| \times 84 \text{ m}^2 \times \left| \frac{100 \text{ cm}}{\text{m}} \right|^3$$

$$= 0.7 \text{ g/s} = 3 \text{ kg/hr}$$

สำหรับค่า  $Sc_G$   $k_G$   $K_{eq,oil}$   $K_{oil}$   $C_{o,oil}$   $C_{L,oil}$  และ  $E$  สำหรับสารอื่นๆ ได้กำหนดไว้ในตารางที่ 4

วิธีคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยของสารอื่นใช้วิธีคำนวณเช่นเดียวกับ benzene

# ເອກສານປຶ້ມສຳລັບການສຶກສາ

Alamo Area Council of Governments Region “CHAPTER 5 - BIOGENIC EMISSIONS:

Emission Inventory for the Alamo Area Council of Governments Region” 1996

( [http://www.aacog.com/naturalresources/1996%20Emissions%20Inventory/1996EI\\_Biogenics.html](http://www.aacog.com/naturalresources/1996%20Emissions%20Inventory/1996EI_Biogenics.html) )

David T. Allen, Kirsten Sinclair Rosselot, “Pollution Prevention for Chemical Processes”, A Wiley-InterScience Publication, John Wiley & Sons, Inc., USA, 1997

Environment Canada, National Pollutant Release Inventory, Guide for Reporting to the National Pollutant Release Inventory, 2002

Environmental Agency (England and Wales), Guidance for Chemicals Activities on Pollution Inventory Reporting, ( [www.environment-agency.gov.uk/pi/](http://www.environment-agency.gov.uk/pi/) )

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

National Pollutant Inventory (Australia), Emission Estimation Technique Manual for Chemical Product Manufacture, 1999

National Pollutant Inventory (Australia), Emission Estimation Technique Manual for Combustion in Boilers, Version 1.2, 2003

Organization for Economic Co-operation and Development, Series on Pollutant Release and Transfer Registers No.9 “Framework for selecting and applying PRTR Release Estimation Techniques” 2005

Southern UTE Indian Tribe, Environmental Program Division “Air Emissions Inventory : Development of Air Emissions Inventory of Criteria and Hazardous Air Pollutants on the Southern Ute Indian Reservation”, ( [www.epa.gov/ttn/chief/conference/ei15/session2/temte\\_pres.pdf](http://www.epa.gov/ttn/chief/conference/ei15/session2/temte_pres.pdf) )

UNITAR, Inter Organization Programme for the Sound Management of Chemicals, UNITAR Series for PRTR Technical Support Materials No 2 “Guidance for facilities on PRTR Data Estimation and Reporting”, August 1998.



မာတုပုဒ်

## ภาคผนวก ก การเปลี่ยนหน่วย

### การเปลี่ยนหน่วย ส่วนในล้านส่วน เป็น มิลลิกรัม/ลิตร ในน้ำ

พีพีเอ็ม (part per million : ppm) เป็น มก./ล. (mg/l)

- สามารถเปลี่ยนหน่วยจาก พีพีเอ็ม (ppm) เป็น มก./ล. (mg/l) ได้เลย
- โดย  $1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg/l} = 1 \text{ g/m}^3 = 1 \text{ mg/kg}$

### การเปลี่ยนหน่วย พีพีเอ็ม (ppm) เป็น มก./ลบ.ม. ( $\text{mg/m}^3$ ) ในอากาศ

จะนำมาใช้ในกรณีที่ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศมีการรายงานในหน่วย ppm ซึ่งจะต้องมีการเปลี่ยนหน่วย เป็น  $\text{mg/m}^3$  เพื่อนำไปคำนวณปริมาณการปลดปล่อยต่อไป

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

- $\text{mg/m}^3$  = ความเข้มข้นของสารมลพิษในหน่วยน้ำหนักต่อปริมาตร (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร)
- ppm = ความเข้มข้นของสารมลพิษในหน่วยปริมาตรต่อปริมาตร (ส่วนในล้านส่วน)
- MW = น้ำหนักโมเลกุลของสารมลพิษ
- 24.45 = ปริมาตรในหน่วยลิตร ของก๊าซใดๆ 1 กรัมโมเลกุล ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท (mmHg)

### ตัวอย่าง การเปลี่ยนหน่วยจากผลการตรวจวัด xylene ( $\text{C}_8\text{H}_{10}$ ) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 50 ppm เป็น $\text{mg/m}^3$

