

การศึกษามลพิษอากาศและการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ จากเตาเผามูลฝอย

สุกานดา พัดพาดี* พนิดา เจริญสุข** และ วาสนา ลุนลำโรง**

ประวัติการตีพิมพ์บทความ

รับบทความ: 29 มีนาคม 2563

รับบทความที่แก้ไข: 29 เมษายน 2563

ตอบรับเพื่อตีพิมพ์: 7 พฤษภาคม 2563

บทคัดย่อ

การศึกษาแบบภาคตัดขวาง (Cross-Sectional Study) นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาปริมาณและการกระจายตัวของมลพิษอากาศจากเตาเผามูลฝอย 2) ศึกษาการรับรู้ผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของประชาชนโดยรอบเตาเผามูลฝอย 3) ศึกษาพฤติกรรมสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน 4) เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานและประชาชนในชุมชน พื้นที่ศึกษาได้แก่พื้นที่ตั้งเตาเผามูลฝอยที่มีการผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า จำนวน 2 แห่งในจังหวัดภูเก็ตและจังหวัดสงขลา วิธีการศึกษา 1) ตรวจวัดคุณภาพอากาศในชุมชน และในสถานประกอบการ (Indoor Air) 2) สัมภาษณ์ประชาชนที่อาศัยโดยรอบในรัศมี 5 กิโลเมตรถึงการรับรู้ถึงผลกระทบต่อการดำรงชีวิต 3) สัมภาษณ์พนักงานที่ปฏิบัติงานจำนวนแต่ละ 30 คน 4) นำข้อมูลปริมาณความเข้มข้นของสารมลพิษอากาศมาประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัส ผลการศึกษาพบว่าปริมาณและการกระจายตัวของสารมลพิษอากาศโดยรอบชุมชนมีค่าของสารไดออกซินเพียงชนิดเดียวในพื้นที่จังหวัดสงขลา มีปริมาณความเข้มข้นระหว่าง $0.037-0.17 \text{ pg-TEQ/m}^3$ สำหรับการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในสถานประกอบการที่ปฏิบัติงาน 3 จุดได้แก่หน้าจุดป้อนเชื้อเพลิง ห้องควบคุม และห้องสำนักงาน พบว่าปริมาณความเข้มข้นของสารโลหะหนัก และค่าสารอินทรีย์ระเหยง่าย มีค่าตรวจวัดที่พบแต่ไม่เกินมาตรฐาน และนำค่าปริมาณความเข้มข้นของสารมลพิษที่มีการตรวจพบมาประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ พบว่าในจังหวัดภูเก็ต พบเฉพาะสารอินทรีย์ระเหยง่าย มีค่าความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งเม็ดเลือดขาวจากการรับสัมผัสเบนซีนของผู้ปฏิบัติงานในจุดป้อนเชื้อเพลิง ห้องควบคุมระบบและในห้องสำนักงานคือ 8.88×10^{-6} , 1.53×10^{-5} และ 1.38×10^{-5} ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่า 1×10^{-6} ถือว่าเป็นค่าความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ สำหรับจังหวัดสงขลาพบความเสี่ยงต่อสุขภาพเฉพาะ

* ศูนย์อนามัยที่ 4 สระบุรี กรมอนามัย ** กองประเมินผลกระทบสุขภาพ กรมอนามัย

Corresponding author: สุกานดา พัดพาดี Email: sukanda1212@gmail.com

ในห้องสำนักงาน จากแคดเมียมซึ่งเป็นสารที่อาจก่อให้เกิดมะเร็งกระดุก และนิเกิลซึ่งมีผลต่อการเกิดมะเร็งปอด พบว่ามีความเสี่ยง 8.79×10^{-5} และ 1.23×10^{-3} ถือว่าเป็นความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ ประกอบกับข้อมูลพฤติกรรมการใช้อุปกรณ์ป้องกันตัวเองในขณะที่ปฏิบัติงานทั้งสองพื้นที่มีค่าเพียง 50-55% ที่ใช้อุปกรณ์ปิดจมูก และการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสมลพิษอากาศของประชาชนทั้งสองพื้นที่พบว่ามีความเสี่ยงต่อสุขภาพในระดับที่ยอมรับได้ อย่างไรก็ตาม จากการสอบถามประชาชนทั้งสองพื้นที่พบว่าผู้ที่อาศัยอยู่ใกล้เตาเผามูลฝอยจะได้รับผลกระทบมากกว่าผู้ที่อาศัยอยู่ในระยะไกลออกไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.001$) ผลกระทบที่พบมากที่สุดคือการได้รับความเดือดร้อนรำคาญเรื่องกลิ่นเหม็นและฝุ่นละออง

คำสำคัญ : มลพิษอากาศ; การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ; เตาเผามูลฝอย

Air Pollution and Health Risk Assessment of Waste Incinerator

Sukanda Pudpadee* Panita Charoensuk**
& Wassana Loonsamrong**

Article History

Received: March 27, 2020

Revised: April 29, 2020

Accepted: May 7, 2020

Abstract

The objectives of this cross-sectional research were to 1) study the distribution and concentration of air pollution emitted from municipal solid waste (MSW) incinerator, 2) study the community perception of health impact from the incinerator operation, 3) study health behavior of municipal solid waste incinerator workers, and 4) assess the workers and community health risk from air pollution (VOCs and heavy metals). Two MSW incineration plants located in Phuket and Songkla provinces were selected for the samples. Ambient and indoor air quality sampling were conducted including VOCs (Benzene Toluene Ethylbenzene, Styrene and Zylene), Dioxin, and heavy metals (cadmium, arsenic and lead). In addition, quality of life perceptions among community in five kilometers radius around the plants were surveyed and 30 workers of each plant were interviewed. The results showed that dioxin concentration found in Songkhla plant area was at 0.037-0.17pq-TEQ/m³. Heavy metals and VOCs concentrations were found in control room, office room, and fuel feeding unit. However, the concentration met the national emission standards. The excess cancer risk (CR) for lifetime exposure to benzene was evaluated. The results suggested that potential cancer risk for life time exposure to benzene from fuel feeding unit, control unit, and office room in Phuket plant were at an unacceptable level and increased risk of leukemia at 8.88×10^{-6} , 1.53×10^{-5} , and 1.38×10^{-5} respectively. For the excess cancer risk, the life time exposure to

* Regional Health Promotion Center 4, Saraburi, Department of Health

** Health Impact Assessment Division, Department of Health

Corresponding author: Sukanda Pudpadee Email: sukanda1212@gmail.com

cadmium and nickel in office room increased for bone and lung cancers at 8.79×10^{-5} and 1.23×10^{-3} respectively. In addition, personal protective equipment, especially face masks, were used only 50-55%. Health risk assessments from air pollution exposure among community members residing near both plants were at an acceptable level. However, based on community perception data, the results suggested that the distance between the community and the plant had a significant negative association with the quality of life (p-value <0.001) with the most nuisance effects from solid waste odor and particulate matter.

