การศึกษาแนวทางแก้ปัญหามลพิษของเตาเผาขยะประสิทธิภาพสูง เพื่อลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในชุมชนใกล้เคียง

Study on the Pollution Solution of High-Efficiency to reduce environmental impacts in communities.

ศุภวุฒิ เนตรโพธิ์แก้ว
นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณกองทุนเพื่อการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2567
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

โครงการวิจัย การศึกษาแนวทางแก้ปัญหามลพิษของเตาเผาขยะประสิทธิภาพสูง เพื่อลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในชุมชนใกล้เคียง

โดย รศ.ดร.ศุภวุฒิ เนตรโพธิ์แก้ว
รศ.ดร.นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ปีงบประมาณ 2567

บทคัดย่อ

เนื่องจากในปัจจุบัน "ปัญหาขยะล้นเมือง" เป็นหนึ่งในปัญหาที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อสิ่งมีชีวิตที่อยู่บนโลก เพราะจำนวนขยะมหาศาลที่ไม่ถูกทำลายอย่างถูกต้องและเหมาะสม ก็จะไปเจือปนอยู่ในระบบนิเวศต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น น้ำ ดิน พืชผัก ทะเล รวมถึงสัตว์น้ำ และสัตว์ทะเลนานาชนิด สุดท้ายก็กลับมาสะสมในร่างกายมนุษย์ที่บริโภคสารปนเปื้อนเหล่านั้น อีกทั้งยังเป็นตัวการสำคัญที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนอีกด้วยปัญหาขยะล้นเมืองนั้นมีสาเหตุมาจากมนุษย์แทบทั้งหมด โดยใน 1 วัน ทุกคนจะสร้างขยะเฉลี่ยประมาณ 1.14 กิโลกรัม ซึ่งถือว่าเป็นปริมาณที่มาก เมื่อเทียบกับการทำลาย และจัดการขยะที่ต่อวันที่ทำได้อย่างไม่สมดุลจนเกิดเป็นปัญหาขยะสะสม ซึ่งเป็นปัญหาเรื้อรังในประเทศไทยมาอย่างยาวนาน เพราะการกำจัดขยะในปริมาณมากจะต้องใช้ทั้งเวลาและพื้นที่ขนาดใหญ่ เนื่องจากขยะแต่ละประเภทมีขั้นตอน และวิธีในการกำจัดที่แตกต่างกันออกไป

โครงการวิจัยนี้อธิบายการทำวิจัยและพัฒนาเตาเผาขยะชุมชนประสิทธิภาพสูงเพื่อนำเตาเผาขยะชุมชนประสิทธิภาพสูงไปใช้สู่เชิงพาณิชย์รับ โดยสามารถกำจัดได้ทั้งขยะแห้งและขยะเปียก เผาทำลายขยะ ทั้งใหม่และเก่า โดยการเผาทำลายนั้นต้องไม่ก่อมลพิษ ทั้งควัน, กลิ่น และ ฝุ่น PM 2.5 รวมทั้งต้องสามารถ นำขยะที่ผ่านกระบวนการเผามาใช้ประโยชน์เพื่อสร้างมูลค่าต่อ เช่น น้ำมัน ,เม็ดพลาสติกและ ไฟฟ้า เป็นต้น นอกจากได้ผลลัพธ์ทางตรงในการกำจัดขยะที่ตกค้างเพิ่มมากขึ้นในหลายพื้นที่แล้ว ยังจะเป็นการช่วยลดโลกร้อน สร้างความเป็นกลางทางคาร์บอน และสร้างงานสร้างอาชีพให้แก่ผู้เกี่ยวข้องอย่างมากมาย

Study on the Pollution Solution of High-Efficiency to reduce environmental impacts in communities.

By Assoc.Prof.Dr.Supawud Nedphokaew
Assoc.Prof.Dr. Nattachote Rugthaicharoencheep

Department of Electrical Engineering

Year budget 2024

Abstract

Because at present the "overflowing garbage problem" is one of the problems that directly affects life on Earth. Because of the enormous amount of waste that is not properly and properly destroyed. It will contaminate various ecosystems, whether it be water, soil, vegetables, the sea, including aquatic animals. and various marine animals Ultimately, they come back to accumulate in the human body that consumes those contaminants. It is also an important factor that causes global warming. The problem of overflowing garbage in cities is almost entirely caused by humans. In 1 day. Every person creates an average of 1.14 kilograms of waste, which is considered a large amount. compared to destruction and managing the daily garbage that is done in an unbalanced manner until it becomes a problem of accumulated garbage This has been a chronic problem in Thailand for a long time. Because disposing of large quantities of waste requires both time and a large area. Because each type of waste has steps. and different methods of elimination

This research project describes the research and development of a high-efficiency municipal waste incinerator in order to bring a high-efficiency municipal waste incinerator to commercial use. It can dispose of both dry and wet waste, incinerate both new and old waste. The incineration must not cause pollution, including smoke, odors and PM 2.5 dust. Including must be able Use waste that has gone through the incineration process to create value, such as oil, plastic pellets, and electricity, etc. In addition to having direct results in eliminating more residual waste in many areas, It will also help reduce global warming. Create carbon neutrality and create many jobs and careers for those involved

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจาก คุณนายศุภกิจ ใจจักร์ธรรม ตำแหน่ง กรรมการผู้จัดการ บริษัท คาริน่า อพอลโล จำกัด (APOLLO) ที่ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์อย่างสูงต่อการดำเนินโครงการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะวิศวกรรมศาสตร์ และสถาบันวิจัยและพัฒนา ที่ให้การสนับสนุนส่งเสริมในเรื่องการจัดสรรงบประมาณรายได้ประจำปี 2567 จนทำให้การดำเนินการของโครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงสมบูรณ์ทุกประการ

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
1. บทนำ	6-7
2. คุณสมบัติเฉพาะเตาเผาขยะชุมชนประสิทธิภาพสูง	8-11
3. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	12-16
4. ภาคผนวก ก	18-96
5. ภาคผนวก ข	97-98
6. ประวัติคณะนักวิจัย	99-100

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ขยะสะสมที่ต้องได้รับการแก้ไข จากปัญหาขยะในประเทศไทย ปัจจุบันปริมาณขยะมีจำนวนสูงขึ้นทุกปี จากการเติบโตทางเศรษฐกิจ โดยแบ่งเป็นขยะจากกล่องโฟมบรรจุอาหาร พลาสติก ขวดแก้ว เศษอาหาร รวมถึงปริมาณขยะอินทรีย์ เศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร กากจากกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม มูลสัตว์ พืช ฯลฯ โดยข้อมูลจากกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ระบุว่า ปัจจุบันปริมาณขยะมูลฝอยทั่วประเทศไทยมีอยู่ประมาณ 27 ล้านตันต่อปี แบ่งเป็นขยะจากนักท่องเที่ยว 54,573 ตัน (ข้อมูล ณ วันที่ 6/4/2566) ทำให้เกิดปัญหาในการบริหารจัดการขยะ เช่น ปัญหาการคัดแยกขยะ ปัญหาขยะตกค้าง ปัญหาการเก็บขน และการกำจัดขยะที่ถูกวิธี จึงส่งผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมในระยะยาวโดยเฉพาะขยะพลาสติกรวมถึงกล่องโฟม หากไม่ได้รับการจัดการที่ถูกวิธีจะปนเปื้อน ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งทางบกทางทะเล โดยเฉพาะสัตว์ทะเลที่ได้รับผลกระทบจากเศษพลาสติกมากขึ้นจากช่วง 10 ปีที่ผ่านมา

บริษัท คาริน่า อพอลโล จำกัด จึงร่วมมือทางวิชาการกับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครเพื่อร่วมกันวิจัยและพัฒนาเตาเผาขยะไร้มลพิษ ประสิทธิภาพสูงตามเกณฑ์มาตรฐานที่สามารถจัดการกับปัญหาขยะในประเทศไทยในปัจจุบันและอนาคตได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาวิจัยและพัฒนาเตาเผาขยะไร้มลพิษ ประสิทธิภาพสูงตามเกณฑ์มาตรฐานที่สามารถร่วมมือกันจดสิทธิบัตร

1.2.2 เพื่อศึกษาวิจัยและพัฒนาเตาเผาขยะไร้มลพิษ ประสิทธิภาพสูงตามเกณฑ์มาตรฐานที่สามารถร่วมมือกันขึ้นทะเบียนบัญชีนวัตกรรมแห่งชาติ

1.2.3 เพื่อศึกษาวิจัยและพัฒนาเตาเผาขยะไร้มลพิษ ประสิทธิภาพสูงตามเกณฑ์มาตรฐาน รวมทั้งร่วมกันออกแบบระบบที่เกี่ยวกับประสิทธิภาพการทำงานของเตาเผาขยะไร้มลพิษ ประสิทธิภาพสูงให้สามารถนำไปสู่เชิงพาณิชย์

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กับ บริษัท คาริน่า อพอลโล จำกัด ร่วมมือกันพัฒนานวัตกรรมเตาเผาขยะชุมชนและขยะติดเชื้อไร้ควันตามเป้าหมายที่ต้องการจัดการขยะในประเทศและประเทศอาเซียน เพื่อเป็นองค์กรสำคัญในการลดสภาวะโลกร้อนในปัจจุบัน

1.3.2 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กับ บริษัท คาริน่า อพอลโล จำกัด ตกลงให้ความร่วมมือในการดำเนินงาน พร้อมทั้งสนับสนุนด้านคำปรึกษา ด้านวิชาการหรือกิจกรรมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถขยายผลในการสิทธิบัตรเตาเผาขยะไร้มลพิษ ประสิทธิภาพสูง ได้

1.4.2 สามารถศึกษาผลกระทบ เตาเผาขยะไร้มลพิษ ประสิทธิภาพสูง ได้

1.4.3 สามารถพัฒนาเตาเผาขยะไร้มลพิษ ประสิทธิภาพสูงตามเกณฑ์มาตรฐาน รวมทั้งร่วมกันออกแบบระบบที่เกี่ยวกับประสิทธิภาพการทำงานของเตาเผาขยะไร้มลพิษ ประสิทธิภาพสูงให้สามารถนำไปสู่เชิงพาณิชย์

1.4.4 สามารถใช้เตาเผาขยะไร้มลพิษ ประสิทธิภาพสูงจัดการกับปัญหาของประเทศได้

บทที่ 2
คุณสมบัติเฉพาะเตาเผาขยะชุมชนประสิทธิภาพสูง

2.1 คุณสมบัติเฉพาะเตาเผาขยะชุมชนประสิทธิภาพสูง

2.1.1. เป็นเตาเผาขยะสำเร็จรูปจากโรงงาน ออกแบบให้ง่ายต่อการติดตั้ง ใช้พื้นที่น้อยและสะดวกต่อการใช้งานไม่มีกลไกลสลับซับซ้อน มีโครงสร้างที่แข็งแรงด้วยวัสดุที่มีคุณภาพและมาตรฐาน

2.1.2. เตาเผาขยะมูลฝอยระบบควบคุมอากาศ ประกอบด้วยห้องเผาไหม้ 3 ห้อง สำหรับเผาขยะเขม่าควันและแก๊ส ก่อนปล่อยออกจากปล่องควัน

2.1.3. ใช้ขยะเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ไม่ใช้น้ำมัน แก๊ส สารระเหยใดๆ รวมทั้งไม่ใช้เครื่องอัดอากาศหรือระบบไฟฟ้าช่วยในการเผาไหม้ นับตั้งแต่เริ่มจุดเตา

2.1.4. สามารถเผาขยะมูลฝอยแห้งและเปียก ที่มีความชื้นไม่เกิน 50% ได้ไม่น้อยกว่า 1,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมงติดต่อกันได้ตลอด 12 ชั่วโมง โดยไม่หยุดพักเตา

2.1.5. สามารถจุดเตาได้ด้วยไม้ขีดไฟ ความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ของขยะเอง สามารถทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นในเวลาไม่มาก ในการเผาไหม้ปกติอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้อยู่ที่ 900-1300 องศาเซลเซียส

2.1.6. มีความปลอดภัย สามารถควบคุมเปลวไฟ แก๊ส ควัน และความร้อน ให้อยู่ภายในเตาเผาขยะได้ไม่เป็นอันตรายกับผู้ใช้งาน

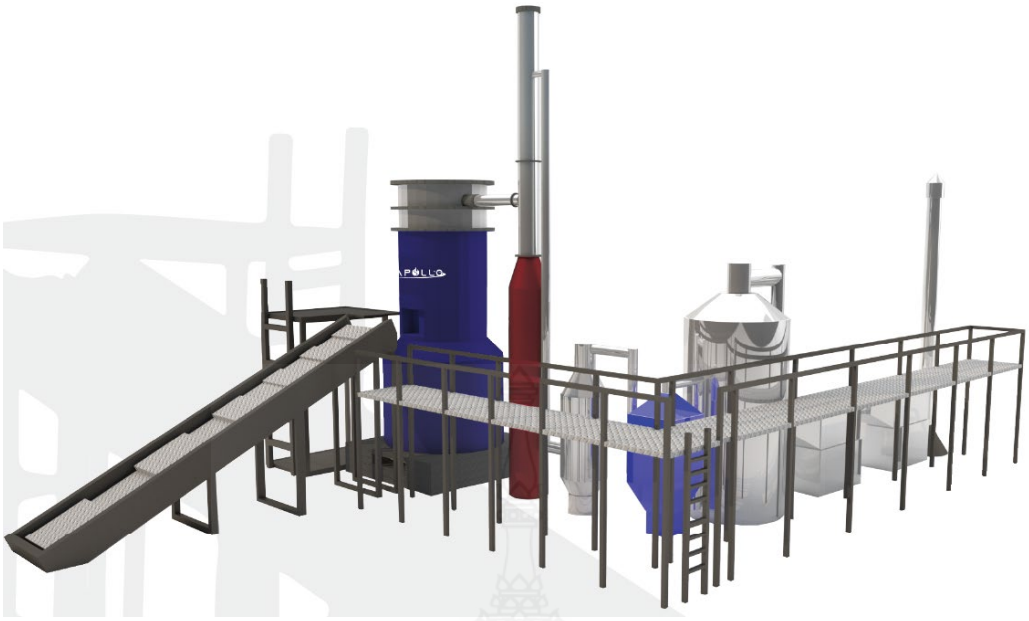
2.1.7. ภายในเตามีห้องเผาไหม้ขยะและห้องเผาไหม้ควันแก๊ส พร้อมดักเก็บฝุ่นอยู่ในเตาเดียวกัน โดยไม่ต้องมีอุปกรณ์เสริม ในการกำจัดควันและแก๊สที่ปล่อยทิ้ง

2.1.8. เตาเผาขยะมีระบบการทำงานหลักๆ 4 ระบบ ประกอบด้วย

1. ระบบเตาเผาขยะ
2. ระบบเผาควัน
3. ระบบไซโคลน ดักเก็บฝุ่นละอองหยาบ
4. ระบบกำจัดฝุ่นในอากาศที่อนุภาคเล็กมากด้วยถุงกรอง

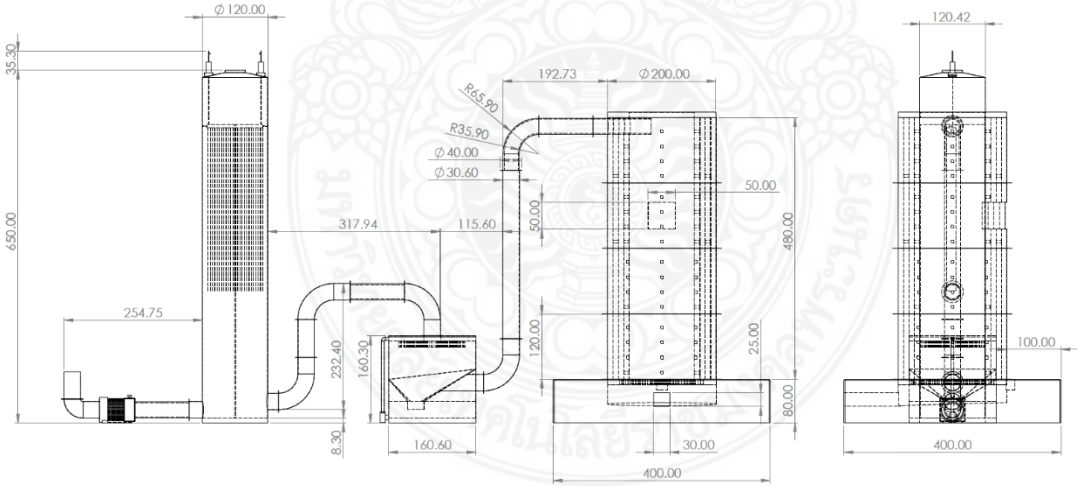
2.1.9. เตาเผาขยะสามารถเผาได้อย่างหมดจด โดยมีเถ้าขยะจากการเผาเหลือเพียง 2-5 % เท่านั้น

2.1.10. ผู้เสนอราคาต้องมีรายงานผลการตรวจสอบคุณภาพอากาศที่ออกจากปล่องเตาเผาขยะรุ่นที่นำเสนอ จากหน่วยงานภาครัฐ หรือภาคเอกชนที่ได้รับอนุญาตขึ้นทะเบียนห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ ตามประกาศของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ.2553 เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผาขยะมูลฝอย โดยมีเอกสารยื่นแสดงขณะเข้าเสนอราคา

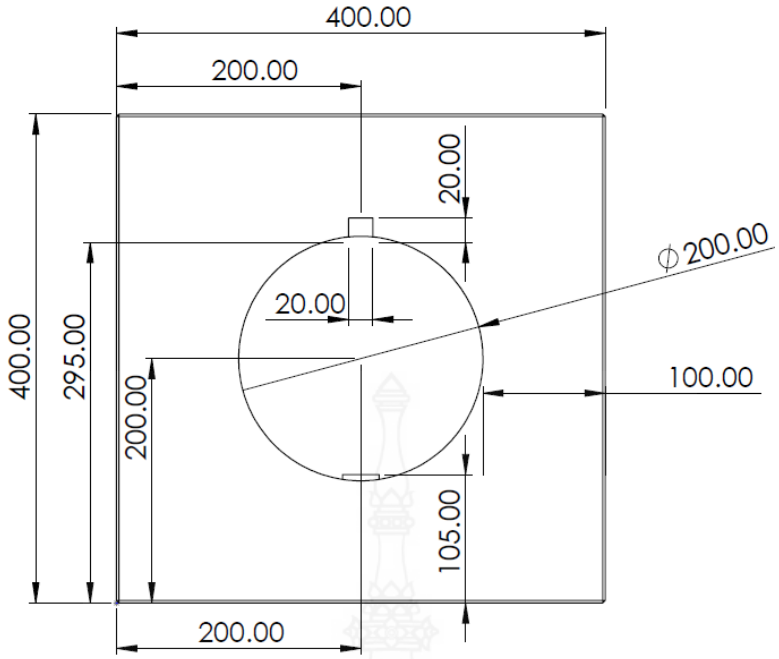


2.2 คุณลักษณะเฉพาะของเตาเผาขยะชุมชนประสิทธิภาพสูง

2.2.1. ขนาดทั่วไปของตัวเตากว้างไม่น้อยกว่า 1.5 เมตร ยาวไม่น้อยกว่า 3.5 เมตร สูงไม่น้อยกว่า 3.00 เมตร มีช่องป้อนขยะ พร้อมทั้งประตูเลื่อน เปิด-ปิด ช่องเก็บเศษวัสดุที่ตกค้างในเตา พร้อมตะแกรงเหล็กหล่อ

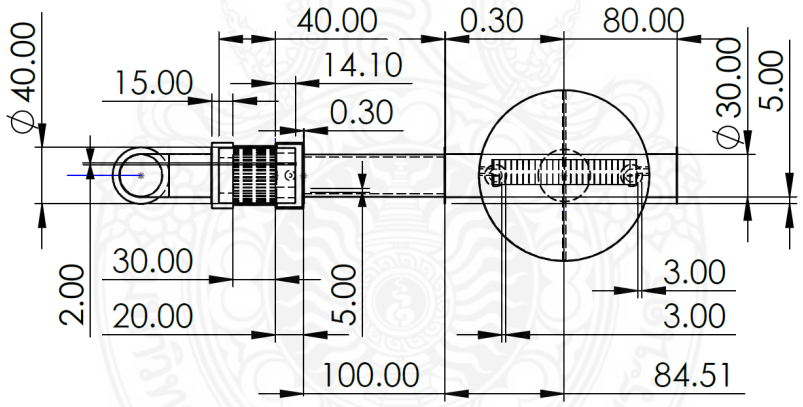


2.2.2. เตามีระบบห้องเผาไหม้ แบบ 3 ห้องเผา ประกอบด้วย ห้องเผาไหม้ขยะ มีขนาดไม่น้อยกว่า 2.00 ลูกบาศก์เมตร ห้องเผาเขม่าควัน ขนาดไม่น้อยกว่า 1.00 ลูกบาศก์เมตร และห้องเผาซ้ำเขม่าควัน มีขนาดไม่น้อยกว่า 1.00 ลูกบาศก์เมตร



2.2.3. ระบบไซโคลน บำบัดมลพิษ มีขนาดความกว้างไม่น้อยกว่า2.5 เมตร x สูงไม่น้อยกว่า2.5 เมตร

2.2.4.ระบบ Dust collector บำบัดมลพิษ มีขนาดความกว้างไม่น้อยกว่า1.5 เมตร x สูงไม่น้อยกว่า 2.5 เมตร



2.2.5. เตาเผาขยะ รวมถึงชุดบำบัดมลพิษ ดักเก็บฝุ่นมี ขนาดความกว้างไม่น้อยกว่า 3 เมตร x ยาวไม่น้อยกว่า 8 เมตร x สูงไม่น้อยกว่า 3 เมตร (สุดปลายปล่อง) สามารถติดตั้งได้ในพื้นที่ 6 เมตร x 10 เมตร เตาเผาขยะมีน้ำหนักไม่น้อยกว่า 10 ตัน

2.2.6. ช่องป้อนขยะมีขนาดไม่น้อยกว่า 1.0 x 1.0 เมตร มีประตูเปิด/ปิดมิดชิด สามารถทนความร้อนได้ ไม่ต่ำกว่า 1300 องศาเซลเซียส หนาไม่น้อยกว่า 10 เซนติเมตร บุด้วยฉนวนความร้อนหนา ไม่น้อยกว่า 5 เซนติเมตร และหุ้มด้วยเหล็กหนาไม่น้อยกว่า 3 มิลลิเมตร ทั้งบานและมีช่องสำหรับจุดไฟขนาดไม่น้อยกว่า 0.50 x 0.50 เมตร

2.2.7. วัสดุหลักที่ใช้ทำเตาเผาประกอบด้วย

1. คอนกรีตทนไฟ Cast 16 ชนิดทนความร้อนไม่ต่ำกว่า 1600 องศาเซลเซียส

2. อิฐทนไฟ SK 30 ชนิดทนความร้อนไม่ต่ำกว่า 1400 องศาเซลเซียส ทนสภาพการขัดสีและกัดกร่อนจากสแลกได้ดี ทนการร้าวล่อนได้ดี

3. ฉนวน 1260 Ceramic Fiber Blanket ทนความร้อนพิเศษที่สามารถทนความร้อนได้ ไม่ต่ำกว่า 1260 องศาเซลเซียส

4. เหล็กเหนียว (Mild Steel) หนาไม่น้อยกว่า 6 มิลลิเมตร

2.2.8. พัดลมเติมอากาศ (Blower) VENZ ขนาด 1 แรงม้า 1 ตัว สำหรับห้องเผาขยะ และ พัดลมเติมอากาศ(Blower) VENZ ขนาด 3 แรงม้า 1 ตัว สำหรับห้องเผาควัน (อยู่บริเวณส่วนด้านหลังของห้องเผาขยะและห้องเผาควัน)

2.2.9. หม้อแปลงไฟฟ้า 30 KVA 3 Phase 50 HZ 1900 – 460/230 V และ มิเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 100 แอมป์ พร้อมระบบไฟฟ้า Control ภายใน

2.2.10. ตะแกรงเหล็กทนไฟหุ้มด้วยปูนเรียงไว้เป็นตระแกรงที่ช่วยเพิ่มความแข็งแรง ทนความร้อน และ ทนการกัดกร่อนพิเศษ สำหรับวางขยะห้องเผาขยะ ตะแกรงเหล็กหล่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่ต่ำกว่า 3.5 เซนติเมตร

2.2.11. ระบบ Safety Fire back โดยไฟจะลดขณะเปิดประตูเพื่อป้องกันเปลวไฟย้อนกลับสู้ผู้ปฏิบัติงาน เปลวไฟจะเพิ่มขึ้นเมื่อปิดประตูโดยอัตโนมัติ

2.2.12. ปล่องควันรูปทรงกลม ผลิตจาก Stainless เส้นผ่าศูนย์กลางมีขนาดไม่น้อยกว่า 0.50 เมตร โคนปล่องควันมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 0.50 เมตร สูงไม่น้อยกว่า 1.00 เมตรทำด้วยด้วยเหล็กม้วนหนาไม่น้อยกว่า 3 มิลลิเมตร ภายในหล่อด้วยปูนทนไฟ ส่วนด้านบนเป็นท่อทรงกระบอก มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 0.50 เมตร

2.2.13. เตาเผาขยะมีน้ำหนักเตาไม่น้อยกว่า 10 ตัน (แล้วแต่รุ่นและขนาดของเตา)

2.2.14. ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ (220 VAC) หรือ 380 โวลต์ (380 VAC)

บทที่ 3
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

3.1 สรุปผลการวิจัย

ในบทนี้จะแสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์จากการทดสอบเตาเผาขยะชุมชนประสิทธิภาพสูง โดย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กับ บริษัท คาริน่า อพอลโล จำกัด ได้มอบหมายให้ บริษัท เอ็ม อี ที จำกัด ซึ่งเป็นห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เอกชน โดยได้รับการรับรองอนุญาตการขึ้นทะเบียนจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ทะเบียนเลขที่ ว-100 ดำเนินการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม ปล่องเตาเผาขยะ เพื่อนำผลการตรวจวัดคุณภาพ สิ่งแวดล้อมไปกำหนดเป็นนโยบายและวางแผนรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมต่อไปซึ่งการรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ ผลการตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมคุณภาพอากาศจากปล่องระบายอากาศ โดย ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศจากปล่องระบายอากาศ แสดงผลการตรวจวัดดังนี้

3.1.1 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาสจากปล่องระบายอากาศ เมื่อวันที่ 2 ธันวาคม 2566 แสดงผลการตรวจวัด โดยผลที่ได้จากการตรวจวัดพบว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2553 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอย ดังตาราง สรุปผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศจากปล่องระบายอากาศที่เกิดขึ้น

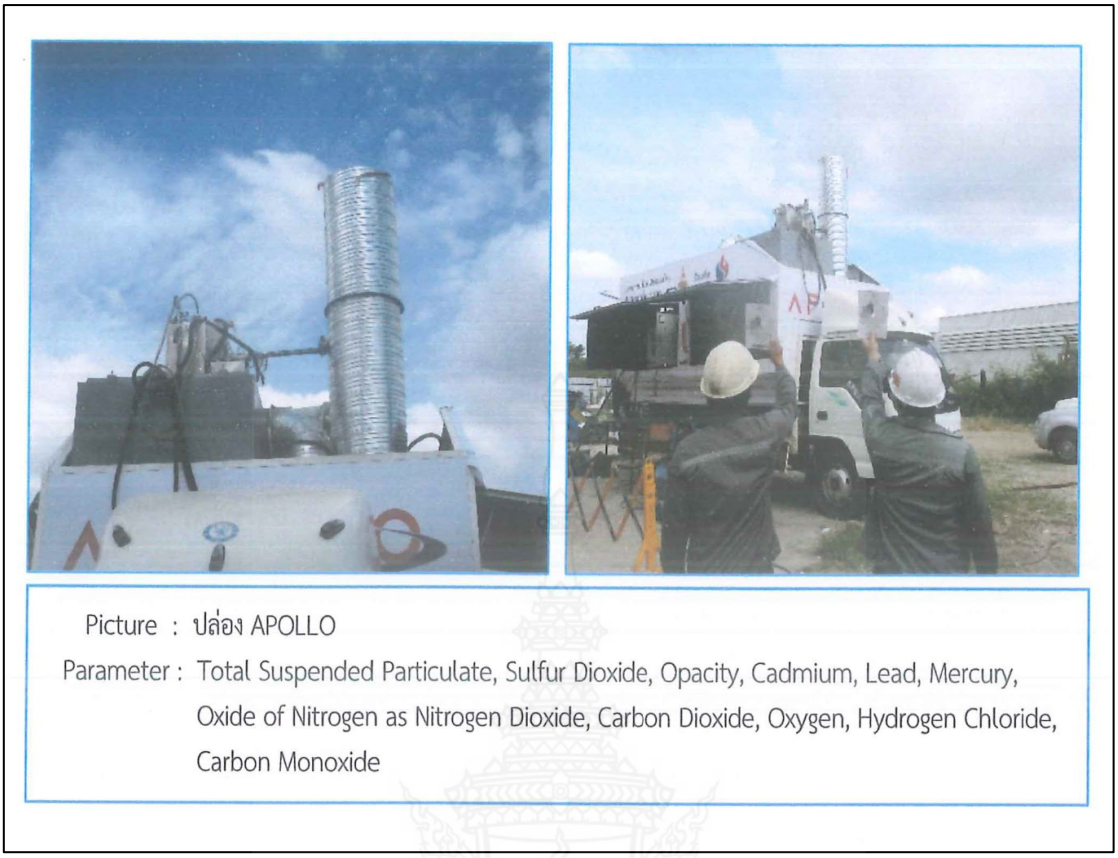
จุดเก็บตัวอย่าง	ดัชนีที่ตรวจวิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์	มาตรฐาน	หน่วย	ผลการประเมิน
ปล่อง APOLLO	1. Total Suspended Particulate	4	320	mg/m^3	ผ่าน
	2. Sulfur Dioxide	<0.1	30	ppm	ผ่าน
	3. Oxide of Nitrogen as Nitrogen Dioxide	160	250	ppm	ผ่าน
	4. Carbon Monoxide	87	-	ppm	-
	5. Lead	0.009	1.5	mg/m^3	ผ่าน
	6. Cadmium	0.001	0.5	mg/m^3	ผ่าน
	7. Mercury	อยู่ระหว่างการวิเคราะห์	0.05	mg/m^3	-
	8. Hydrogen Chloride	อยู่ระหว่างการวิเคราะห์	80	ppm	-
	9. Opacity	5.29	10	%	ผ่าน
	10. Carbon Dioxide	10.72	-	%	-
	11. Oxygen	10.23	-	%	-

หมายเหตุ : มาตรฐานประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2553 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอย

: ผลการตรวจวัด คำนวณผลที่ความดัน 1 บรรยากาศ หรือที่ 760 มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่สภาวะแห้ง (Dry Basis) โดยมีปริมาตรอากาศเสียที่ออกซิเจน (O_2) ร้อยละ 7

\- : ไม่มีมาตรฐานกำหนด

ภาพที่ 3-1 ตาราง สรุปผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศจากปล่องเตาเผาขยะ Apollo



ภาพที่ 3-2 การวัดค่าอากาศจากปล่องเตาเผาขยะ Apollo

3.1.2 จากผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศจากปล่องระบายอากาศ ที่เกิดจากการเผาทดสอบแสดงผลการตรวจวัด โดยผลที่ได้จากการตรวจวัดพบว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2553 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยสรุปได้ว่าเตาเผาขยะชุมชน ประสิทธิภาพสูงที่ได้ทำการวิจัยและพัฒนานี้สามารถใช้กำจัดขยะโดยการเผาทำลายได้โดยไม่สร้างมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม สามารถนำไปสู่เชิงพาณิชย์ได้

3.1.3 จากผลการทดสอบสามารถเผาขยะมูลฝอยแห้งและเปียก ที่มีความชื้นไม่เกิน 70% ได้ติดต่อกันได้ตลอด 12 ชั่วโมง โดยไม่หยุดพักเตา

3.1.4 จากผลการทดสอบอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้อยู่ที่ 900-1300 องศาเซลเซียส

3.2 วิธีการแก้ไข

จากผลสรุปการวิจัยเราสามารถนำไปแก้ไขเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้ดังนี้คือ

3.2.1. สามารถติดตั้ง Shredder Machine แล้วส่งทางสายพายเข้าเตาจะทำให้เผาขยะได้เร็วขึ้น

3.3 ข้อเสนอแนะในการศึกษาต่อไป

5.4.1 ทำการศึกษาการต่อยอดพัฒนาทำน้ำมันจากขยะด้วยเทคโนโลยีไพโรไลซิส

5.4.2 ทำการศึกษาต่อยอดพัฒนาผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีไอน้ำจากความร้อนในเตา

แสดงเตาเผาขยะชุมชนไร้ควัน

เผาขยะมูลฝอยแห้งและเปียก ที่มีความชื้นไม่เกิน 50% ได้ไม่น้อยกว่า 1,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ติดต่อกันได้ตลอด 12 ชั่วโมง โดยไม่หยุดพักเตา มีเถ้าขยะจากการเผา 2-5%

เป็นเตาเผาขยะ ที่สร้างอุณหภูมิในการเผา 900 - 1,300 องศาเซลเซียส

จากสภาพปัญหาขยะจากแหล่งต่าง ๆ ในปัจจุบันซึ่งเพิ่มปริมาณมากขึ้นทุกที ทางคณะผู้วิจัยจึงได้สนใจและคิดหาแนวทางที่ดีที่สุดในการกำจัดขยะ โดยให้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด จึงได้ทำการศึกษาวิธีการกำจัดขยะโดยการเผาที่มีจุดเด่น คือ ลดก๊าซพิษซึ่งจากการเผาด้วยวิธีต่าง ๆ จากการศึกษาของนักวิชาการและโครงงานขยะที่ผ่านมา ทางคณะผู้จัดทำได้สังเกตเห็นว่า เตาเผาขยะส่วนใหญ่ยังขาดอุปกรณ์เสริมเพื่อให้อากาศ และก๊าซออกซิเจน ไหลเวียนอย่างเพียงพอเพื่อการเผาไหม้ในตัวถัง ทำให้เกิดการเผาใหม่ที่ไม่สมบูรณ์ให้เขม่า และเมื่อเกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์จะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปล่อยสู่บรรยากาศในปริมาณมากอยู่ ดังนั้น คณะผู้จัดทำจึงได้ทำการออกแบบอุปกรณ์เสริมภายในตัวถังด้วยตะแกรงเหล็ก เพื่อให้ขยะมีพื้นที่สัมผัสกับอากาศมากที่สุด และมีการต่อพัดลมอากาศ (BLOWER) 2 จุด คือที่ก้นถังและที่ท่อนำควันเพื่อไล่อากาศและควันตามลำดับ ในขั้นต่อมาได้ติดตั้งอุปกรณ์พ่นน้ำปูนใส Ca(OH)_2 ไว้ที่ท่อนำควันสำหรับพ้นน้ำปูนใสเพื่อดักก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในควัน ซึ่งได้จากการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ แล้วตะกอนที่กระบะรองน้ำด้านล่าง ส่วนควันที่ได้จากการเผาเมื่อถูกน้ำก็จะแขวนลอยแล้วไหลมารวมกันที่กระบะรองน้ำด้านล่างเช่นกัน การตรวจสอบประสิทธิภาพของเตาเผาขยะนั้นสามารถวัดได้จากปริมาณตะกอนในกระบะรอง

น้ำ โดยการชั่งน้ำหนักน้ำตะกอนที่ได้ แล้วคำนวณหามวลตะกอน หากเกิดตะกอนมากเท่าใดนั้นแสดงว่าภายในเตาเกิดการเผาไหม้สมบรูณ์มากเท่านั้น เนื่องจากการเผาไหม้ที่สมบรูณ์จะทำให้ CO_2 ออกมา หากการเผาไหม้ภายในตัวถังยังขาด O_2 อยู่ซึ่งทำให้เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ CO_2 ก็จะน้อยทำให้ตะกอนที่ได้มีปริมาณน้อยลงเช่นกัน ดังนั้นผลการทดลองที่ได้จึงเป็นการสังเกตตัวเลขของปริมาณตะกอนเป็นสำคัญ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ทางคณะผู้จัดทำจะได้ทำการเผยแพร่ข้อมูลหลังจากโครงงานชิ้นนี้เสร็จสมบูรณ์ เพื่อให้เกิดประโยชน์แก่ชุมชนหรือครัวเรือน ตามวัตถุประสงค์ดังกล่าว

เอกสารอ้างอิง

[1] เก็บถาวร 2012-07-31 ที่ เวย์แบ็กแมชชีน, การแปรรูปขยะมูลฝอยโดยใช้เตาเผา "HTT rotary kiln solid waste disposal system" (PDF). HiTemp Technology. คลังข้อมูลเก่าเก็บจากแหล่งเดิม (PDF)เมื่อ 2007-06-28. สืบค้นเมื่อ 2013-06-26.

[2] เก็บถาวร 2016-03-06 ที่ เวย์แบ็กแมชชีน, ระบบ Fluidized bed ข้อดีข้อเสีย

ภาคผนวก ก

ภาคผนวก ข

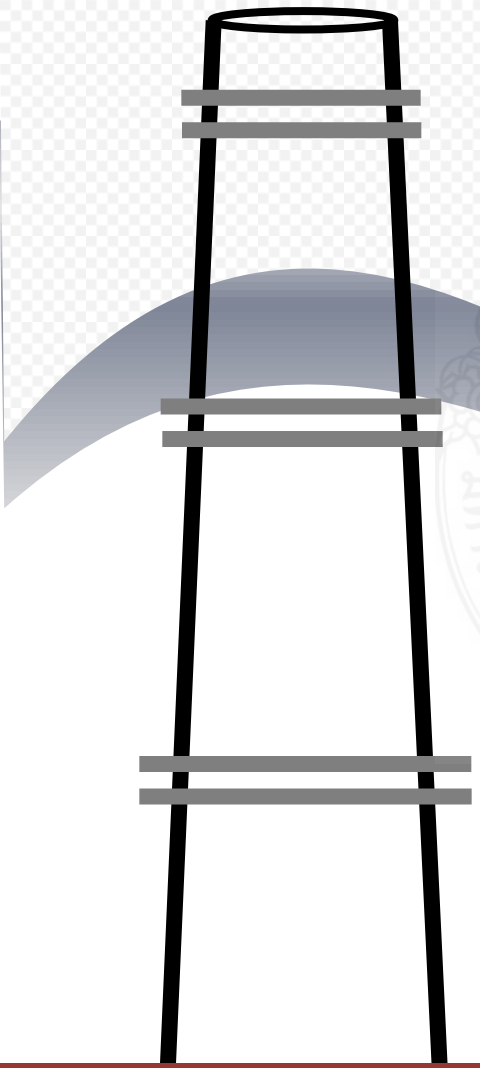
*สันเอกสารายงานการวิจัย

รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์ งบประมาณเงินรายได้ประจำปี 2567	**การศึกษาแนวทางแก้ปัญหามลพิษของเตาเผาขยะประสิทธิภาพสูง เพื่อลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในชุมชนใกล้เคียง**	**ศุภวุฒิ เนตรโพธิ์แก้ว นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ**

หนังสือวิชาการ

ผลกระทบต่อสุขภาพจาก

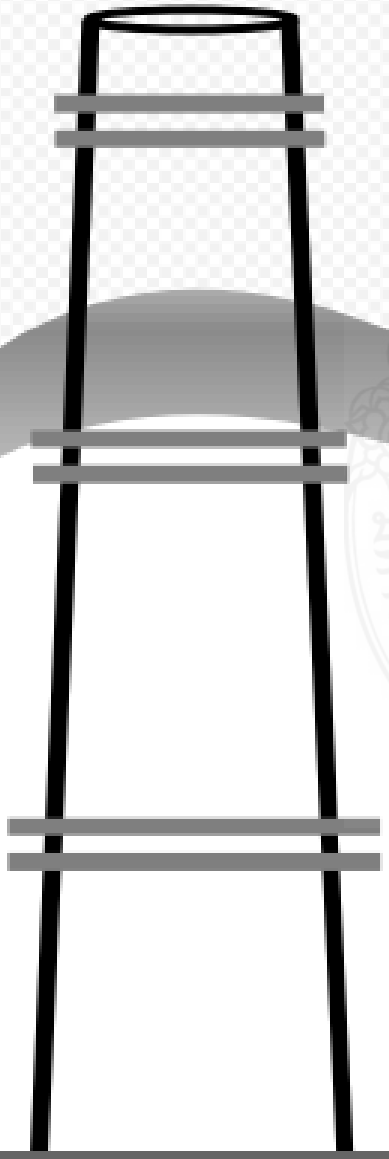
เตาเผามูลฝอย ชุมชน



กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข

หนังสือวิชาการ

ผลกระทบต่อสุขภาพจาก
เตาเผามูลฝอย ชุ ม ช น



กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข

ที่ปรึกษา พิษณุ แสนประเสริฐ
สิริวรรณ จันทนจุลกะ

คณะผู้จัดทำ สุกานดา พัดพาดี
ปิยมาภรณ์ ดวงมนตรี
พนิตา เจริญสุข
วาสนา ลุนสำโรง
ชนะจิตร ปานอู
นัฐพล ศิริหล้า
ละมัย ไชยงาม
ณัฐชยา ดาราวรรณ์
สุพัฒน์ เพ็งพันธ์
วรรษมน ศรีพนม

ISBN 978-616-11-2603-2

พิสูจน์อักษร ชนะจิตร ปานอู สุพัฒน์ เพ็งพันธ์ วรรษมน ศรีพนม

จัดทำโดย กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข
88/22 หมู่ที่ 4 ถนนติวานนท์ ตำบลตลาดขวัญ อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี 11000

พิมพ์ที่ อินฟินิตี้ นนทบุรี
พิมพ์ครั้งที่ 1 (กรกฎาคม 2558)
จำนวนพิมพ์ 350 เล่ม

คำนำ

ปัจจุบันปัญหามูลฝอยนับได้ว่าเป็นปัญหาสำคัญของประเทศผนวกกับปัญหาวิกฤตพลังงานที่ประเทศไทยกำลังเผชิญอยู่ จึงมีข้อเสนอจากภาคส่วนที่เกี่ยวข้องให้มีการนำมูลฝอยมากำจัดโดยการเผานำความร้อนที่ได้มาผลิตกระแสไฟฟ้า แต่หลายภาคส่วนในสังคมโดยเฉพาะประชาชนที่อาจอยู่ใกล้เตาเผามูลฝอยเริ่มมีคำถามว่าหากมีการนำมูลฝอยมาเผาแล้วจะเกิดมลพิษและส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนอย่างไร

กรมอนามัยโดยกองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพในฐานะหน่วยงานวิชาการที่มีพันธะกิจโดยตรงในการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ จึงได้จัดทำ “หนังสือวิชาการผลกระทบต่อสุขภาพจากเตาเผามูลฝอยชุมชน” เล่มนี้ขึ้น โดยได้สรุปสาระสำคัญจากการรวบรวมวิเคราะห์ข้อมูลวิชาการที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับสิ่งคุกคาม/มลพิษ และผลกระทบต่อสุขภาพ รวมทั้งแนวทางการเฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพที่อาจจะเกิดขึ้นจากเตาเผามูลฝอยชุมชน กรมอนามัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อสาธารณชน หน่วยงานสาธารณสุข หน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง สถาบันการศึกษา และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เพื่อใช้เป็นประโยชน์ในการดำเนินงานเฝ้าระวังและป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพในพื้นที่ต่อไป