- หา MW ของ xylene ซึ่งสูตรทางเคมีของ คือ  $\text{C}_8\text{H}_{10}$
- จากตารางธาตุ พบว่าน้ำหนักอะตอมของ C = 12.01 และ H = 1.01
- ดังนั้นมวลโมเลกุลของ xylene =  $(8 \times 12.01) + (10 \times 1.01) = 106.18$
- คำนวณหาปริมาณความเข้มข้นของ xylene ในหน่วย  $\text{mg/m}^3$

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

# ภาคผนวก ข 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
$10^2$	เฮคโต	Hecto	h
10	เดคา	Daca	da
1	ค่าคงที่ - กรัม/ ลิตร/ เมตร	- g/l/m	
$10^{-1}$	เดซี	Deci	d
$10^{-2}$	เซนติ	Centi	c
$10^{-3}$	มิลลิ	Milli	m
$10^{-6}$	ไมโคร	Micro	$\mu$
$10^{-9}$	นาโน	Nano	n
$10^{-12}$	พิโค	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.)

ตารางพลังงานไอออไนซ์

หมู่ →	1A	2A	3	4	5	6	7	8	8	8	1	2	3A	4A	5A	6A	7A	8A
--------	----	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----

ธาตุ ↓	1	2	3	4	5	6	7	8	8	8	1	2	3A	4A	5A	6A	7A	8A
	1 H 1.01	2 He 4.00	3 Li 6.94	4 Be 9.01	5 B 10.811	6 C 12.010	7 N 14.006	8 O 15.999	9 F 18.998	10 Ne 20.179	11 Na 22.99	12 Mg 24.31	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
	19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.41	31 Ga 69.72	32 Ge 72.64	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
	37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc [98]	44 Ru 101.0	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.29
	55 Cs 132.9	56 Ba 137.33	57 La 138.9	58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm [145]	62 Sm 150.3	63 Eu 151.9	64 Gd 157.2	65 Tb 158.9	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.04	71 Lu 174.9	72 Hf 178.4
	87 Fr [223]	88 Ra [226]	89 Ac [227]	90 Th 232.0	91 Pa 231.0	92 U 238.0	93 Np [237]	94 Pu [244]	95 Am [243]	96 Cm [247]	97 Bk [247]	98 Cf [251]	99 Es [252]	100 Fm [257]	101 Md [258]	102 No [259]	103 Lr [262]	104 Rf [261]
	105 Nh [285]	106 Fl [286]	107 Mc [288]	108 Lv [289]	109 Ts [292]	110 Og [294]	111 Uue [295]	112 Uub [285]	113 Uut [284]	114 Uuq [289]	115 Uup [288]	116 Uuh [292]	117 Uus [293]	118 Uuo [294]	119 Uuq [295]	120 Uub [296]	121 Uut [297]	122 Uuq [298]

