การกำจัดขยะติดเชื้อในโรงพยาบาลเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซมลพิษสู่ชั้นบรรยากาศโดยใช้เทคโนโลยีโอโซน

วิทยานิพนธ์

ของ

เวนิช วัฒนภูริภากร

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

มิถุนายน 2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การกำจัดขยะติดเชื้อในโรงพยาบาลเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซมลพิษสู่ชั้นบรรยากาศโดยใช้เทคโนโลยีโอโซน

วิทยานิพนธ์

ของ

เวนิช วัฒนภูริภากร

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

มิถุนายน 2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Hospital Trash Infection Disposal to Reduce the Emission of Pollutant into the Atmosphere using Ozone Technology

Wenich Vattanapuripakorn

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for Doctor of Philosophy (Mechanical Engineering)

June 2020

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายเวนิช วัฒนภูริภากร แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผศ. ดร. วสันต์ ศรีเมือง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รศ. ดร. บพิธ บุปผโชติ)

.....กรรมการ
(ศ. ดร. อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง)

.....กรรมการ
(ผศ. ดร. ธีรพัฒน์ ชมภูคำ)

.....กรรมการ
(ผศ. ดร. ธวัฒน์ชัย คุณะโคตร)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. เกียรติศักดิ์ ศรีประทีป)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

.....
(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง การกำจัดขยะติดเชื้อในโรงพยาบาลเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซมลพิษสู่ชั้นบรรยากาศโดยใช้เทคโนโลยีโอโซน

ผู้วิจัย เวนิช วัฒนภูริภากร

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. บพิธ บุปผโชติ

ปริญญา ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต **สาขาวิชา** วิศวกรรมเครื่องกล

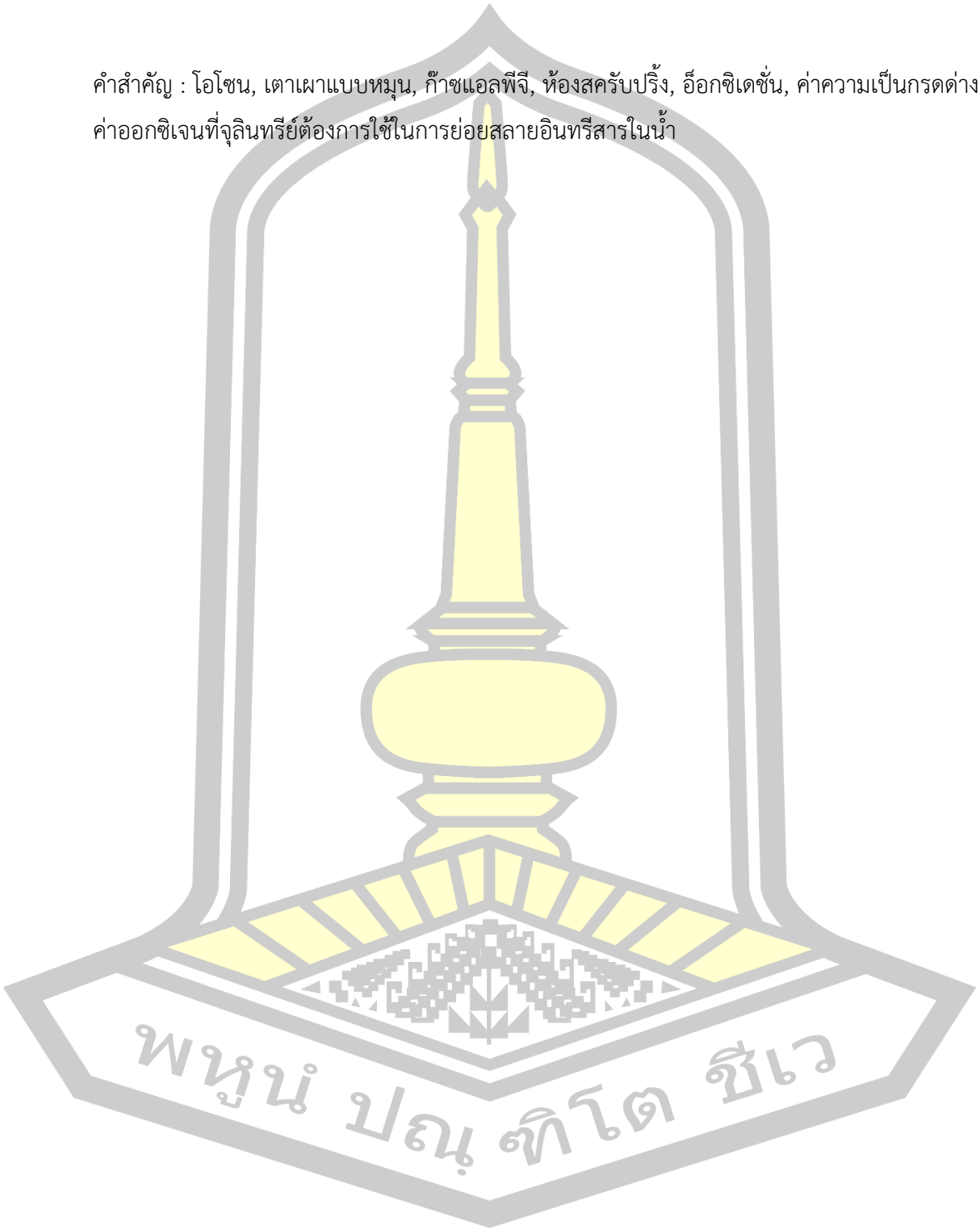
มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อม โดยศึกษาการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศและน้ำที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากระบบที่ถูกออกแบบด้วยการใช้เทคโนโลยีโอโซนขนาด 100 g/hr. มาปรับประยุกต์ใช้กับเตาเผาขยะติดเชื้อแบบหมุน(Rotary Kiln) ขนาด 100 kg/hr. ซึ่งเป็นระบบระดับต้นแบบที่ใช้งานได้จริง ผลการศึกษาได้จากการทดสอบกับการเผาขยะติดเชื้อถุงแดงจากสถานพยาบาลโดยใช้เชื้อเพลิง (LP Gas) เพื่อการเผาไหม้ที่อัตราการใช้เชื้อเพลิง 40-50 lite/hr. โดยมีการควบคุมระบบอุณหภูมิของน้ำที่ผสมกับ Ozone ภายในห้อง Wet scrubber ในระดับที่ 20-25 องศาเซียลเซียสและมีการควบคุมความเข้มข้นของ Ozone ในระดับที่ 100-160 g/Nm^3. ซึ่งส่งผลให้ระบบโอโซนมี ประสิทธิภาพในการ Oxidations สูงสำหรับการบำบัดมลพิษทางน้ำและอากาศรวมทั้งกลิ่นก๊าซไอเสียต่าง ๆ โดยพบว่าสามารถบำบัดก๊าซไอเสียจนทำให้ปริมาณก๊าซไอเสียที่หลงเหลืออยู่หลังจากที่ได้รับการบำบัดแล้วต่ำกว่าข้อกำหนดตามมาตรฐานของ US.EPA ผลการวิเคราะห์มลพิษทางอากาศและน้ำพบว่า การบำบัดนี้ช่วยลดการปลดปล่อยปริมาณมลพิษฝุ่นละออง (TSP) ปริมาณแก๊สไอเสีย ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ไนโตรเจนออกไซด์ (NO และ NO_2) คาร์บอนมอโนไซด์ (CO) ไฮโดรเจน คลอไรด์ (HCl) รวมทั้งช่วยลดความหนาแน่นของควัน (smoke density) ที่มีผลต่อค่าความเป็นกรดด่างหรือ pH และค่า BOD หรือปริมาณของออกซิเจนซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายอินทรียสารในน้ำ (Biochemical Oxygen Demand) เป็นต้น ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับทดสอบเหล่านี้ ได้ถูกนำไปเปรียบเทียบและประเมินอัตราการปลดปล่อยมลพิษกับค่ามาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พบว่า ระบบ Ozone มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงถึง 90 % เมื่อนำไปผสมกับน้ำและถูกนำเข้าไปบำบัดภายใต้การควบคุมความเข้มข้นและอุณหภูมิในห้อง Wet scrubber พร้อมด้วยการออกแบบห้องบำบัดระบบโอโซนก๊าซประเภทใช้ระบบการฉีดหมุนวนเพื่อใช้ยับยั้งมลพิษสำหรับขยะติดเชื้อ เนื่องจากอุณหภูมิของก๊าซไอ

เสียลดต่ำลงตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้

คำสำคัญ : โอโซน, เตาเผาแบบหมุน, ก๊าซแอลพีจี, ห้องสครับปริ้ง, อ็อกซิเดชั่น, ค่าความเป็นกรดด่าง, ค่าออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายอินทรีสารในน้ำ



TITLE Hospital Trash Infection Disposal to Reduce the Emission of Pollutant into the Atmosphere using Ozone Technology

AUTHOR Wenich Vattanapuripakorn

ADVISORS Associate Professor Bopit Bubphachot , Ph.D.

DEGREE Doctor of Philosophy **MAJOR** Mechanical Engineering

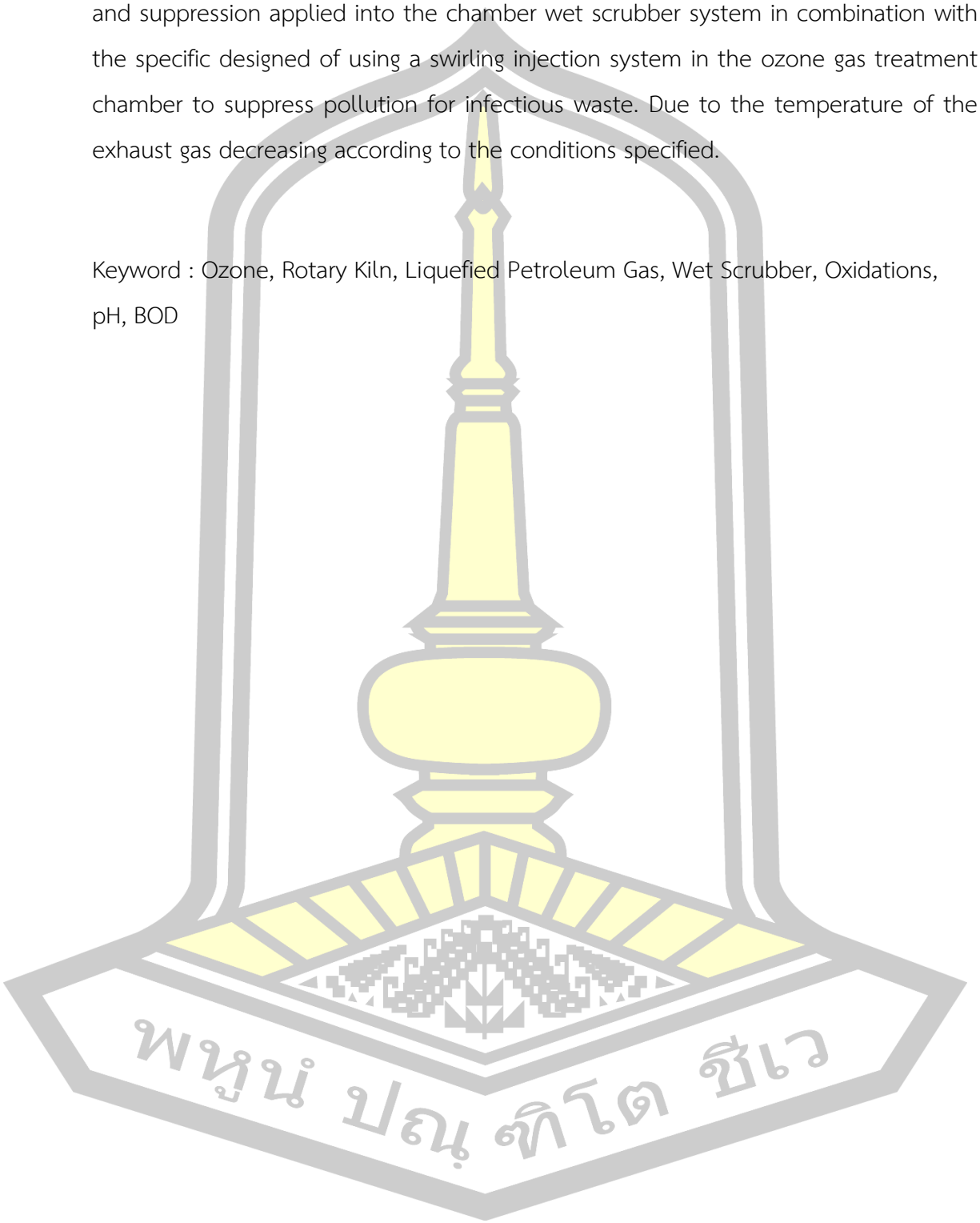
UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2020

ABSTRACT

The purpose of this research is to compare the environment capability to the standard by studying the air and water pollutants released from a prototype system which is designed by applying the 100 kg/litre ozone technology with the 100 kg/hour Rotary Kiln Infectious Waste incinerator. The testing subject of this study was the hospital red bags waste disposal. The designed incineration system comprised of the combustion using LP Gas at the fuel utilization rate of 40-50 litre/hour, controlled temperature of water at 20-25 °C mixed with ozone at controlled concentration of 100-160 g/Nm^3 in the Wet scrubber. The results showed that this designed ozone system yielded high-efficiency oxidation treatment in water pollution, air pollution, and exhaust odors. The treatment result indicated that the measurement of the gas pollutant emission was lower than the emission standard defined in the Emission Standard Reference Guide recommended by the US EPA. The analysis of air pollution and water pollution showed reduction amount of the released Total Suspended Particle (TSP), sulphur dioxide (SO_2), Nitrogen oxide (NO), Nitrogen dioxide (NO_2), carbon monoxide (CO), and Hydrogen Chloride Hydrogen Chloride (HCl). These parameters including smoke density and acidity or alkalinity, pH and the BOD (Biochemical Oxygen Demand), which is the amount of oxygen, that are essential for organic substance for microbial decomposition in the water. The related toxic gases were examined for the emission rate and were compared with the standard, for emission of waste air from solid waste incinerators, defined by the Ministry of Natural Resources and Environment. The conclusion was Ozone system

has high efficiency in infectious waste treatment at 90% when it mixed with water and suppression applied into the chamber wet scrubber system in combination with the specific designed of using a swirling injection system in the ozone gas treatment chamber to suppress pollution for infectious waste. Due to the temperature of the exhaust gas decreasing according to the conditions specified.

Keyword : Ozone, Rotary Kiln, Liquefied Petroleum Gas, Wet Scrubber, Oxidations, pH, BOD



กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้บรรลุความสำเร็จไปด้วยดีนั้น ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.บพิธ บุปผโชติ เป็นอย่างสูงที่ได้แนะนำและช่วยเหลือในการแก้ไขปัญหาต่างๆ และควบคุมงานจนสัมฤทธิ์ผล ขอขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร.อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธีรพัฒน์ ชมพูคำและผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธวัฒน์ชัย คุณะโคตร กรรมการวิทยานิพนธ์กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นและประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วสันต์ ศรีเมือง ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกมหาวิทยาลัย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณบริษัท Energy Experts Environment. Co. LTD.ที่สนับสนุนเงินทุนและเครื่องมือวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำโครงการวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณบิดา มารดาและครอบครัวและทีมงานผู้ที่อยู่เบื้องหลังทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการงานวิจัยมาจนเสร็จสิ้นสมบูรณ์ตามเจตนารมณ์ที่ต้องการ

เวนิช วัฒนภูริภากร

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ฌ

สารบัญตาราง ..... ฐ

สารบัญภาพประกอบ ..... ฒ

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ถ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 5

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 5

1.5 แผนการดำเนินงาน 6

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

2.1 บทนำ 7

2.2 ข้อมูลทั่วไปของขยะติดเชื้อ 8

2.2.1 ประเภทของขยะมูลฝอยติดเชื้อ 10

2.2.2 พิษภัยที่เกิดขึ้นกับมนุษย์และสิ่งแวดล้อม 12

2.2.3 แหล่งของขยะมูลฝอยและขยะติดเชื้อ 13

2.2.4 สถิติของการเกิดขยะติดเชื้อในประเทศไทย 13

2.2.5 การออกมาตรการเพื่อจัดการมูลฝอยติดเชื้อจากสถานพยาบาลคลินิกเอกชน คลินิกสัตว์และโรงพยาบาลสัตว์ 14
2.3 เทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย (Incineration) 16
2.3.1 เตาเผาแบบหมุน (Rotary Kiln) 17
2.3.2 เตาเผาแบบตะกรับเคลื่อนที่ (Moving Grate) 18
2.3.3 เตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized Bed) 20
2.3.4 เตาเผาแบบไพโรไลซิส-ก๊าซซิฟิเคชัน (Pyrolysis and Gasification) 22
2.4 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการเผาไหม้ 28
2.5 การควบคุมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 29
2.5.1 มลพิษอากาศ 29
2.5.2 มลพิษกากของแข็ง 31
2.5.3 มลพิษทางน้ำ 32
2.5.4 มลพิษและของเสียที่เกิดจากกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน 32
2.6 กฎหมายระเบียบข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับการจัดการมูลฝอยติดเชื้อและการปล่อยมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมทางอากาศและทางน้ำ 35
2.7 เทคโนโลยีบำบัดระบบโอโซน (Ozone) 36
2.7.1 ระบบเทคโนโลยีโอโซน 37
2.7.2 คุณสมบัติของก๊าซโอโซน 39
2.7.3 หลักการทำงานของก๊าซโอโซน 43
2.7.4 วิธีการที่นิยมใช้ในการผลิตโอโซน 44
2.7.5 ประสิทธิภาพในการละลายน้ำของโอโซน 45
2.8 ต้นทุนทางเศรษฐ์ศาสตร์โดยประเมินมูลค่าต้นทุนเครื่องจักรและอุปกรณ์เตาเผาขยะแบบหมุน 46
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 48
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 60

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 60
3.2 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดลอง 63
3.2.1 การเตรียมขยะติดเชื้อ สำหรับการเผาทดสอบ 63
3.2.2 การศึกษาองค์ประกอบและคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะติดเชื้อจากโรงพยาบาล 64
3.2.3 ออกแบบระบบเทคโนโลยีโอโซนเพื่อทดสอบประสิทธิภาพเมื่อประยุกต์ใช้กับเตาเผาแบบหมุน 66
3.2.4 ศึกษาการออกแบบเงื่อนไขการทดลองหลังการติดตั้งใช้เทคโนโลยีระบบโอโซน 94
3.2.5 ศึกษาตัวแปรความสัมพันธ์ที่มีผลต่อความเข้มข้นโอโซน 97
3.2.6 การศึกษาด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับการปลดปล่อยก๊าซมลพิษและการวิเคราะห์ตรวจวัดคุณภาพน้ำและอากาศก่อนปล่อยสู่ธรรมชาติ 104
3.2.7 การวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อประเมินมลพิษด้านสิ่งแวดล้อมของระบบโอโซน 115
3.3 การเก็บรวบรวมตัวอย่างแก๊ส 116
3.4 สถานที่ทำการทดลอง 116
บทที่ 4 ผลการทดลอง 118
4.1 ผลการศึกษา 118
4.1.1 แหล่งที่มาของขยะติดเชื้อ 118
4.1.2 ข้อมูลสมบัติทางด้านกายภาพและเคมี 119
4.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นการทำงานของระบบโอโซน 122
4.1.4 ความสามารถในการทำงานระบบเทคโนโลยีโอโซน 125
4.1.5 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการประเมินระบบ 134
4.1.6 ผลการเปรียบเทียบต้นทุนทางหลักเศรษฐศาสตร์ 140
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 146
5.1 สรุปผลการทดลอง 146
5.2 การนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์ 147

5.2.1 การส่งเสริมสนับสนุนให้มีการนำระบบเทคโนโลยีด้านโอโซนปรับประยุกต์ใช้กับเตาเผาขยะติดเชื้อเพื่อกำจัดขยะสำหรับสถานพยาบาล 147
5.2.2 การนำเทคโนโลยีโอโซนไปประยุกต์ใช้เพื่อการบำบัดมลพิษกับเตาเผาขยะทุกประเภท 147
5.3 ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต 148
5.3.1 ด้านวิศวกรรมและการสร้างนวัตกรรม 148
5.3.2 ด้านเศรษฐศาสตร์และการตลาด 148
5.3.3 ด้านผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม 149
5.3.4 ด้านความเป็นได้ของโครงการงานวิจัย 149
บรรณานุกรม 150
ภาคผนวก 156
ภาคผนวก ก ผลการตรวจวิเคราะห์มลพิษปลายปล่อง 157
ภาคผนวก ข ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำ 163
ภาคผนวก ค Company profile บริษัทอีสเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง 1992 จำกัด 169
ภาคผนวก ง พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 174
ประวัติผู้เขียน 190

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 แผนการดำเนินงานวิจัย 6
ตาราง 2 ชนิดของขยะที่แบ่งตามองค์กร APWA ในสหรัฐอเมริกา [16] 11
ตาราง 3 การแยกประเภทสีของถังขยะ [2] 12
ตาราง 4 ข้อได้เปรียบและข้อเสียเปรียบของเตาเผาแบบหมุน [17] 18
ตาราง 5 ข้อได้เปรียบและข้อเสียเปรียบของเตาเผาแบบตะกรับเคลื่อนที่ [17] 20
ตาราง 6 ข้อได้เปรียบและข้อเสียเปรียบหลักของเตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด [17] 21
ตาราง 7 กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยใหม่ 29
ตาราง 8 แสดงชนิดของมลพิษและปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ [16] 33
ตาราง 9 แสดงวิธีการบำบัดมลพิษ [21] 33
ตาราง 10 การทำปฏิกิริยาโอโซนมวลสาร 40
ตาราง 11 การทำปฏิกิริยาของโอโซนกับสารต่าง ๆ 41
ตาราง 12 เปรียบเทียบการนำระบบโอโซนไปใช้กับน้ำและใช้กับอากาศ 42
ตาราง 13 รายละเอียดของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ ที่ใช้อยู่ในประเทศไทย 47
ตาราง 14 ส่วนประกอบและหลักการทำงานของระบบเตาเผามูลฝอย 61
ตาราง 15 ขั้นตอนการทดลอง 63
ตาราง 16 ส่วนประกอบโอโซน 67
ตาราง 17 อุปกรณ์และเครื่องมือวัด 92
ตาราง 18 แผนการทดลอง 95
ตาราง 19 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของก๊าซออกซิเจนต่อความเข้มข้นโอโซน 102
ตาราง 20 การเปรียบเทียบค่าความต่างศักย์แรงดันไฟฟ้าและเวลาต่อปริมานการเกิดโอโซน 103
ตาราง 21 การเปรียบเทียบอุณหภูมิต่อปริมาณการเกิดความเข้มข้นโอโซน 104

ตาราง 22 การเปรียบเทียบข้อมูลตามมาตรฐาน (US.EPA) 105
ตาราง 23 มาตรฐานการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ 107
ตาราง 24 ดัชนีการตรวจวัดและวิธีการทดสอบคุณภาพอากาศ 108
ตาราง 25 ดัชนีการตรวจวัดและวิธีการทดสอบคุณภาพน้ำ 112
ตาราง 26 กำหนดตัวแปรที่มีผลต่อการทดลองทางคณิตศาสตร์ 115
ตาราง 27 สัดส่วนของขยะติดเชื้อ 120
ตาราง 28 องค์ประกอบขยะติดเชื้อแบบประมาณ (Proximate Analysis) [50, 51]..... 120
ตาราง 29 องค์ประกอบแบบแยกปริมาณธาตุ (Ultimate Analysis) [50-52] 121
ตาราง 30 ผลการวิเคราะห์ปริมาณของธาตุโลหะหนัก ธาตุอัลคาไลน์และธาตุคลอรีน [50] 121
ตาราง 31 เทียบผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศ ระหว่างก่อนและหลังการเติมโอโซน..... 126
ตาราง 32 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งจากเตาเผาขยะติดเชื้อเทียบกับค่ามาตรฐาน 129
ตาราง 33 วิเคราะห์คุณสมบัติของตัวแปรต่อปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)..... 134
ตาราง 34 วิเคราะห์คุณสมบัติของตัวแปรต่อปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2)..... 136
ตาราง 35 วิเคราะห์คุณสมบัติของตัวแปรต่อปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) 138
ตาราง 36 เปรียบเทียบรายละเอียดราคาเครื่องจักรของเตาเผาขยะติดเชื้อ 140
ตาราง 37 เปรียบเทียบด้านรายได้และต้นทุนค่าใช้จ่าย 142
ตาราง 38 คิดค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร 144

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

สารบัญภาพประกอบ

หน้า

ภาพประกอบ 1 การปลดปล่อย PCDDs/PCDFs จำนวนต่อปี 10
ภาพประกอบ 2 รวมขยะมูลฝอยติดเชื้อในโรงพยาบาล 11
ภาพประกอบ 3 ข้อมูลการศึกษาของกรมควบคุมมลพิษคาดการณ์ว่าในปี 2549 14
ภาพประกอบ 4 ปริมาณมูลฝอยติดเชื้อที่เกิดขึ้นและได้รับการกำจัดในปี 2558-2561 15
ภาพประกอบ 5 ระบบเตาเผาแบบหมุน (Rotary Kiln) [17] 18
ภาพประกอบ 6 เตาเผาแบบตะกรับเคลื่อนที่ (Moving Grate) [17] 19
ภาพประกอบ 7 เตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized Bed) 21
ภาพประกอบ 8 กระบวนการ Pyrolysis & Gasification 22
ภาพประกอบ 9 Updraft Gasifier 23
ภาพประกอบ 10 Downdraft Gasifier 24
ภาพประกอบ 11 Fluid bed Gasifier 26
ภาพประกอบ 12 Circulating Fluid Bed Gasifier 27
ภาพประกอบ 13 Entrained Bed Gasifier 27
ภาพประกอบ 14 ผลการศึกษาสัดส่วนแหล่งกาเนิดมลพิษทางอากาศในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล 31
ภาพประกอบ 15 การกำเนิดโอโซน 36
ภาพประกอบ 16 รูปแบบเตาเผาขยะที่ประยุกต์เทคโนโลยีโอโซนเพื่อบำบัดก๊าซไอเสียกับเตาหลอม 38
ภาพประกอบ 17 กระบวนการสร้างโอโซนด้วยวิธี Corona Discharge 43
ภาพประกอบ 18 การสลายตัวของโอโซน 46
ภาพประกอบ 19 หลักการทำงานของเผาขยะแบบหมุน 60
ภาพประกอบ 20 ส่วนประกอบหลักของเครื่องเผาขยะ 61

ภาพประกอบ 21 ถุงขยะมูลฝอยติดเชื้อ 64
ภาพประกอบ 22 ขยะมูลฝอยติดเชื้อ 64
ภาพประกอบ 23 แผนผังแสดงการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี 65
ภาพประกอบ 24 เครื่องผลิตออกซิเจน 68
ภาพประกอบ 25 เครื่องโอโซน 69
ภาพประกอบ 26 ชุดผสมก๊าซโอโซน 69
ภาพประกอบ 27 หลอดกำเนิดโอโซน 70
ภาพประกอบ 28 แผนผังการออกแบบติดตั้งระบบโอโซนเข้ากับเตาเผาแบบหมุน 71
ภาพประกอบ 29 การออกแบบติดตั้งระบบระบบ Ventury injector 72
ภาพประกอบ 30 การออกแบบติดตั้งเครื่องทำความเย็น 73
ภาพประกอบ 31 ถังพักน้ำผสมโอโซน 73
ภาพประกอบ 32 จุดต่อทางน้ำเข้า และทางน้ำออก 74
ภาพประกอบ 33 ก๊าซโอโซนออกไปยังชุดผสมก๊าซโอโซน (Mixing Unit) 75
ภาพประกอบ 34 ต่อสายก๊าซโอโซนเข้ากับจุดทางเข้าก๊าซโอโซนที่ชุดผสม (Mixing Unit) 75
ภาพประกอบ 35 ต่อสายไฟฟ้าเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้า 76
ภาพประกอบ 36 ขั้นตอนการเปิดระบบออกซิเจน 77
ภาพประกอบ 37 ปรับอัตราการไหล เพื่อจ่ายเข้า Ozone Generator 77
ภาพประกอบ 38 หลอดโอโซน 78
ภาพประกอบ 39 แสดงภาพตัดแนวยาวของหลอดโอโซน 79
ภาพประกอบ 40 แสดงภาพตัดขวางหลอดโอโซน 81
ภาพประกอบ 41 แสดงภาพตัดแนวยาวหลอดโอโซน 82
ภาพประกอบ 42 ภาพแสดงการแปลงวงจรไฟฟ้า [39] 82
ภาพประกอบ 43 ชุดระบบวงจรเชื่อมต่อกับหลอดโอโซน 83
ภาพประกอบ 44 การออกแบบติดตั้งระบบโอโซน 84

ภาพประกอบ 45 แผนผังการออกแบบติดตั้งระบบโอโซนน้ำและโอโซนก๊าซ 86
ภาพประกอบ 46 ออกแบบและติดตั้งห้องบำบัดก๊าซไอเสียเพิ่มในระบบโอโซน 88
ภาพประกอบ 47 แผนผังการออกแบบการทดลองโอโซน 2 ระบบใช้กับน้ำและระบบใช้กับก๊าซไอเสีย 90
ภาพประกอบ 48 ชุดควบคุมการไหลออกซิเจน 91
ภาพประกอบ 49 แผงควบคุมระบบโอโซน 91
ภาพประกอบ 50 ชุดแปลงไฟฟ้าระบบโอโซน 92
ภาพประกอบ 51 เงื่อนไขการทดลองเตาเผาขยะแบบหมุนและโอโซน 95
ภาพประกอบ 52 แผนผังการทดลองใช้โอโซน 2 ระบบร่วมในการบำบัดก๊าซไอเสีย 97
ภาพประกอบ 53 วิเคราะห์คุณภาพอากาศและน้ำ 105
ภาพประกอบ 54 ชุดตรวจวัดฝุ่นละอองในปล่องระบาย (TTS) 109
ภาพประกอบ 55 ชุดตรวจวัดแก๊สคาร์บอนมอโนไซด์ (CO) ในปล่องระบาย 110
ภาพประกอบ 56 ชุดตรวจวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ในปล่องระบาย (Flue Gas Analyzer) 111
ภาพประกอบ 57 ชุดตรวจวัดค่าความทึบแสงในปล่องระบาย 111
ภาพประกอบ 58 การเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์ 116
ภาพประกอบ 59 การตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ปลายปล่องระบายของเตาเผา 116
ภาพประกอบ 60 ระบบโอโซนสร้างขึ้นเพื่อบำบัดน้ำและอากาศ 117
ภาพประกอบ 61 ความสัมพันธ์ของปริมาณโอโซน กรัมต่อลิตร (g/l)กับอัตราการไหลออกซิเจน (l/min) 122
ภาพประกอบ 62 ความสัมพันธ์ของปริมาณโอโซนกรัมต่อลิตร (g/l) กับความต่างศักย์ไฟฟ้ากิโลโวลต์ (kv) 124
ภาพประกอบ 63 ความสัมพันธ์ของปริมาณเปอร์เซ็นต์ (%) การผลิตโอโซน กับอุณหภูมิน้ำในระบบองศาเซลเซียส (°C) 125
ภาพประกอบ 64 ผลการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซไอเสียก่อนปลดปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศ 126
ภาพประกอบ 65 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในน้ำทิ้ง 130

ภาพประกอบ 66 การวิเคราะห์เทียบกับค่ามาตรฐานของค่ามลพิษในน้ำเสีย..... 133

ภาพประกอบ 67 การวิเคราะห์เทียบกับค่ามาตรฐานของค่ามลพิษในน้ำเสีย..... 133

ภาพประกอบ 68 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)..... 135

ภาพประกอบ 69 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2)..... 137

ภาพประกอบ 70 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)..... 139

ภาพประกอบ 71 เทคโนโลยีนวัตกรรมต่อยอดในอนาคต เตาเผาขยะผลิตกระแสไฟฟ้า 149

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

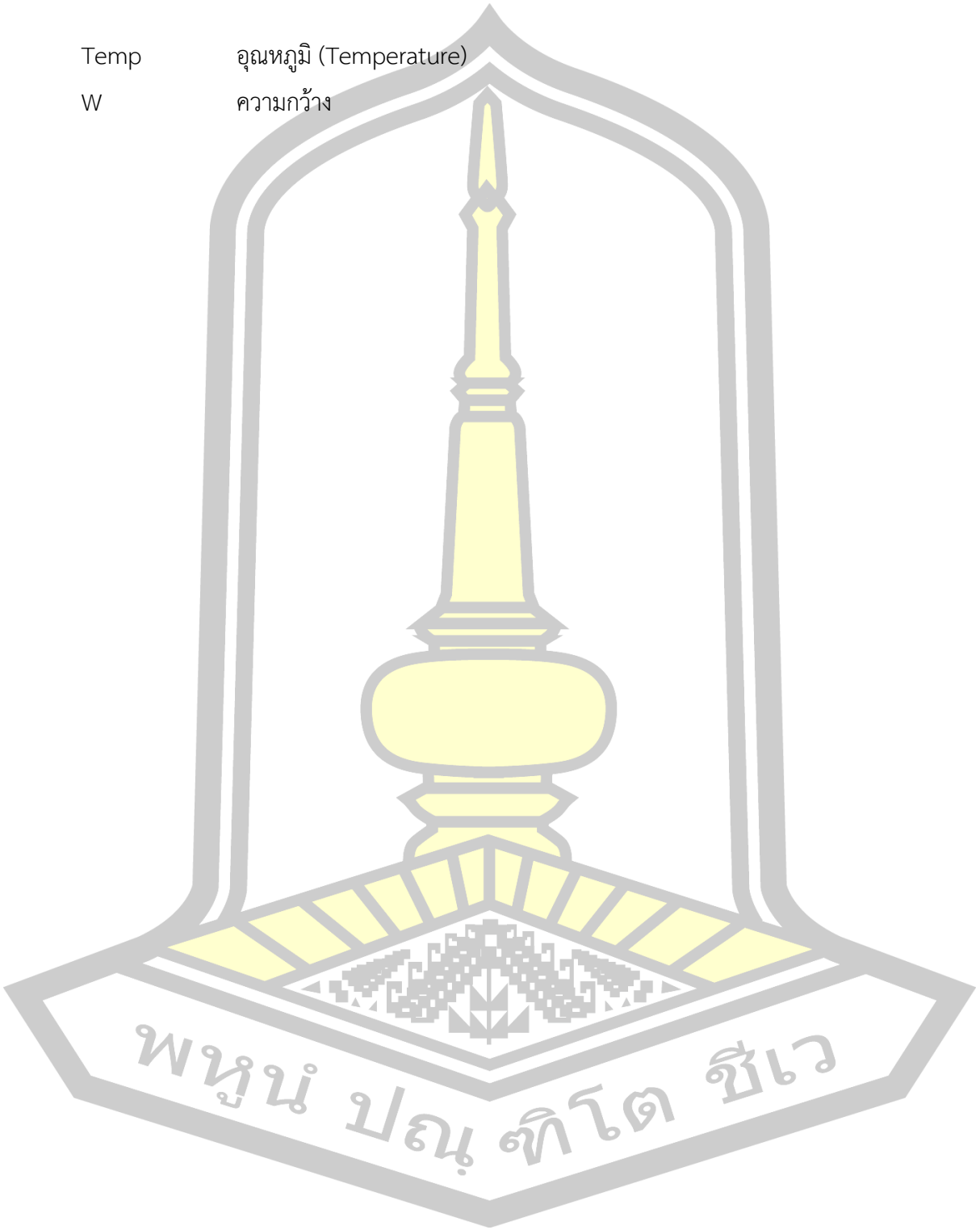
Al	ธาตุอะลูมิเนียม (Aluminum)
APHA	American Public Health Association
ASTM	American Society of Testing and Material
BOD	บีโอดี (Biological Oxygen Demand)
COD	ซีโอดี (Demand)
°C	องศาเซลเซียส (Degree Celsius)
Cd	ปริมาณสารตะกั่วในฝุ่นละออง (Lead)
CO	ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide) (Carbonmonoxide)
CO_2	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ Carbon dioxide)
%db	Dry basis)
EPA	Environmental Protection Agency
G	กรัม (gram)
G_C	Gas composition (%V)
F	ธาตุคลอรีน (Fluorine)
Fe	ธาตุเหล็ก (Ferrous)
kg	กิโลกรัม (Kilogram)
H	ธาตุไฮโดรเจน (Hydrogen)
H	ความสูง
H_2	แก๊สไฮโดรเจน (Hydrogen)
HCl	กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid)
Hg	ธาตุปรอท (Mercury)
HHV_{fuel}	High Heating Value of fuel (MJ/kJ)
HHV_g	High Heating Value of gas (MJ/Nm3)
hr	ชั่วโมง (hour)
K	โปรแตสเซียม (Potassium)
kg	กิโลกรัม (Kilogram)
KV	กิโลโวลต์ (Kilo Volt)
LP GAS	แก๊สปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas)
N/A	Not Analysis

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

N	ธาตุไนโตรเจน (Nitrogen)
Na	ธาตุโซเดียม (Sodium)
Ni	ธาตุนิเกิล (Nickle)
ND	Not detected (ตรวจไม่พบ)
Nm^3	Normal Cubic meter
NO	แก๊สไนตริกออกไซด์ (Nitric oxide)
NO_2	แก๊สไนโตรเจน (Nitrogen dioxide)
NO_x	แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน (Nitrogen oxide)
O	ธาตุออกซิเจน (Oxygen)
O2	แก๊สออกซิเจน (Oxygen gas)
Opacity	ความทึบแสง
O_3	ก๊าซโอโซน (Ozone gas)
Oxidation	ออกซิเดชั่น
P	ธาตุฟอสฟอรัส (Phosphorus)
PB	ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)
Pb	ปริมาณสารปรอทในฝุ่นละออง (Mercury)
pH	Potential of Hydrogen ion
PCA	Principle Component Analysis
PPM	ส่วนในล้านส่วน (part per million)
PCDDs	ปริมาณไดอ๊อกซิน (Polychlorinated dibenzo Dioxins)
PCDFs	ปริมาณฟิวแรน (Polychlorinated dibenzo Furan)
V_g	Gas flow rate
%wt	ร้อยละโดยน้ำหนัก (% By weight)
%wb	ร้อยละมาตรฐานเปียก (% Wet basis)
ROI	การวัดผลตอบแทนจากการลงทุน (Return on Investment)
SO_2	ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulphur dioxide)
SO_x	ก๊าซออกไซด์ของซัลเฟอร์ (Sulphur oxide)
Smoke	ความหนาแน่นของควัน

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

Temp	อุณหภูมิ (Temperature)
W	ความกว้าง



บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันสังคมมีการเปลี่ยนแปลงนวัตกรรมไปตามยุคสมัยตั้งแต่ในระดับสถาบันครอบครัวไปจนถึงการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัยมากขึ้น ประกอบกับอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรโลกและการพัฒนาทางเศรษฐกิจอุตสาหกรรมที่เติบโตขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้เกิดการเปลี่ยนพฤติกรรมการดำรงชีวิตของมนุษย์ เช่น การใช้ชีวิตที่เร่งรีบ สะดวกสบาย การรับประทานอาหารที่มีองค์ประกอบทางสารเคมีหรือการปรุงรสเติมแต่งในอาหารเหล่านี้ล้วนอาจก่อให้เกิดโรคและภัยสุขภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่ง โรคไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ หรือที่เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า COVID-19 ที่กำลังระบาดอยู่ในขณะนี้และรวมไปถึงอุบัติเหตุอันตรายต่อตนเองและผู้อื่น ทำให้มนุษย์และสัตว์ต้องพึ่งสถานพยาบาลและโรงพยาบาลมากขึ้น นอกจากนี้ในการประชุมระดับโลกเรื่องการจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพทั้งการประชุมสมัชชาสหประชาชาติด้านสิ่งแวดล้อม (United Nations Environmental Assembly: UNEA) และการประชุมสมัชชาอนามัยโลก (World Health Assembly: WHA) ได้มีการนำประเด็นมลพิษสิ่งแวดล้อมและการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพมาเป็นหัวข้อการประชุม เพื่อหาข้อตกลงร่วมกันในการจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อม มลพิษ และของเสียประเภทต่าง ๆ ให้มีความเหมาะสม ไม่เกิดผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมตามมา กรมควบคุมมลพิษได้ผลักดันให้ปัญหาขยะเป็นวาระแห่งชาติของประเทศ ซึ่งถือเป็นวิกฤตปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมของประเทศที่ต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน [1] สถานการณ์มูลฝอยติดเชื้อพบว่าประเทศไทยปริมาณขยะมูลฝอยติดเชื้อรวม 50,481 ตันต่อปีแบ่งเป็นมูลฝอยติดเชื้อจากโรงพยาบาลของรัฐ 57% โรงพยาบาลเอกชน 17% คลินิก 19% โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบลสถานีอนามัย 6 % ส่วนสถานพยาบาลสัตว์ และห้องปฏิบัติการติดเชื้ออันตราย 0.6% โดยปริมาณมูลฝอยติดเชื้อที่เกิดขึ้นจากโรงพยาบาลของรัฐจะถูกนำไปกำจัดในเตาเผามูลฝอยติดเชื้อโรงพยาบาลของรัฐ 2.47% เตาเผาขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น 5.34% และเตาเผาเอกชน 57.2% เมื่อพิจารณาศักยภาพของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อที่มีอยู่ทั่วประเทศจำนวนทั้งหมด741แห่งแบ่งเป็นเตาเผาของโรงพยาบาลของรัฐ 723 แห่ง (คาดว่าไม่สามารถดำเนินงานได้ 636 แห่ง) เตาเผาขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น 14 แห่ง (ไม่สามารถดำเนินงานได้ 4 แห่ง) และ เตาเผาของเอกชน 4 แห่ง ซึ่ง เตาเผาขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และเตาเผาของเอกชนยังสามารถรองรับได้เพิ่มขึ้น 2 - 3 เท่าของปริมาณมูลฝอยติดเชื้อที่นำมากำจัด [2] อย่างไรก็ดีการพัฒนาเทคโนโลยีด้านเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ ภายในประเทศพบว่า ยังมีการสิ้นเปลืองพลังงานใน

การเผาในปริมาณมาก รวมทั้งมลพิษในรูปของควันดำและกลิ่นเหม็น ทำให้เกิดการร้องเรียนจากประชาชนในบริเวณใกล้เคียง จึงมีความสำคัญอย่างมากในการนำเทคโนโลยีการเผาขยะมูลฝอยติดเชื้อที่มีความสามารถในการกำจัดขยะได้อย่างมีประสิทธิ์ภาพและมีความสามารถในการบำบัดมลพิษได้อย่างถูกต้องตามหลักมาตรฐานสากลของ United States Environmental Protection Agency (US.EPA) อีกทั้งยังต้องมีการประเมินต้นทุนในการก่อสร้างเครื่องจักรนั้นต่อไปเพื่อเปรียบเทียบเทคโนโลยีในแต่ละประเภทถึงค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นจริงและ นำมาปรับใช้ให้ถูกต้องกับสถานที่นั้น ๆ อย่างถูกวิธี [1]

เมื่อมูลฝอยติดเชื้อไดถูกทิ้งออกสูสิ่งแวดลอมไปปะปนรวมกับมูลฝอยชุมชนเพิ่มมากขึ้น ทำใหเกิดอัตราความเสี่ยงในการแพรกระจายเชื้อโรคเพิ่มมากขึ้น ซึ่งมีผลตอสุขภาพอนามัยของประชาชน โดยเฉพาะสุขภาพอนามัยของเจาหนาที่ปฏิบัติงานเก็บขนหรือผูทำงานในสถานที่กำจัดซึ่งทำใหเกิดการเจ็บปวยด้วยโรคตาง ๆ ไดเชน โรคไวรัสตับอักเสบ โรคระบบทางเดินหายใจ วัณโรคอหิวา บาดทะยักไทฟอยด บิดมีตัวแผลริมออน หนองใน ไขหวัดใหญการติดเชื้อในเยื่อหุมสมองและไขสันหลัง โรคพยาธิหรือแมแตการติดเชื้อโรคเอดสทำใหมีผลกระทบตอสุขภาพของประชาชนและสิ่งแวดล้อมในเขตเมืองทั่วไป ปจจุบันมีเทคโนโลยีการกำจัดขยะมูลฝอยติดเชื้อที่มีใชอยูในประเทศ เชน การทำลายเชื้อด้วยสารเคมี(chemical disinfection) การเผาดวยเตาเผา (incineration) การทำลายเชื้อดวยไอน้ำ (steam sterilization/autoclaving)และการทำลายเชื้อดวยความรอน (thermal inactivation) ส่วนใหญเปนเทคโนโลยีขนาดใหญ่ที่ตองใชเงินลงทุนสูงตองมีพื้นที่รองรับและตองใชบุคลากรที่มีความรูในการควบคุมดูแลและซอมบำรุง เหมาะสำหรับสถานพยาบาลขนาดใหญและกลุมนักธุรกิจผูลงทุน สวนเทคโนโลยีการทำลายเชื้อดวยสารเคมีถึงแมจะมีการใชฆาเชื้อเบื้องตนและมีการใชแพรหลายแตสุดทายจะมีสารเคมีตกคางกอใหเกิดผลกระทบตอสิ่งแวดลอม เทคโนโลยีเตาเผาแบบหมุน (Rotary Kiln) ซึ่งได้รับการออกแบบตามข้อกำหนดของ (US. EPA.) โดยทำการเผาของเสียอันตรายที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 850 °C มีลักษณะเป็นท่อนอนยาว เอียงเล็กน้อย ขณะทำงานจะหมุนตลอดเวลา ภายในมีวัสดุทนไฟฉาบเคลือบติดอยู่ สามารถควบคุมระยะเวลาการเผาไหม้และปริมาณของเสียอันตรายที่จะเผาได้ จึงทำปฏิกิริยาการเผาทำลายของเสียอันตรายได้อย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ยังมีส่วนเชื่อมต่อ (Discharge Breaching) ทำหน้าที่ในการแยกเถ้าหนักหรืออนุภาคขนาดใหญ่ที่เกิดจากการเผาไหม้ก่อนเข้าสู่การเผาไหม้ในส่วนเผาไหม้ที่ 2 ส่วนเผาไหม้ที่สอง (Secondary Combustion Chamber) ทำหน้าที่รับไอเสียจากเตาเผาแบบหมุนมาเผาซ้ำ ที่อุณหภูมิ 850 ถึง 1,200 °C เพื่อเพิ่มศักยภาพในการเผาไหม้ก๊าซเสีย ทำให้เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ มีลักษณะเป็นทรงกระบอกคล้ายท่อในแนวตั้งสูงจากพื้น ภายในฉาบด้วยวัสดุทนไฟเพื่อป้องกันสภาวะการกัดกร่อนที่สูงภายในเตาเผาด้วยลักษณะระบบการเผาไหม้แบบ 2 ห้องเผา จึงทำให้ระบบเผาไหม้ของเสียอันตรายเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ และปราศจากมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ภายใต้การควบคุม