คณะผู้จัดทำ
กรกฎาคม 2558

สารบัญ

หน้า

ส่วนที่ 1 สถานการณ์เตาเผามูลฝอยชุมชนในประเทศไทย

1.1 สถานการณ์เตาเผามูลฝอยชุมชน 1

1.2 การนำมูลฝอยชุมชนเพื่อนำมาผลิตพลังงานไฟฟ้า 5

1.3 เทคโนโลยีการจัดการมลพิษอากาศที่อาจจะเกิดขึ้นจากเตาเผามูลฝอยชุมชน 12

ส่วนที่ 2 สิ่งคุกคามและผลกระทบต่อสุขภาพที่อาจจะเกิดขึ้นจากเตาเผามูลฝอยชุมชน

2.1 สิ่งคุกคามที่อาจจะเกิดขึ้นจากเตาเผามูลฝอยชุมชน 17

2.2 ผลกระทบต่อสุขภาพที่อาจจะเกิดขึ้นจากเตาเผามูลฝอยชุมชน 33

ส่วนที่ 3 แนวทางการเฝ้าระวังผลกระทบสิ่งแวดล้อมและสุขภาพจากเตาเผามูลฝอยชุมชน

3.1 แนวทางการเฝ้าระวังสิ่งแวดล้อม 36

3.2 แนวทางการเฝ้าระวังสุขภาพ 39

3.3 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ 44

3.4 การรักษาและฟื้นฟู 47

3.5 จัดทำแผนที่ชุมชนหรือแผนที่ความเสี่ยง 47

ส่วนที่ 4 กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

4.1 ข้อมูลกฎหมายที่เกี่ยวข้อง 48

4.2 ค่ามาตรฐานมลพิษอากาศของโรงไฟฟ้า 49

บรรณานุกรม 56

ภาคผนวก

ก รายชื่อผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการผลิตไฟฟ้าเชื้อเพลิงขยะชุมชน 59

ข พื้นที่ที่มีศักยภาพในการแปรรูปขยะมูลฝอยเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า 60

ค Municipal Solid Waste Incineration Checklist 70

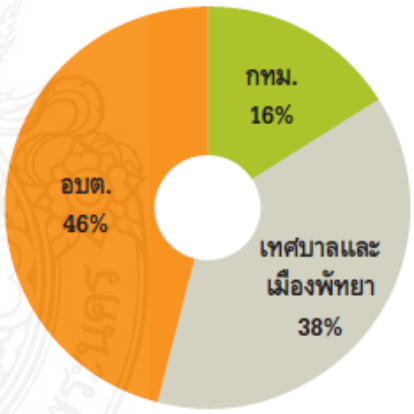
ง องค์ประกอบทางเคมีของสิ่งที่เหลือจากการเผาในเตาเผามูลฝอย 77

ส่วนที่ 1
สถานการณ์เตาเผามูลฝอยในประเทศไทย

1.1 สถานการณ์เตาเผามูลฝอยชุมชนในประเทศไทย

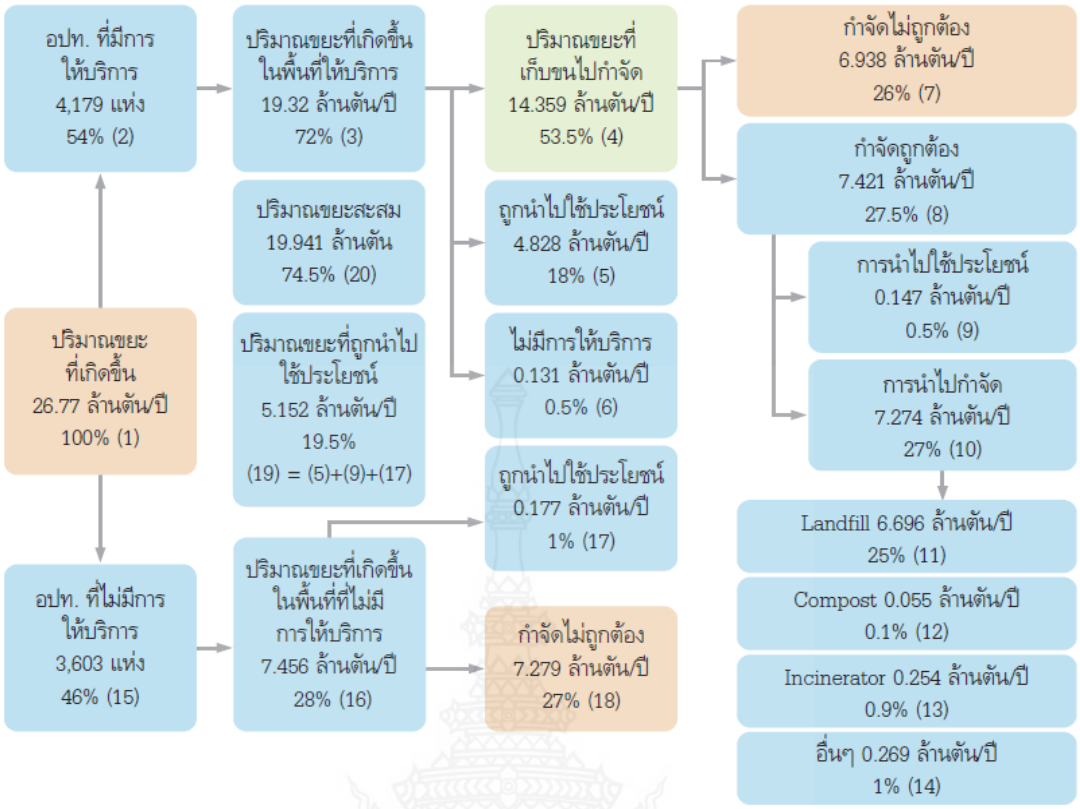
"ปัญหาขยะ" หากเปรียบเทียบกับการเกิดโรคคงเป็นเสมือนโรคเรื้อรังที่รักษาไม่หาย ซึ่งปัจจุบันกลายเป็นปัญหาระดับชาติ เนื่องจากมีปัญหาที่เกิดจากการบริหารจัดการที่เกี่ยวข้องกับหลายภาคส่วน ทั้งภาครัฐในฐานะผู้กำกับดูแลและผู้กำหนดนโยบายในการบริหารจัดการ ประชาชนผู้ผลิตขยะยังขาดจิตสำนึก ขณะที่เอกชนก็ดำเนินการอย่างขาดความความรับผิดชอบ จากข้อมูลสถานการณ์มูลฝอยชุมชน ปี 2556 ข้อมูลการสำรวจของกรมควบคุมมลพิษ พบว่า มีปริมาณมูลฝอยชุมชนที่เกิดขึ้นทั่วประเทศ ประมาณ 26.774 ล้านตัน หรือประมาณ 73,355 ตันต่อวัน โดยเป็นขยะที่เกิดขึ้นในกรุงเทพมหานคร ประมาณ 4.137 ล้านตัน (ร้อยละ 16) เกิดขึ้นในเทศบาลและเมืองพัทยา ประมาณ 10.241 ล้านตัน (ร้อยละ 38) และเกิดขึ้นในองค์การบริหารส่วนตำบล ประมาณ 12.396 ล้านตัน (ร้อยละ 46) ซึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้นจากปี 2555 ประมาณ 2 ล้านตัน มูลฝอยเหล่านี้ได้รับการเก็บขนไปกำจัดประมาณ 14.359 ล้านตัน (ร้อยละ 53.6) โดยถูกนำไปกำจัดแบบถูกต้อง 7.421 ล้านตัน (ร้อยละ 28) และกำจัดแบบไม่ถูกต้อง 6.938 ล้านตัน (ร้อยละ 26) ดังแสดงในรูปที่ 1

อปท.	ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น	
	(ล้านตัน)	(ร้อยละ)
กทม.	4.137	16%
เทศบาลและเมืองพัทยา	10.241	38%
อบต.	12.396	46%
รวม	**26.774**	**100%**



รูปที่ 1 ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้น ปี 2556

นอกจากนี้ยังพบว่า จากจำนวนองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทั่วประเทศ 7,700 แห่ง มีองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่มีการให้บริการเก็บขนมูลฝอยเพื่อไปกำจัดเพียง 4,179 แห่ง (ร้อยละ 53.7) และมีสถานที่กำจัดมูลฝอยทั้งประเทศ 2,490 แห่ง มีสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยแบบถูกต้องเพียง 466 แห่ง (ร้อยละ 19) รายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 2



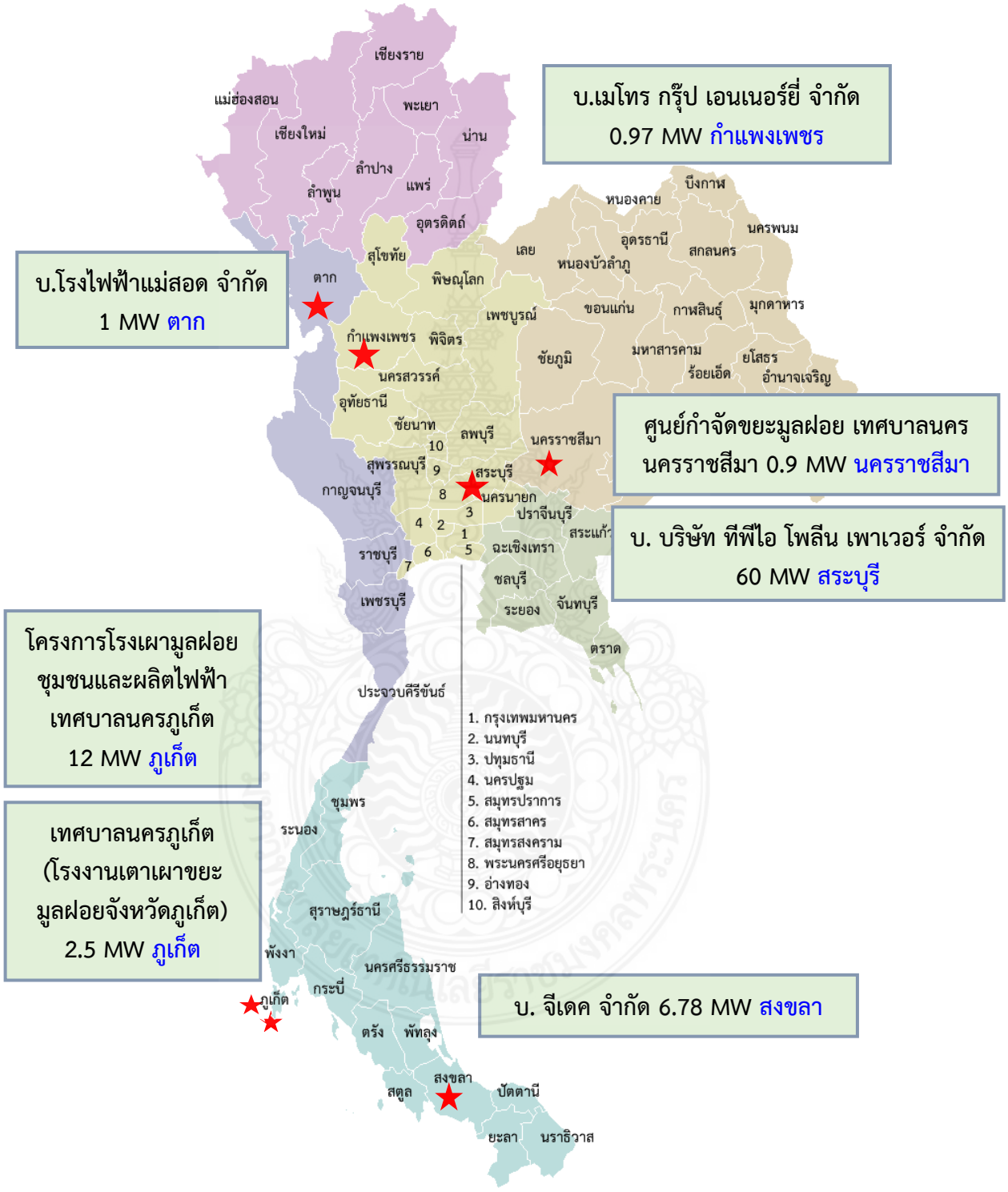
รูปที่ 2 การจัดการมูลฝอยชุมชนปี 2556

จากสถานการณ์ปัญหาดังกล่าวทำให้ต้องมีการจัดการปัญหาขยะมูลฝอยอย่างเร่งด่วน ผนวกกับปัจจุบันมีความต้องการใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้น ทำให้มีข้อเสนอที่จะนำขยะมูลฝอยมาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานในหลายๆพื้นที่ของประเทศ ที่ผ่านมาประเทศไทยมีโรงไฟฟ้าพลังงานขยะจำนวน 7 แห่ง ทั้งในรูปแบบเตาเผาและก๊าซชีวภาพ ส่วนใหญ่มีขนาดกำลังการผลิตไม่เกิน 10 เมกกะวัตต์ รายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 2 สถานการณ์โรงไฟฟ้าพลังงานขยะ (รายละเอียดในภาคผนวก ก)

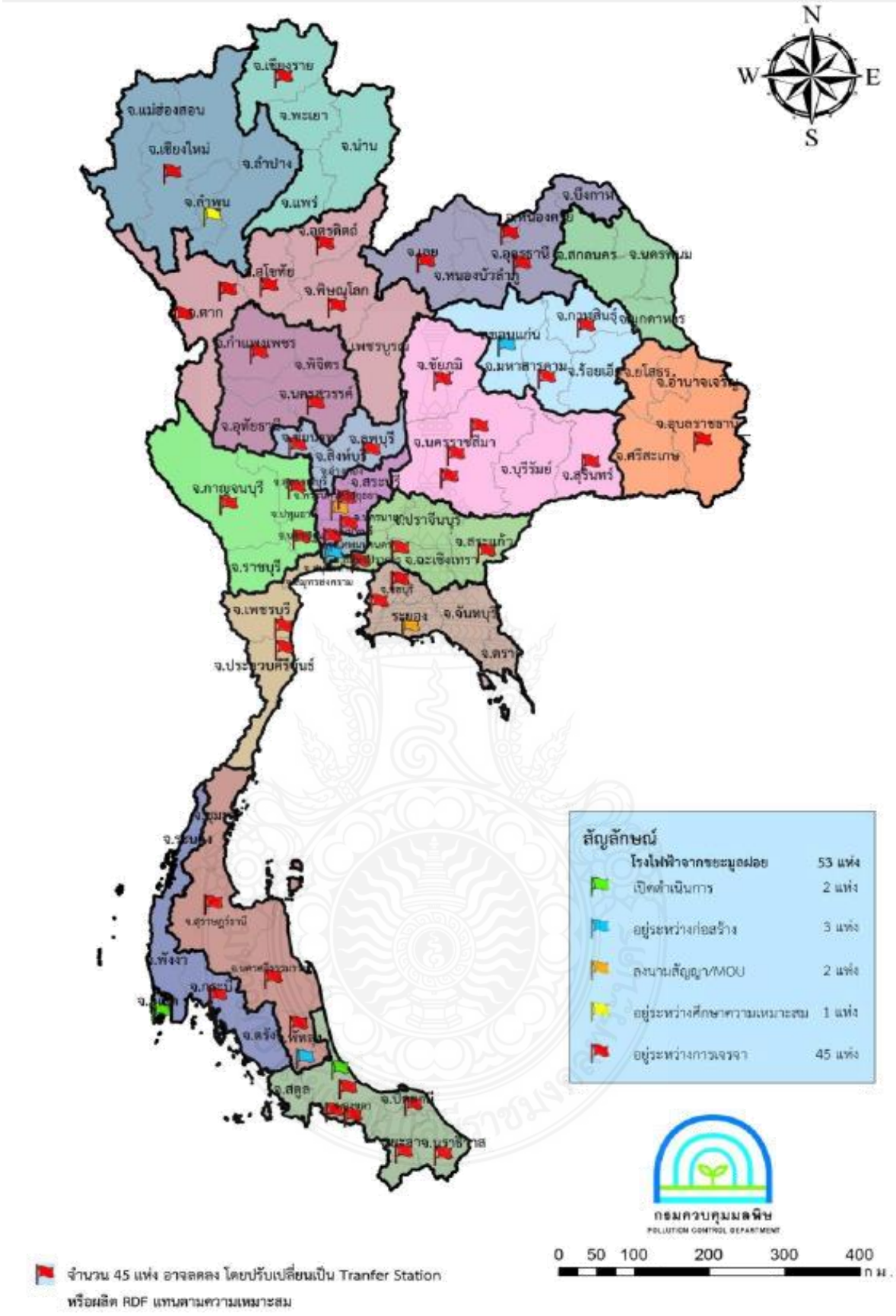
จากข้อมูลการดำเนินงานตาม Road map การจัดการมูลฝอยและของเสียอันตราย กรมควบคุมมลพิษพบว่า มีองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมีโรงไฟฟ้าพลังงานจากขยะที่เปิดดำเนินการแล้ว 2 แห่ง (ทน.ภูเก็ต/ทน.หาดใหญ่) อยู่ระหว่างการก่อสร้าง 3 แห่ง (กทม./ ทน.ขอนแก่น/ ทต.แม่ขรี จ.พัทลุง) เซ็นสัญญา 2 แห่ง (ทน.พระนครศรีอยุธยา/ อบจ.ระยอง) และอยู่ระหว่างการเจรจา การรับฟังความคิดเห็น การจัดทำ TOR และดำเนินการก่อสร้างอีก 53 แห่งกระจายอยู่ทั่วประเทศ ดังแสดงในรูปที่ 3 (รายละเอียดในภาคผนวก ข)

จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า โรงไฟฟ้าพลังงานขยะมีแนวโน้มจะเกิดขึ้นทั่วประเทศ จึงมีหลายภาคส่วนโดยเฉพาะภาคประชาชนที่จะมีโครงการลงไปก่อสร้างในชุมชน เริ่มเกิดคำถามขึ้นว่าหากมีโรงไฟฟ้าในพื้นที่เอาขยะมาเผาเพื่อให้ได้ความร้อนแล้วนำมาผลิตกระแสไฟฟ้าจะเกิดมลพิษอะไรออกมาบ้าง ประชาชนที่อาศัยอยู่ใกล้กับโครงการจะได้รับผลกระทบต่อสุขภาพหรือไม่ จะมีผลกระทบไปสู่ลูกหลานหรือไม่ อย่างไร สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นคำถามที่สะท้อนถึงข้อวิตกกังวล ข้อห่วงใยของชาวบ้านต่อนโยบายเรื่องนี้แทบทั้งสิ้น จึงถือเป็นโอกาสอันดีที่เอกสารวิชาการฉบับนี้จะได้มาสร้างความรู้ความเข้าใจข้อห่วงกังวลข้อห่วงใยในประเด็นมลพิษและผลกระทบต่อสุขภาพที่อาจจะเกิดขึ้นจากโครงการเตาเผาขยะร่วมกัน

ก่อนที่จะทราบถึงผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นจากเตาเผาขยะมูลฝอย สิ่งที่จำเป็นจะต้องทำความเข้าใจร่วมกันคือ เตาเผาขยะมูลฝอยคืออะไร มีการดำเนินการอย่างไร แต่ละเทคโนโลยีมีข้อดีข้อเสียอย่างไร ซึ่งรายละเอียดดังแสดงในหัวข้อ 1.2



รูปที่ 3 จำนวนโรงไฟฟ้าพลังงานขยะที่ดำเนินการแล้ว



รูปที่ 4 จำนวนสถานการณ์แนวโน้มโรงไฟฟ้าพลังงานขยะที่กำลังจะดำเนินการ

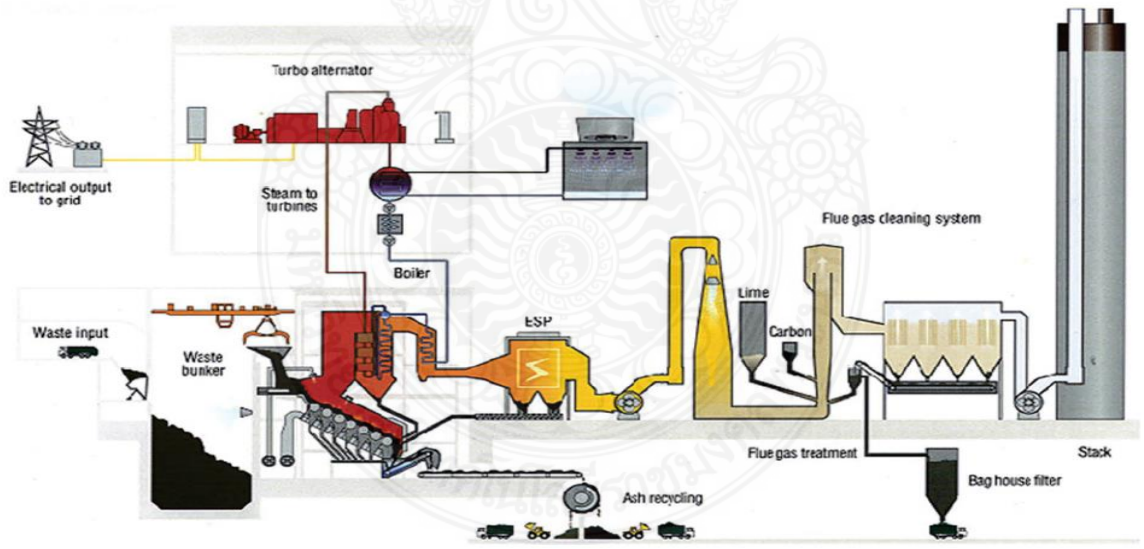
1.2 การนำมูลฝอยชุมชนเพื่อนำมาผลิตพลังงานไฟฟ้า

เอกสารเล่มนี้จะนำเสนอข้อมูลเทคโนโลยีการนำมูลฝอยชุมชนเพื่อนำมาผลิตพลังงานไฟฟ้าหลักๆ ใน 2 ส่วนคือ 1. เทคโนโลยีเตาเผา (Incineration) และ 2. เทคโนโลยีการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง (Gasification) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีส่วนใหญ่ที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นใช้ ตามข้อมูลกรมควบคุมมลพิษที่เสนอพื้นที่ที่มีศักยภาพในการแปรรูปขยะมูลฝอยเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า รายละเอียดตามที่ระบุไว้ในภาคผนวก ข

1. เทคโนโลยีเตาเผา (incineration)

การเผาขยะ เป็นกระบวนการกำจัดขยะที่ใช้ความร้อนสูงเพื่อเผาไหม้ส่วนประกอบที่เป็นสารอินทรีย์ในขยะ สิ่งที่เหลือจากการเผา คือ ความร้อน ขี้เถ้า และก๊าซปล่องไฟ (Flue gas) ขี้เถ้าเป็นส่วนผสมของสารอนินทรีย์ อาจอยู่ในรูปของของแข็งหรือฝุ่นละอองที่มากับก๊าซปล่องไฟ ก๊าซปล่องไฟต้องถูกทำให้สะอาดก่อนปล่อยออกสู่ชั้นบรรยากาศ ส่วนความร้อนที่ได้จากเตาเผาสามารถนำไปใช้ผลิตไฟฟ้าได้

กระบวนการเผามูลฝอยชุมชนเป็นการเผาขยะในเตาที่ได้มีการออกแบบมาเป็นพิเศษเพื่อให้เข้ากับลักษณะคุณสมบัติของขยะ ที่มีอัตราความชื้นสูงและมีค่าความร้อนที่แปรผันได้ การเผาไหม้จะต้องมีการควบคุมที่ดีเพื่อจะป้องกันไม่ให้เกิดมลพิษและเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ก๊าซพิษ เขม่า กลิ่น เป็นต้น ก๊าซซึ่งเกิดจากการเผาไหม้จะต้องได้รับการกำจัดเขม่าและอนุภาคตามที่กฎหมายควบคุม ก่อนที่จะส่งออกสู่บรรยากาศ โดยจะมีขี้เถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้ประมาณร้อยละ 10 โดยปริมาตร และร้อยละ 25-30 โดยน้ำหนักของขยะที่ส่งเข้าเตาเผา ซึ่งจะถูกนำไปฝังกลบหรือใช้เป็นวัสดุปูพื้นสำหรับการสร้างถนน ส่วนขี้เถ้าที่มีส่วนประกอบของโลหะอาจถูกนำกลับมาใช้ใหม่ได้ นอกจากนั้นสามารถที่จะนำพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาขยะมาใช้ในการผลิตไอน้ำ หรือทำน้ำร้อน หรือผลิตกระแสไฟฟ้าได้



รูปที่ 5 โรงเผามูลฝอยแบบนำความร้อนมาผลิตกระแสไฟฟ้า

รูปแบบการเผาไหม้โดยทั่วไปแล้วแบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ

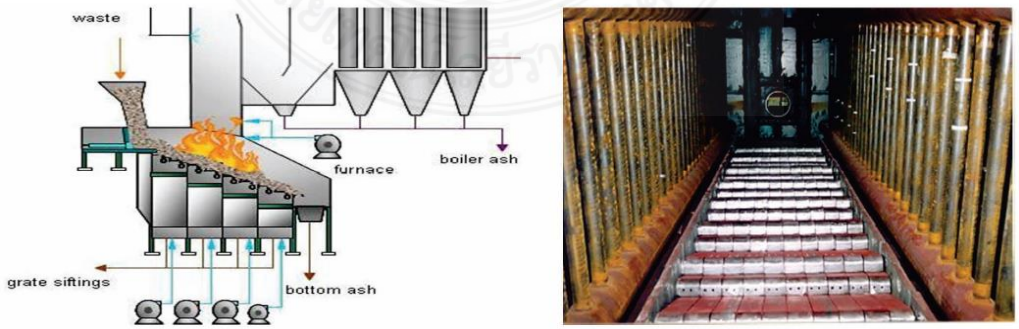
1) การเผาไหม้ขยะมวลรวม (Mass-Fired Combustion Systems) เป็นการเผาไหม้ขยะโดยรวมทั้งหมด ขยะที่เข้าสู่รูปแบบการเผานี้ จะไม่ผ่านกระบวนการแปรรูปและคัดแยกก่อนเข้าเตาเผา

2) การเผาไหม้ขยะเพื่อเป็นเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel - Fired Combustion Systems) เป็นการเผาไหม้ขยะที่มีการแปรรูป และคัดแยกมาก่อนเพื่อให้ได้พลังงานจากการเผาไหม้ ขยะที่แยกออกจะเป็นขยะที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ เช่น แก้ว เหล็ก โลหะ รวมทั้งขยะที่มีการปนเปื้อน ทำให้พลังงานจากการเผาไหม้มีค่าสูงโดยสม่ำเสมอ การควบคุมการเผาไหม้ทำได้ง่าย พลังงานที่ได้จากขยะมูลฝอยนี้มีค่าสูงกว่าขยะมูลฝอยในรูปแบบมวลรวมมาก

ชนิดเตาเผาขยะ ประกอบด้วย

1) เตาเผาชนิดตะกรับ (Stoker-Fired Incinerator)

เป็นเตาเผาที่ใช้หลักการในการเผาไหม้ที่ให้อากาศเกินพอ โดยอุณหภูมิภายในเตาประมาณ 850 - 1,200 องศาเซลเซียส เป็นรูปแบบที่นิยมใช้กันมาก เหมาะสำหรับใช้กับขยะมูลฝอยที่มีปริมาณมาก ประมาณ 150 ตันต่อวันขึ้นไป การทำงานเริ่มจากรถเก็บขนขยะมูลฝอยมาถ่ายเทลงบ่อรับขยะมูลฝอย จากนั้นเครนหรือก้ามปูทำหน้าที่ในการตักและป้อนขยะมูลฝอยเข้าสู่ช่องเตาเผาด้วยแรงโน้มถ่วง ซึ่งมีตะกรับอยู่เพื่อทำหน้าที่เคลื่อนขยะให้ผสมกัน และกระจายตลอดทั่วเตาเผาทำให้การเผาไหม้ขยะมูลฝอยเป็นไปได้อย่างทั่วถึง เนื่องจากตะกรับจะทำหน้าที่เป็นเสมือนพื้นผิวด้านล่างของเตา การเคลื่อนที่ของตะกรับ หากได้รับการออกแบบอย่างถูกต้องจะทำให้ขยะมีการเคลื่อนย้ายและผสมผสานกันอย่างมีประสิทธิภาพ และทำให้อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้สามารถแทรกซึมไปทั่วถึงพื้นผิวของขยะ ทั้งนี้ตะกรับที่ใช้กับระบบเตาเผาขยะมีหลายแบบ เช่น Forward Movement, BackWard Movement, Double Movement, Rocking และ Roller เป็นต้น ผนังของห้องเผาไหม้ในเตาเผาขยะ มักจะเป็นแบบบุด้วยอิฐทนไฟ (Refractory Wall) หรือแบบผนังน้ำ (Water Wall) สำหรับแบบหลังนี้ ส่วนมากจะทำงานโดยใช้อากาศส่วนเกินในปริมาณต่ำ ซึ่งช่วยให้ลดปริมาตรของห้องเผาไหม้และลดขนาดของอุปกรณ์ควบคุมมลพิษอากาศ โดยความร้อนที่ได้สามารถนำกลับมาเป็นพลังงานและนำไปใช้ประโยชน์ได้ ส่วนเถ้าที่ได้จากการเผาไหม้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ เถ้าหนัก คือเถ้าที่เหลืออยู่กับเตาเผา (Bottom ash) และเถ้าลอย คือเถ้าที่ลอยปะปนไปกับอากาศเสีย (Fly ash) เถ้าหนักจะถูกลำเลียงไปยังบ่อรับเถ้า ส่วนเถ้าลอยจะปนไปกับอากาศเสียเข้าสู่ระบบบำบัดอากาศ ซึ่งนิยมใช้ชุดถุงกรอง (Bag Filter) หรือเครื่องดักจับฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Precipitator) ก่อนที่จะระบายออกสู่บรรยากาศภายนอก รายละเอียดเตาเผาชนิดตะกรับดังแสดงในรูปที่ 6 สำหรับข้อดีและข้อเสียเตาเผาชนิดตะกรับ ดังแสดงในตารางที่ **1**



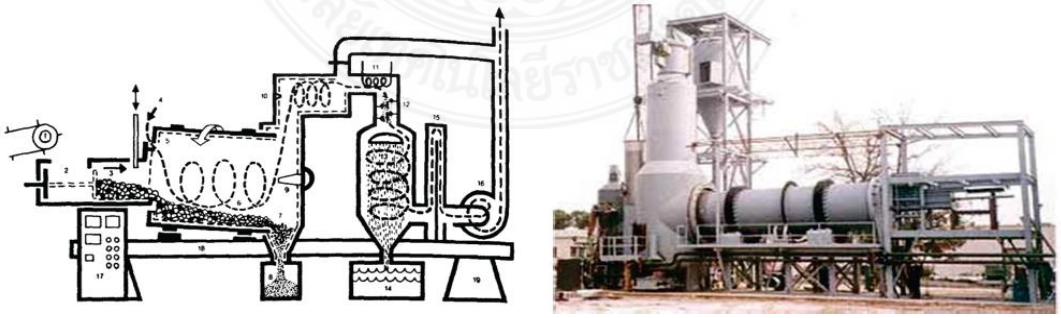
รูปที่ 6 เตาเผาชนิดตะกรับ

ตารางที่ 1 ข้อดีและข้อเสียของเตาเผาชนิดตะกรับ

ข้อดี	ข้อเสีย
1. ไม่ต้องการคัดแยกหรือบดตัดขยะมูลฝอยก่อน 2. เป็นเทคโนโลยีที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายและได้รับการทดสอบแล้ว 3. สามารถจัดการกับขยะมูลฝอยที่มีองค์ประกอบ และค่าความร้อนที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาได้ดี 4. ให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนได้สูงถึง 85 % 5. สามารถก่อสร้างให้มีความสามารถในการเผาทำลายได้ถึง 1,200 ตันต่อวัน หรือ 50 ตันต่อชั่วโมง	1. เงินลงทุนและค่าใช้จ่ายด้านการบำรุงรักษาค่อนข้างสูง

2) เตาเผาชนิดหมุน (Rotary Kiln Incinerator)

ระบบเตาเผาชนิดหมุนเป็นการเผาไหม้มวลของขยะมูลฝอย โดยใช้ห้องเผาไหม้ทรงกระบอกซึ่งสามารถหมุนได้รอบแกนและมีฉนวนหุ้มโดยรอบ ขยะจะเคลื่อนตัวไปตามผนังของเตาเผาทรงกระบอกตามการหมุนของเตาเผาซึ่งทำมุมเอียงกับแนวระดับ เตาเผาชนิดหมุนส่วนใหญ่จะเป็นแบบผนังอิฐทนไฟ แต่ก็มีบ้างที่เป็นแบบผนังน้ำทรงกระบอกอาจมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 1 ถึง 5 เมตร และยาวตั้งแต่ 8 ถึง 20 เมตร ความสามารถในการเผาทำลายขยะมูลฝอย มีตั้งแต่ 2.4 ตันต่อวัน (0.1 ตันต่อชั่วโมง) จนถึงประมาณ 480 ตันต่อวัน (20 ตันต่อชั่วโมง) อัตราส่วนอากาศส่วนเกินที่ใช้จะมีปริมาณที่มากกว่าแบบที่ใช้กับเตาเผาชนิดตะกรับและอาจจะมากกว่าที่ใช้กับเตาเผาชนิดฟลูอิดไดซ์เบด สิ่งที่ตามมาก็คือ เตาเผาชนิดหมุนจะมีประสิทธิภาพพลังงานที่ต่ำกว่าเล็กน้อย แต่ก็ยังคงมีค่ามากกว่าร้อยละ 80 เนื่องจากว่าเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ (Retention Time) ของก๊าซไอเสียค่อนข้างสั้นเกินไปสำหรับการทำปฏิกิริยาการเผาไหม้ในเตาเผาแบบหมุน ดังนั้นเตาทรงกระบอกจึงมักมีส่วนต่อที่ทำเป็นห้องเผาไหม้หลัง (After-Burning Chamber) และมักรวมอยู่ในส่วนของหม้อน้ำด้วย เตาเผาแบบนี้สามารถเผาไหม้มูลฝอยที่มีคุณสมบัติไม่สม่ำเสมอได้สูง และสามารถควบคุมระยะเวลาการเผาไหม้ของขยะในเตาเผา (Residence combustion time of waste) ได้ดี ทำให้สามารถเผาทำลายขยะประเภทขยะอันตราย (Hazardous waste) ได้ดี อย่างไรก็ตามเตาเผาแบบดังกล่าว ต้องใช้อัตราส่วนอากาศส่วนเกินมากกว่าแบบอื่นทำให้มีประสิทธิภาพพลังงานที่ต่ำกว่า รายละเอียดเตาเผาชนิดหมุนดังแสดงในรูปที่ 7 สำหรับข้อดีและข้อเสียเตาเผาชนิดหมุน ดังแสดงในตารางที่ 2



รูปที่ 7 เตาเผาชนิดหมุน

ตารางที่ 2 ข้อดีและข้อเสียของเตาเผาชนิดหมุน

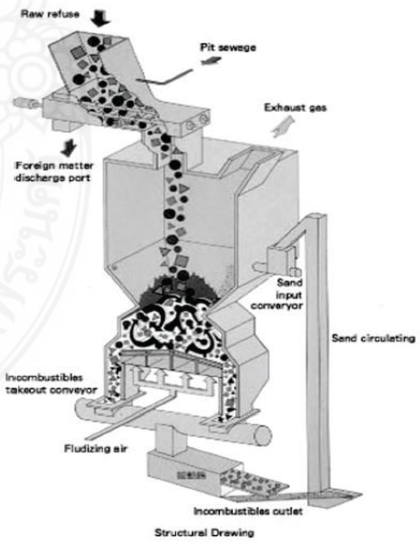
ข้อดี	ข้อเสีย
1. ไม่ต้องการการคัดแยกหรือบดตัดขยะมูลฝอยก่อน 2. ให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนได้สูงถึง 80% 3. สามารถจัดการกับขยะมูลฝอยที่มีองค์ประกอบและค่าความร้อนที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาได้เป็นอย่างดี	1. เป็นเทคโนโลยีที่มีใช้ในการเผาทำลายขยะมูลฝอยค่อนข้างน้อย 2. เงินลงทุนและบำรุงรักษาค่อนข้างสูง 3. ความสามารถในการเผาทำลายสูงสุดต่อหนึ่งเตาประมาณ 480 ตันต่อวัน หรือ 20 ตันต่อชั่วโมง

3) เตาเผาชนิดฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized Bed)

เป็นเตาเผาขยะมูลฝอยที่ใช้ตัวกลางในการนำความร้อน โดยตัวกลางต้องมีคุณสมบัติในการกระจายความร้อนได้เป็นอย่างดี ตัวกลางที่มักนิยมใช้ ได้แก่ ทราย ขยะมูลฝอยที่จะนำมาเผาต้องผ่านการลดขนาดให้มีขนาดเล็กลงก่อน เมื่อขยะถูกลำเลียงมายังช่องเผา ตัวกลางและขยะมูลฝอยจะถูกกวนผสมกันในเตาและเผาไหม้โดยใช้อากาศเกินพอ โดยใช้อากาศเป่าทำให้ขยะมูลฝอยมีพฤติกรรมเหมือนกับของไหล มีอุณหภูมิการเผาไหม้ประมาณ 600-1,000 องศาเซลเซียส

เตาเผาชนิดฟลูอิดไดซ์เบดทำงานโดยอาศัยหลักการที่อนุภาคของแข็งที่รวมตัวเป็น Bed (วัสดุที่เติมเข้าไปในเตาเพื่อช่วยให้เกิดการเผาไหม้ต่อเนื่อง) ในเตาเผาผสมเข้ากับขยะมูลฝอย ทำหน้าที่เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเผาไหม้ถูกทำให้ลอยตัวขึ้นอันเนื่องมาจากอากาศที่เป่าเข้าด้านข้าง ทำให้มีลักษณะเหมือนกับของไหล เตาเผาโดยทั่วไปจะมีรูปร่างเป็นทรงกระบอกตั้ง และวัสดุที่ทำ Bed มักทำมาจากทราย ซิลิกา หินปูน หรือวัสดุเซรามิค

การใช้งานเตาเผาชนิดฟลูอิดไดซ์เบดอยู่ในขั้นเริ่มต้น เนื่องจากมีการพัฒนาเทคโนโลยีเตาเผาอยู่อย่างสม่ำเสมอ โดยเตาเผามีข้อได้เปรียบที่สามารถลดปริมาณสารอันตรายใน Bed และมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูง สามารถใช้ได้กับเชื้อเพลิงหลากหลายประเภท ข้อเสียเปรียบหลักของเตาเผาแบบนี้ อยู่ที่ต้องการกระบวนการในการจัดการขยะมูลฝอยเบื้องต้นก่อนที่จะสามารถป้อนเข้าสู่เตาเผาได้ เพื่อให้ขยะมูลฝอยมีขนาดค่าความร้อน ปริมาณขี้เถ้าที่อยู่ข้างใน และอื่นๆ เพื่อให้ตรงต่อข้อกำหนดในการปฏิบัติงานของเตาเผา และเนื่องจากขยะมูลฝอยมีลักษณะสมบัติที่หลากหลายจึงทำให้เกิดความยากลำบากในการทำให้ได้เชื้อเพลิงที่ตรงตามความต้องการรายละเอียดเตาเผาชนิดฟลูอิดไดซ์เบดดังแสดงในรูปที่ 8 สำหรับข้อดีและข้อเสียเตาเผาชนิดฟลูอิดไดซ์เบด ดังแสดงในตารางที่ 3



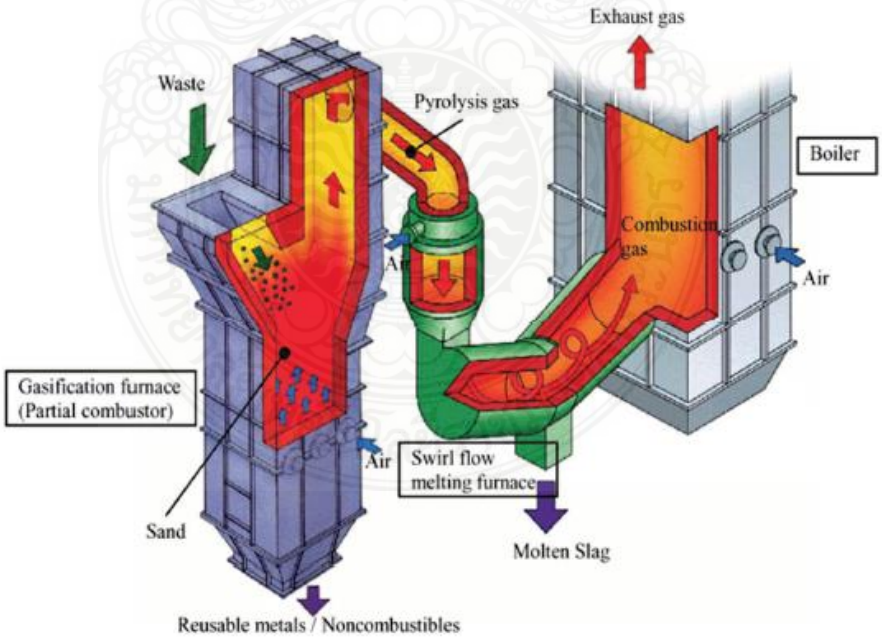
รูปที่ 8 เตาเผาชนิดฟลูอิดไดซ์เบด

ตารางที่ 3 ข้อดีและข้อเสียของเตาเผาชนิดฟลูอิดไดซ์เบด

ข้อดี	ข้อเสีย
1. เงินลงทุนและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาค่อนข้างต่ำ เนื่องจากการออกแบบที่ค่อนข้างง่าย 2. ให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนได้สูงถึง 90% 3. สามารถใช้ในการเผาทำลายเชื้อเพลิงที่หลากหลายประเภท และสามารถรองรับได้ทั้งกากของแข็งและเหลว โดยเผาทำลายร่วมกันหรือแยกจากกัน	1. ปัจจุบันยังจัดว่าเป็นเทคโนโลยีที่ยังต้องการการทดสอบอยู่สำหรับการเผาทำลายขยะมูลฝอยชุมชน 2. ค่อนข้างมีข้อจำกัดด้านขนาดและองค์ประกอบของขยะ โดยทั่วไปต้องมีการกระบวนการในการจัดการขยะก่อนส่งเข้าเตาเผา

2. เทคโนโลยีการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง (Gasification)

การผลิตก๊าซเชื้อเพลิง (Gasification) เป็นกระบวนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะชุมชนหรือเทคโนโลยีไพโรไลซิส/ก๊าซซิฟิเคชั่น (Pyrolysis/Gasification) ที่ทำให้ขยะมูลฝอยเป็นก๊าซโดยการทำปฏิกิริยาสันดาปแบบไม่สมบูรณ์ โดยสารอินทรีย์ในขยะมูลฝอยจะทำปฏิกิริยากับอากาศหรือออกซิเจนในปริมาณจำกัด ทำให้เกิดก๊าซซึ่งมีองค์ประกอบหลัก คือ คาร์บอนมอนนอกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน เรียกว่า Produce Gas ซึ่งในกรณีที่ใช้อากาศเป็นก๊าซทำปฏิกิริยา ก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จะมีค่าความร้อนต่ำ ประมาณ 3-5 MJ/Nm^3 แต่ถ้าใช้ออกซิเจนเป็นก๊าซทำปฏิกิริยา ก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จะมีค่าความร้อนสูงประมาณ 15-20 MJ/Nm^3 รายละเอียดเตาเผาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงดังแสดงในรูปที่ 9