Key words: Air pollution; Health risk assessment; Municipal solid waste

บทนำ

ปัญหามูลฝอยชุมชนของประเทศไทย (Municipal solid waste) นับว่าเป็นปัญหาสำคัญจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณมูลฝอย จากรายงานสถานการณ์มูลฝอยชุมชนของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2558 ของกรมควบคุมมลพิษ พบว่ามีปริมาณมูลฝอย ถึง 26.85 ล้านตัน ได้รับการจัดการอย่างถูกต้องเพียง 8.34 ล้านตันที่เหลือเป็นการกำจัดมูลฝอยที่ไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้เพียง 4.94 ล้านตัน⁽¹⁾ มูลฝอยเหล่านี้เพิ่มจำนวนขึ้นเรื่อยๆ และเมื่อใช้วิธีจัดการไม่ถูกต้องจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม เช่น ปัญหากลิ่นเหม็น น้ำเสีย มลพิษจากน้ำชะขยะปนเปื้อนออกสู่แหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อม ไปจนถึงมลพิษทางอากาศจากการเผามูลฝอยในที่โล่งหรือไฟไหม้ และส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน เช่น กรณีบ่อขยะ ขององค์การบริหารส่วนตำบลแพรกษา จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งลักลอบนำกากอุตสาหกรรมและมูลฝอยทิ้งเกินกำหนด จนเกิดปฏิกิริยาเคมีไฟลุกไหม้ครั้งใหญ่ สร้างความเสียหายและมลภาวะเป็นวงกว้างเมื่อเดือนมีนาคม 2557⁽²⁾ จึงได้มีการกำหนดให้เป็นวาระเร่งด่วนในการแก้ไขปัญหามีการจัดทำแผน โดยมาตรการหนึ่งที่น่าสนใจในการจัดการคือส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาดและพัฒนาพลังงานทางเลือก โดยสนับสนุนและสร้างมาตรการจูงใจเพื่อให้นโยบายการแปรรูปมูลฝอยเป็นพลังงาน⁽³⁾ ซึ่งการเผามูลฝอยในอุณหภูมิสูงเพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าจะปลดปล่อยมลพิษอากาศออกมาสู่สิ่งแวดล้อม จากข้อมูล ที่สรุป 15 ประเทศ แสดงให้เห็นว่า ในปี 1995 ประมาณร้อยละ 50 ของไดออกซินที่ระบายเข้าไปในอากาศเกิดจากการเผา⁽⁴⁾ การเผามูลฝอยชุมชนถูกระบุว่าเป็นแหล่งปล่อยสารไดออกซิน ออกสู่อากาศในสัดส่วนที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับเตาเผาประเภทอื่น⁽⁵⁾ ซึ่งสิ่งคุกคามและมลพิษหลักที่เกิดขึ้นจากเตาเผามูลฝอย คือ มลพิษทางอากาศ เช่น กรดกำขี้ โลหะหนัก สารอินทรีย์ระเหยง่าย สารอินทรีย์กลุ่มไดออกซิน ฟุนละออง รวมถึงน้ำเสียและซีเมนต์ที่มีการปนเปื้อน ทั้งนี้สารมลพิษดังกล่าวมีผลกระทบต่อสุขภาพ เช่น เป็นสารก่อมะเร็ง ผลต่อระบบทางเดินหายใจ ผลต่อทารกในครรภ์และระบบสืบพันธุ์ เป็นต้น ซึ่งผลกระทบต่อสุขภาพจะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับชนิดของสารมลพิษ ปริมาณและระยะเวลาที่ได้รับสัมผัส⁽⁶⁾ ดังนั้น ผู้ทำการศึกษาจึงเห็นว่าการศึกษามลพิษอากาศและความเสี่ยงต่อสุขภาพ จะเป็นข้อมูลที่นำไปสู่การวางมาตรการที่เหมาะสมกับเตาเผามูลฝอยเพื่อลดผลกระทบจากไฟฟ้าที่จะเกิดขึ้นเพื่อนำไปสู่ข้อเสนอแนะมาตรการที่เหมาะสมต่อไป

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1) เพื่อศึกษาปริมาณมลพิษอากาศจากเตาเผามูลฝอย
- 2) เพื่อศึกษาพฤติกรรมสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในโครงการเตาเผามูลฝอย
- 3) เพื่อศึกษาการรับรู้ผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของประชาชนโดยรอบโครงการเตาเผามูลฝอย
- 4) เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากมลพิษอากาศของผู้ปฏิบัติงานในโครงการเตาเผามูลฝอย

วิธีการศึกษา

รูปแบบการศึกษา การศึกษานี้เป็น การศึกษาภาคตัดขวาง (Cross-Sectional Study)

พื้นที่ศึกษา ศึกษาโครงการเตาเผามูลฝอยที่ผลิตไฟฟ้า ใช้เกณฑ์การคัดเลือกสถานที่ศึกษาคือเป็นโรงงานที่เปิดดำเนินการแล้ว 2 ปีขึ้นไป และยินดีให้เข้าไปเก็บข้อมูล ได้สถานที่ศึกษาทั้งหมด 2 แห่ง ตั้งอยู่ในจังหวัดสงขลาและภูเก็ต และกำหนดพื้นที่ศึกษาให้อยู่ในรัศมี 5 กิโลเมตรจากโครงการเตาเผามูลฝอยและผลิตไฟฟ้า โดยพื้นที่จังหวัดภูเก็ตอยู่ในเขตตำบลวิชิต ตำบลตลาดเหนือ ตำบลตลาดใหญ่ อำเภอเมือง และพื้นที่จังหวัดสงขลา อยู่ในเขตเทศบาลเมืองควนลัง อำเภอหาดใหญ่

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง มี 2 ส่วนได้แก่ 1) พนักงานที่ปฏิบัติงานในโรงงานเตาเผามูลฝอยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง แต่ละ 30 คน โดยเกณฑ์การคัดเลือก (Inclusion Criteria) คือ เป็นพนักงานที่ปฏิบัติงานในแผนกงานป้อนเชื้อเพลิง หรืองานควบคุมเผาไหม้ หรืองานสำนักงาน และทำงานในตำแหน่งดังกล่าวอย่างน้อย 6 เดือน มีเกณฑ์การคัดการออก (Exclusion Criteria) คือ หากพนักงานคนนั้น ตั้งครรภ์ หรือป่วยเป็นโรคเรื้อรัง ได้แก่ เบาหวาน หัวใจ มะเร็ง 2) ประชาชนโดยรอบโรงงานเตาเผามูลฝอยในรัศมี 5 กิโลเมตร คำนวณขนาดตัวอย่างด้วยการประมาณค่าสัดส่วน ที่ระดับความคลาดเคลื่อน 5% ^{(7) (8)} ได้ขนาดตัวอย่างแต่ละ 184 คน โดยเกณฑ์การคัดเลือก คือ เป็นผู้อาศัยอยู่ในพื้นที่และอายุ 15 ปีขึ้นไป และมีเกณฑ์การคัดการออก คือ ไม่สามารถสื่อสารด้วยภาษาไทย ทั้งนี้เมื่อเก็บข้อมูลแล้วได้ตัวอย่างในพื้นที่จังหวัดภูเก็ต 400 คน และจังหวัดสงขลา 196 คน

ช่วงเวลาดำเนินการ ดำเนินการระหว่างมกราคม 2559 ถึงกุมภาพันธ์ 2560

เครื่องมือ วิธีการ และการวิเคราะห์

1. การเก็บตัวอย่างและตรวจวิเคราะห์คุณภาพอากาศภายในสถานประกอบการ โดยใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศ Personal Pump ติดกับกระดาษกรอง Filter - MCE 225-3-01 เพื่อเก็บตัวอย่างแคะเมียม ตะกั่ว แมงกานีส นิเกิล ปรอท และใช้ Personal Pump ติดกับ Charcoal tube 226-01 เพื่อเก็บตัวอย่างเบนซิน โทลูอิน เอธิลเบนซิน ไซลีน สไตรีน เก็บตัวอย่างในเวลาทำงานต่อเนื่อง 8 ชั่วโมง เก็บรักษาตัวอย่างที่ 4°C และส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการสำนักโรคจากการประกอบอาชีพ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข ใช้วิธีมาตรฐานของ NIOSH Method no.7300⁽⁹⁾ no.6009⁽¹⁰⁾ และ no.1501⁽¹¹⁾ วิเคราะห์ข้อมูลเทียบกับค่ามาตรฐานของ OSHA⁽¹²⁾ และนำมาประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพโดยใช้วิธีการและแนวทางของ U.S.EPA⁽¹³⁾

2. การเก็บตัวอย่างและตรวจวิเคราะห์คุณภาพอากาศในบรรยากาศ สำหรับ TSP PM10 CO HCl SO2 NO2 ใช้รถ Mobile Unit ของกรมควบคุมมลพิษ วิเคราะห์ข้อมูล เทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศของประเทศไทย⁽¹⁴⁻¹⁷⁾ สำหรับ PM2.5 เปรียบเทียบกับมาตรฐานในบรรยากาศ ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ⁽¹⁸⁾ สำหรับเก็บตัวอย่างอากาศและวิเคราะห์สารกลุ่มไดออกซิน

ในอากาศ (ประกอบด้วยไดออกซิน ฟิวแรน และ Dioxin like PCBs) ใช้วิธีตามมาตรฐานของกระทรวงสิ่งแวดล้อมประเทศญี่ปุ่น⁽¹⁹⁾ โดยใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศชนิด High Volume Air Sampler บีมผ่านกระดาษกรอง (Quartz Fiber Filter) ซึ่งทำการเติม sampling spike และโพสิทีฟไนโตรเจน และตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการที่สถาบันไดออกซิน ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี วิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศของประเทศแคนาดา⁽²⁰⁾ และมาตรฐานของประเทศญี่ปุ่น⁽²¹⁾

3. แบบสอบถามพฤติกรรมสุขภาพสำหรับผู้ปฏิบัติงานในโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ วิเคราะห์ข้อมูลสถิติเชิงพรรณนา (ร้อยละ)