ตรวจสอบ และ กำกับดูแล ด้วยระบบการทำงานด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัย ปลอดภัยและแม่นยำ อีกทั้งความตระหนักในหน้าที่ของบุคคลากรที่เชี่ยวชาญมีความสามารถทำให้สามารถรองรับการกำจัดของเสียอันตรายได้อย่างปลอดภัย ไร้มลพิษรวมถึงนำมาซึ่งการพัฒนาที่ส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเผาทำลายของเสียอันตราย แปรเปลี่ยนเป็นผลผลิตด้านพลังงานทดแทนอย่างยั่งยืนให้แก่ประเทศได้อีกทางหนึ่ง เทคโนโลยีด้านพัฒนาประสิทธิ์ภาพในการทำงานด้านบำบัดด้วยโอโซน (OZONE) คือรูปหนึ่งของก๊าซออกซิเจนที่มีพลัง (Active Oxygen) สามารถทำปฏิกิริยาออกซิเดชั่นกับสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ได้เกือบทุกชนิดทั้งในน้ำและในอากาศ มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อที่รุนแรงและเร็วกว่าคลอรีนถึง 3,125 เท่า โอโซนจะเข้าไปจับโมเลกุลของสารปนเปื้อน และทำการแยกย่อยสลาย โดยการเปลี่ยนโครงสร้างของสารนั้น โอโซนเป็นก๊าซที่มีโครงสร้างไม่เสถียร หลังทำปฏิกิริยา โอโซนจะแปรสภาพกลับเป็นก๊าซออกซิเจนซึ่งไม่เป็นอันตราย หรือส่งผลกระทบใด ๆ ต่อมนุษย์ สัตว์และสิ่งแวดล้อม [3, 4] และการใช้ประโยชน์โอโซนกับทางการแพทย์อื่น ๆ นั้น Oizumi และคณะ [5] ทำการศึกษาในหลอดทดลอง (In vitro) แสดงให้เห็นความเป็นไปได้ในการใช้น้ำโอโซนทำความสะอาดฟัน Celiberti และคณะ [6] พบว่าการใช้น้ำโอโซนทำความสะอาดฟันไม่ส่งผลใด ๆ สารเคลือบฟัน (Enamel) ตลอดจนคุณภาพของชิ้นส่วน denture alloy ที่ใช้ในช่องปาก [4]การทดลองในห้องปฏิบัติการยังพบว่าน้ำโอโซนมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย *Streptococcus. mutans*, methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA), และ *Candida albicans* และกำจัด Biofilms ของเชื้อแบคทีเรีย *Legionella pneumophila*, *Mycobacterium* spp., *Pseudomonas aeruginosa*, และ *Candida* spp. ได้ [7-9] โดยไม่ส่งผลต่อเซลล์ Epithelial ในช่องปากของ มนุษย์ [10] Baysan และคณะ [11] ใช้น้ำโอโซน ในการหัตถกรรมทางทันตกรรมพบว่ายับยั้งการเจริญเพิ่มจานวนของเชื้อแบคทีเรียบริเวณบาดแผล ทำให้เชื่อว่าลดการติดเชื้อแบคทีเรียของเนื้อฟันภายหลังได้ [12]

ทั้งนี้การวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีระบบโอโซนที่สามารถทำปฏิกิริยาออกซิเดชั่นกับสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ได้เกือบทุกชนิดทั้งในน้ำ และอากาศเพื่อนำมาติดตั้งปรับใช้ให้เหมาะสมกับเทคโนโลยีเตาเผาขยะแบบหมุนในระดับต้นแบบใช้งานได้จริง จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาได้มีงานวิจัยเตาเผาขยะแบบฟลูอิดไดซ์เบดโดยนำก๊าซที่เกิดขึ้นในระบบหลังการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์นำไปหมุนวนเผาไหม้อีกรอบ เพื่อการยับยั้งมลพิษในระบบก่อนการเผาไหม้อีกครั้งโดยเพิ่มความสามารถในการบำบัดก๊าซมลพิษ รวมทั้งมีการประเมินด้านสิ่งแวดล้อมมลพิษทางอากาศให้เป็นไปตามมาตรฐาน (US.EPA) กำหนด ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวยังไม่ได้ระบุถึงการนำเทคโนโลยีใหม่เข้ามาช่วยกำจัดมลพิษ อีกทั้งยังไม่ได้ระบุถึงมลพิษทางน้ำ และไม่มีการประเมินต้นทุนของเครื่องจักรและยังมีงานวิจัยระบบโอโซนมาปรับปรุงคุณภาพน้ำชะขยะบนผิวดินที่ไหลลงสู่แม่น้ำ ด้วยวิธีการกำหนดความต้องการของปริมาณโอโซนมาทำปฏิกิริยาออกซิเดชั่นสูง โดยออกแบบพัฒนาเทคโนโลยี

ระบบโอโซนใหม่ให้เกิดประสิทธิ์ภาพในการบำบัดมากยิ่งขึ้นซึ่งเป็นนวัตกรรมใหม่ แต่ทั้งนี้ยังเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวกับมลพิษทางน้ำเพียงอย่างเดียว อีกทั้งยังมีงานวิจัยที่ระบุได้ว่าโอโซนสามารถนำไปเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพต่อสิ่งแวดล้อม เมื่อถูกนำไปใช้กับน้ำในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ แต่ก็ยังเป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ กล่าวโดยสรุปเทคโนโลยีการเกิดออกซิเดชันโอโซนได้นำไปใช้เพื่อการบำบัดมลพิษก๊าซไอเสียกับเตาหลอมเมื่อมีการปรับอุณหภูมิให้ต่ำและยังประยุกต์ใช้งานได้ดีกับอุปกรณ์บำบัดแบบดั้งเดิมที่มีอยู่ของเตาหลอมอีกทั้งยังประหยัดพื้นที่การทำงานและไม่มีมลพิษ และมีเสถียรภาพในการลดการปลดปล่อยมลพิษต่ำมาก

ส่วนการวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรต้นแบบ ที่จะทำให้ได้ข้อมูลในเชิงเทคนิควิศวกรรมการออกแบบเครื่องกล และข้อมูลมลพิษด้านสิ่งแวดล้อม รวมไปถึงด้านการเปรียบเทียบข้อมูลในการสร้างเครื่องจักรตามหลักเศรษฐ์ศาสตร์ ที่สามารถนำไปใช้ได้จริง ดังกล่าว จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการวิจัย คือการสร้างองค์ความรู้ด้านการสร้างนวัตกรรม(innovation) ด้านเทคโนโลยีระบบโอโซน (Ozone technology) นำไปออกแบบและพัฒนาติดตั้งให้เข้ากับเทคโนโลยีเตาเผาขยะแบบหมุน (Rotary kiln incinerator) เพื่อการบำบัดมลพิษได้ทั้ง 2 แบบ ทั้งมลพิษทางอากาศ และ มลพิษทางน้ำ สำหรับการกำจัดขยะมูลฝอยติดเชื้อในระดับต้นแบบ 200 kg/hr. เพื่อประโยชน์ในเชิงวิศวกรรม และไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งเปรียบเทียบต้นทุนการสร้างเครื่องจักร ซึ่งจะนำไปชี้วัดความเหมาะสมในการนำเทคโนโลยีไปใช้กับระบบการจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อสำหรับสถานพยาบาล และปรับประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมระดับประเทศให้เทียบเท่ากับมาตรฐานสากล อีกทั้งสามารถนำผลงานวิจัยนี้ไปขยายผลต่อยอดปฏิบัติใช้ในเชิงวิชาการต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อศึกษาการออกแบบและพัฒนาการติดตั้งเทคโนโลยีโอโซนมาปรับประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีเตาเผาขยะแบบหมุน

2) เพื่อศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการสร้างปริมาณการเกิดความเข้มข้นของเทคโนโลยีระบบโอโซนเมื่อปรับประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีเตาเผาขยะแบบหมุน

3) เพื่อศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากการเปรียบเทียบเทคโนโลยีระบบโอโซนก่อนและหลังการติดตั้งเมื่อปรับประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีเตาเผาขยะแบบหมุน

4) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนทางหลักเศรษฐศาสตร์ของเทคโนโลยีระบบโอโซนเมื่อปรับประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีเตาเผาขยะแบบหมุน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1) เชื้อเพลิงที่ใช้ในงานวิจัย คือ อัตราการใช้ 40-50 Lite /hr. ด้วยเชื้อเพลิงก๊าซ (LPG)

1.3.2) ศึกษาสมบัติทางกายภาพ (Physical properties) ได้แก่ ขนาด ความชื้น และความหนาแน่น

1.3.3) ศึกษาการออกแบบติดตั้งพัฒนาการทำงานของเครื่องทำระบบโอโซนถึงปริมาณโอโซนที่เครื่องผลิตโอโซนผลิตได้ 100 g/hr.และความเข้มข้นที่เครื่องผลิตโอโซนผลิตได้ 100,000 ppm. รวมทั้งการความคุมอุณหภูมิน้ำที่ผสมกับระบบโอโซนไม่ให้เกิน 20 – 25 °C

1.3.4) ศึกษาประเมินต้นทุนต่อหน่วยของวัสดุอุปกรณ์และค่าแรงงานในการสร้างระบบโอโซนเพื่อประยุกต์ติดตั้งเข้ากับเครื่องเผาขยะแบบหมุน รวมทั้งประเมินค่าใช้จ่ายจากการใช้พลังงานสิ้นเปลืองของระบบ.

1.3.5) ศึกษาเปรียบเทียบผลก่อนและหลังใช้ระบบโอโซนถึงผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมโดยศึกษาการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศด้วยการวัดปริมาณฝุ่นละออง (Particulate) วัดปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) วัดปริมาณแก๊สคาร์บอนมอโนไซด์ (CO_2) วัดปริมาณแก๊สไนโตเจนออกไซด์ (NO_x) วัดปริมาณแก๊สไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl) และวัดความหนาแน่นของควัน (Smoke density)และก๊าซพิษอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่มีการทดสอบเหล่านี้จะนำไปเปรียบเทียบและประเมินอัตราการปลดปล่อยมลพิษกับค่ามาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และค่ามาตรฐานตาม United States Environmental Protection Agency (US.EPA)

1.3.6) ศึกษาเปรียบเทียบผลก่อนและหลังใช้ระบบโอโซนถึงผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมโดยศึกษาการปลดปล่อยมลพิษทางน้ำด้วยการวัดค่าที่ได้ เช่น BOD, COD, PH และมลพิษอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่มีการทดสอบเหล่านี้จะนำไปเปรียบเทียบและประเมินอัตราการปลดปล่อยมลพิษกับค่ามาตรฐานของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และค่ามาตรฐานตาม United States Environmental Protection Agency (US. EPA)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1.4.1) สร้างองค์ความรู้ที่เกี่ยวกับการจัดการมลพิษจากขยะมูลฝอยติดเชื้อ มีระบบจัดการมูลฝอยติดเชื้ออย่างถูกวิธีให้เป็นไปตามมาตรฐานสากล

1.4.2) เกิดการสร้างนวัตกรรมใหม่โดยนำเทคโนโลยีโอโซนมาประยุกต์ใช้กับเตาเผาขยะแบบหมุนที่มีประสิทธิในการกำจัดมลพิษทั้งน้ำและอากาศ

1.4.3) สร้างแนวคิดและองค์ความรู้ใหม่กับเทคโนโลยีที่มีอยู่นำมาพัฒนาต่อยอดสร้างสรรค์กับเทคโนโลยีอื่น ๆ ให้เกิดบทบาทที่สำคัญต่อการช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม

1.4.4) มีเทคโนโลยีเครื่องจักรที่มีต้นทุนเหมาะสมในประเทศที่มีผลต่อการช่วยผลักดันและพัฒนาส่งเสริมประเทศได้หลายด้าน

1.5 แผนการดำเนินงาน

ช่วงเวลาในการทำวิจัยตั้งแต่เดือน สิงหาคม 2561 – พฤษภาคม 2563 โดยีแผนการดำเนินงานดังแสดงในตารางที่ 1

ตาราง 1 แผนการดำเนินงานวิจัย

กิจกรรม	พ.ศ. 2561		พ.ศ 2562				พ.ศ. 2563	
	ส.ค.– ต.ค.	พ.ย.– ธ.ค.	ม.ค.– มี.ค	เม.ย.– มิ.ย.	ก.ค.– ก.ย.	ต.ค – ธ.ค.	ม.ค.– มี.ค.	เม.ย.– พ.ค.
1. ศึกษาข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวกับงานวิจัยด้านระบบโอโซนและเตาเผาขยะแบบหมุน	↔	↔						
2. เตรียมขยะติดเชื้อ		↔	↔	↔				
3. ออกแบบการทดลองระบบโอโซน				↔	↔			
4. เตรียมวิเคราะห์องค์ประกอบของขยะติดเชื้อ					↔	↔		
5. ทดลองเผาขยะติดเชื้อจากกลุ่มตัวอย่างโดยเตาเผาขยะแบบหมุน					↔	↔	↔	
6. วิเคราะห์มลพิษของสิ่งแวดล้อม					↔	↔	↔	
7. สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลองระบบโอโซน							↔	↔
8. เผยแพร่ตีพิมพ์และนำเสนองานวิจัย						↔	↔	↔
9. สอบวิทยานิพนธ์						↔	↔	↔

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

ขยะติดเชื้อ หมายถึง สิ่งของที่ไม่ต้องการ หรือถูกทิ้งจากสถานพยาบาล อาทิ เนื้อเยื่อ ชิ้นส่วน อวัยวะต่าง ๆ และสิ่งขับถ่าย หรือของเหลวจากร่างกายผู้ป่วย (เช่น น้ำเหลือง น้ำหนองเสมหะ น้ำลาย เหงื่อ ปัสสาวะ อุจจาระ ไขข้อ น้ำในกระดูก น้ำอสุจิ) เลือดและผลิตภัณฑ์เลือด (เช่น เซรุ่ม น้ำเลือด) รวมทั้งเครื่องใช้ที่สัมผัสกับผู้ป่วย และหรือสิ่งของดังกล่าวข้างต้น (เช่น สำลี ผ้ากอซ กระดาษชำระ เข็มฉีดยา มีดผ่าตัด เสื้อผ้า) ตลอดจนซากสัตว์ หรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับสัตว์ทดลอง ซึ่งทิ้งมาจากห้องตรวจผู้ป่วย เช่น ห้องฉุกเฉิน ห้องปัจจุบันพยาบาล ห้องชันสูตรโรค ห้องผ่าตัด ห้องทันตกรรม ห้องสูติกรรม ห้องจักษุ ห้องโสต ศอ นาสิกกรรม ห้องออร์โธปิดิกส์ หน่วยโลหิตวิทยา หออภิบาลผู้ป่วย (เช่น ศัลยกรรม อายุรกรรม กุมารเวชกรรม สูตินรีเวชกรรม) ห้องปฏิบัติการ (เช่น หน่วยพยาธิวิทยา ห้องเลี้ยงสัตว์ทดลอง) หรืออื่น ๆ ตามที่สถานพยาบาลจะพิจารณาตามความเหมาะสม ตามที่ได้ถามมาขยะเหล่านี้ไม่จำเป็นจะต้องมาจากโรงพยาบาลเสมอไป อาจจะมาจากคลินิก สถานีอนามัย หรือโรงพยาบาลรักษาสัตว์ก็ได้ ขยะมูลฝอยเป็นสิ่งเหลือใช้จากกิจกรรมในการดำเนินชีวิตของมนุษย์และจำเป็นต้องได้รับการกำจัดอย่างถูกสุขวิธีหากปล่อยทิ้งไว้โดยไม่มีการจัดการจะทำให้เกิดปัญหาตามมา คือ เป็นแหล่งเพาะพันธุ์แมลงและพาหะนำโรคต่าง ๆ ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นและเป็นแหล่งแพร่กระจายสิ่งสกปรกสู่บรรยากาศ แหล่งน้ำ สิ่งแวดล้อมรอบด้าน และก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ

แนวทางการแก้ไขปัญหาจึงต้องมีการบริหารจัดการขยะติดเชื้อให้เกิดขึ้นอย่างครบวงจรและเป็นรูปธรรม แล้วยังเป็นการแก้ไขปัญหาในเรื่องของการกำจัดขยะที่ได้ผลอย่างยิ่งและเป็นวิธีที่จะช่วยลดมลภาวะ คือ สามารถลดหรือขจัดการปล่อยแก๊สพิษจากการเผาขยะติดเชื้อได้อีกด้วย ซึ่งจำเป็นต้องมีการใช้เทคโนโลยีในการเผาและกำจัดขยะที่มีประสิทธิภาพสูงในขณะเดียวกันต้องเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม สำหรับประเทศไทยต้องการสร้างความพร้อมในการพัฒนาเทคโนโลยีการเผาและกำจัดขยะที่มีประสิทธิภาพได้เองในประทศ ซึ่งนอกจากจะช่วยสร้างความมั่นคงในด้านพลังงานและต้นทุนทางเศรษฐกิจแล้ว ยังเป็นการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมในประเทศได้อย่างยั่งยืนและเป็นสากลด้วยการสร้างแนวคิดนวัตกรรมและเทคโนโลยีมาประยุกต์ขึ้นใหม่ภายในประเทศ ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนการนำเข้าสินค้า และเป็นการสร้างผลิตภัณฑ์นวัตกรรมเทคโนโลยีที่ไม่ซับซ้อนให้เกิดขึ้นภายในประเทศเพื่อให้เกิดการจ้างแรงงานและสร้างเศรษฐกิจไปสู่การพัฒนาเป็นเครื่องจักรต้นแบบที่สามารถนำไปใช้ในชุมชนได้อย่างยั่งยืน

ดังเช่นปัจจุบันได้มีการใช้องค์ความรู้ในการนำเทคโนโลยีโอโซนมาประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ กันอย่างกว้างขวางเนื่องจากโอโซนเป็นก๊าซที่มีสมบัติเป็นสารออกซิไดซ์ (oxidizing agent) ที่รุนแรงกว่าสารออกซิไดซ์ชนิดอื่น ๆ โอโซนสามารถออกซิไดซ์สารอินทรีย์และโลหะหนักได้เกือบทุกชนิด รวมทั้งสามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้เร็วกว่าคลอรีน จากสมบัติดังกล่าว จึงได้มีการนำโอโซนไปใช้ในด้านต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง เช่น ด้านสุขภาพ ได้แก่ การใช้โอโซนในการทำปฏิกิริยาออกซิไดซ์สลายสารพิษในพืช ผัก ผลไม้ เพื่อขจัดสารเคมี ยาฆ่าแมลง และการใช้โอโซนฆ่าเชื้อโรคในกระบวนการผลิตน้ำดื่ม เป็นต้น ด้านบำบัดน้ำเสียได้แก่การใช้โอโซนทำปฏิกิริยาออกซิไดซ์น้ำเสียในกลุ่มที่เป็นโลหะหนักในน้ำให้ตกตะกอนนอกจากนั้นน้ำเสียที่มีสี โอโซนจะช่วยออกซิไดซ์สลายสีในน้ำเสียได้ดี และการนำโอโซนมาปรับประยุกต์บำบัดก๊าซไอเสียใช้กับเตาหลอม

2.2 ข้อมูลทั่วไปของขยะติดเชื้อ

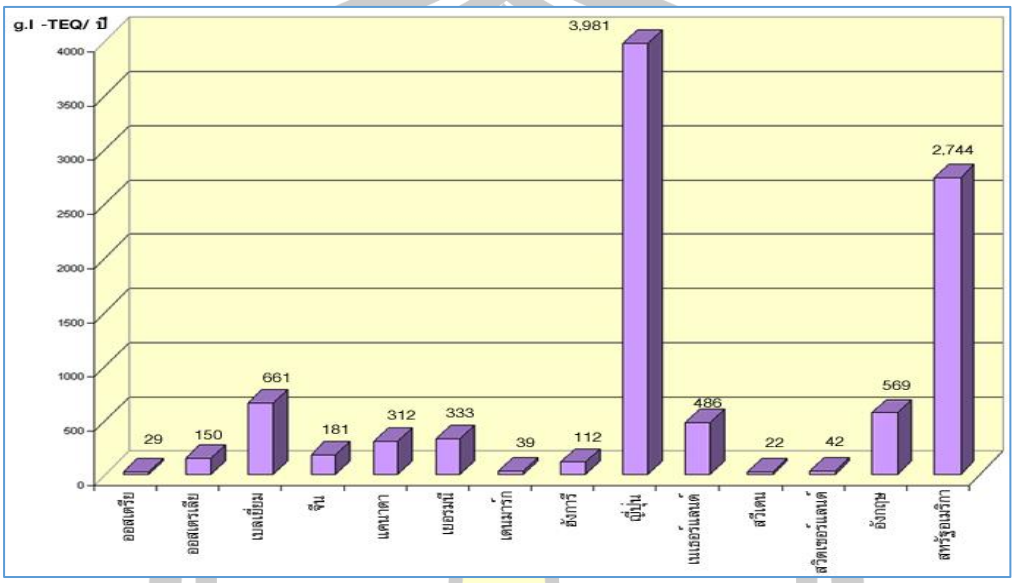
จากการให้คำจำกัดความของคณะอนุกรรมการศูนย์วิชาการการแก้ไขปัญหาปัญหามูลฝอยในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ขยะติดเชื้อ หมายถึง สิ่งของที่ไม่ต้องการ หรือถูกทิ้งจากสภานพยาบาล กฎกระทรวงข้อกำหนดลักษณะของสถานพยาบาลและลักษณะการให้บริการของสถานพยาบาลได้กำหนดสถานพยาบาลไว้ 3 ประเภท คือ โรงพยาบาลขนาดใหญ่ ต้องมีจำนวนเตียงที่จัดให้บริการผู้ป่วยตั้งแต่เก้าสิบเอ็ดเตียงขึ้นไป โรงพยาบาลขนาดกลาง ต้องมีจำนวนเตียงที่จัดให้บริการผู้ป่วยตั้งแต่สามสิบเอ็ดเตียงขึ้นไป โรงพยาบาลขนาดเล็ก ต้องมีจำนวนเตียงที่จัดให้บริการผู้ป่วยไม่เกินสามสิบเตียง

มูลฝอยติดเชื้อ” หมายถึง มูลฝอยที่มีเชื้อโรคปะปนอยู่ในปริมาณหรือมีความเข้มข้นซึ่งถ้ามีการสัมผัสใกล้ชิดกับมูลฝอยนั้นแล้วสามารถทำให้เกิดโรคได้ ซึ่งเกิดขึ้นหรือใช้ในการตรวจวินิจฉัยโรครักษาพยาบาลให้ภูมิคุ้มกันชันสูตรศพ ซากสัตว์ทดลองวิจัยเกี่ยวกับโรค ได้แก่ ซากชิ้นส่วนของมนุษย์ สัตว์ วัสดุของมีคมวัสดุ ซึ่งสัมผัสเลือด สารน้ำจากร่างกาย [13] เช่น เข็ม มีด หลอด ผ้าก๊อซ สำลี ท่อ สไลด์กระจก เป็นต้น และมูลฝอยทุกชนิดที่ออกจากห้องรักษาผู้ป่วยติดเชื้อร้ายแรง

ในส่วนการปลดปล่อย PCDDs/PCDFs จากเตาเผาอุณหภูมิสูงเช่น เตาเผา (incinerator) ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นเตาเผาขยะชุมชน (Municipal waste incinerator) เตาเผาขยะอันตราย (hazardous waste incinerator) เตาเผาขยะติดเชื้อหรือเตาเผาขยะโรงพยาบาล (Medical or hospital waste incinerator) และเตาเผาศพ (crematoria) นับเป็นแหล่งสำคัญที่ปลดปล่อย PCDDs/PCDFs ปริมาณมากน้อยขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำเข้าไปเผาซึ่งจะต้องมีส่วนประกอบในสภาวะใดสภาวะหนึ่งหรือหลาย ๆ สภาวะทั้ง 4 ดังกล่าวแล้วในการเผาที่มีวัสดุใน 3 สภาวะคือ มีสารพวกอินทรีย์คาร์บอน มีสารคลอรีนและมีผลิตภัณฑ์ที่มีสาร PCDDs/PCDFs ปะปนอยู่ จะสามารถผลิตหรือ

ปลดปล่อย PCDDs/PCDFs สู่บรรยากาศได้ ต้องมีตัวแปรหรือสภาวะที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งคืออุณหภูมิในการเผาไหม้ การสร้างหรือผลิต PCDDs/PCDFs จากการเผาไหม้จะอยู่ในช่วงอุณหภูมิประมาณ 200-550 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นสูงสุดของ PCDDs/PCDFs จะมีอยู่ในก๊าซและเถ้า (ash) ที่อยู่ในปล่องที่อุณหภูมิประมาณ 350 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นจะลดลงต่ำสุดเมื่ออุณหภูมิลดลงหรือเพิ่มขึ้นที่ประมาณ 275 และ 420 องศาเซลเซียส ตามลำดับแต่ก็ยังมีสารนี้อยู่ในปริมาณต่ำในช่วง 200-275 องศาเซลเซียสและสูงกว่า 420-550 องศาเซลเซียส โมเลกุลของ PCDDs/PCDFs จะเริ่มถูกทำลาย (break down) เมื่ออุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียสขึ้นไปและจะถูกทำลายเกือบสมบูรณ์เมื่ออุณหภูมิขึ้นไปถึง 1,100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 วินาที อย่างไรก็ตาม PCDDs/PCDFs จะไม่ถูกทำลายอย่างสิ้นเชิงเพราะเมื่ออุณหภูมิลดลงก็จะสร้างขึ้นมาใหม่อีก ในส่วนที่เป็นเตาเผา ซึ่งอาจจะเป็นระบบตะแกรงนอน (strokes type) หรือระบบเตาหมุน (rotary kiln) จะต้องมีอุณหภูมิสูง 900 องศาเซลเซียสขึ้นไป ปกติแล้วเตาเผาขยะพิษหรือขยะอันตรายต้องมีอุณหภูมิสูงกว่า 1,200 องศาเซลเซียส ขึ้นไป จากนั้นก๊าซที่ถูกเผาไหม้จะผ่านไปห้องเผาที่ 2 ต่อไป และการสร้างหรือผลิต PCDDs/PCDFs จะมีปริมาณสูงสุดในช่วงของกระบวนการเริ่มเผาด้วยเชื้อเพลิง ถ้าเชื้อเพลิงมีปริมาณสารคลอรีน (Cl) ต่ำความเข้มข้นก็จะต่ำด้วย ในสภาวะการเผาไหม้ที่คงที่ซึ่งเป็นผลมาจากการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ของก๊าซในปล่อง PCDDs/PCDFs ก็เกือบจะถูกทำลายหมดในห้องเผา แต่ในทางตรงข้ามก๊าซในปล่องที่ไม่ถูกเผาไหม้เนื่องจากสภาวะการเผาไหม้ไม่คงที่จะเป็นผลให้มีความเข้มข้นของ PCDDs/PCDFs สูงในก๊าซที่ออกมา ในอีกส่วนหนึ่งที่ PCDDs/PCDFs ถูกสร้างขึ้นก็คือในส่วนที่เป็นหม้อไอน้ำ (boiler) ซึ่งจะมีการสะสมตัวของกากขี้เถ้าลอย (fly ash) อยู่ในบริเวณนี้ ดังนี้เตาเผาที่มีประสิทธิภาพสูงและกำจัด PCDDs/PCDFs ได้สูงสุดดีกว่ามาตรฐานที่กำหนดก็จะต้องมีอุปกรณ์ที่เผาก๊าซอย่างสมบูรณ์และประกอบด้วยอุปกรณ์กำจัดสารพิษต่าง ๆ ในก๊าซในปล่องและเถ้าลอย (fly ash) อุปกรณ์นี้เรียกว่า “ เครื่องทำความสะอาดก๊าซ (flue gas cleaner) เมื่อมีการทำความสะอาดดังกล่าวแล้ว ส่วนที่เหลือจากกระบวนการเผาซึ่งเป็น “ เถ้าหนัก (bottom ash) “หรือ” เถ้าลอย (fly ash) “ ก็สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในกิจกรรมอื่น ๆ ได้ เช่น นำไปใช้ในการก่อสร้างโดยไม่มีอันตรายจากสารไดอ๊อกซิน/ฟิวแรน ประเทศพัฒนาแล้วหลาย ๆ ประเทศได้จัดทำปริมาณการปลดปล่อยสาร PCDDs/PCDFs ในแต่ละปีและได้มีการทำรายงานรวบรวมไว้ได้จาก 14 ประเทศในปี พ.ศ. 2538 พบว่ามีการปลดปล่อยจาก 14 ประเทศ (ภาพประกอบ 1) ประมาณ 9,700 g. I-TEQ ต่อปี โดยเตาเผาขยะต่าง ๆ เป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญในประเทศสหรัฐอเมริกา แคนาดา เนเธอร์แลนด์ เดนมาร์ก อังกฤษ เบลเยี่ยม และจีน ส่วนประเทศสวีเดน เยอรมนี ออสเตรีย และออสเตรเลีย ส่วนใหญ่มาจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงหลอมโลหะต่าง ๆ สำหรับประเทศญี่ปุ่น ซึ่งปลดปล่อย PCDDs/PCDFs จำนวน g.I-TEQ มากที่สุดต่อปี (ดังภาพประกอบ 1) นั้น อุตสาหกรรมหลอมโลหะ

นับว่าปลดปล่อยมากที่สุดถึง 168 g.I-TEQ/ปี รองลงมาก็คืออุตสาหกรรมหลอมโลหะประเภท non-ferrous (91.6 g.I-TEQ/ปี) และเตาเผาขยะชุมชน (30 g.I-TEQ/ปี)



ภาพประกอบ 1 การปลดปล่อย PCDDs/PCDFs จำนวนต่อปี

2.2.1 ประเภทของขยะมูลฝอยติดเชื้อ

มูลฝอยติดเชื้อจำแนกออกเป็น 4 ชนิดคือ

ชนิดที่ 1 ซากหรือชิ้นส่วนของมนุษย์หรือสัตว์ที่เป็นผลมาจากการผ่าตัด การตรวจชันสูตรศพหรือซากสัตว์ และการใช้สัตว์ทดลอง

ชนิดที่ 2 วัสดุของมีคม เช่น เข็ม ใบมีด กระบอกฉีดยา หลอดแก้ว ภาชนะที่ทำด้วยแก้ว สไลด์ และแผ่นกระจกปิดสไลด์

ชนิดที่ 3 วัสดุซึ่งสัมผัสหรือสงสัยว่าจะสัมผัสกับเลือดส่วนประกอบของเลือด ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเลือดสารน้ำจากร่างกายของมนุษย์หรือสัตว์หรือวัคซีนที่ทำจากเชื้อโรคที่มีชีวิต เช่น สำลี ผ้าก๊อส ผ้าต่าง ๆ และท่อยางดังภาพประกอบ 2 [14]

ชนิดที่ 4 มูลฝอยทุกชนิดที่มาจากห้องรักษาผู้ป่วยติดเชื้อร้ายแรง [15]

ภาพประกอบ 2 รวมขยะมูลฝอยติดเชื้อในโรงพยาบาล

ในการจำแนกประเภทของขยะในต่างประเทศ (The American Public Work Association: APWA) พบว่า ขยะมูลฝอยสามารถแบ่งออกเป็น 7 ชนิดตามชนิดของขยะ ค่าความชื้น องค์ประกอบของวัสดุที่เผาไหม้ไม่ได้ และให้ค่าความร้อนที่ให้ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตาราง 2 ชนิดของขยะที่แบ่งตามองค์กร APWA ในสหรัฐอเมริกา [16]

ชนิด	องค์ประกอบหลัก
Type 0	เป็นส่วนผสมของวัสดุที่สามารถเผาไหม้ได้ดีมาก เช่นกระดาษ กล่องกระดาษ กล่องไม้ จากการค้าและอุตสาหกรรม ซึ่งส่วนผสมนี้ประกอบด้วยถุงพลาสติก 10% กระดาษเคลือบ กระดาษกล่อง เศษผ้า เศษพลาสติกและเศษยาง
Type 1	เป็นส่วนผสมของวัสดุที่สามารถเผาไหม้ได้ดี เช่นกระดาษ กล่องกระดาษ เศษไม้ ไม้กวาดจากบ้านเรือนและการค้า ซึ่งส่วนผสมนี้ประกอบด้วยเศษอาหารจากภัตตาคารถึง 20% หากแต่มีองค์ประกอบของกระดาษขาว เศษพลาสติกและเศษยางเพียงเล็กน้อย
Type 2	เป็นส่วนผสมของขยะแห้งและขยะเปียกโดยประมาณ ส่วนมากเป็นขยะที่มาจากอพาร์ตเม้นต์และที่อยู่อาศัย ขยะประเภทนี้มีความชื้นเป็นองค์ประกอบถึง 50% มีวัสดุที่เผาไหม้ไม่ได้ 7% และให้ค่าความร้อนถึง 43,000 BTU
Type 3	เป็นขยะประเภทขยะเปียก เช่น วัสดุที่มาจากเศษอาหารสัตว์ และผักผลไม้จากโรงแรม โรงพยาบาล และสถานที่อื่น ๆ ขยะประเภทนี้มีความชื้นเป็นองค์ประกอบถึง 70% เป็นวัสดุที่เผาไหม้ไม่ได้ 5% และมีค่าความร้อนประมาณ 25,000 BTU

ชนิด	องค์ประกอบหลัก
Type 4	เป็นขยะที่ได้มาจากของเสียจากมนุษย์และสัตว์ เช่น ซากศพและอวัยวะต่าง ๆ ซึ่งมีความชื้นเป็นองค์ประกอบถึง 85% มีวัสดุที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ 5% และมีค่าความร้อนประมาณ 10,000 BTU
Type 5	เป็นขยะประเภทแก๊ส และของเหลวหรือกึ่งของเหลวเช่น สี น้ำมันดิน สารทำละลาย สลัดจ์ควันจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ซึ่งค่าความร้อนขึ้นอยู่กับชนิดสารประกอบในขยะ
Type 6	เป็นขยะที่เป็นของเหลือใช้ประเภทของแข็ง เช่น เศษยาง พลาสติก เศษไม้จากอุตสาหกรรมต่าง ๆ ซึ่งค่าความร้อนขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่เป็นองค์ประกอบในขยะนั้น ๆ

2.2.2 พิษภัยที่เกิดขึ้นกับมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

พิษภัยที่เกิดขึ้นกับมนุษย์และสิ่งแวดล้อมมี 2 ประเภท คือ

-ขยะทั่วไป (General Waste) หมายถึง ขยะมูลฝอยที่มีอันตรายน้อย ได้แก่ พวกเศษอาหาร เศษกระดาษ เศษผ้า พลาสติก เศษหญ้าและใบไม้ ฯลฯ

-ขยะอันตราย (Hazardous Waste) เป็นขยะที่มีภัยต่อคนและสิ่งแวดล้อม อาจมีสารพิษ ติดไฟหรือระเบิดง่าย ปนเปื้อนเชื้อโรค เช่น ไฟแช็ก แก๊ส กระป๋องสเปรย์ ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่หรืออาจเป็นพวกสำลีและผ้าพันแผลจากสถานพยาบาลที่มีเชื้อโรค

ตาราง 3 การแยกประเภทสีของถังขยะ [2]

ประเภทถัง	ถังขยะย่อยสลายได้	ถังเก็บขยะรีไซเคิล	ถังเก็บขยะมีพิษ	ถังเก็บขยะทั่วไป
สีถังขยะ	สีเขียว	สีเหลือง	สีเทาฝาสีส้ม/แดง	สีฟ้า
รองรับขยะประเภท	ขยะที่เน่าเสียและย่อยสลายได้เร็ว สามารถนำมาหมักทำปุ๋ยได้ เช่น ผัก ผลไม้ เศษอาหาร ใบไม้	ขยะที่สามารถนำมารีไซเคิลหรือขายได้ เช่นแก้ว กระดาษ พลาสติก และโลหะ	ขยะที่มีอันตราย เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ ขวดยา ถ่านไฟฉาย กระป๋องสีสเปรย์ กระป๋องยาฆ่าแมลง ภาชนะบรรจุสารอันตราย	ขยะย่อยสลายไม่ได้ ไม่เป็นพิษและไม่คุ้มค่าการรีไซเคิล เช่น พลาสติกห่อลูกอม ซองบะหมี่สำเร็จรูปถุงพลาสติกโฟมและฟอล์ยที่เปรอะเปื้อนอาหาร [16]

ขยะมูลฝอยติดเชื้อที่มีองค์ประกอบหลักเป็นมูลฝอยที่มีความหนาแน่นต่ำ เช่น พลาสติกต่าง ๆ กับมูลฝอยที่มีความหนาแน่นสูง เช่น ชิ้นส่วนอวัยวะ ของเหลวต่าง ๆ

2.2.3 แหล่งของขยะมูลฝอยและขยะติดเชื้อ

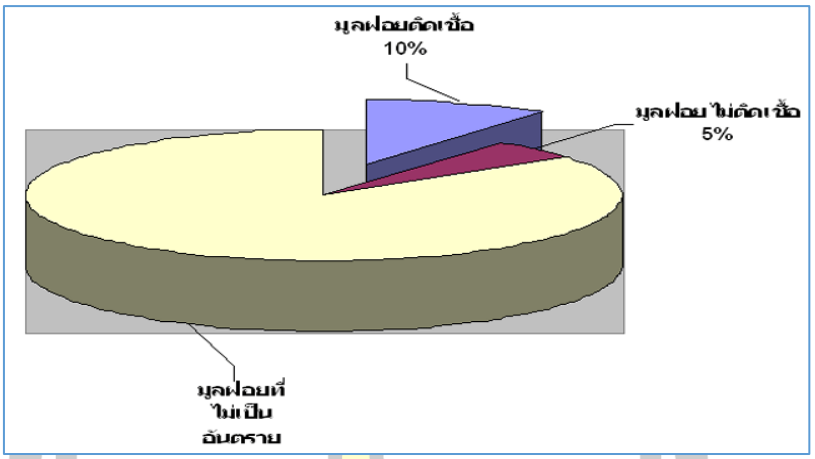
แหล่งกำเนิดของมูลฝอยแบ่งออกเป็น 8 ประเภท ตามลักษณะการใช้ที่ดิน ดังนี้

1. ย่านที่พักอาศัย (Residential Area)
2. ย่านพาณิชยกรรม (Commercial Area)
3. สถานที่ราชการและสถาบันการศึกษา (Institutional Area)
4. แหล่งที่มีการก่อสร้างหรือทุบทำลายอาคารสิ่งก่อสร้าง (Construction and Demolition Area)
5. พื้นที่สาธารณะที่รัฐดูแล (Municipal Service Area)
6. ระบบบำบัดต่าง ๆ (Treatment Plant)
7. ย่านอุตสาหกรรม (Industrial Area)
8. ย่านสถานพยาบาล (Hospital Area)

2.2.4 สถิติของการเกิดขยะติดเชื้อในประเทศไทย

ปัจจุบันทั่วประเทศไทยมีโรงพยาบาลมากกว่า 20,000 แห่ง มีคนไข้จากโรงพยาบาลทั้งของรัฐและเอกชนอยู่ประมาณ 130,000 คน ในแต่ละวันจะมีขยะติดเชื้อ 130 ตัน/วัน เฉพาะในกรุงเทพมหานครเฉลี่ยปริมาณขยะติดเชื้อมีถึง 0.11 กิโลกรัม/จำนวนเตียงคนไข้ 1 เตียง/วัน ตัวเลขเหล่านี้ดูจะเป็นปัญหามากขึ้น ถ้าหากได้ทราบถึงความสามารถในการกำจัดขยะติดเชื้อในประเทศไทย จากข้อมูลการศึกษาของกรมควบคุมมลพิษคาดการณ์ว่าในปี 2549 มีปริมาณมูลฝอยติดเชื้อจากสถานพยาบาลทั้งของรัฐและเอกชน ที่มีเตียงสำหรับผู้ป่วยประมาณ 23,725 ตันหรือวันละ 65 ตัน เป็นมูลฝอยติดเชื้อที่เกิดขึ้นในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ประมาณวันละ 20 ตัน ที่เหลือเกิดขึ้นในสถานพยาบาลในส่วนภูมิภาคอีกประมาณ 45 ตัน อัตราการเกิดมูลฝอยติดเชื้อเฉลี่ย 0.54 กิโลกรัมต่อเตียงต่อวัน ปริมาณมูลฝอยติดเชื้อดังกล่าวคาดว่าจะมีอัตราเพิ่มขึ้นปีละประมาณร้อยละ 5.5 ดังภาพประกอบ 3

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

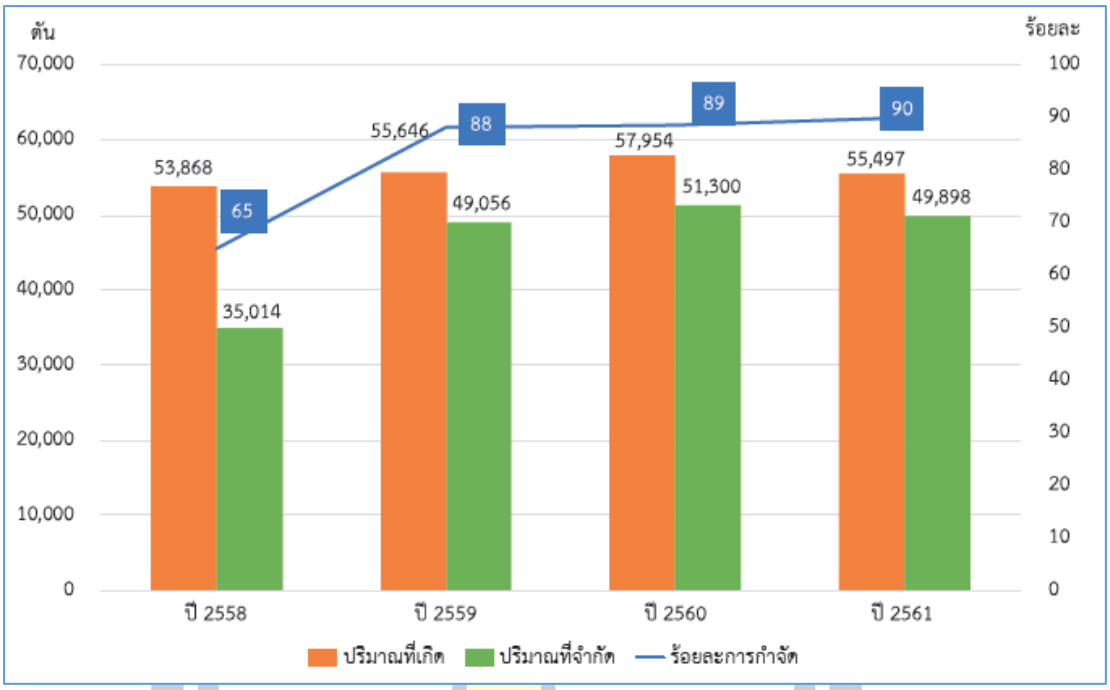


ภาพประกอบ 3 ข้อมูลการศึกษาของกรมควบคุมมลพิษคาดการณ์ว่าในปี 2549

2.2.5 การออกมาตรการเพื่อจัดการมูลฝอยติดเชื้อจากสถานพยาบาลคลินิกเอกชน คลินิกสัตว์และโรงพยาบาลสัตว์

ปริมาณมูลฝอยติดเชื้อในปี 2561 ลดลงจากปี 2560 จาก 57,954 ตัน เป็น 55,497.22 ตัน (ลดลงร้อยละ 4.2) เกิดจากโรงพยาบาลรัฐ โรงพยาบาลเอกชน คลินิกเอกชน สถานพยาบาลสัตว์ ห้องปฏิบัติการเชื้ออันตราย รวมกว่า 38,235 แห่ง ร้อยละ 50 มาจากโรงพยาบาลสังกัดกระทรวงสาธารณสุข ร้อยละ 24มาจากโรงพยาบาลและคลินิกเอกชน มูลฝอยติดเชื้อได้รับการจัดการอย่างถูกต้อง 49,897.86 ตัน (ร้อยละ 89.91) ส่วนใหญ่กำจัดโดยใช้เตาเผาและการนึ่งฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำที่สถานพยาบาล สำหรับสถานพยาบาลขนาดเล็กเป็นการเก็บรวบรวมและขนส่งไปยังโรงพยาบาลแม่ข่ายเป็นศูนย์กลางในการนำไปจัดการต่อไป ปัจจุบันคลินิกเอกชน คลินิกสัตว์ และโรงพยาบาลสัตว์ ยังไม่มีระบบการรายงานสถานการณ์การจัดการมูลฝอยติดเชื้อที่เป็นระบบ ดังแสดงในภาพประกอบ 4

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาพประกอบ 4 ปริมาณมูลฝอยติดเชื้อที่เกิดขึ้นและได้รับการกำจัดในปี 2558-2561

การบริหารจัดการขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย

กำหนดแผนป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษจากขยะและของเสียอันตรายจัดทำแผนแม่บทด้านการป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษจากขยะและของเสียอันตราย ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580) มีกรอบแนวคิดให้ใช้หลัก 3R/แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy)/waste to resources หลักการผู้ก่อมลพิษเป็นผู้จ่าย (PPP : Polluter Pays Principle) ส่งเสริมภาคเอกชนร่วมลงทุนในการจัดการขยะ (Public Private Partnership) ให้ผู้ผลิตมีส่วนร่วมในการจัดการขยะโดยใช้หลักการ Extended Producer Responsibility : EPR ครอบคลุมขยะ 4 ประเภท ได้แก่ขยะชุมชน ของเสียอันตรายชุมชน มูลฝอยติดเชื้อ และกากของเสียอุตสาหกรรม โดยส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการออกแบบผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม (Design for Environment : DfE) ควบคุมจำกัดและยกเลิกการใช้ผลิตภัณฑ์พลาสติกใช้แล้วทิ้ง (Single Use plastic) ปรับปรุงฟื้นฟูสถานที่กำจัดขยะให้ดำเนินการถูกต้องตามหลักวิชาการ สนับสนุนการรวมกลุ่มพื้นที่เพื่อจัดการขยะมูลฝอยขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ออกกฎหมายการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ควบคุมการนำเข้าขยะอิเล็กทรอนิกส์และขยะพลาสติกอย่างเข้มงวด ศึกษาผลกระทบของมลพิษจากขยะและของเสียที่เกิดจากเทคโนโลยีหรือผลิตภัณฑ์ใหม่ (Emerging Waste) และมีกฎหมายการจัดการขยะของประเทศในลักษณะกฎหมายกลาง ครอบคลุมขยะทุกประเภท (รายงานสรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2561)

1.เร่งรัดการออกกฎกระทรวงเรื่องมูลฝอยติดเชื้อ ซึ่งมีการกำหนดคำนิยามประเภทและลักษณะภาชนะรองรับที่เหมาะสม วิธีการเก็บรวบรวมและเก็บขนที่ถูกต้องปลอดภัย มาตรฐานในการควบคุมการบำบัดและการกำจัด เพื่อจะได้ให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องนำไปใช้เป็นแนวทางปฏิบัติต่อไป

2.ให้กรุงเทพมหานครและหน่วยราชการท้องถิ่นปรับปรุงระเบียบออกข้อบัญญัติท้องถิ่นเรื่องการจัดการมูลฝอย ติดเชื้อและการจัดเก็บค่าธรรมเนียมจากสถานพยาบาลให้สอดคล้องกับกฎกระทรวงฉบับใหม่

3. ควบคุมสถานพยาบาลให้นำมูลฝอยติดเชื้อไปกำจัดที่ศูนย์กำจัดมูลฝอยติดเชื้อรวม ซึ่งหน่วยงานท้องถิ่นจัดตั้งขึ้น

4.สนับสนุนให้ท้องถิ่นทั่วประเทศสามารถจัดการปัญหามูลฝอยติดเชื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพตั้งแต่การรวบรวม จนถึงการกำจัด รวมทั้งการจัดตั้งเตาเผามูลฝอยติดเชื้อแบบรวมศูนย์เพื่อให้ท้องถิ่นใช้ร่วมกัน

5.เพิ่มประสิทธิภาพการจัดเก็บค่าธรรมเนียมเก็บขนและกำจัดมูลฝอยติดเชื้อของท้องถิ่นเพื่อให้ท้องถิ่นสามารถพึ่งตนเองได้ในอนาคต

6.การจัดฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานในหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและสถานพยาบาล

7.ส่งเสริมและสนับสนุนให้ภาคเอกชนเข้ามามีส่วนร่วมในการลงทุนหรือดำเนินการเก็บรวบรวมและกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ เช่น การให้สัมปทานหรือให้สิทธิแก่เอกชนผู้ได้รับสัมปทาน ให้การส่งเสริมการลงทุนแก่กิจการเก็บขน และกำจัดมูลฝอยติดเชื้อแก่ภาคเอกชน

8. การรณรงค์สร้างความเข้าใจและจิตสำนึกแก่ประชาชนและสถานพยาบาล

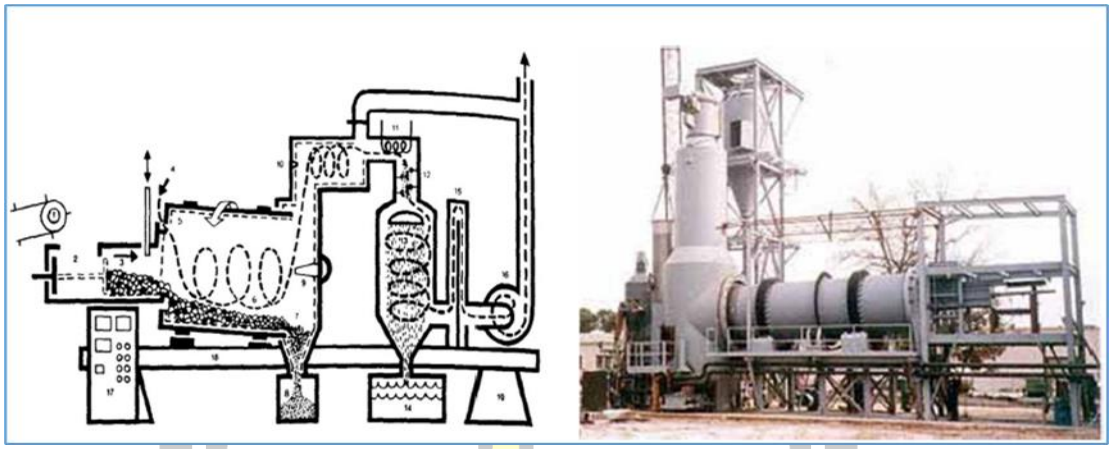
2.3 เทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย (Incineration)

หลักการพื้นฐานของเทคโนโลยีเตาเผาขยะเป็นการเผาไหม้ขยะมูลฝอยกับอากาศในเตาเผาที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อควบคุมปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่ให้ความร้อนและอุณหภูมิสูงเพื่อทำลายมวลและปริมาตรของขยะมูลฝอย การเผาไหม้จะต้องมีการควบคุมที่ดีเพื่อจะป้องกันไม่ให้เกิดมลพิษและการรบกวนต่อสภาพแวดล้อม เช่น ก๊าซพิษ เขม่า กลิ่น เป็นต้น ก๊าซซึ่งเกิดจากการเผาไหม้จะได้รับการกำจัดเขม่าและอนุภาคตามที่กฎหมายควบคุมก่อนที่จะปล่อยออกสู่บรรยากาศ ขี้เถ้าซึ่งเหลือจากการเผาไหม้ซึ่งมีปริมาตรร้อยละ 10 และน้ำหนักประมาณร้อยละ 25 ถึง 30 ของขยะที่ส่งเข้าเตาเผาสามารถนำไปฝังกลบหรือใช้เป็นวัสดุปูพื้นสำหรับการสร้างถนน ส่วนขี้เถ้าที่มีส่วนประกอบของโลหะอาจถูกนำกลับมาใช้ใหม่ได้ นอกจากนั้นยังสามารถที่จะนำพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้มาใช้ในการผลิตไอน้ำ ทำน้ำร้อน หรือผลิตกระแสไฟฟ้าได้ ระบบการเผาไหม้ชนิดเตาเผาขยะชุมชน (Incineration) จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ระบบการเผาทำลายขยะมูลฝอยในสภาพที่รับเข้ามา

โดยไม่ต้องมีกระบวนการจัดการเบื้องต้นก่อน หรือเรียกว่าระบบการเผาไหม้มวล (Mass Burn System) และระบบการเผาทำลายขยะมูลฝอยที่มีการจัดการเบื้องต้น (Burning of Preheated and Homogenized Waste) ระบบการเผาไหม้มวลเป็นการเผาไหม้ขยะมูลฝอยที่มีองค์ประกอบที่หลากหลายโดยไม่ต้องมีการจัดการเบื้องต้นก่อน เทคโนโลยีนี้ปกติจะเป็นการเผาไหม้ในเตาเผาแบบตะกรับที่เคลื่อนที่ได้ (Moving grate) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใช้กันแพร่หลายและได้รับการทดสอบแล้วมีสมรรถนะทางเทคนิคที่ยอมรับได้และสามารถรองรับการเผาทำลายขยะมูลฝอยที่มีองค์ประกอบและค่าความร้อนที่หลากหลาย ส่วนระบบที่ได้รับความนิยมรองลงมา คือเตาเผาแบบหมุน (Rotary Kiln) จะเป็นระบบที่มีการจัดการขยะเบื้องต้นก่อนทำการเผา จะต้องมีระบบเพื่อการลดขนาดการบดตัดและการคัดแยก ซึ่งมีการใช้งานอยู่ในวงจำกัดที่ต้องการจัดการขยะเบื้องต้นก่อนทำการเผา สำหรับเตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized Bed) จัดว่าเป็นเทคโนโลยีที่ใหม่อยู่และมีการใช้งานเพื่อการเผาทำลายขยะมูลฝอยในวงจำกัด โดยทั่วไปใช้ในการกำจัดขยะมูลฝอยอุตสาหกรรมประเภทของเทคโนโลยีและหลักการทำงานของเทคโนโลยีมีดังต่อไปนี้

2.3.1 เตาเผาแบบหมุน (Rotary Kiln)

ระบบเตาเผาแบบหมุน เป็นการเผาไหม้มวลของขยะมูลฝอย โดยใช้ห้องเผาไหม้ทรงกระบอกซึ่งสามารถหมุนได้รอบแกน โดยขยะจะเคลื่อนตัวไปตามผนังของเตาเผาทรงกระบอกตามการหมุนของเตาเผา ซึ่งทำมุมเอียงกับแนวระดับ เตาเผาแบบหมุนส่วนใหญ่จะเป็นแบบผนังอิฐทนไฟ แต่ก็มีบ้างที่เป็นแบบผนังผนังน้ำทรงกระบอกอาจมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 1 ถึง 5 เมตร และยาวตั้งแต่ 8 ถึง 20 เมตร ความสามารถในการเผาทำลายขยะมูลฝอยมีตั้งแต่ 2.4 ตันต่อวัน (0.1 ตันต่อชั่วโมง) จนถึงประมาณ 480 ตันต่อวัน (20 ตันต่อชั่วโมง) อัตราส่วนอากาศส่วนเกินที่ใช้จะมีปริมาณที่มากกว่าแบบที่ใช้กับเตาเผาแบบตะกรับและอาจจะมากกว่าที่ใช้กับเตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด สิ่งที่ตามมาก็คือ เตาเผาแบบหมุนจะมีประสิทธิภาพพลังงานที่ต่ำกว่าเล็กน้อย แต่ก็ยังคงมีค่ามากกว่าร้อยละ 80 เนื่องจากว่าเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ (Retention Time) ของก๊าซไอเสียค่อนข้างสั้นเกินไปสำหรับการทำปฏิกิริยาการเผาไหม้ในเตาเผาแบบหมุน ดังนั้นเตาทรงกระบอกจึงมักมีส่วนต่อที่ทำเป็นห้องเผาไหม้หลัง (After-Burning Chamber) และมักรวมอยู่ในส่วนของหม้อน้ำด้วย ตัวอย่างระบบเตาเผาแบบหมุนที่ติดตั้งใช้งานจริงดังแสดงในภาพประกอบ 5 และตาราง 4 แสดงข้อได้เปรียบและข้อเสียเปรียบของเตาเผาแบบหมุน



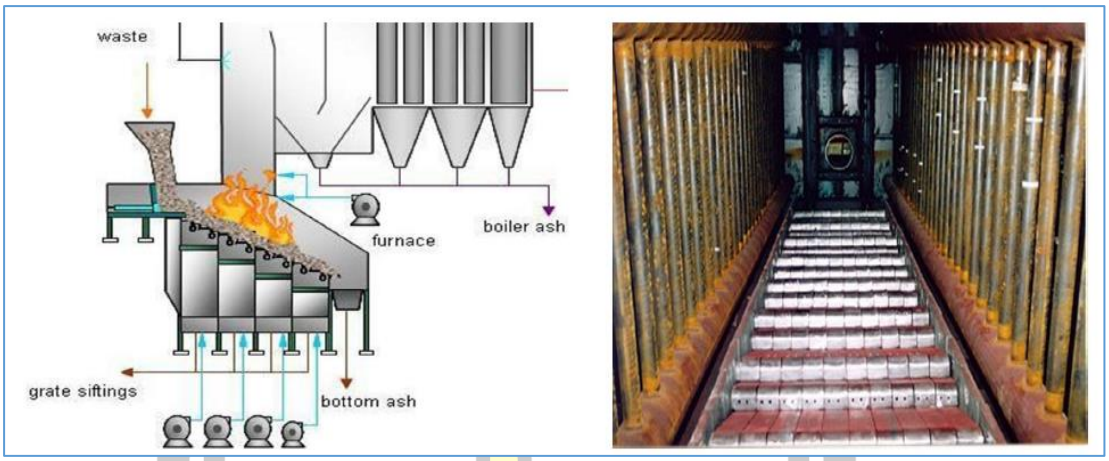
ภาพประกอบ 5 ระบบเตาเผาแบบหมุน (Rotary Kiln) [17]

ตาราง 4 ข้อได้เปรียบและข้อเสียเปรียบของเตาเผาแบบหมุน [17]

ข้อได้เปรียบ	ข้อเสียเปรียบ
1. ไม่ต้องการการคัดแยกหรือบดตัดมูลฝอยก่อน 2. สามารถให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูง ร้อยละ80 3. สามารถจัดการกับมูลฝอยที่มีองค์ประกอบความร้อนที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาได้เป็นอย่างดี	1. เป็นเทคโนโลยีที่มีการใช้ในการเผาทำลายค่อนข้างน้อย 2. เงินลงทุนและบำรุงรักษาค่อนข้างสูง 3. ความสามารถในการเผาทำลายสูงสุดต่อหนึ่งประมาณ 480 ตันต่อวัน (20 ตันต่อชั่วโมง)

2.3.2 เตาเผาแบบตะกรับเคลื่อนที่ (Moving Grate)

เป็นเตาเผาขยะมูลฝอยแบบการเผาไหม้มวล เป็นระบบที่ใช้กันอย่างแพร่หลายซึ่งประกอบด้วยตะกรับที่สามารถเคลื่อนที่ได้และมีการเผาไหม้อยู่บนตะกรับนี้ โดยขณะเผาไหม้ ตะกรับจะเคลื่อนที่และลำเลียงขยะจากจุดเริ่มต้นถึงจุดสุดท้าย เตาเผามูลฝอยแบบการเผาไหม้มวลเป็นระบบที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ดังแสดงในภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 เตาเผาแบบตะกรับเคลื่อนที่ (Moving Grate) [17]

ตะกรับจะทำหน้าที่เป็นเสมือนพื้นผิวด้านล่างของเตา การเคลื่อนที่ของตะกรับหากได้รับการออกแบบอย่างถูกต้องจะทำให้ขยะมีการเคลื่อนย้ายและผสมผสานกันอย่างมีประสิทธิภาพและทำให้อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้สามารถแทรกซึมไปทั่วถึงพื้นผิวของขยะ ตะกรับอาจถูกจัดแบ่งให้เป็นพื้นที่ย่อยเฉพาะ ซึ่งทำให้สามารถปรับปริมาณอากาศเพื่อใช้ในการเผาไหม้ได้อย่างอิสระและทำให้สามารถเผาไหม้ได้ แม้ขยะที่มีค่าความร้อนต่ำ ตะกรับที่ใช้กับระบบเตาเผาขยะมีหลายแบบ เช่น Forward Movement, BackWard Movement, Double Movement, Rocking และ Roller เป็นต้น

ผนังของห้องเผาไหม้ในเตาเผาขยะมักจะเป็นแบบบุด้วยอิฐทนไฟ (Refractory Wall) หรือแบบผนังน้ำ (Water Wall) สำหรับแบบหลังนี้ส่วนมากจะปฏิบัติงานโดยใช้อากาศส่วนเกินในปริมาณต่ำ ซึ่งช่วยให้ลดปริมาตรของห้องเผาไหม้และลดขนาดของอุปกรณ์ควบคุมมลพิษอากาศ ก้ามปูของ Overhead Crane จะทำหน้าที่จับมูลฝอยเพื่อป้อนลงไปในช่องป้อนก่อนที่จะหล่นเข้าในห้องเผาไหม้ของเตาเผาด้วยแรงโน้มถ่วง เมื่อมูลฝอยตกลงไปวางบนตะกรับความร้อนในเตาเผาจะทำให้มูลฝอยแห้งก่อนที่จะเกิดการเผาไหม้ด้วยอุณหภูมิสูงกับอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ (รวมทั้งส่วนประกอบของขี้เถ้า มูลฝอยส่วนที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้) จะหลุดออกจากตะกรับในลักษณะของ Slag/Bottom Ash ลงสู่หลุมถ่ายขี้เถ้า อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ [18] แบ่งออกเป็นอากาศปฐมภูมิ (Primary Air) ซึ่งเป่าด้านล่างของผิวตะกรับ โดยทำหน้าที่ช่วยให้เกิดการเผาไหม้ในภาคของแข็งและระบายความร้อนให้กับตะกรับ อากาศทุติยภูมิ (Secondary Air) จะจ่ายเข้าบริเวณด้านบนของห้องเผาไหม้และทำหน้าที่เผาไหม้ก๊าซที่ระเหยขึ้นมาจากฝอยที่วางบนตะกรับเพื่อให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ตะกรับที่ใช้กับระบบเตาเผามูลฝอยมีหลายแบบเช่นกัน Forward Movement, Backward Movement, Double

Movement Rocking และ Roller เป็นต้น ข้อได้เปรียบและข้อเสียเปรียบของเตาเผาแบบตะกรับเคลื่อนที่สรุปได้ดังตาราง 5

ตาราง 5 ข้อได้เปรียบและข้อเสียเปรียบของเตาเผาแบบตะกรับเคลื่อนที่ [17]

จุดเด่น	ข้อจำกัด
1. ไม่ต้องคัดแยกหรือบดตัดขยะมูลฝอยก่อน 2. เป็นเทคโนโลยีที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายและได้รับการทดสอบแล้วสำหรับการเผาทำลายขยะมูลฝอยและมีสมรรถนะตรงตามวัตถุประสงค์ 3. สามารถจัดการกับขยะมูลฝอยที่มีองค์ประกอบและค่าความร้อนที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาได้เป็นอย่างดี 4. สามารถให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนได้สูงถึงร้อยละ 85 5. เตาเผาแต่ละเต่าสามารถก่อสร้างให้มีความสามารถในการเผาทำลายได้ถึง 1,200 ตันต่อวัน (50 ตันต่อชั่วโมง)	1. เงินลงทุนและบำรุงรักษาค่อนข้างสูง

2.3.3 เตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized Bed)

เตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบดทำงานโดยอาศัยหลักการที่อนุภาคของแข็งที่รวมตัวเป็นเบด (วัสดุที่เติมเข้าไปในเตาเพื่อช่วยให้เกิดการเผาไหม้ต่อเนื่อง) ในเตาเผาผสมเข้ากับมูลฝอยที่ทำหน้าที่เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเผาไหม้ถูกทำให้ลอยตัวขึ้นอันเนื่องมาจากอากาศที่เป่าเข้าด้านข้างทำให้มีพฤติกรรมเหมือนกับของไหล เตาเผาโดยทั่วไปจะมีลักษณะเป็นทรงกระบอกตั้ง วัสดุที่ทำเบดมักทำมาจากทรายซิลิก้า หินปูนหรือวัสดุเซรามิคดังแสดงในภาพประกอบ 7 แสดงระบบเตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด การใช้งานเตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบดอยู่ในขั้นเริ่มต้นเนื่องจากมีการพัฒนาเทคโนโลยีเตาเผาอยู่สม่ำเสมอ โดยเตาเผามีข้อได้เปรียบที่สามารถลดปริมาณสารอันตรายได้ในเบด และมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูง สามารถใช้ได้กับเชื้อเพลิงหลากหลายประเภท ข้อเสียเปรียบหลักของเตาเผาแบบนี้อยู่ที่ต้องการกระบวนการในการจัดการมูลฝอยเบื้องต้นก่อน สามารถป้อนข้อมูลเข้าสู่

เตาเผาได้ เพื่อให้มูลฝอยมีขนาดอนุภาค ค่าความร้อน ปริมาณขี้เถ้าที่อยู่ข้างในและอื่นๆ เพื่อให้ตรงต่อข้อกำหนดในการปฏิบัติงานของเตาเผา และเนื่องจากมูลฝอยมีลักษณะสมบัติที่หลากหลาย ก่อให้เกิดความยากลำบากที่จะได้เชื้อเพลิงตรงตามความต้องการ ซึ่งได้เปรียบเทียบเตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบดสรุปได้ดังตาราง 6

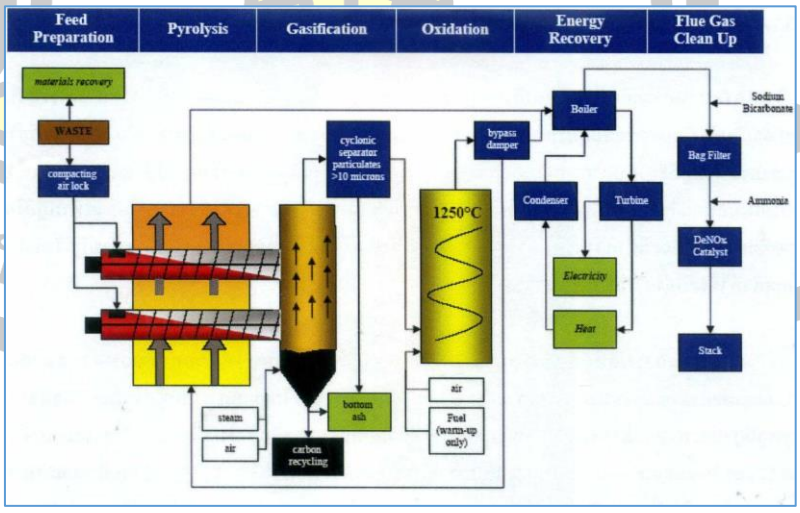
ภาพประกอบ 7 เตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized Bed)

ตาราง 6 ข้อได้เปรียบและข้อเสียเปรียบหลักของเตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด [17]

ข้อได้เปรียบ	**ข้อเสียเปรียบ**
เงินลงทุนและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำเนื่องจากออกแบบที่ค่อนข้างง่าย	1. ณ ปัจจุบันยังจัดว่าเป็นเทคโนโลยีที่ยังต้องการการทดสอบอยู่สำหรับเผาทำลายมูลฝอยชุมชน
สามารถให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนได้สูงถึงร้อยละ 90	2. ค่อนข้างมีข้อจำกัดด้านขนาดและองค์ประกอบของมูลฝอย โดยทั่วไปต้องมีกระบวนการในการจัดการมูลฝอยก่อนส่งเข้าเตาเผา
3.สามารถใช้ในการเผาทำลายเชื้อเพลิงที่หลายประเภทและสามารถรับรองได้ทั้งกากของแข็งและเหลวโดยเผาทำลายร่วมกันหรือแยกจากกัน	

2.3.4 เตาเผาแบบไพโรไลซิส-ก๊าซซิฟิเคชัน (Pyrolysis and Gasification)

กระบวนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากมูลฝอยชุมชน (MSW Gasification) เป็นกระบวนการทำให้มูลฝอยเป็นก๊าซ โดยการทำปฏิกิริยาสันดาปแบบไม่สมบูรณ์ (Partial Combustion) กล่าวคือ สารอินทรีย์ในมูลฝอยจะทำปฏิกิริยากับอากาศหรือออกซิเจนปริมาณจำกัด ทำให้เกิดก๊าซซึ่งมีองค์ประกอบหลัก ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจนและมีเทน เรียกว่า Producer gas ในกรณีที่ใช้อากาศเป็นก๊าซทำปฏิกิริยา ก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จะมีค่าความร้อนต่ำประมาณ 3-5 MJ/Nm แต่ถ้าใช้ออกซิเจนเป็นก๊าซทำปฏิกิริยา ก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จะมีค่าความร้อนสูงกว่าประมาณ 15-20 MJ/Nm^3 กระบวนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากเชื้อเพลิงแข็งประกอบไปด้วยกระบวนการสลายตัว (Decomposition) และกระบวนการกลั่นสลาย (Devolatilization) ของโมเลกุลสารอินทรีย์ในมูลฝอยชุมชน ที่อุณหภูมิสูงประมาณ 1,200-1,400 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศที่ควบคุมปริมาณออกซิเจน เพื่อผลิตสารระเหยและถ่านชาร์ (Char) ในขั้นตอนของกระบวนการกลั่นสลายที่เรียกว่าไพโรไลซิส (Ptrolysis) มูลฝอยจะสลายตัวด้วยความร้อนเกิดเป็นสารระเหย เช่น มีเทน และส่วนที่เหลือยังคงสภาพของแข็งอยู่เรียกว่า ถ่านชาร์ สารระเหย ทำปฏิกิริยาต่อกับอากาศ ออกซิเจนหรือไอน้ำได้เป็นก๊าซเชื้อเพลิงดังแสดงในภาพประกอบ 8 แสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในกระบวนการไพโรไลซิส-ก๊าซซิฟิเคชัน ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นใน Gasification Process จะเป็นตัวกำหนดองค์ประกอบของก๊าซเชื้อเพลิง ซึ่งปัจจัยหลักที่กำหนดการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวคืออุณหภูมิภายใน เช่นเครื่องปฏิกรณ์ถ้า ResidenceTime ในบริเวณ Hot Zone ของปฏิกรณ์อุณหภูมิต่ำเกินไปจะทำให้โมเลกุลขนาดกลางไม่เกิดสันดาปและจะหลุดออกไปเกิดการควบแน่นที่บริเวณ Reduction Zone เป็นน้ำมันทาร์

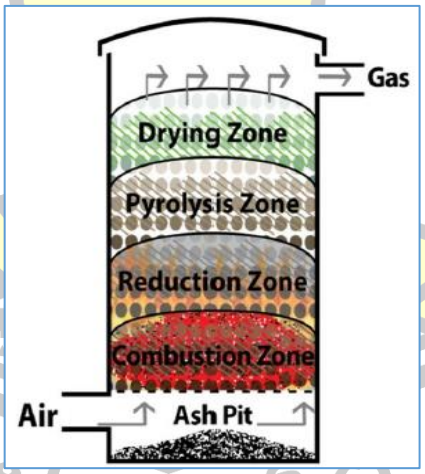


ภาพประกอบ 8 กระบวนการ Pyrolysis & Gasification

เครื่องปฏิกรณ์ Gasifier สามารถแบ่งออกได้คือ Downdraft, Updraft, Cross-Current และ Fluid Bed gasifier โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. เครื่องปฏิกรณ์แบบ Updraft Gasifier

เครื่องปฏิกรณ์แบบนี้เป็นแบบที่ใช้เริ่มแรกและเป็นแบบที่ง่ายที่สุด เชื้อเพลิงจะถูกป้อนเข้าทางส่วนบนของเครื่องและอากาศจะถูกส่งผ่านตะแกรงเข้ามาทางด้านล่าง บริเวณเหนือตะแกรงขึ้นไปมีการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ซึ่งเรียกบริเวณนี้ว่า Combustion Zone เมื่ออากาศผ่านเข้าไปบริเวณ Combustion Zone จะเกิดปฏิกิริยาขึ้น ได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำที่ผ่านก๊าซร้อน Combustion Zone จะมีอุณหภูมิสูงและจะถูกส่งผ่านไปยังReduction Zone ซึ่งเป็นโซนที่มีปริมาณคาร์บอนมากเพียงพอที่จะก่อให้เกิดปฏิกิริยากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำเกิดเป็นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรเจน หลังจากนั้นก๊าซจะไหลเข้าบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าในชั้นของเชื้อเพลิงและกลั่นสลายในช่วงอุณหภูมิ 200-500 องศาเซลเซียส จากนั้นก๊าซก็จะไหลเข้าสู่ชั้นของเชื้อเพลิงที่ชื้น คงมีอุณหภูมิสูงเนื่องจากก๊าซยังอยู่ จึงไประเหยน้ำที่อยู่ในเชื้อเพลิงเหล่านั้น ทำให้ก๊าซที่ออกจากเครื่องปฏิกรณ์มีอุณหภูมิต่ำลง สารระเหยและน้ำมันทาร์ที่เกิดขึ้นในช่วงการกลั่นสลาย จะติดออกไปกับก๊าซเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้น ดังนั้นก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์แบบ Updraft Gasifier [17] จะมีปริมาณของน้ำมันทาร์มาก บางครั้งอาจมีมากถึงร้อยละ 20 ของน้ำมันทาร์ที่ได้จากการไพโรไลซิสดังแสดงในภาพประกอบ 9



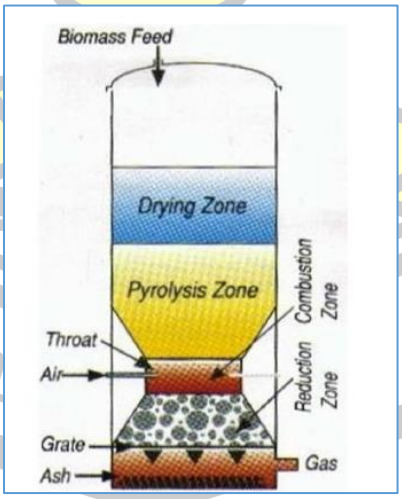
ภาพประกอบ 9 Updraft Gasifier

ก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์แบบ Updraft Gasifier มีอุณหภูมิไม่สูงนักและมีปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนและน้ำมันทาร์มากทำให้มีค่าความร้อนมากจำเป็นต้องมีหน่วยทำความ

สะอาดก๊าซเชื้อเพลิงก่อนนำเชื้อเพลิงไปหมุนกังหันก๊าซ ข้อดีหลักของเครื่องปฏิกรณ์แบบ Updraft Gasifier คือ ติดตั้งง่ายและมีประสิทธิภาพทางความร้อนสูง

2. เครื่องปฏิกรณ์แบบ Downdraft Gasifier

เครื่องปฏิกรณ์แบบ Gasifier [17] แบบนี้ออกแบบมาเพื่อขจัดน้ำมันทาร์ในก๊าซเชื้อเพลิงโดยเฉพาะอากาศจะถูกดูดผ่านจากด้านล่าง ผ่านกลุ่มของหัวฉีดซึ่งเรียกว่า Tuyers บริเวณหัวฉีดจะเป็นบริเวณของโซน Combustion ก๊าซที่ได้จากโซน Combustion จะถูก Reduced ในขณะที่ไหลลงสู่ด้านล่างและผ่านชั้นของคาร์บอนที่ร้อนซึ่งอยู่เหนือตะแกรงเล็กน้อย ขณะเดียวกันในชั้นของเชื้อเพลิงที่อยู่ทางด้านบนของ Combustion จะมีปริมาณออกซิเจนน้อยมากทำให้เกิดการกลั่นสลายและน้ำมันทาร์ที่เกิดจากการกลั่นสลายจะไหลผ่านชั้นของคาร์บอนที่ร้อนทำให้น้ำมันทาร์เกิดการแตกตัวเป็นก๊าซ [19] ซึ่งการแตกตัวนี้จะเกิดคงที่ในช่วงระหว่าง 800 – 1,000 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 1,000 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยาดูดความร้อนจะทำให้ก๊าซที่ได้มีอุณหภูมิต่ำลง แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าช่วงอุณหภูมิปฏิกิริยาคายความร้อนจะทำให้ก๊าซที่ได้มีอุณหภูมิสูงขึ้น ก๊าซที่ผ่านโซน Combustion จะมีส่วนประกอบของน้ำมันทาร์ลดลงเหลือน้อยกว่าร้อยละ10 ของน้ำมันทาร์ที่ได้จาก Updraft Gasifier และก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จะสะอาดกว่า การผลิตก๊าซเชื้อเพลิงโดยเครื่องปฏิกรณ์แบบ Downdraft Gasifier นี้ง่ายและมีความน่าเชื่อถือ เนื่องจากว่าก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้มีปริมาณน้ำมันทาร์ต่ำ ดังนั้น Downdraft เครื่องปฏิกรณ์แบบ Gasifier จึงเหมาะกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กที่มีเครื่องยนต์สันดาปภายในที่มีขนาดกำลังการผลิตไม่เกิน 500 kg/hr หรือ 500 กิโลวัตต์ดังแสดงในภาพประกอบ 10



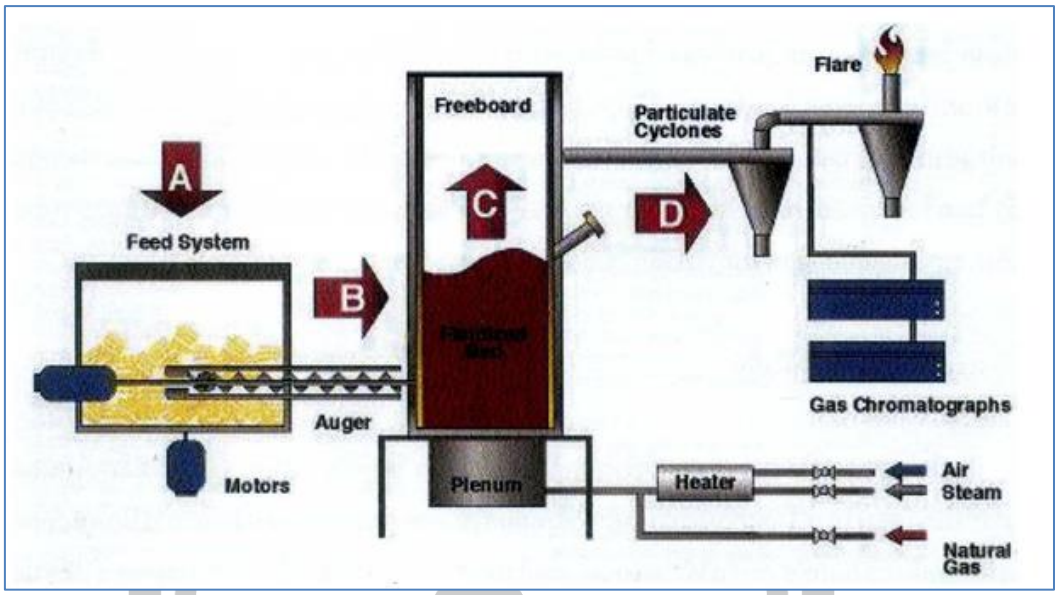
ภาพประกอบ 10 Downdraft Gasifier

3. เครื่องปฏิกรณ์แบบ Fluid bed Gasifier

การทำงานของเครื่องปฏิกรณ์ที่กล่าวมาข้างต้นเป็นการทำงานของกระบวนการในระบบซึ่งจะขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาเคมีและสภาพทางฟิสิกส์ของเชื้อเพลิง โดยจะเกิดปัญหาของ Slag ที่เกิดขึ้นมากเกินไป จึงก่อให้เกิดการอุดตันในเครื่องปฏิกรณ์บ่อยครั้ง เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว จึงได้มีการพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์แบ Fluid Bed Gasifier ขึ้น เครื่องปฏิกรณ์แบบนี้อากาศจะไหลผ่านชั้นของเชื้อเพลิง เมื่อเราเพิ่มความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านสูงจนกระทั่งทำให้เชื้อเพลิงที่วางอยู่เริ่มลอยตัวขึ้นมีลักษณะคล้ายของไหล ภายในเครื่องปฏิกรณ์ วัสดุเฉื่อย (Inert Material) ซึ่งอาจเป็นทรายอลูมิน่าหรือออกไซด์ของโลหะที่ทนความร้อนสูงและไม่เกิดการหลอมรวมตัวโดยมีแผ่นที่เจาะรูมารองรับตัวกลางเหล่านี้ที่ตอนล่างของเครื่องปฏิกรณ์ แผ่นที่เจาะช่วยทำให้เกิดการกระจายตัวแบบฟลูอิดไดเซชันอย่างทั่วถึงของเบด โดยการผ่านอากาศหรือออกซิเจนเข้าตอนล่างของแผ่นรองรับ ซึ่งความเร็วของอากาศหรือออกซิเจนที่ผ่านเข้าไปต้องมีค่าที่เหมาะสมทำให้ตัวกลางมีสภาพแขวนลอย (Suspension) โดยปกติเชื้อเพลิงจะถูกเปลี่ยนให้เป็นก๊าซเชื้อเพลิงภายในเบด ปฏิกิริยา Gasification อาจเกิดขึ้นบริเวณส่วนที่เป็นที่ว่างเหนือเบด หรือที่เรียกว่า Freeboard โดยเป็นบริเวณปฏิกิริยาของอนุภาคเชื้อเพลิงเล็ก ๆ ที่ปลิวหลุดออกมาจากเบดหรือเป็นปฏิกิริยาการสลายตัวด้วยความร้อนของน้ำมันทาร์ ก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์แบบ Fluid Bed Gasifier จะมีปริมาณน้ำมันทาร์อยู่ระหว่างก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์แบบ Updraft Gasifier และ Downdraft Gasifier

เครื่องปฏิกรณ์แบบ Fluid Bed Gasifier มีข้อดีคือมีการผสมที่ดีมากทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลมีค่าสูงมีการผสมที่ดีของ Solid Phase ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงและสามารถควบคุมอุณหภูมิในเครื่องปฏิกรณ์ได้ค่อนข้างง่าย ข้อเสียของเครื่องปฏิกรณ์แบบนี้ คือ ก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จะมีปริมาณเถ้าและฝุ่นถ่านชาร์ออกมาด้วยเนื่องจากความเร็วของอากาศภายในเครื่องปฏิกรณ์มีค่าสูง จึงต้องนำ Cyclone มาใช้กับระบบด้วยแสดงในภาพประกอบ 11

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



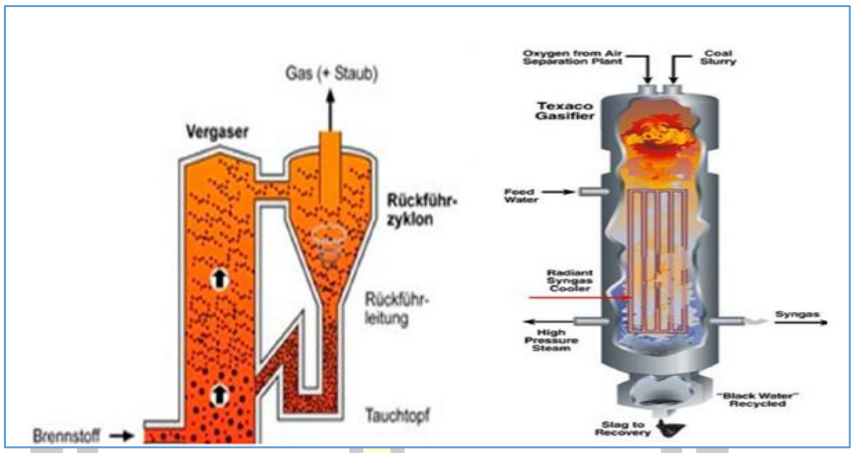
ภาพประกอบ 11 Fluid bed Gasifier

ปัญหาส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นกับเครื่องปฏิกรณ์แบบ Fluid Bed Gasifier คือการสูญเสียสภาพฟลูอิดไดเซชันเนื่องจากโลหะอัลคาไลน์จากเถ้าของเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้น (เช่น โซเดียมคาร์บอเนตหรือโปตัสเซียมคาร์บอเนต) จะรวมตัวกับซิลิกาในทรายซึ่งนิยมใช้เป็นตัวกลางในเบด เกิดเป็นสารประกอบที่มีจุดหลอมเหลวต่ำ ทำให้ตัวกลางหลอมรวมกัน สูญเสียสภาพฟลูอิดไดเซชันไป อย่างไรก็ตามการสูญเสียคาร์บอนที่ติดไปกับเถ้ามีปริมาณมาก ทำให้เครื่องปฏิกรณ์แบบ Fluid Bed Gasifier ไม่คุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับการใช้งานขนาดเล็ก นอกจากนี้ยังทำให้ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานสูงไปด้วย

4. เครื่องปฏิกรณ์แบบ Circulating Fluid Bed Gasifier

เครื่องปฏิกรณ์แบบ Circulating Fluid Bed Gasifier [17] พัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของ Carbon Conversion โดยอนุภาคเชื้อเพลิงจะถูกรีไซเคิลกลับมายังเบด โดยความเร็วในการฟลูอิดไดซ์ (Fluidizing Velocity) จะต้องสูงพอที่จะทำให้อนุภาคลอยในปริมาณมาก ดังแสดงในภาพประกอบ 12

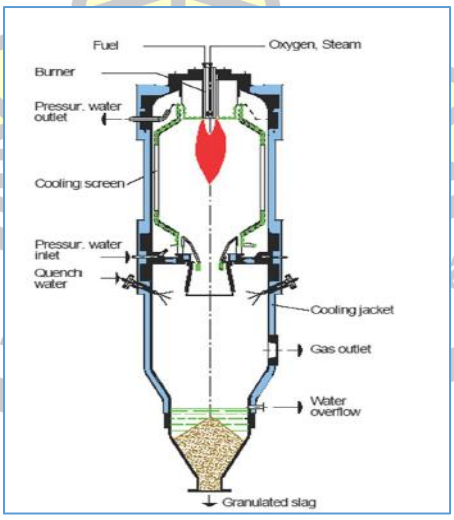
พหุน ปณฺฑิโต ชีเว



ภาพประกอบ 12 Circulating Fluid Bed Gasifier

5. เครื่องปฏิกรณ์แบบ Entrained Bed Gasifier

ในเครื่องปฏิกรณ์แบบ Entrained Bed Gasifier [17] จะไม่มีวัสดุ Inert แต่เชื้อเพลิงที่ใช้จะต้องลดขนาดให้เล็กมาก โดยปกติเครื่องปฏิกรณ์แบบนี้จะเดินเครื่องที่อุณหภูมิสูงประมาณ 1,200–1,500 องศาเซลเซียส ซึ่งขึ้นกับว่าจะใช้อากาศหรือออกซิเจน ก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้นั้นจะมีปริมาณน้ำมันทาร์และสารไฮโดรคาร์บอนต่ำกว่า อย่างไรก็ตามเนื่องจากต้องเดินเครื่องที่อุณหภูมิสูง จึงมีปัญหาเรื่องการเลือกใช้วัสดุและปัญหาเรื่องกากในเครื่องปฏิกรณ์แบบ Entrained Bed Gasifier จะให้ค่า Carbon Conversion สูงถึงร้อยละ100 ดังแสดงในภาพประกอบ 13 อีกทั้งยังมีการใช้งานสำหรับการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะมูลฝอยชุมชนน้อย



ภาพประกอบ 13 Entrained Bed Gasifier

2.4 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการเผาไหม้

การเผาในเตาเผาเป็นกระบวนการที่เปลี่ยนสารที่เผาไหม้ได้ ให้เป็นสารที่เผาไหม้ไม่ได้ หรือถ้า ผลพลอยได้จากการเผาไหม้ได้ก๊าซซึ่งจะระบายออกจากปล่องสู่บรรยากาศทั่วไป ส่วนกากเถ้าที่เหลือกำจัดโดยการฝังกลบแบบถูกหลักสุขาภิบาล การใช้เตาเผามีข้อดีซึ่งสามารถลดปริมาณมูลฝอยได้มากไม่ต่ำกว่าร้อยละ 90 - 95 ของปริมาณมูลฝอยก่อนเผา กากเถ้าที่เหลือน้อยนี้ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่งและกำจัดปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการเผาไหม้ ได้แก่ องค์ประกอบของมูลฝอย อัตราการป้อนมูลฝอยเข้าเตาเผา อุณหภูมิในการเผาไหม้

องค์ประกอบของมูลฝอย มีผลต่อการเผาไหม้โดยเฉพาะความชื้น และค่าความร้อนของมูลฝอย (Heat value) นอกจากนี้อัตราและความถี่ของการป้อนมูลฝอยมีความสำคัญต่อการเผาไหม้ด้วยเมื่อคำนึงถึงการเผาไหม้ให้เป็นไปอย่างสมบูรณ์

อัตราการป้อนมูลฝอย มีผลต่อประสิทธิภาพของเตาเผาต้องไม่ป้อนมูลฝอยเข้าเตาเผามากจนเกินไป เนื่องจากจะทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ และเกิดการคงสภาพของมูลฝอยติดเชื้อได้

อุณหภูมิการเผาไหม้ ในเตาเผาทำได้โดยการปรับปริมาณอากาศและเชื้อเพลิง การอุ่นเตาเพื่อให้อุณหภูมิในเตาเผาสูงขึ้นและพร้อมที่จะเผามีความสำคัญก่อนการป้อนมูลฝอย รวมทั้งการปรับอุณหภูมิในเตาเผาระหว่างการเผาไหม้มีความจำเป็นเช่นกันมูลฝอยติดเชื้อจะต้องเผาที่อุณหภูมิสูงและมีระยะเวลาในการเผาเหมาะสมเพียงพอในการทำลายชิ้นเนื้ออวัยวะและมูลฝอยติดเชื้อ โดยมีความร้อนหรืออุณหภูมิในการเผาไหม้อยู่ระหว่าง 600-1,000 องศาเซลเซียส จึงจะทำให้การเผาไหม้เป็นไปอย่างสมบูรณ์

นอกจากนี้การใช้งานและบำรุงรักษาที่ถูกวิธีก็มีความสำคัญด้วย การมีอุปกรณ์ควบคุมและมีส่วนประกอบเฉพาะของเตาเผาที่ช่วยให้การใช้งานสะดวกและมีระบบควบคุมการทำงานเพื่อให้การเผาไหม้เป็นไปอย่างสมบูรณ์ เช่น การมีอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิในการเผาไหม้ อุปกรณ์ป้องกันการทำงานของระบบจุดไฟในห้องเผาไหม้มูลฝอยซึ่งจะไม่ทำงานจนกว่าห้องเผาควันจะเดินเครื่องในการอุ่นเตาก่อน เป็นต้น รวมถึงระบบบันทึกข้อมูลที่ต่อเนื่องกับอุณหภูมิการเผาไหม้ อัตราการป้อนมูลฝอย การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และปริมาณอากาศที่ป้อนเข้าเตาเผาสืบเนื่องจากเตาเผามีข้อเสีย ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง และค่าดำเนินการสูงประกอบกับต้องการบุคลากรที่มีความรู้ และทักษะเฉพาะด้านในการควบคุม ใช้งานและบำรุงรักษาที่ถูกวิธี ทั้งต้องหาพื้นที่สำหรับฝังกลบเถ้าในขั้นตอนสุดท้ายด้วย นอกจากนี้ในกรณีที่การเผาไหม้ในเตาเผาไม่สมบูรณ์ ทำให้เกิดปัญหามลภาวะอากาศรวมถึงก่อความรำคาญต่อประชาชนที่อยู่ใกล้เคียง จึงมีความพยายาม ในการหาเทคโนโลยีอื่นในการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อเพื่อทดแทนการใช้เตาเผา ซึ่งในปัจจุบัน นอกจากเตาเผาแล้ว มีการกล่าวถึงเทคโนโลยีอื่นที่จะกำจัดมูลฝอยติดเชื้อบ้าง เช่น การทำลายเชื้อด้วยไอน้ำ (Autoclave) การทำลาย