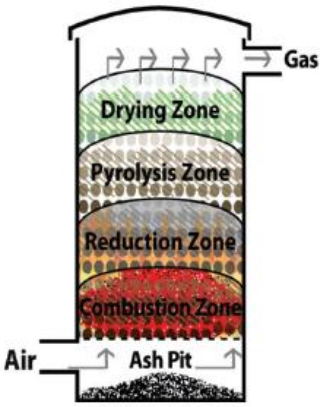


รูปที่ 9 เตาเผาผลิตก๊าซเชื้อเพลิง

ชนิดเครื่องปฏิกรณ์ Gasifier สามารถแบ่งออกได้เป็น ดังนี้

1) Updraft Gasifier

เชื้อเพลิงจะถูกป้อนเข้าทางส่วนบนของเครื่องและอากาศจะถูกส่งผ่านตะแกรงเข้ามาทางด้านล่าง บริเวณเหนือตะแกรงขึ้นไปจะมีการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงขึ้น ซึ่งเรียกบริเวณนี้ว่า Combustion Zone เมื่ออากาศผ่านเข้าไปบริเวณ Combustion Zone จะเกิดปฏิกิริยาขึ้น ได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ก๊าซร้อนที่ผ่านมาจาก Combustion Zone จะมีอุณหภูมิสูงและจะถูกส่งผ่านไปยัง Reduction Zone ซึ่งเป็นโซนที่มีปริมาณคาร์บอนมากเพียงพอที่จะก่อให้เกิดปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ เกิดเป็นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรเจน หลังจากนั้นก๊าซที่ได้จะไหลเข้าสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าในชั้นของเชื้อเพลิง และกลั่นสลายในช่วงอุณหภูมิ 200-500 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นก๊าซก็จะไหลเข้าสู่ชั้นของเชื้อเพลิงที่ชื้น เนื่องจากก๊าซยังคงมีอุณหภูมิสูงอยู่ จึงไประเหยน้ำที่อยู่ในเชื้อเพลิงเหล่านั้น ทำให้ก๊าซที่ออกจากเครื่องปฏิกรณ์มีอุณหภูมิต่ำลง สารระเหยและน้ำมันทาร์ที่เกิดขึ้นในช่วงการกลั่นสลายจะติดออกไปกับก๊าซเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้น ดังนั้นก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์แบบ Updraft Gasifier จะมีปริมาณของน้ำมันทาร์มาก บางครั้งอาจมีมากถึง 20% ของน้ำมันทาร์ที่ได้จากการไพโรไลซิสชีวมวล

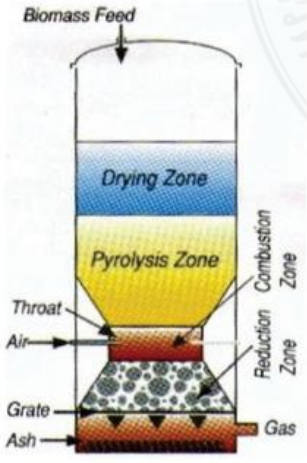


รูปที่ 10 Updraft Gasifier

ก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์แบบ Updraft Gasifier มีอุณหภูมิไม่สูงนักและมีปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนและน้ำมันทาร์มาก ทำให้มีค่าความร้อนมาก จำเป็นต้องมีหน่วยทำความสะอาดก๊าซเชื้อเพลิงก่อนนำเชื้อเพลิงไปหมุนกังหันก๊าซ ข้อดีหลักของเครื่องปฏิกรณ์แบบ Updraft Gasifier คือ ติดตั้งง่ายและมีประสิทธิภาพทางความร้อนสูง รายละเอียดเครื่อง Updraft Gasifier ดังแสดงในรูปที่ 10

2) Downdraft Gasifier

เครื่องปฏิกรณ์ Gasifier แบบนี้ออกแบบมาเพื่อขจัดน้ำมันทาร์ในก๊าซเชื้อเพลิงโดยเฉพาะ อากาศจะถูกดูดผ่านจากด้านบนลงสู่ด้านล่าง ผ่านกลุ่มของหัวฉีดซึ่งเรียกว่า Tuyers บริเวณหัวฉีดจะเป็นบริเวณของโซน Combustion ก๊าซที่ได้จากโซน Combustion จะถูก Reduced ในขณะที่ไหลลงสู่ด้านล่างและผ่านชั้นของคาร์บอนที่ร้อนซึ่งอยู่เหนือตะแกรงเล็กน้อย ขณะเดียวกันในชั้นของเชื้อเพลิงที่อยู่ทางด้านบนของโซน Combustion จะมีปริมาณออกซิเจนน้อยมากทำให้เกิดการกลั่นสลาย และน้ำมันทาร์ที่เกิดจากการกลั่นสลายจะไหลผ่านชั้นของคาร์บอนที่ร้อน ทำให้น้ำมันทาร์เกิดการแตกตัวเป็นก๊าซ ซึ่งการแตกตัวนี้จะเกิดที่อุณหภูมิคงที่ในช่วงระหว่าง 800-1,000 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 1,000 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยาดูดความร้อนจะทำให้ก๊าซที่ได้มีอุณหภูมิต่ำลง แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าช่วงอุณหภูมิดังกล่าว ปฏิกิริยาคายความร้อนจะทำให้ก๊าซที่ได้มีอุณหภูมิสูงขึ้น ก๊าซที่ผ่านโซน Combustion จะมีส่วนประกอบของน้ำมันทาร์ลดลงเหลือน้อยกว่า 10% ของน้ำมันทาร์ที่ได้จาก Updraft Gasifier และก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จะสะอาดกว่า การผลิตก๊าซเชื้อเพลิงโดยเครื่องปฏิกรณ์แบบ Downdraft Gasifier นี้ง่ายและมีความน่าเชื่อถือสำหรับเชื้อเพลิงที่แห้ง (มีความชื้นต่ำกว่า 30%) เนื่องจากว่าก๊าซ

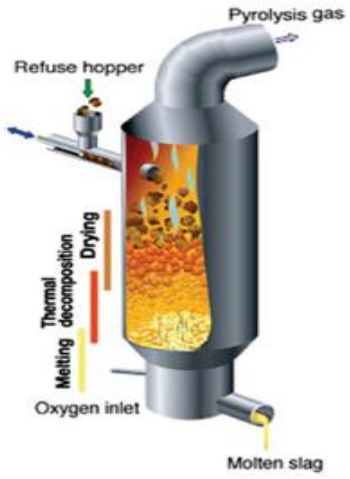


รูปที่ 11 Downdraft Gasifier

เชื้อเพลิงที่ได้มีปริมาณน้ำมันทาร์ต่ำ เครื่องปฏิกรณ์แบบ Downdraft Gasifier จึงเหมาะกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กที่มีเครื่องยนต์สันดาปภายใน ที่มีขนาดกำลังการผลิตไม่เกิน 500 kg/hr หรือ 500 kWe รายละเอียดเครื่อง Downdraft Gasifier ดังแสดงในรูปที่ 11

3) Fluid Bed Gasifier

การทำงานของเครื่องปฏิกรณ์ที่กล่าวมาข้างต้นจะเกิด Slag มากเกินไป จึงก่อให้เกิดการอุดตันในเครื่องบ่อยครั้ง เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว จึงได้มีการพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์แบบ Fluid Bed Gasifier ขึ้น เครื่องปฏิกรณ์แบบนี้อากาศจะไหลผ่านชั้นของเชื้อเพลิงเมื่อเพิ่มความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านให้สูงจนกระทั่งทำให้เชื้อเพลิงที่วางอยู่เริ่มลอยตัวขึ้น มีลักษณะคล้ายกับของไหล ภายในเครื่องปฏิกรณ์จะใส่วัสดุเฉื่อย (Inert Material) ซึ่งอาจเป็น ทราย อลูมิน่า หรือออกไซด์ของโลหะที่ทนความร้อนสูงและไม่เกิดการหลอมรวมตัวกัน โดยมีแผ่นที่เจาะรูมารองรับตัวกลางเหล่านี้ที่ตอนล่างของเครื่องปฏิกรณ์ แผ่นที่เจาะรูนี้จะช่วยให้เกิดการกระจายตัวแบบฟลูอิดไดเซชันอย่างทั่วถึงของเบด โดยการผ่านอากาศหรือออกซิเจนเข้าสู่ตอนล่างของแผ่นรองรับ ซึ่งความเร็วของอากาศหรือออกซิเจนที่ผ่านเข้าไปต้องมีค่าที่เหมาะสมที่ทำให้ตัวกลางมีสภาพแขวนลอย (Suspension) โดยปกติเชื้อเพลิงจะถูกเปลี่ยนให้เป็นก๊าซเชื้อเพลิงภายในเบด ปฏิกิริยา Gasification อาจเกิดขึ้นที่ส่วนที่เป็นที่ว่างเหนือเบด หรือที่เรียกว่า Freeboard โดยเป็นปฏิกิริยาของอนุภาคเชื้อเพลิงเล็กๆที่ปลิวหลุดออกมาจากเบด หรือเป็นปฏิกิริยาการสลายตัวด้วยความร้อนของน้ำมันทาร์ ก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์แบบ Fluid Bed Gasifier จะมีปริมาณน้ำมันทาร์อยู่ระหว่างก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์แบบ Updraft Gasifier และ Downdraft Gasifier



รูปที่ 12 Fluid Bed Gasifier

เครื่องปฏิกรณ์แบบ Fluid Bed Gasifier มีข้อดี คือ มีการผสมที่ปั่นป่วนมาก ทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลมีค่าสูง ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงและสามารถควบคุมอุณหภูมิในเครื่องปฏิกรณ์ได้ค่อนข้างง่าย ข้อเสียของเครื่องปฏิกรณ์แบบนี้คือ ก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จะมีปริมาณเถ้าและฝุ่นถ่านชาร์ออกมาด้วย เนื่องจากความเร็วของอากาศภายในเครื่องปฏิกรณ์มีค่าสูง จึงต้องนำไซโคลน (Cyclone) มาใช้กับระบบด้วย รายละเอียดเครื่อง Fluid Bed Gasifier ดังแสดงในรูปที่ 12

4) Circulating Fluid Bed Gasifier

เครื่องปฏิกรณ์แบบ Circulating Fluid Bed Gasifier พัฒนาขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของ Carbon Conversion โดยอนุภาคเชื้อเพลิงจะถูกรีไซเคิลกลับมายังเบด โดยความเร็วในการฟลูอิดไดซ์จะต้องสูงพอที่จะทำให้อนุภาคลอยในปริมาณมาก

5) Entrained Bed Gasifier

ในเครื่องปฏิกรณ์แบบ Entrained Bed Gasifier จะไม่มีวัสดุ Inert แต่เชื้อเพลิงที่ใช้จะต้องลดขนาดให้เล็กมาก โดยปกติเครื่องปฏิกรณ์แบบนี้จะเดินเครื่องที่อุณหภูมิสูงประมาณ 1,200-1,500 องศาเซลเซียส ซึ่งขึ้นกับว่าจะใช้อากาศหรือออกซิเจน ก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จะมีปริมาณน้ำมันทาร์และสารไฮโดรคาร์บอนต่ำกว่า แต่เนื่องจากต้องเดินเครื่องที่อุณหภูมิสูง จึงทำให้มีปัญหาเรื่องการเลือกใช้วัสดุและปัญหา

เรื่องการหลอมตัวของเถ้า ในเครื่องปฏิกรณ์แบบ Entrained Bed Gasifier จะให้ค่า Carbon Conversion สูงถึง 100% อีกทั้งมีการใช้งานสำหรับการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะมูลฝอยชุมชนน้อย

นอกจากนี้ยังมีเครื่องปฏิกรณ์ชนิดอื่นๆ เช่น เครื่องปฏิกรณ์ Gasifier แบบอัดความดัน (Pressurized Operation) เครื่องปฏิกรณ์ Gasifier ที่ความดันบรรยากาศ (Atmospheric Operation) เป็นต้น ทั้งนี้การเลือกชนิดเครื่องปฏิกรณ์ Gasifier ขึ้นอยู่กับขนาดกำลังไฟฟ้าที่ผลิต ก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จะขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องปฏิกรณ์และออกซิแดนท์ที่ใช้ อย่างไรก็ตามชนิดและรูปแบบของเครื่องปฏิกรณ์ Gasifier สามารถทำให้ปฏิกิริยาเกิดไม่สมบูรณ์ได้ ซึ่งระดับของการเกิดปฏิกิริยาจะขึ้นอยู่กับรูปร่างและลักษณะของเครื่องปฏิกรณ์ Gasifier ด้วย

1.3 เทคโนโลยีการกำจัดมลพิษอากาศที่อาจจะเกิดขึ้นจากเตาเผามูลฝอย

การใช้เตาเผาในการกำจัดมูลฝอยที่เกิดขึ้นในชุมชน มลพิษอากาศถือว่าเป็นสิ่งคุกคามหลักที่เกิดขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมมลพิษอากาศที่เกิดขึ้นจากการเผา โดยการควบคุมมลพิษอากาศที่เกิดขึ้นจากเตาเผานั้นจะมีกระบวนการควบคุมมลพิษอากาศแต่ละชนิดที่แตกต่างกันไป ซึ่งในตารางที่ 4 ได้รวบรวมข้อมูลกระบวนการควบคุมมลพิษที่เกิดขึ้นจากเตาเผามูลฝอย รวมทั้งความสามารถในการกำจัดมลพิษแต่ละชนิดรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 4 กระบวนการควบคุมมลพิษที่เกิดขึ้นจากเตาเผามูลฝอย และความสามารถในการกำจัดมลพิษแต่ละชนิด

มลพิษ	กระบวนการควบคุมมลพิษ	ความสามารถการกำจัดมลพิษ (%)
SO_x	Wet scrubber or dry multicyclone	50-90
HCL	Wet scrubber or semi-dry	75-95
NO_x	Selective catalytic reduction	10-60
Heavy metals	Dry scrubber + electrostatic precipitator	70-95
Fly ash*	Electrostatic precipitator + fabric hose filter	95-99.9
Dioxins & Furans	Activated carbon + fabric hose filter	50-99.9

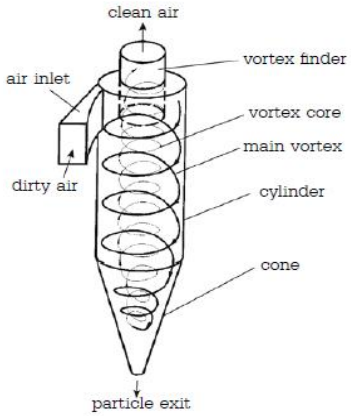
* ส่วนใหญ่ Fly ash จะสามารถดูดซับมลพิษต่างๆได้ เช่น Dioxins และโลหะหนัก

เทคโนโลยีหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมมลพิษอากาศ มีดังนี้

1) ไซโคลน (Cyclones)

ไซโคลน (Cyclones) เป็นอุปกรณ์ควบคุมมลพิษอากาศชนิดอนุภาคอีกประเภทหนึ่ง ซึ่งใช้หลักการทางกลศาสตร์ (mechanical) ไซโคลนใช้กลไกหลักในการแยกอนุภาคคือ แรงเหวี่ยงหรือแรงหนีศูนย์กลาง ซึ่งเกิดจากการทำให้กระแสก๊าซหรืออากาศเกิดการหมุนวน (vortex) ขึ้นภายในตัวไซโคลน ส่งผลให้อนุภาคถูกเหวี่ยงและกระทบกับผนังของไซโคลนเนื่องจากความเฉื่อยหรือโมเมนตัม จากนั้นอนุภาคจะตกลงเบื้องล่างด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก โดยทั่วไปไซโคลนรูปแบบตามปกติ (Typical or Conventional or Standard Cyclone) จะประกอบด้วย ส่วนรูปทรงกระบอก (cylinder) และมีปลายเป็นรูปโคน (cone) ดังแสดงในรูปที่ 13

อากาศจะไหลหรือเคลื่อนที่เข้าสู่ไซโคลนที่ช่องอากาศเข้า (air inlet) ที่ส่วนบนโดยไหลเข้าตามแนวสัมผัส (tangential) เมื่ออากาศไหลผ่านเข้ามาในไซโคลนจะเกิดกระแสวนที่เรียกว่า main vortex ไหลวนจากบนลงล่างของตัวไซโคลน โดยกระแสวนนี้เมื่อเคลื่อนที่ลงไปจนเกือบถึงปลายโคลนแล้วจะเกิดกระแสวนกลับ (return flow) เคลื่อนที่จากด้านล่างขึ้นด้านบนที่เรียกว่า core vortex โดย core vortex นี้มีขนาดของกระแสวนเล็กกว่า main vortex และหมุนวนอยู่ด้านในของ main vortex เมื่อ core vortexเคลื่อนที่ถึงด้านบนของตัวไซโคลนจะไหลออกจากไซโคลนที่ทางออก (vortex finder) หรืออาจกล่าวได้ว่า อากาศที่ไหลเข้ามาในไซโคลนจะเกิดกระแสวน 2 ชั้น เกิดขึ้นในทิศทางเดียวกัน ส่งผลให้อนุภาคถูกเหวี่ยงไป กระทบกับผนังและตกลงสู่เบื้องล่าง ส่วนอากาศที่สะอาด (ไม่มีอนุภาค) จะไหลวนหรือหมุนขึ้นผ่านท่อออกที่อยู่ด้านบนของไซโคลน



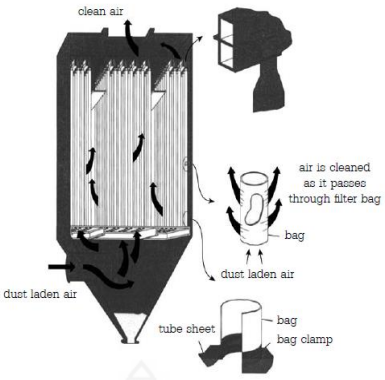
รูปที่ 13 การไหลของกระแสก๊าซในไซโคลน

ตารางที่ 5 ข้อดีและข้อจำกัดของไซโคลน

ข้อดี	ข้อจำกัด
1. ค่าลงทุนและค่าเดินเครื่องต่ำ 2. ไม่มีส่วนใดของอุปกรณ์ที่ต้องเคลื่อนที่ ทำให้มีปัญหาในการบำรุงรักษาน้อย 3. ค่าความดันสูญเสียค่อนข้างต่ำ 4. เป็นอุปกรณ์ที่รวบรวมและกำจัดอนุภาคแบบแห้ง 5. การก่อสร้างค่อนข้างใช้พื้นที่น้อย 6. สามารถออกแบบให้เหมาะสมกับช่วงขนาดของอนุภาคได้	1. ประสิทธิภาพในการเก็บกักสำหรับอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ยังค่อนข้างต่ำ 2. ไม่สามารถใช้ได้กับอนุภาคที่มีลักษณะหนืดเหนียว 3. อาจมีปัญหาเกี่ยวกับการกัดกร่อน

2) ถุงกรอง (Fabric Filters)

ถุงกรองเป็นอุปกรณ์ควบคุมมลพิษอากาศชนิดอนุภาคประเภทหนึ่งที่นิยมใช้กันแพร่หลาย เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการเก็บกักอนุภาคสูง หลักการทำงานของถุงกรองคือ การปล่อยให้อากาศที่มีอนุภาคไหลผ่านถุงกรอง ซึ่งโดยปกติทำด้วยผ้าทอหรือผ้าสักหลาดที่มีช่องว่างระหว่างเนื้อผ้า เมื่อเริ่มต้นเดินเครื่องอากาศที่มีอนุภาคจะเคลื่อนที่เข้าหาผ้ากรอง อากาศสามารถไหลผ่านผ้ากรอง ส่วนอนุภาคจะถูกจับไว้ที่เส้นใยของผ้ากรอง โดยอาศัยกลไกหลักที่สำคัญคือ การสกัดกั้นโดยตรง การกระทบเนื่องจากความเฉื่อย และการแพร่ เมื่อทำการกรองต่อไปเรื่อยๆ จะเกิดการสะสมของมวลของอนุภาคเป็นชั้นขึ้นที่บนและในผ้ากรอง ซึ่งเรียกว่าชั้นของอนุภาค (filter cake) เมื่อเกิดชั้นของอนุภาคขึ้นที่ผ้ากรองแล้วจะเกิดกลไกที่สำคัญขึ้นอีกกลไกหนึ่งคือ กลไกการลอดผ่าน (sieving) ซึ่งเป็นกลไกการดักจับอนุภาคที่เกิดขึ้นเนื่องจากอนุภาคมีขนาดใหญ่เกินกว่าช่องว่างที่จะลอดได้



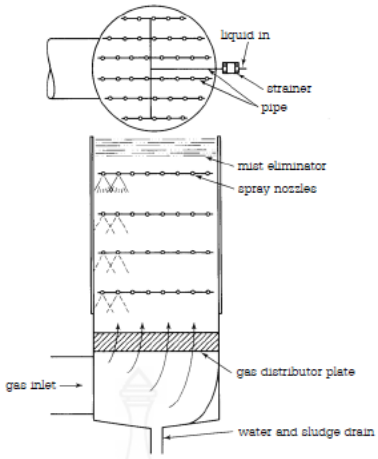
รูปที่ 14 ถุงกรองแบบทำความสะอาดโดยการเขย่าถุง (Shaker Cleaning)

ตารางที่ 6 ข้อดีและข้อจำกัดของถุงกรอง

ข้อดี	ข้อจำกัด
1. มีประสิทธิภาพในการเก็บกักอนุภาคสูง ทั้งอนุภาคขนาดใหญ่และเล็ก 2. คุณภาพของอากาศที่ผ่านถุงกรองมีคุณภาพดี สามารถนำอากาศกลับมาใช้หมุนเวียนต่อได้ 3. อนุภาคที่เก็บกักได้แห้ง สามารถนำไปกำจัดหรือเข้าสู่กระบวนการใหม่ได้ 4. การเดินเครื่อง/ควบคุมการทำงานค่อนข้างง่าย 5. ต้นทุนต่ำเมื่อเทียบกับเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตและสครับเบอร์ 6. สามารถเลือกใช้ผ้ากรองได้หลากหลายเพื่อให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการ	1. มีข้อจำกัดในเรื่องอุณหภูมิของก๊าซ โดยทั่วไปถ้าอุณหภูมิของก๊าซที่เข้าถุงกรองเกิน 550 °F จำเป็นต้องใช้ผ้ากรองชนิดพิเศษ ซึ่งมีราคาแพง 2. ต้องการการบำรุงรักษามาก เช่น การเปลี่ยนถุงกรองเป็นประจำ 3. อายุการใช้งานของถุงกรองอาจสั้น เนื่องจากอุณหภูมิหรือสภาพความเป็นกรดด่าง 4. ใช้กับอนุภาคที่เปียกชื้นหรือเหนียวไม่ได้ เพราะจะทำให้ถุงกรองอุดตันและทำความสะอาดยาก 5. ความดันสูญเสียอยู่ในระดับปานกลาง

3) สครับเบอร์ (Scrubbers)

สครับเบอร์ (Scrubbers) เป็นอุปกรณ์ควบคุมมลพิษอากาศชนิดอนุภาค ซึ่งใช้ของเหลว (liquid) ในการดักจับอนุภาคได้อย่างมีประสิทธิภาพ หลักการทำงานที่สำคัญ คือ การทำให้อากาศเสีย (อากาศที่มีอนุภาค) ไหลผ่านของเหลว ซึ่งการไหลผ่านของเหลวนี้สามารถทำได้หลายวิธี คือ อาจฉีดพ่นของเหลวให้เป็นละอองฝอยสู่กระแสอากาศ หรือให้กระแสอากาศไหลผ่านแผ่นฟิล์มของเหลว หรือไหลผ่านชั้นวัสดุที่มีของเหลวเคลือบอยู่ เมื่ออนุภาคที่อยู่ในกระแสอากาศเคลื่อนที่เข้าใกล้ละอองหรือหยดน้ำ จะสัมผัสกับหยดน้ำ เกิดกลไกในการดักจับอนุภาคที่สำคัญ 3 กลไก คือ การกระทบเนื่องจากความเฉื่อย การสกัดกั้นโดยตรง และการแพร่ ทำให้อนุภาคถูกดักจับโดยน้ำ หลังจากนั้นของเหลวหรือน้ำจะต้องถูกทำให้แยกออกจากกระแสของอากาศด้วยวิธีการต่างๆ เช่น ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ด้วยแรงเหวี่ยงหรือแรงหนีศูนย์กลาง หรือการใช้แผ่นกั้น (baffle) เป็นต้น โดยน้ำที่แยกได้ต้องนำไปบำบัดก่อนนำกลับมาใช้ใหม่หรือระบายทิ้งต่อไป นอกจากนี้การที่อากาศผ่านของเหลวนอกจากจะสามารถดักจับอนุภาคได้แล้ว สครับเบอร์ยังสามารถดักจับก๊าซและไอ ที่อยู่ในกระแสของอากาศได้ด้วย



รูปที่ 15 สครับเบอร์แบบสเปรย์

ตารางที่ 7 ข้อดีและข้อจำกัดของสครับเบอร์

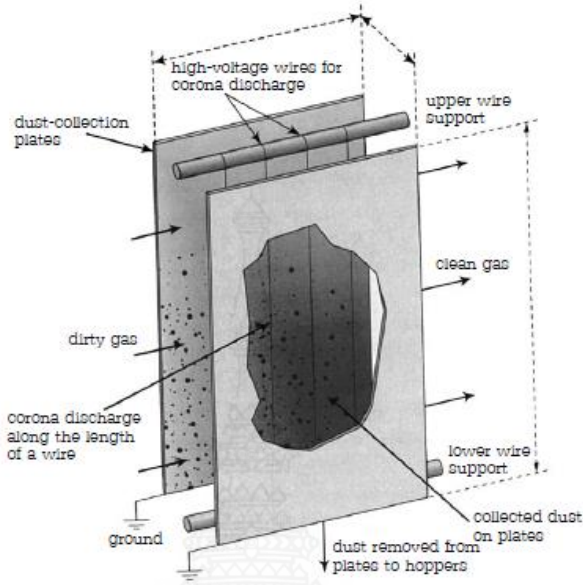
ข้อดี	ข้อจำกัด
1. มีประสิทธิภาพในการเก็บกักอนุภาคสูงทั้งขนาดใหญ่และเล็ก 2. สามารถใช้ได้กับอนุภาคที่มีความเสี่ยงในการติดไฟและระเบิด 3. สามารถใช้ได้กับกระแสอากาศที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูง 4. สามารถใช้ได้กับอนุภาคที่มีลักษณะเหนียว (sticky) ได้ 5. เป็นอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมมลพิษอากาศได้ทั้งชนิดอนุภาคก๊าซและไอพร้อมกัน ถ้ามีความจำเป็น	1. เป็นระบบเปียก (wet process) ทำให้ของเสียที่ได้ (น้ำกับอนุภาค) เปียก ส่งผลให้ยากต่อการนำกลับมาใช้ใหม่ 2. ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ มิเช่นนั้นอาจเกิดปัญหามลพิษทางน้ำ 3. มีความเสี่ยงสูงต่อปัญหาการผุกร่อนเนื่องจากเป็นระบบเปียก 4. มีค่าดำเนินการและบำรุงรักษาค่อนข้างสูง 5. อากาศที่ออกจากอุปกรณ์ควบคุมจะมีความชื้นสูง

4) เครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Precipitators; ESP)

เครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Precipitators; ESP) หรือเรียกอย่างสั้นๆว่า ESP เป็นอุปกรณ์ควบคุมมลพิษอากาศชนิดอนุภาคที่ใช้แรงไฟฟ้าในการแยกอนุภาคออกจากกระแสของอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง โครงสร้างรูปแบบง่ายๆของเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิต ดังแสดงในรูปที่ 16 ซึ่งโดยทั่วไปใน ESP จะมีขั้วไฟฟ้า (electrode) อยู่ 2 ชนิด คือ 1) ขั้วปล่อยประจุ (discharge or corona electrode) ซึ่งทำจากวัสดุที่มีหน้าตัดเล็กๆ เช่น เส้นลวด (wire) หรือเป็นแผ่นบางๆ (flat plate) เป็นต้น ซึ่งโดยปกติขั้วปล่อยประจุนี้จะเป็นขั้วลบ และ 2) ขั้วเก็บ (collection electrode) ซึ่งปกติจะต่อสายดินและออกแบบขั้วเก็บให้มีพื้นผิวกว้างในรูปของแผ่น (plate) หรือท่อ (tube)

หลักการทำงานของ ESP คือ การปล่อยให้อากาศไหลผ่านขั้วไฟฟ้า เพื่อใส่ประจุไฟฟ้าให้กับอนุภาคที่เจือปนอยู่ในอากาศ ก่อนที่จะผ่านอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเข้าไปในสนามไฟฟ้าสถิต ทำให้อนุภาคเคลื่อนที่เข้าหาและถูกเก็บกักที่พื้นผิวของขั้วเก็บที่มีศักย์ ไฟฟ้าตรงกันข้ามกับประจุของอนุภาค จะเห็นได้ว่ากลไกที่สำคัญที่ใช้ในการเก็บกักอนุภาคของ ESP คือ กลไกการดึงดูดโดยแรงไฟฟ้าสถิต

ขั้นตอนการทำงานของ ESP ประกอบ ด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 3 ขั้นตอน ได้แก่ การใส่ประจุไฟฟ้าให้กับอนุภาค การเก็บอนุภาคที่มีประจุโดยใช้แรงไฟฟ้าสถิตจากสนามไฟฟ้า และการแยกอนุภาคออกจากผิวของขั้วเก็บ



รูปที่ 16 โครงสร้างเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิต

ตารางที่ 8 ข้อดีและข้อจำกัดของเครื่อง ESP

ข้อดี	ข้อจำกัด
1. มีประสิทธิภาพในการเก็บกักอนุภาคสูง รวมทั้งอนุภาคที่มีขนาดเล็กมาก 2. สามารถใช้ได้กับปริมาณหรืออัตราการไหลของอากาศสูง 3. มีค่าความดันสูญเสียต่ำมาก (ประมาณ 1.3 ซม. หรือ 0.5 นิ้วของน้ำ) 4. ค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องค่อนข้างต่ำ 5. สามารถออกแบบให้ใช้ได้กับช่วงอุณหภูมิของอากาศกว้าง และสามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิ 700 °C 6. สามารถเลือกระบบการแยกอนุภาคได้ทั้งแบบแห้งและแบบเปียกตามความเหมาะสม	1. ค่าลงทุนในการก่อสร้างสูง 2. เป็นระบบที่มีความยืดหยุ่นน้อยไม่สามารถใช้ได้กับกระบวนการซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงสูง 3. ต้องการพื้นที่ในการติดตั้งมาก 4. อาจเกิดอันตรายจากการระเบิดเมื่อใช้กับก๊าซหรืออนุภาคที่ลุกไหม้ได้ 5. ในขณะที่ทำให้อากาศเกิดการแตกตัว จะเกิดก๊าซโอโซน 6. ใช้ได้กับอนุภาคที่มีสภาพความต้านทานไฟฟ้าของอนุภาคที่เหมาะสม 7. สำหรับ ESP แบบแห้งไม่สามารถใช้ได้กับอนุภาคที่เปียกชื้นหรือมีลักษณะเหนียวได้

ส่วนที่ 2
ผลกระทบต่อสุขภาพจากเตาเผามูลฝอยชุมชน

2.1 สิ่งคุกคามและมลพิษที่อาจเกิดขึ้นจากเตาเผามูลฝอยชุมชน

สิ่งคุกคามและมลพิษหลักที่เกิดขึ้นจากเตาเผามูลฝอย คือ มลพิษทางอากาศ และขี้เถ้าที่มีการปนเปื้อน โดยมลพิษที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของมูลฝอยที่นำเข้าเตาเผา อุณหภูมิ และเทคโนโลยีที่ใช้ในการควบคุมมลพิษ ซึ่งสามารถแบ่งมลพิษอากาศหลักๆที่เกิดขึ้นจากเตาเผามูลฝอย ดังแสดงในตารางที่ 9 ขณะเดียวกัน สิ่งคุกคามและมลพิษบางชนิดอาจก่อให้เกิดโรคมะเร็ง ดังแสดงในตารางที่ 10 ทั้งนี้รายละเอียดสิ่งคุกคามและมลพิษที่เกิดขึ้นมีรายละเอียด ดังนี้

ตารางที่ 9 สิ่งคุกคามและมลพิษที่อาจเกิดขึ้นจากเตาเผามูลฝอยชุมชน

สิ่งคุกคามและมลพิษ	รายละเอียด
Acid gases	ไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCL) ไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (HF) ซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO_X) ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_X)
โลหะหนัก	แคดเมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb) สารหนู (As) สังกะสี (Zn) โครเมียม (Cr) นิเกิล (Ni) ทองแดง (Cu) ปรอท (Hg) เบริลเลียม (Be)
สารอินทรีย์	Polychlorinated dibenzo-para-dioxin และ polychlorinated dibenzofurans Chlorobenzenes (CB) Polychlorinated Biphenyls (PCBs) Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) Chlorophenols (CP) :
อื่นๆ	ฝุ่นละออง (PM_{10}, $PM_{2.5}$) Total hydrocarbons

ที่มา : Canadian council of Ministry of the Environment. Operating and Emission Guidelines for municipal solid waste incinearators,1989.

ตารางที่ 10 สิ่งคุกคามและมลพิษจากเตาเผามูลฝอยชุมชนที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง

สิ่งคุกคามและมลพิษ	ข้อมูลเชิงประจักษ์ การเป็นมะเร็งในมนุษย์	การจำแนก IRAC	อวัยวะเป้าหมาย
สารหนู	มีข้อมูลเพียงพอที่ระบุว่าเป็นสารก่อมะเร็ง	1	ผิวหนัง ปอด ตับ กระเพาะปัสสาวะ ไต ลำไส้ใหญ่
เบริลเลียม	มีข้อมูลเพียงพอที่ระบุว่าเป็นสารก่อมะเร็ง	1	ปอด
แคดเมียม	มีข้อมูลเพียงพอที่ระบุว่าเป็นสารก่อมะเร็ง	1	ปอด ต่อมลูกหมาก
โครเมียม (VI)	มีข้อมูลเพียงพอที่ระบุว่าเป็นสารก่อมะเร็ง	1	ปอด
นิเกิล	มีข้อมูลเพียงพอที่ระบุว่าเป็นสารก่อมะเร็ง	1	ปอด
ปรอท	ข้อมูลไม่เพียงพอ	2B	ปอด ตับอ่อน ลำไส้ ต่อมลูกหมาก
ตะกั่ว	ข้อมูลไม่เพียงพอ	2B	ปอด กระเพาะปัสสาวะ ไต ระบบย่อยอาหาร
เบนซีน	มีข้อมูลเพียงพอที่ระบุว่าเป็นสารก่อมะเร็ง	1	ลูคีเมีย
คาร์บอนเตตระคลอไรด์	ข้อมูลไม่เพียงพอ	2B	ตับ ปอด ลูคีเมีย
คลอโรฟอร์ม	ข้อมูลไม่เพียงพอ	2B	กระเพาะปัสสาวะ ไต สมอง ต่อมน้ำเหลือง
คลอโรฟีนอล	ข้อมูลไม่เพียงพอ	2B	Soft-tissue sarcoma, Hodgkin's and non Hodgkin's lymphoma
ไตรคลอโรเอทธีลีน	ข้อมูลจำกัด	2A	ตับ non Hodgkin's lymphoma
Dibenzo-para-dioxin	ไม่มีข้อมูล	3	มะเร็งทุกชนิด
polychlorinated	ไม่มีข้อมูล	3	มะเร็งทุกชนิด
Polychlorinated dibenzofurans	ข้อมูลไม่เพียงพอ	3	มะเร็งทุกชนิด

ที่มา: 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

การปลดปล่อยสิ่งคุกคาม/มลพิษจากเตาเผา

เตาเผามูลฝอยชุมชนทุกชนิดก่อให้เกิดกากของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเผา กากของเสียที่เกิดจากการเผาสามารถอยู่ในรูปแบบของก๊าซที่ระบายออกจากปล่อง (stack gas emission) โดยจะเข้าสู่บรรยากาศ ส่วนกากเถ้าหนัก เถ้าลอย จะถูกนำไปกำจัดที่สถานที่ฝังกลบ นอกจากนี้ เมื่อมีการใช้น้ำในกระบวนการทำความสะอาดเตาเผาก็อาจมีการปลดปล่อยกากของเสียลงไปแหล่งน้ำได้ด้วยเช่นกัน

กากของเสียที่เกิดขึ้นจากการเผาอาจปนเปื้อนด้วยสารเคมี รวมถึงสารเคมีอันตราย ตัวอย่างเช่น เตาเผาขยะชุมชน (MSW incinerators) ที่ไม่มีการคัดแยกขยะ เมื่อเผาขยะมูลฝอยอาจจะก่อให้เกิดการแพร่กระจายของสารอันตราย การเผาขยะมูลฝอยอาจทำให้สารเคมีบางตัวยังคงอยู่ในรูปเดิม แต่บางตัวถูกเปลี่ยนไปเป็นสารเคมีชนิดใหม่ ตัวอย่างเช่น การเผาจะไม่สามารถทำลายโลหะหนักได้แต่กลับจะทำให้มีความเข้มข้นมากขึ้นในกากของเสียที่เหลืออยู่ โลหะหนักอาจยังคงรูปเดิมในระหว่างการเผา หรืออาจทำปฏิกิริยาและเกิดเป็นสารประกอบตัวใหม่ขึ้น เช่น โลหะออกไซด์ คลอไรด์ หรือฟลูออไรด์ เป็นต้น (Dempsey and Oppelt, 1993)

สารมลพิษที่ปล่อยออกมาระหว่างการเผาขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของขยะมูลฝอย เช่น การเผา chlorinated organic compounds จะก่อให้เกิด hydrogen chloride (HCl) และต่อมาทำให้เกิดสารไดออกซิน (dioxins) ขณะเดียวกันมาตรฐานทางด้านเทคนิคกระบวนการเผา รวมทั้งเทคโนโลยีอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมสารมลพิษก็ส่งผลต่อมลพิษที่เกิดจากเตาเผาด้วยเช่นกัน (EEA, 2000) อย่างไรก็ตาม ไม่ว่าจะใช้เทคโนโลยีควบคุมมลพิษใดก็ตามการเผาทุกประเภทจะมีผลทำให้เกิดการปลดปล่อยสารพิษไว้ในขี้เถ้า และสารมลพิษที่เกิดขึ้นในรูปของก๊าซ/ฝุ่นละอองที่เข้าสู่บรรยากาศ เช่น Dioxins ก๊าซต่างๆ เช่น ไนโตรเจนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ออกไซด์ ไฮโดรเจนคลอไรด์ ไฮโดรเจนฟลูออไรด์ รวมถึงคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นการควบคุมมลพิษที่เกิดจากเตาเผาจึงให้ความสำคัญต่อประเด็นมลพิษอากาศเป็นหลัก เนื่องจากสามารถแพร่กระจายเข้าสู่บรรยากาศและมนุษย์สามารถรับสัมผัสผ่านการหายใจได้โดยตรง ทำให้หลีกเลี่ยงการรับสัมผัสได้ยาก นอกจากนี้ยังให้ความสำคัญกับกากของเสียที่มีสารพิษปนเปื้อนซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของประชาชน

2.1.1 การปล่อยสารมลพิษทางอากาศ

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยสารมลพิษทางอากาศ ส่วนใหญ่จะเน้นที่ไดออกซินและสารโลหะหนักที่เป็นพิษบางตัว โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) สารประกอบอินทรีย์ (Organic compounds)

- **ไดออกซิน (Dioxins)**

Polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs) และ Polychlorinated dibenzofuran (PCDFs) เป็นกลุ่มของสารเคมีที่เรียกกันว่า Dioxins กลุ่มของ PCDD/Fs มีมากกว่า 200 ชนิด โดย 2,3,7,8-TCDD เป็นชนิดที่รู้จักกันดีและเป็นชนิดที่มีความเป็นพิษร้ายแรงมาก สารชนิดนี้เป็นสารเคมีที่รู้กันว่ามีพิษสูงสุดและเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ ไดออกซินเป็นสารพิษที่คงทนยาวนานในสิ่งแวดล้อม และสะสมในสิ่งมีชีวิต (bioaccumulative) ความเป็นพิษของไดออกซินและฟิวแรนแต่ละตัวจะผันแปรตามปริมาณของสารนั้น ไดออกซินเป็นผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตและกระบวนการเผาไหม้ต่างๆ โดยเฉพาะมูลฝอยที่มีสาร Chlorine หรือสารเคมีที่ได้มาจาก Chlorine เป็นองค์ประกอบ ข้อมูลงานวิจัยได้แสดงว่า ขณะที่ไดออกซินถูกทำลายใน Combustion Zone ของเตาเผา สามารถจะเกิดใหม่ได้ใน Post-Combustion Zone โดยกระบวนการที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของเตาเผา (Blumenstock et al, 2000 Huang and Buekens, 1995 Fangmark et al, 1994) ในระหว่างปี 1980 - 1990 การเผาขยะชุมชนมักจะถูกระบุว่าเป็นแหล่งที่ปล่อยสารไดออกซินเข้าสู่บรรยากาศ เช่น Dutch government organization RIVM ได้ประมาณไว้ว่า

ในประเทศเนเธอร์แลนด์ปี 1991 มีการปล่อย ไดออกซินจากการเผาขยะเข้าสู่บรรยากาศ 79% ในประเทศอังกฤษ ปี 1995 มีการปล่อยไดออกซินจากเตาเผาขยะชุมชนเข้าสู่บรรยากาศ 53-82% ส่วนในประเทศสหรัฐอเมริกามีการปล่อยไดออกซินจากเตาเผา 37% (Pastorelli et al,1999)

ข้อมูลที่สรุปจาก 15 ประเทศ แสดงให้เห็นว่า ในปี 1995 ประมาณ 50% ของไดออกซินที่ระบายเข้าไปในอากาศเกิดจากการเผา (Fiedler, 1999) การเผาขยะชุมชนถูกระบุว่าเป็นแหล่งปล่อยสารไดออกซินออกสู่อากาศในสัดส่วนที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับเตาเผาประเภทอื่น (Alcock et al, 1998) ข้อมูลจากบัญชีรายการทั่วโลกของ 15 ประเทศ Fiedler (1999) ให้ข้อสังเกตว่าการเผาทุกประเภทในปี 1995 เป็นแหล่งปล่อยไดออกซินที่สำคัญในหลายประเทศ ซึ่งรวมถึงเตาเผาขยะชุมชน (MSW incinerators) เตาเผาขยะอันตราย (hazardous waste incinerator) เตาเผาตะกอนน้ำเสียชุมชน (sewage sludge incinerators) เตาเผาเศษไม้ (waste wood incinerators) และเตาเผาศพ (crematoria) ดังจะเห็นได้จากตัวอย่างของประเทศอังกฤษที่มีการปล่อยสาร PCDD/F จากการเผาขยะมูลฝอยแต่ละชนิด ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ค่าประมาณของการระบาย PCDD/F ของประเทศอังกฤษ

กระบวนการ	1997 พิสัย / ค่าล่าง (g TEQ/ปี)	1998 พิสัย / ค่าบน (g TEQ/ปี)
การเผาขยะชุมชน	122	199
การเผาขยะสารเคมี (10 แห่ง)	0.02	8.7
การเผาขยะติดเชื้อ (5 แห่ง)	0.99	18.3
การเผาตะกอนน้ำเสียชุมชน (5 แห่ง)	0.001	0.37
อุตสาหกรรมซีเมนต์ (5 แห่ง)	0.29	10.4
การเผาศพ	1	35
การเผาถ่าน (สะอาด)	2	18
การเผาถ่าน (บำบัด)	1	15

หมายเหตุ: การระบาย dioxins ทั้งหมดจากทุกแหล่ง พิสัย/ล่าง 219 และ พิสัย/บน 663 g TEQ/ปี
ที่มา: Alcock et al, 1998

ประเทศเกาหลีรายงานว่า ปัจจุบันยังมีการใช้งานเตาเผารวม 10 แห่ง (Shin et al,1998) พบว่า ค่าไดออกซินดังกล่าวมีค่าผันแปรมากในเตาเผาแต่ละแห่ง โดยก๊าซไดออกซินที่ปล่อยจากปล่อง จะมีค่า 0.07 – 27.9 Ng TEQ/Nm^3