\* แลนทานด์

# แอ็กทิไนด์

# ภาคผนวก ง ตารางสรุปแนวทางการเลือกใช้เทคโนโลยีสะอาดที่เหมาะสมที่สุด

เทคนิค	หลักการ/วิธีการ	การนำไปใช้	ข้อดี	ข้อจำกัด
การตรวจวัด (Measurement: M)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ปริมาณการปลดปล่อย = ความเข้มข้นของมลพิษ x ปริมาณน้ำเสีย อากาศ ของเสีย ที่ระบายสู่สิ่งแวดล้อม</li> <li>- ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของสารมลพิษในน้ำเสีย อากาศ หรือในของเสีย คุณด้วยปริมาณของน้ำเสีย อากาศเสีย หรือของเสียที่มีการระบาย / ที่ส่งสิ่งแวดล้อม</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ใช้คำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยจากแหล่งกำเนิดที่รู้จัก หรือแหล่งกำเนิดของการระบายมลพิษนั้นสู่สิ่งแวดล้อม เช่น การระบายอากาศจากปล่อง การระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งรองรับน้ำผิวดิน และการระบายลงสู่พื้นดิน</li> <li>- ใช้กับการปลดปล่อยในสภาวะปกติ ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหล และความเข้มข้น</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- สถานประกอบการที่มีข้อมูลการตรวจติดตาม หรือ ตรวจวัดคุณลักษณะของมลพิษทั้งด้านน้ำ อากาศ หรืออากาศของเสีย ตามกฎระเบียบกำหนดอยู่แล้ว รวมถึงอาจมีข้อมูลการตรวจทดสอบคุณสมบัติน้ำทางเคมีจากสายการผลิตอยู่แล้ว จึงไม่จำเป็นต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายในการตรวจวัดสารมลพิษเพิ่มขึ้นจากเดิม</li> <li>- หากมีการเก็บข้อมูลการตรวจวัดเป็นระบบและมากเพียงพอ วิธีนี้อาจมีความถูกต้องมากที่สุดสำหรับใช้คาดประมาณการปลดปล่อย</li> <li>- มีส่วนกระตุ้นให้สถานประกอบการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงระบบการผลิต เพื่อลดปริมาณการปลดปล่อยหรือลดการสูญเสียสารเคมีในกระบวนการผลิตลงหากพบว่ามีการสูญเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- มีค่าใช้จ่ายสูง สำหรับค่าอุปกรณ์ / เครื่องมือ การเก็บหรือวิเคราะห์ตัวอย่าง การบำรุงรักษา เครื่องมือ และบุคลากรต้องได้รับการฝึกอบรม</li> <li>- ต้องใช้ระยะเวลาในการจัดเก็บ และรวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนมาก</li> <li>- ในทางปฏิบัติ ไม่มีเทคโนโลยีที่ใช้สำหรับ การติดตามตรวจสอบการปลดปล่อยมลพิษได้ทุกประเภท</li> <li>- ถ้าข้อมูลการตรวจวัดเชื่อถือไม่ได้ (ไม่เป็นตัวแทนของสภาพการปฏิบัติงานในสภาวะปกติ) อาจส่งผลให้การคาดประมาณการปลดปล่อยที่คลาดเคลื่อน</li> <li>- การตรวจจัดการระบายอากาศแบบพุ่งกระจาย (Fugitive air emission) มักจะทำได้ยากและไม่นิยมใช้วิธีนี้</li> </ul>