เชื้อด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Microwave) แต่การใช้งานในประเทศไทยยังไม่แพร่หลายและเป็นไปในทางปฏิบัติ

2.5 การควบคุมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

มลพิษที่เกิดขึ้นจากเตาเผาขยะมูลฝอยโดยหลักแล้วเกิดขึ้นจากกระบวนการเผาไหม้ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเผาไหม้จะปลดปล่อยออกออกมาในรูปมลพิษทางอากาศ มลพิษทางกากของแข็งและมลพิษทางน้ำ การควบคุมต้องให้มีปริมาณไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดหรือต่ำกว่าดังจะแสดงในงานวิจัยนี้

2.5.1 มลพิษอากาศ

มลพิษที่ปลดปล่อยออกมาจากเตาเผาขยะมูลฝอยมีทั้งที่เป็นอนุภาคมลสาร (ฝุ่น) และแก๊ส เช่น HCl, HF และ SO_2 มลพิษที่มีความเป็นพิษเช่นปรอท ไดออกซิน และ NO_x เหล่านี้สามารถนำออกมาจากแก๊สไอเสียได้ทั้งหมดด้วยเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางเคมีที่มีความก้าวหน้าและมีต้นทุนสูงการเลือกใช้ระบบควบคุมมลพิษอากาศโดยหลักแล้วขึ้นอยู่กับมาตรฐานการปลดปล่อยมลพิษของแต่ละประเทศและขึ้นอยู่กับระดับการควบคุมที่ต้องการ [16] ส่วนในประเทศไทยได้กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยใหม่ ดังแสดงในตารางประกอบ 7

ตาราง 7 กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยใหม่

สารมลพิษ	**หน่วย**	**เตาเผามูลฝอยที่มีกำลังการเผาไหม้ในการกำจัดมูลฝอยตั้งแต่ 1 ตัน แต่ไม่เกิน 50 ตัน ต่อวัน**	**เตาเผามูลฝอยที่มีกำลังการเผาไหม้ในการกำจัดมูลฝอยเกินกว่า 50 ตัน ต่อวัน**
ปริมาณฝุ่นละออง (TSP)	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร	ไม่เกิน 320	ไม่เกิน 70
กาซซัลเฟอรไดออกไซด (SO_2)	สวนในลานสวน	ไม่เกิน 30	ไม่เกิน 30
กาซออกไซดของไนโตรเจน	สวนในลานสวน	ไม่เกิน 250	ไม่เกิน 180

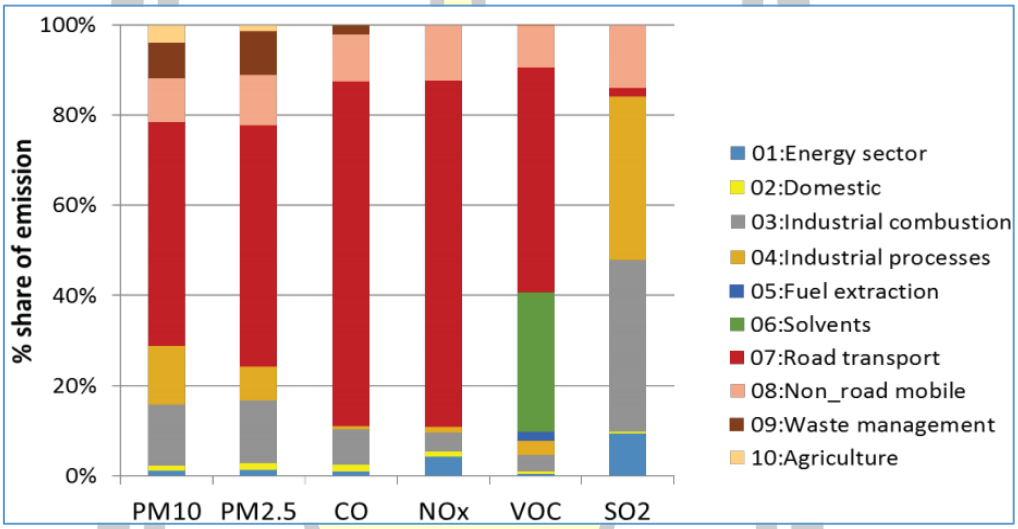
สารมลพิษ	หน่วย	เตาเผามูลฝอยที่มีกำลังการเผาไหม้ในการกำจัดมูลฝอยตั้งแต่ 1 ตัน แต่ไม่เกิน 50 ตัน ต่อวัน	เตาเผามูลฝอยที่มีกำลังการเผาไหม้ในการกำจัดมูลฝอยเกินกว่า 50 ตัน ต่อวัน
(NO_x as NO_2)			
กาซไฮโดรเจนคลอไรด (HCl)	สวนในลานสวน	ไมเกิน 80	ไมเกิน 25
สารปรอท (Hg)	มิลลิกรัมตอลูกบาศกเมตร	ไมเกิน 0.05	ไมเกิน 0.05
สารแคดเมี่ยม (Cd)	มิลลิกรัมตอลูกบาศกเมตร	ไมเกิน 0.5	ไมเกิน 0.05
สารตะกั่ว (Pb)	มิลลิกรัมตอลูกบาศกเมตร	ไมเกิน 1.5	ไมเกิน 0.5
สารประกอบไดออกซิน (PCDD/PCDFs)	นาโนกรัมตอลูกบาศกเมตร คำนวณผลในรูปของหนวย ความเขมข้นเทียบเคียง ความเปนพิษตอมนุษย (PCDD/Fs as Toxic Equivalent ; I-TEQ)	ไมเกิน 0.5	ไมเกิน 0.1
คาความทึบแสง (Opacity)	รอยละ	ไมเกิน 10	ไมเกิน 10

แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ

ปัจจัยทางด้านอุตุนิยมวิทยา ในช่วงฤดูแล้ง เกิดปรากฏการณ์สภาพอากาศนิ่ง แนวความกดอากาศสูงปกคลุมประเทศไทยส่งผลให้มลพิษสะสมตัวอยู่ในพื้นที่เป็นจำนวนมาก เดือนกุมภาพันธ์ มลพิษทางอากาศจะพบมีปริมาณสูงติดต่อกันหลายวันในพื้นที่ภาคกลาง กรุงเทพมหานคร และ

ปริมณฑล พื้นที่ภาคเหนือสถานการณ์จะพบต่อเนื่องไปจนถึงเดือนมีนาคม และเมื่อเข้าฤดูมรสุมคุณภาพอากาศจึงดีขึ้นเป็นลำดับ

ปัจจัยด้านแหล่งกำเนิดฝุ่นละออง PM 2.5 พบปริมาณสูงในเมืองใหญ่ที่มีการจราจรหนาแน่นมีการเผาวัสดุทางการเกษตรในที่โล่งเป็นบริเวณว้าง พื้นที่เขตอุตสาหกรรม ฝุ่นละออง PM10 จะเกิดจากการก่อสร้างอาคารและถนนสำหรับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มาจากกิจการอุตสาหกรรมเป็นหลัก และสารอินทรีย์ระเหยง่ายมาจากปั๊มน้ำมันการใช้สารเคมี สารทำละลาย เป็นต้น ดังแสดงในภาพประกอบ 14



ภาพประกอบ 14 ผลการศึกษาสัดส่วนแหล่งกาเนิดมลพิษทางอากาศในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล

2.5.2 มลพิษกากของแข็ง

กากของแข็งที่เหลือจากการเผาไหม้ในเตาเผาขยะมูลฝอยจะแยกเป็นสองส่วน คือ เถ้าหนัก (Bottom ash) ซึ่งพบที่บริเวณก้นเตาเผา เกิดจากจากองค์ประกอบของขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้ และเถ้าเบา (Fly ash) ซึ่งเกิดจากองค์ประกอบของขยะมูลฝอยส่วนที่ระเหยขึ้นไปจากขยะมูลฝอยอย่างรวดเร็วและลอยออกไปจากห้องเผาไหมกับแก๊สไอเสียและถูกจับด้วยอุปกรณ์ควบคุมมลพิษอากาศ เช่นไซโคลน เครื่องกรองด้วยเส้นใยถัก เครื่องดักด้วยไฟฟ้าสถิต เป็นต้น

การจัดการกากของเสียอุตสาหกรรม

1. ให้คำปรึกษาแก่ผู้ประกอบการในการจัดการกากอุตสาหกรรมอย่างเป็นระบบและถูกต้องตามกฎหมาย และสนับสนุนการปฏิบัติงานของพนักงานเจ้าหน้าที่ในการบังคับใช้กฎหมายกำกับโรงงานอุตสาหกรรมที่ยังไม่เข้าระบบการจัดการกากอุตสาหกรรมอย่างถูกต้องตามกฎหมาย

2. พัฒนาศักยภาพการใช้ประโยชน์กากของเสีย เพื่อส่งเสริมการหมุนเวียนใช้ประโยชน์ของเสียและลดปริมาณของเสียที่ต้องกำจัด

3. ปรับปรุงและพัฒนาระบบสารสนเทศการจัดการกากของเสียอุตสาหกรรม เพื่ออำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้บริการที่เกี่ยวกับกากอุตสาหกรรม และรองรับการกำกับดูแลของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

4. ให้ความช่วยเหลือและติดตามการต่ออายุโรงงานที่ขาดการจัดการกากอุตสาหกรรมทั่วประเทศ [20]

2.5.3 มลพิษทางน้ำ

น้ำเสียมาจากระบบควบคุมมลพิษอากาศจากการหล่อเย็น น้ำเสียนี้ส่วนนี้จะนำไปบำบัดโดยระบบโอโซนอีกครั้งก่อนจะไหลวนเพื่อกลับไปใช้ในกระบวนการบำบัด (Wet scrubber) ในระบบของเตาเผาขยะต่อไปโดยไม่มีการปล่อยทิ้งและน้ำที่บำบัดยังสามารถนำไปเข้าสู่กระบวนการทางธรรมชาติได้ เช่น นำไป รดน้ำต้นไม้ และยังสามารถใช้ร่วมกับปลาบางชนิดได้ การจัดการน้ำเสียจากภาคอุตสาหกรรม

-ออกมาตรฐานทั่วไปเพื่อควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมนิคมอุตสาหกรรมและเขตประกอบการอุตสาหกรรม และมาตรฐานเฉพาะประเภทอุตสาหกรรม ได้แก่ สถานประกอบการเกี่ยวกับการทำน้ำจืดจากน้ำทะเล กิจการเกี่ยวกับการฟอก ขัด หรือเคลือบสีหนังสัตว์โรงงานผลิตเยื่อและโรงงานผลิตกระดาษ

-ส่งเสริมให้โรงงานอุตสาหกรรมมีการจัดการน้ำเสียในกระบวนการผลิตและการระบายน้ำทิ้งให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนด โดยถ่ายทอดการใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดเพื่อลดปริมาณของเสีย ลดการใช้น้ำประปาและวัตถุดิบ ลดการใช้พลังงาน และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก [20]

2.5.4 มลพิษและของเสียที่เกิดจากกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน

การนำแก๊สเชื้อเพลิงมาใช้งานมีความจำเป็นที่จะต้องทำความสะอาดแก๊สก่อน (Pretreatment gas) เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นต่อระบบ และเครื่องยนต์สันดาปภายในเนื่องจากส่วนประกอบที่อันตราย เช่น ทาร์ (Tars) และฝุ่นขนาดเล็ก (Dust) [16] การกำจัดองค์ประกอบปนเปื้อนช่วยเพิ่มค่าความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิงได้ และสามารถหลีกเลี่ยงมลพิษที่จะเกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งระบบทำความสะอาดแก๊สที่นามาใช้จะขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีที่เลือก และ

วัตถุประสงค์ของการใช้ประโยชน์แก๊สเชื้อเพลิง โดยแสดงชนิดของมลสารที่ทำให้เกิดปัญหาในตาราง 2.2 และแสดงวิธีการทำความสะอาดต่อชนิดของมลสารดังแสดงในตารางที่ 8 และตารางที่ 9

ตาราง 8 แสดงชนิดของมลพิษและปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ [16]

ชนิดมลสาร	ลักษณะที่ปรากฏ	ปัญหา
มลสารหรืออนุภาคขนาดเล็ก	ฝุ่น (Dust) เถ้า (Ash) เถ้าลอย (Fly ash) ผงถ่าน (Char) องค์ประกอบที่ควบแน่น(Condensed compound)	ทำให้เกิดการกัดกร่อนของชิ้นส่วนที่เป็นโลหะในระบบและมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม
องค์ประกอบอัลคาไลน์โลหะ (Alkali metal)	องค์ประกอบของโซเดียม (Na) และโพแทสเซียม (K) ที่เกิดในสภาวะการกลายเป็นเถ้าหลอมกลายเป็นแสลก (slag) หรือมีสภาวะกลายเป็นไอ	ทำให้เกิดการกัดกร่อนชิ้นส่วนของโลหะที่อุณหภูมิสูง เกิดการหลุดลอกของชั้นผิวเคลือบโลหะ
ออกไซด์ของไนโตรเจน	เกิดปัญหามลภาวะอากาศ โดยเกิด NO_x ระหว่างกระบวนการเผาไหม้	เกิดมลภาวะของ NO_x
ซัลเฟอร์และคลอรีน	บางส่วนคงเหลือในเถ้าหนัก (Bottom ash) บางส่วนเกิดสภาวะการกลายเป็นไอ หรือ แก๊ส	ทำ ให้เกิดมลภาวะที่เป็นอันตรายและเกิดการกัดกร่อนโลหะ เช่น H_2S HCl SO_x
ทาร์ (Tars)	ของเหลวที่มีความหนืดสูง ส่วนใหญ่เป็นสารไฮโดรคาร์บอน	ทำให้วาล์วและระบบกรองอุดตันและกัดกร่อนชิ้นส่วนโลหะ

ตาราง 9 แสดงวิธีการบำบัดมลพิษ [21]

ชนิดมลสาร	ระดับมลพิษ (g/Nm^3)	ระบบทำความสะอาด
มลสารหรืออนุภาคขนาดเล็ก	3-70	ไซโคลน ระบบกรอง (Filtration) ระบบสครับเบอร์(Scrubber)
องค์ประกอบอัลคาไลน์โลหะ (Alkali Metal)	--	ระบบการควบแน่น(Condensation) ระบบกรอง (Filtration)
ออกไซด์ของ	1.5-3.0	ระบบสครับเบอร์(Scrubber) Selective Catalytic

ชนิดมลสาร	ระดับมลพิษ (g/Nm^3)	ระบบทำความสะอาด
ไนโตรเจน		Reduction (SCR)
ทาร์ (Tars)	10-100	การแตกตัวโดยใช้ความร้อน (Thermal cracking) การแตกตัวโดยใช้สารเร่ง (Catalytic cracking) ระบบการควบแน่น (Condensation) ระบบสครับเบอร์ (Scrubber)
ซัลเฟอร์และคลอรีน	2.5-3.5	ระบบสครับเบอร์ โดยใช้โซเดียมคาร์บอเนต หรือปูนขาว

โดยสรุปมลพิษและของเสีย ที่เกิดจากกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน ประกอบด้วย

1. มลพิษอากาศ (Air pollution) การปลดปล่อยมลพิษทางอากาศของระบบเตาเผาขยะแบบหมุนขึ้นอยู่กับการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมมลพิษ และเครื่องยนต์สันดาปภายในที่นำมาใช้ Belgiorno et al. [21] กล่าวว่า ในกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยตรง จะเกิดออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ออกไซด์ของซัลเฟอร์ (SO_x) และองค์ประกอบของไดออกซิน (PCDD/F) สูงกว่ากระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน แต่อย่างไรก็ตามในกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันก็จำเป็นที่ต้องมีระบบ Pre-treatment Gas เพื่อกำจัดองค์ประกอบต่าง ๆ ที่อาจก่อให้เกิดมลภาวะได้

2. ของเสียในรูปของแข็ง (Solid waste) ของเสียในรูปของแข็งที่เกิดจากเตาเผาขยะแบบหมุนได้แก่ ถ่าน เถ้า ซึ่งจะเกิดขึ้นประมาณ 3-20% ของเชื้อเพลิงที่ป้อนสู่เตาขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด [22] ในกรณีที่เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล เช่น แกลบ ไม้กระถินยักษ์ ไม้ยูคาลิปตัส เป็นต้น ของเสียเหล่านี้จะถูกนำไปใช้เป็นถ่านหุงต้มหรือถ่านกัมมันต์ได้ เนื่องจากถ่านที่ได้มีค่าความร้อน และค่าการดูดซับไอโอดีนสูง ตลอดจนมีปริมาณสารระเหยต่ำซึ่งเป็นผลให้เป็นถ่านที่เกิดขึ้นมีสภาพไร้ควัน [23] กรณีที่ใช้เชื้อเพลิงตัวอย่างจำเป็นต้องนำไปกำจัดต่อโดยการฝังกลบเนื่องจากมีโลหะหนักคงเหลืออยู่ หรืออาจนำไปใช้ในกระบวนการอุตสาหกรรม เช่น ผงซีเมนต์ [21, 23]

3. น้ำเสียที่เกิดจากระบบทำความสะอาดแก๊ส (Wastewater) เช่น น้ำที่เกิดจากระบบสครับเบอร์ (Scrubber และ Condense scrubber) ซึ่งน้ำเสียที่เกิดขึ้น มีทั้งมลสารที่อยู่ในรูปที่ละลายน้ำ และไม่ละลายน้ำ มลสารในรูปที่ละลายน้ำ เช่น Acetic acid sulphur phenol oxygenated organic compounds เป็นต้น สาหรับส่วนที่ไม่ละลายน้ำส่วนใหญ่คือองค์ประกอบของทาร์ (Tars) และของแข็งแขวนลอย (Suspended solid) ดังนั้นน้ำเสียที่เกิดขึ้นจะต้องถูกนาไปบำบัดอย่างถูกวิธี

2.6 กฎหมายระเบียบข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับการจัดการมูลฝอยติดเชื้อและการปล่อยมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมทางอากาศและทางน้ำ

บทบาทและภารกิจโดยทั่วไปของกรมควบคุมมลพิษ เป็นไปตามบทบัญญัติที่เกี่ยวข้องในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เป็นหลัก อันได้แก่ การประกาศพื้นที่เขตควบคุมมลพิษ การกำหนดมาตรฐานควบคุมมลพิษจากแหล่งกำเนิด การกำหนดประเภทของแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องควบคุมการปล่อยอากาศเสีย น้ำทิ้งหรือขยะมูลฝอย การจัดตั้ง คณะกรรมการควบคุมมลพิษ เพื่อจัดทำนโยบายและแผนงาน ประสานงานในการลดปัญหามลพิษและเสนอมาตรการในการป้องกันมลพิษ โดยมีปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเป็นประธาน ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 กรมควบคุมมลพิษมีหน้าที่กำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขที่จำเป็นในการจัดการมลพิษ ได้แก่ กำหนดหน้าที่ของเจ้าพนักงานควบคุมมลพิษ กำหนดอัตรา ค่าบริการ ค่าปรับ และค่าสินไหมทดแทนหรือ ค่าเสียหาย ซึ่งเจ้าของหรือผู้ครอบครองแหล่งกำเนิดมลพิษมีหน้าที่ต้องรับผิดชอบซึ่งปรากฏในบทกำหนดโทษ ในกรณีที่มีผู้ฝ่าฝืนหรือไม่ปฏิบัติตาม กรมควบคุมมลพิษ ได้ดำเนินการออกประกาศกระทรวง ข้อกำหนดกระทรวง ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เช่น มาตรฐานระดับเสียงรถยนต์ มาตรฐานค่าควันดำ และค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ยินยอมให้ระบายจากท่อไอเสียรถยนต์ มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด ประกาศประเภทของอาคาร พื้นที่แหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม การประกาศเขตควบคุมมลพิษ มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน [24] และมีผลบังคับใช้โดยกฎกระทรวงว่าด้วยการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ พ.ศ. 2545

การจัดการมูลฝอยติดเชื้อ

1. จัดทำระบบโปรแกรมบันทึกข้อมูลขยะออนไลน์ (Manifest Online) และติดระบบ GPS บนรถขนส่งขยะติดเชื้อจากโรงพยาบาล เพื่อควบคุมกำกับการขนส่งและกำจัดขยะมูลฝอยติดเชื้ออย่างเป็นระบบ

2. พัฒนาอนามัยสิ่งแวดล้อมและการจัดการมูลฝอยทุกประเภทในโรงพยาบาลและสถานบริการสาธารณสุขตามหลักการสุขาภิบาลอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Sustainable and Ecological Sanitation) ภายใต้โครงการ GREEN and CLEAN Hospitals เพื่อให้โรงพยาบาลเอื้อต่อการส่งเสริมสุขภาพประชาชน เจ้าหน้าที่ และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

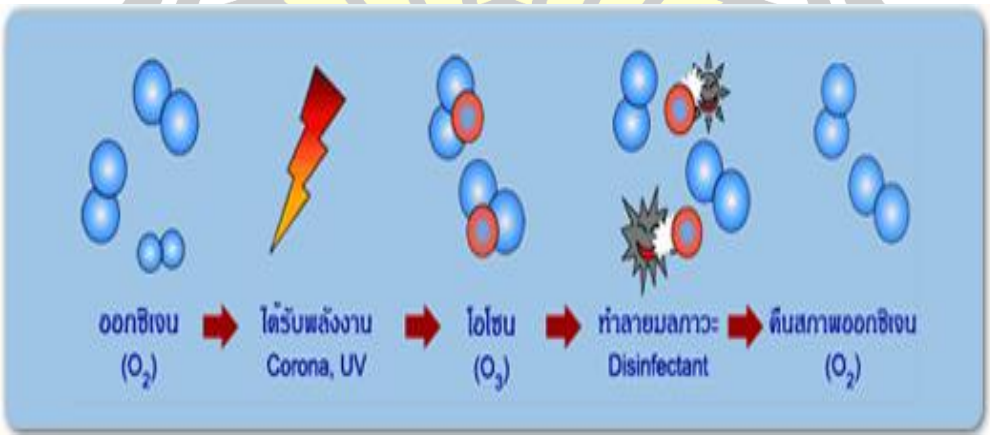
3. ส่งเสริมการจัดการมูลฝอยติดเชื้อแบบศูนย์รวม และเพิ่มขีดความสามารถเจ้าหน้าที่สาธารณสุขทั้งระดับจังหวัดและโรงพยาบาลด้านการกำกับติดตาม และการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ

อย่างถูกต้อง รวมถึงผลักดันระบบการเก็บรวบรวมและขนส่งมูลฝอยติดเชื้อจากการรักษาพยาบาลผู้ป่วยในชุมชนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2.7 เทคโนโลยีบำบัดระบบโอโซน (Ozone)

โอโซนถูกพบครั้งแรกในปี พ.ศ. 2383 โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน ชื่อว่า C. F.Schonbein ต่อมา ปี พ.ศ. 2431 ได้ทำการจดลิขสิทธิ์ให้ชื่อว่าก๊าซโอโซน (O_3) ที่มีสมบัติที่เรียกว่า “Deodorize sewer gases” โอโซนสามารถละลายน้ำได้ดีมากที่อุณหภูมิต่ำ จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในรูปที่เป็นสารละลายโอโซน ที่มีสมบัติเป็นสารฆ่าเชื้อโรคในน้ำ ที่เรียกว่า Polluted water disinfectant ต่อมา

ในปี พ.ศ. 2434 ได้รับการยอมรับว่าเป็นสารฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (Bactericidal agent) อีกประมาณ 2 ปี ต่อมา ชาวฮอลแลนด์ได้ผลิตโอโซนในเชิงการค้าจุดประสงค์เพื่อบำบัดน้ำเสียและน้ำดื่มใช้ในประเทศ และในปี พ.ศ. 2443 มีการใช้โอโซนกันอย่างกว้างขวางในทวีปยุโรปโดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2545 ประเทศเยอรมนีได้ผลิตโอโซนเพื่อใช้บำบัดน้ำดื่มน้ำใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม [25] จนกระทั่งปี พ.ศ. 2483 มีการใช้โอโซนอย่างกว้างขวางในประเทศสหรัฐอเมริกาอย่างต่อเนื่อง และต่อมา ในปี พ.ศ. 2523 มีรายงานว่ามีการใช้โอโซนในการบำบัดน้ำดื่มน้ำใช้ใน 5 โรงงานในประเทศสหรัฐอเมริกา [25] และพบว่าในปี พ.ศ. 2530 มีการใช้โอโซนในการบำบัดน้ำดื่มน้ำใช้ในโรงงานมากกว่า 200 โรงงานใน ประเทศสหรัฐอเมริกา โอโซน คือ สารชนิดหนึ่งที่ถูกผลิตจากออกซิเจนซึ่งมีอยู่ทั่วไปในอากาศโดยใช้พลังงานไฟฟ้าหรือรังสีอัลตราไวโอเลท เปลี่ยนโครงสร้างทางเคมีของออกซิเจนจาก 2 อะตอม (O_2) ให้เป็น 3 อะตอม (O_3) ใน 1 โมเลกุล ดังแสดงในภาพประกอบ 15



ภาพประกอบ 15 การกำเนิดโอโซน

2.7.1 ระบบเทคโนโลยีโอโซน

โอโซนมี ลักษณะเด่น การใช้ประโยชน์ และการสลายตัวของโอโซนโอโซนเกิดขึ้นตามธรรมชาติในชั้นบรรยากาศสตราโทสเฟียร์ (Stratosphere) โดยรังสีอัลตราไวโอเลต (Ultraviolate ray) ทำให้ก๊าซออกซิเจนแตกตัวเป็น 2 อะตอม ก๊าซโอโซนเกิดขึ้นเมื่ออะตอมที่แตกตัวรวมกับออกซิเจนโมเลกุล (รูปที่ 1) ซึ่งต่อกันด้วยปฏิกิริยาโฟโตเคมิคอล (Photochemical reaction) ทำให้เกิดการสลายตัวอย่างรวดเร็ว [25] นอกจากนี้ โอโซนเกิดขึ้นในเวลาฟ้าแลบ ฟ้าร้อง ฟ้าผ่าระหว่างฝนตก ซึ่งเกิดจากกระบวนการโคโรนาดิสชาร์จ (Coronadischarge) โดยมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าในอากาศสูงมาก ทำให้ก๊าซออกซิเจนแตกตัวรวมกันเป็นก๊าซโอโซน ซึ่งมีโมเลกุลของออกซิเจน 3 อะตอม ที่เกิดจากการแตกตัวของออกซิเจน ซึ่งมีอยู่ทั่วไปในอากาศ โดยมีแสงอัลตราไวโอเลต เป็นตัวกระตุ้นเรียกอีกอย่างว่า ออกซิเจนที่มีพลัง (Active Oxygen) สามารถทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน กับสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ได้เกือบทุกชนิด ทั้งในน้ำและอากาศ ทั้งยังสามารถฆ่าเชื้อโรคได้อย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะเชื้อแบคทีเรีย โดยการเข้าไปจับกับโมเลกุล และย่อยสลายสารปนเปื้อนด้วยวิธีการเปลี่ยนโครงสร้างของสารนั้น และยังสามารถทำลายกลิ่น สารเคมี และก๊าซพิษได้ดีเยี่ยม โดยไม่ทิ้งสารตกค้างใด ๆ นอกจากออกซิเจน จึงไม่เป็นอันตรายหรือส่งผลกระทบใด ๆ ต่อมนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อม ซึ่งโอโซนเป็นสารอยู่ในสถานะก๊าซประกอบด้วยโมเลกุลของออกซิเจน 3 โมเลกุล ก๊าซโอโซนพบมากที่ระดับความสูงประมาณ 10-50 กิโลเมตรเหนือผิวโลกในชั้นบรรยากาศสตราโตสเฟียร์ (Stratospheres) ช่วยลดอันตรายจากรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ ก๊าซโอโซนเกิดได้เองในธรรมชาติจากกระแสไฟฟ้าแรงสูงในอากาศเนื่องจากฟ้าผ่าหรือฟ้าแลบทาให้ก๊าซออกซิเจนซึ่งปรกติประกอบด้วยออกซิเจน 2 อะตอม รวมกันเป็น 1 โมเลกุล (O_2) แตกตัวเป็นออกซิเจนอะตอม (O) อิสระแล้วรวมกับก๊าซออกซิเจนโมเลกุลอื่น เกิดเป็นโอโซนโมเลกุล (O_3) ดังแสดงในรูปที่ 1 นอกจากนี้รังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ก็ทาให้ออกซิเจนโมเลกุลแตกตัวเกิดก๊าซโอโซนได้เช่นกัน O_3 ที่เกิดโดยวิธีนี้มีความปริมาณเพียง 0.02-0.2 ppm เท่านั้น [3]

แม้จะเกิดจากโมเลกุลของออกซิเจนเหมือนกันแต่ O_2 และ O_3 กลับมีคุณสมบัติต่างกันมาก กล่าวคือ O_2 สามารถคงสภาพอยู่ได้ดีกว่า เนื่องจากพันธะที่ยึดอะตอมของออกซิเซน 2 อะตอมไว้ด้วยกันมีความแข็งแรง นั่นคือมีความเสถียรสูง ในขณะที่ O_3 เป็นมีการเติมอะตอมของออกซิเจนเพิ่มเข้ามาอีก 1 อะตอม ทาให้โมเลกุลใหม่ที่ได้มีพลังงานสูง มีความเสถียรต่ำทำให้เสียสภาพได้ง่ายจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ ความร้อน ความดันและการเกิดปฏิกิริยากับสารที่มีพลังงานต่ำกว่าจะเกิดการออกซิเดชั่น (Oxidation) อย่างรวดเร็วด้วยการให้อะตอมของออกซิเจน 1 อะตอม และได้ผลิตผลกลับเป็น O_2 ที่มีพลังงานต่ำกว่านั่นเอง พบว่า O_3 มีความแรงปฏิกิริยา (Oxidation potential) สูงถึง 2.07 Electron Volt (eV) ในขณะที่อนุพันธ์ของออกซิเจน (Reactive oxygen species) ที่นิยมใช้เป็นส่วนผสมของน้ำยาล้างแผลคือ Hydrogen peroxide มีค่า

Oxidation potential เท่ากับ 1.78 eV ตลอดจนน้ำยาเคมีที่ใช้ในการฆ่าเชื้อสำคัญได้แก่ Sodium hypochlorite และ Chlorine dioxide มีค่าเท่ากับ 1.36 eV และ 0.95 eV ตามลาดับ [3]

แสดงหลักการทำงานของโอโซนในการย่อยสลายมลพิษโดยเฉพาะอย่างยิ่งโอโซนมีประสิทธิภาพในการสลายสารพิษ และกลิ่นของสารระเหยต่าง ๆ ได้ดี ด้วยการทำปฏิกิริยาเคมี และเปลี่ยนโครงสร้างสารดังสมการที่ 2.1 ถึง 2.9

1.AROMATIC COMPOUNDS

BENZENE : $C_6H_6 + 11O_3 \text{ ---- > } 6\ CO_2 + 3H_2O + 9O_2$ **(2.1)**

STYRENE : $C_6H_5CHCH_2 + 20O_3 \text{ ---- > } 8CO_2 + 4H_2O + 20O_2$ **(2.2)**

TOULENE : $C_6H_5CH_3 + 18O_3 \text{ ----> } 7CO_2 + 4H_2O + 18O_2$ **(2.3)**

XYLENE : $C_6H_4(CH_3)_2 + 21O_3 \text{ ----> } 8CO_2 + 5H_2O + 21O_2$ **(2.4)**

2.NITROGEN CONTAINING COMPOUNDS

AMMONIA : $2NH_3 + 3O_3 \text{ ----> } N_2 + 3H_2O + 3O_2$ **(2.5)**

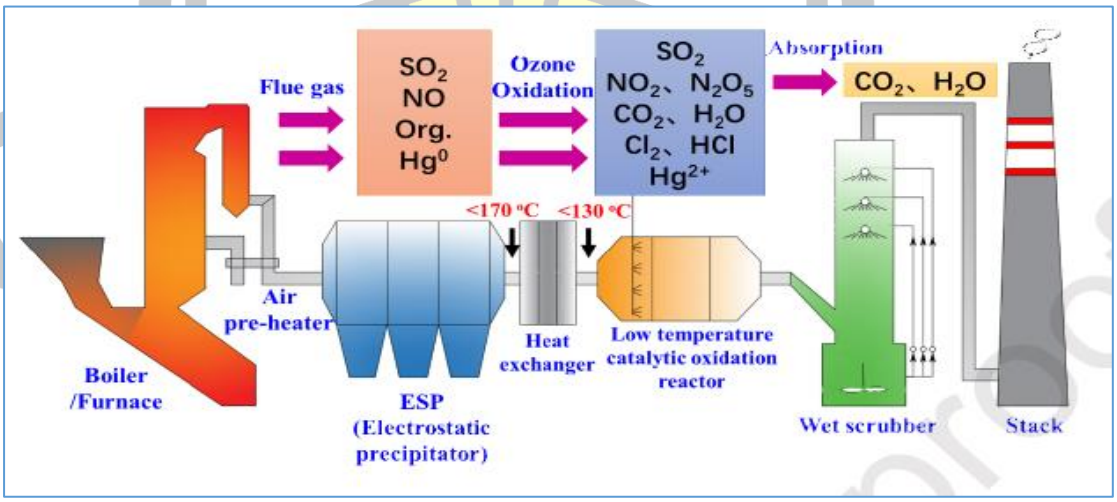
HYDROGEN CYANIDE : $2HCN + 5O_3 \text{ ---- > } 2CO_2 + H_2O + N_2 + 5O_2$ **(2.6)**

ETHANOLAMINE : $2NH_2CH_2CH_2OH + 13O_3 \text{ ---- > } 4CO_2 + 7H_2O + 13O_2 + N_2$ **(2.7)**

3.ACIDS AND ALCOHOLS

ACETIC ACID : $C_2H_4O_2 + 4O_3 \text{ ----> } 2CO_2 + 2H_2O + 4O_2$ **(2.8)**

ACETONE : $C_3H_6O + 8O_3 \text{ ----> } 3CO_2 + 3H_2O + 8O_2$ **(2.9)**



ภาพประกอบ 16 รูปแบบเตาเผาขยะที่ประยุกต์เทคโนโลยีโอโซนเพื่อบำบัดก๊าซไอเสียกับเตาหลอม

2.7.2 คุณสมบัติของก๊าซโอโซน

หลักการทางพลังงานไฟฟ้า ที่เรียกว่าปรากฏการณ์ โคโรนา ดิสชาร์จ (Corona discharge phenomena ; CD ozone) เป็นการให้ก๊าซออกซิเจนแห้งและบริสุทธิ์ผ่านเข้าไปในสนามไฟฟ้า (Electrical field) หลายพันโวลท์ ทั้งชนิดความถี่ต่ำ (50 Hz - 100 Hz) ความถี่ปานกลาง (100 Hz -1,000 Hz) และความถี่สูง (1,000 Hz ขึ้นไป) ที่บริเวณ Discharge gap ซึ่งเกิดจากการผลิตกระแสไฟฟ้าที่บริเวณ Dielectric surfaceณ สนามไฟฟ้าแห่งนี้มีผลให้ก๊าซออกซิเจนในอากาศแตกกระจายออกเป็นออกซิเจนอะตอม(O^-) ที่มีความคงตัว และรวมตัวกับก๊าซออกซิเจนโมเลกุลอื่น ได้เป็นก๊าซโอโซนออกมาด้วยความเข้มข้นสูง ตั้งแต่ 1%-10% โดยน้ำหนัก สามารถนำไปใช้บำบัดน้ำได้อย่างดีขนาดเครื่องมีตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่(ระดับมิลลิกรัม ถึง ระดับกิโลกรัม ต่อ ชั่วโมง)

อีกทั้งยังมีค่าใช้จ่ายในการใช้งานและบำรุงรักษาต่ำมากและใช้ได้ตลอดไป ไม่ต้องคอยเปลี่ยนอันใหม่ เหมือนสารเคมีดับกลิ่นอื่น ๆ ลักษณะเด่นของโอโซนปัจจุบันการศึกษาวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการใช้โอโซนมากขึ้นและใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยโอโซนมีลักษณะเด่น ดังนี้ สลายตัวเร็ว เนื่องจาก ไม่คงตัว (Unstable) และไม่สามารถเก็บบรรจุใส่ภาชนะใด ๆ ได้ (ยกเว้นการเก็บในสภาวะอุณหภูมิต่ำหรือน้ำแข็ง) การสลายตัวจะขึ้นกับอุณหภูมิและความชื้นมีกลิ่นคล้ายกลิ่นฝนตกใหม่ๆและถ้ามีความเข้มข้นสูงจะมีกลิ่นฉุนสถานะทั่วไปเป็นก๊าซมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียที่รุนแรงมาก (Potential bactericidal disinfection) ทั้งในน้ำและอากาศเป็นสารออกซิไดซ์ที่มีความรุนแรงมาก (Potential oxidizing agent) จึงสามารถทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ได้

การใช้ประโยชน์โอโซนในอุตสาหกรรมอาหารปัจจุบันมีการนำโอโซนมาใช้ประโยชน์กันมากขึ้น ดังนี้

(1) ทำลายสารพิษ หรือสารชีวพิษ

(2) ใช้เป็นสารออกซิไดซ์สารประกอบอินทรีย์ (Oxidation of organic compounds)

(3) ทำลายเซลล์จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค

(4) ลดกลิ่นไม่พึงประสงค์

(5) กำจัดสีหรือฟอกสี

ซึ่งเมื่อพิจารณารูปแบบการใช้งานของ UV/Ozone นอกเหนือจากใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสามารถนำไปประยุกต์ใช้บาบัดน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมอื่น ๆ ได้อีกด้วย จะเห็นได้ว่าการใช้ UV/Ozone มีคุณประโยชน์นานับประการ สามารถนำมาใช้ได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพที่ดีในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ไม่ก่อปัญหาในเรื่องของสารเคมีตกค้างที่ก่อให้เกิดมลพิษกับ

สิ่งแวดล้อม การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วย UV/Ozone เป็นอีกทางเลือกหนึ่งการนำ OZONE GENERATOR ไปใช้ ด้านต่าง ๆในงานอุตสาหกรรมหลักๆแล้วจะแบ่งเป็น 2 แบบด้วยกัน คือระบบใช้กับ น้ำ และระบบใช้กับ อากาศ จากตารางที่ 12

ระบบโอโซนใช้กับน้ำระบบโอโซนสำหรับบำบัดน้ำนั้น เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่มาแรงและถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางเนื่องจากคุณสมบัติของโอโซนที่ดีกว่าในหลายๆด้าน ตัวอย่างการใช้งาน เช่นใช้กำจัดสารโลหะหนักที่ตกค้างในแม่น้ำได้แก่ โครเมียม ปรอท ตะกั่ว เหล็ก และแมงกานีส เป็นต้นสามารถถูกออกซิไดซ์ได้ด้วย โอโซนและเปลี่ยนเป็นรูปสารที่ไม่ละลายน้ำ (ตกตะกอน) ใช้กำจัดกลิ่นคลอรีนในน้ำประปา คลอรีนน้ำประปาเกิดขึ้นจากการใช้เพื่อฆ่าเชื้อโรค ทำให้เกิดสารอินทรีย์ในรูปอื่น ๆ อาทิคลอโรฟอร์ม และ ไตรคลอโรเอทีลีน เป็นต้น แต่ก๊าซโอโซนสามารถ ออกซิไดซ์ OCI ให้เป็น คลอเรตไอออน CIO ที่เสถียรกว่าและปลอดภัยกว่า ใช้กำจัดความกระด้างในน้ำประปา ความกระด้างในน้ำประปาเกิดจากเกลือไบคาร์บอเนตให้อยู่ในรูปของเกลือเปอร์คาร์บอเนต ซึ่งจะสลายตัวเป็นเกลือคาร์บอเนตในที่สุด ใช้กำจัดแอมโมเนียในอ่างเลี้ยงปลาและบ่อเลี้ยงกุ้ง การเกิดแอมโมเนียในน้ำเป็นผลมาจากการย่อยสลายของมูล ที่สัตว์น้ำปล่อยทิ้งออกมา และสารอาหารที่ใช้เลี้ยงแบคทีเรียทำให้น้ำมีความเป็นด่างมากเกินไป ซึ่งไม่เหมาะต่อการเลี้ยงปลาและกุ้ง ดังนั้นการให้โอโซน จะช่วยกำจัดแอมโมเนียในน้ำให้เป็นเกลือไนเตรดใช้ในการป้องกันการเกิดตะไคร่ในสระว่ายน้ำเนื่องจากไขมันและสารอินทรีย์ต่าง ๆในน้ำ ได้แก่ แอมโมเนีย ไนเตรดและฟอสเฟต เป็นแหล่งอาหารของแบคทีเรียทำให้เกิดการแพร่กระจายของตะไคร่น้ำมากขึ้นซึ่งเป็นขบวนการ ยูโทรฟิเคชั่น ทำให้น้ำมีกลิ่นเหม็นและเปลี่ยนเป็นสีเขียวดังนั้นการใช้โอโซนจะช่วยทำลายแหล่งอาหาร ของแบคทีเรียและฆ่าเชื้อแบคทีเรีย รวมทั้งทำให้ปริมาณของออกซิเจนในน้ำเพิ่มขึ้น ใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ตัวอย่างเช่น สารไซยาไนด์ที่ได้จากโรงงานชุบโลหะเหมืองแร่ทองร้านเงิน ร้านถ่ายรูปและร้านทองรูปพรรณ เนื่องจากสารไซยาไนด์เป็นสารพิษที่รุนแรงสามารถทำให้สัตว์น้ำตายได้เมื่อมีปริมาณมากกว่า 100 ส่วนในล้านส่วนในน้ำดังนั้นก๊าซโอโซนสามารถกำจัดไซยาไนด์ไอออนได้โดยเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของไนเตรดไอออน

ตาราง 10 การทำปฏิกิริยาโอโซนมวลสาร

การทำปฏิกิริยาโอโซนกับสนิมเหล็ก	
$2Fe_2+ + O_3 + H_2O ==> 2Fe_3+ + O_2 + 2OH$	- Fe_3+ ตกตะกอนหรือกรองได้ - ต้องการ O_3 0.44 กรัม ต่อ 1 G Fe
การทำปฏิกิริยาโอโซนกับแมงกานีสในน้ำ	

2Mn + + 5O + 3H O ==> 2MnO + O + 6H	- MnO สามารถกรองได้ด้วย ACF - ต้องการ O_3 2.25 กรัม ต่อ 1 G Mn
การทำปฏิกิริยาโอโซนกับไซยาไนด์ในน้ำ	
CN + O_3 ==> CNO + O_2 2CNO + H_2 + $3O_3$ ==> $2HCO_3$ + N_2 +$3O_2$	- ต้องการ O_3 1-1.8 กรัม ต่อ 1 G CN

ระบบโอโซนใช้กับอากาศเทคโนโลยีการบำบัดอากาศด้วยโอโซน เป็นที่แพร่หลายกันมากในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เนื่องด้วยจากความจำเป็น ในการใช้ห้องปลอดเชื้อ และ ความจำเป็นในการบำบัดกลิ่นและ มลพิษต่าง ๆ ก่อนปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศนอกจากช่วยลดการใช้สารเคมีแล้ว ยังรักษา สิ่งแวดล้อมอีกด้วย ตัวอย่างการนำโอโซนไปใช้งาน เช่น

• ใช้ในการฆ่าเชื้อโรค เช่นแบคทีเรีย ไวรัส ฯลฯ ในโรงพยาบาล คลินิก และห้องปฏิบัติการ

• ใช้ในการฟอกอากาศให้บริสุทธิ์ โอโซนสามารถกำจัดกลิ่นอาหาร ควันบุหรี่ กลิ่นอับและกลิ่นเหม็นต่าง ๆ ได้อย่างหมดสิ้น การเกิดกลิ่นเหม็นในน้ำเสียเป็นผลมาจากการย่อยสลายทางชีวภาพของอาหารและสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียที่ไม่ต้องการออกซิเจน ทำให้เกิดสารพิษต่าง ๆ รวมทั้งควันบุหรี่ที่มีส่วนประกอบของสารพิษมากมาย อาทิ ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ ก๊าซไฮโดรเจนไซยาไนซ์และก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์เป็นต้น สารเหล่านี้สามารถถูกออกซิไดซ์โดยโอโซนและเปลี่ยนให้เป็นสารที่ไม่มีกลิ่นและไม่เป็นพิษ นอกจากนี้โอโซนยังสามารถกำจัดกลิ่นอับและกลิ่นเหม็นในสถานที่ต่าง ๆ ได้แก่ ห้องน้ำ ตู้เสื้อผ้า โรงเลี้ยงสัตว์ ห้องเก็บไวน์และห้องบ่มเบียร์

ตาราง 11 การทำปฏิกิริยาของโอโซนกับสารต่าง ๆ

การทำปฏิกิริยาสลายกลิ่นแอมโมเนีย	$3O_3$ + $2NH_3$ ==> N_2 + $3H_2O$ + $3O_2$
การทำปฏิกิริยาสารพิษฟอมาลดีไฮด์	$2O_3$ + HCHO ==> CO_2 + H_2O + $2O_2$
การทำปฏิกิริยาสลายพิษไฮโดรเจนไซยาไนด์ (พิษควันบุหรี่)	$5O_3$ + 2HCN ==> $5CO_2$ + H_2O + N_2 + $5O_2$
การทำปฏิกิริยาสลายพิษคาร์บอนมอนอกไซด์ (ซึ่งจับเม็ดเลือดแดง)	O_3 + CO ==> CO_2 + O_2