4. แบบสอบถามการรับรู้ผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของประชาชนโดยรอบโครงการเตาเผามูลฝอย วิเคราะห์ข้อมูล สถิติเชิงพรรณนา (ร้อยละ) และวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของระดับความคิดเห็นการเปลี่ยนแปลงของผลกระทบที่จะเกิดขึ้น ในกลุ่มประชากรที่อาศัยในรัศมีที่แตกต่างกัน ได้แก่ ผู้ที่อาศัยในรัศมีน้อยกว่า 0.5 กิโลเมตร ผู้ที่อาศัยในรัศมีตั้งแต่ 0.5 – 1 กิโลเมตร ผู้ที่อาศัยในรัศมีมากกว่า 1– 3 กิโลเมตร และผู้ที่อาศัยในรัศมีมากกว่า 3 กิโลเมตร ใช้สถิติทดสอบครัสคัล-วอลล์ลีส (Kruskal-Wallis Test) กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยระดับความคิดเห็นการเปลี่ยนแปลงผลกระทบได้กำหนดไว้ 5 ระดับ ได้แก่ แย่ลงมาก, แย่ลง, ไม่เปลี่ยนแปลง, ดีขึ้น และดีขึ้นมาก

5. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากมลพิษอากาศของผู้ปฏิบัติงานในโรงงานและประชาชนโดยรอบโรงงานเตาเผามูลฝอย โดยใช้ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในสถานประกอบการ และคุณภาพอากาศในบรรยากาศบริเวณชุมชน มาใช้ในการประเมินความเสี่ยงตามวิธีการของ US.EPA⁽¹³⁾ ดังนี้

$$EC = (CA \times ET \times EF \times ED) / AT$$

และประเมินความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็ง (Cancer Risk) จากการรับสัมผัสเบนซิน แคดเมียม และนิเกิลในบรรยากาศ โดยคำนวณค่าความเสี่ยงจากสมการ

$$\text{Cancer risk} = IUR \times EC$$

ประเมินความเสี่ยงกรณีที่ไม่ใช่การก่อมะเร็ง (Non-carcinogenic risk) จากการรับสัมผัสเอซิลเบนซิน เบนซิน โทลูอิน เอซิลเบนซิน ไซลีน สไตรีน แมงกานีส โปรท โดยคำนวณค่าความเสี่ยงจากสมการ

$$\text{Hazard Quotient} = EC / RfC$$

การแทนค่าและคำอธิบาย ดังนี้

EC	ค่าการรับสัมผัส (mg/m ³)
CA	ความเข้มข้นของสารเคมีในบรรยากาศ (mg/m ³) ได้จากค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมง
ET	ระยะเวลาการรับสัมผัสสารเคมีในอากาศ (hours/day) (ทำงานวันละ 8 ชั่วโมง)
EF	ความถี่ของการรับสัมผัสสารเคมีในบรรยากาศ (days/year) (ทำงานปีละ 312 วัน)
ED	ช่วงเวลาที่รับสัมผัสสารเคมีในบรรยากาศ (years) ทำงานมาแล้วกี่ปี (คิดตามจำนวนปีที่เตาเผามูลฝอยเริ่มเปิดดำเนินการ) จังหวัดภูเก็ต 5 ปี, จังหวัดสงขลา 3 ปี

AT เวลาเฉลี่ย

- กรณีคำนวณ Cancer risk คำนวณจาก lifetime (70 years) x 365 days/year x 24 hours/day
- กรณีคำนวณ non-cancer risk AT คำนวณจาก ED (5 years) x 356 days/year x 24 hours/day

- IUR** Inhalation unit risk (21) - IUR ของ Benzene (Leukemia) is 7.8×10^{-6} per $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- IUR ของ Cadmium (Respiratory : Lung, trachea, bronchus cancer) 1.8×10^{-3} per $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 - IUR ของ Nickel (Respiratory (Lung) 4.8×10^{-3} per $\mu\text{g}/\text{m}^3$

RfC Inhalation reference concentration ⁽²²⁾

- RfC ของ Styrene (CNS effect) $1 \text{ mg}/\text{m}^3$
- RfC ของ Benzene (decreased lymphocyte count) $3 \times 10^{-2} \text{ mg}/\text{m}^3$
- RfC ของ Ethylbenzene (developmental toxicity) $1 \text{ mg}/\text{m}^3$
- RfC ของ Toluene (neurological effects) $5 \text{ mg}/\text{m}^3$
- RfC ของ Xylene (impaired motor coordination) $1 \times 10^{-1} \text{ mg}/\text{m}^3$
- RfC Manganese (Impairment of neurobehavioral function) $5 \times 10^{-5} \text{ mg}/\text{m}^3$
- RfC ของ ปรอท (nervous system: increases in memory disturbances) $3 \times 10^{-4} \text{ mg}/\text{m}^3$

Cancer risk ถ้าค่ามากกว่า 10^{-6} ให้ถือว่าเป็นระบบความเสี่ยงที่ไม่สามารถยอมรับได้

HQ HQ และ HI ถ้าค่ามากกว่า 1 ให้ถือว่าเป็นระบบความเสี่ยงที่ไม่สามารถยอมรับได้

HI Hazard Index คือผลรวมของ HQ

จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

การศึกษานี้ได้รับการรับรองโดยคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยกมอ.น.มัย กระทรวงสาธารณสุข ระหว่างวันที่ 31 มีนาคม 2559 ถึงวันที่ 30 มีนาคม 2560

ผลการศึกษา

1. ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในบริเวณที่ปฏิบัติงาน (Workplace / Indoor Air)

1.1 ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักภายในสถานที่ปฏิบัติงาน

ผลการตรวจวัดปริมาณโลหะหนัก บริเวณสถานที่ปฏิบัติงาน ได้แก่ หน้าจุดบ่อนเชื้อเพลิง ห้องควบคุม ห้องสำนักงาน ทั้งสองพื้นที่พบว่า พื้นที่จังหวัดภูเก็ต ผลการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของปรอท ตรวจวัดไม่พบ (Not Detect : ND) ทั้ง 3 จุด สำหรับแคดเมียม ตะกั่ว แมงกานีส และนิกเกิล

ผลการตรวจวัดมีค่าน้อยกว่า 0.001 mg/m³ ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดโดย OSHA ⁽¹²⁾ สำหรับพื้นที่จังหวัดสงขลา ตรวจพบ პროთทั้ง 3 พื้นที่ที่มีค่าน้อยกว่า 0.001 mg/m³ สำหรับแคดเมียมมีค่าตรวจวัด <0.001 - 0.004 mg/m³ ตะกั่วมีค่าตรวจวัด <0.001 - 0.032 mg/m³ แมงกานีสมีค่าตรวจวัด <0.001 - 0.015 mg/m³ และนิเกิลมีค่าตรวจวัด<0.001 - 0.021 mg/m³ ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดโดย OSHA ⁽¹²⁾ แสดงรายละเอียดตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความเข้มข้นของโลหะหนักภายในสถานที่ปฏิบัติงาน

โลหะหนัก	ความเข้มข้น (mg/m ³) จ. ภูเก็ต			ความเข้มข้น (mg/m ³) จ. สงขลา			ค่ามาตรฐาน ⁽¹²⁾
	จุดป้อนเชื้อเพลิง	ห้องควบคุม	ห้องสำนักงาน	หน้าจุดป้อนเชื้อเพลิง	ห้องควบคุม	ห้องสำนักงาน	
ปรอท	ND	ND	ND	<0.01	<0.01	<0.01	0.1 mg/m ³
แคดเมียม	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.004	0.005 mg/m ³
ตะกั่ว	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.032	0.05 mg/m ³
แมงกานีส	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.015	5 mg/m ³
นิเกิล	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.021	1 mg/m ³

1.2 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยง่ายภายในสถานที่ปฏิบัติงาน

ผลการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยง่ายภายในสถานที่ปฏิบัติงาน ได้แก่ หน้าจุดป้อนเชื้อเพลิง ห้องควบคุม ห้องสำนักงาน พื้นที่จังหวัดภูเก็ต พบว่าช่วงเช้าค่าเบนซินอยู่ในช่วง 0.39-0.51 mg/m³ ช่วงบ่ายพบค่าเบนซิน อยู่ในช่วง 0.005-0.48 mg/m³ ค่าความเข้มข้นโทลูอีน ทั้งช่วงเช้าและบ่ายมีค่าตรวจวัดน้อยกว่า 0.001 mg/m³ ค่าความเข้มข้นเอธิลเบนซิน ทั้งช่วงเช้าและบ่ายมีค่าตรวจวัดน้อยกว่า 0.001-0.1 mg/m³ ไซลีน ทั้งช่วงเช้าและบ่ายมีค่าตรวจวัดน้อยกว่า 0.001-0.176 mg/m³ ความเข้มข้น ของสไตรีน ทั้งช่วงเช้าและบ่ายมีค่าตรวจวัดน้อยกว่า 0.001 mg/m³ ในพื้นที่จังหวัดสงขลา พบค่าเบนซิน มีความเข้มข้นน้อยกว่า 0.001 mg/m³ เช่นเดียวกับค่าความเข้มข้นโทลูอีน เอธิลเบนซิน และสไตรีน ทั้งช่วงเช้าและบ่ายมีค่าตรวจวัดน้อยกว่า 0.001 mg/m³ ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดโดย OSHA ⁽¹²⁾ รายละเอียดตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในสถานที่ปฏิบัติงานภายในโรงงาน