เทคนิค	หลักการ/วิธีการ	การนำไปใช้	ข้อดี	ข้อจำกัด
<b>การจัดทำมวลสมดุล</b> (Mass Balance/ Material Accounting: B)	<p>- ปริมาณการปลดปล่อย = ผลต่างระหว่างสารที่ป้อนเข้าสู่ระบบและออกจากระบบ</p> <p>- ความแตกต่างระหว่างปริมาณของสารที่ป้อนเข้าไปในระบบและออกจากระบบจะกลายเป็น ปริมาณของสารที่ถูกปลดปล่อยสู่ตัวกลางสิ่งแวดล้อม หรืออาจอยู่ในรูปของของเสียหรือน้ำเสียที่ถูกส่งไปบำบัดหรือ กำจัดนอกสถานประกอบการ</p>	<p>- ใช้คาดการณ์การปลดปล่อยได้ทั้งจากอุปกรณ์/เครื่องจักร กระบวนการ หรือ ในภาพรวมของสถานประกอบการ</p> <p>- ใช้กับสถานประกอบการ และกระบวนการที่อัตราส่วนของการปลดปล่อยมลพิษต่อปริมาณการใช้สารเคมีที่แตกต่างกันมาก และสำหรับกรปลดปล่อยที่มีปริมาณมาก</p>	<p>- ในทางทฤษฎี เป็นไปได้ที่จะคาดการณ์การปลดปล่อยที่เกิดขึ้นภายในสถานประกอบการได้เกือบทั้งหมด</p> <p>- จำนวนโดยอาศัยหลักทางคณิตศาสตร์จึงมีค่าใช้ง่ายที่ต่ำมาก</p> <p>- สถานประกอบการมีข้อมูลสำหรับคิดคำนวณ ปริมาณมลสารที่เข้าสู่ระบบ (Input) และออกจากระบบ (Output) อยู่แล้ว โดยสามารถตรวจสอบจากหลักฐานการซื้อขายสารเคมี ข้อมูลการผลิต ใบแจ้งหนี้ ใบส่งของ MSDS</p>	<p>- มีความถูกต้องและเป็นไปตามสมการแสดงปริมาณมลสารที่เข้าและออกจากระบบตามที่ระบุในสมการเท่านั้น</p> <p>- ความผิดพลาดหรือความไม่แน่นอนของปริมาณมลสารที่เข้า/ออกจากระบบเพียงเล็กน้อยอาจส่งผลให้เกิดความผิดพลาดอย่างมากในการคำนวณปริมาณการปลดปล่อย</p> <p>- ไม่เหมาะสำหรับนำมาใช้กรณีที่มีปริมาณการปลดปล่อยเพียงเล็กน้อย</p> <p>- ไม่เหมาะสำหรับกระบวนการที่สารมีการทำปฏิกิริยาและเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่สอง หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอย่างมาก</p> <p>- ไม่สามารถนำผลการคำนวณที่ได้มาทดแทนผลการตรวจวัดโดยตรงตามข้อกำหนดของทางราชการได้</p>
<b>การใช้ตัวคูณอัตราการผลิตปล่อยมลพิษ</b> (Emission Factor: E)	<p>- ปริมาณการปลดปล่อย = กิจกรรมที่ก่อให้เกิดมลพิษ x Ef</p> <p>- กิจกรรมใดๆ ที่ก่อให้เกิดมลพิษ คูณกับ อัตราการปลดปล่อยมลพิษจากกิจกรรมนั้นๆ (Emission factor)</p>	<p>- ใช้คาดการณ์การปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศแบบฟังก์กระจาย (Fugitive) หรือ มลพิษที่มีปริมาณการปลดปล่อยค่อนข้างน้อย เช่น การรั่วไหลจาก วาล์ว ข้อต่อ บัม คอมเพรสเซอร์</p>	<p>- เป็นวิธีที่รวดเร็วและง่าย</p> <p>- ให้ผลคาดการณ์การปลดปล่อยถูกต้องพอควรหากใช้กับสารเคมีและกระบวนการผลิตที่จำเพาะเจาะจงหรือมีลักษณะคล้ายกัน</p> <p>- การคาดการณ์การปลดปล่อยจากกระบวนการอย่างใดอย่างหนึ่ง ต้องมีการเพียงข้อมูลปริมาณของวัตถุดิบ หรือ ปริมาณการผลิต</p> <p>- การคาดการณ์การปลดปล่อยจากเครื่องมือ/อุปกรณ์ ต้องการข้อมูลเพียง 2 ประเภท ได้แก่ จำนวนของ วาล์ว ข้อต่อ บัม คอมเพรสเซอร์ และการไหลของสารเคมีผ่านอุปกรณ์ชนิดนั้น</p> <p>- มีประโยชน์สำหรับคาดการณ์การปลดปล่อยปริมาณน้อยซึ่งอาจจะไม่สามารถคำนวณได้จากการจัดทำมวลสมดุล</p> <p>- ถึงแม้ว่าสามารถคาดการณ์การปลดปล่อยมลพิษทางอากาศได้โดยวิธีอื่นอยู่แล้ว ก็ยังสามารถใช้ค่า Emission factor ค่าประมาณการปลดปล่อยได้ด้วยเช่นกัน</p>	<p>- ค่า Emission factor ส่วนใหญ่ ถูกกำหนดขึ้นบนสมมติฐานว่าเป็นการปฏิบัติงานในสภาวะปกติและตรวจไม่พบการรั่วไหล ซึ่งในสภาพความเป็นจริงไม่เป็นไปตามสมมติฐานดังกล่าว</p> <p>- Emission factor ไม่ใช้ค่าปริมาณการปลดปล่อยที่แท้จริง</p> <p>- ไม่สามารถประยุกต์ใช้กับกระบวนการผลิต หรือ กิจกรรมที่มีลักษณะแตกต่างกันได้ ดังนั้นการใช้ค่า Emission factor</p> <p>- ค่า Emission factor สำหรับคาดการณ์การปลดปล่อยมลพิษจากกิจกรรมหรือแหล่งกำเนิดประเภทเดียวกัน แต่กำหนดโดยหน่วยงานที่แตกต่างกัน ค่า emission factor จึงแตกต่างกัน และให้ผลการคาดการณ์มีความแตกต่างกันไปด้วย</p> <p>- ค่า Emission factor สำหรับประเมินการปลดปล่อยจากการรั่วไหล (Leak) ของสารเคมีส่วนใหญ่จะเป็นสารเคมีประเภทอินทรีย์ แต่ข้อมูล Emission factor ของสารเคมีประเภทอินทรีย์มีน้อย</p>