ประเทศญี่ปุ่นได้รายงานผลการตรวจวัดแบบ point measurements จากเตาเผาขยะอุตสาหกรรมจำนวน 9 แห่ง (Yamamura et al., 1999) ไดออกซินที่ระบายเข้าสู่อากาศ ของเตาเผา 2 แห่งมีค่าต่ำกว่า 0.1 Ng l-TEQ/Nm3 แต่อีก 6 แห่ง มีค่าสูงกว่าเกณฑ์นี้ (0.13 – 4.2 Ng l-TEQ/Nm^3) เตาเผาซีเมนต์ในประเทศสหรัฐอเมริกาที่เดินเครื่องโดยใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง พบว่า ปล่อยไดออกซิน 0.00133 – 3.0 ng l-TEQ/dscm (Schrieber และ Evers, 1994)

ผลกระทบต่อสุขภาพ

พิษเฉียบพลัน ความเป็นพิษต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (หนูและกระต่าย) ไม่ทำให้เกิดอาการพิษหรือตายอย่างทันที แต่จะค่อยเพิ่มความรุนแรงจนถึงตายได้ อาการเฉียบพลันที่ปรากฏ คือ ทำให้เกิดโรคผิวหนังที่เรียกว่า Chloraone โดยมีรายงานการเกิดอาการนี้ในคนที่ได้รับการปนเปื้อนสารไดออกซินที่อิตาลี ไต้หวัน และญี่ปุ่น

พิษเรื้อรัง ทำให้น้ำหนักตัวลดลง เกิดความผิดปกติที่ตับ และเกิดอาการโรคผิวหนังอักเสบ

สถาบันวิจัยมะเร็งระหว่างชาติได้จัดให้สารไดออกซิน/ฟิวแรน เป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ จากการที่มีข้อมูลทางระบาดวิทยายืนยัน และจากการศึกษาระยะยาวในสัตว์ทดลองพบว่า สารนี้ทำให้เกิดมะเร็งหรือเนื้องอกในอวัยวะต่างๆของหนู โดยเฉพาะอย่างยิ่งในตับ และยังพบว่าสารนี้ทำให้เกิดเป็นเนื้องอกในอวัยวะต่างๆ ของหนูได้เช่น ลิ้นแผ่นกั้นช่องจมูกเพดานปากส่วนแข็ง ต่อมไทรอยด์ ชั้นนอกของต่อมหมวกไต ชั้นใต้ผิวหนัง และปอดต่อมไทรอยด์ เป็นตำแหน่งไวที่สุดที่ทำให้เกิดมะเร็งในหนู อย่างไรก็ตามการศึกษากลไกของการเกิดมะเร็งพบว่า สารไดออกซิน/ฟิวแรน ไม่ใช่สารก่อเซลล์มะเร็งโดยตรง (tumor initiator) หรือถ้าเป็นก็มีฤทธิ์เพียงเล็กน้อยเท่านั้นแต่เป็นสารสนับสนุนการเกิดมะเร็ง (tumor promotor) ที่มีความรุนแรงมากที่สุด

ความเป็นพิษต่อระบบประสาท มีรายงานว่าเกิดโรคระบบประสาทในคนงานที่ได้รับสารนี้จากการหกรดหรือปนเปื้อนในอุตสาหกรรม โดยมีอาการกล้ามเนื้อมือเสื่อม ไม่มีกำลัง มีการแสดงอาการโรคประสาท เช่น การสูญเสียความรับรู้บนเส้นประสาทปลายมือ และปลายเท้าอ่อนเพลีย เป็นต้น สำหรับหนูทดลองพบว่าขาหน้าไม่มีแรงในการจับยึดเดินหมุนเป็นวง ไม่สามารถไต่กรงได้และความรับรู้ผิดปกติ

ความเป็นพิษต่อภูมิคุ้มกัน การศึกษาทางระบาดวิทยาของคนพบว่า มีการเปลี่ยนแปลงของระดับภูมิคุ้มกันบางชนิดในบางกลุ่มคนที่ได้รับสารไดออกซินจากอุบัติการณ์การปนเปื้อน เช่น ที่อิตาลี และที่รัฐมิสซูรี่ สหรัฐอเมริกา

ความผิดปกติต่อการสืบพันธุ์ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนในกระแสเลือดซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ทดลองและปริมาณของสาร ทำให้เกิดความผิดปกติของระบบสืบพันธุ์ของสัตว์เพศผู้และเพศเมีย ลักษณะทั่วไปในเพศเมียคือ การผสมติดของสัตว์ลดลงหรือไม่สามารตั้งท้องได้จนครบกำหนด จำนวนลูกต่อครอกลดลง การทำงานของรังไข่ผิดปกติหรือไม่ทำงาน วงจรของระดูหรือการเป็นสัดผิดปกติ และมีเนื้อเยื่อบุมดลูกเจริญเติบโตภายนอกมดลูก

ความผิดปกติในทารก จากการศึกษาสัตว์ทดลองตัวเมียและผลการศึกษาทางระบาดวิทยาของคนที่ประเทศญี่ปุ่นและไต้หวัน พบว่า สารนี้มีความเป็นพิษต่อการพัฒนาตัวอ่อนหรือทารก ซึ่งมีผลกระทบ 3 รูปแบบ คือ 1) ทำให้ตัวอ่อน/ทารกผิดปกติและตายก่อนครบกำหนด 2) ทำให้ทารกมีโครงสร้างผิดปกติ 3) ทำให้การทำงานของอวัยวะและเนื้อเยื่อบางชนิดผิดปกติ

- **Polychlorinated Biphenyls (PCBs)**

สารกลุ่ม PCBs เป็นสารประกอบอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ (chlorinated hydrocarbon) มีโครงสร้างโมเลกุลที่แตกต่างกันถึง 209 โครงสร้าง ประมาณครึ่งหนึ่งได้พบในสิ่งแวดล้อม PCBs เป็นสารที่คงทนยาวนาน มีพิษและสะสมในสิ่งมีชีวิตคล้ายๆกับไดออกซิน อาจสะสมในไขมันของสัตว์และมนุษย์ จากการศึกษาเตาเผาขยะชุมชนในประเทศญี่ปุ่น ในปี 1992 พบว่าการระบายของสาร PCBs มีค่าเฉลี่ย (1.46 ng TEQ/m^3) มีค่าสูงกว่าค่าแนะนำ (0.5 ng TEQ/Nm^3) การศึกษาได้สรุปว่าเตาเผาขยะเป็นแหล่งกำเนิดของ PCB ที่ปนเปื้อนในมนุษย์ อาหาร และสิ่งแวดล้อม (Miyata et al, 1994)

ผลกระทบต่อสุขภาพ

ความเป็นพิษของสาร PCBs ในคน เช่น การระคายเคืองต่อตา อาการเซื่องซึม ปวดศีรษะ เจ็บคอ ผิวหนังและเล็บคล้ำ ผิวหนังหนาและหยาบกร้าน โดยทั่วไปการเปลี่ยนแปลง ของผิวหนังจะเกิดบริเวณใบหน้า ลำคอ และลำตัวท่อนบน ในรายที่เป็นมากจะเป็นทั่วร่างกาย นอกจากนี้อาจเกิดฝีหรือตุ่มเล็กๆ เรียกว่า “Chloracne” สำหรับเด็กที่เกิดจากมารดามารดาที่ได้รับสาร PCBs จะมีน้ำหนักน้อยและเม็ดสีในร่างกายผิดปกติ

นอกจากนี้ จากการทดลองในสัตว์พบว่า สาร PCBs ไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน แต่อาการจะเกิดขึ้นเมื่อรับเข้าไปสะสมไว้นาน อาการที่เกิดขึ้น อาทิน้ำหนักลด ตับโต ก่อให้เกิดมะเร็งในตับของหนูเมื่อหนูได้รับสารทางการกินวันละ 4.3-11.6 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม เป็นเวลา 21 เดือน

- **Chlorinated Benzenes**

ที่เกิดขึ้นในเตาเผาอยู่ในรูปของ chlorinated phenols (Wikstrom et al,1999) สารเคมีเหล่านี้ถูกปล่อยในรูปของก๊าซที่ออกจากปล่องเตาเผา (Wilken et al, 1993) การเกิด hexachlorobenzene (HCB) ที่ซึ่งเป็นสารที่คงทนยาวนาน เป็นพิษ และสะสมในสิ่งมีชีวิต สารนี้เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ พืช สัตว์และมนุษย์ ถูกใช้ในการผลิตยาฆ่าแมลงและวัชพืชกันอย่างแพร่หลาย

ผลกระทบต่อสุขภาพ

IARC ได้จัดสารตัวนี้ไว้ในกลุ่ม 2B Carcinogen นั่นคืออาจทำให้เกิดโรคมะเร็งในมนุษย์ และเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดเนื้องอก HCB อาจเป็นอันตรายต่อการพัฒนาการของทารกในครรภ์ ตับ ระบบภูมิคุ้มกัน ไทรอยด์ ไต และ CNS โดยตับและระบบประสาทเป็นอวัยวะที่ไวที่สุดในการเกิดผลกระทบ(ATSDR 1997, Newhook และ Meek,1994)

- **Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)**

สารเหล่านี้เป็นกลุ่มของสารประกอบที่เป็นผลพลอยได้ที่เกิดจากการเผาไหม้สารประกอบอินทรีย์ที่ไม่สมบูรณ์ สารเหล่านี้บางตัวเป็นสารที่คงทนยาวนาน เป็นพิษและสะสมในสิ่งมีชีวิต บางตัวเป็นสารก่อมะเร็ง PAHs จะถูกปล่อยจากปล่องของเตาเผาในรูปของก๊าซ (Yasuda และ Takahashi, 1998 Magagni et al, 1991) ส่วนประกอบของขยะ อุณหภูมิ และปริมาตรอากาศส่วนเกินในการเผาไหม้ระหว่างกระบวนการเผาจะเป็นตัวกำหนดปริมาณของ PAHs ที่ปล่อยออกจากเตาเผาสาร PAHs จะถูกปล่อยเข้าสู่อากาศในปริมาณสูงในช่วงที่เตาเผาเริ่มเดินเครื่อง (Yasuda และ Takahashi et al,1998) การตรวจวัดปล่อยสาร PAH จากเตาเผาพบว่า มีค่า 0.02 – 12 mg/Nm3 (Marty, 1993)

ผลกระทบต่อสุขภาพ

PAHs เป็นสารที่มีความเป็นพิษเฉียบพลันต่ำในมนุษย์ การได้รับแบบเรื้อรังอาจทำให้เกิดความเป็นพิษต่อระบบต่างๆของร่างกายได้ แต่อาการไม่รุนแรงนัก ซึ่งความเป็นพิษที่สำคัญของ PAHs บางกลุ่ม คือ ความสามารถในการก่อมะเร็งในอวัยวะหลายชนิด

PAHs เข้าสู่ร่างกายได้หลายวิธี ทั้งโดยการกินอาหารที่ ปนเปื้อน PAHs สูดดมไอระเหยหรือเขม่าควันไฟที่มี PAHs ผสมอยู่ หรือโดยการสัมผัสทางผิวหนัง ผลการทดลองในสัตว์ทดลอง พบว่าเมื่อสัตว์ทดลองได้รับสัมผัสสาร PAHs โดยการสูดดมและการกินจะแพร่ไปยังปอด ตับ ไต และทางเดินอาหาร อย่างไรก็ตาม ระบบการทำงานของร่างกายมนุษย์ที่มีสุขภาพปกติโดยทั่วไป จะสามารถขับสารเคมีที่เข้าสู่ร่างกายออกทางน้ำดี เหงื่อ ปัสสาวะ อุจจาระ และมีการหมุนเวียนระหว่างลำไส้และตับได้ ทั้งนี้ ในบางกรณีที่ระบบการทำงานของร่างกายมีความผิดปกติ จะไม่สามารถขับของเสียและสิ่งเจือปนหรือแปลกปลอมได้ตามปกติ หรือหากได้รับการกระตุ้นจากสิ่งเจือปนหรือแปลกปลอม รวมทั้งสภาพแวดล้อมที่มีภาวะมลพิษเป็นระยะเวลานาน ก็มีโอกาสที่สารเคมีที่ได้รับจะแพร่ไปยังทารกในครรภ์หรือทำให้ประสิทธิภาพในการซ่อมแซมตนเองของเซลล์พันธุกรรมเกิดความบกพร่อง ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้เกิดโรคมะเร็งได้เช่นกัน

- **Volatile Organic Chemicals (VOCs)**

การศึกษาสารระเหยอินทรีย์ (VOCs) ที่ปล่อยจากปล่องเตาเผาขยะชุมชน พบว่ามีสารประกอบ VOC ทั้งหมดประมาณ 250 ชนิด ซึ่งมีปริมาณตั้งแต่ 0.05 – 100 mg/m^3 สารประกอบที่มีพิษร้ายแรงและก่อให้เกิดมะเร็ง เช่น benzene และ substituted phenols (Jay and Stieglitz,1995) โดย Leach et al (1999) ได้ชี้ว่า กระบวนการที่ทำให้เกิด VOCs ในปริมาณสูงนั้น มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากเมื่อรวมตัวกับไนโตรเจนออกไซด์และเมื่อทำปฏิกิริยากับแสงแดด จะทำให้เกิด Photochemical Oxidants (โอโซน และ peroxyacyl nitrates) ที่เป็นอันตรายต่อคุณภาพอากาศในบรรยากาศ

ผลกระทบต่อสุขภาพ

สาร VOCs หลายชนิดทำให้ระบบภูมิคุ้มกันถูกรบกวนหรือทำลาย ศักยภาพในการป้องกันโรคการติดเชื้อจะลดและพร่องลงจากเดิม เช่น ในการศึกษาในประชากร 302 คน (อายุ 40-59 ปี) ที่ Aberdeen, North Carolina และบริเวณ ใกล้เคียง โดยการตรวจเลือด ตรวจผิวหนัง และสัมภาษณ์ พบว่ามีสาร Dichlo ethylene (DCE) ในเลือด ในคนที่อยู่ใกล้ที่ทิ้งขยะพบสารเคมีพิษ (pesticide dump sites) ในระดับเฉลี่ย 4.05 ppb เทียบกับระดับเฉลี่ย 2.95 ppb (p=0.01) กลุ่มควบคุมที่อยู่ใกล้มากกว่ายิ่งมีระดับ DCE สูงกว่า ยิ่งอยู่ในบริเวณนานๆยิ่งได้รับมากขึ้น

การได้รับสาร VOCs จะทำให้เกิดอาการทางการกดประสาทหลายอย่าง เช่น การง่วงนอน วิงเวียนปวดศีรษะ ซึมเศร้า หรือหมดสติได้ ในการทดลองกับหนูพุกขาวและหนูถีบจักรพบว่า การได้รับ 1,1,1-trichloroethane (TRI) 5000 ppm ทางลมหายใจนาน 40 นาที ทำให้การส่งกระแสประสาทผิดปกติได้ หนูมีการเรียนรู้สิ่งเร้าในสิ่งแวดล้อมลดลง ในกลุ่มช่างทำรองเท้า ซึ่งได้รับสาร VOCs จากการหายใจสารตัวทำละลายสีหรือน้ำยาทำรองเท้า เช่น dichloromethane, n-hexane, plastic compounds, isocyanates และ polyvinyl chloride เป็นประจำ มักจะมีอาการทางประสาทคือ ปวดศีรษะ (65%), จิตใจกังวล (53%), รู้สึกคันที่ขาและเท้า (46%), เจ็บตา (43%), หายใจลำบาก และมีอาการรวมหลายอย่าง (1.1-3.5%) ในคนตั้งครรภ์ มีการศึกษาในหญิงตั้งครรภ์จำนวน 14,000 คนใน Bristol, U.K. ที่ใช้สเปรย์ปรับอากาศ (aerosols) เป็นประจำ ในเลือดพบสาร VOCs เช่น Xylene, ketones และ aldehydes ค่อนข้างสูง และประชาการเหล่านี้ จะมีอาการหลายอย่าง เช่น 25% ปวดศีรษะ, 19% มีอาการซึมเศร้าหลังคลอด, เด็กที่คลอดออกมาแล้วมักมีอาการท้องเสียบ่อยกว่าเด็กกลุ่มอื่น 22% นอกจากนี้สาร VOCs อาจมีผลกระทบต่อสุขภาพระบบอื่นๆ ได้แก่ ระบบพันธุกรรม ระบบฮอร์โมน ระบบสืบพันธุ์ ระบบประสาท อาจทำให้เกิดโรคมะเร็งบางชนิดได้ และโรคทางระบบสืบพันธุ์ เช่น เป็นหมัน ความพิการของเด็ก เป็นต้น

2) โลหะหนัก (Heavy Metals)

- **สารหนู (As)**

สารหนูในรูปธาตุบริสุทธิ์ (elemental form) เป็นโลหะสีเทาเงิน มันวาว ค่อนข้างเปราะ สารประกอบของสารหนู (amorphous form อาจมีสีเหลือง หรือดำ) ส่วนใหญ่อยู่ในรูปผงหรือผลึกซึ่งไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส บางครั้งอาจอยู่ในรูปผงสีเทาดำ ผิวที่มันวาวเมื่อสัมผัสกับออกซิเจนจะเป็นสีดำด้าน ส่วน arsenic trichloride และ arsenic acid มีลักษณะเป็นของเหลวคล้ายน้ำมัน ความดันไอต่ำมาก ประมาณ 1 mmHg (ที่อุณหภูมิ 372 องศาเซลเซียส) น้ำหนักอะตอม 74.92 มีวาเลนซีที่สำคัญคือ 3 (trivalent arsenic, As III) และ 5 (pentavalent arsenic, As V)

สารหนูพบได้ในหลายรูปแบบ ได้แก่ ในรูปธาตุบริสุทธิ์ (elemental arsenic) สารประกอบเกลือ อนินทรีย์ของสารหนู (inorganic salts) และสารประกอบเกลืออินทรีย์ของสารหนู (organic salts) สาร

หนูในรูปของธาตุบริสุทธิ์ มีความเป็นพิษน้อยกว่าในสารหนูในรูปสารประกอบ ความเป็นพิษเฉียบพลันยังขึ้นกับวาเลนซีอีกด้วย กล่าวคือ สารหนูวาเลนซี 3 มีความเป็นพิษสูงที่สุด สามารถละลายในไขมันได้ดี ดูดซึมผ่านผิวหนังได้ดีและจับกับ sulfhydryl groups ได้ดี ส่วนสารหนูวาเลนซี 5 แม้มีความเป็นพิษน้อยกว่า เพราะความสามารถในการละลายต่ำกว่า แต่เมื่อเข้าสู่ร่างกายแล้ว จะถูกเปลี่ยนเป็นสารหนูวาเลนซี 3 และถูกดูดซึมในทางเดินอาหารได้

ผลกระทบต่อสุขภาพ

อาการทางคลินิก พิษของสารหนูอนินทรีย์จากการกิน มักเป็นชนิดวาเลนซี 3 ซึ่งละลายน้ำได้ดี เมื่อถูกกรดจะเกิดเป็นแก๊สพิษอาร์ซีน (arsine) ซึ่งระคายเคืองมาก และทำให้อาการพิษรุนแรงขึ้น ส่วนสารหนูชนิดสารประกอบอินทรีย์ซึ่งอยู่ในอาหารทะเล ไม่ถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย จะถูกขับออกทางอุจจาระ จึงไม่เกิดพิษ อวัยวะเป้าหมายของสารหนูคือ ทางเดินอาหาร หัวใจ สมอง และไต รองลงมาคือ ไขกระดูก ม้าม และระบบประสาทส่วนปลาย (peripheral nervous system)

พิษเฉียบพลัน หากรับสัมผัสทางการหายใจ จะทำให้ระคายเคืองเยื่อบุทางเดินหายใจส่วนต้น อาจเริ่มจากอาการไอ เจ็บคอ หายใจลำบาก ในรายที่เป็นรุนแรงอาจเกิดคออักเสบ (pharyngitis) ปอดบวมน้ำ (pulmonary edema) อาจถึงขั้นระบบหายใจล้มเหลว (respiratory failure) นอกจากนี้ยังเกิดพิษแบบ systemic ได้ด้วย หากรับสัมผัสทางผิวหนัง จะทำให้ระคายเคือง และกัดกร่อนผิวหนัง เกิดผื่นผิวหนังอักเสบ (dermatitis) กรณีสารหนูวาเลนซี 3 ซึ่งละลายในไขมันได้ดี จะถูกดูดซึมผ่านผิวหนัง ทำให้เกิดพิษแบบ systemic ได้ด้วย

หากสัมผัสถูกตา จะทำให้ระคายเคือง และกัดกร่อนอย่างมาก ทำให้เกิดเยื่อบุตาอักเสบ (conjunctivitis) มีอาการคันตา แสบตา น้ำตาไหล อาจมีอาการตาสู้แสงไม่ได้ หรือมองภาพไม่ชัดตามมาได้

หากรับสัมผัสทางการกิน จะเกิดอาการแสบริมฝีปาก ลมหายใจมีกลิ่นคล้ายกระเทียม รู้สึกตีบภายในลำคอ กลืนลำบาก ต่อมามีอาการปวดท้อง คลื่นไส้ อาเจียนพุ่ง ถ่ายอุจจาระเป็นเลือด หรือเป็นสีเหมือนน้ำซาวข้าว อาการดังกล่าวเกิดได้ภายใน 30 นาที หรือเป็นชั่วโมง นอกจากนี้ยังเกิดพิษแบบ systemic ได้ด้วย (กล้ามเนื้อเป็นตะคริว ผิวหนังเย็นชื้น มีอาการสูญเสียน้ำและเกลือแร่ หรือสูญเสียเลือด อาจถึงขั้นช็อกได้ เมื่อตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ อาจพบลักษณะหัวใจเต้นเร็วรายที่เป็นรุนแรง อาจโคม่า ชัก และเสียชีวิตได้ภายใน 24 ชั่วโมงในรายที่พ้นช่วงวิกฤต อาจมีความผิดปกติของเส้นประสาทส่วนปลาย)

พิษเรื้อรัง อาการที่พบได้บ่อยคือ ผลต่อระบบผิวหนัง ได้แก่ ผิวหนังหนาแข็ง (hyperkeratosis) หรือมีลักษณะ raised punctuate หรือ verrucous มักพบที่ฝ่ามือฝ่าเท้า ซึ่งเรียกว่า “Arsenical keratoses” บางรายเกิดเป็นแผลเรื้อรัง หรือก้อนที่ผิวหนัง ซึ่งอาจเป็นรอยโรคมะเร็งผิวหนังชนิดต่างๆได้ (เช่น Bowen disease, basal cell carcinoma, squamous cell carcinoma) นอกจากนี้ยังพบลักษณะผิวหนังสีเข้มขึ้น (hyperpigmentation) มักเห็นเป็นสีคล้ายทองแดง (bronze) กระจายโดยทั่ว สลับด้วยหย่อมของสีผิวที่อ่อนกว่าปกติ เล็บอาจมีลักษณะเปราะ และมีขีดขาวที่เล็บ (เรียกว่า Mee’s line) อาจมีผมร่วงได้

ผลต่อระบบประสาท คือ มีอาการชาจากความผิดปกติของเส้นประสาท (peripheral neuritis and neuropathy) ในรายที่เป็นมาก อาจมีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงร่วมด้วย

ผลต่อระบบอื่นๆ ได้แก่ ตับโต ดีซ่าน ไตวาย อาจทำให้กล้ามเนื้อหัวใจอักเสบ (myocarditis) มีผลต่อระบบโลหิต โลหิตจาง (เกิดภาวะ pancytopenia, aplastic anemia, leukemia) นอกจากนี้มีรายงานว่า

ทำให้หลอดเลือดส่วนปลายหดตัว (vasospasm) และเนื้อตาย (gangrene) เรียกว่า “black foot disease” ซึ่งเคยพบในผู้รับสัมผัสสารหนูจากสิ่งแวดล้อม

สารหนูมีคุณสมบัติเป็นสารก่อกลายพันธุ์ สารก่อลูกวิรูป (fetotoxicity) และก่อมะเร็งผิวหนัง มะเร็งปอด มะเร็งเม็ดเลือดขาว (leukemia) มะเร็งต่อมน้ำเหลือง (lymphoma) และมะเร็งหลอดเลือดของตับ (angiosarcoma of liver)

สารหนูสามารถผ่านรกได้ ทำให้เกิดผลต่อทารกในครรภ์ ทารกมีภาวะน้ำหนักแรกคลอดน้อย หรือเกิดความผิดปกติในครรภ์ได้ (congenital abnormalities)

- **แคดเมียม (Cd)**

แคดเมียมเป็นวัตถุโลหะที่มีคุณสมบัติทนทานต่อการผุกร่อน อ่อนงอได้ง่าย ใช้ผสมกับโลหะชนิดอื่นๆ เพื่อเพิ่มความคงทนและนำมาใช้ในขบวนการผลิตในอุตสาหกรรมหลาย ประเภท เช่น อุตสาหกรรมรถยนต์ เครื่องบิน เรือยนต์ แบตเตอรี่ ทาสีน้ำมัน เป็นต้น

ผลกระทบต่อสุขภาพ

พิษเฉียบพลัน ผู้ที่ได้รับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายโดยการกินเข้าไปซึ่งอาจติดมากับภาชนะหรืออาหารจะทำให้เกิดอาการเฉียบพลันได้ภายใน 15 นาที ถึง 2 ชั่วโมง จะมีอาการ คลื่นไส้ อาเจียน น้ำลายไหล หรืออาจอาเจียนเป็นเลือด เป็นลมหรือช๊อค ต่อมาจะท้องเดิน ปวด ท้องอย่างรุนแรง และจะดีขึ้นภายใน 24 ชั่วโมง การได้รับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายทางการ หายใจเข้าไปในปริมาณมากก็เช่นเดียวกัน จะทำให้เกิดอาการระคายเคืองระบบหายใจ คอแห้ง ปวดศีรษะ คลื่นไส้ เหงื่อออกมาก ไข้สูง หลอดลมอักเสบ ไอ เหนื่อยหอบ แน่นหน้าอก ระบบทางเดินอาหารอักเสบ ปวดท้อง อาเจียน ท้องเดิน ถ่ายเป็นเลือด ไตอักเสบ และอาจถึงตายได้

พิษเรื้อรัง การได้รับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายที่ละน้อยแต่เป็นเวลานาน ๆ เกิด การสะสมภายในอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายจะทำให้เกิดอาการปวดตามข้อ ตามกระดูก ทั่วร่างกาย เพราะแคลเซียมในกระดูกจะถูกทำลาย ทำให้กระดูกผุกร่อนและหักง่าย โดยเฉพาะกระดูกเชิงกรานจะมีอาการปวดมาก จนเดินไม่สะดวกในบางรายกระดูกกร่อน จนกระทั่งความสูงลดลง หรือเรียกว่าโรคอิไตอิไต (itai itai) นอกจากนั้นยังทำให้เกิดอาการเบื่ออาหาร อ่อนเพลีย น้ำหนัก ลดลงอย่างรวดเร็ว ปัสสาวะข้นเป็นสีน้ำตาล หรือเป็นเลือด ไตถูกทำลาย และบางรายจะพบ วงแหวนสีเหลือง (Cadmiumring) ที่บริเวณเหงือก

- **ปรอท (Hg)**

ตะกั่ว (Pb) เป็นโลหะหนักมีสีเทาเงินหรือแกมน้ำเงินเกิดขึ้นตามธรรมชาติ ปัจจุบันอุตสาหกรรมหลายประเภทมีการใช้ตะกั่วเป็นวัตถุดิบเป็นจำนวนมาก การเข้าสู่ร่างกายของปรอทเกิดจากการหายใจเอาไอของโลหะปรอทเข้าไป การซึมเข้าทางผิวหนัง และโดยการกินเข้าไปทางปาก เมื่อปรอทเข้าสู่ร่างกายจะซึมเข้าสู่กระแสเลือดทำให้การทำงานของอวัยวะต่างๆ ถูกทำลายไป

ผลกระทบต่อสุขภาพ

พิษเฉียบพลัน มักเกิดจากอุบัติเหตุโดยการกลืนกินสารปรอทเข้าสู่ร่างกาย หรือได้รับไอหรือฝุ่นของสารปรอทโดยการสูด หายใจเข้าไปในปริมาณสูงทันที ซึ่งปริมาณปกติที่ได้รับเข้าสู่ร่างกายและทำให้คนตายได้ โดยเฉลี่ยประมาณ 0.02 กรัม อาการที่เกิดจากการกลืนกินปรอท ได้แก่ อาเจียน ปากพอง แดงไหม้ อักเสบ และเนื้อเยื่ออาจหลุดออกมาเป็นชิ้นๆ มีเลือดออก ปวดท้องอย่างแรง เนื่องจากปรอทกัดระบบทางเดินอาหาร มีอาการท้องร่วงรุนแรง อุจจาระเป็นเลือด เมื่อเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือด จะทำลายไต ทำให้ปัสสาวะไม่ออกหรือปัสสาวะเป็นเลือด

พิษเรื้อรัง อาการเรื้อรัง ผู้ป่วยที่ได้รับสารปรอทเข้าสู่ร่างกายทีละน้อย เกิดการสะสมในระยะเวลานาน และมีปริมาณมากขึ้นจนร่างกายแสดงอาการผิดปกติ โดยจะรู้สึก อ่อนเพลีย เบื่ออาหาร เหงือกและปากอักเสบ มีอาการสั่นกระตุกที่มือ แขน ขา ใบหน้า เป็นอันตรายต่อระบบประสาทส่วนกลาง สมองและไต

- **นิกเกิล (Ni)**

นิกเกิลเป็นธาตุชนิดหนึ่ง มีลักษณะเป็นโลหะแข็งสีเงินวาว นิกเกิลมีความสามารถในการก่อให้เกิดผื่นแพ้สัมผัสได้มาก และสารประกอบของนิกเกิล ยังก่อให้เกิดมะเร็งปอด มะเร็งโพรงจมูกและไซนัส ได้ด้วย สารประกอบของนิกเกิลที่มีพิษมากที่สุดคือนิกเกิลคาร์บอนิล (nickel carbonyl) มีฤทธิ์ทำให้คลื่นไส้อาเจียน เวียนศีรษะ ปวดศีรษะ และปอดบวมน้ำได้

การเข้าสู่ร่างกาย ในภาคอุตสาหกรรมนิกเกิลเข้าสู่ร่างกายทางการหายใจมากที่สุด และสามารถเข้าสู่ร่างกายทางการกิน และทางผิวหนังได้บ้างการเข้าสู่ร่างกายทางการหายใจ โดยสูดเอา dust (insoluble nickel compound), aerosols (soluble nickel), gas (nickel carbonyl) อัตราการดูดซึมขึ้นอยู่กับความสามารถในการละลาย เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะสะสมที่ปอดและต่อมน้ำเหลืองเป็นส่วนใหญ่ และกระจายไปอวัยวะอื่นผ่านกระแสเลือด การขับออกจากร่างกาย ขับออกทางปัสสาวะ โดยค่าครึ่งชีวิตของนิกเกิลในซีรัมประมาณ 11 ชั่วโมง

ผลกระทบต่อสุขภาพ

พิษเฉียบพลัน อาการจากการสูดหายใจ โดยการสูดสารประกอบนิกเกิล อาจทำให้เกิดอาการระคายเคืองคอและมีอาการเสียงแหบ ในขณะที่การสูดดม nickel carbonyl จะทำให้เกิดผลต่อร่างกายทั้งระบบ อาการจากการสัมผัสทางผิวหนัง Nickel contact dermatitis จะมีอาการแสบร้อน ระคายเคือง และตามด้วยรอยโรคแบบ erythema and nodular eruption ซึ่งอาจจะแตกเป็นแผลเป็น eczema ได้ รอยโรคอาจจะกระจายไปยังบริเวณข้างเคียงที่เป็นพื้นที่เคลื่อนไหว โดยรอยโรคอาจจะมีสีคล้ำขึ้นหรือจางลงก็ได้ อาการจากการสัมผัสเมื่อเข้าตา โลหะนิกเกิล ทำให้เกิดการระคายเคืองดวงตาจาก mechanical injury ได้ อาการจากการสัมผัสทางการกิน การกินในปริมาณมากทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง และท้องเสียการกิน nickel carbonyl อาจทำให้มีอาการไอ หายใจไม่อิ่ม และเวียนศีรษะมีรายงานว่ามีการทำลายท่อไตส่วนต้น (proximal convoluted tubules) จากการกินสารประกอบนิกเกิล

พิษเรื้อรัง การสัมผัสฝุ่นนิเกิล (nickel dust) เป็นระยะเวลานาน จะทำให้เกิดอาการ eczematous dermatitis, asthma, Loefflar's syndrome (pulmonary eosinophilia) การระคายเคืองเยื่อบุจมูก และเกิดผนังจมูกทะลุ (nasal septum perforation) ในบางรายอาจสูญเสียการรับกลิ่น การสัมผัสแบบเรื้อรังเป็นสาเหตุของการเกิดมะเร็งในโพรงจมูก ไซนัส และปอดได้ องค์กร IARC กำหนดให้สารประกอบนิกเกิล (nickel compound) เป็นสารก่อมะเร็งสำหรับมนุษย์กลุ่มที่ 1 คือยืนยันแน่นอนว่าเป็นสารก่อมะเร็ง และกำหนดให้โลหะนิกเกิล (nickel metallic and alloy) จัดอยู่ในกลุ่มที่ 2B คืออาจจะเป็นสารก่อมะเร็ง

- **ตะกั่ว (Pb)**

ตะกั่วเป็นโลหะที่มีสีเงินแกมฟ้า ซึ่งสามารถพบได้ตามธรรมชาติ แต่เนื่องจากตะกั่วเป็นสารที่ส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อมนุษย์ การสัมผัส การสูดดม รวมถึงการใช้สินค้าต่างๆ ที่มีตะกั่วเจือปนอยู่ ทำให้เกิดความเสี่ยงที่มนุษย์จะได้รับตะกั่วเข้าสู่ร่างกายอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ตะกั่วจะไม่แสดงความเป็นพิษต่อมนุษย์ในทันที แต่จะสะสมในร่างกายมนุษย์และจะแสดงความเป็นพิษออกมาเมื่อตะกั่วได้สะสมอยู่ในร่างกายจนถึงขนาดแล้ว ซึ่งความเป็นพิษของตะกั่วจะส่งผลกระทบต่อมนุษย์ อย่างมากและรุนแรง ตะกั่วที่ใช้ใน

ภาคอุตสาหกรรมแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ สารประกอบอนินทรีย์ของตะกั่ว และสารประกอบอินทรีย์ของตะกั่ว ตะกั่วสามารถการเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ช่องทาง ได้แก่ ทางปาก ทางจมูกและทางผิวหนัง

ผลกระทบต่อสุขภาพ

พิษเฉียบพลัน ผู้ได้รับตะกั่วจะรู้สึกฝืดคอ มีกลิ่นโลหะในปาก กระหายน้ำ คอแห้ง ปวดแสบหน้าท้อง คลื่นไส้ อาเจียน โดยการอาเจียนจะมีลักษณะขาวขุ่นจากเลดคลอไรด์ ผู้ได้รับตะกั่วส่วนมากจะมีอาการท้องร่วงและส่วนน้อยท้องผูก อุจจาระมีเลือดหรือสีดำอันเนื่องมาจากเลดซัลไฟด์ ผู้ได้รับตะกั่วบางรายอาจเกิดอาการช็อค กล้ามเนื้อกระตุก อ่อนเพลีย เป็นตะคริว โดยเฉพาะที่ขาทั้งสองข้าง หรือมีอาการที่ระบบประสาทส่วนกลาง เช่น ปวดศรีษะ นอนไม่หลับ หรืออาจมีอาการผิดปกติที่ไร้สาเหตุ เช่น รู้สึกชา ซึมเศร้า ถึงขั้นโคม่าและเสียชีวิตได้ในที่สุด อาการที่รองลงไป ได้แก่ ภาวะไตเสื่อม ทำให้ปัสสาวะน้อยลงกว่าปกติ มีอัลบูมินและมีเลือดในปัสสาวะ เจ็บไต นอกจากนี้ จะมีการสลายตัวของเม็ดเลือดแดง อาจทำให้เสียชีวิตได้ภายใน 2-3 วัน

พิษเรื้อรัง ผู้ที่ได้รับตะกั่วอาจมีอาการทางระบบทางเดินอาหาร เช่น เบื่ออาหาร เหม็นเฝื่อนในลำคอ ตะคริวที่หน้าท้อง และอาการทางระบบประสาท เช่น ข้อมือตก เป็นอัมพาต ไม่มีแรง แต่ยังคงมีความรู้สึก อาการทางสมองหรือเยื่อหุ้มสมองอักเสบ อาการนี้พบน้อยในผู้ใหญ่ส่วนมากมักจะเกิดขึ้นกับเด็ก เช่นเด็กที่กำลังร่าเริงว่องไว อยู่ดีๆ ก็หมดสติ นานประมาณ 2-3 ชั่วโมง จากสถิติผู้ป่วยที่มีอาการทางสมอง บางรายเสียชีวิต ประมาณร้อยละ 25 ของผู้รอดชีวิตจะมีอาการทางประสาทอย่างถาวร

- **ทองแดง (Cu)**

ทองแดง (Copper) เป็นโลหะที่มีความหนาแน่น จุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูง พบได้ตามธรรมชาติทั้งในดิน หิน น้ำและอากาศ อาจอยู่ในรูปธาตุอิสระหรือสารประกอบ เช่น Cu_2O, Cu_2S, CuF, $CuSO_4$, $CuFeS_2$ เป็นต้น ทองแดงเป็นตัวนำความร้อนและนำไฟฟ้าที่ดีรองจากเงิน ปัจจุบันจึงมีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมหลายชนิดเช่น ใช้ผลิตลวด สายไฟ ท่อน้ำ นอกจากนี้ยังใช้เป็นสารเคมีทางการเกษตร สารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์รบกวนต่างๆ การทำสีย้อม เป็นต้น ส่งผลให้มีการแพร่กระจายของทองแดงสู่สิ่งแวดล้อมมากขึ้น ซึ่งเราอาจได้รับทองแดงจากการหายใจ การดื่มน้ำ การบริโภคอาหารในชีวิตประจำวัน ทองแดงมีความจำเป็นต่อร่างกายสิ่งมีชีวิตถ้าได้รับในปริมาณที่เหมาะสมกับร่างกาย โดยเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในกระดูกและกล้ามเนื้อ

ผลกระทบต่อสุขภาพ

การเกิดพิษขึ้นอยู่กับปริมาณที่ได้รับเข้าไป ช่องทางที่ได้รับและสภาพร่างกายของแต่ละบุคคล ทองแดงถูกดูดซึมได้ดีในกระเพาะอาหารและลำไส้ส่วนบน โดยซึมผ่านเข้าผนังลำไส้ไปที่ตับ จากนั้นจะรวมตัวกับน้ำดี แล้วถูกหลั่งออกมาบริเวณลำไส้ ขับออกไปกับอุจจาระ หรืออาจถูกดูดกลับเข้าสู่ร่างกายได้ 30% โดยไปสะสมที่กระดูก กล้ามเนื้อ ตับ สมอง และสะสมมากที่ตับและสมอง

พิษเฉียบพลัน เมื่อได้รับทองแดงในปริมาณมากจะทำให้เกิดความเป็นพิษต่อร่างกาย คือ คลื่นไส้ อาเจียน เกิดการอักเสบในช่องท้องและกล้ามเนื้อ ท้องเสีย การทำงานของหัวใจผิดปกติ กดระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายและอาจส่งผลให้เกิดความผิดปกติทางจิต

พิษเรื้อรัง อาการเรื้อรังจากการได้รับติดต่อกันเป็นเวลานาน และตับทำหน้าที่บกพร่อง ไม่สามารถขับทองแดงออกจากร่างกายได้ตามปกติ จึงทำให้มีการสะสมอยู่ในร่างกายเป็นปริมาณมาก ส่งผลให้เกิดความผิดปกติของร่างกาย หรือกลุ่มอาการ Wilson' Diseases คือ ร่างกายสั่นเทาอยู่ตลอดเวลา กล้ามเนื้อแข็งเกร็ง มีน้ำมูกน้ำลายไหล ควบคุมการพูดลำบาก

- **สังกะสี (Zn)**

สังกะสีเป็นโลหะที่แข็ง เปราะ เมื่อขัดจะมีความเป็นมันวาว และหมองได้ง่าย สังกะสีที่เป็นโลหะสังกะสีบริสุทธิ์ไม่มีพิษที่เป็นอันตรายต่อร่างกายและชีวิต นอกจากการได้รับเข้าสู่ร่างกายในปริมาณที่มากๆ ด้วยการกินหรือการสูดหายใจเอาไอ ฟูม หรือฝุ่น ส่วนสังกะสีคลอไรด์ จะทำให้เกิดการระคายเคือง อย่างรุนแรงต่อผิวหนัง หลอดลม เยื่อบุจมูก ตา สังกะสีออกไซด์ จะทำให้ เกิดอาการไข้ หนาวสั่น และที่ทำให้เกิดโรคผิวหนังได้แก่ สังกะสีซัลเฟต สังกะสีไซยาเนต เป็นต้น

ผลกระทบต่อสุขภาพ

อันตรายจากสังกะสีอาจทำให้เกิดอาการของโรคพิษสังกะสี โดยเมื่อร่างกายได้รับไอ ฟูม หรือฝุ่น ของโลหะสังกะสีเข้าไปปริมาณมาก จะทำให้เกิดอาการไข้ คลื่นไส้ อาเจียน ปวดศีรษะ ปวดกล้ามเนื้ออ่อนเพลีย กระหายน้ำ และส่วนใหญ่ อาการมักหายก่อน 48 ชั่วโมง ในคนงานที่ต้องทำงานสัมผัสสังกะสีตลอดเวลาร่างกายจะ เกิดความต้านทานขึ้น และจะหายไปอย่างรวดเร็วในวันหยุดจากการทำงาน แต่เมื่อกลับเข้าทำงานอาการของโรคก็จะเกิดขึ้นอีก

- **โครเมียม (Cr)**

โครเมียมที่พบตามธรรมชาติส่วนใหญ่อยู่ในรูปไตรวาเลนต์โครเมียม (trivalent chromium, Cr (III)) ถึงอย่างไรก็ตามถ้าสภาพแวดล้อมเปลี่ยนไป เช่น การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างหรือการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้พบเฮกซะวาเลนต์โครเมียม (hexavalent chromium, Cr(VI)) ได้

ไตรวาเลนต์โครเมียมพบมากในอาหาร น้ำดื่ม และสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ เป็นธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย ส่วนเฮกซะวาเลนต์โครเมียมเป็นสารอันตรายที่จัดอยู่ในกลุ่มของสารก่อมะเร็งที่ส่งผลกระทบต่อยีน เมื่อได้รับสารดังกล่าวเป็นเวลานานจะมีโอกาสเป็นมะเร็งปอด โครงสร้างดีเอ็นเอถูกทำลายได้ง่ายมากขึ้น นอกจากนี้เฮกซะวาเลนต์โครเมียมยังถูกสั่งห้าม และจำกัดการใช้ให้มีปริมาณลดน้อยลง

ผลกระทบต่อสุขภาพ

ผู้ที่ได้รับสารเฮกซะวาเลนต์โครเมียม จะมีอาการระคายเคืองที่ผิวหนัง เป็นโรคหอบหืด โรคระบบทางเดินหายใจ อาจทำให้ปอด ตับ ไต และลำไส้ถูกทำลาย มีอาการบวมน้ำ และเจ็บบริเวณกระบังลม หรือลิ้นปี่