สารมลพิษ อากาศ	ความเข้มข้นในอากาศ พื้นที่ จ.ภูเก็ต			ความเข้มข้นในอากาศ พื้นที่ จ.สงขลา			ปริมาณค่าความเข้มข้นที่ อาจยอมให้มีได้ ⁽¹²⁾
	(mg/m ³)			(mg/m ³)			
	หน้าจุดป้อน เชื้อเพลิง	ห้องควบคุม	ห้อง สำนักงาน	หน้าจุดป้อน เชื้อเพลิง	ห้องควบคุม	ห้อง สำนักงาน	
ช่วงเวลาตรวจวัด : ช่วงเช้า 08.00 – 12.00 น.							
เบนซิน	0.051	0.047	0.039	<0.001	<0.001	<0.001	1 ppm (3.19 mg/m ³)
โทลูอีน	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	200 ppm (754 mg/m ³)

ตารางที่ 2 (ต่อ) ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในสถานที่ปฏิบัติงานภายในโรงงาน

	หน้าจุดป้อน เชื้อเพลิง	ห้องควบคุม	ห้อง สำนักงาน	หน้าจุดป้อน เชื้อเพลิง	ห้องควบคุม	ห้อง สำนักงาน	
เอธิลเบนซีน	<0.001	0.083	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	100 ppm (434 mg/m ³)
ไซลีน	<0.001	0.082	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	100 ppm (434 mg/m ³)
สไตรีน	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	100 ppm (426 mg/m ³)
ช่วงเวลาตรวจวัด : ช่วงบ่าย 12.30 – 16.30 น.							
เบนซีน	0.005	0.050	0.048	<0.001	<0.001	<0.001	1 ppm (3.19 mg/m ³)
โทลูอีน	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	200 ppm (754 mg/m ³)
เอธิลเบนซีน	<0.001	<0.001	0.100	<0.001	<0.001	<0.001	100 ppm (434 mg/m ³)
ไซลีน	0.048	<0.001	0.176	<0.001	<0.001	<0.001	100 ppm (434 mg/m ³)
สไตรีน	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	100 ppm (426 mg/m ³)

หมายเหตุ : ปริมาณต่ำสุดที่ตรวจวิเคราะห์ได้เท่ากับ 0.001 mg/m³

2 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในชุมชน

ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศ พบว่า PM_{2.5} มีค่าตรวจวัดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.008-0.0018 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ไม่เกินค่ามาตรฐานฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในบรรยากาศโดยทั่วไป⁽¹⁸⁾ รวมทั้ง PM₁₀ มีค่าตรวจวัดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 14-41 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ปริมาณก๊าซ SO₂ มีค่าตรวจวัดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0-1 ppb ก๊าซ NO₂ มีค่าตรวจวัดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3-8 ppb ก๊าซ CO มีค่าตรวจวัดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.3-1 ppm ก๊าซ O₃ มีค่าตรวจวัดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 12-14 ppb ผลการตรวจวัดเฉลี่ยมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไป⁽¹⁴⁻¹⁷⁾ เช่นเดียวกับค่าความเข้มข้นของโลหะหนักมีค่าตรวจวัดเฉลี่ยของแคดเมียม <0.005 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตะกั่ว มีค่าความเข้มข้นในการตรวจวัดได้เฉลี่ย <0.005 -0.18 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตรปรอท มีค่าตรวจวัดได้เฉลี่ย 1 นาโนกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ปริมาณและการกระจายของสารกลุ่มไดออกซินในบริเวณชุมชนพื้นที่จังหวัดภูเก็ต ทุกจุดเก็บตัวอย่างไม่เกินค่ามาตรฐานทั้งมาตรฐานคุณภาพอากาศของประเทศแคนาดา⁽²⁰⁾ และมาตรฐานของประเทศญี่ปุ่น⁽²¹⁾ แต่ในพื้นที่จังหวัดสงขลา พบว่าที่ระยะ 0-1 km ระยะ 1.0-3.0 km และ 3.0-5.0 km มีค่าสูงสุดที่วัดได้ สูงกว่ามาตรฐานของประเทศแคนาดา แต่ไม่เกินค่ามาตรฐานของประเทศญี่ปุ่น ตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การตรวจวัดคุณภาพอากาศ ในบรรยากาศ ของพื้นที่ทั้งสองจังหวัด

พารามิเตอร์	แสดงค่า	ผลการตรวจวัด		ผลการตรวจวัด		ค่ามาตรฐาน
		จ.ภูเก็ต		จ.สงขลา		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
ฝุ่นละออง PM _{2.5} เฉลี่ย	ค่าสูงสุด	0.023	0.028	0.022	0.016	0.05 mg/m ³ (18)
24 ชั่วโมง (mg/m ³)	ค่าต่ำสุด	0.006	0.009	0.012	0.008	
วัดที่ระยะ 0.3-0.5 km.	ค่าเฉลี่ย	0.012	0.015	0.018	0.013	

ตารางที่ 3 (ต่อ) การตรวจวัดคุณภาพอากาศ ในบรรยากาศ ของพื้นที่ทั้งสองจังหวัด

พารามิเตอร์	แสดงค่า	ผลการตรวจวัด		ผลการตรวจวัด		ค่ามาตรฐาน
		จ.ภูเก็ต		จ.สงขลา		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
ฝุ่นละออง PM _{2.5} เฉลี่ย 24 ชั่วโมง (mg/m ³)	ค่าสูงสุด	0.013	0.26	0.021	0.017	
	ค่าต่ำสุด	0.004	0.009	0.011	0.009	
วัดที่ระยะ 1–3 km.	ค่าเฉลี่ย	0.008	0.014	0.015	0.013	
ฝุ่นละออง PM ₁₀ เฉลี่ย 24 ชั่วโมง (ug/m ³)	ค่าสูงสุด	19	104	28	108	120 ug/m ³ ⁽¹⁶⁾
	ค่าต่ำสุด	12	17	17	6	
	ค่าเฉลี่ย	14	41	22	36	
ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂) เฉลี่ย 1 ชั่วโมง (ppb)	ค่าสูงสุด	4	19	5	4	300 ppb ^{(14) (16)}
	ค่าต่ำสุด	1	0	0	0	
	ค่าเฉลี่ย	1	0	1	1	
ก๊าซไนโตรเจนได ออกไซด์ (NO ₂) เฉลี่ย 1 ชั่วโมง (ppb)	ค่าสูงสุด	16	23	10	13	170 ppb ^{(14) (15) (17)}
	ค่าต่ำสุด	1	1	2	0	
	ค่าเฉลี่ย	7	8	4	3	
คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เฉลี่ย 1 ชั่วโมง (ppm)	ค่าสูงสุด	-	3.7	-	1.6	30 ppm ⁽¹⁴⁾
	ค่าต่ำสุด	-	0	-	0.2	
	ค่าเฉลี่ย	-	0.3	-	1	
ก๊าซโอโซน (O ₃) เฉลี่ย 1 ชั่วโมง (ppb)	ค่าสูงสุด	39	45	45	59	100 ppb ^{(14) (16)}
	ค่าต่ำสุด	1	0	0	0	
	ค่าเฉลี่ย	14	13	12	12	
ปรอท (Hg) เฉลี่ย 1 ชั่วโมง (ng/m ³)	ค่าสูงสุด	4	-	4	-	ไม่มีค่ามาตรฐาน
	ค่าต่ำสุด	1	-	1	-	
	ค่าเฉลี่ย	1	-	1	-	
แคดเมียม เฉลี่ย 1 ชั่วโมง (ug/m ³)	ค่าสูงสุด	<0.005	<0.005-	-	<0.005	ไม่มีค่ามาตรฐาน
	ค่าต่ำสุด	<0.005	<0.005-	-	<0.005	
	ค่าเฉลี่ย	<0.005	<0.005-	-	<0.005	
ตะกั่ว	ค่าสูงสุด	0.007	0.023	<0.005	<0.005	
เฉลี่ย 1 ชั่วโมง (ug/m ³)	ค่าต่ำสุด	<0.005	0.012	<0.005	<0.005	ไม่มีค่ามาตรฐาน
	ค่าเฉลี่ย	0.06	0.18	<0.005	<0.005	
สารกลุ่มไดออกซิน (pq-TEQ/m ³) วัดที่ระยะ 0-1.0 km	ค่าสูงสุด	0.0043	0.0077	0.077	0.18	- มาตรฐานประเทศ
	ค่าต่ำสุด	0.0039	0.0021	0.016	0.083	แคนาดา ปริมาณ
	ค่าเฉลี่ย	0.0041	0.0048	0.037	0.13	รวมของไดออกซิน
สารกลุ่มไดออกซิน (pq-TEQ/m ³) วัดที่ระยะ .0-3.0 km	ค่าสูงสุด	0.0024	0.011	0.062	0.11	ฟิวแรน และ Dioxin
	ค่าต่ำสุด	0.0022	0.0017	0.0065	0.048	like PCBs ไม่เกิน
	ค่าเฉลี่ย	0.0023	0.0048	0.25	0.074	0.1 pq-TEQ/m ³ ⁽²⁰⁾