ตาราง 12 เปรียบเทียบการนำระบบโอโซนไปใช้กับน้ำและใช้กับอากาศ

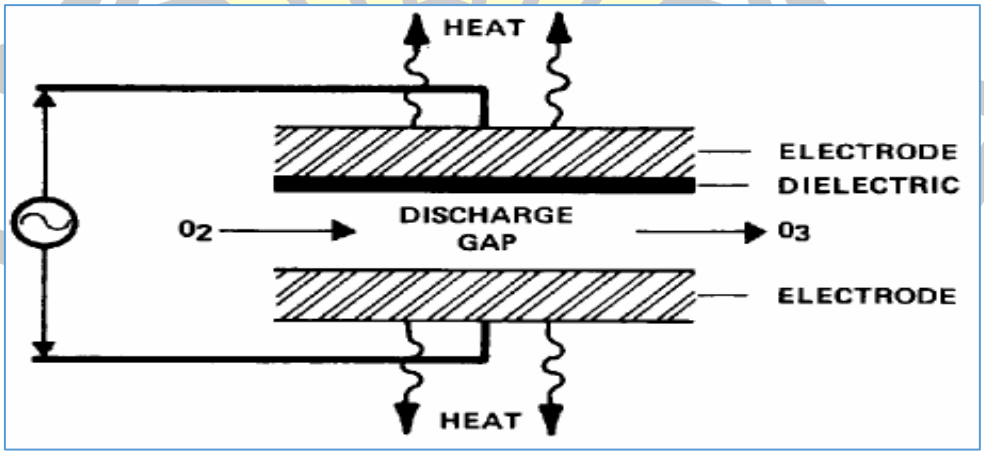
ระบบโอโซนใช้กับน้ำ	ระบบโอโซนใช้กับอากาศ
• การทำน้ำสะอาดปลอดเชื้อโรค เพื่อทำเป็นน้ำดื่มหรือ ส่วนประกอบในการผลิตอาหาร • การทำน้ำโอโซนเพื่อใช้ล้างวัตถุดิบฆ่าเชื้อโรค สลาย พิษสารเคมีในกระบวนการผลิตอาหาร • การบำบัดน้ำในอุตสาหกรรมการเกษตร เช่น ฟาร์มกุ้ง บ่อเลี้ยงปลา ฯลฯ(ลดการใช้สารเคมี) • การบำบัดน้ำ Cooling Tower เพื่อลดตะกรันและ ตะไคร่น้ำ ลดพลังงานในการทำความเย็นได้ถึง 40% • การใช้น้ำโอโซนในการซักผ้า เพื่อลดพลังงานในการ ต้มน้ำ และปริมาณผงซักฟอก • บำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม กำจัดสารโลหะหนัก และสารพิษที่ตกค้าง รวมทั้ง ฆ่าเชื้อต่าง ๆ ในกระบวนการบำบัดน้ำ ก่อนปล่อยสู่แม่น้ำ ตาม ธรรมชาติ (ลดการใช้สารเคมีและรักษาสิ่งแสดล้อม)	• การบำบัดกลิ่นในกระบวนการผลิต (ไอสารเคมี, ไอน้ำมัน, วัตถุดิบที่มีกลิ่น) • การใช้ในระบบบำบัดอากาศก่อนปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศ (รักษาสิ่งแวดล้อม) • การทำห้องสะอาดห้องปลอดเชื้อ (Clean Room) เพื่อใช้เป็นห้องบรรจุอาหาร หรือเครื่องดื่มต่าง ๆ • การทำห้องปลอดเชื้อ (Clean Room) ในโรงพยาบาล เช่น ห้องผ่าตัด ห้องเก็บยา ห้อง Lab เป็นต้น • การใช้ในกระบวนการช่วยถนอมอาหารและวัตถุดิบต่าง ๆให้คงอยู่ได้นานยิ่งขึ้น เช่นห้องแช่แข็ง

ในปี พ.ศ. 2540 ดร.ดี เกรแฮม (Dr. Dee Graham) เป็นผู้รับรองให้ใช้โอโซนเป็นสารทำความสะอาด (Disinfectant หรือ Sanitizer) เครื่องมือ เครื่องจักร และบริเวณพื้นผิวในโรงงานแปรรูปอาหารและเป็นผู้ผลักดันให้โอโซนผ่านการรับรองจากกระทรวงเกษตรแห่งสหรัฐอเมริกา (The united states department of agricultural ; USDA) ด้วยข้อกำหนดมาตรฐานที่ว่า“โดยทั่วไปถือว่าปลอดภัย” (GRAS ;Generally recognized as safe) [25] จนกระทั่งเมื่อวันที่ 26 มิถุนายน 2544 สำนักงานคณะกรรมอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (The united states Food and drug administration ; U.S. FDA) ได้ยอมรับเป็นทางการว่าโอโซนทั้งในสถานะก๊าซและของเหลวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษา ต่อมา วันที่ 21 ธันวาคม 2544 กระทรวงเกษตรแห่งสหรัฐอเมริกาว่าด้วยข้อกำหนดมาตรฐานด้านความปลอดภัยอาหารและการบริการตรวจสอบหรือเรียกหน่วยงานนี้ว่า USDA FSIS (The united states department of agricultural food safety and inspection service) ได้รับรองให้ใช้

โอโซนผสมน้ำเย็น น้ำแข็ง สัมผัสโดยตรงกับซากเนื้อสัตว์ และซากสัตว์ปีกก่อนแช่เย็นและแช่แข็ง นอกจากนี้ ยังสามารถใช้ประโยชน์แพร่หลายกับผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำกระบวนการแปรรูปเนื้อสัตว์ สัตว์ปีก และระบบการบำบัดน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารในปัจจุบัน

2.7.3 หลักการทำงานของก๊าซโอโซน

เครื่องผลิตโอโซน (O_3) Ozone Generator ที่ใช้ก๊าซออกซิเจนเป็นสารตั้งต้น เพื่อเข้าไปทำลายเชื้อโรค สารเคมี และกำจัดกลิ่น ก่อนสลายตัวเป็นออกซิเจนคืนสู่บรรยากาศ โดยไม่ก่อให้เกิดมลพิษใด ๆ ต่อร่างกาย โอโซน สามารถเกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติ เมื่อออกซิเจนได้รับการกระตุ้นจากรังสอัลตราไวโอเลตในชั้นบรรยากาศสตาโตสเฟียร์ (Stratosphere) หรือเกิดจากฟ้าผ่า ฟ้าแลบช่วงเกิดพายุ แต่ปัจจุบัน เราสามารถสร้างโอโซนเลียนแบบธรรมชาติได้แล้ว โดยการนำออกซิเจน (O_2) ผ่านสนามไฟฟ้าแรงสูง (Corona Discharge) ให้แตกตัวเป็นอะตอมเดี่ยว (O) ซึ่งจะไปจับตัวกับออกซิเจน (O_2) ที่มีอยู่ กลายเป็นก๊าซโอโซน (O_3) ในทางไฟฟ้า การปล่อยประจุแบบโคโรน่า (Corona Discharge) เป็นการปล่อยประจุไฟฟ้าเกิดจากการแตกตัว (ionization) ของอากาศหรือของไหลที่ไหลผ่านวัสดุที่เป็นตัวนำไฟฟ้าซึ่งมีพลังงานไฟฟ้าอยู่ การปล่อยประจุแบบนี้จะเกิดขึ้นเมื่อเกิดความแรงของสนามไฟฟ้ารอบ ๆ ตัวนำไฟฟ้าสูงพอที่จะสร้างย่านความนำไฟฟ้าโดยรอบ แต่ไม่แรงพอที่จะทำให้เกิดการพังทลาย (breakdown) หรือเกิดประกายไฟ (arcing) กับวัตถุใกล้เคียง ปรากฏการณ์โคโรน่ามักจะพบเป็นแสงสีน้ำเงินอ่อน (bluish) เรืองแสงอยู่ในอากาศที่อยู่โดยรอบวัสดุตัวนำไฟฟ้าแรงสูง [26] จากหลักการดังกล่าว จึงมีการพัฒนาเครื่องผลิตโอโซน (Ozone generator) จำหน่ายในเชิงการค้า โดยให้ก๊าซออกซิเจนผ่านกระแสไฟฟ้าบริเวณดิสชาร์จแกป (Discharge gap) ซึ่งเกิดจากการผลิตกระแสไฟฟ้าจากบริเวณไดอิเลกตริก เซอร์เฟส (Dielectric surface) ทำให้ได้ก๊าซโอโซนออกมา [27] ดังแสดงในภาพประกอบ 17



ภาพประกอบ 17 กระบวนการสร้างโอโซนด้วยวิธี Corona Discharge

การนำก๊าซโอโซนไปใช้อย่างถูกวิธีตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพของโอโซนแรงดันของระบบ (Pressure of System) เมื่อแรงดันสูงขึ้น โอโซนก็สามารถละลายน้ำได้มากขึ้น อุณหภูมิของน้ำ (Temperature of Water) อุณหภูมิของน้ำยิ่งต่ำ โอโซนก็จะละลายน้ำได้มากขึ้น ความเข้มข้นของโอโซน (Concentration of Ozone) ยิ่งความเข้มข้นของโอโซนสูงก็สามารถเข้าสู่น้ำได้มากขึ้น ระบบดูดโอโซน (Ventury Injection System) หลักการใช้ระบบ (Venturi Injector) เป็นตัวดูดให้โอโซนละลายในน้ำ โดยอาศัยหลักการของการ สร้างความแตกต่างของแรงดันจะเกิดสุญญากาศ ทำให้สามารถดูดก๊าซโอโซนในปริมาณที่ต้องการได้ เมื่อใช้น้ำดันผ่าน (Venturi Injector) โดยคุณสมบัติของโอโซนที่นำไปใช้ในระบบบำบัดน้ำมีประโยชน์ดังต่อไปนี้ เช่น ฆ่าเชื้อโรค แบคทีเรีย และไวรัส ช่วยให้สารโลหะตกตะกอนได้เร็วขึ้น ย่อยสลายทำให้สารอินทรีย์เคมีและสารประกอบของโลหะหนัก ซึ่ง (สารประกอบอินทรีย์ หมายถึง สารประกอบเคมีที่อยู่ในสถานะใดก็ได้ ไม่ว่าจะเป็นของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส ที่ประกอบด้วยโมเลกุลคาร์บอน เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์) อีกทั้งโอโซนปริมาณ 0.5 – 5 ppm. สามารถกำจัดเชื้อ ไวรัส แบคทีเรีย และ เชื้อรา ได้ถึง 99% โดยระยะเวลาต้องไม่น้อยกว่า 1-5 นาที เป็นอย่างน้อย

2.7.4 วิธีการที่นิยมใช้ในการผลิตโอโซน

เนื่องจาก O_3 เสถียรจึงมีแนวโน้มที่จะสลายตัวกลับเป็นก๊าซออกซิเจนได้ง่าย มีครึ่งชีวิต (Half-life) 12 ชั่วโมงในบรรยากาศ [3] และเพียง 20-30 นาทีหากละลายอยู่ในน้ำ หรือกล่าวได้ว่าการใช้ O_3 ไม่มีการตกค้างที่จะเป็นอันตรายใด ๆ เลย กระนั้นก็ตามพบว่าหากมนุษย์หายใจรับ O_3 ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ (> 0.1 ppm) ทำให้ระบบทางเดินหายใจระคายเคือง, ปวดศรีษะ, คลื่นไส้, และอาเจียนได้ หรือหากได้รับที่ระดับความเข้มข้นสูง (> 6 ppm) จะเกิดภาวะปอดบวมน้ำ (Pulmonary edema) ได้ [3] ส่งผลให้การสร้าง O_3 และเก็บไว้จะไม่สามารถทำได้ จึงต้องสร้างขึ้น ณ แหล่งที่จะใช้งานเลย วิธีการที่นิยมใช้ในการผลิตโอโซนในปัจจุบันมี 4 วิธี [28]

1.) Corona Discharge เป็นวิธีจำลองการเกิด O_3 ตามปรากฏการฟ้าผ่าในธรรมชาติโดยใช้กระแสไฟฟ้าความต่างศักย์สูงทำลายโมเลกุลของ O_2 แล้วจึงลดพลังงานโมเลกุลลงเพื่อเอื้อให้เกิดการจับตัวกันของโมเลกุลออกซิเจนอิสระได้เป็น O_3 ในที่สุดวิธีนี้นิยมใช้มากที่สุดเนื่องจากต้นทุนต่ำและสร้าง O_3 ได้มากพอในการใช้ประโยชน์เชิงการค้า

2.) UV radiation เป็นวิธีจำลองการเกิด O_3 ในธรรมชาติกล่าวคือใช้รังสี UV ความยาวคลื่นสั้นโดย เฉพาะที่ 254 nm ซึ่งจะมีพลังงานมากพอที่จะทำให้โมเลกุลของ O_2 ไม่เสถียรได้เป็นโมเลกุลออกซิเจนอิสระแล้วจึงสร้าง O_3 ได้ใหม่ วิธีนี้มีต้นทุนสูงและผลิต O_3 ได้น้อยกว่า

3.) Electrolysis วิธีนี้ทำโดยให้กระแสไฟฟ้าวิ่งในตัวนำไฟฟ้าที่มีสถานะเป็นของเหลว (Electrolyte) เช่น น้ำ หรือ H_2SO_4 วิธีนี้ประสิทธิภาพในการผลิต O_3 ไม่ดียังต้องการการพัฒนาต่อไป

4.) Radiochemical ใช้สารกัมมันตรังสี (Radioactive) เป็นแหล่งพลังงานเพื่อแยกโมเลกุล O_2 เป็นวิธีที่ผลิต O_3 ได้ปริมาณมาก ต้นทุนต่ำแต่ต้องมีการควบคุมความปลอดภัยที่ดีพอ

2.7.5 ประสิทธิภาพในการละลายน้ำของโอโซน

ประสิทธิภาพในการละลายน้ำของโอโซนจะมีผลต่อความเข้มข้นของโอโซนที่ละลายในน้ำ ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการละลายน้ำของโอโซน สามารถสรุปได้ดังนี้คือ

1.) อุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทาให้ปริมาณโอโซนละลายลดลงเนื่องจากโอโซนสลายตัวได้เร็วขึ้นความคงตัวของโอโซนรวมทั้งความเข้มข้นเริ่มต้นของโอโซนขึ้นกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความสั่นสะเทือน

2.) ค่าความเป็นกรด – ด่าง ของสารละลาย (pH) ค่า pH มีความสำคัญในการทำปฏิกิริยาของโอโซนต่ออินทรีย์สารต่าง ๆ โดยในสภาวะที่ pH น้อยกว่า 7 โอโซนจะทำปฏิกิริยากับอินทรีย์สารต่าง ๆ ได้ช้าแต่ในสภาวะที่ pH มากกว่า 8 ปฏิกิริยาก็จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากโอโซนสลายตัวให้ไฮดรอกซิลแรดิเคิล (OH) ที่ออกซิไดส์ที่รุนแรง อย่างไรก็ตามจะไม่พบความแตกต่างของความสามารถในการละลายของโอโซนที่ pH ของน้ำเท่ากับ 5 – 9 เมื่อความเข้มข้นของโอโซนตกค้าง (ROC) อยู่ในช่วง 0.60 – 0.70 ppm.

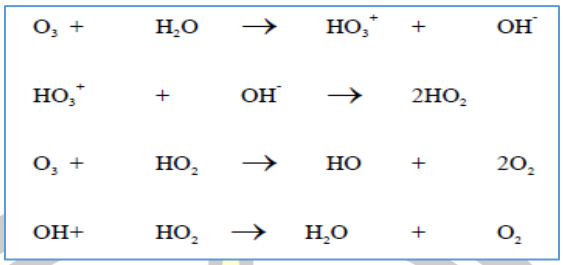
3.) ความเค็มของน้ำเมื่อน้ำทะเลมีค่าความเค็มเพิ่มสูงขึ้นจะทำให้โอโซนละลายลดน้อยลงถ้าตัวแปรอื่นๆ ได้แก่ อุณหภูมิ และค่า pH ของน้ำทะเลคงที่

4.) คุณสมบัติของสารละลายปริมาณสารประกอบและอนุภาคแขวนลอยต่าง ๆ ในน้ำมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการสลายของก๊าซโอโซนกล่าวคือถ้ามีสารประกอบและอนุภาคต่าง ๆในปริมาณมากจะทำให้ปริมาณโอโซนละลายได้ลดลง

5.) ขนาดของฟองก๊าซโอโซนจำนวนและขนาดช่องของหัวทรายที่พ่นก๊าซโอโซนมีผลต่อขนาดของฟองก๊าซ

6.) วิธีการที่โอโซนสัมผัสกับสารละลาย การเป่าพ่นก๊าซโอโซนและน้ำไปพร้อม ๆ กันทำให้เกิดการแยกชั้นระหว่างก๊าซและของเหลวอย่างชัดเจน ปริมาณโอโซนละลายได้จึงมีค่าน้อย แต่การเป่าพ่นโอโซนลงไปในน้ำที่ตั้งอยู่ในคอลัมน์จะทำให้โอโซนผสมกับของเหลวได้ดีกว่า

การสลายตัวของโอโซนเมื่อโอโซนละลายน้ำ จะทำปฏิกิริยากับไฮดรอกไซด์ไอออนของน้ำ เกิดเป็นอนุมูลอิสระต่าง ๆ และสุดท้ายก๊าซโอโซนจะสลายตัวกลายเป็นก๊าซออกซิเจน อัตราการสลายตัวของโอโซนขึ้นอยู่กับสารประกอบตัวก่อ (Initiator) และ/หรือตัวสนับสนุน (Promotor) ที่เป็นทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์ในน้ำ รวมทั้งสารยับยั้ง เช่น คาร์บอเนต ภาพประกอบ 18



ภาพประกอบ 18 การสลายตัวของโอโซน

ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียของโอโซนขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของโอโซน ระยะเวลาที่สัมผัสกับเชื้อแบคทีเรียและสภาพ pH ที่เป็นกรดของอาหารเลี้ยงเชื้อจะช่วยให้โอโซนฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ดีขึ้น

2.8 ต้นทุนทางเศรษฐ์ศาสตร์โดยประเมินมูลค่าต้นทุนเครื่องจักรและอุปกรณ์เตาเผาขยะแบบหมุน

เครื่องจักรและอุปกรณ์เป็นปัจจัยการผลิตที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำเนินธุรกิจด้านการผลิต ซึ่งส่งผลต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศโดยรวม การประเมินมูลค่าโรงงาน เครื่องจักรและอุปกรณ์นั้น มีวัตถุประสงค์เช่นเดียวกับการประเมินมูลค่าอสังหาริมทรัพย์ เช่น เพื่อซื้อขาย เพื่อใช้ประกอบงบการเงิน เพื่อเป็นหลักประกันในการขอสินเชื่อ ฯลฯ การประเมินมูลค่าเครื่องจักรมีมากขึ้นทุกขณะ ตามการเติบโต ทางเศรษฐกิจและนโยบายภาครัฐ และในส่วนของเครื่องจักรเองก็มีการพัฒนาและใช้เทคโนโลยีสูงยิ่งขึ้น การประเมินมูลค่าจึงต้องใช้ผู้ประเมินที่มีความรู้ ความสามารถและประสบการณ์ เพื่อให้มูลค่าเครื่องจักรที่ กำหนดเป็นไปอย่างถูกต้องหรือใกล้เคียงกับมูลค่าที่ควรเป็นจริงในขณะประเมิน การประเมินมูลค่าโรงงาน เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ผู้ประเมินดำเนินการอยู่ในระยะเวลาที่ผ่านมานั้น ได้ใช้หรืออ้างอิงมาตรฐานและจรรยาบรรณวิชาชีพสำหรับการประเมินมูลค่าทรัพย์สินในประเทศไทยที่ สำนักงานคณะกรรมการกำกับหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์ประกาศใช้เป็นกรอบและแนวทางในกา ปฏิบัติงาน แต่มาตรฐานดังกล่าวไม่ได้กำหนดถึงมาตรฐานวิชาชีพการประเมินมูลค่าโรงงาน เครื่องจักรและ อุปกรณ์ ที่ต้องใช้หลักการทางวิศวกรรมและเทคนิคอื่น ๆ ที่มีลักษณะเฉพาะของตัวทรัพย์สิน รวมถึงยังไม่มี หลักสูตรการเรียนการสอนเรื่องนี้อยู่ในสถาบันการศึกษา ทำให้การประเมินมูลค่าโรงงาน เครื่องจักรและ อุปกรณ์ มีลักษณะและทิศทางแตกต่างกันไปตามวิธีการ ความรู้ และประสบการณ์ของผู้ประเมิน

ราคาเตาเผามูลฝอยติดเชื้อที่ใช้อยู่ในประเทศไทย

สรุปข้อมูลเปรียบเทียบรายละเอียดของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ ที่ใช้อยู่ในประเทศไทย ได้ดังนี้ดังแสดงในตารางประกอบ 13

ตาราง 13 รายละเอียดของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ ที่ใช้อยู่ในประเทศไทย

รายละเอียดข้อมูลเตาเผา	**เตาเผาโรงพยาบาล บางปะกง**	**เตาเผาโรงพยาบาลราชวิถี**	**เตาเผาในกรุงเทพมหานคร**	**เตาเผาในอำเภอหาดใหญ่**
ความสามารถในการเผา	50 kg/hr.	300 kg/hr. (2 sets)	1000 kg/hr. (2 sets)	500 kg/hr
ประเทศผู้ผลิต	ไทย	สวิสเซอร์แลนด์	ออสเตรีย	สหรัฐอเมริกา
เทคโนโลยีในการเผา	Excess - air	controlled - air	Excess - air	controlled - air
ระบบควบคุมมลพิษ	NO	HAS	HAS	HAS
ระบบป้อนมูลฝอยอัตโนมัติ	NO	HAS	HAS	HAS
งบประมาณก่อสร้าง (โดยประมาณ)	450,000 BAHT.	38,000,000 BAHT.	70,000,000 BAHT.	20,000,000 BAHT.
บุคลากรที่ใช้	1 คน	4 คน	10 คน	4 คน
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	3 baht/kg.	7 baht/kg.	7 baht/kg.	8.8 baht/kg.

จะเห็นได้ว่า เตาเผาที่ผลิตจากต่างประเทศมีราคาค่าก่อสร้างและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานสูงมาก ดังนั้น เพื่อให้ผู้ใช้ในประเทศได้มีเทคโนโลยีเตาเผาติดเชื้อที่ราคาถูก ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมและประหยัด พลังงาน กรมควบคุมมลพิษ จึงมอบหมายให้ ศูนย์วิจัยการเผากากของเสีย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พัฒนาเตาเผามูลฝอยติดเชื้อขึ้น โดยเลือก

โรงพยาบาลสามพราน อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม เป็นโรงพยาบาลนำร่องในการติดตั้งเตาเผามูลฝอยติดเชื้อที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ โดยได้ออกแบบเตาเผา มูลฝอยติดเชื้อให้มีคุณสมบัติดังนี้

- เป็นเตาเผามูลฝอยติดเชื้อแบบควบคุมอากาศที่มีความสามารถในการเผาขยะติดเชื้อ 50 กก./ชม.
- ราคาในการก่อสร้างถูก
- ใช้ผู้ปฏิบัติงานน้อย ไม่ยุ่งยาก
- ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่ำ
- มีการติดตั้งระบบป้อนมูลฝอยอัตโนมัติ
- มีการติดตั้งระบบควบคุมมลพิษทางอากาศ

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กฤช มณีรัตน์ [29] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบและศึกษาประสิทธิภาพของเตาเผาแบบ Rotary Kiln โดยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการออกแบบเตาเผาขยะชุมชนแบบ Rotary Kiln ขนาดเล็ก และทาการทดลองเพื่อประเมินสมรรถนะการใช้งานของเตาเผา โดยคำนวณค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้และประสิทธิภาพการทำลายขยะด้วยเตาเผาที่ออกแบบ ซึ่งศึกษาตัวแปรสำคัญที่มีต่อการเผาไหม้ 3 ตัวแปรได้แก่ อัตราการป้อนอากาศที่ 150, 200 และ 250 % ของอากาศส่วนเกิน อัตราการป้อนขยะที่ 15, 20 และ 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วรอบเตาเผา 0.6, 0.8 และ 1 รอบต่อนาที ผลการศึกษาพบว่า สภาวะการทดลองที่เหมาะสมคือ อัตราการป้อนอากาศ 250 % ของอากาศส่วนเกิน อัตราการป้อนขยะ 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และความเร็วรอบเตาเผา 0.6 รอบต่อนาที อุณหภูมิภายในเตาเผาที่สภาวะคงที่ให้ค่าสูงสุดประมาณ 790 °C มีปริมาณแก๊ส CO, SO_x และ NO_x ประมาณ 3,200 ppm, 20 ppm และ 60 ppm ตามลาดับ ประสิทธิภาพการเผาไหม้สูงสุด 96.07% และประสิทธิภาพการทาลายสูงสุด 94.3%

สุกิจ ลิติกรณ์ [30] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการศึกษาและออกแบบอุปกรณ์ป้อนมูลฝอยสำหรับเตาเผา โดยอุปกรณ์ป้อนมูลฝอยที่ทำการศึกษาเป็นแบบโรตารี่ โดยสามารถเปลี่ยนใบป้อน ในงานวิจัยนี้จะศึกษา ใบป้อน 4 แบบ ได้แก่ ใบเต็มดัดตรง ใบเต็มดัดโค้ง ใบซี่ดัดตรง และใบซี่ดัดโค้ง ผลการศึกษาพบว่า กาลังไฟที่ใช้สาหรับตัวอุปกรณ์ป้อนชุดนี้มีค่าเท่ากับ 500-593 วัตต์ ในการเผาไหม้แต่ละครั้ง (2 ชั่วโมง) เสียค่าใช้จ่ายทางไฟฟ้าประมาณ 3-3.6 บาท จากการเผาไหม้โดยใช้อุปกรณ์ป้อนและใบป้อนทั้ง 4 ชนิด ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดที่ได้จากการเผาไหม้ เมื่อใช้ใบป้อนชนิดใบเต็มดัดตรง ใบเต็มดัดโค้ง ใบซี่ดัดตรง และใบซี่ดัดโค้ง มีค่าคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 11.45, 12.71,

12.76 และ 13.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลาดับ และประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาเผา เมื่อทำการป้อนด้วยอุปกรณ์ป้อนมีค่าเพิ่มขึ้นจากการป้อนด้วยแรงงานคนคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 18.0-41.2 เปอร์เซ็นต์

วิโรจน์ มีสุนทร [31] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาเตาเผาขยะจากเชื้อเพลิง โดยทดสอบประสิทธิภาพของเตาเผาขยะที่ออกแบบและสร้างขึ้น ซึ่งกาหนดแนวทางการทดลองไว้คือ กำหนดการป้อนขยะเข้าเตาแบบกึ่งต่อเนื่อง แล้วบันทึกค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเผาไหม้ เช่น ปริมาณขยะที่ป้อน ระยะเวลาของการป้อน ความชื้นของขยะ ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง อุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ รวมทั้งปริมาณแก๊สต่าง ๆ ที่เกิดจากการเผาไหม้ เช่น แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO), แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2), ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) และแก๊สอื่น ๆ จากผลการทดลองพบว่า ได้กำหนดน้ำหนักของขยะที่ป้อนเข้าเตาทุก ๆ 2 นาที เท่ากับ 10 กิโลกรัม และความชื้นขยะโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 60 สามารถเผาไหม้ได้ 2,272 กิโลกรัมต่อวัน สิ้นเปลืองน้ำมันดีเซล 51.7 ลิตรต่อวัน หรือ 1 ตันขยะต่อ 22.8 ลิตร, อุณหภูมิเฉลี่ยห้องเผาควัน 835 °C , อุณหภูมิเฉลี่ยห้องเผาขยะ 604 °C, อุณหภูมิเฉลี่ยปล่องควัน 615 °C , ผลการตรวจวัดแก๊สเฉลี่ย CO เท่ากับ 424.4 ppm, SO_2 เท่ากับ 1.2 ppm และ NO_x เท่ากับ 40 ppm เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยผลปรากฏว่าไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้

ธนา นาถไตรภพ [32] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการประเมินสมรรถนะเตาเผาขยะ เพื่อการจัดการขยะระดับชุมชนโดยเลือกเทคโนโลยีเตาเผาขยะแบบไม่ใช้พลังงานที่มีต้นทุนในการก่อสร้างและดำเนินการต่ำ ในการดำเนินงานสามารถเผากาจัดขยะแห้งได้ถึง 184 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อุณหภูมิแก๊สไอเสียเฉลี่ย 691°C ประสิทธิภาพการเผาไหม้เฉลี่ย 99.95% ผลิตกำลังความร้อนในรูปของแก๊สไอเสียได้ 519 kW แต่สมรรถนะจะลดน้อยลงไปเมื่อมีส่วนผสมของขยะเปียกเพิ่มขึ้น ปริมาณแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) สูงสุด 134 ppm ไม่พบปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และความทึบแสงไม่เกิน 20% ซึ่งต่ำกว่าค่าที่กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมกำหนดไว้ ภายหลังการปรับปรุงการจัดการขยะ โดยการคัดแยกขยะสามารถเพิ่มอัตราการเผากำจัดขยะได้มากขึ้นเฉลี่ยอยู่ที่ 249 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เพิ่มอุณหภูมิแก๊สไอเสียเฉลี่ยเป็น 829°C และสามรถผลิตกำลังความร้อนได้ 597 kW นอกจากนี้ได้ศึกษาการคัดแยกขยะเพื่อรีไซเคิลพบว่า สามารถลดปริมาณขยะลงได้ 6.5 ตันต่อเดือน คิดเป็นปริมาณขยะที่ลดได้ 3.25% และมีมูลค่าการค้าขายขยะรีไซเคิลตั้งแต่ 25,913 ถึง 47,323 บาทต่อเดือน คิดเป็นรายได้จากการคัดแยกขยะ 162.74 บาทต่อคนต่อเดือนโดยเฉลี่ยจากผู้เข้าร่วมโครงการ

นพภาพร พานิช [33] ได้กล่าวถึงเครื่องจับฝุ่นแบบเปียก (Wet Collectors) หรือสครับเบอร์ (Scrubbers) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ของเหลวดักจับฝุ่นหรืออนุภาคขนาดเล็กอย่างมีประสิทธิภาพและจับแก๊สมลพิษจากกระแสแก๊สที่ได้ในขณะเดียวกัน โดยฉีดของเหลวเป็นละอองฝอยสู่กระแสแก๊สหรือให้กระแสแก๊สไหลผ่านฟิล์มของเหลวด้วยความเร็วสูงหรือไหลผ่านชั้นวัสดุที่มีของเหลวเคลือบที่ผิว

เมื่ออนุภาคเคลื่อนที่ใกล้ละอองหรือหยดน้ำจะสัมผัสกับละอองน้ำด้วย กลไกหลัก 3 อย่างคือ การกระทบเนื่องจากความเฉื่อย การสกัดกั้นและการแพร่ โดยทั่วไปการกระทบเนื่องจากความเฉื่อยเป็นกลไกการจับอนุภาคที่สำคัญที่สุดของ สครับเบอร์ เมื่อกระแสแก๊สมีความเร็วมากกว่า 0.3 เมตรต่อวินาที หยดน้ำที่จับอนุภาคไว้เหล่านี้จะถูกแยกออกจากกระแสแก๊สโดยแรงโน้มถ่วงหรือให้กระแทกแผ่นกั้น (Baffles) หรือโดยแรงเหวี่ยง ในการดักฝุ่นโดยสครับเบอร์มี 3 ขั้นตอนคือ

(1) อนุภาคสัมผัสและดักจับด้วยหยดของเหลวหรือฟิล์มของเหลว ในขั้นตอนแรกอนุภาคจะสัมผัสและถูกดักจับในเครื่องสครับเบอร์ ที่นิยมใช้มาก คือ เวนทูรี่ สครับเบอร์ สครับเบอร์แบบเพลทหรือสครับเบอร์แบบสเปรย์ (2) แยกหยดของเหลวออกจากกระแสแก๊ส ในขั้นตอนที่ 2 ใช้เครื่องดักละอองน้ำ (Mist Eliminator) ที่ติดบนเครื่องสครับเบอร์เพื่อแยกหยดน้ำจากกระแสแก๊ส (3) บำบัดของเหลวที่จับฝุ่น (น้ำเสีย) ก่อนระบายทิ้ง ส่วนในขั้นตอนที่ 3 ใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น เครื่องตกตะกอน (Clarifier) เครื่องกรอง (Vacuum Filter) และบ่อพัก (Settling Pond) เพื่อบำบัดน้ำเสียที่ออกจากสครับเบอร์

คลินิกเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี [34] ได้กล่าวถึง คุณลักษณะและองค์ประกอบของเตาเผาขยะชุมชน จะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ห้องเผาไหม้และห้องลดมลพิษและบ่อน้ำหมุนเวียนน้ำกลับ ซึ่งในส่วนนี้จะมีส่วนประกอบที่สำคัญคือหัวฉีดสเปรย์น้ำ (Spiral Nozzle) เป็นรูปใบพัดกวน ปล่องควันสาหรับชะจับไอเสีย และระบบบ่อน้ำหมุนเวียนน้ำกลับไปใช้ใหม่ ซึ่งแบ่งเป็น 3 บ่อคือ บ่อน้ำดี บ่อกรองตะกอน และบ่อรับน้ำเสีย สเปรย์กับเขม่าควันที่เกิดขึ้นขณะเผาขยะ จากนั้นน้ำชะไอเสียจะไหลลงไปยังบ่อรับน้ำเสียแล้วไหลผ่านต่อมายังบ่อกรองตะกอน และต่อจากนั้นจะทาการดึงน้ำขึ้นสเปรย์ใหม่ อย่างนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าน้ำที่บ่อน้ำดีจะขุ่นหรือมีสีดำจึงทำการเปลี่ยนน้ำ ส่วนหลักการทำงานใช้หลักการขยะเผาขยะ คือใส่ขยะแห้งเข้าเตาในปริมาณที่พอเหมาะจุดไฟที่ด้านล่างของเตา เมื่อเตาลุกไหม้จึงปั๊มน้ำเพื่อสเปรย์น้ำชะไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ขยะ ป้อนขยะเข้าเตาต่อไปเพื่อให้อุณหภูมิในเตาคงที่ แล้วสามารถป้อนขยะเปียกเข้าสู่ระบบงานต่อเนื่อง 8 ชั่วโมง ขยะที่เผาต้องทำการแยก ขยะเปียก แห้ง อันตราย รีไซเคิล ออกจากกันก่อน ขยะเปียกไม่ควรมีความชื้นสูงเกินไป เนื่องจากความร้อนในเตาลดลงและอาจดับได้ ฝุ่นละอองและเขม่าควันที่เกิดขึ้นจากห้องเผาไหม้ จะผ่านปล่องส่งแก๊สไปยังห้องลดมลพิษ และเขม่าจะถูกจับโดยเรียกว่าระบบเปียก (Wet Scrubber) ก่อนที่จะปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศต่อไป

ปิยะวิทย์ ทิพรส [35] โอโซน คือ สารชนิดหนึ่งที่ถูกผลิตจากออกซิเจนซึ่งมีอยู่ทั่วไปในอากาศ โดยใช้พลังงานไฟฟ้าหรือรังสีอัลตราโอเลท เปลี่ยนโครงสร้างทางเคมีของออกซิเจนจาก 2 อะตอม (O_2) ให้เป็น 3 อะตอม (O_3) ใน 1 โมเลกุล โอโซนถูกพบครั้งแรกในปีพ.ศ. 2383 โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน ชื่อว่า C. F. Schonbein ต่อมา ปีพ.ศ. 2431 ได้จดลิขสิทธิ์ชื่อว่า “ก๊าซโอโซน” สามารถละลายน้ำได้ดีมากที่อุณหภูมิต่ำและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในรูปสารละลายโอโซน

ที่มีสมบัติเป็นสารฆ่าเชื้อโรคในน้ำ จากหลักการดังกล่าว จึงพัฒนาเครื่องผลิตโอโซนจำหน่ายในเชิงการค้า โดยให้ก๊าซออกซิเจนผ่านกระแสไฟฟ้าบริเวณดิสชาร์จแกป (Discharge gap) ซึ่งเกิดจากการผลิตกระแสไฟฟ้าตรงบริเวณไดอิเลกตริก เซอร์เฟส (Dielectric surface) ทำให้ได้ก๊าซโอโซนออกมา การสลายตัวของโอโซนขึ้นกับค่า pH อุณหภูมิสูง และแสงอัลตราไวโอเลท ปฏิกิริยาการสลายตัวของโอโซนในทางเคมีเกิดขึ้นได้ 2 แบบคือ ปฏิกิริยาการสลายตัวทางอ้อม และปฏิกิริยาการสลายตัวทางตรง ปัจจุบันมีการนำโอโซนมาใช้ประโยชน์กันมากขึ้น ได้แก่ (1) ทำลายสารพิษ หรือสารชีวพิษ (2) ใช้เป็นสารออกซิไดซ์สารประกอบอินทรีย์ (3) ทำลายเซลล์จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค (4) ลดกลิ่นไม่พึงประสงค์ และ (5) กำจัดสีหรือฟอกสี ในปี พ.ศ. 2540 Dee Graham เป็นผู้รับรองให้ใช้โอโซนเป็นสารทำความสะอาดเครื่องมือ เครื่องจักร และบริเวณพื้นผิวในโรงงานแปรรูปอาหารและเป็นผู้ผลักดันให้โอโซนผ่านการรับรองจากกระทรวงเกษตรแห่งสหรัฐอเมริกา (USDA) ด้วยข้อกำหนดมาตรฐานที่เรียกว่า “โดยทั่วไปถือว่าปลอดภัย” (GRAS) จนกระทั่งเมื่อวันที่ 26 มิถุนายน 2544 สำนักงานคณะกรรมอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (U.S. FDA) ได้ยอมรับโอโซนทั้งในสถานะก๊าซและของเหลวอย่างเป็นทางการ กลไกการทำงานของโอโซนในการเพิ่มความขาวของผลิตภัณฑ์อาหารมีรายงานว่า การล้างเนื้อปลาด้วยน้ำที่ผสมโอโซน จะให้ค่าความสว่างและความขาวมากกว่าวิธีอื่น เนื่องจากการสูญเสียไมโอโกลบิน การฟอกสโดยใช้โอโซนนั้น โอโซนจะเข้าทำลายโครงสร้างของพอร์ไฟริน (Porphylin) ใน ไมโอโกลบิน (Myoglobin) และฮีโมโกลบิน (Heamoglobin) แต่โอโซนจะไปมีผลต่อการเกิดเจล ซึ่งสอดคล้องกับทดลองใช้โอโซนในการผลิตซูริมิเนื้อปลาแมคเคอเรล โอโซนจะออกซิไดซ์หมู่ซัลฟไฮดริลอิสระ (Free sulfhydryl group) บนโมเลกุลของโปรตีนก่อให้เกิดพันธะไดซัลไฟด์(Disulphide bond) นอกจากนี้ โอโซนยังสามารถออกซิไดซ์พันธะไดซัลไฟด์และเกิดเป็นกรดซีสเตอิก (Cysteic acid) หรือสามารถทำลายพันธะไดซัลไฟด์และเกิดเป็นกรดซัลโฟนิก (Sulphonic acid) ส่งผลทำให้เกิดการเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน นั่นคือ ทำให้ความสามารถในการเกิดเจลลดลง ส่วนการใช้โอโซนแก้ไขความขาวของเนื้อปลาฮอร์สแมคเคอเรล (Horse mackerel) โดยล้างเนื้อปลาด้วยโอโซนในน้ำกลั่น 1 ครั้ง ควบคุมอุณหภูมิน้ำล้าง ต่ำกว่า 5 ˚C ใช้เวลา10 - 20 นาที สามารถแก้ไขความขาวได้ เนื่องจาก โอโซนเป็นสารออกซิไดซ์อย่างแรง ซึ่งสามารถทำลายโครงสร้างของพอร์ไฟริน นอกจากนี้ ยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการแยกองค์ประกอบต่าง ๆ โดยการลอยตัวกับฟองอากาศ ดังนั้น เม็ดสีที่ละลายได้อาจถูกขจัดโดยการลอยตัวดังกล่าว ส่วนการทดลองล้างด้วยน้ำเย็นและการล้างโดยใช้สารละลายด่างต้องใช้เวลานาน หรือล้างหลายครั้งถึงจะแก้ไขความขาวได้ นอกจากนี้มีรายงานว่า การใช้โอโซนในการผลิตซูริมิสามารถแก้ไขความขาวได้โดยทดลองล้างเนื้อปลาแมคเคอเรล ใช้โอโซนปริมาณ 0.04 M ใน ซิเตรทบัฟเฟอร์ที่ค่า pH 3 เวลา 30 นาที ได้ค่าความขาวเพิ่มขึ้น รวมทั้งลดปริมาณไมโอโกลบินและปริมาณรงควัตถุทั้งหมด นอกจากนี้ การล้างเนื้อปลาโดยใช้

โอโซน ต้องคำนึงถึงปริมาณโอโซนที่ตกค้างอยู่ในน้ำ เพราะถ้าไม่พบปริมาณโอโซนตกค้างในน้ำก็จะไม่มีผลในการใช้งาน

ไพโรจน์ หอมอ่อน [36] น้ำเสียที่ปล่อยออกจากโรงงานผลิตแบตเตอรี่ซึ่งผ่านกระบวนการบำบัดทางเคมีโดยใช้สารละลายโซดาไฟ(NaOH) 50% พบว่ายังมีการปนเปื้อนของไอออนตะกัว_ (Pb2+) อยู่ส่วนหนึ่งซึ่งแสดงให้เห็นว่าแม้ปริมาณของไอออนนี้จะอยู่ในค่ามาตรฐานก็ตาม กระบวนการบำบัดทางเคมีไม่สามารถขจัดไอออนตะกัวออกจากน้ำเสียได้ 100% โอโซน (O_3) เป็นตัวออกซิไดส์ ที่รุนแรง และเนื่องจากคุณสมบัติข้อนี้ โอโซนจึงสามารถออกซิไดส์ไอออนของโลหะหนักที่เป็นพิษหลายชนิดได้เมื่อมีการแตกตัว งานวิจัยนี้จึงได้นำโอโซนมาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตแบตเตอรี่เพื่อลดการปนเปื้อนของไอออนตะกัวให้เหลือ 0% หรือลดให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้เพื่อรักษาสิ่งแวดล้อม ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณไอออนตะกั่วลดลงผกผันกับการเพิ่มความเข้มข้นของโอโซน (R2 = 0.84w) และเมื่อให้ปริมาณของโอโซนคงที่คือ 6 mg.O_3/hr. การเพิ่มเวลาโอโซนสัมผัสกับน้ำเสียทำให้ปริมาณไอออนตะกั่วลดลงแบบผกผัน (R2 = 0.8) ดังนั้นการบำบัดด้วยเทคโนโลยีโอโซนระบบพลาสมาความดันสูง จึงสามารถช่วยลดการปนเปื้อนของไอออนตะกั่วในน้ำเสียที่ปล่อยออกจากโรงงานผลิตแบตเตอรี่ได้ประมาณ 85.71%

เกษม ประดิษฐ์วัฒนกิจ [37] น้ำเสียจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง มีค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ค่อนข้างสูงซึ่งหากขาดการบำบัดที่ดีก็จะก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมได้ การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังด้วยเทคโนโลยีดีสชาร์จทางไฟฟ้า น้ำเสียจากมันสำปะหลังสำหรับทดสอบระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในงานวิจัยนี้มี 2 ส่วน คือ น้ำเสียจากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแล้ว ของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังในเขตจังหวัดนครราชสีมา 2 โรงงาน (บริษัท อุตสาหกรรมแป้งโคราช จำกัดและบริษัท เอี่ยมรุ่งเรืองอุตสาหกรรม จำกัด) และน้ำเสียจากมันสำปะหลังที่เตรียมขึ้นเอง การบำบัดมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ได้น้ำทิ้งผ่านมาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม น้ำเสียที่ใช้ทดสอบมีค่า COD อยู่ในช่วง 1339.53 - 1600.00 mg/L ส่วนค่า BOD อยู่ในช่วง 565.23 - 1003.14 mg/L จากการศึกษาพบว่าเมื่อน้ำเสียจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังผ่านระบบบำบัดด้วยเทคโนโลยีดีสชาร์จทางไฟฟ้า มีค่าเฉลี่ยของCOD อยู่ในช่วง 63.18 – 105.96 mg/L ส่วนค่าเฉลี่ยของ BOD อยู่ในช่วง 15.02 – 18.53 mg/Lซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานน้ำทิ้งของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมผลการวิจัยที่ได้ยืนยันประสิทธิผลของระบบที่ได้พัฒนาเป็นอย่างดี

คธาวุธ กาญจนเลขา [38] การศึกษาและการสร้างเครื่องผลิตก๊าซโอโซนแบบทรงกระบอกซ้อนแกนร่วมเพื่อใช้ในการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์บนพื้นผิวโดยอาศัยหลักการ ของการเกิดปรากฏการณ์โคโรนา ดิสชาร์จ โดยใช้แรงดันไฟฟ้า 6kV 50 Hz. จากการทดลองพบว่าเครื่องผลิตก๊าซโอโซนแบบ

ทรงกระบอกซ้อนแกนร่วมที่สร้างขึ้นนั้นมีประสิทธิภาพในการควบคุม และฆ่าเชื้อจุลินทรีย์บนพื้นผิวได้อย่างรวดเร็ว จากการใช้ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซโอโซนที่ผลิตได้ 561 ppm.เวลาในการให้โอโซนจาก 0-10 นาที พบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์จากทั้ง 5 เชื้อ ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 2 นาทีแรก หลังจากนั้นจะค่อยๆลดลงอย่างต่อเนื่อง และพบว่าที่เวลา 8 นาที ในการให้ก๊าซโอโซนกับเชื้อจุลินทรีย์จะมีเชื้อ *klebsiella bacillus* และ Spore ของ *bacillus* ถูกฆ่าตายจนหมด และพบว่าเชื้อ *Escherichia coli* ถูกฆ่าตายหมดที่เวลาครบ 10 นาที ส่วนเชื้อยีสต์นั้นจะมีจำนวนเซลล์ที่รอดชีวิตอยู่มีจำนวนน้อยมากโดยสังเกตจากจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้น