- **เบริลเลียม (Be)**

เบริลเลียมและสารประกอบของเบริลเลียมเป็นสารที่มีความเป็นพิษสูงมาก เบริลเลียมสามารถส่งผลต่อทุกระบบอวัยวะของร่างกาย อวัยวะที่มีความเกี่ยวข้องที่สุดคือปอด โดยทุกรูปของเบริลเลียมจะมีความสัมพันธ์กับโรค (ยกเว้นสำหรับ beryl ore) ช่องทางหลักที่เบริลเลียมเข้าสู่ร่างกายคือการหายใจ เบริลเลียมดูดซึมผ่านเข้าร่างกายทางระบบทางเดินอาหารได้น้อยมาก การเกิดโรคเฉียบพลันเป็นผลจากพิษโดยตรงต่อเยื่อบุจมูกและลำคอ และการเข้าไปสู่แขนงหลอดลม เป็นเหตุให้เกิดการบวมและอักเสบในปอด เบริลเลียมทำให้เกิดปอดอักเสบจากสารเคมีแบบเฉียบพลัน (acute chemical pneumonitis) การเกิดโรคเรื้อรังจากเบริลเลียมเป็นรูปแบบของพิษเบริลเลียมอีกอย่างหนึ่ง กลไกหลักของโรคเรื้อรังนี้เกิดจากภาวะภูมิไวเกินแบบ delayed type of hypersensitivity ที่จำเพาะต่อเบริลเลียม สามารถทำให้เกิดการก่อรูปเป็น granuloma - เบริลเลียมสามารถเป็นสาเหตุการระคายเคืองผิวหนัง และการบาดเจ็บที่เบริลเลียมแทรกเข้าสู่เนื้อเยื่อใต้ผิวหนัง (subcutaneous tissue) สามารถเป็นสาเหตุของการระคายเคืองเฉพาะที่ และการก่อรูปเป็น granuloma เบริลเลียมถูกปล่อยออกจากอวัยวะที่สะสมอย่างช้าๆ และถูกขับออกจากร่างกายทางไต ซึ่งการปล่อยออกช้าๆ อาจกินเวลานานถึง 20 – 30 ปี

ผลกระทบต่อสุขภาพ

พิษเฉียบพลัน โรคเบริลเลียมแบบเฉียบพลัน จะมีเยื่อบุจมูกและคออักเสบ จุดเลือดออก รอยแยก และแผล จนถึงการทะลุของผนังกั้นจมูก การหลีกเลี่ยงการสัมผัสเบริลเลียมจะทำให้กระบวนการอักเสบฟื้นกลับได้ ภายใน 3 ถึง 6 สัปดาห์ นอกจากนี้ การสัมผัสเบริลเลียมในระดับสูงของหลอดลมและแขนงหลอดลมเป็นสาเหตุของการไอที่ไม่มีเสมหะ เจ็บใต้หน้าอก และหายใจสั้นลง อาจได้ยินเสียงหลอดลมตีบตัว และภาพรังสีทรวงอก อาจแสดงรอยเพิ่มขึ้นของหลอดลมฝอยและเส้นเลือดในปอด ถ้าคนงานหลีกเลี่ยงการสัมผัส การฟื้นกลับคืนจะใช้เวลาประมาณ 1 – 4 สัปดาห์

พิษเรื้อรัง โรคเบริลเลียมแบบเรื้อรัง เป็นโรคทางปอด และ granulomatous ของระบบต่างๆ ในร่างกาย เกิดจากการสูดดมเบริลเลียมเข้าไป ระยะแฝงของโรคสามารถเป็นได้ตั้งแต่ 1 – 30 ปี โดยส่วนใหญ่ปรากฏใน 10 – 15 ปี หลังการสัมผัส โดยโรคเบริลเลียมแบบเรื้อรังมักมีอาการมากขึ้นเรื่อยๆ แต่ก็มีบางกรณีที่ภาพรังสีทรวงอกผิดปกติและการแสดงออกทางคลินิกคงที่และปราศจากอาการที่มีนัยสำคัญ อาการเหนื่อยหอบเวลาออกแรงเป็นอาการที่พบบ่อยที่สุด อาการอื่นๆ ที่พบได้ เช่น ไอ อ่อนเพลีย น้ำหนักลด เจ็บหน้าอก และปวดข้อ การตรวจร่างกายอาจปกติหรืออาจพบมีเสียง bibasilar crackles ที่ปอด ต่อมน้ำเหลืองโต รอยโรคที่ผิวหนัง ตับม้ามโต และนิ้วปุ้ม หากเป็นโรคเป็นเวลายาวนาน อาจแสดงอาการของความดันปอดสูงในรายที่รุนแรง ซึ่งอาการแสดงทางคลินิกของโรคเบริลเลียมแบบเรื้อรังนั้น มีความคล้ายคลึงกับโรค sarcoidosis อย่างมาก

การก่อมะเร็งของเบริลเลียม เบริลเลียมเป็นสารก่อมะเร็ง osteogenic sarcoma และมะเร็งปอดในสัตว์ทดลอง ในมนุษย์มีความเกี่ยวข้องกับมะเร็งปอด โดยเฉพาะในรายที่เคยเป็นโรคเบริลเลียมแบบเฉียบพลัน โดยองค์กร IARC ได้จัดให้เบริลเลียมและสารประกอบของเบริลเลียม เป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์กลุ่ม 1 คือยืนยันแน่นอนว่าเป็นสารก่อมะเร็ง

โดยข้อมูลการปล่อยมลพิษอากาศจากเตาเผามูลฝอยทั่วโลกพบว่าโลหะหนักที่ปล่อยมามากที่สุดคือ ปรอท แมงกานีส ตะกั่ว รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 การระบายสารโลหะหนักเข้าสู่บรรยากาศจากการเผาขยะมูลฝอยทั่วโลก

โลหะหนัก	การระบายสาร (1,000 ตัน/ปี)	การระบายสาร (% ของการระบายทั้งหมด)
พลวง	0.67	19.0
สารหนู	0.31	3.0
แคดเมียม	0.75	9.0
โครเมียม	0.84	2.0
ทองแดง	1.58	4.0
ตะกั่ว	2.37	20.7
แมงกานีส	8.26	21.0
ปรอท	1.16	32.0
นิกเกิล	0.35	0.6
ซีรีเนียม	0.11	11.0
ดีบุก	0.81	15.0
วานาเดียม	1.15	1.0
สังกะสี	5.90	4.0

ที่มา: Global Anti-Incinerator Alliance Global Alliance for Incinerator Alternatives.Waste Incinerator A drying Technology. Philippines.2003:

3) ฝุ่นละออง (Particulate Matter)

ทศวรรษ 1980 มีรายงานว่า ในประเทศอังกฤษมีการปล่อยฝุ่นละอองจากเตาเผาขยะชุมชน มีค่าอยู่ระหว่าง 18 - 4,105 mg/m^3 (Williams, 1990) และในประเทศสหรัฐอเมริกาปล่อยฝุ่นละออง จากเตาเผาขยะอันตราย มีค่าอยู่ระหว่าง 4 - 902 mg/m^3 (Dempsey and Oppelt, 1993) ส่วนในประเทศสวีเดนมีการปล่อยฝุ่นละอองเตาเผาขยะชุมชนจำนวน 21 แห่ง ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.003 – 64 mg/m^3 (Greenpeace Nordic, 2000)

ผลกระทบต่อสุขภาพ

อาการของระบบทางเดินหายใจ ตั้งแต่อาการน้อย เช่น ไอ จาม มีน้ำมูก จนไปถึงการอักเสบของไซนัส เจ็บคอ ไอมีเสมหะ หรือมีไข้ หรืออาจจะมีอาการของระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง ได้แก่ หายใจลำบาก เจ็บหน้าอก หรือหายใจมีเสียงดังวี๊ซ (Wheez) เนื่องจากมีการหดหัวของหลอดลม

หลอดลมอักเสบ (Bronchitis) ในกลุ่มประชากรที่สัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กในปริมาณที่มากจะมีอุบัติการณ์ของการเกิดโรคหลอดลมอักเสบสูงกว่า และในรายที่มีโรคประจำตัวอยู่แล้ว เมื่อเกิดโรคหลอดลมอักเสบ (Bronchitis) หรือปอดบวม (Pneumoconiosis) จะซ้ำเติมให้การทำงานของหัวใจแย่ลง จนเกิดหัวใจวายได้ (Heart Failure) และปอดเป็นพังผืดจากการระคายเคืองเรื้อรัง (Pneumoconiosis) โดยการที่ฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เข้าไปในปอดไประคายเคืองระบบทางเดินหายใจเรื้อรัง จนเกิดพังผืดขึ้นในเนื้อปอด

4) ก๊าซอนินทรีย์ (Inorganic gases)

ก๊าซของกรดอนินทรีย์ (inorganic acid gas) ที่รู้จักกันดี ได้แก่ hydrogen chloride (HCl) Hydrogen fluoride (HF) hydrogen bromide (HBr) sulphur oxides (SO_x) และ nitrogen oxides (NO_x) ที่เกิดจากเตาเผาและระบายเข้าสู่อากาศ ก๊าซเหล่านี้เกิดขึ้นจาก Chlorine Fluorine Bromine Sulphur และ Nitrogen ที่เป็นองค์ประกอบของขยะ (Williams, 1990) NO_x เกิดจากปฏิกิริยาโดยตรงของไนโตรเจนและออกซิเจนที่ถูกเร่งให้เกิดเมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้น HCl ที่เกิดจาก Chlorine ในขยะมูลฝอย ที่รู้จักกันดีในรูปของพลาสติก เช่น PVC (Williams, 1990) ข้อกำหนดใหม่ของ EC (New EC directives) ได้กำหนดเกณฑ์ (ค่าเฉลี่ยรายวัน) ของ HCl ที่ระดับ 10 mg/m^3 และ HF ที่ระดับ 1 mg/m^3 (EC 1998) การศึกษาเตาเผาขยะชุมชนในประเทศสวีเดน 21 แห่ง รายงานว่า มีเตาเผา 17 แห่งที่ระบาย HCl เข้าสู่อากาศในระดับที่สูงกว่าเกณฑ์ที่ EC กำหนดไว้ และส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่ามาก (Greenpeace Nordic, 2000) ค่าเฉลี่ยของการระบายออกจากเตาเผา จำนวน 21 แห่ง มีค่า 44 mg/Nm^3 โดยมีพิสัยอยู่ที่ 0.2 – 238 mg/Nm^3

- **Hydrogen Chloride (HCl)**

ไฮโดรเจนคลอไรด์ เป็นก๊าซมีพิษ ไม่มีสี มีฤทธิ์กัดกร่อน เมื่อสัมผัสความชื้นจะเกิดควันสีขาว ควันนี้จะประกอบด้วยกรดไฮโดรคลอริก ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อไฮโดรเจนคลอไรด์ละลายในน้ำ

ผลกระทบต่อสุขภาพ

การหายใจเอาไอระเหยของสารนี้เข้าไป จะก่อให้เกิดอาการไอ หายใจติดขัด เกิดการอักเสบของจมูก ลำคอ และทางเดินหายใจส่วนบน และในกรณีที่รุนแรง จะก่อให้เกิดอาการน้ำท่วมปอด ระบบหายใจล้มเหลว และอาจเสียชีวิตได้ การสัมผัสถูกผิวหนัง จะก่อให้เกิดการระคายเคือง เกิดผื่นแดง ปวดและเกิดแผลไหม้ การสัมผัสกับสารที่ความเข้มข้นสูงจะก่อให้เกิดแผลพุพองและผิวหนังเปลี่ยน การกลืนหรือกินเข้าไปจะก่อให้เกิดการระคายเคือง จะก่อให้เกิดอาการปวด และเกิดแผลไหม้ในปาก คอ หลอดอาหาร และทางเดินอาหาร อาจก่อให้เกิดอาการคลื่นไส้และท้องร่วง การสัมผัสถูกตาจะก่อให้เกิดการระคายเคือง อาจทำให้เกิดแผลไหม้อย่างรุนแรง และทำลายตาอย่างถาวรได้

- **Hydrogen Fluoride (HF)**

ไฮโดรเจนฟลูออไรด์ เป็นก๊าซที่ไม่มีสี สามารถละลายน้ำได้ มีกลิ่นฉุน

ผลกระทบต่อสุขภาพ

การหายใจเอาก๊าซไฮโดรเจนฟลูออไรด์เข้าไปจะทำให้เกิดการทำลายระบบทางเดินหายใจได้อย่างรุนแรง ประกอบด้วย การระคายเคืองอย่างรุนแรง และภาวะปอดบวมน้ำ (Pulmonary Edema) การระคายเคืองต่อตา จมูก และทางเดินหายใจส่วนบนและส่วนล่าง ทำให้เจ็บคอ ไอ แน่นหน้าอก หายใจมีเสียงดัง ส่วนการได้รับสัมผัสทางการหายใจเป็นระยะเวลานาน จะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อจมูก คอ หลอดลม นอกจากนี้ที่ระดับความเข้มข้นสูง มีการรายงายว่า มีผลกระทบต่อปอดอย่างรุนแรง ไตและต่อมไทรอยด์เสียหาย โลหิตจาง ภาวะภูมิไวเกิน และอาการทางผิวหนัง

- **Sulphur Oxides (SO_x)**

ก๊าซที่สำคัญในกลุ่ม Sulfur Oxide (SO_x) คือ Sulfur dioxide หรือ SO_2 ก๊าซนี้ละลายได้ดีในน้ำ และ Sulfur จะพบได้ในวัตถุดิบหลายประเภท เช่น น้ำมันดิบ ถ่านหิน และอยู่สารประกอบของโลหะต่างๆ ก๊าซ SO_x เกิดจากเชื้อเพลิงที่มีกำมะถันเป็นส่วนประกอบ เช่น ถ่านหิน น้ำมัน

ผลกระทบต่อสุขภาพ

การสูดก๊าซ SO_2 ในปริมาณที่สูงแม้ระยะเวลาสัมผัสจะสั้นก็ตาม จะทำให้เกิดการหายใจลำบากได้ชั่วขณะสำหรับผู้ที่เป็นหอบหืด หรือผู้ที่ทำงานกลางแจ้ง การสัมผัส SO_2 หรืออนุภาคของ SO_2 จะทำให้เกิดโรคของระบบทางเดินหายใจ และทำให้ผู้ที่เป็นโรคหัวใจมีอาการแย่ลง

การสูดอนุภาคของ SO_2 เข้าไปนั้น ก๊าซ SO_2 จะทำปฏิกิริยาทางเคมีกับสารอื่นๆในอากาศ ทำให้เกิดฝุ่นละอองเล็กๆ ของซัลเฟต ซึ่งเมื่อสูดฝุ่นละอองของซัลเฟตเข้าไปจะเข้าไปสะสมในปอด เมื่อสะสมมากขึ้นก็จะทำให้เกิดการระคายเคืองทางเดินหายใจ ทำให้มีปัญหาเรื่องการหายใจ การหายใจลำบาก และเกิดโรคของระบบทางเดินหายใจ

- **Nitrogen Oxides (NO_x)**

ชนิดของออกไซด์ของไนโตรเจนได้แก่ N_2O, NO, NO_2, N_2O_5 และ NO_3 แต่ชนิดที่มักพบในบรรยากาศทั่วไปคือ ไนตรัสออกไซด์ (N_2O), ไนตริกออกไซด์ (NO) และไนโตรเจนออกไซด์ (NO_2) โดยเฉพาะ NO และ NO_2 ซึ่งเกิดได้เองตามธรรมชาติและจากการกระทำของมนุษย์ พบว่าเป็นสารที่ว่องไวและจะทำปฏิกิริยาในบรรยากาศและส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมอันก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ

ผลกระทบต่อสุขภาพ

ก๊าซในกลุ่มนี้เข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจโดยตรง หรือในรูปไอระเหยของละอองของกรดไนตริกหรือไนตรัส หลังจากที่ก๊าซรวมตัวกับละอองน้ำหรือความชื้นแล้ว ทำให้เกิดการระคายเคืองอย่างรุนแรงต่อระบบทางเดินหายใจ ตา จมูก เยื่อเมือก และผิวหนังที่สัมผัส

การเกิดพิษเฉียบพลัน ทำให้รู้สึกไม่สบายตัว ผิวหนังเป็นสีเขียวคล้ำจากการขาดออกซิเจน ไอ หายใจขัด หายใจลำบาก เป็นไข้ ปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน และอาจถึงตายได้ ในกรณีทีความเข้มข้นต่ำอาจระคายเคืองหลอดลม มีอาการปอดบวมน้ำและเกิดรอยโรคเรื้อรังได้ การสัมผัสกับของเหลวจะทำให้เกิดการกัดกร่อนรุนแรงต่อตา ผิวหนัง

การสัมผัสที่ความเข้มข้นต่ำเป็นระยะเวลานาน อาจทำให้เกิดสีเหลืองที่ผิวหนังและฟัน ถ้าได้รับความเข้มข้นสูงจะทำให้ระคายเคืองที่ปอดอย่างรุนแรงและเกิดเมทฮีโมโกลบินในเลือด ซึ่งคาดว่าเกิดจากก๊าซทั้งสองชนิด

2.1.2 การปล่อยสารมลพิษในขี้เถ้า (Releases to Ashes)

กากขี้เถ้าจากการเผาขยะ โดยทั่วไป ประกอบด้วยสารมลพิษต่างๆ ที่คล้ายกับที่ระบายเข้าสู่อากาศ แต่อาจต่างกันในด้านความเข้มข้นและองค์ประกอบ (EEA, 2000) โดยเถ้าลอยและเถ้าหนักมีไดออกซินและโลหะหนักปนเปื้อน ข้อมูลประเทศสวีเดน พบว่า ไดออกซินที่เกิดจากเตาเผา 97% จะอยู่ในรูปของขี้เถ้า และประเทศออสเตรีย พบว่าไดออกซินทั้งหมดที่ระบายออกมานั้นมาอยู่ในกากขี้เถ้า (ash residues) 99.6% (Greenpeace Austria, 1999) การศึกษาเตาเผาในประเทศสเปน ก็แสดงเช่นกันว่า ไดออกซินส่วนน้อยจะถูกระบายออกมาในก๊าซจากปล่อง ส่วนใหญ่ถูกปลดปล่อยให้อยู่ในขี้เถ้า (Abad et al, 2000) ในกรณีของกากตกค้างในเตาเผานั้น ในเถ้าลอยจะมีระดับไดออกซินสูงที่สุด โดยมีค่าตั้งแต่ 1 ส่วนใน 10^{12} ส่วน ถึง 1 ส่วนใน 1 พันล้านส่วน (EEA, 2000) งานวิจัยเกี่ยวกับเตาเผาขยะชุมชนในประเทศสเปน จำนวน 8 แห่ง พบว่าค่าเฉลี่ยของไดออกซินในเถ้าลอยอยู่ระหว่าง 0.07 และ 3.5 ng I-TEQ/g (ppb) (Fabrellas et al, 1999)

EEA (2000) พบว่า เถ้าลอยจะประกอบด้วยสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ ที่เข้มข้น เช่น PAHs และเขม่า รวมถึง chlorinated organic compounds PCBs (Sakai et a.,1996)

กากที่ตกค้างจากเตาเผาทั้งเถ้าลอยและเถ้าหนักมีโลหะหนักปนอยู่เป็นจำนวนมาก โดยทั่วไปเถ้าลอยมีโลหะหนักในปริมาณที่มากกว่าเถ้าหนัก (Bucholz และ Landsberger, 1995) ดังตารางที่ 13 ที่แสดงปริมาณโลหะหนักที่ตรวจพบในเถ้าลอยและเถ้าหนักจากเตาเผาขยะชุมชน 2 แห่งในประเทศสเปน (Alba et al, 1997) และตารางที่ 14 แสดงปริมาณโลหะหนักที่ตรวจพบในขี้เถ้าของเตาเผาในประเทศสหรัฐอเมริกา (Bucholz และ Landberger, 1995) ปริมาณโลหะหนักที่ตรวจพบในขี้เถ้าของเตาเผามีค่าสูงเมื่อเทียบกับระดับในพื้นที่ทั่วไป (background levels) ในสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 13 พิสัยของธาตุต่างๆ ที่มีในขี้เถ้าของเตาเผาขยะชุมชนและในดิน (หน่วยเป็น มก./กก.)

สารโลหะหนัก	เถ้าลอย	เถ้าหนัก	ดิน
Ag	46-55.3	17.5-28.5	0.1
Al	3.19-7.84%	6.20-6.68%	7.1%
As	269-355	47.2-52.0	6
Br	3830-3920	676-830	5
Cd	246-266	47.6-65.5	0.06
Co	11.3-13.5	65.2-90.3	8
Cr	146-169	623-807	100
Cu	390-530	1560-2110	20
Hg	59.1-65.0	9.1-9.7	0.03
In	1.50-1.67	0.45-0.71	0.07
Mo	14-26	100-181	2
Pb	3200-4320	2090-2860	10
Se	6.7-11.2	<2.52	0.2
Sn	470-630	300-410	10
Th	2.85-3.21	4.31-4.86	5
Ti	3300-6300	7500-18100	5000
V	27-36	46-137	100
Zn	13360-13490	6610-6790	50

ที่มา : Buchholz Landsberger (1995)

ตารางที่ 14 ความเข้มข้นของสารโลหะหนักในกากของเสียจากเตาเผาขยะชุมชน

สารโลหะหนัก	เถ้าลอย (มก./กก. กากแห้ง)	เถ้าหนัก (มก./กก. กากแห้ง)
Cr	365 18	210 8
Zn	9382 208	2067 ± 9
Pb	5461 236	1693 ±22
Ni	117 2	53± 3
Cu	1322 90	822 ±4
As	<50	<50
Cd	92 2	<12.5
Hg	0.29 0.03	<0.035

ที่มา : Alba et al. (1997)

2.2 ผลกระทบต่อสุขภาพจากเตาเผามูลฝอยชุมชน

1) ผลกระทบต่อสุขภาพของคนงาน

- **การตาย**

Gustavjjon (1998) ได้ศึกษาการตายในคนงานเตาเผาขยะ 176 คน ซึ่งถูกจ้างทำงานมามากกว่า 1 ปี ระหว่าง ปี 1920 - 1985 ในประเทศสวีเดน ผลการศึกษาพบว่า มีการตายจากโรคหัวใจขาดเลือดเป็นจำนวนสูงมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในคนงานที่ทำงานมามากกว่า 40 ปี นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการตายจากมะเร็งปอดในท้องถิ่นพบว่าคนงานเหล่านี้มีความเป็นไปได้ที่ตายจากมะเร็งปอดสูงมากกว่า 2 เท่า (Marty, 1993) อย่างไรก็ตาม Gustavjjon et al (1993) มีการตั้งข้อสังเกตว่าการที่คนงานสัมผัสสารอินทรีย์ polyethelene โดยเฉพาะ PAHs อาจเป็นปัจจัยสำคัญการเกิดมะเร็งปอดสูงได้ แต่อย่างไรก็ตามมีการศึกษาหนึ่งที่ได้ผลในทางตรงกันข้ามกับการศึกษาชอง Gustavjjon (1988) การศึกษานี้ในคนงาน 532 คน ที่ถูกจ้างให้ทำงานในเตาเผาขยะเทศบาล 2 แห่งในกรุงโรม ระหว่างปี 1962-1992 ไม่พบมีมะเร็งปอดเพิ่มขึ้น (Rapiti et al, 1997) อัตราการตายจากมะเร็งปอดลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับประชากรทั่วไป และอัตราการตายจากมะเร็งทุกชนิดรวมกันก็คล้ายคลึงกับของประชากรทั่วไป อย่างไรก็ตามพบว่ามีความเป็นไปได้ที่คนงานเหล่านี้จะตายจากมะเร็งกระเพาะอาหารเพิ่มขึ้น 2.79 เท่า และพบในคนงานที่มีระยะเวลาทำงานมากกว่า 10 ปี มีการโอกาสได้รับสัมผัสที่คล้ายคลึงกัน เช่น การสูดดมสารอินทรีย์ระเหย สารพิษจากแบคทีเรีย และฝุ่นที่เป็นสารอินทรีย์ ยังมีปัจจัยเสริมอื่นๆ ที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งกระเพาะอาหารได้แก่ การดื่มสุรา การรับประทานอาหารประเภทผักผลไม้น้อยเกินไป และฐานะทางเศรษฐกิจสังคมที่ไม่ดี

- **การป่วย**

Kitamwra et al (2000) ทำการศึกษาอัตราการป่วยในคนงานเตาเผาขยะ 94 คน ในญี่ปุ่นที่เปิดดำเนินการในระหว่างปี 1988-1997 และถูกปิดลงเนื่องจากมีการปล่อยสารไดออกซินออกมาทางปล่องสูงมากจนเป็นผลให้เกิดการปนเปื้อนในดิน การศึกษาพบว่าคนงานมีระดับสารไดออกซินในเลือดเพิ่มขึ้น (13.3-805.8 ppt TEQ, มีค่าเฉลี่ย 93.5 ppt TEQ (lipid fasis) และพบว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับการเกิดภาวะไขมันในเลือดสูงและโรคภูมิแพ้ Bresnity et al (1992) ได้ศึกษาการป่วยของคนงานเตาเผาขยะในสหรัฐอเมริกา 86 คน ผลการศึกษาพบว่ามีคนงานจำนวนมาก (ร้อยละ 31) ที่มีผลปัสสาวะผิดปกติสูงอย่างมีนัยสำคัญ

2) ผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนที่อาศัยอยู่ใกล้เตาเผาขยะ

Goyoley et al (2000) ได้ศึกษาการรับสัมผัสของคนที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้เตาเผาขยะที่สร้างใหม่แห่งหนึ่งใน Mataro ประเทศสเปน (ระหว่าง 0.5-1.5 กิโลเมตร จากเตาเผาขยะจำนวน 104 คน และ 97 คน ที่อาศัยอยู่ระหว่าง 3.5-4.0 กิโลเมตร) พบว่า ก่อนที่จะเดินเครื่องเตาเผาขยะ ระดับไดออกซินในเลือดของคนที่อาศัย คือ 13.5 และ 13.4 ppt TEQ ตามลำดับ ในปี 1997 หลังเดินเครื่อง 2 ปี พบว่าระดับสารไดออกซินได้เพิ่มขึ้นทั้ง 2 กลุ่ม ประมาณร้อยละ10-15 และสาร PCBs เพิ่มขึ้นร้อยละ 12 โดยการเพิ่มของสารไดออกซินไม่มีความแตกต่างกันในกลุ่มที่อาศัยอยู่ใกล้และไกลออกไป

การศึกษาในประเทศญี่ปุ่นได้ดำเนินการในพื้นที่ใกล้เตาเผาขยะเทศบาลแห่งหนึ่งที่มีรายงานว่ามีสารไดออกซินปนเปื้อนในดินสูง และมีอัตราการเป็นมะเร็งที่สูงผิดปกติในผู้ที่อาศัยอยู่ใกล้ (Miyata et al, 1998) การศึกษาได้ทดสอบตัวอย่างเลือดจากผู้หญิง 13 คน และผู้ชาย 5 คน ที่อาศัยอยู่ภายในรัศมี 2 กิโลเมตรจากเตาเผาขยะ ระดับของสารไดออกซินสูงขึ้นอย่างมากในผู้ที่อาศัยอยู่ใกล้เมื่อเปรียบเทียบกับระดับปกติที่พบในประชาชนทั่วไป ตัวอย่างเช่น ผู้หญิงมีค่าเฉลี่ยในเลือดอยู่ที่ 149 pg TEQ/g lpid และผู้ชายอยู่ที่ 81 pg TEQ/g lpid ขณะที่ระดับปกติในประชาชนทั่วไปอยู่ระหว่าง 15-29 pg TEQ/g lpid โดยผู้วิจัยเสนอว่าการที่ผู้อาศัยใกล้เตาเผาได้รับการสัมผัสเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากการสูดดมสารไดออกซินโดยตรงจากก๊าซที่ปล่อยจากเตาเผาขยะ และโดยการรับประทานพืชผักพื้นบ้านที่ปนเปื้อนจากก๊าซที่ปล่อยออกมา

การศึกษาเกี่ยวกับการสัมผัสสารพิษในผู้ที่อาศัยอยู่ใกล้เตาเผาขยะแห่งหนึ่งที่ใน Duinren ประเทศเนเธอร์แลนด์ ไม่พบมีการเพิ่มของระดับสารไดออกซินในเลือดของคนกลุ่มนี้ (Van den Haqel และ frankort, 1996) การศึกษานี้ได้ดำเนินการเพื่อทดสอบโดยเฉพาะว่าผู้อยู่อาศัยมีระดับของสาร Dioxins Congener เพิ่มขึ้นในร่างกายหรือไม่ เนื่องจากคนกลุ่มนี้มีโอกาสสัมผัสกับขี้เถ้าเบาที่ปลิวจากที่เก็บใกล้เตาเผาขยะ ระดับของสารไดออกซินในคนกลุ่มนี้ (ค่าเฉลี่ย 31.4 ppt TEQ lijid) มีคล้ายคลึงกับระดับของกลุ่มควบคุม 5 คนที่เป็นชาวดัตช์ทั่วไป (ค่าเฉลี่ย 33.8 ppt TEQ lijid) อีกอย่างหนึ่งการศึกษาไม่พบมีการเพิ่มของสาร Dioxins Congener ใดๆ ในผู้อยู่อาศัย

- **โลหะหนัก**

Kurttio et al (1998) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารปรอทในเส้นผมของ 113 คนที่อาศัยอยู่ใกล้เตาเผาขยะอันตรายแห่งหนึ่งในประเทศฟินแลนด์ ระหว่างปี 1984 - 1994 ความเข้มข้นของสารปรอทพบเพิ่มขึ้นในคนงานที่ทำงานในโรงงานเตาเผาขยะ และในกลุ่มผู้อยู่อาศัยพบว่ามีระดับที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน และค่อยๆ ลดลงตามระยะทางที่ห่างออกไป คือ กลุ่มที่สัมผัสสูงที่อาศัยอยู่ห่างจากเตาเผาขยะ 1.5 - 2 กิโลเมตร มีระดับ 0.16 mg/kg กลุ่มที่สัมผัสปานกลาง ที่อาศัยอยู่ห่างจากเตาเผาขยะ 2.5 - 3.7 กิโลเมตร มีระดับ 0.13 mg/kg และกลุ่มที่สัมผัสต่ำอาศัยอยู่ห่างจากเตาเผาขยะประมาณ 5 กิโลเมตร มีระดับ 0.03 mg/kg ผลการศึกษาบงชี้ว่าเตาเผาขยะน่าจะเป็นแหล่งที่แพร่สารปรอทที่ผู้อยู่อาศัยสัมผัส การสัมผัสส่วนใหญ่น่าจะเกิดจากการสูดดม และมีความเป็นไปได้โดยการดื่มน้ำบาดาลและพืชผักบริเวณนั้น ผู้วิจัยสรุปว่าการที่มีความเข้มข้นของสารปรอทในผู้อยู่อาศัยตลอดนั้นยังไม่สูง และบนพื้นฐานความรู้ที่มีอยู่ในปัจจุบันไม่ได้ทำให้เกิดการคุกคามต่อสุขภาพ

- **มะเร็ง**

สารมลพิษที่ปล่อยจากปล่องเตาเผาขยะ เช่น Cadmium, PAHs และสารไดออกซิน (TCDD) ถูกจัดให้เป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์หรือมีโอกาสก่อมะเร็งในมนุษย์ตามที่กำหนดโดยหน่วยงาน Internation Agency for Resareh on Caneer (MeGregor et al, 1998)

Elliot et al, 1996 ได้ศึกษาอุบัติการณ์โรคมะเร็งในประชากรที่อาศัยอยู่ใกล้เตาเผาขยะหรือสถานที่เป็นโรงงานอุตสาหกรรม พบว่า มีความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดโรคมะเร็งของคนที่อาศัยอยู่ใกล้เตาเผาขยะหรือสถานที่ที่เป็นโรงงานอุตสาหกรรมรวมถึงมะเร็งในเด็กเพิ่มขึ้นโดยพิจารณามะเร็งของเนื้อเยื่อ (Soft Tissue Sarcoma) มะเร็งต่อมน้ำเหลืองประเภท Non-Hodgkin

การศึกษาในบริเวณพื้นที่ของเมือ Doubs ประเทศฝรั่งเศสด้านตะวันออกได้ดำเนินการเพื่อศึกษากลุ่มมะเร็ง 2 ประเภท คือ Soft Tissue Sarcoma และ Non- Hodgkin's Lymphoma ที่บริเวณใกล้เตาเผาขยะเทศบาลแห่งหนึ่ง (Viel et al, 2000) การศึกษาพบสารไดออกซินในปริมาณที่สูงที่ปล่อยจากเตาเผาขยะ โดยพบว่า มีกลุ่มของโรคมะเร็งทั้ง 2 ประเภท สูงขึ้นอยู่อย่างมีนัยสำคัญในพื้นที่ที่ใกล้เตาเผาขยะ

- **มะเร็งปอด**

การศึกษาใน Trieste เมืองอุตสาหกรรมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศอิตาลี ได้ทำการศึกษาผลกระทบของมลภาวะทางอากาศจากแหล่งต่างๆ (อู่ต่อเรือ โรงหล่อเหล็ก เตาเผาขยะและศูนย์กลางเมือง) ที่มีผลต่อมะเร็งปอด (Biggeri et al, 1996) พบว่าความชุกของมะเร็งปอดทุกประเภทเพิ่มขึ้นทั้งในกลุ่มที่อาศัยอยู่ใกล้เตาเผาขยะและกลุ่มที่อาศัยอยู่ใกล้ศูนย์กลางเมือง) มีกลุ่มตัวอย่างเป็นชาย 755 คน ที่ตายจากมะเร็งปอดระหว่าง ปี 1979 –1981 หรือระหว่าง ปี 1985 - 1986 โดยคำนึงถึงตัวแปรกวน ได้แก่ พฤติกรรมการสูบหรี่ อายุ โอกาสในการสัมผัสสารก่อมะเร็งในสถานที่ทำงาน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าโอกาสที่ตายจากมะเร็งปอดทุกประเภทเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในประชาชนที่อาศัยอยู่ใกล้เตาเผาขยะ โอกาสการตายจากมะเร็งปอดของบุคคลที่อาศัยอยู่ใกล้เตาเผาขยะสูงกว่าบุคคลที่อาศัยในพื้นที่อื่น 6.7 เท่า และพบว่าการอยู่อาศัยใกล้กับศูนย์กลางเมืองก็มีความสัมพันธ์เช่นกัน โดยมีโอกาสตายจากมะเร็งปอดเพิ่มขึ้น (สูงกว่า 2.2 เท่า)

- **มะเร็งตับและมะเร็งอื่น ๆ**

การศึกษาเพื่อหาอุบัติการณ์โรคมะเร็งของคนที่อาศัยอยู่ใกล้เตาเผาขยะแห่งหนึ่งในอังกฤษเกี่ยวกับผลต่อสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นกับผู้ที่อาศัยอยู่ใกล้ (Elliot et al, 1996) งานวิจัยนี้ได้แสดงว่ามีการเพิ่มขึ้นของมะเร็งตับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในผู้ที่อาศัยอยู่ใกล้ โดยศึกษาอุบัติการณ์ของมะเร็งในกลุ่มประชาชนมากกว่า 14 ล้านคนที่อาศัยอยู่ภายในรัศมี 7.5 กม. ของเตาเผาขยะเทศบาล 72 แห่ง ได้มีการรวบรวมข้อมูลของอุบัติการณ์มะเร็งในผู้ที่อยู่อาศัยจากปี 1974 - 1987 โดยใช้แบบลงทะเบียนมะเร็งแห่งชาติเปรียบเทียบอัตราอุบัติการณ์ของมะเร็งในประชากรที่อาศัยอยู่ใกล้เตาเผาขยะกับอัตราอุบัติการณ์ของมะเร็งแห่งชาติ ผลการศึกษาพบว่ามีโรคมะเร็งและโรคมะเร็งกระเพาะอาหาร ทางเดินอาหารส่วนปลาย มะเร็งตับและมะเร็งปอดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในประชาชนที่อาศัยอยู่ภายในรัศมี 7.5 กม. เมื่อเปรียบเทียบอัตราของประเทศ

- **ระบบทางเดินหายใจ**

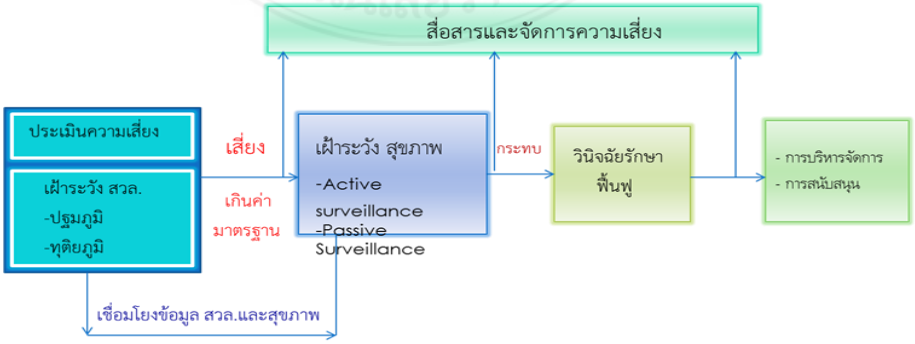
การศึกษาโดย Zmiron (1984) พบว่าการใช้ยาสำหรับการเจ็บป่วยของระบบทางเดินหายใจเพิ่มขึ้นในผู้ที่อาศัยอยู่ใกล้เตาเผาขยะในหมู่บ้านแห่งหนึ่งของประเทศฝรั่งเศส การศึกษาพบว่ายาที่ใช้สำหรับปัญหาของระบบทางเดินหายใจ เช่น ยาขยายหลอดลม ยาขับเสมหะและยาแก้ไอมีการซื้อเพิ่มและบ่อยขึ้นในบริเวณที่ใกล้เคียงกับเตาเผาขยะ ผู้วิจัยได้ชี้ว่ายังไม่สามารถสรุปได้ถึงความสัมพันธ์ของเหตุและผล (Cause-effect relationship) เป็นเพียงการตั้งข้อสังเกตว่าการศึกษานี้สอดคล้องกับสมมุติฐานที่ว่ามลพิษที่ปล่อยจากเตาเผาขยะอาจทำให้ปัญหาของระบบทางเดินหายใจรุนแรงขึ้น (Marty, 1993)

ส่วนที่ 3
แนวทางการเฝ้าระวังผลกระทบสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ

3.1 แนวทางการเฝ้าระวังสิ่งแวดล้อม

การเฝ้าระวัง หมายถึง การติดตาม สังเกต พินิจพิจารณา ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของการเกิดการกระจายของโรค หรือปัญหาสาธารณสุข รวมทั้งปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงนั้นๆ อย่างต่อเนื่องด้วยกระบวนการที่เป็นระบบ ประกอบด้วย การรวบรวม เรียบเรียง วิเคราะห์ แปลผล และกระจายข้อมูลข่าวสารสู่ผู้ใช้ประโยชน์เพื่อการวางแผน การกำหนดนโยบาย การปฏิบัติงานและการประเมินมาตรการควบคุมป้องกันโรคอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ในการเฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพ กรณีเตาเผาขยะมูลฝอยนั้นต้องเริ่มจากการพิจารณาสิ่งคุกคามหรือมลพิษที่อาจปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม แล้วจึงดำเนินการกำหนดกรอบตัวชี้วัดทางสิ่งแวดล้อม ที่ต้องทำการตรวจวัดเพื่อติดตามการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม เนื่องจากข้อมูลการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมจะสะท้อนให้เห็นถึงโอกาสหรือความเป็นไปได้ของการรับสัมผัสในมนุษย์ ซึ่งในการตรวจติดตามหรือเฝ้าระวังทางสิ่งแวดล้อมสามารถได้ข้อมูลจากรูปแบบคือ ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) และข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) ซึ่งข้อมูลปฐมภูมิ เป็นข้อมูลซึ่งได้จากตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อม ส่วนข้อมูลทุติยภูมินั้นเป็นข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมจากฐานข้อมูลที่มีอยู่จากแหล่งต่างๆ เมื่อได้ข้อมูลแล้วหากพบว่าเกินค่ามาตรฐานที่กำหนด จะต้องมีการสื่อสารความเสี่ยงให้ประชาชนและผู้ที่เกี่ยวข้องรับทราบ ซึ่งการจะทราบว่าประชาชนมีโอกาสได้รับสัมผัสสารปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมหรือมีความเสี่ยงต่อสุขภาพหรือไม่นั้น เจ้าหน้าที่สาธารณสุขสามารถทำการประเมินความเสี่ยงโดยนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดทางสิ่งแวดล้อมมาใช้ในการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ โดยผลที่ได้จากการประเมินความเสี่ยง หากพบว่าประชาชนมีความเสี่ยงก็จะต้องทำการสื่อสารและจัดการความเสี่ยงต่อไป

นอกจากการสื่อสารความเสี่ยงแก่ประชาชนแล้ว หากพบว่ามีการปนเปื้อนของสารมลพิษในสิ่งแวดล้อมที่เกินค่ามาตรฐานหรือมีความเสี่ยงสูง เป็นหน้าที่ของเจ้าหน้าที่สาธารณสุขที่จะต้องทำการเฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพในประชาชนกลุ่มเสี่ยงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในการเฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพนั้นสามารถทำได้ใน 2 รูปแบบ คือการเฝ้าระวังเชิงรับ (Passive Surveillance) และการเฝ้าระวังเชิงรุก (Active Surveillance) โดยการเฝ้าระวังเชิงรับเป็นการใช้ประโยชน์จากข้อมูลการรายงานเป็นปกติประจำในผู้ที่มารับบริการในสถานพยาบาล ส่วนการเฝ้าระวังเชิงรุกเป็นการค้นหาผู้ป่วยหรือประชาชนกลุ่มเสี่ยงเชิงรุกเพื่อเพิ่มโอกาสการจะได้ข้อมูลการเกิดโรคมากขึ้น ในการเฝ้าระวังทั้ง 2 รูปแบบหากพบว่ามีผู้ป่วยด้วยโรคที่ทำการ เฝ้าระวังเจ้าหน้าที่สาธารณสุขจะต้องดำเนินการจัดการให้นำไปสู่การวินิจฉัย รักษา และฟื้นฟูต่อไป ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 17



รูปที่ 17 การดำเนินงานเฝ้าระวังทางสิ่งแวดล้อม

ขั้นตอนการเฝ้าระวังที่สำคัญ มีดังนี้

1) การรวบรวมข้อมูล ในขั้นตอนนี้จะต้องการระบุปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมรวมถึงประเด็นผลระบุการเจ็บป่วยหรือโรคที่ต้องการเก็บข้อมูลก่อนและจึงทำการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งสิ่งคุกคามและปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม รวมถึงการเจ็บป่วยหรืออาการที่เกี่ยวข้อง

2) การวิเคราะห์ข้อมูล ในขั้นนี้เป็นการนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ ด้วยวิธีการสถิติ การประเมินความเสี่ยง การใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์ ทั้งนี้ อย่างน้อยควรจะสามารถบอกสถานการณ์การปนเปื้อนของมลพิษในสิ่งแวดล้อม ทั้งในน้ำ อากาศ ดิน และในห่วงโซ่อาหาร รวมถึงความชุกหรืออุบัติการณ์ของโรค แนวโน้มของโรค และกลุ่มเสี่ยงได้

3) การรายงานข้อมูลแก่ผู้ที่เกี่ยวข้อง คือการรายงานผลข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์ให้แก่ผู้ที่เกี่ยวข้อง ทั้งในระดับผู้กำหนดนโยบายหรือประชาชนกลุ่มเสี่ยงได้รับทราบ

4) การดำเนินการแก้ไขหรือป้องกันปัญหา เป็นการนำเอาข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการแก้ไขหรือป้องกันปัญหาโดยกำหนดเป็นแผนงานโครงการหรือกิจกรรมต่างๆ ให้เหมาะสมกับในแต่ละกลุ่มเป้าหมาย

ทั้งนี้ การจะทราบว่าการแก้ไขหรือป้องกันปัญหาจะได้ผลหรือไม่ ก็จะต้องเข้าสู่ขั้นตอนแรกของการเฝ้าระวังไปตามลำดับ เพื่อเป็นควบคุมกำกับและประเมินผลว่ามาตรการควบคุมหรือป้องกันปัญหาได้ผลดีเพียงใด