ตารางที่ 3 (ต่อ) การตรวจวัดคุณภาพอากาศ ในบรรยากาศ ของพื้นที่ทั้งสองจังหวัด

พารามิเตอร์	แสดงค่า	ผลการตรวจวัด		ผลการตรวจวัด		ค่ามาตรฐาน
		จ.ภูเก็ต		จ.สงขลา		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
สารกลุ่มไดออกซิน pq-TEQ/m ³) วัดที่ระยะ 3.0-5.0 km	ค่าสูงสุด	0.0015	0.00034	0.023	0.12	- มาตรฐานประเทศ ญี่ปุ่น ปริมาณรวม ของไดออกซิน พีว แรน และ Dioxin like PCBs 0.6 pq- TEQ/m ³ (21)
	ค่าต่ำสุด	0.0002	0.00017	0.087	0.046	
	ค่าเฉลี่ย	0.00064	0.00026	0.06	0.08	

2. การศึกษาพฤติกรรมสุขภาพของกลุ่มพนักงานปฏิบัติงาน

กลุ่มที่ศึกษาได้แก่ ผู้ปฏิบัติงานในโรงงานเตาเผามูลฝอย ในพื้นที่ศึกษาแต่ละ 30 คน ในแผนกป้อนเชื้อเพลิงเข้าเตาเผา แผนกควบคุมการผลิต และแผนกสำนักงานตอบแบบสอบถามด้วยความสมัครใจ ผลการศึกษา พบว่าในพื้นที่จังหวัดภูเก็ตผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 60.00 อายุเฉลี่ย 32 ปี สูงสุด 50 ปี ต่ำสุด 18 ปี ผลการศึกษาพฤติกรรมการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล พบว่าผู้ปฏิบัติงานในส่วนป้อนวัตถุดิบเข้าเตาเผา ส่วนใหญ่มีการใช้ผ้าปิดจมูกทุกครั้งขณะปฏิบัติงาน ร้อยละ 50.00 ใส่บางครั้ง ร้อยละ 33.33 และไม่เคยใส่ ร้อยละ 16.67 และการสวมใส่ถุงมือขณะปฏิบัติงานครึ่งหนึ่งสวมใส่ถุงมือในบางครั้ง ร้อยละ 50.00 และไม่เคยใส่เลย ผู้ปฏิบัติงานในส่วนงานควบคุมการผลิต จำนวน 2 ใน 3 มีการใส่ผ้าปิดจมูกในบางครั้งขณะปฏิบัติงาน ร้อยละ 66.67 และใส่ทุกครั้งเป็นลำดับรองลงมา ส่วนการสวมถุงมือขณะปฏิบัติงานพบว่าใส่บางครั้ง และไม่เคยใส่ในอัตราส่วนที่เท่ากัน ร้อยละ 44.45 ส่วนน้อยที่สวมใส่ถุงมือทุกครั้ง ร้อยละ 11.10 และผู้ปฏิบัติงานในส่วนงานสำนักงานเกือบครึ่งหนึ่งมีการคาดผ้าปิดจมูกบางครั้งขณะปฏิบัติงาน ร้อยละ 46.67 รองลงมาคือ ไม่เคยใส่ ร้อยละ 40.00 และใส่ทุกครั้ง ร้อยละ 13.33 ส่วนการสวมถุงมือขณะปฏิบัติงานจำนวน 2 ใน 3 ร้อยละ 66.67 ไม่เคยใส่เลยรองลงมา คือ ใส่บางครั้ง ร้อยละ 26.67 และ ใส่ทุกครั้ง ร้อยละ 6.66

สำหรับพื้นที่จังหวัดสงขลา ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 60.00 อายุเฉลี่ยอยู่ที่ 31 ปี สูงสุด 45 ปี ต่ำสุด 25 ปี พฤติกรรมการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล ผู้ปฏิบัติงานในส่วนป้อนวัตถุดิบเข้าเตาเผา จำนวนสองในสามพบมีการใช้ผ้าปิดจมูกในบางครั้งขณะปฏิบัติงาน ร้อยละ 66.67 และผู้ปฏิบัติงานส่วนใหญ่ในส่วนงานนี้สวมใส่ถุงมือเป็นบางครั้งขณะปฏิบัติงาน ร้อยละ 83.33 ผู้ปฏิบัติงานในส่วนงานควบคุมการผลิตเกินครึ่งหนึ่งมีการใส่ผ้าปิดจมูกในบางครั้งขณะปฏิบัติงาน ร้อยละ 53.85 และใส่ทุกครั้งเป็นลำดับรองลงมา ส่วนการสวมถุงมือขณะปฏิบัติงานพบเกินครึ่งสวมใส่ถุงมือในบางครั้ง ร้อยละ 53.85 รองลงมา คือ ใส่ทุกครั้ง ร้อยละ 38.46 และยังมีผู้ที่ไม่เคยใส่ถุงมือขณะปฏิบัติงานแต่เป็นส่วนน้อย

ร้อยละ 7.69 และผู้ปฏิบัติงานในส่วนงานสำนักงานเกินครึ่งหนึ่งมีการคาดผ้าปิดจมูกขณะปฏิบัติงาน ร้อยละ 54.54 ที่เหลือไม่เคยใส่ การสวมถุงมือขณะปฏิบัติงานส่วนใหญ่ใส่บางครั้ง ร้อยละ 45.45 รองลงมา คือไม่เคยสวมใส่ถุงมือขณะปฏิบัติงานเลย ร้อยละ 36.35

3 การรับรู้ถึงผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของประชาชนโดยรอบเตาเผามูลฝอย

ผลการสำรวจการรับรู้ข้อมูลผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของประชาชน อาศัยโดยรอบเตาเผา มูลฝอย ในรัศมีน้อยกว่า 0.5 กิโลเมตร ผู้ที่อาศัยในรัศมีตั้งแต่ 0.5 – 1 กิโลเมตร ผู้ที่อาศัยในรัศมีมากกว่า 1– 3 กิโลเมตร และผู้ที่อาศัยในรัศมีมากกว่า 3 กิโลเมตร พบว่า มีประเด็นที่มีความแตกต่างกันในกลุ่ม ผู้อาศัยในรัศมีที่ต่างกัน โดยผู้ที่อาศัยใกล้กว่าจะรับรู้ถึงผลกระทบมากกว่าผู้ที่อาศัยไกลออกไป ได้แก่ ผลกระทบจากฝุ่นละออง ($p\text{-value} < 0.001$) ผลกระทบจากอุบัติเหตุจากการใช้ถนน ($p\text{-value} < 0.001$) รายละเอียดตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การรับรู้ผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของประชาชน

ประเด็น ผลกระทบ	ระยะห่างจากโรงไฟฟ้า	ความคิดเห็นต่อการเปลี่ยนแปลงจังหวัดภูเก็ต				p-value	ความคิดเห็นต่อการเปลี่ยนแปลงจังหวัดสงขลา				p-value
		จำนวน (ร้อยละ)		จำนวน (ร้อยละ)			จำนวน (ร้อยละ)		จำนวน (ร้อยละ)		
		แย่ง มาก	แย่ง น้อย	ดีขึ้น ไม่เปลี่ยนแปลง	ดีขึ้น มาก		แย่ง มาก	แย่ง น้อย	ดีขึ้น ไม่เปลี่ยนแปลง	ดีขึ้น มาก	
ฝุ่นละออง	<500 ม.	7 (5.69)	31 (25.20)	82 (66.67)	3 (2.44)	-	4 (11.43)	21 (60.00)	10 (28.57)	-	-
	ตั้งแต่500 ม. - 1 กม.	1 (1.75)	2 (3.51)	52 (91.23)	2 (3.51)	-	1 (2.70)	19 (51.35)	17 (45.95)	-	-
	มากกว่า 1 กม. - 3 กม.	-	16 (9.36)	149 (87.13)	6 (3.51)	-	3 (3.95)	19 (25.00)	53 (69.74)	1 (1.32)	-
	>3 กม.	-	1 (2.04)	48 (97.96)	-	-	-	4 (8.33)	44 (91.67)	-	-
	รวม	8 (2.00)	50 (12.50)	331 (82.75)	11 (2.75)	-	8 (4.08)	63 (32.14)	124 (63.27)	1 (0.51)	<0.001*
กลิ่นเหม็น รบกวน	<500 ม.	33 (26.83)	80 (65.04)	9 (7.32)	1 (0.81)	-	16 (45.71)	17 (48.57)	2 (5.71)	-	-
	500 ม. - 1 กม.	4 (7.02)	36 (63.16)	15 (26.32)	2 (3.51)	-	3 (8.11)	30 (81.08)	4 (10.81)	-	-
	1 กม. - 3 กม.	9 (5.26)	59 (34.50)	97 (56.73)	6 (3.51)	-	7 (9.21)	39 (51.32)	29 (38.16)	1 (1.32)	-
	>3 กม.	-	4 (8.16)	45 (91.84)	-	-	-	12 (25.00)	36 (75.00)	-	-
	รวม	46 (11.50)	179 (44.75)	166 (41.50)	9 (2.25)	-	26 (13.27)	98 (50.00)	71 (36.22)	1 (0.51)	<0.001*
อุบัติเหตุ จากการ คมนาคม	<500 ม.	-	1 (0.81)	120 (97.56)	2 (1.63)	-	-	-	35 (100)	-	-
	500 ม. - 1 กม.	-	1 (1.75)	55 (96.49)	1 (1.75)	-	-	-	36 (97.30)	1 (2.70)	-
	1 กม. - 3 กม.	-	-	166 (97.08)	5 (2.92)	-	1 (1.32)	3 (3.95)	72 (94.74)	-	-
	>3 กม.	-	-	49 (100)	-	-	-	1 (2.08)	47 (97.92)	-	-
	รวม	-	2 (0.50)	390 (97.5)	8 (2.00)	-	1 (0.51)	4 (2.04)	190 (96.94)	1 (0.51)	<0.001*

* Kruskal-Wallis Test แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากมลพิษอากาศของผู้ปฏิบัติงานและประชาชน

4.1 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากมลพิษอากาศของผู้ปฏิบัติงาน จากผลการตรวจคุณภาพอากาศในสถานประกอบการเก็บตัวอย่างอากาศในจุดปฏิบัติงานทั้ง 3 จุด ในจังหวัดภูเก็ต ตรวจวัดแล้วไม่พบปรอท ทั้ง 3 จุด สำหรับแคดเมียม ตะกั่ว แมงกานีส และนิเกิล ผลการตรวจวัดมีค่าน้อยกว่า 0.001 mg/m^3 จึงไม่นำมาประเมินความเสี่ยง ส่วนสารอินทรีย์ระเหยง่ายพบความเข้มข้นแตกต่างกันในหลายจุด จึงนำมาประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ ผลพบว่า ความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งเม็ดเลือดขาวจากการรับสัมผัสเบนซีนของผู้ปฏิบัติงานในจุดป้อนเชื้อเพลิง ผู้ปฏิบัติงานในห้องควบคุมระบบ และผู้ปฏิบัติงานในห้องสำนักงานคือ 8.88×10^{-6} , 1.53×10^{-5} , และ 1.38×10^{-5} ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่า 1×10^{-6} ถือว่าเป็นยอมรับไม่ได้ ส่วนความเสี่ยงที่ไม่ใช่มะเร็งพบว่า ค่า HQ ไม่เกิน 1 และเมื่อรวม HQ ของทุกสารแล้ว ค่า HI ก็ไม่เกิน 1 รายละเอียดตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในโรงงานเตาเผามูลฝอย จังหวัดภูเก็ต

ความเสี่ยงต่อสุขภาพ (Critical effect)	Cancer Risk		Non-Carcinogenic risk (Hazard Quotient : HQ)			
	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	Xylene	Styrene	Hazard Index(HI)
	Leukemia	Neurological effects	Developmental toxicity	Impaired motor coordination	CNS effect	
จุดป้อนเชื้อเพลิง	8.88×10^{-6}	2.92×10^{-5}	1.46×10^{-4}	0.0015	1.46×10^{-4}	0.002
ห้องควบคุมระบบ	1.53×10^{-5}	2.92×10^{-5}	1.22×10^{-2}	0.12	1.46×10^{-4}	0.132
สำนักงาน	1.38×10^{-5}	2.92×10^{-5}	1.46×10^{-2}	0.25	1.46×10^{-4}	0.272
ค่าเฉลี่ย	1.26×10^{-5}	2.92×10^{-5}	8.99×10^{-3}	0.12	1.46×10^{-4}	0.135

สำหรับจังหวัดสงขลา ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในสถานประกอบการพบความเข้มข้นสารอินทรีย์ระเหยง่ายในทุกจุดมีค่าน้อยกว่า 0.001 mg/m^3 จึงไม่นำมาประเมินความเสี่ยง ยกเว้นสารไซลีน บริเวณจุดเก็บจุดป้อนเชื้อเพลิงที่มีค่าความเข้มข้น 0.048 mg/m^3 พบว่า ผู้ปฏิบัติงานบริเวณจุดป้อนเชื้อเพลิงมีความเสี่ยงต่อระบบประสาท HQ เท่ากับ 0.08 ซึ่งไม่เกิน 1 ยังอยู่ในระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ ส่วนสารโลหะหนักนั้นพบว่ามีค่าความเข้มข้นน้อยกว่า 0.001 mg/m^3 ยกเว้นจุดตรวจในห้องสำนักงานซึ่งมีค่าแคดเมียม 0.004 mg/m^3 ตะกั่ว 0.032 mg/m^3 แมงกานีส 0.015 mg/m^3 และนิเกิล 0.021 mg/m^3 จึงนำมาประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ พบว่า แคดเมียมซึ่งเป็นสารที่อาจก่อให้เกิดมะเร็งกระดุก และนิเกิลซึ่งมีผลต่อการเกิดมะเร็งปอด เมื่อประเมินความเสี่ยงจากการสัมผัสตลอดช่วงอายุแล้ว พบว่ามีความเสี่ยง 8.79×10^{-5} และ 1.23×10^{-3} ถือว่าเป็นยอมรับไม่ได้ นอกจากนี้ ความเสี่ยงกรณีที่ไม่ใช่มะเร็งจากการสัมผัสสารแมงกานีสทางการหายใจสูงถึง 52 (HQ มากกว่า 52) ถือว่าเป็นยอมรับไม่ได้ รายละเอียดตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในโรงงานเตาเผามูลฝอย จังหวัดสงขลา

ความเสี่ยงต่อสุขภาพ (Critical effect)	Cancer Risk		Non-Cancer risk (HQ)		
	แคะตเมียมม Respiratory (Lung)	นิกิล Respiratory (Lung)	แมงกานีส Impairment of neuro-behavioral function	ไซลีน Impaired motor coordination	Hazard Index : HI
จุดบ่อนเชื้อเพลิง	-	-	-	0.08	0.08
สำนักรงาน	8.79×10^{-5}	1.23×10^{-3}	52.58	-	52.58

4.2 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสมลพิษอากาศในชุมชนโดยรอบโรงงานเตาเผา มูลฝอย

จากการตรวจวัดคุณภาพอากาศในชุมชนโดยรอบ ได้นำค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนัก ได้แก่ โปรท ตะกั่ว และแคะตเมียม มาประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ กรณีความเสี่ยงกรณีเป็นมะเร็งพบว่ากลุ่มตัวอย่างในจังหวัดสงขลา และจังหวัดภูเก็ตมีความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งกระดุกจากการสัมผัสแคะตเมียมทางการหายใจในระดับที่ยอมรับได้ คือ 3.85×10^{-7} และ 6.42×10^{-7} ตามลำดับ ส่วนความเสี่ยงกรณีที่ไม่ใช่มะเร็งจากการรับสัมผัสสารปรอททางการหายใจของกลุ่มตัวอย่างในจังหวัดสงขลาและจังหวัดภูเก็ตพบว่า HQ เท่ากับ 0.002 และ 0.003 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 1 ซึ่งถือเป็นค่าที่ยอมรับได้ อย่างไรก็ตาม จากการตรวจวัดพบไดออกซินในบรรยากาศที่มีค่าเกินมาตรฐานในบางจุด ซึ่งไดออกซินเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ แต่เนื่องจากไม่มีการกำหนดค่า Unit Risk ของช่องทางรับสัมผัสทางการหายใจ ดังนั้นจึงไม่สามารถประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพได้