เทคนิค	หลักการ/วิธีการ	การนำไปใช้	ข้อดี	ข้อจำกัด
<p><b>การใช้หลักเกณฑ์ทางวิศวกรรม</b> (Engineering Calculation/ Engineering Judgement: C)</p>	<p>- ปริมาณการปลดปล่อยคำนวณจากคุณสมบัติทางฟิสิกส์/เคมี ของสาร เช่น ความดันไอ และความเข้มข้นทางคณิตศาสตร์ เช่น Ideal gas law, mass transfer</p>	<p>- ใช้คาดประมาณการปลดปล่อยในลักษณะต่างๆ เช่น จากแท็งก์เก็บกักสารเคมี (Tank loss) จากสารเคมีที่ตกค้างอยู่ในภาชนะบรรจุ จากอุปกรณ์ควบคุมมลพิษ โดยเฉพาะเมื่อการตรวจวัดกระทำไม่ได้ลำบาก</p> <p>- จากอุปกรณ์ เครื่องมือเฉพาะอย่าง เช่น อัตราการกำจัด (removal rate) ประสิทธิภาพ ผลที่ได้รับ หรือ อัตราการระเหย/ทำให้แห้ง (drying rate) การคำนวณประเภทนี้มักใช้คำนวณการปลดปล่อยอากาศจากที่ได้จากการตรวจวัดจริง หรือได้จากผู้ผลิต หรือได้จากข้อมูลจำเพาะของอุปกรณ์นั้นๆ เช่น bag house 1 ได้รับการออกแบบเพื่อกำจัดมลพิษประเภทฝุ่น (particulate) 1 ได้ร้อยละ 99 ของปริมาณอากาศเสีย ดังนั้นผู้ร้อยละ 1 จึงมีการปลดปล่อยสู่อากาศ หากทราบองค์ประกอบของมลพิษที่อยู่ในผู้ก็จะสามารถหาค่าปริมาณการปลดปล่อยของมลพิษนั้นได้</p>	<p>- สามารถค้นหาวิธีการคำนวณได้จากแหล่งต่างๆ เช่น ผู้ผลิตอุปกรณ์หรือเครื่องมือ ตำรา และคู่มือวิศวกรรม เป็นต้น</p> <p>- ค่าใช้จ่ายน้อย</p> <p>- สามารถเชื่อถือได้ และเที่ยงตรง ทั้งขึ้นอยู่กับวิธีการนำไปใช้โดยทั่วไป มักใช้หาปริมาณการปลดปล่อยเพียงเล็กน้อย</p>	<p><b>ข้อจำกัด</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ควรเลือกวิธีการคำนวณให้เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการคาดประมาณการปลดปล่อย</li> <li>- พารามิเตอร์ของการเคลื่อนย้ายมวลสาร (mass transfer) ส่วนใหญ่ขึ้นกับอุณหภูมิ และมักไม่สามารถรับเปลี่ยนแปลงได้</li> <li>- ปริมาณการปลดปล่อยที่คำนวณได้ อาจแตกต่างจากปริมาณที่เกิดขึ้นจริง</li> <li>- ข้อมูลที่ได้จากการคำนวณไม่สามารถใช้แทนผลการติดตามตรวจวัดตามข้อกำหนดของหน่วยงานราชการได้</li> </ul>

ภาคผนวก ข  
เว็บไซต์สำหรับดาวน์โหลดคู่มือ/เอกสาร  
ประกอบมาตรฐานการวัดประเมินการปลดปล่อยมลพิษ

Australia	<a href="http://www.npi.gov.au">http://www.npi.gov.au</a> <a href="http://www.npi.gov.au/publications/emission-estimation-technique/index.html">http://www.npi.gov.au/publications/emission-estimation-technique/index.html</a>
USA	<a href="http://www.epa.gov/triexplorer/trends.htm">http://www.epa.gov/triexplorer/trends.htm</a> <a href="http://www.epa.gov/tri/guide_docs/index.htm">http://www.epa.gov/tri/guide_docs/index.htm</a> <a href="http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/">http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/</a>
Japan	<a href="http://www.env.go.jp/en/chemi/prtr/manual/index.html">http://www.env.go.jp/en/chemi/prtr/manual/index.html</a>
Canada	<a href="http://www.ec.gc.ca/pdb/querysite/query_e.cfm">http://www.ec.gc.ca/pdb/querysite/query_e.cfm</a>
OECD	<a href="http://www.oecd.org/env/prtr/rc/">http://www.oecd.org/env/prtr/rc/</a>