การเฝ้าระวังทางด้านสิ่งแวดล้อม (environmental surveillance) เป็นกิจกรรมการเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง มีระบบวิเคราะห์ข้อมูล แปลผล และการกระจายข้อมูลข่าวสารให้ผู้เกี่ยวข้องทราบเพื่อนำไปสู่การควบคุมป้องกันโรคต่อไป อาจกล่าวได้ว่าการเฝ้าระวัง ครอบคลุมถึงการเก็บข้อมูลที่ได้จากการตรวจติดตามทางด้านสิ่งแวดล้อม (environmental monitoring) หรือด้านชีวภาพ (biological monitoring) รวมทั้งผลที่ได้จากการสำรวจ และการเฝ้าระวังทางสิ่งแวดล้อมจากเตาเผาขยะมูลฝอย ได้ระบุประเด็นข้อมูลที่ต้องรวบรวม และแหล่งที่มาของข้อมูลในการรวบรวม เริ่มต้นจากการรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะมลพิษอากาศที่เกิดขึ้น

แหล่งข้อมูลข้อมูลทุติยภูมิ

เจ้าหน้าที่สาธารณสุขสามารถประสานขอข้อมูลรายงานผลการตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมของเตาเผามูลฝอยจากหน่วยงานอนุญาต (องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม) และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมภาค สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัด เป็นต้น รายงานการปฏิบัติตามประมวลหลักการปฏิบัติ (Code of Practice; COP) สำหรับโครงการที่เข้าข่ายได้รับการยกเว้นไม่ต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการโรงไฟฟ้าพลังความร้อนที่ใช้ขยะเป็นเชื้อเพลิง ที่มีกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าตั้งแต่ 10 เมกกะวัตต์ขึ้นไป เพื่อรายงานต่อหน่วยงานอนุญาตและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ทุก 6 เดือน โดยพารามิเตอร์ตรวจวัดจะถูกระบุตามที่กำหนดในเงื่อนไขการปฏิบัติตาม เช่น การวิเคราะห์คุณภาพอากาศ เช่น ฝุ่นละอองรวม (TSP) ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x,NO_2) ก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl) สารประกอบไดออกซิน/ฟูแรน ระดับเสียงรบกวน ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ การระบายน้ำทิ้งลงแหล่งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง บีโอดี ซีโอดี สี กลิ่น ปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด ปริมาณสารที่ละลายในน้ำทั้งหมด โลหะหนัก เช่น แมงกานีส แคดเมียม สังกะสี ตะกั่ว และปรอท เป็นต้น

ตารางที่ 15 แสดงขั้นตอนและข้อมูลที่ต้องรวมรวบในการเฝ้าระวังทางสิ่งแวดล้อมจากเตาเผาขยะมูลฝอย

ขั้นตอน	ประเด็นข้อมูลที่ต้องรวบรวม	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. การรวบรวมข้อมูล	**<u>ข้อมูลทุติยภูมิ</u>** - **คุณภาพอากาศ** ได้แก่ ฝุ่นละอองรวม (TSP) ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) ก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl) สารประกอบไดออกซิน/ฟูแรน โดยเก็บข้อมูล 5 ปีย้อนหลัง - **ระดับเสียง** ได้แก่ เสียงทั่วไป โดยเก็บข้อมูล 5 ปีย้อนหลัง - **คุณภาพน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน** ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง บีโอดี ซีโอดี สี กลิ่น ปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด ปริมาณสารที่ละลายในน้ำทั้งหมด โลหะหนัก เช่น แมงกานีส แคดเมียม สังกะสี ตะกั่ว และปรอท โดยเก็บข้อมูล 5 ปีย้อนหลัง	รายงานผลการปฏิบัติตามมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อมและมาตรการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมของเตาเผาขยะมูลฝอย
	<u>ข้อมูลปฐมภูมิ</u> - **เก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำอุปโภคบริโภคในพื้นที่** ได้แก่ น้ำผิวดิน น้ำประปา (น้ำเข้าระบบ และน้ำออกจากระบบ) น้ำบ่อตื้น น้ำฝน และน้ำดื่มบรรจุขวดจากโรงผลิตน้ำในพื้นที่ และตรวจสอบพารามิเตอร์ตามประกาศกรมอนามัยเรื่อง เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ พ.ศ.2553 - **ตรวจคุณภาพอากาศในบรรยากาศ** ได้แก่ ฝุ่นละออง ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) ก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl) ไดออกซิน/ฟูแรน เป็นต้น - **เก็บตัวอย่างอาหาร พืช สัตว์น้ำ** ที่ประชาชนนิยมบริโภคในพื้นที่เพื่อตรวจหาการปนเปื้อนสารมลพิษหรือโลหะหนัก ในห่วงโซ่อาหาร เช่น ปรอท สารหนู ตะกั่ว แคดเมียม เป็นต้น	กำหนดจุดเก็บตัวอย่างโดยกระบวนการมีส่วนร่วมจากชุมชนที่อาศัยโดยรอบเตาเผาขยะมูลฝอย กำหนดจุดเก็บตัวอย่างโดยใช้ข้อมูลจากผลการสำรวจพฤติกรรมการบริโภคอาหาร
2. การวิเคราะห์ข้อมูล	- วิเคราะห์ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมโดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานและดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของแต่ละพารามิเตอร์อย่างต่อเนื่อง - วิเคราะห์ข้อมูลโดยนำค่าที่ได้จากการตรวจวัดมาทำการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ - วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Mapping) เข้ามาช่วย เพื่อดูความเชื่อมโยงระหว่างที่ตั้งสิ่งคุกคามและข้อมูลคุณภาพอากาศ เสียง น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน อาหาร พืช สัตว์น้ำ	
3. การรายงานข้อมูลแก่ผู้ที่เกี่ยวข้อง	- การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ต้องรายงานผลด้วยภาษาที่เข้าใจง่าย กระชับ ข้อมูลต้องมีความถูกต้องไม่บิดเบือน โดยบุคคลสำคัญที่ต้องได้รับการรายงานผล คือ ผู้ก่อให้เกิดมลพิษหรือผู้ประกอบการ ประชาชน และเจ้าหน้าของรัฐที่เกี่ยวข้อง โดยบุคคลทั้ง 3 ฝ่ายนี้จะต้องได้รับข้อมูลอย่างเท่าเทียมกัน - การสื่อสารความเสี่ยง วิธีการป้องกัน และดูแลตนเองแก่ประชาชน	

ขั้นตอน	ประเด็นข้อมูลที่ต้องรวบรวม	แหล่งที่มาของข้อมูล
4. การดำเนินการแก้ไขหรือป้องกันปัญหา	- หากพบพารามิเตอร์คุณภาพสิ่งแวดล้อม มีค่าเกินค่ามาตรฐานให้ผู้ประกอบการดำเนินการปรับปรุงคุณภาพสิ่งแวดล้อมให้อยู่ในระดับที่ไม่เกินค่ามาตรฐาน และรายงานแก่ผู้ที่เกี่ยวข้องทราบ - หากพบปริมาณสารเคมีในห่วงโซ่อาหาร ควรแจ้งเตือนประชาชนในการบริโภคในเบื้องต้น - ให้ประชาชนร่วมดำเนินการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง	

3.2 แนวทางการเฝ้าระวังสุขภาพ

เป็นการเฝ้าสังเกตอย่างต่อเนื่องเกี่ยวกับการกระจายและแนวโน้มของอุบัติการณ์ของโรค โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบ การวิเคราะห์ข้อมูลและการประเมินรายงานการป่วยและการตาย รวมทั้งข้อมูลที่สำคัญอื่นๆ และกระจายข่าวสารไปให้ผู้ที่จำเป็นต้องรู้อย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง เพื่อทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของการเกิดโรคหรืออาการที่อาจจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพจากเตาเผาขยะมูลฝอย การเฝ้าระวังทางสุขภาพดำเนินการได้ 2 รูปแบบ คือ

1) การเฝ้าระวังเชิงรับ เป็นการรวบรวมข้อมูลโรคหรือปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นจากเตาเผามูลฝอย ได้แก่ โรคระบบทางเดินหายใจ โรคมะเร็ง ภาวะบางอย่างที่เริ่มในระยะปริกำเนิด เช่น ความผิดปกติของอายุครรภ์และการเจริญเติบโตของทารกในครรภ์ เป็นต้น

2) การเฝ้าระวังเชิงรุก เป็นการเฝ้าระวังโดยผู้รวบรวมข้อมูลเข้าไปติดตามค้นหาโรคหรือปัญหาที่ทำการเฝ้าระวังอย่างใกล้ชิดตลอดเวลา เมื่อพบโรคหรือปัญหาที่ทำการเฝ้าระวัง ก็ทำการบันทึกเก็บข้อมูลทันที การเฝ้าระวังแบบนี้ได้ข้อมูลค่อนข้างครบถ้วน ได้แก่ ข้อมูลการรับสัมผัสมลพิษอากาศ และโลหะหนักของประชาชนในพื้นที่รอบเตาเผามูลฝอย โดยใช้แบบสอบถาม เป็นต้น

การเตรียมความพร้อมของบุคลากร

ในการเริ่มต้นสำหรับการเตรียมการเฝ้าระวังผลกระทบทางสุขภาพนั้น กิจกรรมสำคัญคือการเตรียมความพร้อมและพัฒนาศักยภาพของบุคลากรทางการแพทย์และสาธารณสุข ประกอบด้วยแพทย์ พยาบาล เจ้าหน้าที่สาธารณสุข และโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล ให้มีความรู้และสามารถทำการตรวจคัดกรองโรคหรืออาการที่เกี่ยวข้องกับสารมลพิษจากเตาเผามูลฝอย เพื่อสร้างความมั่นใจในการปฏิบัติงานให้แก่เจ้าหน้าที่ รวมถึงประชาชนและเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลโรคหรือความเจ็บป่วยที่มีความน่าเชื่อถือ

วิธีการดำเนินงาน : อาศัยบุคลากรที่มีประสบการณ์จากการดำเนินงานในพื้นที่อื่นๆ มาถ่ายทอดองค์ความรู้แลกเปลี่ยนประสบการณ์ให้แก่พื้นที่

ตารางที่ 16 แสดงข้อมูลการเฝ้าระวังเชิงรับ

ตัวชี้วัด	ICD-10	กลุ่มเป้าหมาย /พื้นที่	วิธีวิเคราะห์	ความถี่	แหล่งข้อมูล
ระบบทางเดินหายใจ เช่น หอบหืด ไอแห้ง ไอมีเสมหะ หายใจลำบาก หายใจมีเสียงหวีด แสบจมูก แสบคอ	J40-J47 J62 J68-J70	- ชุมชนรอบเตาเผาขยะมูลฝอย	- วิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลังอย่างน้อย 5 ปี - วิเคราะห์ข้อมูลแยกรายตำบลและหมู่บ้านเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของจังหวัดและประเทศ - ศึกษาแนวโน้มการเกิดโรค และวิเคราะห์ตามกลุ่มอายุ - อัตราป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจต่อ 100,000 ประชากร - อัตราป่วยด้วยโรคระบบประสาทต่อ 100,000 ประชากร -อัตราป่วยด้วยโรคระบบผิวหนังต่อ 100,000 ประชากร - อัตราป่วยด้วยโรคระบบตาต่อ 100,000 ประชากร -อัตราป่วยด้วยโรคระบบหัวใจและหลอดเลือดต่อ 100,000 ประชากร - อัตราป่วยด้วยภาวะบางอย่างที่เริ่มในระยะปริกำเนิดต่อ100,000 ประชากร - อัตราป่วยด้วยโรคหอบหืด ต่อ 100,000 ประชากร - อัตราผู้มีภาวะแท้ง ตั้งครรภ์ยาก - อัตราของเด็กที่มีพัฒนาการช้า - อัตราผู้ป่วยด้วยโรคพิษโลหะหนัก - อัตราผู้ป่วยด้วยโรคมะเร็ง/เนื้องอก	ทุก 6 เดือน-1ปี ทุก 6 เดือน-1ปี ทุก 6 เดือน-1ปี	**โรงพยาบาล** เช่น -รง 504 -รง 505 -รง 506 -12 แฟ้ม -Hos XP -MIT_NET/ THO **รพ.ตำบล** เช่น -18 แฟ้ม -รง 504 -THO
ระบบประสาท เช่น ปวดศีรษะ เวียนศีรษะ อ่อนเพลีย เบื่ออาหาร มึนงง มือสั่น ใจสั่น ไม่มีแรง หงุดหงิด ฉุนเฉียวง่าย หูแว่ว ประสาทหลอน	G10-G13 G47.0 G20-G26 G479 G44 G513 G44.2 G44.8				
ระบบผิวหนัง เช่น คัน ผื่นแดง อักเสบ	L23 L24.9 L23.0 L24.2 L23.8 L24 L23.9 L25.8 L24.8 L25.9				
ระบบตา เช่น ระคายเคืองตา น้ำตาไหล มองไม่ชัด ตาพร่า	H00-H59				
ระบบหัวใจและหลอดเลือด เช่น เหนื่อยง่าย แน่นหน้าอก เท้าบวม	I11-I15 I24.0 I20 I24.1 I21 I64 I22 I65 I23				
ภาวะบางอย่างที่เริ่มในระยะปริกำเนิด เช่น ความผิดปกติของอายุครรภ์และการเจริญเติบโตของทารกในครรภ์	P05-P08 P61.0-P61.8 P83.0-P83.9 P90-P96				
เนื้องอก	C00-D48 C60-C63 C00-C14 C64-C68 C15-C26 C69-C72 C30-C39 C73-C75 C40-C41 C76-C80 C43-C44 C81-C96 C45-C49 C97 C50-C58 D00-D09				

สำหรับการเฝ้าระวังเชิงรุกนั้นเจ้าหน้าที่สาธารณสุขต้องมีการดำเนินการค้นหาประชาชนกลุ่มเสี่ยงที่ได้รับสัมผัสสารมลพิษและมีอาการหรือโรคที่เชื่อมโยงกับมลพิษที่เกิดจากเตาเผาขยะมูลฝอย ซึ่งถือเป็นการตรวจคัดกรองและเฝ้าระวังกลุ่มเสี่ยง โดยเริ่มจากการกำหนดขอบเขตพื้นที่ที่ตรวจพบการปนเปื้อนของสารมลพิษทั้งในดิน น้ำ และอากาศ แล้วทำการตรวจคัดกรองกลุ่มเสี่ยง เริ่มจากการสำรวจอาการของประชาชนที่มารับบริการในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล ตามแบบสำรวจอาการที่เกี่ยวข้องกับมลพิษอากาศ พิษโลหะหนัก การตรวจสุขภาพทั่วไป การประเมินสมรรถภาพทางกาย การตรวจหาสารปนเปื้อนโลหะหนักในร่างกาย เป็นต้น

ตารางที่ 17 แสดงข้อมูลการเฝ้าระวังเชิงรุก

ข้อมูล/ตัวชี้วัด	กลุ่มเป้าหมาย/พื้นที่	วิธีวิเคราะห์ / การตรวจทางห้องปฏิบัติการ	ความถี่	แหล่งข้อมูล
ข้อมูลการตรวจสุขภาพประจำปี	- คนงาน/พนักงานในสถานประกอบการเตาเผามูลฝอย	- หาอัตราการตรวจพบสารโลหะหนักในตัวอย่างสิ่งส่งตรวจ เปรียบเทียบความรุนแรงและแนวโน้มของปัญหา โดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานทั้งในและต่างประเทศ - อัตราผู้ป่วยด้วยโรคพิษโลหะหนัก - วิเคราะห์ความเกี่ยวข้องกับปัจจัยเสี่ยงอื่น	ทุก 1 ปี	แรงงานจังหวัด/สสจ.
ข้อมูลการรับสัมผัสสารมลพิษทางอากาศ เช่น ไดออกซิน	กลุ่มเสี่ยงในพื้นที่รอบเตาเผามูลฝอย	- หาอัตราการตรวจพบสารไดออกซินในตัวอย่างสิ่งส่งตรวจ - วิเคราะห์ความเกี่ยวข้องกับปัจจัยเสี่ยงอื่น	ทุก 1 ปี	สำรวจทางคลินิกหาระดับสารไดออกซินในร่างกาย
ข้อมูลการรับสัมผัสโลหะหนัก	กลุ่มเสี่ยงในพื้นที่รอบเตาเผามูลฝอย	- อัตราผู้ป่วยด้วยโรคพิษโลหะหนัก - วิเคราะห์เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานทั้งในและต่างประเทศ - วิเคราะห์ขนาดและความรุนแรงแยกตามรายพื้นที่	ทุก 1 ปี	สำรวจทางคลินิกเพื่อหาระดับโลหะหนักในร่างกาย
ตรวจสารหนูในร่างกาย	กลุ่มเสี่ยงในพื้นที่รอบเตาเผามูลฝอย	เพื่อการประเมินผู้ป่วยที่ได้รับพิษสารหนูประกอบด้วยการตรวจผลกระทบต่อระบบอวัยวะ (health effect) ได้แก่ - การตรวจนับเม็ดเลือด (CBC) - การตรวจวิเคราะห์ปัสสาวะ (urinalysis) - การตรวจหน้าที่ของไต (BUN cteatinine) - การตรวจการทำงานของตับ - การตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ - การตรวจภาพถ่ายรังสีทรวงอก - การตรวจความเร็วของการนำกระแสประสาท - การตรวจไขกระดูกทางพยาธิวิทยา เมื่อสารหนูเข้าสู่ร่างกายแล้วมักกระจายออกจากกระแสโลหิตไปอย่างรวดเร็วการตรวจวัดระดับสารหนูในเลือดจึงมักใช้เพื่อยืนยันการได้รับสารหนูเข้าสู่ร่างกายได้ไม่ดีเท่าใดนัก การตรวจทางห้องปฏิบัติการที่มีประโยชน์สำหรับการตัดสินใจจัดการทางคลินิก ได้แก่ การตรวจวัดระดับสารหนูในปัสสาวะ 24 ชั่วโมง และในกรณีที่ไม่สามารถเก็บปัสสาวะ 24 ชั่วโมงได้ อาจเก็บปัสสาวะครั้งแรกตอนเช้ามืด	ทุก 1 ปี	
ตรวจตะกั่วในร่างกาย	กลุ่มเสี่ยงในพื้นที่รอบเตาเผามูลฝอย	<u>การวัดระดับตะกั่วในเลือด</u> (blood lead level) เป็นการตรวจคัดกรองและการตรวจวินิจฉัยที่ดีที่สุด สามารถบอกถึงการดูดซึมตะกั่วของร่างกาย รวมทั้งภาวะสมดุลของตะกั่วในเลือด กระดูก และการขับถ่าย แต่อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ในช่วงเวลาสั้นๆ ในการตรวจเพื่อการวินิจฉัยควรเก็บตัวอย่างเลือดจากหลอดเลือดดำและตรวจวัดด้วยเครื่อง atomic absorption spectrometer ส่วนการตรวจเลือดจากหลอดเลือดฝอยนั้น ใช้ได้เฉพาะในการตรวจคัดกรองเท่านั้น เนื่องจากอาจมีการปนเปื้อนกับตะกั่วในสิ่งแวดล้อมได้มาก นอกจากนี้ การตรวจวัดด้วยเครื่อง atomic absorption spectrometer หรือวิธีการอื่น ระดับตะกั่วที่วัดได้ยังมีการแปรปรวนได้ถึงร้อยละ10-15 ทั้งนี้ขึ้นกับระดับที่ทำการตรวจวัด <u>การตรวจวัดระดับตะกั่วในปัสสาวะ</u> (urine lead level) การพบมีระดับตะกั่วในปัสสาวะสูง เป็นข้อชี้บ่งการได้รับตะกั่วเข้าไปในร่างกายในระดับสูงที่ดี โดยเฉพาะการเก็บปัสสาวะ 24 ชั่วโมง และหลังการให้ chelating agent การเก็บปัสสาวะแบบครั้งเดียวนั้นมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลาได้มาก ทั้งนี้ขึ้นกับภาวการณ์มีหรือการขาดน้ำด้วย ถ้าพบระดับตะกั่วในปัสสาวะครั้งเดียวสูงแสดงถึงมีการดูดซึมตะกั่วเข้าไปในร่างกายสูง แต่ถ้าปกติไม่ได้บ่งบอกถึงว่ามีการดูดซึมเข้าสู่ร่างกายมากเกิน	ทุก 1 ปี	

ข้อมูล/ตัวชี้วัด	กลุ่มเป้าหมาย/พื้นที่	วิธีวิเคราะห์ / การตรวจทางห้องปฏิบัติการ	ความถี่	แหล่งข้อมูล
		หรือไม่ การตรวจวัดระดับตะกั่วในเนื้อเยื่อ (ฟัน ผม และเล็บ) ใช้เป็นตัวชี้สำหรับการได้รับตะกั่วเป็นระยะเวลานานและเป็นการเก็บตัวอย่างที่ง่าย โดยเฉพาะผมและเล็บ ส่วนฟันนั้นใช้ได้ดีเฉพาะในกรณีฟันน้ำนมของเด็กเท่านั้น		
ตรวจสารปรอทในร่างกาย	กลุ่มเสี่ยงในพื้นที่รอบเตาเผามูลฝอย	การตรวจระดับปรอทอาจตรวจวัดได้ทั้งในเลือด ปัสสาวะ และเส้นผม เนื่องจากปรอทมีระยะครึ่งชีวิตในเลือดค่อนข้างสั้น (3 วัน) การตรวจวัดระดับปรอทในเลือด ทำได้เฉพาะในกรณีที่ได้รับพิษปรอทอย่างเฉียบพลันเท่านั้น การตรวจวัดระดับปรอทในปัสสาวะ เป็นการตรวจหาระดับปรอทสำหรับการสัมผัสแบบเรื้อรัง การตรวจวัดระดับปรอทในเส้นผม สามารถใช้เป็นหลักฐานของการได้รับพิษจากสารประกอบปรอทอินทรีย์ได้ การตรวจพบดังกล่าวเพียงแต่บ่งชี้ถึงการได้รับปรอทเข้าสู่ร่างกายและสามารถบอกถึงผลกระทบได้อย่างคร่าวๆ ยังไม่มีหลักฐานที่ยืนยันถึงความสัมพันธ์กับความรุนแรงของอาการพิษอย่างชัดเจน	ทุก 1 ปี	
ตรวจแคดเมียมในร่างกาย	กลุ่มเสี่ยงในพื้นที่รอบเตาเผามูลฝอย	การวัดระดับแคดเมียมในปัสสาวะ เป็นตัวบ่งถึงปริมาณของแคดเมียมที่มีอยู่ในร่ายกาย ระดับแคดเมียมในปัสสาวะที่สูงกว่า 10 มคก./กรัมครีอะตินิน บ่งถึงการเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดการทำงานของไตผิดปกติ และควรมีมาตรการควบคุมป้องกันไม่ให้คนงานมีระดับแคดเมียมในปัสสาวะเกินกว่า 5 มคก./กรัม ครีอะตินิน การวัดระดับของแคดเมียมในเลือด เป็นตัวบ่งถึงการได้รับแคดเมียมมาเมื่อไม่นานนัก ระดับแคดเมียมในเลือดตั้งแต่ 10 มคก./ลิตร เป็นระดับที่อันตรายต่อร่างกาย การตรวจคัดกรองการเป็นพิษต่อระบบการหายใจ ทำได้ด้วยการตรวจสมรรถภาพปอดและการตรวจภาพรังสีทรวงอก ในกรณีที่มีภาวะปอดอักเสบจากสารเคมี ปอดบวมน้ำ และ ถุงลมโป่งพองการตรวจภาพรังสีทรวงอกอาจพบลักษณะรอยโรคที่เข้าได้รับภาวะดังกล่าว และการตรวจสมรรถภาพปอดมักพบค่า FVC และ FEV ลดลง	ทุก 1 ปี	
ตรวจแมงกานีสในร่างกาย	กลุ่มเสี่ยงในพื้นที่รอบเตาเผามูลฝอย	การตรวจวัดระดับของแมงกานีสในเลือดและ/หรือในปัสสาวะ ในผู้ป่วยที่มีอาการแล้ว มักไม่สัมพันธ์กับอาการที่เกิดขึ้นและไม่มีประโยชน์ในทางคลินิกนักเกิดภาวะ proteinuria microscopic hematuria, proximal tubular damage, hypercalcemia และมีไข้ได้ ดังนั้น จึงไม่ควรให้ยาดังกล่าวเกิน 5 วัน ในแต่ละครั้งและก่อนการเริ่มให้ยาควรรับผู้ป่วยไว้ในโรงพยาบาล รวมทั้งควรปรึกษาแพทย์ที่มีประสบการณ์ในการให้ยาดังกล่าวซึ่งในประเทศไทยสามารถทำได้ด้วยการปรึกษาไปยังศูนย์พิษวิทยาหรือโรงพยาบาลโรงเรียนแพทย์	ทุก 1 ปี	
- ตรวจการทำงานของตับ (LFT)	กลุ่มเสี่ยงในพื้นที่รอบเตาเผามูลฝอย	เป็นการตรวจทางห้องปฏิบัติการเพื่อหาความผิดปกติของทำงานของตับ	ทุก 1 ปี	
- ตรวจความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด (CBC)	ชุมชนในพื้นที่รอบเตาเผามูลฝอย	ทำให้ทราบถึงสภาวะสุขภาพของร่างกาย และความเสี่ยงต่อการเกิดโรค ซึ่งจะมีประโยชน์ในการป้องกันและรักษาโรคต่างๆ เช่น การตรวจเลือดเพื่อวินิจฉัย เพื่อค้นหาความผิดปกติในระยะแรกเริ่มจะเป็นประโยชน์สำหรับการป้องกัน และรักษาโรคได้ทันการ การเก็บเลือดเพื่อตรวจ โดยเจาะเลือดจากเส้นเลือดดำบริเวณข้อแขนหรือข้อมือ ใช้ปริมาณประมาณ 2.5 - 3 มิลลิลิตร และเก็บเลือดไว้ในหลอดแก้วที่บรรจุสารกันเลือดแข็งที่เรียกว่า อีดีทีเอ (EDTA) ตามอัตราส่วนที่เหมาะสม เพื่อป้องกันการแข็งตัวของเลือดที่จะตรวจ	ทุก 1 ปี	

ข้อมูล/ตัวชี้วัด	กลุ่มเป้าหมาย/พื้นที่	วิธีวิเคราะห์ / การตรวจทางห้องปฏิบัติการ	ความถี่	แหล่งข้อมูล
- พฤติกรรมสุขภาพและการรับสัมผัสโลหะหนัก/มลพิษอากาศ	ชุมชนในพื้นที่รอบเตาเผามูลฝอย	-วิเคราะห์พฤติกรรมสุขภาพกับการรับสัมผัสโลหะหนัก/มลพิษอากาศจากปัจจัยเสี่ยงอื่นๆ เช่น การสูบบุหรี่ อาหาร แหล่งน้ำดื่ม น้ำใช้ อาชีพ เป็นต้น	ทุก 1 ปี	สำรวจ โดยใช้แบบสอบถาม

การแปลความหมายของข้อมูล

ผลจากการตรวจตัวชี้วัดทางชีวภาพ สามารถนำมาวิเคราะห์และแปลความหมายเบื้องต้นโดยใช้ข้อค่าอ้างอิงดังต่อไปนี้ (ATSDR ,2012; กระทรวงแรงงาน 2550; กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ 2532)

ตารางที่ 18 การแปลความหมายของข้อมูล

ประเภทสาร	ประเภทบุคคล	ระดับสาร
สารหนู	ค่าในคนปกติทั่วไป[1]	-ในเลือด < 1µg/L -ในปัสสาวะ < 100µg/L -ในปัสสาวะ < 10µg/g creatinine -ในเล็บ ≤ 1ppm -ในผม ≤ 1ppm
	BEI	-ในปัสสาวะ < 15 -ในผม › 0.8 mg/kg นน.เส้นผมแห้ง -ในเล็บ › 1.3 mg/kg นน.เล็บแห้ง
	ค่ามาตรฐานในคนงาน[3]	-ปัสสาวะหลังเลิกงานวันสุดท้ายของสัปดาห์ <50 µg/g creatinine
	ค่าความผิดปกติในคนงาน[3]	-ปัสสาวะที่ถ่ายครั้งแรกในตอนเช้า ›50 µg/g creatinine
แคดเมียม	ค่าในคนปกติอายุ ≥1 ปี[1]	-ในเลือด 0.315 µg/L
	ค่าในคนปกติอายุ ≥6 ปี[1]	-ในปัสสาวะ 0.193 µg/g creatinine
	ค่าในคนทำงาน[3]	-ในเลือด (ไม่ควรเกิน) < 5 mg/mL
	ค่าอันตรายในคนทำงาน[3]	-ในเลือด › 10 µg/mL
	ค่าไตทำงานผิดปกติในคนทำงาน[3]	-beta-2-microglobulin ในปัสสาวะ › 750 µg/g creatinine
	BEI	-ในปัสสาวะ 5 µg/g creatinine -ในเลือด 5 µg/L
แมงกานีส	ค่าในคนปกติอายุ 6-88 ปี[1]	-ในปัสสาวะ 1.26µg/L
	BEI	ไม่กำหนด
ตะกั่ว	ค่าในเด็กทั่วไป 1-5 ปี[1]	-ในเลือด 1.9 µg/dL
	ค่าในผู้ใหญ่ทั่วไป 20-59 ปี[1]	-ในเลือด 1.5 µg/dL
	คนปกติทั่วไป ≥ 6 ปี[1]	-ในปัสสาวะ0.677µg/L
	ค่าอันตรายในคนทำงาน[2]	-ในเลือด ≥ 60 µg/dL
	ระดับที่พบแล้วถือว่าปกติ[3]	-ในเลือด 10-20 µg/100ml/ ในปัสสาวะ 10-70 µg/L
	ระดับเริ่มเป็นพิษ(ไม่แสดงอาการ)[3]	-ในเลือด 40 µg/100ml/ ในปัสสาวะ 100 µg/L
	ระดับแสดงอาการเป็นพิษ[3]	-ในเลือด 70 µg/100ml/ ในปัสสาวะ 200 -400µg/L
	BEI	-ในเลือด 30 µg/100ml *การพบตะกั่วในเลือดแสดงถึงการเพิ่งได้รับสาร

3.3 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ

หลังจากที่เจ้าหน้าที่สาธารณสุขได้ตรวจวัดปริมาณสารไดออกซิน/ฟูแรน และโลหะหนักที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมแล้ว สามารถนำผลการตรวจวัดมาใช้ในการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนกลุ่มเสี่ยงที่มีการรับสัมผัสสารมลพิษ แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการประเมินความเสี่ยงไปใช้ในการจัดการความเสี่ยงที่ต่อไป

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ เป็นกระบวนการศึกษาอย่างเป็นระบบเพื่อพรรณนาและวัด ความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้น โดยการพิจารณาความสัมพันธ์ของสิ่งคุกคาม กระบวนการ การกระทำ และสถานการณ์ต่างๆที่เกี่ยวข้อง เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับตอบคำถามในสิ่งที่สนใจว่า ความเสี่ยงทั้งทางด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อม มีความสัมพันธ์กับสิ่งคุกคามอย่างไร และมีความเสี่ยงอยู่ในระดับใด โดยมีขั้นตอนดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยง

ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยง	คำอธิบาย
1. การประเมินสิ่งคุกคาม (Hazard Identification)	เป็นการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อสรุปว่าการได้รับสิ่งคุกคาม/มลพิษจากเตาเผาขยะมูลฝอยมีผลเสียต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์หรือไม่
2. การประเมินการสัมผัส (Exposure Assessment)	เป็นวิธีการประมาณหรือวัดปริมาณหรือความเข้มข้นของสิ่งคุกคามที่แต่ละบุคคล/ ประชากรได้รับ วัตถุประสงค์ของการประเมินการรับสัมผัส คือ - ค้นหาสารหรือสิ่งคุกคามที่สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดหรือสิ่งแวดล้อมได้รับสัมผัส - คำนวณปริมาณที่ได้รับ - ได้รับสารด้วยวิธีใด - ไดรับสารเป็นเวลานานเท่าใด
3. การประเมินขนาดสัมผัสกับการตอบสนอง (Dose-Response Assessment)	เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารที่ได้รับและความรุนแรงของความเป็นพิษที่เกิดขึ้นที่จะเกิดผลเสียต่อสุขภาพ
4. การอธิบายลักษณะของความเสี่ยง (Risk Characterization)	คือการวิเคราะห์ข้อมูลจากทั้ง 3 ขั้นตอนก่อนหน้าเพื่อนำมาประเมินว่าการสัมผัสสิ่งคุกคามในสภาพที่เป็นอยู่นั้น ถือเป็นความเสี่ยงต่อสุขภาพหรือไม่ ในที่ทำงานหรือสถานประกอบการแห่งหนึ่ง คนทำงานแต่ละคนหรือแผนกงานแต่ละแผนก ย่อมจะมีความเสี่ยงต่อสุขภาพที่แตกต่างกันไปตามสิ่งคุกคามที่สัมผัส รายละเอียดที่ต้องพิจารณาในขั้นตอนนี้คือ ต้องบอกให้ได้ว่าความเสี่ยงต่อปัจจัยคุกคามที่สนใจนั้น ระดับของความเสี่ยงมีมากน้อยแค่ไหน มีความเสี่ยงอย่างไร ใครเป็นผู้ที่มีความเสี่ยงสูงสุด ลักษณะงานหรือกิจกรรมแบบใดที่ทำให้เกิดความเสี่ยงสูงสุด

ตัวอย่างการประเมินความเสี่ยง

1) การประเมินสิ่งคุกคาม (Hazard Identification)

จากสิ่งคุกคามที่กล่าวไว้ข้างต้นพบว่า ผลการตรวจคุณภาพอากาศมีปริมาณสารไดออกซิน ซึ่งอาจทำให้ประชาชนในพื้นที่มีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสทางการหายใจได้

2) การประเมินการสัมผัส (Exposure Assessment)

ประเมินจากความเข้มข้นของสารมลพิษ ความถี่การรับสัมผัส ระยะเวลาการสัมผัส และช่องทางการรับสัมผัส

1) ความเข้มข้นของสารมลพิษ คือ ปริมาณสารไดออกซิน (5.73×10^{-8} $\mu g/m^3$)
2) อัตราการสัมผัส คือ ประชาชนมีอัตราการหายใจเฉลี่ย (วัยเด็ก 3-16 ปี 15 m^3/day)
3) ระยะเวลาที่สัมผัส คือ ระยะเวลาที่ประชาชนอาศัยอยู่ในพื้นที่เสี่ยง หรือระยะเวลาที่ประชาชนรับสารมลพิษ (2 ปี)
4) ความถี่ของการได้รับสาร (365 วัน/ปี)
5) Fraction Inhaled (1 unitless)
6) น้ำหนักของร่างกาย (วัยเด็ก 3-16 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 50 กก.)
7) ระยะเวลาที่ใช้ในการสัมผัสเฉลี่ย
   - เวลาเฉลี่ยการสัมผัสสำหรับสารก่อมะเร็ง 2x365 วัน/ปี (730 วัน)
   - เวลาเฉลี่ยสำหรับสารไม่ก่อมะเร็ง 2x365 วัน/ปี (730 วัน)
8) ช่องทางการสัมผัส คือ การหายใจ (Inhalation)

ใช้สมการสำหรับการประเมินการสัมผัสทางการหายใจ ดังนี้
(ข้อมูลจาก US EPA,1989)

$$CI = \frac{CA \times InhR \times EF \times ED \times FI}{BW \times AT}$$

โดยที่
- CI = ปริมาณสิ่งคุกคามที่ได้รับ (มก./กก.-น้ำหนักร่างกาย/วัน)
- CA = ความเข้มข้นเฉลี่ยของสิ่งคุกคามในตัวกลางระหว่างที่มีการสัมผัส (mg/m^3)
- InhR = อัตราการหายใจ (m^3/วัน)
- EF = ความถี่ของการสัมผัส (วัน/ปี)
- ED = ระยะเวลาที่สัมผัส (ปี)
- FI = fraction inhaled (unitless)
- BW = น้ำหนักของร่างกาย (กก.)
- AT = ระยะเวลาที่ใช้ในการสัมผัสเฉลี่ย (วัน)

จากสูตรคำนวณ พบว่า

$$CI = \frac{5.73 \times 10^{-12} \times 15 \times 365 \times 2 \times 1}{50 \times 730}$$

$$CI = 1.719 \times 10^{-12} \text{ มก./กก.-น้ำหนักร่างกาย/วัน}$$

ดังนั้นปริมาณที่ได้รับสารไดออกซินจากการหายใจ คือ 1.719×10^{-12} มก./กก.-น้ำหนักร่างกาย/วัน

3) การประเมินขนาดสัมผัสกับการตอบสนอง (Dose-Response Assessment)

การประเมินความเสี่ยงของการสัมผัสสารไดออกซินจากการหายใจ โดยการคำนวณหาค่า Hazard Quotient (HQ)

1) ปริมาณสิ่งคุกคามที่ได้รับ (1.719×10^{-12} mg/kg bw/day)
2) Tolerable Daily Intake : TDI (WHO (1998) 1-4 pg/kg bw/day)

ใช้สมการ ดังนี้

$$HQ = \frac{CI}{TDI}$$

โดยที่ TDI = Tolerable Daily Intake

HQ = ค่าความปลอดภัย

HQ ≤ 1 อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

HQ > 1 เกินกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้

จากสูตรคำนวณ พบว่า

$$HQ = \frac{1.719 \times 10^{-12} \text{ mg/kg bw/day}}{4 \text{ pg kg bw/day}}$$

$$HQ = 0.42975 \times 10^{-3}$$

4) การอธิบายลักษณะความเสี่ยง (Risk Characterization)

จากการคำนวณค่าความปลอดภัย (HQ) จากการสัมผัสสารไดออกซินทางการหายใจ พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.42975×10^{-3} ซึ่งมีค่า < 1 แสดงว่ามีความปลอดภัย/อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

3.4 การรักษาและฟื้นฟู

ผลการตรวจวัดที่ได้จากการตรวจคัดกรองประชาชนกลุ่มเสี่ยงและพบว่ามีค่าตรวจวัดสารพิษในร่างกายเกินค่ามาตรฐานหรือพบความผิดปกติทางอาการของโรค ในเบื้องต้นเจ้าหน้าที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหรือโรงพยาบาลชุมชนที่ผ่านการอบรม สามารถให้การรักษาเมื่อพบความผิดปกติและทำการตรวจติดตามอย่างต่อเนื่อง หรืออาจนำผู้ป่วยหรือมีอาการไปทำการตรวจรักษาด้วยแพทย์เฉพาะทางเกี่ยวกับโรคทางสิ่งแวดล้อมต่อไป

3.5 จัดทำแผนที่ชุมชนหรือแผนที่ความเสี่ยง

การทำแผนที่ชุมชนเป็นเครื่องมือในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเสี่ยงกับปัญหาสุขภาพ แต่ไม่สามารถใช้ในการบอกว่าปัจจัยเสี่ยงที่สงสัยเป็นสาเหตุของการเจ็บป่วยที่เกิดขึ้น ดังนั้นผลที่ได้ยังต้องรอการพิสูจน์ให้แน่ชัดด้วยวิธีการอื่นๆ ต่อไป อย่างไรก็ตามการจัดทำแผนที่ชุมชนสามารถใช้เป็นเครื่องมือให้เจ้าหน้าที่สาธารณสุขวางแผนในการติดตามฝ้าระวังรวมถึงแก้ไขปัญหาได้ง่ายขึ้น

แผนที่ชุมชน เป็นการนำข้อมูลจำนวนหลังคาเรือน จำนวนประชากรที่เป็นกลุ่มเสี่ยงโดยรอบเตาเผาขยะมูลฝอย โดยกำหนดขอบเขตในรัศมี 3-5 กิโลเมตรรอบโครงการ โดยระบุข้อมูลสำคัญในแผนที่ ได้แก่ ที่ตั้งของเตาเผามูลฝอย จุดเก็บตัวอย่างคุณภาพอากาศ จุดเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำ ที่ตั้งหลังคาเรือนโดยรอบเตาเผามูลฝอยพร้อมทั้งบ้านเลขที่ ที่ตั้งระบบประปาหมู่บ้าน แหล่งน้ำผิวดิน เส้นทางการไหลของน้ำ ถนน โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล โรงพยาบาลชุมชน โรงพยาบาล โรงเรียน วัด เป็นต้น และระบุข้อมูลผลการตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมและสุขภาพลงในแผนที่ชุมชน ระบุจุดที่ตรวจพบผู้ป่วยหรือผู้ที่มีอาการเกี่ยวข้องกับมลพิษจากเตาเผามูลฝอย ดำเนินการโดยเจ้าหน้าที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหรือ อสม. และระยะต่อไปอาจพัฒนาเป็นระบบ ฐานข้อมูล GIS ต่อไปได้

การสื่อสารความเสี่ยง (risk communication) คือการให้ข้อมูลต่อสาธารณะ ว่าความเสี่ยงนั้นรุนแรงมากน้อยเพียงใด ต้องให้ความสำคัญหรือไม่จำเป็นจะต้องตื่นตระหนก โดยการให้ข้อมูลที่ถูกตรงกับความเป็นจริง ผู้ประกอบการและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น หน่วยงานกำกับดูแล หน่วยงานด้านสิ่งแวดล้อม ควรสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนหรือกระบวนการที่ใช้ในเตาเผามูลฝอย สิ่งคุกคาม และผลกระทบที่จะเกิดขึ้น รวมสร้างความตระหนักร่วมกัน อันจะนำไปสู่ความร่วมมือในการลดปัจจัยคุกคามสุขภาพโดยเฉพาะปัจจัยที่สามารถป้องกันได้ ให้กับประชาชนในพื้นที่ และเมื่อดำเนินการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลทั้งด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพแล้ว หากพบกรณีที่คุณภาพสิ่งแวดล้อมและสุขภาพมีค่าเกินค่ามาตรฐาน หรือแม้แต่ไม่เกินค่ามาตรฐาน แต่มีค่ามากกว่าครึ่งหนึ่งของค่ามาตรฐาน ควรมีการเฝ้าระวังอย่างต่อเนื่อง และควรสื่อสารให้ประชาชนในพื้นที่ทราบ รวมทั้งให้ความรู้ในการดูแลป้องกันตนเอง โดยมีรูปแบบการสื่อสารต่างๆ เช่น การสื่อสารผ่านหอกระจายข่าว วิทยุชุมชน การสื่อสารผ่านสื่อแผ่นพับและใบปลิว หรือป้ายประชาสัมพันธ์ในสถานที่ที่เป็นจุดศูนย์รวมประชาชน เช่น ศาลาการเปรียญ วัด เป็นต้น

ส่วนที่ 4
กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

4.1 ข้อมูลกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

1) คุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไป

1. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ.2538) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป

2. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 21 (พ.ศ. 2544) เรื่อง กำหนดมาตรฐานค่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบรรยากาศโดยทั่วไปในเวลา 1 ชั่วโมง

3. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 24 (พ.ศ. 2547) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป

4. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2552) เรื่อง กำหนดมาตรฐานค่าก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศโดยทั่วไป

2) คุณภาพอากาศในปล่องระบายอากาศ

1. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงานผลิต ส่ง หรือจำ หน่ายพลังงานไฟฟ้า พ.ศ. 2547

2. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน พ.ศ. 2549

3. ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2542) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงไฟฟ้าเก่า

4. ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงไฟฟ้า

5. ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงไฟฟ้าใหม่ พ.ศ. 2553

6. ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดให้โรงไฟฟ้าแม่เมาะเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศออกสู่บรรยากาศ

3) คุณภาพเสียง

1. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 15 (พ.ศ. 2540) เรื่อง กำหนดมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป

2. กฎกระทรวงแรงงาน เรื่อง กำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2549