อภิปรายผล

การศึกษามลพิษอากาศและการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากเตาเผามูลฝอยในจังหวัดภูเก็ต และจังหวัดสงขลา มีผลการศึกษาที่สนองตอบต่อวัตถุประสงค์ดังนี้

1) ปริมาณและการกระจายตัวของมลพิษอากาศในชุมชนและการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ ทั้งสองพื้นที่พบว่าความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศ ได้แก่ PM_{2.5} PM₁₀ TSP SO₂ NO₂ CO O₃ แคะตเมียม ตะกั่ว และปรอท มีผลการตรวจวัดต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไป⁽¹⁴⁻¹⁷⁾ และเมื่อนำค่าที่ตรวจวัดมาประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนในชุมชนพบว่าความเสี่ยงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ สำหรับปริมาณและการกระจายของสารกลุ่มไดออกซินพบว่าในพื้นที่จังหวัดสงขลาเท่านั้น ที่มีค่าตรวจวัดสูงสุดเกินค่ามาตรฐานเมื่อเทียบกับมาตรฐานคุณภาพอากาศของประเทศแคนาดา⁽²⁰⁾ ในจุดตรวจวัดทั้ง 3 ระยะ ซึ่งสารกลุ่มไดออกซินเป็นผลิตภัณฑ์ทางเคมีที่เกิดขึ้นมาโดยมิได้ตั้งใจจากกระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ จากข้อมูลการศึกษาในต่างประเทศ ระหว่างปี 1980 - 1990 การเผาขยะชุมชนมักจะถูกระบุว่าเป็นแหล่งที่ปล่อยสารไดออกซินเข้าสู่บรรยากาศ มีการประมาณการว่าประเทศ

เนเธอร์แลนด์ปี 1991 มีการปล่อยไดออกซินจากการเผามูลฝอยเข้าสู่บรรยากาศร้อยละ 79 ในประเทศอังกฤษ ปี 1995 มีการปล่อยไดออกซินจากเตาเผามูลฝอยชุมชนเข้าสู่บรรยากาศร้อยละ 53-82 ส่วนในประเทศสหรัฐอเมริกา มีการปล่อยไดออกซินจากเตาเผาร้อยละ 37⁽²³⁾ เช่นเดียวกับข้อมูลทำเนียบการปลดปล่อย PCDDs/PCDFs ในประเทศต่าง ๆ 14 ประเทศ แสดงให้เห็นว่า ในปี 1995 ประมาณร้อยละ 50 ของไดออกซินที่ระบายเข้าไปในอากาศเกิดจากการเผา⁽²⁴⁾ และมีข้อสังเกตว่าการเผาทุกประเภทในปี 1995 เป็นแหล่งปล่อยไดออกซินที่สำคัญในหลายประเทศ ซึ่งรวมถึงเตาเผาขยะ เตาเผาขยะอันตราย เตาเผาตะกอนน้ำเสียชุมชน เตาเผาเศษไม้ และเตาเผาศพ⁽⁴⁾

2) การรับรู้ผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของประชาชนโดยรอบโครงการเตาเผามูลฝอย พบว่าประชาชนที่อาศัยอยู่ใกล้จะได้รับผลกระทบต่อการดำรงชีพ มากกว่ากลุ่มตัวอย่างที่อาศัยอยู่ในระยะไกล โดยผลกระทบที่พบมากที่สุดคือการได้รับคือ เรื่องกลิ่นเหม็น และฝุ่นละออง แสดงให้เห็นว่าประชาชนที่อาศัยโดยรอบในชุมชนจะได้รับผลกระทบต่อการดำรงชีวิตโดยเฉพาะโรงงานเตาเผามูลฝอยที่มีอาคารลักษณะกึ่งเปิดเช่นในจังหวัดสงขลา อย่างไรก็ตามยังมีโอกาสรับความเสี่ยงจากสารมลพิษอากาศที่ปล่อยจากปล่อง โดยเฉพาะสารไดออกซิน ซึ่งเป็นสารที่จัดอยู่ในกลุ่มสารก่อมะเร็ง ดังนั้น ผู้ประกอบการและเทศบาลในฐานะหน่วยงานควบคุมกำกับควรกำหนดแนวทางป้องกันผลกระทบและกลไกการตอบสนองต่อการแก้ไขปัญหาเหตุร้องเรียนให้มีประสิทธิภาพ ดังนั้นยังพบความเสี่ยงการตรวจวัดค่าสารมลพิษอากาศที่เป็นความเสี่ยงคือ สารไดออกซิน จึงจำเป็นต้องมีมาตรการในการเฝ้าระวังและติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศที่ปล่อยออกมาอย่างเข้มงวดและต่อเนื่อง

3) ปริมาณความเข้มข้นของสารมลพิษอากาศในสถานประกอบการและความเสี่ยงต่อผู้ปฏิบัติงาน จากผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศใน 3 จุด ได้แก่ บริเวณจุดป้อนเชื้อเพลิง ห้องควบคุม และห้องสำนักงาน พื้นที่จังหวัดภูเก็ต พบว่าสารอินทรีย์ระเหย อันได้แก่ สารเบนซีน โทลูอิน ไซลีน เอธิลเบนซีน และสไตรีน ไม่เกินค่ามาตรฐาน⁽¹²⁾ และสารโลหะหนัก อันได้แก่ โปรท แคดเมียม ตะกั่ว แมงกานีส และนิกเกิล มีผลการตรวจวัดมีค่าต่ำกว่า 0.001 mg/m³ ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐาน⁽¹²⁾ และเมื่อนำค่าปริมาณความเข้มข้นของสารมลพิษอากาศดังกล่าว มาประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน พบว่า ผลการประเมินความเสี่ยงจากการสัมผัสสารมลพิษอากาศเกือบทุกสาร ทั้งกรณีเป็นมะเร็ง และกรณีความเสี่ยงที่ไม่ใช่มะเร็ง มีค่าความเสี่ยงอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ยกเว้น สารเบนซีน ซึ่งผลประเมินแสดงให้เห็นว่า ผู้ปฏิบัติงานในจุดป้อนเชื้อเพลิง ห้องควบคุมระบบ และ ห้องสำนักงาน มีความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งเม็ดเลือดขาวจากการสัมผัสสารเบนซีน (cancer risk มากกว่า 1×10^{-6} ซึ่งถือว่าเป็นความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้) ประกอบกับ ผลการศึกษาพฤติกรรมสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในโครงการเตาเผามูลฝอย ที่พบว่าผู้ปฏิบัติการมีการป้องกันตนเอง เพียงร้อยละ 50 ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานจึงมีความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งเม็ดเลือดขาวจากโอกาสการสัมผัสสารอินทรีย์ระเหยง่ายชนิดสารเบนซีน

สำหรับจังหวัดสงขลา พบค่าความเข้มข้นสารอินทรีย์ระเหยง่ายในทุกจุดมีค่าน้อยกว่า 0.001 mg/m^3 ยกเว้นสารไซลีน บริเวณจุดป้อนเชื้อเพลิงที่มีค่าความเข้มข้น 0.048 mg/m^3 ส่วนสารโลหะหนัก พบว่ามีค่าความเข้มข้นน้อยกว่า 0.001 mg/m^3 ยกเว้นจุดตรวจในห้องสำนักงานซึ่งมีค่าแคดเมียม 0.004 mg/m^3 ตะกั่ว 0.032 mg/m^3 แมงกานีส 0.015 mg/m^3 และนิเกิล 0.021 mg/m^3 ทุกจุดไม่เกินค่ามาตรฐาน (12) แต่เมื่อนำมาประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ พบว่า ผู้ปฏิบัติงานในห้องสำนักงาน มีความเสี่ยงต่อมะเร็งกระดูกจากการสัมผัสแคดเมียม และความเสี่ยงต่อเกิดมะเร็งปอดจากการสัมผัสนิเกิล (ค่าความเสี่ยง 8.79×10^{-5} และ 1.23×10^{-3} ตามลำดับ) และความเสี่ยงต่อระบบประสาทจากการสัมผัสสารแมงกานีส สูงถึง 52 ซึ่งถือว่าเป็นยอมรับไม่ได้