สุรพล บุญดวง [39] โอโซนเป็นก๊าซที่ไม่เสถียร มีอายุสั้น สลายตัวง่ายที่สภาวะบรรยากาศปกติ การนำโอโซนไปประยุกต์ใช้งานต่าง ๆ จึงต้องมีการผลิตโอโซนที่จุดใช้งาน ไม่สามารถบรรจุใส่ภาชนะเพื่อเก็บไว้ใช้ได้ ดังนั้นการผลิตโอโซนให้ได้ปริมาณมาก ๆ โดยใช้ต้นทุนต่ำจึงเป็นสิ่งพึงประสงค์ จากการทดลองผลิตโอโซน โดยหลอดผลิตโอโซนชนิดโคโรนาดิสชาร์จที่ศักย์ไฟฟ้า 2.5 kV ความถี่ 3.7 kHz โดยมีท่อสเตนเลส 2 ขนาด สวมร่วมแกนตามยาว และใช้ท่อแก้วไพเร็กซ์วางระหว่างกลางทำหน้าที่เป็นไดอิเล็กตริก ช่องว่างอากาศในส่วนที่เกิดการดิสชาร์จมีขนาด 1.2 mm และมีความยาว 200 mmจากการทดลองพบว่า โอโซนที่ผลิตได้โดยใช้ปั๊มลมที่ความดันใช้งาน 1 บรรยากาศ มีค่าสูงสุดเฉลี่ย 4.4 g/h ที่อัตราป้อนอากาศ 3.25 l/min เมื่อเปลี่ยนไปใช้ออกซิเจนบริสุทธิ์ (99.5%) จากถังออกซิเจนอุตสาหกรรมทั่วไปซึ่งหาได้ง่าย พบว่าอัตราการผลิตโอโซนสูงสุดเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 13.5 g/h ที่อัตราป้อนออกซิเจน 12.5 ถึง 27.5 l/min ที่ความดันใช้งาน 1 บรรยากาศได้ออกแบบและสร้างเครื่องผลิตโอโซน ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 3 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นหลอดผลิตโอโซน,ส่วนที่เป็นชุดจ่ายไฟแรงดันสูงและความถี่สูง และปั๊มลม หลอดผลิตโอโซนประกอบด้วยท่อสเตนเลส 2 ท่อ โดยมีท่อแก้วไพเร็กซ์วางระหว่างกลางซึ่งทำหน้าที่เป็นสารไดอิเล็กตริก โดยที่ช่องว่าอากาศที่จะเกิดการดิสชาร์จเท่ากับ 1.2 mm และมีความยาว 200 mm ทำการวัดอัตราการผลิตโอโซนเมื่อจ่ายไฟที่ความถี่คงที่เท่ากับ 3.7 kHz และอัตราการไหลของอากาศต่าง ๆกันตั้งแต่ 5 ถึง 50 l/min จากผลการทดลองพบว่าเครื่องผลิตโอโซนผลิตโอโซนสูงสุดเท่ากับ 4.3 g/h ที่อัตราการไหลของอากาศ 40 ถึง 45 l/min

Dragana Makajic-Nikolic et al. (2015) การจัดระบบการจัดการกากของเสียทางการแพทย์ที่มีประสิทธิภาพและเชื่อถือได้ถือเป็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญไม่เพียงแต่สำหรับสถาบันการดูแลสุขภาพ แต่สำหรับองค์กรและชุมชนในวงกว้างมากขึ้น ขยะทางการแพทย์ที่ผลิตในการดูแลสุขภาพเป็นของเสียประเภทพิเศษซึ่งหากได้รับการรักษาอย่างไม่เหมาะสมอาจทำให้เกิดอันตรายต่อภัยสุขภาพและความปลอดภัยได้มากสำหรับผู้คนและสิ่งแวดล้อม ในบทความนี้ผู้เขียนแนะนำโปรแกรมประยุกต์สำหรับการประเมินความเสี่ยงของการจัดการขยะมูลฝอยทางการแพทย์ในสถาบันสุขภาพที่ใหญ่ที่สุดในยุโรปตะวันออกเฉียงใต้ ศูนย์คลินิกเซอร์เบีย ใช้วิธีการวิเคราะห์ความ

ผิดพลาด (FTA) ในการประเมินเกี่ยวกับแง่มุมทั้ง 3 ด้านคือด้านการทำงานเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ การวิเคราะห์เชิงคุณภาพได้จัดให้มีโครงสร้างของระบบและชุดตัดน้อยที่สุดขณะที่การวิเคราะห์เชิงปริมาณตามการประเมินของผู้เชี่ยวชาญได้กำหนดความเป็นไปได้ที่จะเกิดเหตุการณ์พื้นฐานและเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น (การแพร่กระจายของเชื้อโรคด้วยขยะทางการแพทย์) ในที่สุดผลงานของ Birbaim เรื่อง RAW (Risk achievement worth), RRW (Risk reduction value) และมาตรการสำคัญของ Fusselle Vesely ได้จัดให้มีการจัดอันดับเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์เกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอยทางการแพทย์ ในบทความนี้เราได้เลือกแนวทาง FTA เนื่องจากสามารถวิเคราะห์ความเสี่ยงแต่ละประเภท (เช่นวิธีการประเมินความเสี่ยงที่ใช้ในการจัดการขยะทางการแพทย์ e FMEA, HACCP, PHA, CREA) แต่ยังเป็นการวิเคราะห์ความเสี่ยง ความสัมพันธ์และการพึ่งพาอาศัยกัน จากผลการทดลองเราได้ระบุความล้มเหลวขั้นพื้นฐานในระบบการจัดการขยะทางการแพทย์ซึ่งการป้องกันหรือบรรเทาผลกระทบมีอิทธิพลต่อการปรับปรุงระบบที่ใหญ่ที่สุด นอกจากนี้งานวิจัยที่นำเสนอในบทความนี้ได้ชี้ชัดว่าวิธีการและความสำคัญของมาตรการ FTA สามารถใช้ในการประเมินความเสี่ยงของเสียทางการแพทย์และควรนำมาพิจารณาในระบบการจัดการขยะทางการแพทย์ที่เหมาะสม

Elliott Steen Windfeld, Marianne Su-Ling Brooks (2015) งานวิจัยนี้เป็นศึกษาการจัดการขยะมูลฝอยรวมทั้งแหล่งที่อยู่อาศัยที่ใช้ร่วมกัน และกฎหมายที่ใช้บังคับ วิธีการจัดการและกำจัดขยะมูลฝอยใน ประเทศที่พัฒนาแล้วหลายแห่งมีกฎหมายด้านกากของเสียทางการแพทย์อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปมีคำแนะนำเล็กน้อยว่าวัตถุใดที่สามารถถูกกำหนดให้เป็นขยะติดเชื้อ ซึ่งการขาดความชัดเจนนี้มีทำให้การจัดเรียงขยะทางการแพทย์ที่ไม่มีประสิทธิภาพ จึงมีการเพิ่มปริมาณของเสียที่ได้รับการรักษาสำหรับเชื้อโรคโดยปกติจะทำโดยการเผา การวิจัยนี้เน้นว่าการจำแนกประเภทของขยะติดเชื้อและขยะมูลฝอยมีผลการต่อค่าใช้จ่ายในการกำจัดที่สูงขึ้น การเพิ่มผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่ไม่พึงประสงค์ การทบทวนนี้สรุปให้เห็นว่าการศึกษาขยะติดเชื้อทางการแพทย์และมาตรฐานขยะมูลฝอยเป็นหนทางสำคัญในการบริหารจัดการขยะมูลฝอยอย่างมีประสิทธิภาพที่สถานพยาบาลและต่อไปการวิจัยจำเป็นต้องมีแนวโน้มในการผลิตขยะทางการแพทย์ที่เพิ่มขึ้นด้วยการเพิ่มขึ้นของ GDP ทั่วโลก

Aikaterini Spiliotopoulou et al. (2018) ในการจัดการกับผลกระทบที่ไม่พึงประสงค์ของสารเคมีบำบัดในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โอโซนได้รับการเสนอให้เป็นทางเลือกในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ เพื่อให้มั่นใจถึงความปลอดภัยและการรักษาที่มีประสิทธิภาพจึงเป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดความต้องการโอโซนและจลนพลศาสตร์ของโอโซนของรูปแบบน้ำเฉพาะเพื่อหลีกเลี่ยงการใช้โอโซนเกินขนาด ปริมาณโอโซนที่แตกต่างกันถูกนำไปใช้กับน้ำในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำหมุนเวียน (RAS) ทำการทดลองศึกษาจลนพลศาสตร์และความต้องการของโอโซนและประเมินผลกระทบที่มีต่อคุณภาพน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เกี่ยวข้องกับสารอินทรีย์เรืองแสง การศึกษาครั้งนี้มี

วัตถุประสงค์เพื่อทำนายโอโซนที่เหมาะสมปริมาณสำหรับบำบัดน้ำเสียตามความต้องการโอโซนทุกวัน ผ่านการศึกษาในห้องปฏิบัติการ ปริมาณโอโซนเหล่านี้จะถูกนำไปใช้และรักษาไว้ที่ระดับเหล่านี้ในระดับ RAS ในระดับทดลองนำร่องเพื่อตรวจสอบการคาดการณ์ เลือกวัดค่าพารามิเตอร์คุณภาพน้ำ รวมถึงการเรืองแสงตามธรรมชาติและความเข้มข้นของสารอินทรีย์การเปลี่ยนแปลงระหว่าง ozonation ปฏิกิริยาของโอโซนถูกอธิบายโดยจลนพลศาสตร์อันดับหนึ่ง โดยธรรมชาติสสารได้รับการประเมินว่าเป็นความต้องการออกซิเจนทางเคมีและการเรืองแสงลดลง 25% (O_3 ต่ำ) 30% (กลาง) O_3) และ 53% (O_3 สูง) ในขณะที่การส่งผ่านน้ำดีขึ้น 15% ในช่วง 8 วัน สังเกตการไม่มีปลาตาย โดยรวมแล้วการศึกษานี้ยืนยันว่าโอโซนสามารถปรับปรุงคุณภาพน้ำ RAS ได้ความเข้าใจที่ดีขึ้นของกลไกการสลายตัวของโอโซนที่สามารถใช้เพื่อกำหนดโอโซนที่ปลอดภัยยิ่งขึ้นระยะการรักษาและการเรืองแสงนั้นสามารถใช้เป็นเครื่องมือตรวจสอบเพื่อควบคุมโอโซน การศึกษาครั้งนี้อาจใช้เป็นเครื่องมือในการออกแบบระบบโอโซนสำหรับ RAS เต็มรูปแบบโดยการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำจาก RAS เฉพาะในห้องปฏิบัติการ

Mingxiu Zhan et al. (2016) ไธโอยูเรียได้รับเลือกให้เป็นตัวแทนของ S- และ N-inhibitors แบบรวมและฉีดหลังจากการรวมตัวกันภายหลังโซนของเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนขนาดเต็มสองเครื่อง (MSWIs) โดยใช้เครื่องป้อนเฉพาะประการแรกเงื่อนไขการใช้งานได้รับการพิจารณาโดยการตรวจสอบความเข้มข้นของ SO_2, NH_3 และ HCl ในก๊าซไอเสียที่สะอาด การทดลองในการยับยั้งแสดงให้เห็นว่าใน MSWI ไธโอยูเรียสามารถลดก๊าซไอเสีย รวมได้ค่า I-TEQ 73.4% จาก 1.41 ng I-TEQ/Nm^3 เป็น 0.37 I-TEQ/Nm^3, ในเถ้าลอย 87.1% จาก 14.3 ng I-TEQ/g ถึง 1.84 I-TEQ/g และสัดส่วนการปล่อยไดออกซินรวม 87.0 wt.% โดยมี (S + N)/Cl molar อัตราส่วน 9.4 ประสิทธิภาพการยับยั้งของ PCDD/Fs ในก๊าซไอเสียและเถ้าลอยใน MSWI B อาจสูงถึง 69.2% และ 83.0% เมื่ออัตราส่วน (molar S + N)/Cl มีค่า 7.51 ยิ่งกว่านั้นการกระจายของไดออกซินซึ่งวิเคราะห์ในก๊าซไอเสียและเถ้าลอยก่อนและหลังการเติมไธโอยูเรียเพื่อหาสัญญาณกลไกการยับยั้ง นอกจากนี้เถ้าลอยที่กรองแล้วยังถูกสำรวจโดย Scanning Electron การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ (SEM) และเครื่องวิเคราะห์การกระจายพลังงาน (EDS) ของเถ้าลอย ผลลัพธ์เหล่านี้นำไปสู่ตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะและการปิดกั้นคลอรีนเพื่อความเป็นไปได้มากที่สุดถึงการยับยั้งมลพิษ

Barlow [28] เนื่องจาก O_3 มีเสถียรจึงมีแนวโน้มที่จะสลายตัวกลับเป็นก๊าซออกซิเจนได้ง่าย มีครึ่งชีวิต (Half-life) 12 ชั่วโมงในบรรยากาศ [3] และเพียง 20-30 นาที หากละลายอยู่ในน้ำ [40] หรือกล่าวได้ว่าการใช้ O_3 ไม่มีการตกค้างที่จะเป็นอันตรายใดเลย กระนั้นก็ตามพบว่าหากมนุษย์หายใจรับ O_3 ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ (>0.1 ppm) ทำให้ระบบทางเดินหายใจระคายเคือง, ปวดศีรษะ, คลื่นไส้, และอาเจียนได้ หรือหากได้รับที่ระดับความเข้มข้นสูง (> 6 ppm) จะเกิดภาวะปอด

บวมน้ำ (Pulmonary edema) ได้ [3] ส่งผลให้การสร้าง O_3 และเก็บไว้จะไม่สามารถทำได้ จึงต้องสร้างขึ้น ณ แหล่งที่จะใช้งานเลย วิธีการที่นิยมใช้ในการผลิตโอโซนในปัจจุบันมี 4 วิธี

1. Corona Discharge เป็นวิธีจาลองการเกิด O_3 ตามปรากฏการฟ้าผ่าในธรรมชาติ โดยใช้กระแสไฟฟ้าความต่างศักดิ์สูงทำลายโมเลกุลของ O_2 แล้วจึงลดพลังงานโมเลกุลลงเพื่อเอื้อให้เกิดการจับกันของโมเลกุลออกซิเจนอิสระ ได้เป็น O_3 ในที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 3 วิธีนี้นิยมใช้มากที่สุด เนื่องจากต้นทุนต่ำและสร้าง O_3 ได้มากพอในการใช้ประโยชน์เชิงการค้า

2. UV radiation เป็นวิธีจำลองการเกิด O_3 ในธรรมชาติกล่าวคือใช้รังสี UV ความยาวคลื่นสั้น โดยเฉพาะที่ 254 nm. ซึ่งจะมีพลังงานมากพอที่จะทำให้โมเลกุลของ O_2 ไม่เสถียรได้เป็นโมเลกุลออกซิเจนอิสระแล้วจึงสร้าง O_3 ได้ใหม่ วิธีนี้มีต้นทุนสูงและผลิต O_3 ได้น้อยกว่า

3. Electrolysis วิธีนี้ทำโดยให้กระแสไฟฟ้าวิ่งในตัวนำไฟฟ้าที่มีสถานะเป็นของเหลว (Electrolyte) เช่น น้ำ หรือ H_2SO_4 วิธีนี้ประสิทธิภาพในการผลิต O_3 ไม่ดียังต้องการ การพัฒนาต่อไป

4. Radiochemical ใช้สารกัมมันตรังสี (Radioactive) เป็นแหล่งพลังงานเพื่อแยกโมเลกุล O_2 เป็นวิธีที่ผลิต O_3 ได้ปริมาณมาก ต้นทุนต่ำ แต่ต้องมีการควบคุมความปลอดภัยที่ดีพอ

Chenglang Sun et al (2014) [41] การเกิดออกซิเดชันของโอโซน (O_3) ร่วมกับการบำบัดแบบเปียกเป็นวิธีการที่มีแนวโน้มสำหรับการกำจัด SO_2 และ NO_x ในก๊าซไอเสียไปพร้อม ๆ กัน ในการศึกษานี้ได้ทำการศึกษากระบวนการ โอโซนอ็อกซิเดชั่น ของ NO และ SO_2 รวมถึงการอยู่ร่วมกันของก๊าซเสียนั้นโดยใช้เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ IR แบบ ในประเทศจีน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นโอโซนและอุณหภูมิปฏิกิริยามีบทบาทสำคัญในกระบวนการ โอโซนออกซิเดชั่นของ NO ประมาณ 80°C เมื่ออัตราส่วน Inolar molar ของ O_3/NO น้อยกว่า 1, NO ถูกออกซิไดซ์เป็น NO_2 เป็นหลักในขณะที่อัตราส่วนมากกว่า 1, NO จะถูกออกซิไดซ์ต่อไปที่ NO_3, N_2O_5 และ HNO_3 NO_3 เป็นผลิตภัณฑ์ระดับกลางที่สำคัญสำหรับการก่อตัวของ N_2O_5 และ HNO_3 อย่างไรก็ตามปฏิกิริยาที่ตามมาของ NO_3 ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ด้วยการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่ทำปฏิกิริยาสูงกว่า100°Cความเข้มข้นของ NO_2 จะเพิ่มขึ้นในขณะที่ความเข้มข้นของ N_2O_5 และ HNO_3 ลดลง การเกิดออกซิเดชันของ SO_2 โดย โอโซนนั้นมีผลเล็กน้อยและ SO_2 มีอิทธิพลเพียงเล็กน้อยต่อการเกิดออกซิเดชันของ NO ในการออกซิเดชั่นทันทีพร้อมกันของ NO และ SO_2 ในที่สุดขึ้นอยู่กับผลลัพธ์ IR ในแหล่งกำเนิดกลไกการเกิดออกซิเดชันและแนวทางการเกิดปฏิกิริยาที่ได้ถูกกล่าวถึง

Zjup Wdse (2019) [42] ปริมาณขยะอันตรายในโลกกำลังเพิ่มขึ้นทุกปี เพื่อมีประสิทธิภาพในการกำจัดที่สูงขึ้นและลดมลภาวะ ต้องมีการศึกษาเทคโนโลยีการเผาขยะอันตรายต่อไป การศึกษางานวิจัยครั้งนี้ส่วนใหญ่จะทำการทบทวนความก้าวหน้าของงานวิจัยในเตาเผา,ตะกรัน

และการปลดปล่อยสารมลพิษในเตาเผาแบบหมุนในประเทศจีนและต่างประเทศในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา และทำการวิเคราะห์ให้ครอบคลุมเกี่ยวกับการประเมินผลการวิจัย โดยทำการพิจารณาจากตัวแปรมากที่เกี่ยวข้องในการเผาไหม้ ซึ่งในกระบวนการทางกฎหมายของการควบคุมเผาไหม้ไม่สามารถตรวจสอบได้ในเวลาที่มีข้อจำกัดจากการทดลอง ส่วนมากนักวิจัยมักใช้คอมพิวเตอร์ในการจำลองเพื่อทำนายและตรวจสอบกระบวนการเผาไหม้ในการทดลองและเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับอ้างอิงในการสร้างในระดับเชิงพาณิชย์ได้จากการวิเคราะห์ความคืบหน้าของงานวิจัยในเตาเผาแบบหมุน โดยสังเกตได้ว่าจากงานวิจัยพื้นฐานในเตาเผาแบบหมุนมีความสามารถในการเผาไหม้ได้ดี

Fawei Lin (2020) [43] เทคโนโลยีการบำบัดมลพิษก๊าซไอเสียแบบดังเดิมนั้นถูกติดตั้งด้วยฟังก์ชั่นการใช้งานแบบส่วนตัว ในระบบอุตสาหกรรมมักจะทำรวมกันอย่างง่าย ๆ และเพิ่มภาระการปฏิบัติงานของอุปกรณ์ที่ต้องเผชิญกับความกังวลด้านสิ่งแวดล้อมที่เข้มงวดและมาตรฐานการปล่อยไอเสียที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งแนวทางเทคนิคเหล่านี้ไม่สามารถใช้ได้กับหม้อไอน้ำและเตาเผาอุตสาหกรรมเนื่องจากเงื่อนไขเฉพาะเช่นอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมส่วนประกอบที่ซับซ้อนในก๊าซไอเสียและการทำงานที่ยืดหยุ่น การกำจัดสารมลพิษหลายชนิดพร้อมกันภายในหนึ่งหรือสองอุปกรณ์เป็นทิศทางในอนาคตที่สามารถประหยัดพื้นที่และค่าใช้จ่าย ที่น่าสนใจคือการละลายของ NO_x และปรอทจะเพิ่มขึ้นตามสถานะม่านแขวนและสารมลพิษอินทรีย์สามารถสลายตัวเป็นโมเลกุลขนาดเล็กที่ปลอดสารพิษโดยการออกซิเดชั่น โอโซนเป็นสารออกซิไดซ์ของก๊าซที่แรงซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นล่วงหน้าที่อุณหภูมิต่ำตามด้วยการดูดซับเพื่อกำจัดผลิตภัณฑ์ออกซิไดซ์อย่างสมบูรณ์ เอกสารนี้มุ่งเน้นไปที่ความก้าวหน้าของการวิจัยที่เกี่ยวข้องในการเป็นเนื้อเดียวกันและต่างกันออกซิเดชั่นเร่งปฏิกิริยาของ NO_x มลพิษอินทรีย์และสารปรอทเช่นเดียวกับ NO_x การดูดซึมโดยโอโซนเกี่ยวกับการกำจัดแนวทางแบบเต็มกลไกการเกิดปฏิกิริยา, จลนพลศาสตร์, พารามิเตอร์การทำงาน, ประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงและส่วนที่เหลือของโอโซนล้วนถูกสรุปไว้อย่างละเอียด เอกสารนี้ยังทบทวนวิธีการต่าง ๆ อย่างเป็นระบบในการเร่งปฏิกิริยาตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อปรับปรุงกิจกรรมตัวเร่งปฏิกิริยาหัวกะทิและความเสถียรรวมถึงอุณหภูมิที่ลดลงเช่นโลหะที่ใช้งานปริมาณการโหลดโลหะการสนับสนุนสารตั้งต้นและการดัดแปลงอื่น ๆ ในที่สุดเส้นทางเทคนิคโดยรวมของการกำจัดหลายมลพิษพร้อมกันโดยโอโซนถูกวิเคราะห์ กล่าวโดยสรุปเทคโนโลยีโอโซนออกซิแดนท์มีศักยภาพในการปล่อยมลพิษต่ำไอเสียรวมถึงอุณหภูมิต่ำที่สำคัญไม่มีการปรับเปลี่ยนรูปแบบในการทำงานและอุปกรณ์ดั้งเดิมอีกทั้งประหยัดพื้นที่และไม่มีมลพิษทุติยภูมิการกู้คืนแหล่ง N/S และมีศักยภาพในการปล่อยมลพิษต่ำ

จากแนวคิด ทฤษฎีและจากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การเผาไหม้ทำลายมูลฝอยติดเชื้อด้วยความร้อนด้วยเตาเผาแบบหมุนส่งผลทำให้เกิดมลพิษทางอากาศที่ออกจากปล่องระบายของเตาเผาขยะโดยเกิดก๊าซมลพิษดังนี้ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ไนโตรเจนออกไซด์ (NO และ NO_2) คาร์บอนมอโนไซด์ (CO) ไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl) และความหนาแน่นของควัน (smoke density)

และก๊าซพิษอื่น ๆ โดยฉะเพราะอย่างยิ่งสารไดออกซินถ้ามนุษย์ได้รับในปริมาณที่สูงในระยะแรกๆ จะเกิดการทำลายที่ผิวหนัง เช่น เป็นผื่น และไหม้ดำขึ้น จากนั้นจะมีผลกระทบต่อการทาหน้าที่ของตับในระยะยาวต่อมาและมีผลกระทบต่อการทำหน้าที่ของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย ระบบประสาท ระบบต่อมไร้ท่อและระบบสืบพันธุ์ ถ้าได้รับสารไดออกซินเป็นระยะเวลานาน ๆ จะทำให้เกิดมะเร็งได้หลายชนิด นอกจากไดออกซินแล้วยังมีแก๊สพิษชนิดอื่นอีกมากที่ต้องบำบัดจากเตาเผาขยะชุมชนก่อนปล่อยออกจากปล่องควันเข้าสู่สิ่งแวดล้อม [1]

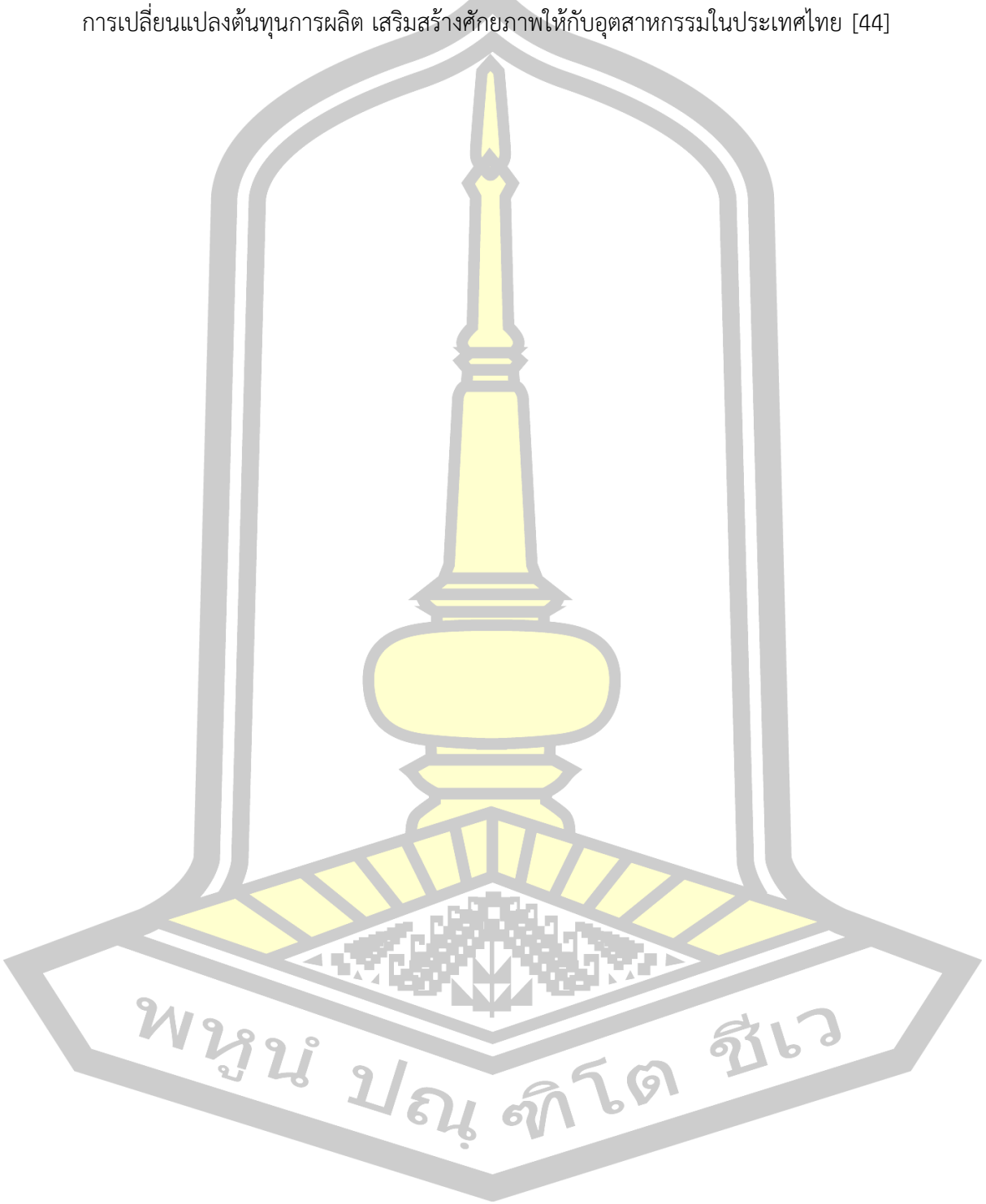
จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาแนวทางที่จะแก้ปัญหาและข้อจำกัดต่าง ๆโดยในงานจะมีการออกแบบระบบและเครื่องมืออุปกรณ์ที่เหมาะสมเพื่อเป็นต้นแบบอุปกรณ์สำหรับการทดลองที่ถูกสุขลักษณะการผลิตที่ดี ด้วยการวิจัยทดลองเพื่อนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์โดยยึดหลักประหยัดค่าใช้จ่ายในการสร้างระบบบำบัดมลพิษอากาศให้ได้ค่าต่ำกว่ามาตรฐานมลพิษที่กฎหมายกำหนด ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและแก๊ส หลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีที่มีผลตกค้างหลังจากที่ใช้บำบัด จึงได้ทำการศึกษาวิจัยโดยใช้ระบบจับฝุ่นด้วยหยดน้ำหรือสครับเบอร์ (wet scrubber) ร่วมกับการออกซิไดส์ด้วยโอโซน (ozone oxidation) เนื่องจาก สครับเบอร์เป็นเครื่องมือที่มีองค์ประกอบที่มีประสิทธิภาพดีในการบำบัดฝุ่นละอองและควบคุมอุณหภูมิก๊าซไอเสียบางส่วน ส่วนแก๊สพิษอื่นๆ สครับเบอร์ไม่สามารถกำจัดได้หมด ต้องมีวิธีอื่นเข้ามาช่วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดกลิ่นและแก๊สพิษ สำหรับกระบวนการออกซิไดส์นั้นได้เลือกใช้เทคโนโลยีโอโซน (O_3) เป็นตัวออกซิไดส์ (oxidizing agent) โดยผลิตจากเครื่องกำเนิดโอโซน (ozone generator) ชนิดโคโรนาดิสชาร์จ (corona discharge) ซึ่งจะใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยมาก อีกทั้งไม่ต้องใช้สารเคมีอื่นเข้ามาช่วยบำบัดและสะดวกต่อการใช้งานตัวอย่างการเกิดปฏิกิริยาการออกซิไดส์ด้วยโอโซน เพื่อกำจัดซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไฮโดรเจนซัลไฟด์ ดังสมการที่ (2.10) และ (2.11) จากปฏิกิริยาพบว่าแก๊สดังกล่าวถูกออกซิไดส์ด้วยโอโซนกลายเป็นกรดซัลฟิวริก ซึ่งสามารถบำบัดได้ง่ายเมื่อไหลปนมากับน้ำจากสครับเบอร์

$$3SO_2 + 3H_2O + O_3 \longrightarrow 3\ H_2SO_4 \qquad (2.10)$$

$$3H_2S + 4O_3 \longrightarrow 3\ H_2SO_4 \qquad (2.11)$$

แนวทางการวิจัยดังกล่าวจะสามารถแก้และตอบโจทย์ให้กับอุตสาหกรรมในทุก ๆ ด้าน และที่สำคัญที่สุด คือการประยุกต์ใช้วิธีการนี้จะเป็นการแก้ปัญหาการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ที่มีปริมาณสูงเกินมาตรฐานเชิงป้องกัน (Preventive measures) แทนการแก้ไขปัญหา (Corrective approach) ที่ปลายเหตุดังพบเห็นได้ในสื่อทั่วไปเมื่อเกิดการแพร่ระบาดที่บานปลายแล้ว และยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการบาบัดน้าทิ้งระหว่างกระบวนการผลิตให้สามารถนำวัตถุดิบระหว่าง

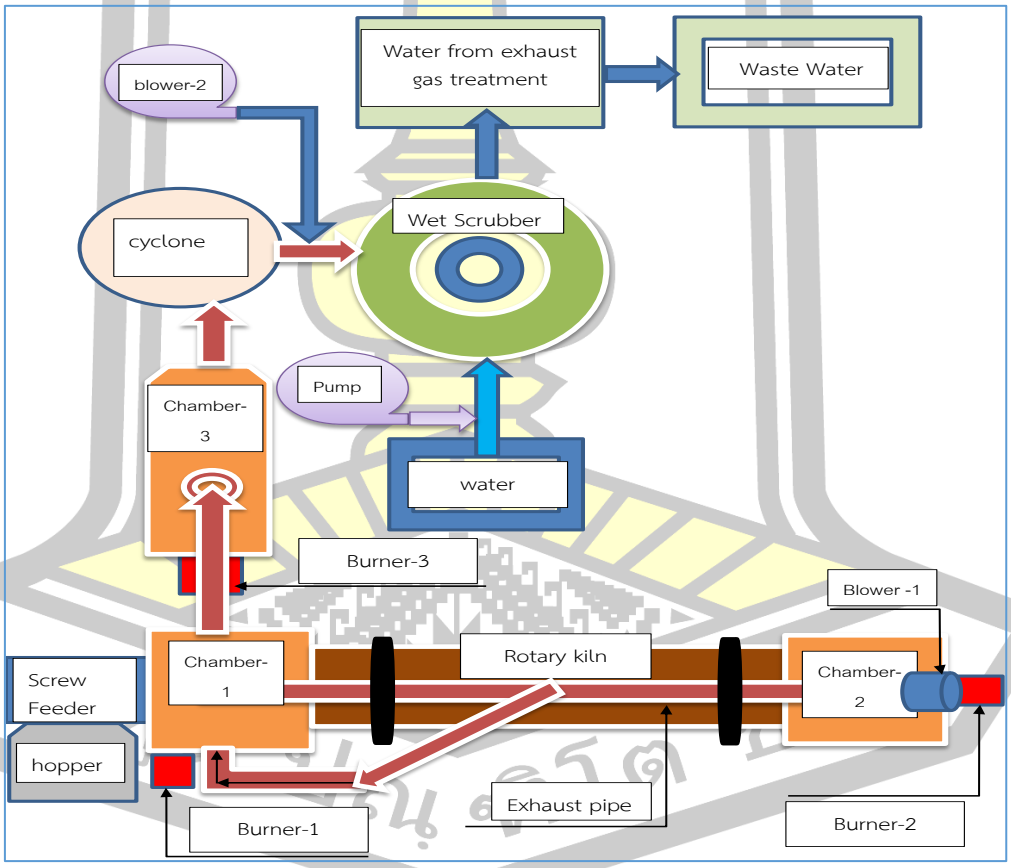
ผลิตกลับมาใช้ใหม่เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นการลดต้นทุนของทางโรงงาน เทคโนโลยีใหม่นี้จะเป็นอีกตัวอย่างหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงที่มีผลกระทบต่อเทคโนโลยีการผลิตและทาให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต้นทุนการผลิต เสริมสร้างศักยภาพให้กับอุตสาหกรรมในประเทศไทย [44]



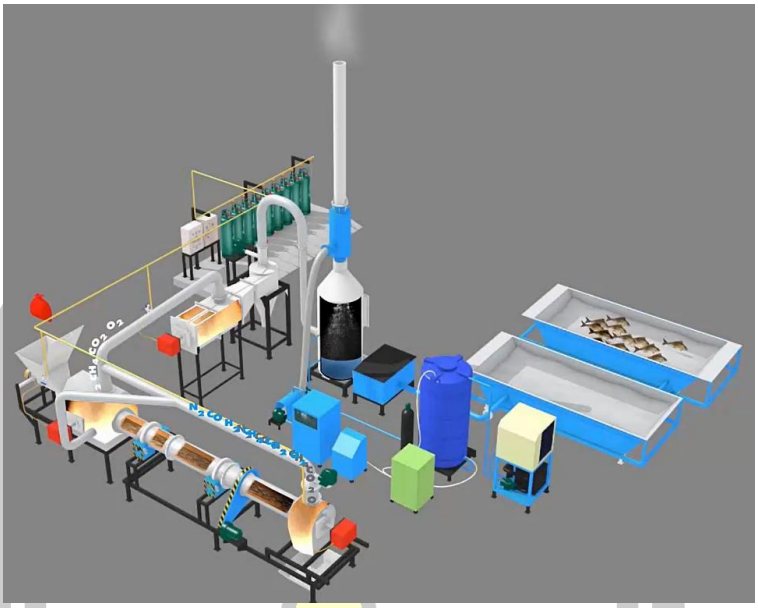
บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องเผาขยะแบบหมุนที่ใช้ในการทดลองนั้นถูกพัฒนาและปรับปรุงจากเตาเผาไหม้ต้นแบบของประเทศญี่ปุ่น เพื่อให้ระบบเตาเผาทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดขยะติดเชื้อและกำจัดสารมลพิษที่จะเกิดขึ้นจากระบบ จึงได้มีการปรับปรุงให้เตาเผามีระบบการกำจัดสารมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ ซึ่งระบบเตาเผาขยะติดเชื้อที่จะปรับปรุงและพัฒนาขึ้นนี้ประกอบไปด้วย ส่วนต่าง ๆ ดังแสดงในภาพประกอบ 19 และ 20 บอกถึงรายละเอียดและหลักการทำงานของส่วนประกอบต่าง ๆ



ภาพประกอบ 19 หลักการทำงานของเผาขยะแบบหมุน



ภาพประกอบ 20 ส่วนประกอบหลักของเครื่องเผาขยะ

ส่วนประกอบของเครื่องจักรและหน้าที่การทำงานหลักๆในแต่ละขั้นตอนได้ถูกกำหนดให้มีรายละเอียดที่เกี่ยวข้องดังแสดงในตารางที่ 14

ตาราง 14 ส่วนประกอบและหลักการทำงานของระบบเตาเผามูลฝอย

ส่วนประกอบของระบบเตาเผา	**การทำงานของระบบ**
1. ห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง	ขยะที่ต้องการเผาป้อนเข้ายังประตูที่อยู่ด้านหน้าของห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง ซึ่งมีอุณหภูมิในการเผาไหม้อยู่ในช่วง 700-1,200 องศาเซลเซียส และมีระบบเติมอากาศเข้าไปยังห้องเผาไหม้ที่หนึ่งอยู่ทางด้านซ้ายและด้านขวาของห้องเผาไหม้นี้
2. พัดลมเติมอากาศห้องเผาไหม้	พัดลมเติมอากาศห้องเผาไหม้มีหน้าที่ในการนำอากาศเข้าไปยังห้องเผาไหม้ โดยอากาศจะไหลผ่านท่อทางด้านหน้าและด้านหลัง และสามารถปรับปริมาณอากาศทั้งสองด้านให้เท่ากันได้
3. ห้องเผาไหม้ที่สอง	ห้องเผาไหม้นี้จะเป็นห้องเผาไหม้แก๊สเสียรอบที่สองเพื่อเพิ่มการทำลายแก๊สมลพิษ เช่น ไดออกซิน และฟูแรน โดยมีระดับอุณหภูมิสูงมากกว่า 850-1,200 องศาเซลเซียส เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดแก๊สมลพิษ หลังจาก

ส่วนประกอบของระบบเตาเผา	การทำงานของระบบ
	นั้นแก๊สเสียที่เหลือก็จะไหลไปยัง
4. ไซโคลนไซโคลนเพื่อดักจับฝุ่น	ไซโคลนมีหน้าที่ดักฝุ่นที่มีขนาดเล็กให้ตกลงสู่ด้านล่างของไซโคลนและแก๊สเสียจะไหลขึ้นด้านบนของไซโคลนที่เป็นท่อไปและจะถูกเพิ่มแรงดันของอากาศด้วยพัดลมแรงดันสูง
5. พัดลมแรงดัน	พัดลมแรงดันสูงขนาด 0.5 แรงม้า จะช่วยเพิ่มแรงดันให้กับแก๊สหลังเผาไหมที่ออกจากไซโคลนไปยัง Scrubber
6.Wet scrubber	แก๊สหลังจากการเผาไหม้ก็จะมีละอองฝุ่นที่ผ่านจากไซโคลนมาและแก๊สมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้จะไหลเข้าด้านข้างของถังเหนือน้ำและไหลผ่านขึ้นไปยังแผงรังผึ้ง (Cooling Pad) สวนทางกับละอองน้ำที่มีอุณหภูมิ 20–25 องศาเซลเซียส ที่ถูกฉีดสเปรย์จากด้านบนผ่านไปยังใบบังคับทิศทางไปยังถ่านกัมมันต์ เพื่อดูดซับแก๊สที่มีพิษและกลิ่นไว้ เช่น เมทิลซัลไฟด์
7. ปล่องระบายแก๊สหลังการเผาไหม้	ปล่องระบายแก๊สหลังการเผาไหม้จะมีจุดตรวจวัดอยู่สูงขึ้นไป 10 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง เพื่อทำการวัดปริมาณและคุณภาพของแก๊สหลังการกำจัดออกไปยังสิ่งแวดล้อม เนื่องจากระบบที่มีความร้อนจากการเผาไหม้เพื่อเป็นการลดมลพิษและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจำเป็นจะต้องใช้น้ำเย็นเพื่อบำบัดแก๊สมลพิษ
8. บ่อพักน้ำเย็น	บ่อพักน้ำเย็นสำหรับฉีดไปยังหัวฉีดใน Scrubber โดยผสมกับน้ำเดิมหลังจากรังความร้อนและแก๊สพิษมีการปรับการผสมด้วยประตูน้ำก่อนเข้าทางดูดของปั้มดูดน้ำเย็น หลังจากนั้นน้ำอุ่นบางส่วนเมื่อจะถูกระบายไปพักน้ำอุ่นต่อไป
9. บ่อพักน้ำอุ่น	บ่อพักน้ำอุ่นที่รับความร้อนและมลพิษจากแก๊สเสียหลังเผาไหม้ ส่วนเศษฝุ่นตะกอนจะตกลงสู่ด้านล่างของบ่อพักและระบายออกทิ้งส่วนน้ำที่สะอาดจะถูกดึงเข้าไปยังเครื่องทำน้ำเย็น
10. เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)	เครื่องทำน้ำเย็นเพื่อป้อนไปยังถังพักน้ำเย็นก่อนฉีดเข้าไปยัง Scrubber รับเมื่อรับโหลดความร้อนแล้วหมุนเวียนเข้ามาเพื่อเพิ่มความเย็นให้กับน้ำอีกครั้ง

3.2 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดลอง

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่างขยะติดเชื้อ ประกอบด้วย ขยะที่ปนเลือด สารคัดหลั่ง หรือ จุลชีพ เช่น กระดาษชำระในห้องน้ำ เข็มเจาะเลือด หลอดทดลองหรือภาชนะเลี้ยงเชื้อ โดยขอบเขตของงานวิจัยนี้จะเป็นการนำขยะติดเชื้อจากถุงบรรจุใส่(ถุงพลาสติกสีแดง)มาแล้วเรียบร้อยและจะนำไปตรวจชั่งน้ำหนัก หลังจากนั้นก็เข้าสู่เตาเผาขยะและเริ่มทำการทดลองกับระบบโอโซนขนาด 100 g/hr. ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ ดังแสดงในตารางที่ 15

ตาราง 15 ขั้นตอนการทดลอง

ลำดับ	รายละเอียดขั้นตอนการทดลอง
1	การเตรียมขยะมูลฝอยติดเชื้อจากโรงพยาบาล
2	ศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของขยะติดเชื้อ
3	ออกแบบระบบเทคโนโลยีโอโซนเพื่อทดสอบประสิทธิภาพ
4	ศึกษาการออกแบบเงื่อนไขการทดลองหลังการติดตั้งใช้เทคโนโลยีระบบโอโซน
5	ศึกษาตัวแปรความสัมพันธ์ที่มีผลต่อความเข้มข้นโอโซน
6	ศึกษามลพิษด้านสิ่งแวดล้อมทั้งทางอากาศและน้ำ
7	การวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อประเมินมลพิษด้านสิ่งแวดล้อมของระบบโอโซน

3.2.1 การเตรียมขยะติดเชื้อ สำหรับการเผาทดสอบ

ขยะถุงแดงเป็นถุงที่ผลิตจาก Polypropylene มีคุณสมบัติ แข็งแรง ทนทานต่อการรั่วซึม และการเจาะทะลุอุณหภูมิใช้งานปกติที่ 134 องศาเซลเซียส หรือ 274 องศาฟาเรสไฮท์ สามารถทนอุณหภูมิได้สูงสุดถึง 140 องศาเซลเซียส หรือ 285 องศาฟาเรสไฮท์มีความหนา 2 มิลลิเมตรพร้อมกับสายรัดปิดปากถุง ที่มีความยืดหยุ่น ทนต่ออุณหภูมิ autoclaving และขยายเพื่อให้การระบายของไอน้ำผ่านมาตรฐานการทดสอบความทนทาน ของ Dart Impact Resistance Test of 165g, ASTM D1709-85 พิมพ์ด้านหน้าของถุงเป็นสัญลักษณ์ และตัวอักษร BIOHAZARD เป็นภาษาอังกฤษ ตามมาตรฐาน OSHA standard 29 CFR1910.1030 ดังแสดงในภาพประกอบที่ 21 และ 22

ภาพประกอบ 21 ถุงขยะมูลฝอยติดเชื้อ

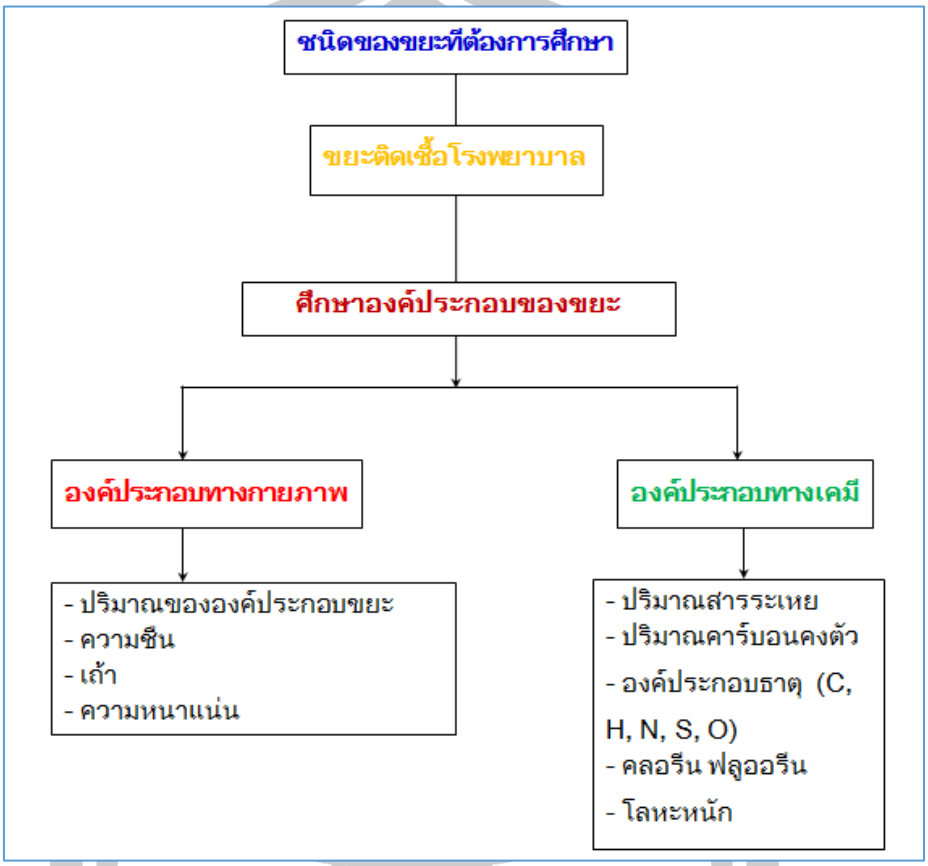
ภาพประกอบ 22 ขยะมูลฝอยติดเชื้อ

ในการจำแนกประเภทของขยะในต่างประเทศ (The American Public Works Association: *APWA*) พบว่าขยะมูล ฝอยสามารถแบ่งออกเป็น 7 ชนิด ตามชนิดของขยะจะบอกถึงค่าความชื้น องค์ประกอบของวัสดุที่เผาไหม้ไม่ได้ และให้ค่าความร้อน ขยะมูลฝอยติดเชื้อเป็นชนิดขยะ Type 4 องค์ประกอบหลักเป็นขยะที่ได้มาจากของเสียจากมนุษย์และสัตว์ เช่น ซากศพและอวัยวะต่าง ๆ ซึ่งมีความชื้น เป็นองค์ประกอบถึง 85% มีวัสดุที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ 5% และมีค่าความร้อนประมาณ 10,000 BTU [2]