4) คุณภาพน้ำ

1. ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

2. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

3. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน

4.2. ค่ามาตรฐานมลพิษอากาศของโรงไฟฟ้า

ตารางที่ 20 ค่ามาตรฐานมลพิษอากาศที่แต่ละหน่วยงานกำหนด

สารมลพิษ	กรมควบคุมมลพิษ			WHO	EPAQS	EPA	IRIS	OSHA
	บรรยากาศทั่วไป	โรงไฟฟ้าเก่า	โรงไฟฟ้าใหม่					
NO_2	- ค่าเฉลี่ย 1 ชม. 0.17 ppm - ค่าเฉลี่ย 1 ปี 0.03 ppm	- ถ่านหิน 400 ppm - ก๊าซธรรมชาติ:200ppm - น้ำมัน: 200 ppm	- ถ่านหิน 200 ppm[1] - ก๊าซธรรมชาติ: 120 ppm[1] - น้ำมัน: 180 ppm[1] - Biomass: 200 ppm[1]	- ค่าเฉลี่ย 1 ปี 40 µg/m^3 - ค่าเฉลี่ย 1 ชม. 200 µg/m^3	- ค่าเฉลี่ย 1 ชม. 287 µg/m^3 (150 ppb)	- ค่าเฉลี่ย 1 ปี 0.053 ppm (1971)	-	-PEL : 25 ppm
SO_2	- ค่าเฉลี่ย 1 ชม. 0.3 ppm - ค่าเฉลี่ย 24 ชม.: 0.12 ppm - ค่าเฉลี่ย 1 ปี 0.04 ppm	- ถ่านหิน 700 ppm - ก๊าซธรรมชาติ: 60 ppm - น้ำมัน: 1,000 ppm	-ถ่านหิน 360 ppm (<50MW)[1] -ถ่านหิน 180 ppm(>50MW)[1] - ก๊าซธรรมชาติ: 20 ppm[1] - น้ำมัน: 260 ppm[1] - Biomass: 60 ppm[1]	-ค่าเฉลี่ย24 ชม: 20 µg/m^3 - 10 นาที : 500 µg/m^3	- ค่าเฉลี่ย 15 นาที 266 µg/m^3 (100 ppb)	- ค่าเฉลี่ย 24 ชม. 0.14 ppm (1971) - ค่าเฉลี่ย 1 ปี 0.03 ppm (1971)	-	-PEL : 5 ppm
O_3	- ค่าเฉลี่ย 1 ชม. 0.10 ppm - ค่าเฉลี่ย 8 ชม. : 0.07 ppm	-	-	- ค่าเฉลี่ย 8ชม.: 100 µg/m^3	- ค่าเฉลี่ย 8 ชม. 100 µg/m^3 (50 ppb)	- ค่าเฉลี่ย 1 ชม. 0.12 ppm - ค่าเฉลี่ย 8ชม. 0.075 ppm	-	
PM_{10}	-ค่าเฉลี่ย 24 ชม.:0.12 มคก./ลบ.ม - ค่าเฉลี่ย 1 ปี 0.05 มคก./ลบ.ม	-	-	- ค่าเฉลี่ย 1ปี : 10 µg/m3 - ค่าเฉลี่ย 24ชม: 25 µg/m3	- ค่าเฉลี่ย 24 ชม: 50 µg/m^3	- ค่าเฉลี่ย 24ชม: 150 µg/m3 (2006)	-	
$PM_{2.5}$	-ค่าเฉลี่ย 24 ชม.:0.05 มคก./ลบ.ม - ค่าเฉลี่ย 1 ปี 0.025 มคก./ลบ.ม		-	-ค่าเฉลี่ย 1ปี : 20 µg/m3 - ค่าเฉลี่ย 24 ชม: 50 µg/m3	-	-ค่าเฉลี่ย 1ปี : 15 µg/m3 - ค่าเฉลี่ย24 ชม: 35 (2006)	-	

สารมลพิษ	กรมควบคุมมลพิษ			WHO	EPAQS	EPA	IRIS	OSHA
	บรรยากาศทั่วไป	โรงไฟฟ้าเก่า	โรงไฟฟ้าใหม่					
						µg/m3		
TSP		- ถ่านหิน 320 mg/m^3 - ก๊าซธรรมชาติ: 60mg/m^3 - น้ำมัน: 240 mg/m^3	- ถ่านหิน 80 mg/m^{3*1} - ก๊าซธรรมชาติ: 60 mg/m^{3*1} - น้ำมัน: 120 mg/m^{3*1} - Biomass: 120 mg/m^{3*1}		-		-	
Hg				**(0.001 mg/l ในน้ำดื่ม(1984))	-	- ค่าเฉลี่ย 24 ชม.: 0.25 µg/m^3 (major stationary source)	- phenylmercuric acetate RfD of 8×10^{-5} mg/kg/day (1997) - RfC for elemental mercury is $3x10^{-4}$ mg/m^3 (1997)	- PEL(8hr.TWA): 0.01 mg/m^3(1974)
Pb	ค่าเฉลี่ย 1 เดือน 1.5 มคก./ลบ.ม			- 0.5 µg/m^3 (2000)	- ค่าเฉลี่ย 1 ปี 0.25 µg/m^3	- ค่าเฉลี่ย 3 เดือน : 0.15 µg/m^3	-	PEL(8hr.TWA): 50 mg/m^3 (2005
As				- 1.5x10-3 unit risk**	-	-	-Inhalation unit risk $4.3x10^{-3}$ per µg/m^3 - RfD $3x10^{-4}$ mg/kg/day for inorganic Arsenic(2007) - RfC ยังไม่มีข้อมูล	- PEL(8hr.TWA): 0.05 mg/m^3 (2005
Cd				- Chemical of Health Significance 0.003 mg/L (1996)	-	-	- RfD 5x10-4 mg/kg/day in water (1995). - RfD 1x10-3	- PEL(TWA): 5 µg/m^3 (1992)

สารมลพิษ	กรมควบคุมมลพิษ			WHO	EPAQS	EPA	IRIS	OSHA
	บรรยากาศทั่วไป	โรงไฟฟ้าเก่า	โรงไฟฟ้าใหม่					
							mg/kg/day in food (1995).	
Benzene	- ค่าเฉลี่ย 1 ปี 1.7 มคก./ลบ.ม	-	-	- 6x10-6 unit risk(2000)	- ค่าเฉลี่ย 1 ปี 16.25 µg/m^3 (5 ppb)		-Inhalation unit risk 2.2x10-6–7.8x10-6 per µg/m^3 - RfC 0.03 mg/m^3 - RfD 0.004 mg/kg/day	- PEL: 1 ppm -STEL: 5 ppm
Vinyl Chloride	- ค่าเฉลี่ย 1 ปี 10 มคก./ลบ.ม	-	-	-	-	-	-RfC 0.1 mg/m^3 - RfD 0.003 mg/kg/day	PEL(8hr.TWA): 1 ppm - PEL(15นาที TWA): 5 ppm
1,2 - Dichloroethane)	- ค่าเฉลี่ย 1 ปี 0.4 มคก./ลบ.ม	-	-	-	-	-	- Inhalation Unit Risk (Carcinogenic Risk) 2.6 x10-5 ต่อ µg/m3	-PEL: 50 ppm, -Ceiling:100 ppm (2001)
Trichloroethylene	- ค่าเฉลี่ย 1 ปี 23 มคก./ลบ.ม	-	-	-	-	-	-	- PEL : 100 ppm - Ceiling:200 ppm
Dichloromethane	- ค่าเฉลี่ย 1 ปี 22 มคก./ลบ.ม	-	-	-	-	-	- RfD 6 x10-2 mg/kg-day -Inhalation Unit Risk (Carcinogenic Risk) :4.7 x10-7ต่อ µg/m3	- PEL : 25 ppm - STEL : 125 ppm
1,2-Dichloropropane,	- ค่าเฉลี่ย 1 ปี 4 มคก./ลบ.ม	-	-	-	-	-	- RfC 0.02 mg/m^3 - RfD 0.03 mg/kg/day	
Tetrachloro-ethylene	- ค่าเฉลี่ย 1 ปี 200 มคก./ลบ.ม	-	-	-	-	-	- RfD: 1 x10-2 mg/kg-day	-PEL : 100 ppm - Ceiling :200

สารมลพิษ	กรมควบคุมมลพิษ			WHO	EPAQS	EPA	IRIS	OSHA
	บรรยากาศทั่วไป	โรงไฟฟ้าเก่า	โรงไฟฟ้าใหม่					
								ppm
Chloroform	- ค่าเฉลี่ย 1 ปี 0.43 มคก./ลบ.ม	-	--	-	-	-	RfD : 0.01(mg/kg/day)	- PEL-TWA: 50 ppm -Ceiling: 240 mg/m3
1,3-Butadiene	- ค่าเฉลี่ย 1 ปี 0.33 มคก./ลบ.ม	-	-	-	- ค่าเฉลี่ย 1 ปี 2.25 $\mu g/m^3$ (1 ppb)	-	- RfC : 2x10-3 mg/m3 -Inhalation Unit Risk (Carcinogenic Risk) :3 x10-5ต่อ µg/m3	- PEL-TWA: 1 ppm - PEL-STEL : 5 ppm

*[1] มาตรฐานนี้มีผลบังคับใช้กับโรงไฟฟ้าที่ได้รับอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน หรือใบอนุญาตขยายโรงงานตั้งแต่ วันที่ 15 มกราคม 2553

** Cancer risk estimates for lifetime exposure to a concentration of 1 µg/m3.

* http://www.epa.gov/air/criteria.html: National Ambient Air Quality Standards (NAAQS)

EPA : Environmental Protection Agency

IRIS = Integrated Risk Information System

OSHA : Occupational Safety and Health Administration (United States Department of Labor)

EPAQS : UK Expert Panel on Air Quality Standards คณะผู้เชี่ยวชาญด้านมาตรฐานคุณภาพอากาศแห่งสหราชอาณาจักร”

IDLH = immediately dangerous to life or health

PEL = permissible exposure limit

REL = recommended exposure limit

RfC = inhalation reference concentration

RfD = oral reference dose

STEL = short-term exposure limit

TLV = threshold limit values

TWA = time-weighted average

ตารางที่ 21 เปรียบเทียบค่ามาตรฐาน ไดออกซิน/ฟิวแรน จากเตาเผาอุณหภูมิสูงของประเทศต่างๆ

ประเทศ	ค่ามาตรฐาน	ประเภทเตาเผา
ออสเตรีย	0.1ng. I-TEQ/Nm^3	เตาเผาทุกขนาด
แคนาดา	0.1 ng. I-TEQ/Nm^3	เตาเผาทุกขนาด
สหภาพยุโรป	0.1ng. I-TEQ/Nm^3	เตาเผาทุกขนาด
เนเธอร์แลนด์	1.0 ng. I-TEQ/Nm^3	เตาเผาทุกขนาด
ไต้หวัน	0.5 ng. I-TEQ/Nm^3	เตาเผาทุกขนาด
ญี่ปุ่น	0.1ng. I-TEQ/Nm^3	เตาเผาขนาดใหญ่
สหรัฐอเมริกา	13 ng-Total/Nm^3	เตาเผาขนาดใหญ่
ประเทศไทย (2540)	30 ng-Total/Nm^3	เตาเผามูลฝอยชุมชนขนาดตั้งแต่ 1 ตัน/วันขึ้นไป
ประเทศไทย (2545)	0.5 ng. I-TEQ/Nm^3	เตาเผาสิ่งปฏิกูลหรือเตาเผาที่ไม่ใช้แล้ว

ที่มา : จารุพงศ์ บุญหลง, 2547 อ้างถึงใน กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2553

หมายเหตุ : 30 ng-Total/Nm^3 เท่ากับประมาณ 0.5 ng. I-TEQ/Nm^3
13 ng-Total/Nm^3 เท่ากับประมาณ 0.2 ng. I-TEQ/Nm^3
เตาขนาดใหญ่ของสหรัฐอเมริกา หมายถึง เตาเผาขนาดตั้งแต่ 250 ตัน/วัน

ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศโรงไฟฟ้า

ตารางที่ 22 มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงไฟฟ้าใหม่

ประเภทของสารมลพิษทางอากาศ	ถ่านหิน	น้ำมัน	ก๊าซ	วิธีการตรวจวัด
ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ส่วนในล้านส่วน)				USEPA Method 6,8 / วิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
☐ โรงไฟฟ้าขนาด มากกว่า 500 เมกกะวัตต์	320	320	20	
☐ โรงไฟฟ้าขนาด 300 - 500 เมกกะวัตต์	450	450	20	
☐ โรงไฟฟ้าขนาด ต่ำกว่า 300 เมกกะวัตต์	640	640	20	
ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนในรูปก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (ส่วนในล้านส่วน)	350	180	120	USEPA Method 7 / วิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
ฝุ่นละออง (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	120	120	60	USEPA Method 5 / วิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

หมายเหตุ

1. มาตรฐานนี้มีผลบังคับใช้กับโรงไฟฟ้าที่ได้รับอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน หรือใบอนุญาตขยายโรงงานตั้งแต่ วันที่ 30 มกราคม 2539
2. ให้คำนวณความเข้มข้นสารมลพิษทางอากาศเทียบที่สภาวะอ้างอิง (Reference Condition) อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท หรือความดัน 1 บรรยากาศ ที่สภาวะแห้ง ปริมาตรอากาศส่วนเกินช่วยในการเผาไหม้ (Excess Air) ร้อยละ 50 หรือที่ออกซิเจน (Oxygen) ร้อยละ 7

ที่มา : ดัดแปลงจาก ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงไฟฟ้า ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 113 ตอนที่ 9 ง วันที่ 30 มกราคม 2539 และ ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดให้โรงไฟฟ้าเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียออกสู่สิ่งแวดล้อม ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 113 ตอนที่ 9 ง ลงวันที่ 30 มกราคม 2539

ทั้งนี้ ในกรณีที่โรงงานไฟฟ้าใช้ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ เป็นเชื้อเพลิงร่วมกัน ตั้งแต่ 2 ประเภทขึ้นไป ให้คำนวณค่ามาตรฐานการปล่อยทิ้งอากาศเสียตามสัดส่วนของเชื้อเพลิงแต่ละประเภทที่ใช้ดังต่อไปนี้

มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสีย = AX + BY + CZ

A = ค่ามาตรฐานอากาศที่ปล่อยทิ้ง เมื่อใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงอย่างเดียว

B = ค่ามาตรฐานอากาศที่ปล่อยทิ้ง เมื่อใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงอย่างเดียว

C = ค่ามาตรฐานอากาศที่ปล่อยทิ้ง เมื่อใช้ก๊าซเป็นเชื้อเพลิงอย่างเดียว

X = สัดส่วนของความร้อน (Heat Input) ที่ได้จากเชื้อเพลิงที่ใช้ถ่านหิน

Y = สัดส่วนของความร้อน (Heat Input) ที่ได้จากเชื้อเพลิงที่ใช้น้ำมัน

Z = สัดส่วนของความร้อน (Heat Input) ที่ได้จากเชื้อเพลิงที่ใช้ก๊าซ

ตารางที่ 23 มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงไฟฟ้าเก่า

ปริมาณอากาศเสียที่ปล่อยทิ้ง						
โรงไฟฟ้าเก่า	**ก๊าซ SO_2 (ส่วนในล้านส่วน)**		**ก๊าซ NO_x ซึ่งคำนวณผลในรูปของ NO_2 (ส่วนในล้านส่วน)**		**ฝุ่นละออง (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)**	
1. บางปะกง (พลังความร้อน) หน่วยการผลิตที่ 1 - 4	800	320 (2)	250	200 (1)	320	120 (1)
2. บางปะกง (พลังความร้อนร่วม) หน่วยการผลิตที่ 1 และ 2 หน่วยการผลิตที่ 3 และ 4	60		450 230		60	
3. พระนครใต้ (พลังความร้อน) หน่วยการผลิตที่ 1 หน่วยการผลิตที่ 2	800	320 (2)	180		240	120 (2)
4. พระนครใต้ (พลังความร้อนร่วม) หน่วยการผลิตที่ 1 หน่วยการผลิตที่ 2	60		250 175		60	
5. พระนครเหนือ	500		180		150	
6. สุราษฎร์ธานี	1000		200		320	
7. ลานกระบือ	60		250		60	
8. หนองจอก	60		230		60	
9. ไทรน้อย	60		230		60	
10. วังน้อย	60		175		60	

หมายเหตุ : (1) เริ่มบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2543

(2) เริ่มบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน 2543

(3) ให้คำนวณความเข้มข้นสารมลพิษทางอากาศเทียบที่สภาวะอ้างอิง (Reference Condition) อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท หรือความดัน 1 บรรยากาศ ที่สภาวะแห้ง ปริมาตรอากาศส่วนเกินช่วยในการเผาไหม้ (Excess Air) ร้อยละ 50หรือที่ออกซิเจนร้อยละ 7

(4) กรณีโรงไฟฟ้าเก่าประเภทพลังความร้อน พลังความร้อนร่วม กังหันแก๊ส หรือโรงไฟฟ้าเก่าประเภทอื่นๆ ที่มีปล่องปล่อยทิ้งอากาศออกสู่สิ่งแวดล้อมมากกว่า 1 ปล่อง ให้คำนวณค่าเฉลี่ยการปล่อยทิ้งอากาศเสีย ด้วยวิธีการ ดังต่อไปนี้

ที่มา : ดัดแปลงจากประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2542) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงไฟฟ้าเก่า ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 116 ตอนพิเศษ 108ง ลงวันที่ 27 ธันวาคม 2542 และ ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2542) เรื่อง กำหนดให้โรงไฟฟ้าเก่าเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียออกสู่สิ่งแวดล้อม ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 116 ตอนพิเศษ 108ง ลงวันที่ 27 ธันวาคม 2542

บรรณานุกรม

1. กรมควบคุมมลพิษ. มหันตภัยไดออกซิน (dioxins) [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 20 ก.ค. 2558].เข้าถึงได้จาก : http:// www. pcd. go.th/info_serv/haz_dioxin.html
2. กรมควบคุมมลพิษ. คู่มือแนวทางการจัดการสารพีซีบี 2551 [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 20 ก.ค. 2558].เข้าถึงได้จาก :http: // infofile.pcd.go.th/haz/haz_PCBManual08.pdf?CFID=20892299&CFTOKEN =41344025
3. กรมวิทยาศาสตร์บริการ. ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้ เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับไดออกซิน.[อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 20 ก.ค. 2558].เข้าถึงได้จาก : http://siweb.dss.go.th/repack/fulltext/IR1.pdf
4. กระทรวงพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 6. พลังงานขยะ.[อินเตอร์เน็ต].กรุงเทพฯ;2554 [เข้าถึงเมื่อ 5 ก.ค. 2558].เข้าถึงได้จาก http://webkc.dede.go.th/ testmax/sites/ default/files/%E0%B8%9E%E0%B8%A5%E0%B8%B1%E0%B8%87%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99%20%E0%B8%82%E0%B8%A2%E0%B8%B0.pdf
5. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมมลพิษ. รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2556. กรุงเทพฯ ; 2557.
6. คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน.รายชื่อผู้ได้รับใบอนุญาตผลิตไฟฟ้า.[อินเตอร์เน็ต].กรุงเทพฯ;2558 [เข้าถึงเมื่อ 23 มิ.ย. 2558]. เข้าถึงได้จาก: http://app04.erc.or.th/ELicense/Licenser/05_Reporting/ 504_ListLi censing_Columns _New.aspx ? Li censeType=1
7. ไชโย จุ้ยศิริ. การดำเนินงานตาม Roadmap การจัดการขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย.[อินเตอร์เน็ต].กรุงเทพฯ;2558 [เข้าถึงเมื่อ 23 มิ.ย. 2558].เข้าถึงได้จาก : http://www.en.mahidol.ac.th/thai/ wastemanagement/ roadmap_ chiyo.pdf
8. ศูนย์ข้อมูลพิษวิทยา. สารอินทรย์ไอระเหยและสุขภาพ. [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 20 ก.ค. 2558].เข้าถึงได้จาก : http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic/a_tx_2_001c.asp?info_id=120
9. ปราโมช เชี่ยวชาญ. อุปกรณ์ควบคุมมลพิษอากาศชนิดอนุภาค [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 18 ก.ค. 2558].เข้าถึงได้จาก : http://www.safety-stou.com/UserFiles/File/54114-6.pdf
10. Abad E., Adrados M.A., Caixach J., Fabrellas B. and Rivera J. (2000). Dioxin mass balance in a municipal waste incinerator. Chemosphere 40: 1143-1147.
11. Alba N., Gasso S., Lacorte T. and Baldasano J.M. (1997). Characterization of municipal solid waste incineration residues from facilities with different air pollution control systems. Journal of the Air and Waste Management Association 47: 1170-1179.
12. Biggeri A., Barbone F., Lagazio C., Bovenzi M. and Stanta G. (1996). Air pollution and lung cancer in Trieste, Italy:Spatial analysis of risk as a function of distance from sources. Environmental Health Perspectives 104 (7):750-754.
13. Bresnitz E.A., Roseman J., Becker D. and Gracely E. (1992). Morbidity among municipal waste incineratorworkers. American Journal of Industrial Medicine 22:363-378.
14. Buchholz B.A. and Landsberger S. (1995). Leaching dynamics studies of municipal solid waste incinerator ash. Journal of Air and Waste Management Association 45: 579-590.
15. Canadian council of Ministry of the Environment. Operating and Emission Guidelines for municipal solid waste incinearators,1989. เข้าถึงเมื่อ 14 ก.ค. 2558].เข้าถึงได้จาก: http://www.ccme.ca/files/ Resources /air/emissions/ pn_1085_e.pdf
16. Committee on the Carcinogenicity of Chemicals in Food, Consumer Products and theEnvironment (2000). Cancer Incidence near municipal solid waste incinerators in GreatBritain. Available at the following website address: http://www.iacoc.org.uk/statements/ Municipalsolidwaste incineratorscoc 00s1march 2000.htm
17. Dempsey C.R. and Oppelt E.T. (1993). Incineration of hazardous waste: a critical review update. Air and Waste 43: 25-73.
18. EC (1998). Proposal for a Council Directive on the incineration of waste. Brussels, 07.10.1998.COM(1998)558final. 98/0289 (SYN).
19. EEA (2000). Dangerous Substances in Waste. Prepared by: J. Schmid, A.Elser, R. Strobel, ABAG-itm, M.Crowe, EPA, Ireland. European Environment Agency, Copenhagen, 2000.
20. Elliot P., Shaddick G., Kleinschmidt I., Jolley D., Walls P.,Beresford J. and Grundy C. (1996). Cancer incidence near municipal solid waste incinerators in Great Britain. British Journal of Cancer 73: 702-710.
21. Greenpeace Nordic (2000). Hot Air: Will Swedish Incinerators Satisfy the EU?

22. Greenpeace Austria (1999). Waste incinerating plants in Austria. Vienna, August 1999.
23. Greenpeace Nordic (1999). Piles of Dioxin: Dioxin in ashes from waste incinerators in Sweden. Greenpeace, Nordic, November 1999.
24. Gustavsson P. (1998). Mortality among workers at a municipal waste incinerator. American Journal of Industrial Medicine 15: 245-253.
25. Gonzalez, C., Kogevinas, M., Gadea, E., Huici, A., Bosch,A., Bleda, M., Papke, O., 2000. Biomonitoring study of people living near or working at a municipal solid-waste incinerator before and after two years of operation. Arch.Environ. Health 55:259-267.
26. Kurttio P., Pekkanen J., Alfthan G., Paunio M., Jaakkola J.J.K. and Heinonen O.P. (1998). Increased mercury exposure in inhabitants living in the vicinity of a hazardous waste incinerator: A 10-year follow-up. Archives of Environmental Health 53 (2): 129-137.
27. Kitamura K., Kikuchi Y., Watanbe S., Waechter G., Sakurai H. and Takada T. (2000). Health effects of chronic exposure to polychorinated dibenzo-p-dioxins(PCDD), dibenzofurans (PCDF) and coplanar PCBs (Co-PCB) of municipal waste incinerator workers.Journal of Epidemiology 10 (4): 262-270.
28. Marty M.A. (1993). Hazardous combustion products from municipal waste incineration. Occupational Medicine 8 (3): 603-619.
29. Margarida J. Quina1, Joo C.M. Bordado2 and Rosa M. Quinta-Ferreira1.Air Pollution Control in Municipal. Solid Waste Incinerators (เข้าถึงเมื่อ 14 ก.ค. 2558].เข้าถึงได้จาก : http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/18646.pdf
30. McGregor D.B., Partensky C., Wilbourn J. and Rice J.M. (1998). An IARC evaluation of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and polychlorinated dibenzofurans as risk factors in human carcinogenesis. Environmental Health Perspectives 106 (suppl.2): 755-760.
31. NSW Government. (2013).Health risk assessment of Dioxin emission from MM Kembla, Port Kembla, Illwarra, NSW
32. Rapiti E., Sperati A., Fano V., Dell'Orco V. and Forastiere F. (1997). Mortality among workers at municipal waste incinerators in Rome: a retrospective cohort study.American Journal of Industrial Medicine 31: 659-661.
33. Sakai S., Hiraoka M., Takeda N. and Shiozaki K. (1996). Behaviour of coplanar PCBs and PCNs in oxidative conditions of municipal waste incineration. Chemosphere 32 (1): 79-88.
34. Van den Hazel P. and Frankort P. (1996). Dioxin concentrations in the blood of residents and workers at a municipal waste incinerator. Organohalogen Compounds 30: 119-121.
35. Viel J.-F., Arveux P., Baverel J. and Cahn J.-Y., 2000.Soft-tissue sarcoma and non-Hodgkin's lymphoma clusters around a municipal solid waste incinerator with high dioxin emission levels. Am. J. Epidem. 152:13-19.
36. Williams P.T. (1990). A review of pollution from waste incineration. Journal of the Institute of Water and Environmental Management 4 (1):2634.
37. World Bank Technical Guidance Report .Municipal solid waste incineration. Washington, D.C., 1999. [เข้าถึงเมื่อ 7 ก.ค.2558].เข้าถึงได้จาก :http://www.worldbank.org/urban/solid_wm/erm/ CWG%20folder/ Waste%20 Incineration .pdf
38. Zmirou D., Parent B., Potelon J-L. (1984). Etude epidemiologique des effets sur la sante des rejets atmospheriques d''ne usine d''ncineration de dechets industriels et menagers. Rev. Epidem. et Sante Publ. 32: 391-397. (in French). (Cited in Hens *et al.* 2000, Rowat 1999, Marty 1993).

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการผลิตไฟฟ้าเชื้อเพลิงขยะชุมชน

ลำดับ	ชื่อผู้รับใบอนุญาต	ชื่อสถานประกอบกิจการ	จังหวัด	รายละเอียด	ขนาดกำลังการผลิต (MW)	วันที่เริ่มประกอบการ
1	เทศบาลนครภูเก็ต	เทศบาลนครภูเก็ต (โรงงานเตาเผาขยะมูลฝอยจังหวัดภูเก็ต)	ภูเก็ต	ขยะชุมชน (Municipal Waste)	2.5	1 ก.ค. 2552
2	บริษัท เมโทร กรุ๊ป เอนเนอร์ยี่ จำกัด	บริษัท เมโทร กรุ๊ป เอนเนอร์ยี่ จำกัด	กำแพงเพชร	ขยะชุมชน (Municipal Waste), ก๊าซชีวภาพ (Biogas){น้ำเสียกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง}	0.972	
3	เทศบาลนครนครราชสีมา	ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลนครนครราชสีมา	นครราชสีมา	ขยะชุมชน (Municipal Waste){Non-Thermal Technologies (Anaerobic Digestion)}	0.9	15 ก.ค. 2556
4	บริษัท จีเดค จำกัด	บริษัท จีเดค จำกัด	สงขลา	ขยะชุมชน (Municipal Waste){Thermal Technologies (Gasification, Pyrolysis)}	6.785	30 พ.ค. 2557
5	บริษัท โรงไฟฟ้าแม่สอด จำกัด	บริษัท โรงไฟฟ้าแม่สอด จำกัด	ตาก	ขยะชุมชน (Municipal Waste){Incineration (Direct Combustion)}	1	
6	บริษัท พีเจที เทคโนโลยี จำกัด	โครงการโรงเผามูลฝอยชุมชนและผลิตไฟฟ้าเทศบาลนครภูเก็ต	ภูเก็ต	ขยะชุมชน (Municipal Waste)	12	
7	บริษัท ทีพีไอ โพลีน เพาเวอร์ จำกัด	บริษัท ทีพีไอ โพลีน เพาเวอร์ จำกัด (โครงการ 60 MW)	สระบุรี	ขยะชุมชน (Municipal Waste)	60	

ภาคผนวก ข

พื้นที่ที่มีศักยภาพในการแปรรูปขยะมูลฝอยเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า (จัดตั้งศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวมเพื่อผลิตพลังงาน)

ข้อมูล ณ วันที่ 22 มิถุนายน 2558

ที่	จังหวัด	ผู้รับผิดชอบ	ที่ตั้ง	เจรจา	การรับฟังความคิดเห็น	เข้า พ.ร.บ. ร่วมทุนฯ	การจัดทำ TOR	ประกาศคัดเลือก	ทำสัญญา	ดำเนินการก่อสร้าง	เปิดดำเนินการ	ปริมาณขยะที่ออกแบบ (ตัน/วัน)	ปริมาณขยะที่เข้าระบบ (ตัน/วัน)	พลังงานไฟฟ้าที่ได้ (MW)	เทคโนโลยีที่ใช้	หมายเหตุ
1	เชียงใหม่ *	อบจ.เชียงใหม่ / บริษัท เอส ซี ไอ อีโค่ เซอร์วิสเซส จำกัด	อ.เมือง	/	-	-	-	-	-	-	-	636.27		9.09		อยู่ระหว่างการดำเนินการแก้ไขปัญหา (บริหารจัดการโดยบริษัท เอส ซี ไอ อีโค่ เซอร์วิสเซส จำกัด โดยแยกขยะประเภทพลาสติกไปเป็นเชื้อเพลิงเข้าเตาเผาปูนซีเมนต์ ปัจจุบันเครื่องจักรและพื้นที่พร้อมใช้งานแต่ไม่สามารถนำขยะเข้าระบบได้)
2	ลำพูน	อบจ.ลำพูน	อ.แม่ทา	/	-	-	-	-	-	-	-	500		7.14		อยู่ระหว่างการจัดจ้าง มช. ทำรายงานศึกษาความเหมาะสม (FS/DD) คาดว่าจะได้ FS/DD ในปี 2558
3	สุโขทัยธานี	ทม.สรรคโลก / บริษัท สหกันยง จำกัด	ต.ย่านยาว อ.สวรรคโลก	/	-	-	--	-	-	-	-	150		2.14	เตาเผาแบบ Gasifica-tion	อยู่ระหว่างการเจรจาระหว่างเทศบาลเมืองสวรรคโลกกับบริษัทเอกชนที่จะเข้ามาลงทุน (บริษัทสหกันยง จำกัด) คาดว่าจะเปิดดำเนินการได้ สิงหาคม 2559
4	พิษณุโลก *	ทน.พิษณุโลก / บริษัท เอเชีย กรีน เอนเนอจี จำกัด (มหาชน)	ต.บางระกำ อ.เมือง	/	-	-	-	-	-	-	-	395		5.64		จ.พิษณุโลก ลงนาม MOU โครงการโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ กับ บมจ.เอเชีย กรีน เอ็นเนอจี เมื่อวันที่ 27 ก.พ. 2558 ขณะนี้อยู่ระหว่างการคัดเลือกพื้นที่
5	อุตรดิตถ์	ยังไม่มีเจ้าภาพ	ต.แสนตอ อ.ทองแสนขัน	/	-	-	-	-	-	-	-	300		4.29		อยู่ระหว่างการพิจารณาคัดเลือกรูปแบบของเทคโนโลยีที่จะนำมาใช้ (อาจมีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เป็นที่เอกชน)
6	ตาก	ทน.แม่สอด	ต.แม่ปะ อ.แม่สอด	/	-	-	-	-	-	-	-	300		4.29		อยู่ระหว่างการเจรจา

ที่	จังหวัด	ผู้รับผิดชอบ	ที่ตั้ง	เจรจา	การรับฟังความคิดเห็น	เข้า พ.ร.บ. ร่วมทุนฯ	การจัดทำ TOR	ประกาศคัดเลือก	ทำสัญญา	ดำเนินการก่อสร้าง	เปิดดำเนินการ	ปริมาณขยะที่ออกแบบ (ตัน/วัน)	ปริมาณขยะที่เข้าระบบ (ตัน/วัน)	พลังงานไฟฟ้าที่ได้ (MW)	เทคโนโลยีที่ใช้	หมายเหตุ
7	ตาก	ทม.ตาก	ต.ไม้งาม อ.เมือง	/	-	-	-	-	-	-	-	300		4.29		อยู่ระหว่างการเจรจา
8	กำแพงเพชร	ทม.กำแพงเพชร	ต.หนองปลิง อ.เมือง	/	-	-	-	-	-	-	-	391.39		5.59		อยู่ระหว่างการเจรจา
9	นครสวรรค์ *	ทน.นครสวรรค์	ต.บ้านมะเกลือ อ.เมือง	/	-	-	-	-	-	-	-	367.88		5.26		อยู่ระหว่างการเจรจาหาเอกชนมาลงทุนแปรรูปเพื่อผลิตแท่งพลังงาน RDF
10	สุพรรณบุรี	อบต.พลับพลาไชย / บริษัท Hitachi Zosen	ต.พลับพลาไชย อ.อู่ทอง	/	-	-	-	-	-	-	-	500		10.00	เตาเผาระบบ Efw	ก.อุตสาหกรรม ได้นำเสนอโครงการผลิตไฟฟ้าจากขยะชุมชนและขยะอุตสาหกรรม (สัดส่วน 70 :30) ซึ่งเป็นโครงการสนับสนุนของรัฐบาลญี่ปุ่นและ NEDO ปริมาณขยะ 500 ตัน/วัน กำลังผลิต < 10 MW
11	ชัยนาท	ทต.หันคา / บริษัท สหกันยง จำกัด	ต.เด่นใหญ่ อ.หันคา	/	-	-	-	-	-	-	-	RDF 2 ton/ชม.		2.00	เตาเผาแบบ Gasification	อยู่ระหว่างการเจรจา (บ.นำเสนอโครงการจัดการยะเพื่อแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิงและนำไปใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า ด้วยระบบ gasification ขนาด 2 MW)
12	นทบุรี *	อบจ.นนทบุรี	ต.คลองขวาง อ.ไทรน้อย	/	-	/	-	-	-	-	-	1600.00		22.86		ผ่านความเห็นชอบจากคณะกรรมการฯ ตาม พรบ. การให้เอกชนร่วมลงทุนในกิจการของรัฐพ.ศ. 2556
13	ปทุมธานี *	อบต.เชียงรากใหญ่	ต.เชียงรากใหญ่ อ.คลองหลวง	/	/	-	-	-	-	-	-	1800.00		25.71		อยู่ระหว่างการทำความเข้าใจกับประชาชน
14	พระนครศรีอยุธยา *	ทต.มหาพราหมณ์ / การ	ต.มหาพราหมณ์	/	/	-	/	-	-	-	-	593.00		8.47		ศึกษาความเป็นไปได้ในการก่อสร้างเตาเผาขยะเพื่อผลิตพลังงานแล้วเสร็จ

ที่	จังหวัด	ผู้รับผิดชอบ	ที่ตั้ง	เจรจา	การรับฟังความคิดเห็น	เข้า พ.ร.บ. ร่วมทุนฯ	การจัดทำ TOR	ประกาศคัดเลือก	ทำสัญญา	ดำเนินการก่อสร้าง	เปิดดำเนินการ	ปริมาณขยะที่ออกแบบ (ตัน/วัน)	ปริมาณขยะที่เข้าระบบ (ตัน/วัน)	พลังงานไฟฟ้าที่ได้ (MW)	เทคโนโลยีที่ใช้	หมายเหตุ
		ไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	อ.บางบาล													และอยู่ระหว่างการรับฟังความคิดเห็นของประชาชนแล้ว
15		ทต.นครหลวง / บริษัท พาโนวา จำกัด	ต.นครหลวง อ.นครหลวง	/	/	-	/	/	-	-	-	356.00		5.09		ผ่านการรับฟังความคิดเห็นของประชาชนแล้ว และส่งสัญญาการเช่าที่ดินและการก่อสร้างให้สำนักงานอัยการสูงสุดพิจารณา
16		อบต.อุทัย / บริษัท อุทัย คลีนเอนเนอร์จี จำกัด	อ.อุทัย	/	/	-	-	-	-	-	-	300.00		4.29		ผ่านการรับฟังความคิดเห็นของประชาชนแล้ว
17	สมุทรปราการ *	อบต.แพรกษาใหม่ /บริษัท ราชบุรี-อีอีพี รีนิวเอเบิ้ล เอเนอร์จี้ จำกัด	ต.แพรกษาใหม่ อ.เมือง	/	-	-	-	-	-	-	-	2000.00		28.57		อยู่ระหว่างการปรับสถานที่เพื่อก่อสร้างโรงไฟฟ้าแบบไพโรไรซิส และแก๊สซิฟิเคชั่น และประสานงานเกี่ยวกับเอกสารกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
18	อ่างทอง	ทม.อ่างทอง / บริษัท สยาม เวสท์ เพาเวอร์ จำกัด	ต.เทราช อ.เมือง	/	/	-	-	-	-	-	-	200.00		2.86		ผ่านการรับฟังความคิดเห็นของประชาชนแล้ว
19	ลพบุรี *	ทม.ลพบุรี / บริษัท Cin international	ต.ทะเลชุบศร อ.เมือง	/	/	-	/	-	-	-	-	1000.00		14.29		ทม.ลพบุรี ลงนาม MOU บริษัท Cin international เมื่อ 14 มีนาคม 2557 เพื่อก่อสร้างโรงไฟฟ้าจากขยะ ระบบ Gasification ซึ่งรับฟังความคิดเห็นจากประชาชน เมื่อเดือนกันยายน 2557
20		ทม.บ้านหมี่ / บริษัท ชาวีเมส จำกัด		/	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	กาญจนบุรี	อบจ.กาญจนบุรี / บริษัท นอร์ท	ต.ปากแพรก อ.	/	-	-	-	-	-	-	-	30.0.00		4.29		อบจ.กาญจนบุรี ดำเนินการลงนามบันทึกความเข้าใจ (MOU) ในการศึกษาความ

ที่	จังหวัด	ผู้รับผิดชอบ	ที่ตั้ง	เจรจา	การรับฟังความคิดเห็น	เข้า พ.ร.บ. ร่วมทุนฯ	การจัดทำ TOR	ประกาศคัดเลือก	ทำสัญญา	ดำเนินการก่อสร้าง	เปิดดำเนินการ	ปริมาณขยะที่ออกแบบ (ตัน/วัน)	ปริมาณขยะที่เข้าระบบ (ตัน/วัน)	พลังงานไฟฟ้าที่ได้ (MW)	เทคโนโลยีที่ใช้	หมายเหตุ
		เอ็นไวรอนเมนท์ จำกัด	เมือง													เป็นไปได้โครงการแปลงขยะมูลฝอยเป็นพลังงานไฟฟ้า จ.กาญจนบุรี ระหว่าง อบจ.กาญจนบุรี กับ บริษัท นอร์ท เอ็นไวรอนเมนท์ จำกัด และ อบจ.กาญจนบุรี กับ อปท. 68 แห่ง เมื่อวันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2558
22	ประจวบคีรีขันธ์	ทม.หัวหิน	ต.ทับใต้ อ.หัวหิน	/	-	-	-	-	-	-	-	300.00		3.70		เมื่อวันที่ 2 เม.ย. 58 ทม.หัวหินได้ดำเนินการประชุมภาคีความร่วมมือระหว่างอปท.ในเขตจังหวัดประจวบฯ ตอนเหนือ ครั้งที่ 1/2558 ซึ่งที่ประชุมเห็นชอบให้ดำเนินการเพิ่มเทคโนโลยีดำเนินการแก้ไขปัญหาขยะแบบยั่งยืน : โรงไฟฟ้า RDF
23	เพชรบุรี	ทต.ท่าแลง / บริษัท WPGE เพชรบุรี จำกัด	ต.ท่าแลง อ.ท่ายาง	/	-	-	-	-	-	-	-	300.00		4.29		ร่วมประชุมรับฟังความคิดเห็นของส่วนราชการ การจัดทำรายงานศึกษามาตรการป้องกันแก้ไขผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย (ESA) โครงการแปรรูปขยะเป็นพลังงาน ต.ท่าแลง อ.ท่ายาง จ.เพชรบุรี เมื่อวันที่ 9 ธันวาคม 2557
24	หนองคาย	อบจ.หนองคาย / บริษัท หนองคายน่าอยู่ จำกัด	ต.โพนสว่าง อ.เมือง (พื้นที่กรรมสิทธิ์เอกชน)	/	/	-	-	-	-	/	-	400.00		5.71	เตาเผาแบบตะกรับ (Stoker Incineration)	1) บริษัทหนองคายน่าอยู่ ได้รับใบอนุญาต รง.4 จัดตั้งโรงไฟฟ้าจากขยะขนาดกำลังผลิต 4.5 เมกะวัตต์ เงินลงทุน 968 ล้านบาท ได้รับการสนับสนุนจากบอร์ดบีโอไอมติวันที 19 สิงหาคม57 ได้รับการพิจารณาเห็นชอบตอบรับการซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าจุดเชื่อมโยง สฟ หนองคาย/f8 คาดว่าจะเดินเครื่องได้ปี 2560 2) ผ่าน

ที่	จังหวัด	ผู้รับผิดชอบ	ที่ตั้ง	เจรจา	การรับฟังความคิดเห็น	เข้า พ.ร.บ. ร่วมทุนฯ	การจัดทำ TOR	ประกาศคัดเลือก	ทำสัญญา	ดำเนินการก่อสร้าง	เปิดดำเนินการ	ปริมาณขยะที่ออกแบบ (ตัน/วัน)	ปริมาณขยะที่เข้าระบบ (ตัน/วัน)	พลังงานไฟฟ้าที่ได้ (MW)	เทคโนโลยีที่ใช้	หมายเหตุ
																การรับฟังความคิดเห็นแล้ว ทำประชามติเมื่อปี 2554 (ผ่าน) และนำเครื่องจักรลงปรับพื้นที่แล้ว
25	เลย *	อบจ.เลย	ต.ศรีสองรัก อ.เมือง	/	-	-	-	-	-	-	-	300.00		4.29		
26	ดรธานี *	ทม.อุดรธานี / บริษัท ไทยโซลิดรีนิวเอเบิล เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด	ต.หนองนาคำ อ.เมือง	/	/	-	/	/	/	-	-	487.00	278.00	6.96		ผ่านขบวนการขั้นตอนหาคู่สัญญาตามระเบียบแล้ว ได้บริษัท ไทยโซลิดรีนิวเอเบิล เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด เป็นคู่สัญญาผลิตกระแสไฟฟ้าขนาด 1 MW และ RDF กำหนดลงนามในสัญญา 25 มีนาคม 2558 เริ่มดำเนินการก่อสร้าง 26 มิถุนายน 2558
27	นครพนม *	อบจ.นครพนม		/	-	-	-	-	-	-	-	130.00		1.86		
	บุรีรัมย์ *															
28	ขอนแก่น *	ทน.ขอนแก่น / บริษัท อัลไลแอนซ์ คลีน เพาเวอร์ จำกัด	ต.โนนท่อน อ.เมือง	/	/	-	/	/	/	/	-	490.00		7.00	เตาเผาแบบ Gasification	เทศบาลนครขอนแก่น ได้ลงนามในสัญญาร่วมกับบริษัท อัลไลแอนซ์ คลีน เพาเวอร์ จำกัด เมื่อวันที่ 13 สิงหาคม 2554 บริษัทฯ เริ่มปรับพื้นที่และก่อสร้างโรงงาน ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2557 คาดว่าจะดำเนินการแล้วเสร็จ และสามารถจำหน่ายไฟฟ้าได้ในเดือนสิงหาคม 2559
29	มหาสารคาม *	ทม.มหาสารคาม	ต.หนองปลิง อ.เมือง	/	-	-	-	-	-	-	-	300.00		4.29		อยู่ระหว่างการดำเนินการคัดเลือกบริษัทเอกชนมาลงทุน
30	สินธุ์	ทม.กาฬสินธุ์	ต.นาจารย์ อ.เมือง	/	-	-	-	-	-	-	-	300.00	-	0.05	เตาเผาแบบ Gasificati	อยู่ระหว่างการเจรจา