ดังนั้นทั้งสองพื้นที่ที่ผู้ปฏิบัติงานมีโอกาสสัมผัสกับความเสียหายต่อสุขภาพจากการสัมผัสสารอินทรีย์ระเหยง่ายและโลหะหนัก ประกอบกับยังพบความเสี่ยงจากพฤติกรรมป้องกันตนเอง ที่ไม่ครอบคลุม ดังนั้นมาตรการในการตรวจเฝ้าระวังสุขภาพตามความเสี่ยงและการหมุนเวียนเปลี่ยนพื้นที่ปฏิบัติ จึงควรมีการกำกับติดตาม รวมทั้งควรสร้างความรอบรู้ด้านสุขภาพแก่ผู้ปฏิบัติงานอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม สารกลุ่มไดออกซินเป็นสารที่หากปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม จะสะสมในห่วงโซ่อาหาร โดยเฉพาะในชั้นไขมันของสัตว์น้ำหรือสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ จึงมีการศึกษาประเมินความเสี่ยงผ่านช่องทางการกิน ส่วนการประเมินความเสี่ยงทางการหายใจนั้นมีการศึกษาน้อยจึงมีข้อจำกัดเรื่องข้อมูลหลักฐานทางพิษวิทยาตลอดจนการกำหนดค่า cancer unit risk และ reference concentration ซึ่งต้องใช้ในการคำนวณความเสี่ยง⁽²²⁾ การศึกษานี้จึงไม่ได้มีการประเมินความเสี่ยงจากการสัมผัสสารกลุ่มไดออกซิน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอต่อการศึกษาวิจัยต่อไปคือควรมีการศึกษาการปล่อยสารกลุ่มไดออกซินและผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนโดยรอบจากการปนเปื้อนในดิน ห่วงโซ่อาหารจากกิจการอื่นที่มีการเผาด้วยอุณหภูมิสูง
2. ข้อเสนอต่อกรมอนามัย ให้ยกระดับการประกอบกิจการจัดการขยะด้วยวิธีเผาให้เป็นกิจการที่มีความเสี่ยงรุนแรงเพื่อให้มีมาตรการเข้มงวดขึ้นภายใต้กฎหมาย พ.ร.บ. การสาธารณสุข พ.ศ. 2535 รวมทั้งพัฒนาเครื่องมือสนับสนุนองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการตรวจประเมินความเสี่ยงด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมเพื่อให้ท้องถิ่นมีแนวทางการตรวจประเมิน ในบทบาทการติดตาม กำกับ
3. ข้อเสนอต่อองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นให้มีการเฝ้าระวัง ติดตามตรวจสอบการประกอบการเตาเผามูลฝอยอย่างต่อเนื่อง และควรมีการสื่อสารทำความเข้าใจกับประชาชนโดยรอบ
4. ข้อเสนอต่อผู้ประกอบการเสนอให้มีการตรวจสอบสุขภาพความเสี่ยง ให้ความรู้และกำชับในการใช้อุปกรณ์ป้องกันตัวอย่างเคร่งครัด สนับสนุนมาตรการการหมุนเวียนหน้าที่การปฏิบัติงานสำหรับผู้ทำหน้าที่ในจุดเสี่ยง รวมทั้งสร้างการมีส่วนร่วมกับชุมชนในการติดตามตรวจสอบการดำเนินงาน

เอกสารอ้างอิง

1. กรมควบคุมมลพิษ. รายงานสถานการณ์ขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย พ.ศ. 2558. กรุงเทพมหานคร: สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ; 2560.
2. กรมควบคุมมลพิษ. คุณภาพอากาศป่อขยะสมุทรปราการ. วารสารข่าวสารอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ. [อินเทอร์เน็ต]. 2557 [สืบค้นเมื่อ 14 มกราคม 2560];7(1):23. เข้าถึงได้จาก: http://www.pcd.go.th/public/Publications/print_journal.cfm?task=airnews.
3. กรมควบคุมมลพิษ. Roadmap การจัดการขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย ฉบับผ่านความเห็นชอบจากคณะกรรมการความสงบแห่งชาติ เมื่อวันที่ 26 สิงหาคม 2557. กรุงเทพฯ: กรมควบคุมมลพิษ; 2557.
4. Fiedler Heidelore. National and regional dioxin and furan inventories. Geneva, Switzerland: UNEP Chemicals; 1999.
5. Peter A.Behnisch, Kevin C.Jones, Hanspaul Hagenmaie, Ruth E.Alcock. Dioxin-like PCBs in the environment - human exposure and the significance of sources. Chemosphere; 1998.
6. Michela Franchini at al. Health effects of exposure to waste incinerator emission : a review of epidemiological studies. Ann 1st Super Sanita 2004; 40 (1) : 101-115
7. จุฬาลักษณ์ โกลลตรี. บทความพิเศษ : การคำนวณขนาดตัวอย่าง. วารสารสุขภาพจิตแห่งประเทศไทย 2555;20(3):192-198.
8. ตติยาภรณ์ วรวงศ์ไกรศรี และโสภิตสุตา ทองโสภิต. การวิเคราะห์ปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานขยะในประเทศไทย กรณีศึกษาเทศบาลนครภูเก็ต. วารสารวิจัยและพลังงาน 2554;8(3):47-57.
9. National Institute for Occupational Safety and Health [NIOSH]. Manual of analytical methods, no.7300: ELEMENTS by ICP (Nitric/Perchloric Acid Ashing). 4th ed. Cincinnati, OH: NIOSH; 2003.
10. National Institute for Occupational Safety and Health [NIOSH]. Manual of analytical methods, no.6009: Mercury. 4th ed. Cincinnati, OH: NIOSH; 1994.
11. National Institute for Occupational Safety and Health [NIOSH].Manual of analytical methods, no.1501: hydrocarbon, aromatic. 4th ed. Cincinnati, OH: NIOSH; 2003.
12. OSHA. OSHA Occupational Chemical Database: Report Page. Occupational Safety & Health Administration [OSHA] [Internet]. 2018. [cited 14 Jan 2018.]. Available from: <https://www.osha.gov/chemicaldata>.

13. Environmental Protection Agency [U.S, EPA]. Risk assessment guidance for superfund volume i: human health evaluation manual (Part F, Supplemental Guidance for Inhalation Risk Assessment). Washington D.C: Office of Emergency and Re medial Response; 2009.
14. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ.2538) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ประกาศในกิจจานุเบกษา เล่ม 112 ตอนที่ 52ง. วันที่ 25 พฤษภาคม พ.ศ. 2538.
15. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 28 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 124 ตอนพิเศษ 58ง วันที่ 14 พฤษภาคม พ.ศ. 2550.
16. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 24 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 121 ตอนพิเศษ 104 ง. วันที่ 22 กันยายน พ.ศ. 2547.
17. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 33 เรื่องกำหนดมาตรฐานค่าก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศโดยทั่วไป ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 126 ตอนพิเศษ 114ง วันที่ 14 สิงหาคม 2547.
18. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 36 เรื่อง กำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในบรรยากาศโดยทั่วไป ออกตามความใน พ.ร.บ.ส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 ประกาศราชกิจจานุเบกษา เล่ม 127 ตอนพิเศษ 37ง วันที่ 24 มีนาคม 2553.
19. Environmental Management Bureau. Manual for examining Dioxins in ambient air; 2008.
20. Canadian Council of Ministers of the Environment. Canada – Wide Standards for Dioxin and Furans (Endorsed April 30-May 1, 2001, Winnipeg). [Internet]. 2001 [cited 14 Jan 2019]. Available from:https://www.ccme.ca/files/Resources/air/dioxins_furans/waste_incinerators_coastal_pulp/d_and_f_standard_e.pdf.
21. Ministry of the Environment Government of Japan. (1999). Environmental Quality Standards in Japan: Environmental Quality Standards for Dioxins (Notification on December 27,1999). Available from: <https://www.env.go.jp/en/air/aq/aq.htm>.

22. U.S. Environmental Protection Agency. Integrated Risk Information System : IRIS Assessment: List A to Z. Integrated risk information for ethylbenzene [Monograph on the internet] Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency [Internet]. 1992 [cited 2016 Dec 6]. Available from: https://cfpub.epa.gov/ncea/iris_drafts/AtoZ.cfm.
23. Pastorelli G., De Lauretis R., De Stefanis P., Morselli L. and Viviano G. PCDD/PCDF from municipal solid waste incinerators in Italy: an inventory of air emissions. *Organohalogen Compounds* 1991;41:495-8.