3.2.2 การศึกษาองค์ประกอบและคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะติดเชื้อจากโรงพยาบาล

ตัวอย่างขยะที่นำมาศึกษานั้นมีความสำคัญมากเนื่องจากเป็นตัวแปรที่มีผลต่อการเผาไหม้ทำลาย และมีผลต่อการเกิดสารมลพิษต่าง ๆ ดังนั้นก่อนทำการเผาจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์

องค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมีของขยะเหล่านั้นก่อน โดยพารามิเตอร์ที่จะศึกษาดังแสดงในภาพประกอบ 23



ภาพประกอบ 23 แผนผังแสดงการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี

1) การหาองค์ประกอบ (Composition) ของขยะติดเชื้อจากโรงพยาบาล โดยการคัดเลือกขยะแต่ละประเภท แล้วชั่งน้ำหนักและบันทึกข้อมูลขยะมูลฝอยติดเชื้อแต่ละประเภท

2) ความชื้น (Moisture) คือ เปอร์เซ็นต์ของน้ำต่อน้ำหนักวัสดุ

3) เถ้า (Ash) คือปริมาณเถ้าที่มีอยู่ในขยะ ภายหลังการเผา

4) ความหนาแน่น วิธีการทดลองคือนำขยะมาจัดเรียงให้ชิดกันที่สุดในภาชนะขนาด 50 x 50 x 50 cm นำไปชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกผล ค่ามวลของตัวอย่างต่อหน่วยปริมาตรที่แน่นอน

5) ปริมาณสารระเหย (Volatile matter) คือปริมาณสารระเหยที่มีอยู่ในขยะ ซึ่งปริมาณสารระเหยในขยะสามารถนำมาเป็นข้อมูลเพื่อคาดคะเนองค์ประกอบอื่น ๆ ของเชื้อเพลิงได้เช่นเดียวกัน เช่น ถ้ามีปริมาณสารระเหยสูง ก็มีแนวโน้มที่ขยะจะมีค่าความร้อนสูงเกิดผลิตภัณฑ์แก๊ส

ที่เผาไหม้ได้สูง แต่ปริมาณของคาร์บอนคงตัวจะต่ำ ตามลำดับ โดยวิธีการวิเคราะห์อ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D3175

6) ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon) คือปริมาณองค์ประกอบคาร์บอนที่มีอยู่ในขยะ ซึ่งปริมาณคาร์บอนคงตัวในขยะสามารถนำมาเป็นข้อมูลเพื่อคาดคะเนองค์ประกอบอื่นๆ ของเชื้อเพลิงได้เช่นเดียวกัน เช่น ถ้ามีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูง ก็มีแนวโน้มที่จะให้ผลได้ของถ่านชาร์สูง เป็นต้น โดยใช้วิธีการคำนวณจากผลต่างระหว่าง ความชื้น เถ้า และปริมาณสารระเหย [16]

7) การศึกษาองค์ประกอบของปริมาณธาตุในตัวอย่าง โดยการวิเคราะห์แบบแยกธาตุ (Ultimate analysis) เพื่อหาปริมาณธาตุ คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ปริมาณธาตุ เครื่องมือวัดการดูดกลืนแสงของอะตอม (atomic absorption spectrophotometer, AAS) ที่มีความถูกต้องและมีความแม่นยำสูง อีกทั้งยังสามารถวิเคราะห์ที่มีปริมาณน้อย ๆ ได้ดี

8) การศึกษาสมบัติแบบประมาณ (Proximate Analysis)

- ความชื้น (Moisture) คือเปอร์เซ็นต์ของน้ำต่อน้ำหนักวัสดุ ความชื้นมีผลโดยตรงต่อปฏิกิริยาการเผาไหม้และคุณภาพของแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ เชื้อเพลิงที่มีขนาดความชื้นต่ำยิ่งจะเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบผลิตแก๊สได้มากขึ้นเท่านั้น โดยวิธีการวิเคราะห์อ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D3173

9) การศึกษาสมบัติทางเคมี (Chemical composition)

-การศึกษาองค์ประกอบของปริมาณธาตุในตัวอย่าง โดยการวิเคราะห์แบบแยกธาตุ (Ultimate Analysis) เพื่อหาปริมาณธาตุ คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ปริมาณธาตุ (CHNS Elemental Analyzer) รุ่น Analyzer CHNS-932 ซึ่งเป็นเครื่องมือวิเคราะห์แบบอัตโนมัติสำหรับหาปริมาณของธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ ส่วนธาตุออกซิเจนใช้วิธีการคำนวณโดยหาจากผลต่างของธาตุ

3.2.3 ออกแบบระบบเทคโนโลยีโอโซนเพื่อทดสอบประสิทธิภาพเมื่อประยุกต์ใช้กับเตาเผาแบบหมุน

3.2.3.1 เครื่องผลิตโอโซนขนาด 100 กรัมต่อชั่วโมง

ในงานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์พัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีให้ถูกต้องเป็นไปตามระบบวิศวกรรมโดยนำหลักการทางพลังงานไฟฟ้า ที่เรียกว่าปรากฏการณ์ โคโรนา ดิสชาร์จ (Corona discharge phenomena ; CD ozone) เป็นการให้ก๊าซออกซิเจนแห้งและบริสุทธิ์ผ่านเข้าไปในสนามไฟฟ้า (Electrical field) หลายพันโวลท์ ทั้งชนิดความถี่ต่ำ (50 Hz - 100 Hz) ความถี่ปานกลาง (100 Hz -1,000 Hz) และความถี่สูง (1,000 Hz ขึ้นไป) ที่บริเวณ Discharge gap ซึ่งเกิดจาก

การผลิตกระแสไฟฟ้าที่บริเวณ Dielectric surface ณ สนามไฟฟ้าแห่งนี้มีผลให้ก๊าซออกซิเจนในอากาศแตกกระจายออกเป็นออกซิเจนอะตอม (O^-) ที่มีความคงตัว และรวมตัวกับก๊าซออกซิเจนโมเลกุลอื่น ได้เป็นก๊าซโอโซนออกมาด้วยความเข้มข้นสูง ตั้งแต่ 1%-10% โดยน้ำหนัก สามารถนำไปใช้บำบัดน้ำและอากาศได้อย่างดีขนาดเครื่องมีตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ซ (ระดับมิลลิกรัม ถึง ระดับกิโลกรัม ต่อ ชั่วโมง) [45] โดยการออกแบบงานติดตั้งเครื่องผลิตโอโซนเพื่อประยุกต์ใช้กับเตาเผาขยะแบบหมุน โดยวิธี Corona Type คือการถ่ายประจุไฟฟ้าแบบ Silent Spark (corona) ความต่างศักย์ (5,000 – 10,000 โวลท์) ผ่านก๊าซออกซิเจนหรืออากาศที่มีความชื้นต่ำ การผลิตโอโซนด้วยวิธีนี้จะให้ปริมาณโอโซนสูงถึง 96.4% ซึ่งมากกว่าวิธี Photozone อีกทั้งยังให้องค์ประกอบอื่น ๆ เพียง 3.6 เปอร์เซ็นต์ แต่อากาศที่ใช้ต้องปราศจากความชื้น เนื่องจากความชื้น อาจมีผลในการลดปริมาณโอโซนที่ควรผลิตได้และเป็นสาเหตุให้เกิดไอน้ำเกาะอยู่ภายในเครื่อง ซึ่งก่อให้เกิดสนิม ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังตารางที่ 16

ตาราง 16 ส่วนประกอบโอโซน

ส่วนประกอบของระบบโอโซน	**การทำงานของระบบ**
1. เครื่องผลิตออกซิเจน	มีหน้าที่ผลิตออกซิเจนมีความบริสุทธิ์มากกวา ˙ 90% เพื่อจ่ายให้แก่เครื่องโอโซน Oxygen concentration: 90% ± 3% Power consumption: 550 Watt Max. Oxygen flow rate: 10 LPM Build in oil free air compressor 220V/50Hz
2.เครื่องโอโซน	มีหน้าที่ผลิตก๊าซโอโซน Brand Name: Zumozone Model: OZ100G/H Serial number: OZ 160726616 Max. Capacity:100 g/hr. Ozone concentration: 100-160 g/Nm3. Type of ozone cell cooling: water 220 V, 50 Hz. Spec ozone ที่ใช้ทดสอบ (โอโซนละลายน้ำที่ความเข้มข้น 0.01,0.4 ppm. สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ถึง 99% ภายใน 1,4 นาที) ตามลำดับ
3.ชุดผสมก๊าซโอโซนลงน้ำ	มีหน้าที่ผสมก๊าซโอโซนที่ได้จากเครื่องโอโซนลงน้ำ Flow rate Mixing: 65 L/min Mixing Unit: 2 Tube Pump: Centrifugal Pump 1 HP 220 V, 50 Hz.

ส่วนประกอบของระบบโอโซน	การทำงานของระบบ
หลอดกำเนิดโอโซน	ทำหน้าที่ผลิตโอโซน มีหลายขนาดตามความต้องการในการใช้งาน มีตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ซ (ระดับมิลลิกรัม ถึง ระดับกิโลกรัม ต่อ ชั่วโมง) ชนิด (Cold corona discharge tube)
5.ระบบ Ventury injector	ทำให้สามารถดูดก๊าซโอโซนในปริมาณที่ต้องการได้ เมื่อใช้น้ำดันผ่าน Ventury injector ต้องเลือกขนาดและแรงดันของเครื่องสูบน้ำให้เหมาะสมกับขนาดของ Ventury injector
6. เครื่องทำความเย็น ชิลเลอร์ (Chiller)	ทำหน้าที่อาศัยน้ำเป็นตัวนำพาความเย็นไปยังห้องหรือจุดต่าง ๆ โดยน้ำเย็นจะไหลไปยังเครื่องทำลมเย็น (Air Handling Unit : AHU หรือ Fan Coil Unit : FCU) ที่ติดตั้งอยู่ในบริเวณที่จะปรับอากาศ

ส่วนประกอบในการทำงานของระบบโอโซน

(1) เครื่องผลิตออกซิเจน มีหน้าที่ผลิตออกซิเจนมีความบริสุทธิ์มากกวา ่ 90% เพื่อจ่ายให้แก่เครื่องโอโซน Oxygen concentration: 90% ± 3% Power consumption: 550 Watt Max. Oxygen flow rate: 10 L/min Build in oil free air compressor 220V/50Hz ตามภาพประกอบ 24

ภาพประกอบ 24 เครื่องผลิตออกซิเจน

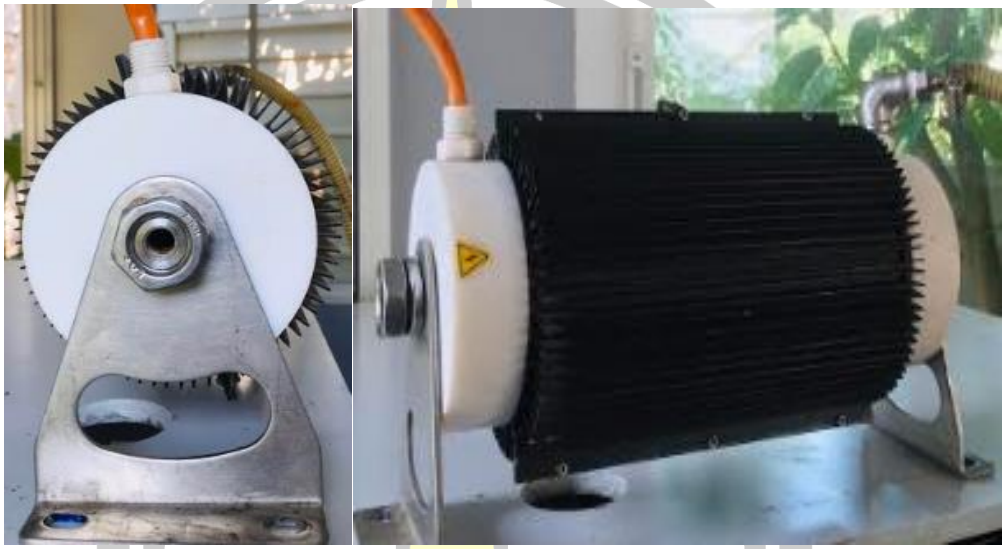
(2) เครื่องโอโซน มีหน้าที่ผลิตก๊าซโอโซน Brand Name: Zumozone Model: OZ100G/H Serial number: OZ 160726616 Max. Capacity:100 g/hr. Ozone concentration: 100-160 g/Nm^3. Type of ozone cell cooling: water 220 V, 50 Hz.

ภาพประกอบ 25 เครื่องโอโซน

(3) ชุดผสมก๊าซโอโซน (Mixing Unit) มีหน้าที่ผสมก๊าซโอโซนที่ได้จากเครื่องโอโซนลงน้ำ Flow rate Mixing: 65 L/min Mixing Unit: 2 Tube Pump: Centrifugal Pump 1 HP 220 V, 50 Hz.

ภาพประกอบ 26 ชุดผสมก๊าซโอโซน

(4) หลอดกำเนิดโอโซน สำหรับสร้างโอโซนสามารถออกแบบได้ตามความเหมาะสมต่อการใช้งานจริงหรือสามารถสั่งซื้อได้ตามบริษัทผู้ผลิตดังแสดงตามภาพประกอบ 27

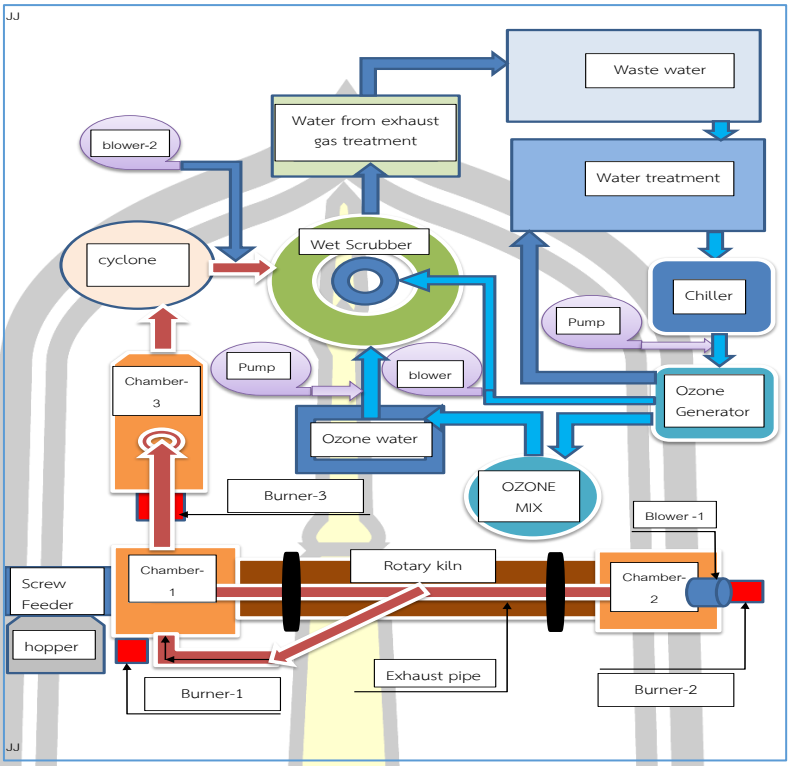


ภาพประกอบ 27 หลอดกำเนิดโอโซน

3.2.3.2 การพัฒนาอุปกรณ์สำหรับนำเครื่องผลิตโอโซนไปติดตั้งประยุกต์ใช้กับเตาเผาขยะแบบหมุน

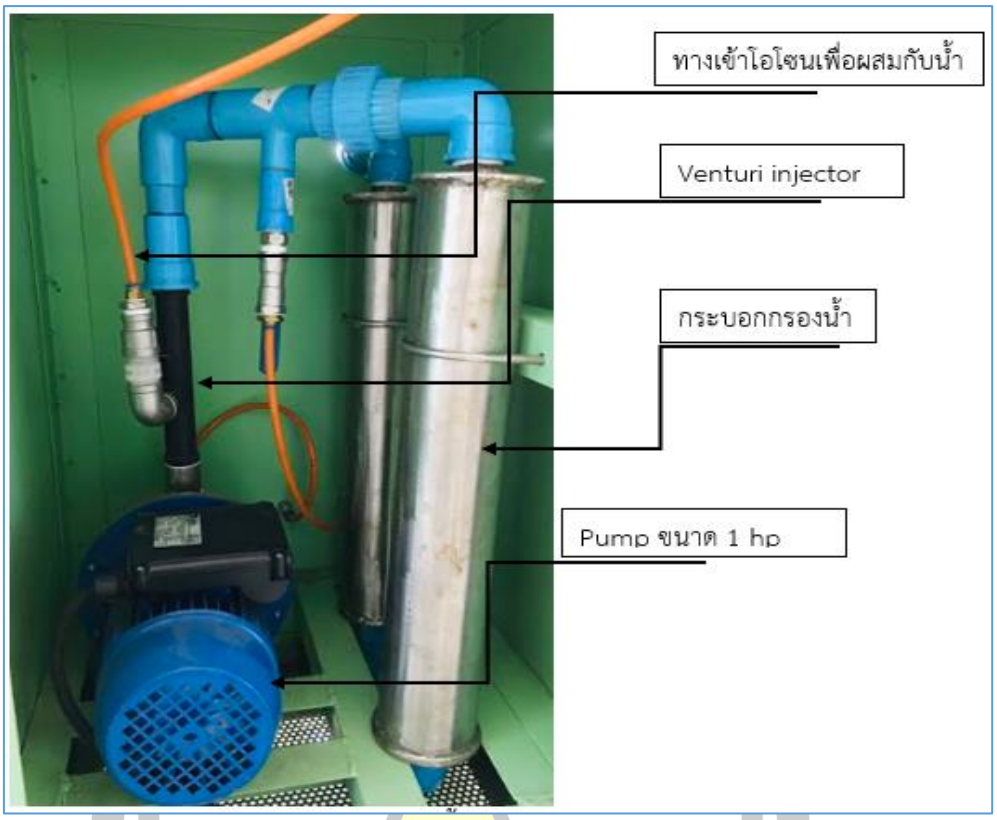
โอโซนสามารถผลิตขึ้นได้จากอากาศทั่วไป และบริเวณที่มีไฟฟ้าใช้ โดยงานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการออกแบบระบบเทคโนโลยีโอโซนเพื่อติดตั้งให้เข้ากับเตาเผาขยะแบบหมุนตามแนวคิดใหม่ด้วยการประยุกต์คิดค้นการทดลองนี้ เพื่อให้เกิดนวัตกรรมใหม่ดังแสดงตามภาพประกอบที่ 28

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาพประกอบ 28 แผนผังการออกแบบติดตั้งระบบโอโซนเข้ากับเตาเผาแบบหมุน

1. ระบบ Ventury injector เป็นตัวดูดให้โอโซนละลายในน้ำ โดยอาศัยหลักการของการสร้างความแตกต่างของแรงดันจะเกิดสุญญากาศ ทำให้สามารถดูดก๊าซโอโซนในปริมาณที่ต้องการได้ เมื่อใช้น้ำดันผ่าน Ventury injector ต้องเลือกขนาดและแรงดันของเครื่อง Pump ขนาด 1 Hp. น้ำปรับให้เหมาะสมกับกับกระบอกกรองน้ำและขนาดของ Ventury injector แล้วประกอบไว้ในห้องผสมโอโซนดังแสดงตามภาพประกอบ 29



ภาพประกอบ 29 การออกแบบติดตั้งระบบระบบ Ventury injector

2. เครื่องทำความเย็น ชิลเลอร์ (Chiller) Capacity 48,000 BUT/HR Water tank lite SUS304 Supply water pump Cir. Water pump Temp. Control Dixell Water Temp. inlet (°C) 12°C Water Temp. Outlet(*C) 7°C ทำหน้าที่อาศัยน้ำเป็นตัวนำพาความเย็นไปยังห้องหรือจุดต่าง ๆ โดยน้ำเย็นจะไหลไปยังเครื่องทำลมเย็น (Air Handling Unit : AHU หรือ Fan Coil Unit : FCU) ที่ติดตั้งอยู่ในบริเวณที่จะปรับอากาศ จากนั้นน้ำที่ไหลออกจากเครื่องทำลมเย็นจะถูกปั๊มเข้าไปในเครื่องทำน้ำเย็นขนาดใหญ่ ที่ติดตั้งอยู่ในห้องเครื่องและไหลเวียนกลับไปยังเครื่องทำลมเย็นอยู่เช่นนี้ดังแสดงตามภาพประกอบ 30

ภาพประกอบ 30 การออกแบบติดตั้งเครื่องทำความเย็น

3. ถังผสมโอโซนขนาด 500 lite. ในเวลาที่สัมผัสกับน้ำ ภายใน 1-30 นาที (Contact time) ตามที่กำหนดและขึ้นอยู่กับความต้องการในการใช้งานจริงตามปริมาณกำลังของเครื่องผลิตโอโซนดังแสดงตามภาพประกอบ 31

ภาพประกอบ 31 ถังพักน้ำผสมโอโซน

4. ขั้นตอนการใช้งานโอโซนน้ำขั้นตอนการเตรียมการก่อนเปิดระบบโอโซนน้ำต่อสายน้ำหล่อเย็นเข้า และออกจากเครื่องโอโซนบริเวณจุดต่อทางน้ำเข้า และทางน้ำออก ดังแสดงในภาพประกอบ 32

ขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์เครื่องผลิตโอโซน

ภาพประกอบ 32 จุดต่อทางน้ำเข้า และทางน้ำออก

1. ต่อสายออกซิเจนจากเครื่องผลิตออกซิเจน เข้าบริเวณทางเข้าก๊าซออกซิเจนของเครื่องโอโซน และต่อ สายส่งก๊าซโอโซนออกบริเวณทางออกก๊าซโอโซน เพื่อส่งก๊าซโอโซนออกไปยังชุดผสมก๊าซโอโซน (Mixing Unit) ดังแสดงในภาพประกอบ 33

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ภาพประกอบ 33 ก๊าซโอโซนออกไปยังชุดผสมก๊าซโอโซน (Mixing Unit)

2. ต่อสายก๊าซโอโซนเข้ากับจุดทางเข้าก๊าซโอโซนที่ชุดผสม (Mixing Unit) และต่อสายน้ำที่ต้องการผลิต ให้เป็นน้ำโอโซนเข้าบริเวณท่อน้ำเข้าชุดผสม และต่อสายน้ำโอโซนที่จะนำมาใช้งานบริเวณท่อน้ำออกชุด ผสม ดังแสดงในภาพประกอบ 34

ภาพประกอบ 34 ต่อสายก๊าซโอโซนเข้ากับจุดทางเข้าก๊าซโอโซนที่ชุดผสม (Mixing Unit)

3. ข้อควรระวังในใช้งานระบบโอโซนต้องเปิดก๊าซออกซิเจนเข้าระบบก่อนการเปิด สวิตช์โอโซนทุกครั้ง ขั้นตอนการปิดระบบโอโซนก๊าซ

4. ปิดสวิทช์ Ozone 2 และ Ozone 3 ที่เครื่องโอโซน สัญญาณไฟ Lamp 2 และ Lamp 3 จะดับลง เมื่อ หลอดโอโซน 2 และ หลอดโอโซน 3 หยุดทำงาน

5. ปิดสวิทช์ Oxygen Generator ให้อยู่ในตำแหน่ง OFF ระบบออกซิเดชันด้วยโอโซน (Ozone – Oxiation Process) มีกระบวนการกำจัดกลิ่นโดย โอโซนจะถูกฉีดสู่อากาศเสียที่มีสารก่อให้เกิดกลิ่น เพื่อออกซิไดส์ (Oxidize) สารที่มีกลิ่น

ภาพประกอบ 35 ต่อสายไฟฟ้าเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้า

6. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าป้อนเข้าเครื่องโอโซน ไฟสีเขียวแสดงสถานะพร้อมใช้งานจะปรากฏ เปิดสวิทช์ Pump ที่เครื่องโอโซน ให้Pump ชุดผสมก๊าซโอโซนทำงาน เปิดสวิทช์ Oxygen Generator ให้อยู่ในตำแหน่ง ON และปรับอัตราการไหล เพื่อจ่ายเข้า Ozone Generator ให้อยู่ระหว่าง 5-10 L/min

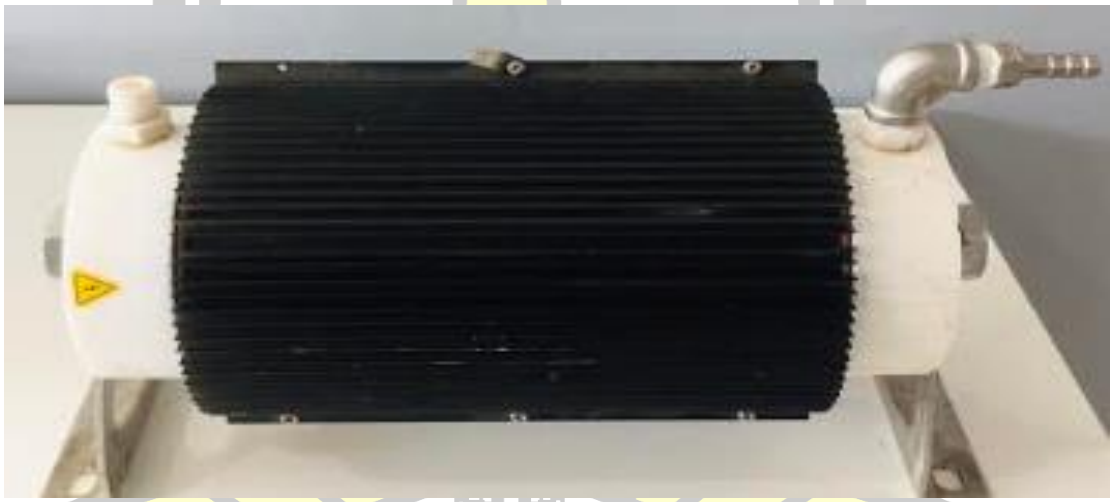
ภาพประกอบ 36 ขั้นตอนการเปิดระบบออกซิเจน

7. ปรับระบบให้มีประสิทธิภาพโดยที่โอโซนเป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นตัวออกซิไดส์อย่างรุนแรง (Strong Oxidizing) จึงทำให้อากาศเสียมีกลิ่นเจือจางลง จึงจำเป็นต้องมีการควบคุมระบบให้อยู่ในเกณฑ์

ภาพประกอบ 37 ปรับอัตราการไหล เพื่อจ่ายเข้า Ozone Generator

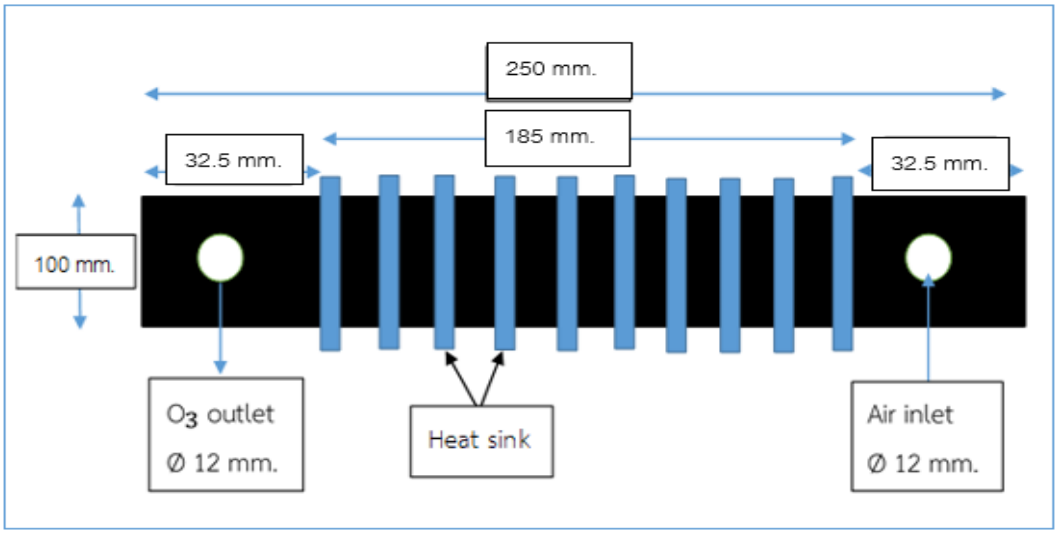
1. การพัฒนาหลอดกำเนิดโอโซน

โดยการทดลองครั้งนี้เป็นการออกแบบแยกระบบโอโซนน้ำและก๊าซที่แรงดันไฟฟ้า 100 g/hrเพื่อ ผลิตโอโซนประกอบด้วยท่อทรงกระบอก 3 ชั้น ชั้นนอกสุดทำด้วยสเตนเลส ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 120 mm หนา 18 mm ยาว 185 mm ชั้นที่สองเป็นท่อแก้วไพเร็กซ์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 90 mm หนา 0.5 mm ยาว 200 mm ส่วนทรงกระบอกชั้นที่สามซึ่งเป็นชั้นในสุดเป็นท่อสเตนเลสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 75 mm หนา 28 ยาว 180 mm โดยท่อสเตนเลสชั้นในสุดจะสัมผัสอยู่กับท่อแก้วพอดี ดังนั้นช่องระหว่างท่อสเตนเลสชั้นนอกกับท่อแก้วประมาณ 1.2 mm ที่ปลายทั้งสองข้างของท่อสเตนเลสชั้นนอกสุด จะถูกเจาะรูและสวมท่อขนาด 12 mm เพื่อให้รูด้านหนึ่งเป็นด้านที่อากาศถูกปั๊มเข้าหลอดผลิตโอโซน ส่วนอีกด้านหนึ่งเป็นด้านให้โอโซนที่เกิดขึ้นในหลอดผ่านออกมา ช่องว่างภายในหลอดผลิตโอโซนขนาด 12 mm เป็นส่วนที่อากาศไหลผ่านและเกิด Corona discharge ทำให้เกิดการสร้างความเข้มข้นเป็นก๊าซโอโซน [46] ดังแสดงในภาพประกอบ 38 และ 39 ตามลำดับ



ภาพประกอบ 38 หลอดโอโซน

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาพประกอบ 39 แสดงภาพตัดแนวยาวของหลอดโอโซน

ซึ่งได้ทำการติดตั้งเข้ากับเครื่องผลิตโอโซนที่มีอยู่เดิมยี่ห้อ Zumozone Size (WxHxD) : 100 x 175 x 100 cm., Weight 250 kg.380 V, 50 Hz 3P 4W, 1.3 kW (@ con. 160 g/Nm3) โดยการเชื่อมเข้าต่อกับช่องแปลงกระแสไฟฟ้าให้รองรับกับ DC12V. ตามข้อมูลจำเพาะของตัวหลอดโอโซนที่นำมาติดตั้งใหม่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพความเข้มข้นของโอโซนในการออกซิเดชั่นสูงจากนั้นก็จะนำส่งด้วยระบบ Ventury ไปยังห้องฉีดก๊าซโอโซนที่เตรียมไว้เพื่อไปทำการหมุนวนในระบบการบำบัดก๊าซไอเสียอีกครั้ง โดยได้ติดตั้งตรงที่บริเวณก่อนออกปลายปล่องอย่างไรก็ตามที่ปลายทั้งสองข้างของหลอดผลิตโอโซนระหว่างท่อทั้งสามชั้นจะถูกซีลไว้เพื่อแสดงสำหรับป้องกันไม่ให้ระบบเกิดรอยรั่วเพื่อให้เกิดแรงดัน โดยขณะที่โอโซนแรงดันสูง ความถี่สูงผ่านออกมาจากหลอดโดยที่ท่อตรงกลางก็ยังเป็นรูกลวง โดยความยาวของช่องว่างภายในหลอดที่จะเกิด corona discharge เพื่อผลิตโอโซน (สุรพล บุญดวง 2549)

1.1 การออกแบบวงจรไฟฟ้าแรงดันสูงที่จ่ายให้หลอดผลิตโอโซน

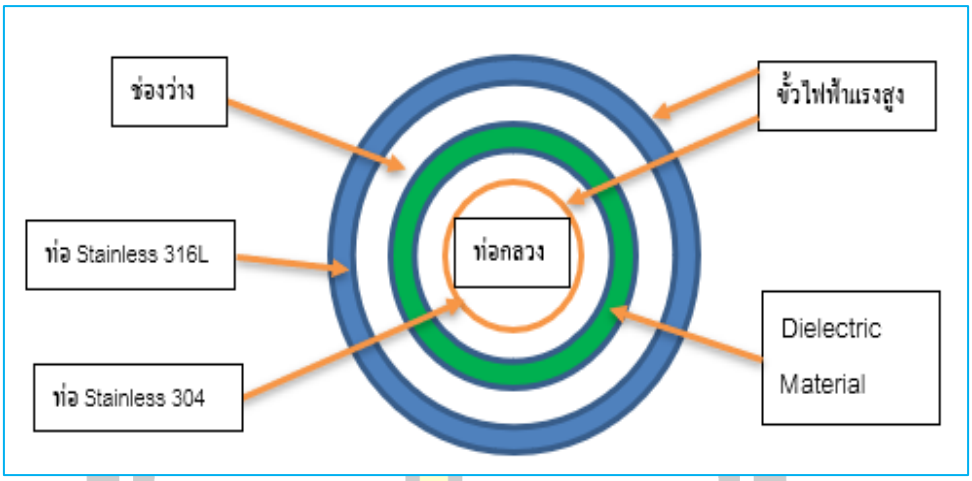
ทำได้โดยการประยุกต์ใช้อุปกรณ์แทนหม้อแปลงไฟฟ้าเพิ่มแรงดันไฟฟ้าสูงแบบ switching power supply ที่ทำการแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V, 50 Hz ให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 1-10 kV 1-10 kHz voltage และใช้ชุดปรับความถี่โดยใช้มอเตอร์ 12 VDC และใช้ switching 12 VDC 10 A เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้า เพื่อให้เกิดเป็นวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงความถี่สูงในแง่ของวงจรผลิตโอโซน โดยปรากฏการณ์ โคโรนา ดิสชาร์จ (Corona discharge phenomena ; CD ozone) เป็นการให้ก๊าซออกซิเจนแห้งและบริสุทธิ์ผ่านเข้าไปในสนามไฟฟ้า (Electrical field) หลายพันโวลท์ ทั้งชนิดความถี่ต่ำ(50 Hz - 100 Hz) ความถี่ปานกลาง (100 Hz -

1,000 Hz) และความถี่สูง (1,000 Hz ขึ้นไป) ที่บริเวณ Discharge gap ซึ่งเกิดจากการผลิตกระแสไฟฟ้าที่บริเวณ Dielectric surface ณ สนามไฟฟ้าแห่งนี้มีผลให้ก๊าซออกซิเจนในอากาศแตกกระจายออกเป็นออกซิเจนอะตอม (O^-) ที่มีความคงตัว และรวมตัวกับก๊าซออกซิเจนโมเลกุลอื่น ได้เป็นก๊าซโอโซนออกมาด้วยความเข้มข้นสูง ตั้งแต่ 1%-10% โดยน้ำหนัก สามารถนำไปใช้บำบัดน้ำได้อย่างดีขนาดเครื่องมีตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่(ระดับมิลลิกรัม ถึง ระดับกิโลกรัม ต่อ ชั่วโมง) [45]

1.2 วงจรผลิตโอโซนแรงดันสูงและความถี่สูง

หลอดผลิตโอโซน ลักษณะการเกิดโอโซน การออกแบบวงจรการทำงานของเครื่องผลิตโอโซนและประกอบเครื่องผลิตโอโซนแรงดันสูงออกแบบโดยใช้ limit switch เป็นตัวควบคุมการทำงานของเครื่องผลิตโอโซน และทำงานตามเวลาที่ตั้งไว้ เครื่องโอโซนจะเริ่มทำงานทันทีตามเวลาที่ตั้งไว้จนจบ เครื่องจึงจะหยุดทำงาน หรือระหว่างเครื่องกำลังทำงานอยู่จาก Timer relay จากนั้นจึงได้ประกอบเข้ากับตัวเครื่องผลิตโอโซนระบบแรงดันสูง การออกแบบและพัฒนาสร้างเครื่องผลิตโอโซนระบบไฟฟ้าแรงดันสูงจากเดิมที่มีอยู่สามารถทำได้โดยใช้แหล่งจ่ายไฟแรงดันสูงเพื่อให้สามารถปรับความถี่ได้ ทำการออกแบบและสร้างเครื่องผลิตโอโซนใหม่ ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 3 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นหลอดผลิตโอโซน,ส่วนที่เป็นชุดจ่ายไฟแรงดันสูงและความถี่สูง และระบบปั๊ม หลอดผลิตโอโซนทำให้เกิดการดิสชาร์จไฟฟ้าผ่านอากาศหรือแก๊สออกซิเจนเพื่อกำเนิดโอโซน ผลผลิตโอโซนจะขึ้นอยู่กับการปรับความต่างศักย์ไฟฟ้าในช่วง 1-10 กิโลโวลต์ ความถี่ 50 เฮริต์ ระยะขั้วดิสชาร์จ 12 มิลลิเมตร ซึ่งระบบผลิตโอโซนแรงดันสูงเป็นการเกิดแก๊สโอโซนจากสนามไฟฟ้าที่มีความเข้มข้นสูง (ความเข้มข้นสูงเนื่องจากระยะห่างของขั้วบวกและลบอยู่ใกล้กันมาก ประมาณ 2 – 3 มิลลิเมตร) และภายในหลอดผลิตโอโซนที่ออกแบบจะมีแรงดันของอากาศ จึงทำให้เกิดโอโซนในระบบแรงดันสูงและได้ปริมาณที่มาก

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาพประกอบ 40 แสดงภาพตัดขวางหลอดโอโซน

ขั้นตอนในการติดตั้งหลอดโอโซนมีดังต่อไปนี้

-เลือกหลอดโอโซนที่เหมาะสมกับการใช้งานด้วยการคำนวณปริมาณโอโซนต่อผลการกำจัดมลพิษโดยงานวิจัยนี้เลือกใช้หลอดขนาด 100 g/hr

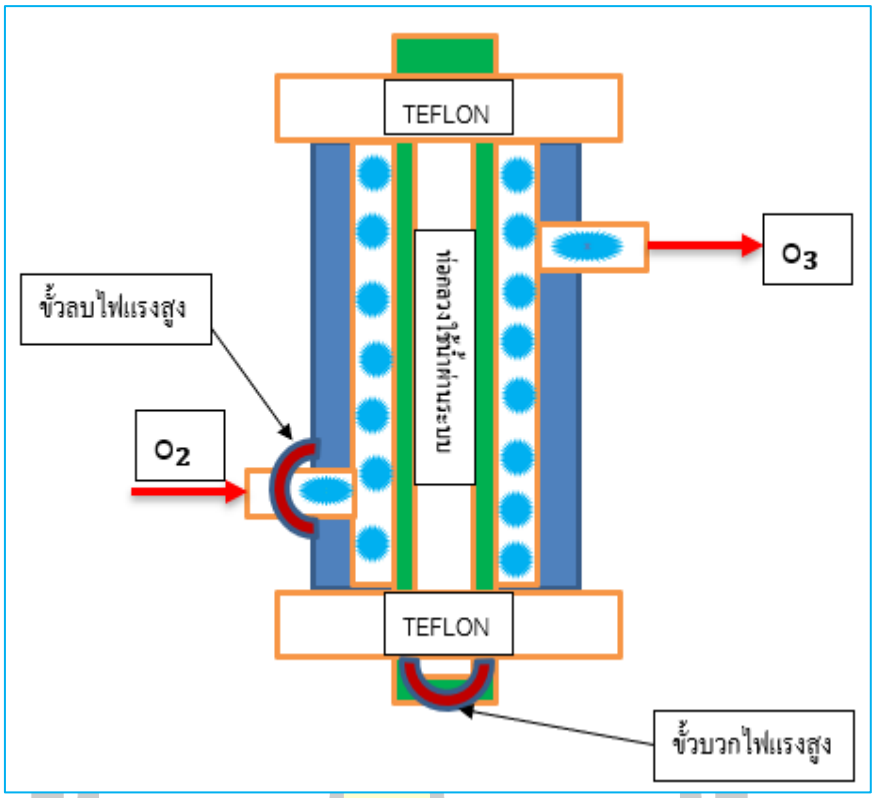
-เลือกตัวแปลงไฟฟ้าที่เหมาะสมกับหลอดโดยงานวิจัยนี้เลือกใช้แรงดันไฟฟ้าที่ใช้กับหลอดขนาด 100 g/hr ที่ สามารถปรับกระแสแรงดันไฟฟ้าได้ 1-10 kv ดังแสดงในภาพประกอบ 42

-ติดตั้งปุ่มควบคุมในการปรับระดับแรงดันไฟฟ้าไว้ด้านหน้าตู้ควบคุม

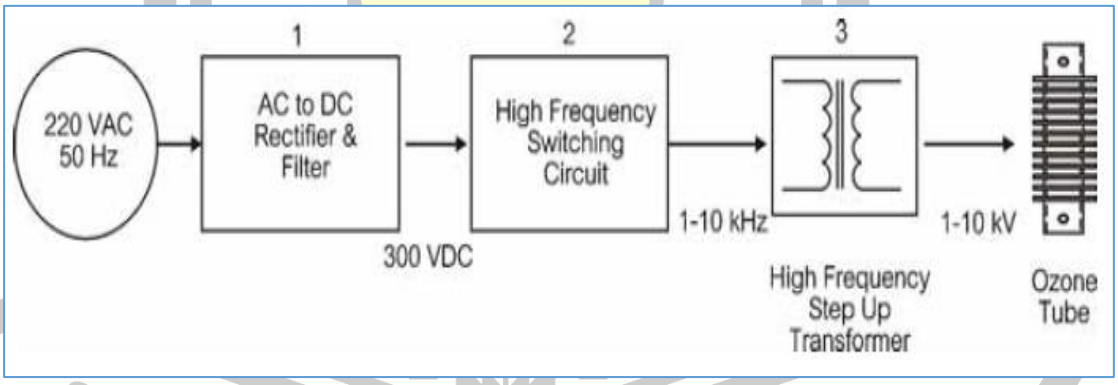
-ทำการติตตั้งพัดลมระบายอากาศเพื่อช่วยระบายความร้อนในตู้ควบคุมเครื่องโอโซนขนาด 6” จำนวน 2 ชุดและพัดลมระบายในบริเวณชุดควบคุมแรงดันไฟฟ้าขนาด 4” จำนวน 2 ชุด

-การเลือกวัสดุที่ใช้ในงานที่สามารถใช้งานที่ทนต่อสภาพการสึกกร่อนได้ง่ายและทนต่อสภาวะอุณหภูมิที่สูง ดังแสดงในภาพประกอบ 41

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาพประกอบ 41 แสดงภาพตัดแนวยาวหลอดโอโซน



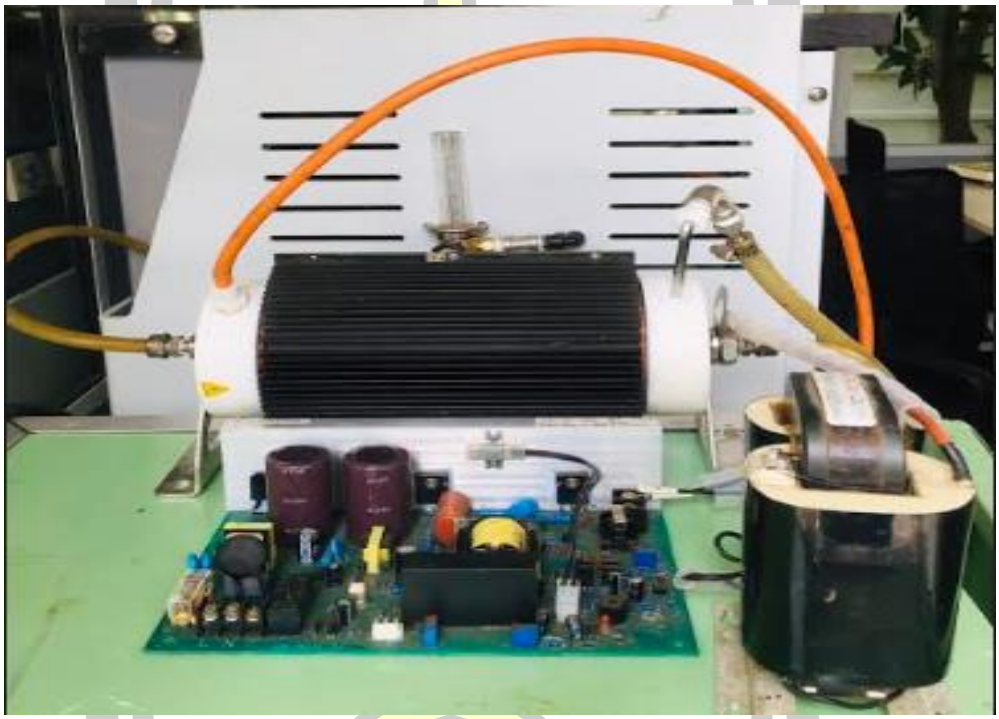
ภาพประกอบ 42 ภาพแสดงการแปลงวงจรไฟฟ้า [39]