ที่	จังหวัด	ผู้รับผิดชอบ	ที่ตั้ง	เจรจา	การรับฟังความคิดเห็น	เข้า พ.ร.บ. ร่วมทุนฯ	การจัดทำ TOR	ประกาศคัดเลือก	ทำสัญญา	ดำเนินการก่อสร้าง	เปิดดำเนินการ	ปริมาณขยะที่ออกแบบ (ตัน/วัน)	ปริมาณขยะที่เข้าระบบ (ตัน/วัน)	พลังงานไฟฟ้าที่ได้ (MW)	เทคโนโลยีที่ใช้	หมายเหตุ
															on	
31	ชัยภูมิ	ทม.ชัยภูมิ	ต.บ้านเล่า อ.เมือง	/	-	-	-	-	-	-	-	300.00		4.29		อยู่ระหว่างการเจรจา
32	นครราชสีมา *	ทน.นครราชสีมา	ต.โพธิ์กลาง อ.เมือง	/	-	-	-	-	-	-	-	573.24		9.90	เตาเผาแบบตะกรับ (Stoker Incineration)	ผ่านความเห็นชอบจากคณะกรรมการฯ ตาม พรบ. การให้เอกชนร่วมลงทุนในกิจการของรัฐพ.ศ. 2556 แล้ว
33		ทม.ปากช่อง	ต.จันทึก อ.ปากช่อง	/	-	-	-	-	-	-	-	300.00		4.29	เตาเผาแบบ Gasification	อยู่ระหว่างการขอใช้ประโยชน์ที่ดิน จากกรมธนารักษ์ และขออนุมัติกองทัพบกในฐานะผู้ดูแลพื้นที่
34		ทม.บัวใหญ่	ต.กุดจอก อ.บัวใหญ่	/	-	-	-	-	-	-	-	300.00		4.29	ออโตเคลฟ (Autoclave)	สภาเทศบาลเมืองบัวใหญ่ เห็นชอบโครงการแปรรูปขยะเป็นพลังงาน โดยให้เอกชนร่วมลงทุน ขณะนี้อยู่ระหว่างจัดทำ TOR กับเอกชน และดำเนินการขอสภาอบต.กุดจอก ในการทำกิจการนอกเขต
35	สุรินทร์ *	ทต.สังขะ / อบจ.สุรินทร์ (บริษัท เพาเวอร์โซลูชั่น เทคโนโลยี จำกัด)	ต.สังขะ อ.สังขะ	/	-	-	-	-	-	-	-	300.00		4.29	เตาเผาแบบ Gasification	องค์การบริหารส่วนจังหวัดสุรินทร์ ได้ลงนาม MOU ร่วมกับ บริษัท เพาเวอร์โซลูชั่นเทคโนโลยี จำกัด (PST group) ให้ดำเนินการศึกษาการนำขยะมาเผาในเตาเผาเพื่อผลิตเป็น กระแสไฟฟ้า
36	อุบลราชธานี *	ทม.วารินชำราบ	ต.คูเมือง อ.วารินชำ	/	-	-	-	-	-	-	-	987.14	445.92	14.10		อยู่ในระหว่างการศึกษาข้อมูล เพื่อการคัดสินใจ คัดเลือกรูปแบบการดำเนินงาน

ที่	จังหวัด	ผู้รับผิดชอบ	ที่ตั้ง	เจรจา	การรับฟังความคิดเห็น	เข้า พ.ร.บ. ร่วมทุนฯ	การจัดทำ TOR	ประกาศคัดเลือก	ทำสัญญา	ดำเนินการก่อสร้าง	เปิดดำเนินการ	ปริมาณขยะที่ออกแบบ (ตัน/วัน)	ปริมาณขยะที่เข้าระบบ (ตัน/วัน)	พลังงานไฟฟ้าที่ได้ (MW)	เทคโนโลยีที่ใช้	หมายเหตุ
			ราบ													ความร่วมมือระหว่างภาครัฐและเอกชน ในการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าจากขยะ การคัดเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ และปริมาณขยะที่เกิดขึ้น
37	ฉะเชิงเทรา	อบจ.ฉะเชิงเทรา	ต.เขาหินซ้อน อ.พนมสารคาม	/	-	-	-	-	-	-	-	300.00		4.29		อยู่ระหว่างการเจรจา
38		อบต.หนามแดง / บริษัท พีเอ็มไอ จำกัด		/	-	-	-	-	-	-	-					อยู่ระหว่างการเจรจา
39	สระแก้ว	ทต.วัฒนานคร	ต.วัฒนานคร อ.วัฒนานคร	/	-	-	-	-	-	-	-	300.00		4.29		อยู่ระหว่างการเจรจา
40	ชลบุรี *	เอกชน	ต.หนองอิรุณ อ.บ้านบึง	/	-	-	-	-	-	-	-	462.00		6.60		อยู่ระหว่างการเจรจา
41		เอกชน นิคมอุตสาหกรรมเหมราช	ต.บ่อวิน อ.ศรีราชา	/	-	-	-	-	-	-	-	1850.00		26.43		อยู่ระหว่างการเจรจา
42			อบต.เขาไม้แก้ว	/	-	-	-	-	-	-	-					อยู่ระหว่างการเจรจา
43	ระยอง *	อบจ.ระยอง / บริษัท โกลบอล เพาเวอร์ ซินเนอร์ยี่ จำกัด	ต.น้ำคอก อ.เมือง	/	-	-	-	-	-	-	-	1000.00		14.29		มีการเซ็นสัญญา ลงนามใน MOU แล้ว
44	สุราษฎร์ธานี	อบต.ท่าโรงช้าง	ต.ท่าโรง	/	-	-	-	-	-	-	-	300.00		4.29		อยู่ระหว่างการเจรจา

ที่	จังหวัด	ผู้รับผิดชอบ	ที่ตั้ง	เจรจา	การรับฟังความคิดเห็น	เข้า พ.ร.บ. ร่วมทุนฯ	การจัดทำ TOR	ประกาศคัดเลือก	ทำสัญญา	ดำเนินการก่อสร้าง	เปิดดำเนินการ	ปริมาณขยะที่ออกแบบ (ตัน/วัน)	ปริมาณขยะที่เข้าระบบ (ตัน/วัน)	พลังงานไฟฟ้าที่ได้ (MW)	เทคโนโลยีที่ใช้	หมายเหตุ
		/ บริษัท เอสอาร์ที พาวเวอร์กรีน จำกัด	ช้าง อ.พุนพิน													
45	นครศรีธรรมราช	ทน. นครศรีธรรมราช	ต.นาเคียน อ.เมือง	/	-	-	-	-	-	-	-	300.00		4.29		อยู่ระหว่างการเจรจา
46	ภูเก็ต *	ทน.ภูเก็ต / บริษัท พีเจที เทคโนโลยี จำกัด	ต.วิชิต อ.เมือง	/	/	-	/	/	/	/	/	700.00	700.00	3.00	เตาเผาแบบตะกรับ (Stoker Incineration)	เปิดดำเนินการแล้ว เตาเผาขยะแบบตะกรับ (Stoker Incineration) ขนาด 350 ตัน/วัน จำนวน 2 ชุด รองรับขยะมูลฝอยได้ 700 ตัน/วัน ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 3 เมกกะวัตต์
47	กระบี่ *	ทม.กระบี่	ต.ทับปริก อ.เมือง	/	-	-	/	-	-	-	-	-	44.34			1) จัดเตรียม TOR เชิญชวนประกวดราคาเพื่อลงทุนก่อสร้างและบริหารโรงงานกำจัดขยะมูลฝอยชุมชน ขนาดไม่น้อยกว่า 100 ตัน/วัน ทม.กระบี่ 2) ทม.กระบี่ ลงนาม MOU กับบริษัท เอส ซี ไอ อีโค่ เซอร์วิสเซส จำกัด ในการดำเนินโครงการคัดแยกขยะมูลฝอยที่ผ่านการฝังกลบแล้วไปแปรรูปเป็นเชื้อเพลิง RDF เพื่อจัดการขยะมูลฝอยเก่าภายในศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยของ ทม.กระบี่ จำนวน 300,000 ตัน เมื่อวันที่ 5 พ.ย.57
48	ทลุง *	ทต.แม่ขรี / บริษัท ไทยกรีน เอนเนอร์จี จำกัด	ต.แม่ขรี อ.ตะโหนด	/	-	-	/	/	/	/	-	100.00		1.43	เทคโนโลยีย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน	อยู่ระหว่างการก่อสร้าง คาดว่าจะเปิดดำเนินได้ภายในปี 2558

ที่	จังหวัด	ผู้รับผิดชอบ	ที่ตั้ง	เจรจา	การรับฟังความคิดเห็น	เข้า พ.ร.บ. ร่วมทุนฯ	การจัดทำ TOR	ประกาศคัดเลือก	ทำสัญญา	ดำเนินการก่อสร้าง	เปิดดำเนินการ	ปริมาณขยะที่ออกแบบ (ตัน/วัน)	ปริมาณขยะที่เข้าระบบ (ตัน/วัน)	พลังงานไฟฟ้าที่ได้ (MW)	เทคโนโลยีที่ใช้	หมายเหตุ
															Anaerobic Digestion	
49		ทม.พัทลุง	ต.ลำป้า อ.เมือง	/	-	-	-	-	-	-	-	150.00		2.14		อยู่ระหว่างศึกษาความเป็นไปได้ในการดำเนินโครงการก่อสร้างโรงงานเผาขยะมูลฝอยชุมชนเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า ทำประชาคมไปแล้ว 2 ครั้ง ครั้งที่ 2 ไม่ผ่าน
50	สงขลา*	ทน.หาดใหญ่ / บริษัท จีเดค จำกัด	ต.ควนลัง อ. หาดใหญ่	/	/	-	/	/	/	/	/	250		3.57	เตาเผาแบบ Ash Melting Gasification	เปิดดำเนินการแล้ว โดยรับกำจัดขยะมูลฝอยเพื่อแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้า วันละ 250 ตัน อยู่ระหว่างดำเนินการก่อสร้างเพื่อขยายกำลังการกำจัดขยะมูลฝอย โดยจะเพิ่มปริมาณกำจัดขยะมูลฝอยเพื่อแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าเป็นประมาณวันละ 500 ตัน และขยายพื้นที่การดำเนินการประมาณ 4 เท่า และอยู่ระหว่างก่อสร้างกระบวนการคัดแยกขยะมูลฝอยเพิ่มเติมก่อนเข้าสู่การเผากำจัด
51		ทน.สงขลา	ต.เกาะแก้ว อ. เมือง	/	-	-	/	/	-	-	-	180		2.57		ประกวดราคาจ้างเพื่อหาผู้รับจ้างมาลงทุนก่อสร้างและจัดการขยะแบบครบวงจร โดยใช้เทคโนโลยีการแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นพลังงานไฟฟ้าไปแล้ว 2 ครั้ง แต่ยังไม่มีเอกชนมายื่นซอง
52		ทม.บ้านพรุ	ต.บ้านพรุ อ. หาดใหญ่	/	/	-	/	/	-	-	-	150.00		2.14		ดำเนินการประกวดราคา เพื่อจัดหาเอกชนมาลงทุนก่อสร้างโรงงานเผาขยะมูลฝอยชุมชนเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าแล้ว และได้เอกชนมาลงทุนแล้ว อยู่ระหว่างจัดทำสัญญาก่อสร้างโรงงาน และส่งสัญญาการก่อสร้างให้สำนักงานอัยการสูงสุดพิจารณา

ที่	จังหวัด	ผู้รับผิดชอบ	ที่ตั้ง	เจรจา	การรับฟังความคิดเห็น	เข้า พ.ร.บ. ร่วมทุนฯ	การจัดทำ TOR	ประกาศคัดเลือก	ทำสัญญา	ดำเนินการก่อสร้าง	เปิดดำเนินการ	ปริมาณขยะที่ออกแบบ (ตัน/วัน)	ปริมาณขยะที่เข้าระบบ (ตัน/วัน)	พลังงานไฟฟ้าที่ได้ (MW)	เทคโนโลยีที่ใช้	หมายเหตุ
53		ทม.สะเดา	ต.สะเดา อ.สะเดา	/	-	-	/	/	-	-	-	170.00		2.43		ผู้ว่าราชการจังหวัดสงขลาลงนามรายละเอียดโครงการ(TOR) แล้ว และประกวดราคาจ้างเพื่อหาผู้รับจ้างมาลงทุนไปแล้ว 1 ครั้ง แต่ยังไม่มีเอกชนมายื่นซอง
54	ปัตตานี	ทน.ปัตตานี	ต.หนองแรด อ.ยะหริ่ง	/	-	-	-	-	-	--	-	159.10		2.27		อยู่ระหว่างการเจรจา
55	ยะลา *	ทน.ยะลา	ต.สะเตงนอก อ.เมือง	/	-	-	-	-	-	-	-	148.00		2.11		อยู่ระหว่างการเจรจาบริษัทเอกชน
56	กทม	เขตหนองแขม / บริษัทซีแอนด์จี เอ็นไวรอนแมนทอล โปรเทคชั่น (ประเทศไทย) จำกัด	เขตหนองแขม	/	/	-	/	/	/	/	-	300.00		4.29	ตาเผาแบบตะกรับ (Stoker Incineration)	อยู่ระหว่างการก่อสร้าง

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ. ความก้าวหน้าการดำเนินงานตาม Roadmap การจัดการขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย .ค้นหาเมื่อวันที่ 1 ก.ค. 58 http://infofile.pcd.go.th/waste/Roadmap%2022%20-6-58.pdf?CFID=11977690&CFTOKEN=77866141

ภาคผนวก ค

Municipal Solid Waste Incineration Checklist[5]

The checklist below is intended to serve two purposes:

First, the checklist is to be used in the planning process, when a decision is to be made on whether to build an incineration plant or not. A range of questions should be answered before the decision is made. These questions are generally the ones in sections 1-5 below, plus the initial questions in sections 8-10. Second, the checklist is intended for use in feasibility studies in relation to outline projects for incineration plants. In this context, all of the questions in the checklist should be answered and appropriate action taken. The checklist is constructed as a simple table with options. Option A is the best and option D the poorest. Often, checking the item in column D will result in a "no-go" decision. Those questions deemed most crucial for the decision (the "killer" answers) are shadowed in column D (and in some instances column C).

Throughout the checklist, LVC means Lower Calorific Value; MSW means Municipal Solid Waste, which includes waste similar to MSW from commerce, trade, and industry; and SWM means Solid Waste Management.

PARAMETER	A	B	C	D
Explanation	A check in column A means that the conditions are close to optimal for establishing a MSW incineration plant	A check in column B means that although the conditions are not optimal, establishing a MSW incineration plant could be considered further	A check in column C means that conditions for establishing a MSW incineration plant are doubtful. Some (shadowed) assumptions may be "killer" answers	A check in column D means that conditions for establishing a MSW incinerator are poor. The shadowed answers are "killer" answers
1. Waste as Fuel				
Waste characteristics	The characteristics of the waste are fully established by sampling and analysis ☐	The characteristics of the waste are assessed by representative sampling and analysis ☐	The characteristics of the waste are assessed from grab samples and standard data ☐	The characteristics of the waste are not known ☐
Annual variation in characteristics	The annual variation is fully established by sampling and analysis ☐	The annual variation is assessed by representative sampling and analysis ☐	The annual variation is assessed from grab sampling ☐	Nothing is known about annual variation ☐
Calorific value of waste	The LVC is more than 8 MJ/kg all year round ☐	The LVC is 8 MJ/kg or more 80% of the time and never less than 7 MJ/kg ☐	The LVC is 6 MJ/kg or more all year round and the annual average is 7 MJ/kg or more ☐	The LVC isperiodical less than 6 MJ/kg or the annual average is less than 7 MJ/kg ☐
Amount of waste	The annual amount of waste is more than 100,000 tonne ☐	The annual amount of waste is around 100,000 tonne ☐	The annual amount of waste is more than 50,000 tonne ☐	The annual amount of waste is less than 50,000 tonne ☐
Weekly variation of Amount	Variations do not exceed 20% ☐	Variations are 20% - 30% ☐	Variations are 30- 50% ☐	Variations are 50% or more ☐

PARAMETER	A	B	C	D
Forecasts of waste generation	Forecast is based on survey on waste amounts and composition(including LVC) for the next 10 years ☐	Rough forecast exists on waste amounts and composition (including LVC) ☐	Rough forecast on waste amounts exists ☐	No forecast exists ☐
2. Institutional Framework Waste				
Main solid waste management organization	More than 10 years old ☐	5-10 years old ☐	0-5 years old ☐	Not yet implemented ☐
Regulations	Effective regulations exist regarding collection and disposal of all types of wastes ☐	Regulations are in force regarding household and hazardous wastes only ☐	Regulations exist regarding collection and transport of household wastes only ☐	Solid waste regulations exist but enforcement is weak ☐
Solid waste ownership	The waste management organization has ownership of all waste ☐	The waste management organization has full ownership of all waste in dedicated dust bins and containers ☐	The waste management organization has ownership of waste placed on public roads ☐	Waste belongs to the generator, who can dispose of it freely, e.g., by transferring ownership. ☐
Solid waste collection	A single organization is managing the collection of all solid waste ☐	Household and commercial wastes collection is managed by one organization. Large operators are found in the industrial sector ☐	Household waste collection is managed by one or a few organizations, and some large operators exist in the commercial and industrial and sector ☐	Waste collection is performed by multiple independent operators ☐
Present organized waste treatment	Incineration ☐	Composting in mechanical plant ☐	Sorting and Recycling activities ☐	No organized waste treatment ☐
Present recycling	Recycling is organized and based on source sorting ☐	Recycling is organized for industrial waste only ☐	Scavengers are active in the waste collection stage ☐	Scavengers are present at the landfill site ☐
Present waste disposal	All solid waste is disposed of in controlled and welloperated landfills ☐	75% of all waste is disposed of in controlled and welloperated landfills ☐	Household waste is disposed of in a controlled and well-operated landfill ☐	A significant part of the waste from all sectors is disposed of in uncontrolled or illegal dumpsites ☐
MSW incinerator organizational position	The MSW incinerator is an integrated part of the SWM system ☐	The MSW incinerator is an independent MSW treatment plant with close formal relations to the SWM system ☐	The MSW incinerator is an independent MSW treatment plant with informal relations to the SWM syste ☐	The MSW incinerator is an independent MSW treatment plant without links to the SWM system ☐
MWS incinerator ownership	Owned by public SWM company ☐	Owned by public/ private utility company (power or ☐	Owned by private SWM company ☐	Owned by private large energy consumer, e.g., a ☐

PARAMETER	A	B	C	D
		heat production)		large ndustry
MSW incinerator rights and duties	The MWS incinerator ☐ is granted right to receive all combustible waste and obliged to ensure the necessary capacity	The MWS incinerato ☐ is granted right to receive all combustible household waste and obliged to ensure the necessary capacity		The MSW incinerator is an enterprise ☐ with no rights and duties in relation to MSW
3. Institutional Framework, Energy				
Energy buyer/ distributor	One single public/ ☐ private utility company	One power company ☐ and one district heating company	Many small power ☐ and/or district heating companies	Individual energy ☐ supply
Availability of distribution networks	District heating ☐ system and power lines	District heating ☐ system	Power lines ☐	Network to be ☐ established
Incineration energy	All recovered heat ☐ can at all times be utilized for district heating purposes	Most recovered ☐ energy can be utilized for a combination of power and heat	Some energy will be ☐ used for power generation; the remaining will be cooled off	A substantial ☐ amount of the surplus energy will be cooled off
4. Incineration Plant Economy				
Cost and expense stability	Stable, predictable ☐ plant expenses and revenues can be assumed	Uncertainty about ☐ expenses or revenues	Uncertainty about ☐ expenses and revenues	Severe cost and ☐ revenue instability
Waste supply stability	Long-term contracts ☐ on delivery of all waste to incineration plant; 100% capacity utilization	Contracts on waste ☐ delivery corresponding to 80% of plant capacity	Contracts on waste ☐ delivery corresponding to 60% of plant capacity	No or little waste ☐ supply security
Current waste management charges	All costs of waste ☐ collection and disposal are paid by users	Households pay a ☐ waste management fee A tipping fee is collected from other users of, e.g., landfills	Costs of waste ☐ management is paid partly by users and partly from the public budget	All costs are paid ☐ from the public budget
Incineration charges	Costs of incineration ☐ are covered by the budget. The authorities charge a waste management fee on households and commercial activities	The incineration ☐ plants collects a tipping fee, which covers all costs	The incineration ☐ plant collects a tipping fee; remaining costs are covered by the public budget	The incineration ☐ plant must collect its own tipping fee from individual users
Competitive charges	MSW incineration ☐ tipping fee is smaller than the tipping fee for, e.g., landfilling		MSW incineration ☐ tipping fee is equal to or a little higher than the tipping fee for, e.g., landfilling	MSW incineration ☐ tipping fee is considerably higher than the tipping fee for, e.g., landfilling

PARAMETER	A	B	C	D
Energy sale agreement(s)	Government approved agreement or firm contract available ☐	Agreement signed but not yet approved or contract agreed but not signed ☐	Letter of intent available ☐	No agreement reached ☐
Budget	Plant will have its own budget and special privileges regarding foreign currencyprocurement ☐	The plant will have its own budget ☐	Plant economy will be part of a public budget ☐	All expenses must be approved of in advance by the funding agency ☐
Cash flow	Plant budget and revenue allows for purchase of necessary and sufficient spare parts and consumables ☐			Plant budget and revenue do not allow for purchase of necessary and sufficient spare parts and consumables ☐
Foreign currency availability	Unrestricted access to foreign currency for spare parts purchase ☐			No access to foreig currency for spare parts purchase ☐
5. Plant Localization				
Air quality impact	Windy area, inversion nonexistent ☐	Few inversions and smog situations ☐	Occasional but short inversion and smog situations ☐	Frequent and prolonged inversion and smog situations ☐
Zoning of plant locality	Heavy industry ☐	Medium to heavy industry ☐	Medium to heavy industry ☐	Light industry ☐
Distance to residential areas/zones	> 500 meters ☐	300-500 meters ☐	200-300 meters ☐	< 200 meters ☐
Main access roads	Existing major roads thoroughfares ☐	Planned major roads ☐	Main roads ☐	Local roads only ☐
Distance to waste generation center	< 1/2 hour by truck ☐	1/2-1 hour by truck ☐	1 hour by truck ☐	> 1 hour by truck ☐
Sufficient capacity public utilities (water, power, and sewers)	< 500 meters from site ☐	500-1,000 meters from site ☐	1,000-2,000 meters from site ☐	> 2,000 meters ☐
Connection point for surplus energy is available	< 1,000 meters form site ☐	1,000-2,000 meters form site ☐	2,000-3,000 meters from site ☐	> 3,000 meters ☐
6. Incineration Technology				
Waste pretreatment	The waste can be fed into the incinerator “as received” after mixing in waste pit ☐	Mechanical sorting out and crushing of large items is necessary ☐	Manual sorting out and crushing of large items is necessary ☐	The waste needs Extensive pretreatment (sorting, crushing, homogenizing) before incineration ☐
Furnace technology	The incinerator concept is based on ☐		The incinerator concept is a rotating ☐	The incinerator concept is fluidized ☐

PARAMETER	A	B	C	D
	mass burning principle		kiln	bed or other technology unproven in MSW combustion
Incinerator line capacity	Each incinerator line has a capacity between 10 and 20 tonne /hour ☐	Each incinerator line has a capacity higher than 20 tonne /hour ☐	Each incinerator line has a capacity between 6 and 10 tonne /hour ☐	Each incinerator line has a capacity of less than 6 tonne/hour ☐
Number of incinerator lines	The MSW incineration plants has two or more incineration lines ☐		The MSW incineration plants has one incineration line ☐	
Flue gas burnout	The flue gas is fully burnt out in an after-burner, resulting in emission concentration of CO < 50 mg/Nm3 TOC < 10 mg/Nm3 ☐			The requirements in A are not met ☐
Startup and support burner	The furnace is provided with burners to heat the incinerator during start-up and keep after burner temperatures up in case of lowcalorific value of waste ☐			The furnace has no startup and support burners ☐
Supplier's experience	The supplier has extensive experience in MSW incineration and numerous references ☐	The supplier has good experience in MSW incineration ☐	The supplier has some experience in MSW incineration ☐	The supplier has no experience in MSW incineration ☐
7. Energy Recovery *Flue gas temperature after boiler*	The flue gas temperature is below 150-200°C to allow for optimum energy recovery and flue gas cleaning ☐ The recovered energy is converted to hot water for district heating or low-pressure steam for industrial purposes ☐	The recovered energy is converted to steam for power production or industrial use and for district heating ☐	The recovered energy is converted to steam for power production ☐	
8. Incineration Residues				
Landfill	Controlled and well-operated landfills exist for all types of waste including ☐	Controlled and well-operated landfills exist except for hazardous wastes ☐	Controlled and well-operated landfills exist for domestic waste. Extension with section ☐	No controlled and well-operated landfills exist ☐

PARAMETER	A	B	C	D
	hazardous waste		for incineration residues feasible	
Residue utilization	Most residues can be utilized for industrial or construction purposes	Slag can be utilized in construction; flue gas cleaning residues must be landfilled	No utilization option for residues	
9. Operation and Maintenance				
Availability of staff	Qualified staff available in sufficient numbers	The authorities assign staff with the necessary skills	An HRD organization is in place for staff training	Competition for qualified staff is fierce
Salaries	The incineration plant can pay market price salaries	Market price salaries are paid to managers and skilled staff.	Incentives in addition to the basic salaries prevent excessive staff turn over	The plant is unable to pay competitive salaries for skilled staff
Plant implementation organization	A builder's implementation organization is established with skilled staff and consultants experienced in MSW incineration	A builder's implementation organization is established with staff and consultants	A builder's implementation organization is established	No implementation organization is established
Plant organization	A clear and well-structured Plant management organization exists	An outline plant management organization is drafted and approved	An outline plant management organization is drafted	No plant organization is established
Operation and maintenance manuals, training of staff, plant monitoring	The supplier or an independent consultant will provide organizational setup, relevant manuals, staff training at all levels, and the SMW organization will utilize it	The supplier or an independent consultant will provide organizational setup, relevant manuals, staff training at all levels	The suppler will provide training of staff on management level	None of the provision under A will be made
10. Environmental Issues (air pollution control included under this heading)				
Environmental standards		Emission standards for incineration plants at medium level	Emission standards for incineration plants at basic level	Emission standards for incineration plants do not exist
Environmental administration	Independent public authority responsible for environmental permit, supervision, and enforcement	Nearly independent public authority responsible for environmental permit, supervision, and enforcement		The public authority responsible for environmentalpermit, supervision, and enforcement owns the MSW incinerator
Flue gas treatment	The flue gas treatment	The flue gas treatment plant	The flue gas treatment plant meets basic	No flue gas treatment plant present

PARAMETER	A	B	C	D
	plant meets national emission standards	meets medium emission standards with respect to dust (<30mg/Nm3) and HCl (<50mg/Nm3)	emission standards with respect to dust (<30mg/Nm3)	
Flue gas emission	Stack is sufficiently ☐ high to avoid exceeding air ambient standards	Stack height results ☐ in few and minor instances of exceeding air ambient standards	Stack height results ☐ in frequent instances of exceeding ambient air standards	Flue gas is emitted ☐ from a low stack and causes major instances ofexceeding ambient air standard
Odor emission	The plant is ☐ constructed and operated so that odor inconveniences do not appear	The plant will ☐ result in occasional odor emissions in the neighborhood	The plant will ☐ result in frequent odor emissions in the neighborhood	The plant will cause ☐ unacceptable odor emissions in the neighborhood
Waste water discharge	Waste water ☐ discharge Meets national standards			Waste water is ☐ discharged Untreated and does not meet national standards
Noise emissions	Noise emission is ☐ sufficiently muffled to avoid any inconveniences in the neighborhood	Noise emission will ☐ lead to minor inconveniences in the neighborhood	Noise emission will ☐ lead to major inconveniences in the neighborhood	Noise emission will ☐ lead to unacceptable noise level in the neighborhood
Monitoring	A monitoring system ☐ for all relevant environmental parameters is established	A monitoring system ☐ for basic environmental parameters is established		No monitoring ☐ foreseen to take place
11. Occupational Health Issues				
Building lay-out	Same as B plus ☐ adequate emergency access/exits. Labor protection and physiological measures fully included in the design	Same as C plus ☐ separation between roads for vehicles and pedestrian passages	Separation between ☐ permanently staffed rooms and production areas. Showers and dressing rooms for staff	Direct access from ☐ furnace hall, waste reception area to control room
Ventilation	Same as B plus ☐ maintenance of elevated pressure in all permanent work stations and ecreational rooms	Same as C plus ☐ additional point source ventilation at critical places, e.g., where chemicals are handled	Forced ventilation ☐ in all rooms with frequent work. Combustion air is drawn from waste pit area	Ventilation of ☐ permanent work stations only
Mechanical plant	State-of-the-art ☐ equipment, e.g., low noise and elaborate safety measures	Low noise equipment ☐ with basic protection devices	Basic occupational ☐ health and safety measures included	Occupational ☐ health and safety not considered
Manual of operation and safety	Same as B plus regula ☐ emergency response exercises	Same as C plus HRD ☐ organization for enforcement of regulations and training of new staff	Basic manual exists; ☐ organizational responsibilities established at all levels	No operation and ☐ safety manual available

ภาคผนวก ง

องค์ประกอบทางเคมีของสิ่งที่เหลือจากการเผาในเตาเผามูลฝอย

Element	Unit	Slag	Fly Ash	Dry/semidry plus fly ash	Wet plus fly ash
O	g/kg	450	-	-	-
Si	g/kg	250	150	75	80
Ca	g/kg	75	100	250	150
Fe	g/kg	72	25	15	50
Al	g/kg	50	70	25	30
C	g/kg	50	-	-	-
Na	g/kg	25	30	15	2
K	g/kg	15	35	25	5
Mg	g/kg	10	15	10	75
S	g/kg	5	25	15	5
Cu	g/kg	3	1.2	0.7	1.2
Zn	g/kg	2.5	30	15	30
Cl	g/kg	2	75	200	35
Pb	g/kg	1.5	10	10	10
F	mg/kg	500	-	-	-
Cr	mg/kg	350	650	200	250
Ni	mg/kg	250	150	100	90
As	mg/kg	15	150	175	90
Cd	mg/kg	1.5	400	300	650
Hg	mg/kg	0.05	8	15	650

Maximum leaching of ions from incinerator residues, indicative

ระดับความเข้มข้น	เศษเหลือทิ้งจากเตาเผาขยะ (slag)	เถ้าลอย (Fly ash) และdry plus semidry product	Wet product plus fly ash
สูงมาก[a]	Cl	Cl, Ca, Na. K, Pb	Cl, Na, K
สูง[b]	SO_4, Na, K, Ca	Zn, SO_4	SO_4, Ca
ปานกลาง[c]	Cu, Mo, Pb	Cu, Cd, Cr, Mo	Mo
ต่ำ[d]	Mn, Zn, As, Cd, Ni, Se	As	As, Cr, Zn
ต่ำมาก[e]	Cr, Hg, Sn	Hg	Pb, Cd, Cu, Hg

หมายเหตุ :

a ในเบื้องต้นความเข้มข้น > 10 g/l.

b. 0.1-10 g/l.

c. 1-100 mg/l

d. 0.01-1 mg/l

e. <0.01 mg/l

ที่มา: World Bank Technical Guidance Report .Municipal solid waste incineration. Washington, D.C., 1999.

ที่ปรึกษา

นายพิษณุ	แสนประเสริฐ	รองอธิบดีกรมอนามัย
นางสาวสิริวรรณ	จันทนจุลกะ	ผู้อำนวยการกองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ

คณะผู้จัดทำ

นางสุกานดา	พัดพาดี	กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ
นางสาวปิยมาภรณ์	ดวงมนตรี	กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ
นางสาวพนิตา	เจริญสุข	กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ
นางสาววาสนา	ลุนสำโรง	กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ
นางสาวชนะจิตร	ปานอู	กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ
นายนัฐพล	ศิริหล้า	กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ
นางสาวละมัย	ไชยงาม	กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ
นางสาวณัฐชยา	ดาราวรรณ์	กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ
นางสาววรรษมน	ศรีพนม	กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ
นายสุพัฒน์	เพ็งพันธ์	กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ

กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ
กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข
88/22 หมู่ 4 ถนนติวานนท์ ตำบลตลาดขวัญ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000

โทร 0-2590-4190 โทรสาร 0-2590-4356
website : http://hia.anamai.moph.go.th

บริษัท เอ็ม อี ที จำกัด MET CO.,LTD.
36/659 หมู่ 6 ต.บางรักพัฒนา อ.บางบัวทอง จ. นนทบุรี 11110
36/659 Moo. 6 Tambol. Bangragpattana Amphur. Bangbuatong Nontaburi 11110
Tel : 0 2920 1458-9 Fax : 0 2920 1460 E-mail : met_jj@yahoo.com

ต้นฉบับ

REF.NO. : PM 66/1616
REPORT NO. : 014213/2023

รายงานผลการวิเคราะห์

ชื่อลูกค้า	:	**บริษัท คาริน่า อพอลโล จำกัด**
สถานที่	:	249/8 หมู่ที่ 6 ตำบลอ้อมน้อย อำเภอกระทุ่มแบน จ.สมุทรสาคร 74130
ผู้ประสานงาน	:	คุณพรชัย ธวัชวดีวงศ์
ข้อมูลการติดต่อ	:	โทรศัพท์ 062 549 1999

รายละเอียดปล่อง			**สภาวะขณะเก็บตัวอย่าง**		
ความสูงปล่อง (เมตร)	:	6.0	ความดันบรรยากาศ (มม.ปรอท)	:	758
เส้นผ่านศูนย์กลาง (เมตร)	:	0.50	อากาศในบรรยากาศ (องศาเซลเซียส)	:	34
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	:	99	ชนิดของกระบวนการผลิต	:	เตาเผาขยะ
ความเร็ว (เมตร/วินาที)	:	4.82	ชนิดของเชื้อเพลิง	:	ขยะทั่วไป
อัตราการไหลของอากาศ (ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง)	:	2514.44	ชนิดของระบบบำบัด	:	Bag Filter, Cyclone
			พิกัด (GPS)	:	47P 0559206E, 1552104N
ปริมาณออกซิเจน (เปอร์เซ็นต์)	:	10.23	วันที่เก็บตัวอย่าง	:	02/12/2566
ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (เปอร์เซ็นต์)	:	10.72	วันที่รับตัวอย่าง	:	04/12/2566
ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	:	7.47	วันที่วิเคราะห์	:	04-25/12/2566
ไอโซไคเนติก (เปอร์เซ็นต์)	:	108.53	วันที่รายงานผล	:	26/12/2566
รูปร่าง	:	วงกลม	เจ้าหน้าที่เก็บตัวอย่าง	:	นายเกษม อ่อนคำมา (ว-100-จ-7646)
			เจ้าหน้าที่ทดสอบ	:	นางสาวณิศรา พนานิกิตร (ว-100-จ-6510)

จุดเก็บตัวอย่าง	ดัชนีที่ตรวจวิเคราะห์	วิธีวิเคราะห์	เวลา (น.)	ผลการวิเคราะห์	มาตรฐาน	หน่วย
ปล่อง APOLLO	1. Total Suspended Particulate	Gravimetric Method	13.20-14.35	4	320	mg/m^3
	2. Sulfur Dioxide	Barium-Thorin Titrimetric Method		<0.1	30	ppm
	3. Oxide of Nitrogen as Nitrogen Dioxide	Phenoldisulfonic Acid Method		160	250	ppm
	4. Lead	ICP Method		0.009	1.5	mg/m^3
	5. Cadmium	ICP Method		0.001	0.5	mg/m^3
	6. Opacity	Ringelmann's Method		5.29	10	%

หมายเหตุ : มาตรฐานประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2553 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอย
: ผลการตรวจวัด คำนวณผลที่ความดัน 1 บรรยากาศ หรือที่ 760 มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่สภาวะแห้ง (Dry Basis) โดยมีปริมาตรอากาศเสียที่ออกซิเจน (O_2) ร้อยละ 7
- : ไม่มีมาตรฐานกำหนด

.....
(Ms.Sasithorn Suwanwiko)
Technical Manager
(ว-100-ค-4859)
26/12/2566

****

ผลวิเคราะห์นี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการวิเคราะห์ผลทดสอบว่าทดสอบตามตัวอย่างที่ได้รับเท่านั้น
ห้ามคัดลอกหรือทำสำเนารายงานผลการวิเคราะห์เพียงบางส่วนโดยไม่ได้รับอนุญาตจากห้องปฏิบัติการเป็นลายลักษณ์อักษร

บริษัท เอ็ม อี ที จำกัด MET CO.,LTD.
36/659 หมู่ 6 ต.บางรักพัฒนา อ.บางบัวทอง จ. นนทบุรี 11110
36/659 Moo. 6 Tambol. Bangragpattana Amphur. Bangbuatong Nontaburi 11110
Tel : 0 2920 1458-9 Fax : 0 2920 1460 E-mail : met_jj@yahoo.com

ต้นฉบับ

REF.NO. : PM 66/1616
REPORT NO. : 014214/2023

รายงานผลการวิเคราะห์

ชื่อลูกค้า	:	**บริษัท คาริน่า อพอลโล จำกัด**
สถานที่	:	249/8 หมู่ที่ 6 ตำบลอ้อมน้อย อำเภอกระทุ่มแบน จ.สมุทรสาคร 74130
ผู้ประสานงาน	:	คุณพรชัย ธวัชวดีวงศ์
ข้อมูลการติดต่อ	:	โทรศัพท์ 062 549 1999

รายละเอียดปล่อง			**สภาวะขณะเก็บตัวอย่าง**		
ความสูงปล่อง (เมตร)	:	6.0	ความดันบรรยากาศ (มม.ปรอท)	:	758
เส้นผ่านศูนย์กลาง (เมตร)	:	0.50	อากาศในบรรยากาศ (องศาเซลเซียส)	:	34
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	:	99	ชนิดของกระบวนการผลิต	:	เตาเผาขยะ
ความเร็ว (เมตร/วินาที)	:	4.82	ชนิดของเชื้อเพลิง	:	ขยะทั่วไป
อัตราการไหลของอากาศ	:	2514.44	ชนิดของระบบบำบัด	:	Bag Filter, Cyclone
(ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง)			พิกัด (GPS)	:	47P 0559206E, 1552104N
ปริมาณออกซิเจน (เปอร์เซ็นต์)	:	10.23	วันที่เก็บตัวอย่าง	:	02/12/2566
ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (เปอร์เซ็นต์)	:	10.72	วันที่รับตัวอย่าง	:	04/12/2566
ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	:	7.47	วันที่วิเคราะห์	:	04-25/12/2566
ไอโซไคเนติก (เปอร์เซ็นต์)	:	108.53	วันที่รายงานผล	:	26/12/2566
รูปร่าง	:	วงกลม	เจ้าหน้าที่เก็บตัวอย่าง	:	นายเกษม อ่อนคำมา
			เจ้าหน้าที่ทดสอบ	:	นายเกษม อ่อนคำมา

จุดเก็บตัวอย่าง	ดัชนีที่ตรวจวิเคราะห์	วิธีวิเคราะห์	เวลา (น.)	ผลการวิเคราะห์	มาตรฐาน	หน่วย
ปล่อง APOLLO	1. Mercury[2]	Cold-Vapor AAS Method	13.20-14.23	<0.0001	0.05	mg/m^3
	2. Hydrogen Chloride[1]	IC Method		0.11	80	ppm
	3. Carbon Monoxide[1]	Non-Dispersive Infrared Method		87	-	ppm
	4. Carbon Dioxide	Orsat Analyzer		10.72	-	%
	5. Oxygen	Orsat Analyzer		10.23	-	%

หมายเหตุ : มาตรฐานประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2553 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอย
: ผลการตรวจวัด คำนวณผลที่ความดัน 1 บรรยากาศ หรือที่ 760 มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่สภาวะแห้ง (Dry Basis) โดยมีปริมาตรอากาศเสียที่ออกซิเจน (O_2) ร้อยละ 7
[1] : วิเคราะห์ผลโดย บริษัท เอ็มเม็กซ์ แอสโซซิเอชั่น จำกัด
[2] : วิเคราะห์ผลโดย บริษัท เอส.พี.เอส. คอนซัลติ้ง เซอร์วิส จำกัด
- : ไม่มีมาตรฐานกำหนด

(Ms.Sasithorn Suwanwiko)
Approved Signature
26/12/2566

****

ผลวิเคราะห์นี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการวิเคราะห์ผลทดสอบว่าทดสอบตามตัวอย่างที่ได้รับเท่านั้น
ห้ามคัดลอกหรือทำสำเนารายงานผลการวิเคราะห์เพียงบางส่วนโดยไม่ได้รับอนุญาตจากห้องปฏิบัติการเป็นลายลักษณ์อักษร

หัวหน้าโครงการวิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภวุฒิ เนตรโพธิ์แก้ว
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
E-mail: supawud.n@rmutp.ac.th

การศึกษา

Ed.D.(Educational administration)	University of Northern Philippines
วศ.ม.(วิศวกรรมไฟฟ้า)	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วศ.บ.(วิศวกรรมไฟฟ้า)	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

งานวิจัยที่สนใจ

- วิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง
- การประยุกต์ทางวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง
- วิศวกรรมพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก
- การประยุกต์ทางวิศวกรรมไฟฟ้า

งานทางวิชาการ

- การสร้างชุดอิเล็กโทรดทดสอบค่าความคงทนไดอิเล็กตริกของฉนวนน้ำมันหม้อแปลงอ้างอิงตามมาตรฐาน IEC156
- การปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียที่มาจากการเผาไหม้ของเหง้าทะลายปาล์มของโรงไฟฟ้าชีวมวลด้วยโอโซนที่ได้จากโคโรน่าดิสชาร์จ
- การวิเคราะห์เซอร์กิตเบรกเกอร์ 115 kV สำหรับการวางแผนซ่อมบำรุง 115 kV Circuit Breaker Analysis for Maintenance Plan

คณะผู้วิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร.นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
E-mail: nattachote.r@rmutp.ac.th

การศึกษา

ปร.ด. (วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
คอ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทเวศร์

งานวิจัยที่สนใจ

การวางแผนและปฏิบัติการในระบบไฟฟ้ากำลัง ผลกระทบของการเชื่อมต่อแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายในระบบจำหน่ายไฟฟ้า และเทคนิคการหาค่าเหมาะสมที่สุด

ใบอนุญาตประกอบวิชาชีพ

ใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม ระดับสามัญวิศวกร สาขาไฟฟ้า งานไฟฟ้ากำลัง
ใบอนุญาตผู้ตรวจสอบอาคาร

สมาชิกสมาคมวิชาชีพ

- สมาคมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า (แห่งประเทศไทย)
- สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.) วุฒิสมาชิก ตลอดชีพ
- **E**lectrical Engineering/Electronics, **C**omputer, **T**elecommunications and **I**nformation **T**echnology **A**ssociation of **T**hailand (ECTI Thailand)
- **I**nstitute of **E**lectrical and **E**lectronic **E**ngineers (IEEE)