## ที่ปรึกษา

- |                               |   |
|-------------------------------|---|
| 1. ดร.สุพัฒน์ หวังวงศ์วัฒนา   | อธิบดีกรมควบคุมมลพิษ  |
| 2. นางมิ่งขวัญ วิทยารังสฤษดิ์ | รองอธิบดีกรมควบคุมมลพิษ   |
| 3. นางสุณี ปิยะพันธุ์พงศ์     | ผู้อำนวยการสำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย<br>กรมควบคุมมลพิษ                   |
| 4. นางสาวพรพิมล เจริญสง       | ผู้อำนวยการส่วนสารอันตราย<br>สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย<br>กรมควบคุมมลพิษ |

## ผู้เรียบเรียง

- |                     |   |
|---------------------|---|
| นายอร่าม พันธุ์วรรณ | นักวิชาการสิ่งแวดล้อมชำนาญการ<br>ส่วนสารอันตราย<br>สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย<br>กรมควบคุมมลพิษ |
|---------------------|---|

## ผู้ให้ควมเห็นในกาสรุปแก้ไขคู่มือ

- |                           |   |
|---------------------------|---|
| 1. นางสาวอรวรรณ มานูญวงศ์ | นักวิชาการสิ่งแวดล้อมชำนาญการ<br>ส่วนมลพิษทางอากาศจากอุตสาหกรรม<br>สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง<br>กรมควบคุมมลพิษ |
| 2. นายกุลภัทร ศรีสุข      | นักวิชาการสิ่งแวดล้อมปฏิบัติการ<br>ส่วนน้ำทิ้งอุตสาหกรรม สำนักจัดการคุณภาพน้ำ<br>กรมควบคุมมลพิษ                     |







กรมควบคุมมลพิษ  
POLLUTION CONTROL DEPARTMENT

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ใบแทรกแก้คำผิด

เอกสารเผยแพร่ แนวทางการคาดการณ์การปลดปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม (คพ. 04-123)

เลขหน้า	บรรทัดที่	คำผิด	แก้เป็น
27	10	$E = C \times Q_d \times 0.0036 \times [273/(273+T)]$	$E = C \times Q_d \times 0.0036 \times [298/(273+T)]$
27	22	$E = Q_w \times C \times 0.0036 \times [1-(\text{moistr}/100)] \times [273/(273+T)]$	$E = Q_w \times C \times 0.0036 \times [1-(\text{moistr}/100)] \times [298/(273+T)]$
27	28	<b>273 = 273</b> เคลวิน (K)	<b>298 = 298</b> เคลวิน (K)
30	3-6	$E_i = (C \times MW \times Q \times 3,600) / [22.4 \times \{(T+273)/273\} \times 10^6]$ $E_{\text{so2},1} = (150.9 \times 64 \times 8.52 \times 3,600) / [22.4 \times \{(150+273)/273\} \times 10^6]$ $= 296,217,907 / [22.4 \times \{423/273\} \times 10^6]$ $= 8.53$ กก./ชม.	$E_i = (C \times MW \times Q \times 3,600) / [22.4 \times \{(T+273)/298\} \times 10^6]$ $E_{\text{so2},1} = (150.9 \times 64 \times 8.52 \times 3,600) / [22.4 \times \{(150+273)/298\} \times 10^6]$ $= 296,217,907 / [22.4 \times \{423/298\} \times 10^6]$ $= 9.31$ กก./ชม.
30	8-9	$E_{\text{so2},2} = 8.11$ กก./ชม. $E_{\text{so2},3} = 7.23$ กก./ชม.	$E_{\text{so2},2} = 8.84$ กก./ชม. $E_{\text{so2},3} = 7.88$ กก./ชม.
30	17-18	$E_{\text{kpy, SO2i}} = (8.53 \text{ กก./ชม} \times 1,500 \text{ ชม./ปี}) + (8.112 \times 2,000) + (7.23 \times 1,800)$ $E_{\text{kpy, SO2i}} = 42,021$ กก./ปี	$E_{\text{kpy, SO2i}} = (9.31 \text{ กก./ชม} \times 1,500 \text{ ชม./ปี}) + (8.84 \times 2,000) + (7.88 \times 1,800)$ $E_{\text{kpy, SO2i}} = 45,869.52$ กก./ปี
30	23-24	$E_{\text{kpti}} = 8.53/290$ $= 2.94 \times 10^{-2}$ SO <sub>2</sub> ปลดปล่อยต่อตันของน้ำมันที่ใช้	$E_{\text{kpti}} = 9.31/290$ $= 3.21 \times 10^{-2}$ SO <sub>2</sub> ปลดปล่อยต่อตันของน้ำมันที่ใช้