หลักการทำงานในงานวิจัยจะมีหลักการทำงาน ดังนี้

(1) ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V, 50 Hz จะถูกแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงประมาณ 300 V โดยใช้ rectifier diode และตัวเก็บประจุ

(2) สวิทซ์อิเลกโทรนิกส์ 2 ชุด ซึ่งสร้างจากทรานซิสเตอร์ชนิด IGBT ทำหน้าที่สลับขั้วไฟฟ้ากระแสตรง 300 V เพื่อจ่ายให้หม้อแปลงเพิ่มแรงดันไฟฟ้าความถี่สูง

(3) แรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าของหม้อแปลงเพิ่มแรงดันไฟฟ้าความถี่สูง ขึ้นกับอัตราส่วนจำนวนรอบของขดลวดขาเข้าและขาออก และชนิดของแกนที่ใช้ แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีค่าประมาณ 5-10 kV ออกแบบและสามารถปรับแต่งที่ถูกควบคุมโดยPLC (0 ~ 5โวลต์ หรือ4 ~ 20mA) ดังแสดงในภาพประกอบ 43



ภาพประกอบ 43 ชุดระบบวงจรเชื่อมต่อกับหลอดโอโซน

2. การพัฒนาการติดตั้งระบบโอโซนน้ำ

หลักการทำงานของระบบโอโซนในห้องบำบัดที่ Wet scrubber ที่มีปริมาณความเข้มข้นที่ละลายในน้ำ แล้วส่งไปยังหัวฉีดน้ำแรงดันสูงน้ำเสียจะถูกฉีดพ่นเป็นละอองจากถังผสมโอโซนขนาด 500 lite. เพื่อให้เกิดการผสมกันระหว่างน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดแล้วและผสมได้กับโอโซนภายในเวลา 1 – 5 นาที ทำการสร้างระบบการหมุนวนน้ำด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

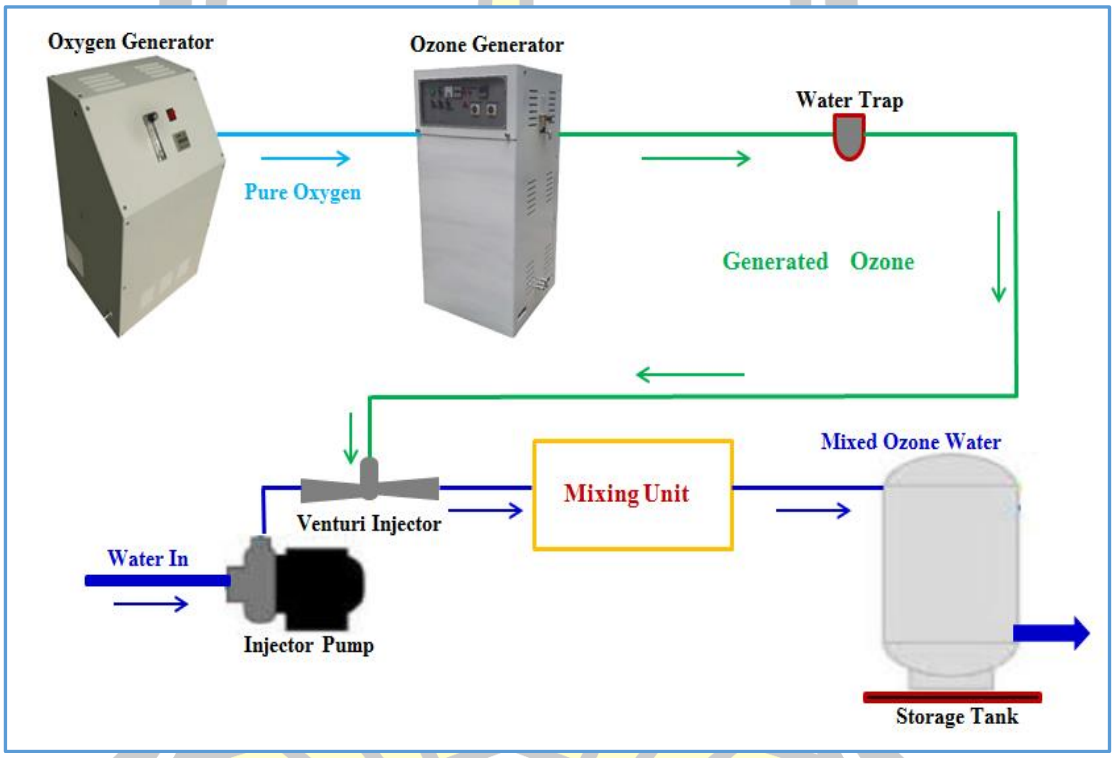
2.1 น้ำที่ได้ฉีดยับยั้งก๊าซไอเสียจากห้องที่ Wet scrubber จะถูกส่งไปยังบ่อพักน้ำเสีย

2.2 บ่อพักน้ำเสีย จะถูกบำบัดด้วยโอโซนตามความเหมาะสมจากนั้นจะถูกส่งไปยังบ่อพักน้ำดี

2.3 บ่อพักน้ำดีจะถูกส่งไปยังบ่อพักน้ำอีกครั้งก่อนที่จะส่งไปยัง เครื่องทำความเย็น (Chiller)

2.4 เครื่องทำความเย็นจะสร้างอุณหภูมิในห้องทำอุณหภูมิที่ 20-25 ℃ ก่อนส่งไปยังเครื่องทำโอโซน

2.5 เครื่องทำโอโซนจะสร้างปฏิกิริยาออกซิเดชั่นภายใน 5 นาที ก่อนส่งไปยังเครื่องผสมโอโซนกับน้ำในเวลาที่เหมาะสมก่อนถูกส่งไปฉีดในห้อง Wet scrubber เป็นขั้นตอนสุดท้ายสำหรับการบำบัดในขั้นตอนนี้ โดยจะมีหลักการขั้นตอนปฏิบัติอีกดังต่อไปนี้ตามภาพประกอบ 44



ภาพประกอบ 44 การออกแบบติดตั้งระบบโอโซน

1. ใช้โอโซนละลายในน้ำที่ความเข้มข้น 0.01,0.4 ppm. ที่เวลา 1,4 นาทีตามลำดับ โดยอาศัยหลักการของการสร้างความแตกตัวของแรงดันจะเกิดสุญญากาศภายใน 1 นาที ด้วย Ventury injector ทำให้สามารถดูดก๊าซโอโซนในปริมาณที่ต้องการได้

2. ใช้น้ำผสมโอโซนดันผ่านVentury injector ต้องเลือกขนาดและแรงดันของปั๊มน้ำให้เหมาะสมกับขนาดของ Ventury injector

3. ติดตั้งเครื่องผลิตโอโซนให้สูงกว่าระดับน้ำและระวังมิให้น้ำไหลกลับเข้าสู่เครื่องได้

4. ใช้ระบบ Ventury injector เป็นตัวดูดให้โอโซนละลายในน้ำ โดยอาศัยหลักการของการสร้างความแตกต่างของแรงดันจะเกิดสุญญากาศ ทำให้สามารถดูดก๊าซโอโซนในปริมาณที่ต้องการได้ เมื่อใช้น้ำดันผ่าน Ventury injector ขนาดฟองโอโซนจะเล็กมากให้ประสิทธิภาพสูงกว่าระบบกระจายอากาศ

5. ใช้ก๊าซออกซิเจนกับโอโซนเพื่อความความบริสุทธิ์และเพิ่มความเข้มข้นสูงและนำโอโซนความเข้มข้นสูงไปฉีดผสมกับน้ำใช้ปั๊มส่งดันก๊าซโอโซนลงสู่น้ำผ่านหัวฉีดกระจายอากาศตามขนาดฟองโอโซนข้อกำหนดในการติดตั้งต้องวางหัวกระจายฟองก๊าซโอโซน ณ จุดกึ่งกลางด้านล่างของถัง

6. พัดลม Blower สามารถควบคุมและปรับแรงดันอากาศได้ โดยสร้างแรงดันสูงขนาดตั้งแต่ 0.5- 1 hp แรงม้า จะช่วยเพิ่มและปรับแรงดันให้กับก๊าซหลังเผาไหมที่ออกจากไซโคลนไปยัง Scrubber

7. ก๊าซหลังจากการเผาไหมก็จะมีละอองฝุ่นที่ผ่านจากไซโคลนมาและก๊าซไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้จะไหลเข้าด้านข้างของถังเหนือน้ำและไหลผ่านขึ้นไปยังแผงรังผึ้ง (Cooling Pad) สวนทางกับละอองน้ำที่มีไม่เกินอุณหภูมิ 20 – 25 °C ที่ถูกฉีดสเปรย์จากด้านบนผ่านไปยังใบบังคับทิศทางไปยังถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon – Adsorption)

8. ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon – Adsorption) เพื่อดูดซับก๊าซที่มีพิษและกลิ่นไว้ เช่น เมทิลซัลไฟด์ ก่อนที่จะส่งไปกำจัดกลิ่นและก๊าซไอเสียอีกครั้งด้วยระบบการทำปฏิกิริยาออกซิเดชันความเข้มข้นสูงด้วยโอโซน

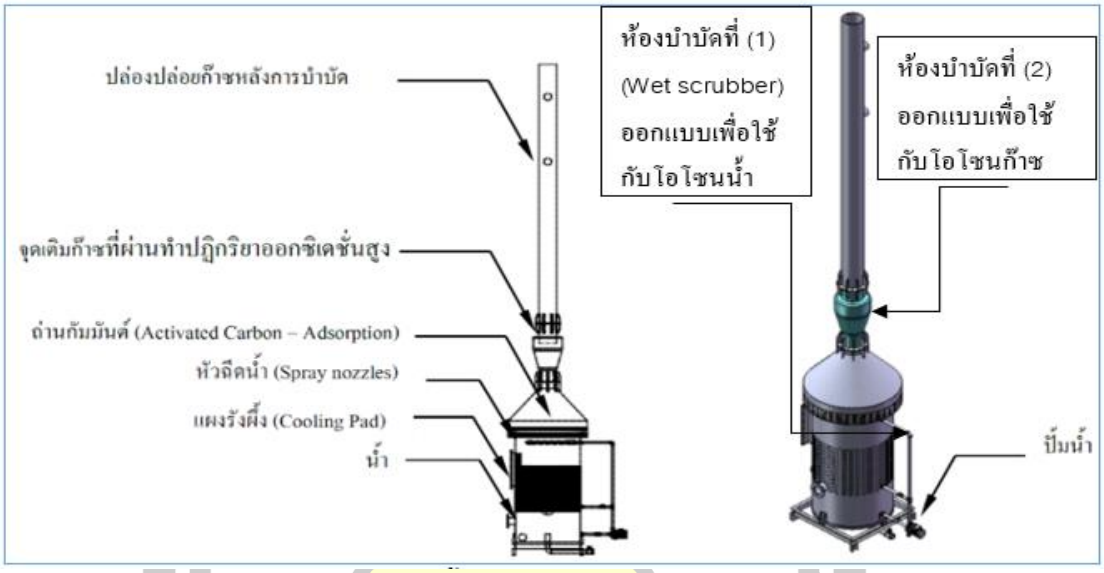
9. ห้องบำบัดที่ Wet scrubber ออกแบบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.20 m. สูง 2.00 m. โดยใช้น้ำโอโซนสเปรย์ลงมาจากด้านบนสวนทางกลับทิศทางการไหลของอากาศจากด้านล่างขึ้นด้านบน ส่วนแก๊สที่ละลายน้ำโอโซนได้ก็จะกลายเป็นกรดหรือด่าง น้ำที่ใช้หมุนเวียนในระบบเมื่อถึงจุดอิ่มตัวก็ต้องถ่ายทิ้งแล้วเติมน้ำใหม่เข้าสู่ระบบ และส่งไปยังบ่อบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนอีกครั้งเพื่อปรับสภาพน้ำให้มีค่าตามกฎหมายกำหนดและนำกลับมาหมุนวนใช้ในระบบอีกครั้งหรือปล่อยทิ้งลงสู่รางระบายน้ำสาธารณะได้ หรือ จะนำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วไปใช้รดน้ำต้นไม้ ส่วนตะกอนเหลวต้องนำไปกำจัดโดยการฝังกลบ ตากแห้ง หรือผ่านเครื่องอัดตะกอน (filter press) หรือ ว่าจ้างบริษัทที่รับกำจัดของเสียอุตสาหกรรม ส่วนประกอบภายในห้อง Wet scrubber มีดังนี้

9.1 แผงตะแกรงรังผึ้ง (Cooling Pad) เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.20 m. จำนวน 2 ชั้นติดตั้งห่างจากพื้นขึ้นมากัน 1.00 m. ส่วนอีกชั้นติดตั้งห่างขึ้นไปอีก 0.50 m.

9.2 ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon – Adsorption) ถูกจัดวางไว้บนแผงรั้งผึ้งตามสัดส่วน

9.3 ลูกมีเดีย (Plastic Media) คือตัวกลางสื่อชีวภาพ ถูกจัดวางไว้บนแผงรั้งผึ้ง 2 ชั้น ตามสัดส่วนผลิตจากเม็ดพลาสติก ก้อนสีดำ ลักษณะรูปทรงกระบอก คล้ายใบพัด เบา ลอยน้ำได้ ใช้กรองไร้อากาศ เป็นตัวช่วยในการยึดเกาะของจุลลินทรีย์

9.4 หัว (Spray nozzle) แบบ stainless ติดตั้งชั้นละ 2 หัว 3 ระดับห่างจากแผงรังผึ้งขึ้นไป 0.40 m. ดังแสดงในภาพประกอบ 45



ภาพประกอบ 45 แผนผังการออกแบบติดตั้งระบบโอโซนน้ำและโอโซนก๊าซ

3. การพัฒนาการติดตั้งระบบโอโซนก๊าซ

หลักการออกแบบห้องที่บำบัดก๊าซมลพิษ ควรเลือกระบบจะขึ้นกับข้อมูลต่อไปนี้ปริมาณและอัตราการไหลของอากาศที่มีกลิ่นองค์ประกอบทางเคมีของสารที่มีกลิ่น อุณหภูมิ และความชื้นของอากาศนั้นควรเลือกหัวสเปรย์ที่ของเหลวไหลผ่านให้เหมาะสมกับพื้นที่และประเภทงานที่จะนำไปประยุกต์ใช้ การออกแบบขึ้นใหม่โดยท่อเข้าด้านข้างชนิดหมุนวนโดยฉีดสำหรับบำบัดด้วยก๊าซโอโซนอีกครั้ง วัสดุทำด้วยเหล็ก ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 8” ยาว 300 mm. หาความสูง (300) รัศมี (4”) คือ $V=h\pi r^2 = 9,423\ cm^2$ ติดตั้งไว้บริเวณด้านบนห้อง Wet scrubber เพื่อใช้ทำเป็นห้องกักและบำบัดก๊าซไอเสียด้วยปฏิกิริยาโอโซนออกซิเดชันสูงแบบหมุนวน ก่อนจะถูกปล่อยออกไปสู่ชั้นบรรยากาศ จะทำให้เกิดโอโซนขึ้นในห้องที่กำหนด โดยการออกแบบก็คือ ทำให้โอโซนที่เกิดขึ้นผสมกับอากาศที่มีกลิ่น และทำปฏิกิริยากัน ซึ่งจะต้องให้อากาศและโอโซนผสมกันอย่างทั่วถึง และต้องมีโอโซนพอดี ไม่น้อยและไม่มากไป การออกแบบต้องคำนึงถึงระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยายานาน

อาจถึง 20 วินาที (ขึ้นกับการทดลอง) ดังนั้นจึงพบว่ามักใช้ฉีดโอโซนเข้าไปในจุดที่โคนปล่องหรือท่อที่ยาวพอจะให้มีการผสมและอากาศอยู่ในท่อนานเท่าที่ต้องการ และให้ผสมและเกิดปฏิกิริยาในปล่องหรือท่อโดยตรง และใช้การทดลองจริงในสนามหรือสถานที่จริง เนื่องจากสามารถปรับการจ่ายโอโซนไปจนกว่าจะได้ผลทำลายมลพิษที่ต้องการ ในการทดสอบประสิทธิภาพโดยมีข้อกำหนดอุปกรณ์ในการติดตั้งดังนี้

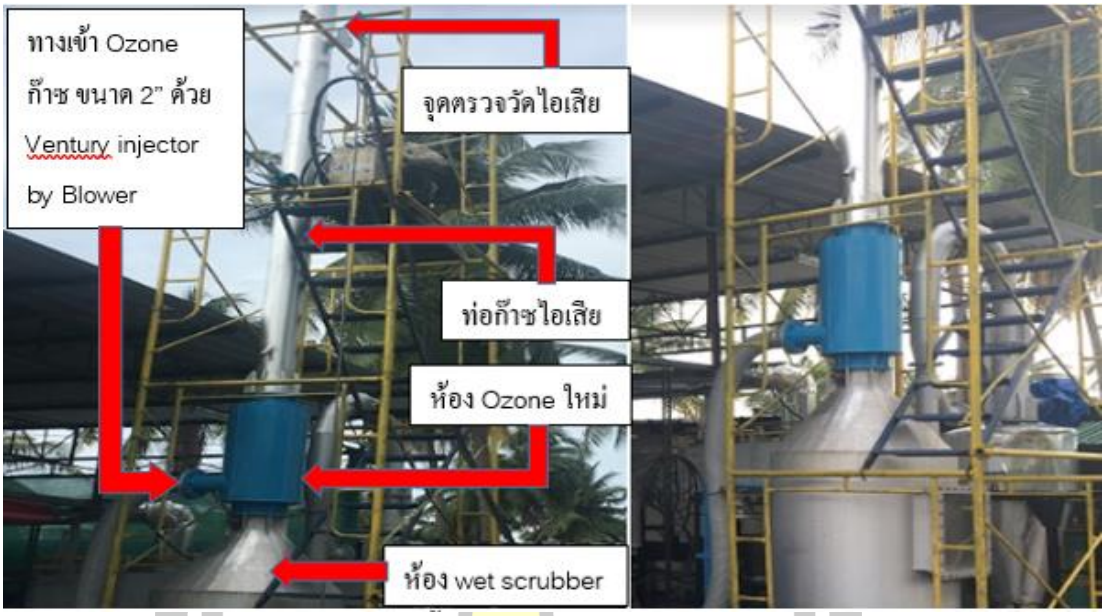
1. ปล่องระบายจะมีห้องโอโซนก๊าซออกซิเดชั่นสูงเพื่อบำบัดก๊าซไอเสียแบบหมุนวนก่อนจะถึงจุดตรวจวัดอยู่สูงขึ้นไป 10 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางก่อนปลดปล่อยไปสู่ชั้นบรรยากาศ ดังแสดงในภาพประกอบ 46

2. อาศัยหลักการของการสร้างความแตกตัวของแรงดันจะเกิดสุญญากาศภายใน 1 นาที ด้วย Ventury injector ทำให้สามารถดูดก๊าซโอโซนในปริมาณที่ต้องการได้ และส่งผ่านปั้มไปยังหัวฉีดเข้าไปยังห้องก๊าซไอเสียเพื่อบำบัดต่อไป

3. สร้างท่อแยกขนาด 12 mm. ส่งเข้าไปยังท่อพักก๊าซ เฮดเดอร์(Header) ขนาด 2” จากนั้นส่งโอโซนออกไปใช้งาน โดยติดตั้งใช้ Pump ขนาด 0.5-1 hp.เป็นตัวส่งแรงดันผ่านไปด้วยระบบ Ventury เข้าไปยังห้องบำบัดที่ได้ทำการออกแบบใหม่

ระบบออกซิเดชันด้วยโอโซนและตัวเร่งปฏิกิริยา (Ozone – Catalytic Oxidation Process) จะมีกระบวนการกำจัดกลิ่นโดยโอโซนจะถูกฉีดสู่อากาศเสียที่มีสารก่อให้เกิดกลิ่น เพื่อออกซิไดซ์ (Oxidize) สารนั้น โดยที่โอโซนเป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นตัวออกซิไดส์อย่างแรง (Strong Oxidizing) รวมกับการเร่งปฏิกิริยาของสารเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) ทำให้อากาศเสียมีกลิ่นเจือจางลง การเพิ่มแคสตาลิสต์ เบด (Catalyst Bed) ในระบบออกซิเดชันด้วยโอโซน (Ozone Oxidation) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดให้สูงขึ้น และการกำจัดกลิ่นที่รุนแรง สามารถดำเนินการได้โดยใช้ระบบนี้ปัญหาของการออกแบบระบบนี้ก็มีข้อจำกัดด้านเวลาในการทำปฏิกิริยายานาน อาจถึง 20 วินาที แต่ข้อดีก็คือ ค่าใช้จ่ายในการทำงานถูกมีเฉพาะค่าไฟฟ้า

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาพประกอบ 46 ออกแบบและติดตั้งห้องบำบัดก๊าซไอเสียเพิ่มในระบบโอโซน

4. การเดินระบบเตาเผาขยะแบบหมุนและระบบโอโซน

ขั้นตอนเตรียมการทดลองหลังติดตั้งระบบโอโซน

1.) ต่อระบบโอโซนชุดที่ชุดออกแบบติดตั้งแยกท่อโอโซนใหม่ขนาด 2" ที่ได้เตรียมไว้เข้ากับส่วนบริเวณห้องโอโซนด้านบนของห้อง Wet scrubber โดยใช้ระบบ Ventury เป็นตัวส่งแรงดันก๊าซ

2.) ต่อระบบโอโซนชุดที่สำหรับผสมกับชุดผสมก๊าซโอโซน (Mixing Unit) เข้ากับถังผสมน้ำในเวลาที่สัมผัสกับน้ำ ภายใน 1-30 นาที (Contact time) ตามที่กำหนดและขึ้นอยู่กับความต้องการในการใช้งานจริงตามปริมาณกำลังของเครื่องผลิตโอโซนจากนั้นต่อเข้ากับโอโซนที่ผสมกับน้ำแล้วทำการฉีดเข้าไปยังห้อง Wet scrubber โดยตรง

3.) เริ่มทำการเผาขยะติดเชื้อชุดแรก และรอการเผาไหม้อีก 30 นาที

4.) เริ่มดำเนินการเปิดระบบไฟฟ้าในอุปกรณ์และระบบการควบคุมน้ำเพื่อเตรียมความพร้อมเริ่มเปิดระบบการทำงานของโอโซน และออกซิเจน จากนั้นตั้งปรับอัตราการไหลของแผงควบคุมที่ได้ทำขึ้นใหม่

5.) ระบบตามเงื่อนไขเพื่อให้เกิดการสร้างโอโซนในระบบโดยใช้เวลาในการสร้างโอโซนที่ความความเข้มข้นสูงใช้เวลา 1-4 นาที เพื่อผสมน้ำให้เข้ากับโอโซน

6.) เริ่มเก็บตัวอย่างมลพิษทางน้ำและอากาศหลังการเปิดใช้งานระบบโอโซน 30 นาที และใช้เวลาในการเก็บข้อมูลไม่น้อยกว่า 60 นาที ตามระเบียบวิธีมาตรฐานที่กำหนดไว้

7.) เริ่มสังเกตและสำรวจเก็บข้อมูลของระบบการทำงานถึงประสิทธิภาพโดยรวมของระบบทั้งหมดโดยมีข้อสังเกตในการติดตั้งเช่นการควบคุมระบบแรงดันของ Pump , Blower ให้เหมาะสมกับขนาดของ Ventury injector และให้เวลาที่สัมผัสกับน้ำ (Contact time) ตามที่กำหนด 1-30 นาที เพื่อการใช้งานจริง

8.) เริ่มสังเกตการฆ่าเชื้อทั้ง 2 ชนิดน้ำและอากาศของระบบโอโซน เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่โอโซนสัมผัสในการฆ่าเชื้อโรคที่ปริมาณโอโซน 100 g/hr.

9.) ควบคุมอุณภูมิน้ำด้วยระบบเครื่องทำความเย็น(chiller) ที่ไม่เกิน 20-25 °C

10.) ปรับอัตราการไหลของโอโซนโอโซนลงน้ำ Flow rate Mixing: 65 L/min Mixing Unit: 2 Tube Pump: Centrifugal Pump 1 HP 220 V, 50 Hz.

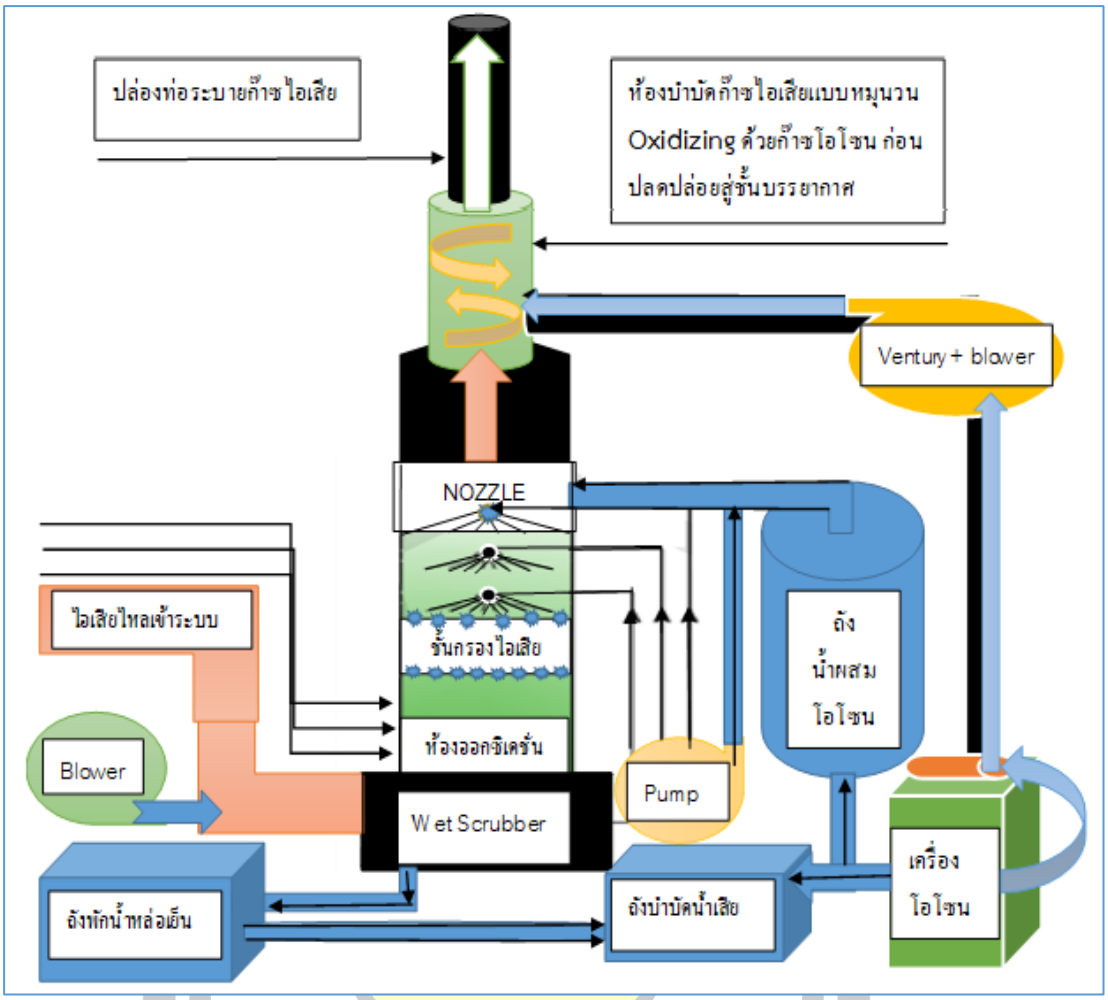
11.) ตรวจสอบเวลาที่สัมผัสกับน้ำ ภายใน 1-30 นาที (Contact time) ตามที่กำหนดและขึ้นอยู่กับความต้องการในการใช้งานจริงตามปริมาณกำลังของเครื่องผลิต

12.) ปรับการควบคุม Oxygen concentration: 90% ± 3% Power consumption: 550 Watt Max. Oxygen flow rate: 10 L/min Build in oil free air compressor 220V/50Hz.

13.) ทำการทดลองหลังการเผาขยะติดเชื้อ 30 นาที เริ่มทดลองจับระยะเวลากำหนด

14.) เก็บข้อมูลหลังการทดลองโดย นำจานเพาะเชื้อไปบ่มที่ตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำออกมาวัดปริมาณเชื้อที่เหลือ โดยดูจากปริมาณโคโลนีที่ขึ้นต่อพื้นที่ 1 ตารางนิ้ว โดยในจานควบคุมซึ่งเป็นแบคทีเรียขึ้นเต็มพื้นที่คิดเป็นร้อยละ 100 คำนวณหาร้อยละของแบคทีเรียที่โอโซนสามารถฆ่าได้ในระยะเวลากำหนด

อุณหภูมิที่ 20-25 °C และผลิตก๊าซโอโซนจากออกซิเจนที่อัตรา 100 g/hr. อัตราการไหลของโอโซนถูกตั้งไว้ที่ 65 ลิตร/นาที และก๊าซโอโซนถูกละลายในของเหลวโดยการใช้เครื่องผสมเวนจูรี่เพื่อแตกตัวความเข้มข้นของโอโซนสุดท้ายที่ละลายในน้ำ 1,4 นาที ถูกตรวจสอบที่ 0.01, 0.4 ppm. ตามลำดับ [44] ใช้หม้อแปลงไฟฟ้าเพิ่มแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้น เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงและมีกำลังสูญเสียต่ำ จึงเลือกใช้การแปลงแรงดันไฟฟ้าแบบ Switching power supply โดยทำการแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V 50 Hz ให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 1-10 kV, 1-10 kHz ปริมาณโอโซนที่อัตราการไหลของออกซิเจนในช่วง 5-10 ลิตรต่อนาที

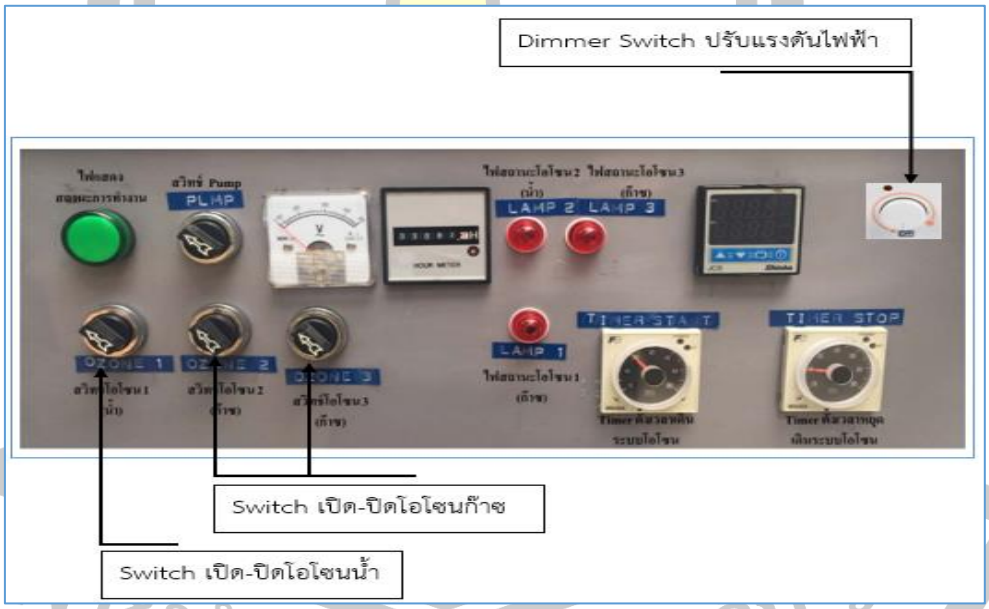


ภาพประกอบ 47 แผนผังการออกแบบการทดลองโอโซน 2 ระบบใช้กับน้ำและระบบใช้กับก๊าซไอเสีย

5. การติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือวัดและการวัดพารามิเตอร์ต่าง

การติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือเพื่อนำไปคำนวณหาผลลัพธ์จุดประสงค์แรกของการวัดในทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีคือ เพื่อแสดงค่าหรือแนวโน้มของตัวแปรบางตัว ซึ่งเป็นปริมาณทางกายภาพ ค่าหรือแนวโน้มนี้อ่านได้จากอุปกรณ์หรือเครื่องมือวัด ที่สำคัญก็คือ ค่าหรือแนวโน้มของปริมาณที่วัดได้มีความสัมพันธ์กับค่าจริง หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งว่าจะสร้างรูปแบบการวัดข้อมูลต่าง ๆ ในงานเพื่อให้การวัดแสดงผลข้อมูลได้ถูกต้องไม่คลุมเครือ จะใช้ระบบการวัดเพื่อให้นักวิทยาศาสตร์และวิศวกรสามารถแปลผลข้อมูลที่ได้จากการวัดได้อย่างง่าย ๆ และมีความมั่นใจในข้อมูลนั้น กระบวนการวัดหรือการกระทำการวัดเป็นการเปรียบเทียบ ค่ามาตรฐาน (standard) กับค่าที่วัดได้ (measured) สำหรับงานวิจัยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ดังตารางที่ 17

ภาพประกอบ 48 ชุดควบคุมการไหลออกซิเจน



ภาพประกอบ 49 แผงควบคุมระบบโอโซน

ภาพประกอบ 50 ชุดแปลงไฟฟ้าระบบโอโซน

ตาราง 17 อุปกรณ์และเครื่องมือวัด

อุปกรณ์เครื่องมือ	พารามิเตอร์	เครื่องมือวัด
	หลอดวัดอุณหภูมิ Thermometer (°C) เทอร์โมมิเตอร์แบบหลอดแก้ว	แผงควบคุมระบบ Thermometer 0-25 (°C)
	แรงดันไฟฟ้า (kv ,V ,A)	หน้าจอแสดงผลแบบ เข็มวัด หรือแสดงผลแบบมิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้า แผงควบคุมระบบ

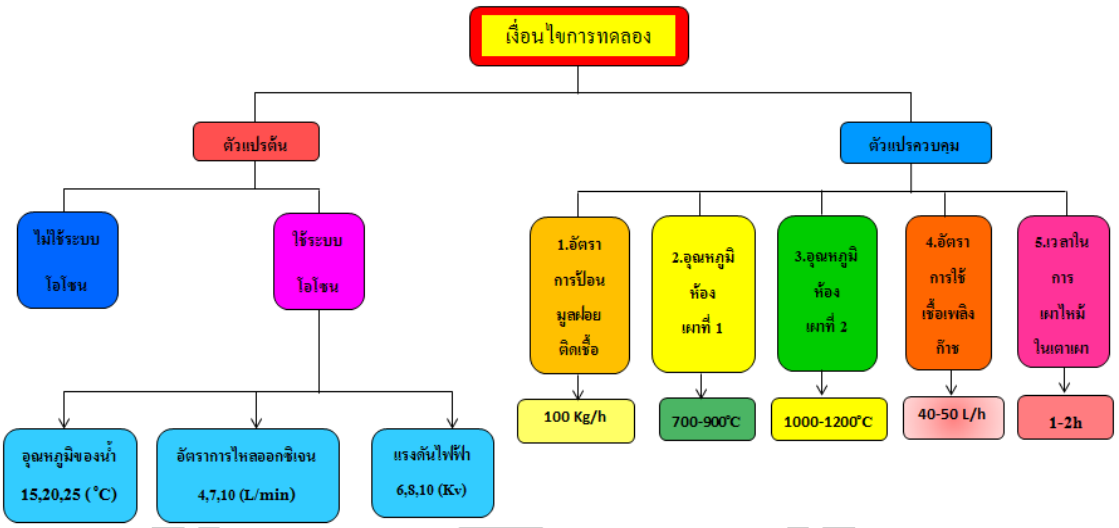
อุปกรณ์เครื่องมือ	พารามิเตอร์	เครื่องมือวัด
	อัตราการไหลออกซิเจน (Lite/min)	หลอดวัดปริมาณอัตราการไหล แผงควบคุมระบบ
	เวลาทำงานของเครื่อง TIMER (Time / min)	มิเตอร์จับเวลาทำงาน แผงควบคุมระบบ TIMER
	ปริมาณความเข้มข้นก๊าซโอโซน	(Teledyne Instruments Ozone Monitor Model 450M) โดยแสดงผลในหน่วยของ ppm (Part per million) เครื่องวัดความเข้มข้นของโอโซนรุ่น Z-1200
	สถานะของสารทำความเย็น	ใช้วัดสำหรับเครื่องทำความเย็น วิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานตรวจสอบด้านดูด (LowPressure) และด้านจ่าย (HighPressure)

อุปกรณ์เครื่องมือ	พารามิเตอร์	เครื่องมือวัด
	มิเตอร์วัดอุณหภูมิ	ใช้วัดสำหรับเครื่องทำความเย็น เกจวัดอุณหภูมิ โดยมีอัตราการไหลของน้ำเย็นตามมาตรฐานการออกแบบของผู้ผลิตอยู่ที่ 2.4 แกลลอนต่อนาทีต่อตันความเย็น (1 แกลลอน = 3.785 ลิตร ของ USA.)
	วัดอุณหภูมิภายนอก	เครื่องวัดอุณหภูมิ อินฟราเรด (°C)
	เครื่องวัดก๊าซ Testo 350	สำหรับวัดก๊าซ CO, NO_2, SO_2 หน้าปัดแสดงผลนี้จะมีฟังก์ชันให้เลือกหลายอย่างว่าขณะนี้เราจะวัดก๊าซจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงอะไร เช่น จากการเผา Natural gas , heavy oil coal oil เครื่องมือนี้สามารถทำงานได้ตลอดเวลาหรือให้ทำงานได้เป็นช่วงได้ตามต้องการ

3.2.4 ศึกษาการออกแบบเงื่อนไขการทดลองหลังการติดตั้งใช้เทคโนโลยีระบบโอโซน

เพื่อเป็นการเข้าใจถึงภาพรวมในการวิจัยครั้งนี้ถึงวิธีการทดลองและรูปแบบต่าง ๆ ในการทำงานของเครื่องจักรเตาเผาขยะแบบหมุนและการประยุกต์โดยการนำเอาเทคโนโลยีระบบโอโซนมาปรับใช้เพื่อการสร้างนวัตกรรมใหม่ด้วยองค์ความรู้ใหม่รวมไปถึงการสร้างแนวคิดใหม่ที่จะนำระบบวิศวกรรมที่ถูกต้องและเหมาะสม

สำหรับงานวิจัยนี้มาพัฒนาให้เกิดความเป็นไปได้ในงานเพื่อจะนำไปใช้ได้จริงกับสถานการณ์จริงในอุตสาหกรรมต่อไป โดยจะต้องทราบถึงระบบการทำงานและเงื่อนไขของเทคโนโลยีให้เข้าใจก่อนที่จะนำไปใช้ในทางปฏิบัติดังแสดงในภาพประกอบ 51



ภาพประกอบ 51 เงื่อนไขการทดลองเตาเผาขยะแบบหมุนและโอโซน

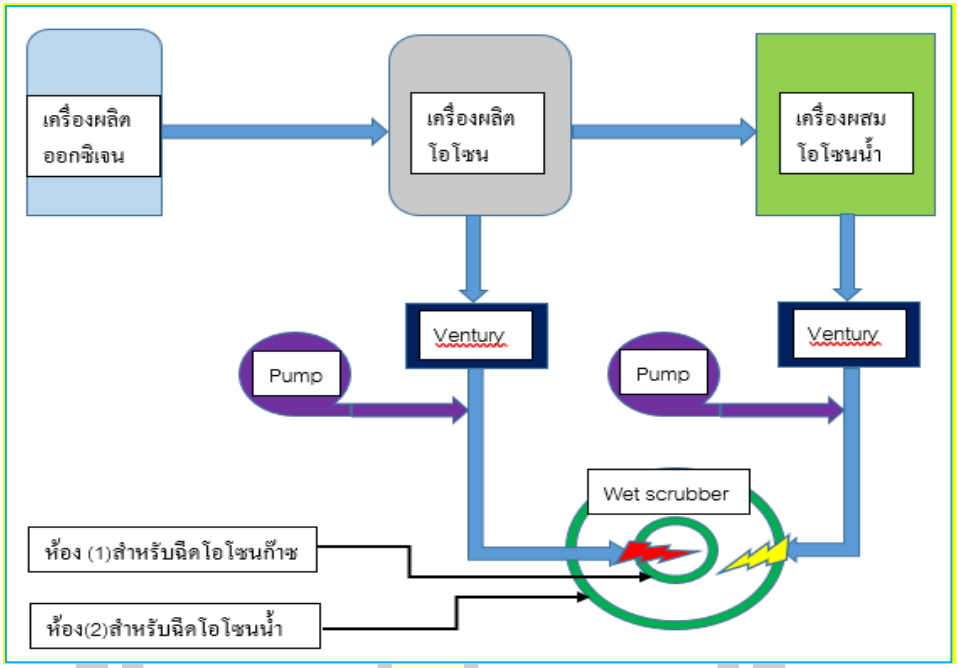
ตาราง 18 แผนการทดลอง

การทดลองที่	อุณหภูมิน้ำในระบบ (C°)	อัตราการไหลออกซิเจน (L/min)	ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (kv)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		อัตราการป้อนขยะ (kg/h)	อัตราการใช้เชื้อเพลิงก๊าซ LPG (l/h)	เวลาในการเผาไหม้ในเตาเผา (h)
				ห้องที่ 1	ห้องที่ 2			
1	15	4	6	700	1000-1200	100	40-50	1
2	15	4	6	700				
3	20	4	6	800				
4	20	4	6	800				
5	25	4	6	900				
6	25	4	6	900				
7	15	7	8	700	1000-1200	100	40-50	1
8	15	7	8	700				
9	20	7	8	800				
10	20	7	8	800				

การทดลองที่	อุณหภูมิน้ำในระบบ (C°)	อัตราการไหลออกซิเจน (L/min)	ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (kv)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		อัตราการป้อนขยะ (kg/h)	อัตราการใช้เชื้อเพลิงก๊าซ LPG (l/h)	เวลาในการเผาไหม้ในเตาเผา (h)
				ห้องที่ 1	ห้องที่ 2			
11	25	7	8	900				
12	25	7	8	900				
13	15	10	10	700	1000-1200	100	40-50	1
14	15	10	10	700				
15	20	10	10	800				
16	20	10	10	800				
17	25	10	10	900				
18	25	10	10	900				

ซึ่งปริมาณโอโซนที่ผลิตขึ้นพร้อมกับประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือของการผลิตนั้นเกี่ยวข้องโดยตรงกับปัจจัยหลายประการที่สำคัญ ได้แก่ แรงดันไฟฟ้า,ความถี่ไฟฟ้า, แรงดันก๊าซออกซิเจน และ อุณหภูมิ เป็นต้น โดยตัวแปรเหล่านี้จะถูกนำไปวิเคราะห์หาความสำพันธ์ถึงอิทธิ์พลที่จะมีต่อระบบการบำบัดมลพิษด้านน้ำและอากาศอีกทั้งยังพิจารนาถึงเครื่องมือและอุปกรณ์เพื่อติดตั้งให้มีประสิทธิ์ภาพในการบำบัดมลพิษต่อไป ดังแสดงในภาพประกอบ 52

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาพประกอบ 52 แผนผังการทดลองใช้โอโซน 2 ระบบร่วมในการบำบัดก๊าซไอเสีย

3.2.5 ศึกษาตัวแปรความสัมพันธ์ที่มีผลต่อความเข้มข้นโอโซน

จากการศึกษาระบบการผลิตโอโซนในปัจจุบันมีอยู่หลายแบบ แต่ที่นิยมใช้มี 2 แบบ คือ แบบความต่างศักย์สูง (discharge high voltage) และแบบระบบพลาสมาความดันสูง (high pressure plasma)

ดังนั้น การใช้ระบบโอโซนต้องคำนึงถึงตัวแปรที่มีผลดังต่อไปนี้

1.) ปริมาณโอโซนที่เครื่องผลิตโอโซนผลิตได้ ต้องมีปริมาณเพียงพอในการใช้งาน

2.) ความเข้มข้นที่เครื่องผลิตโอโซนผลิตได้ เมื่อเปรียบเทียบกับอากาศที่ใช้ในการผลิตความเข้มข้นต้องสูงเพียงพอ เนื่องจากความเข้มข้นของโอโซนที่เครื่องผลิตโอโซนที่ใช้ผลิตจะมีผลต่อปริมาณโอโซนที่ผลิตได้จากเซลพลาสมาโอโซไนเซอร์สามารถวัดได้โดยใช้วิธีมาตรฐานโพแทสเซียมไอโอไดส์ จะได้กราฟไอโอดีนมาตรฐานที่ใช้เป็นกราฟมาตรฐานในการเปรียบเทียบหาปริมาณไอโอดีน (I_2) ที่เกิดขึ้นจากโอโซนที่ผลิตได้ไปทำปฏิกิริยากับไอโอไดด์ไอออน (I^-) เกิดเป็นไอโอดีน (I_2) ใน absorbing reagent ซึ่งไอโอดีนสามารถตรวจสอบได้โดยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่จะทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงของไอโอดีนที่ 352 นาโนเมตร ทำให้สามารถบอกปริมาณโอโซนที่เกิดขึ้น ได้จากปริมาณไอโอดีนที่เกิดขึ้น ตามสมาการ

$$O_3 + 2KI + H_2O \longrightarrow I_2 + 2KOH + O_2$$

จากสมาการข้างต้น 1 โมลของโอโซนจะได้ 1 โมลของไอโอดีน (I_2) ดังนั้นปริมาณของโอโซนที่ได้สามารถอ่านได้โดยตรงจากกราฟมาตรฐานของค่าการดูดกลืนแสง (I_2) กับปริมาณของโอโซน

3.) เวลาและปริมาณโอโซนที่ตกค้างในน้ำ จะเป็นตัวทำปฏิกิริยาโดยตรงกับสิ่งปนเปื้อนในน้ำฉะนั้น โอโซนที่ละลายน้ำต้องมีความเข้มข้นเพียงพอ

4.) ระบบผสมโอโซนกับน้ำ เนื่องจากโอโซนที่ผลิตได้จากเครื่องผลิตโอโซนจะอยู่ในสถานะก๊าซซึ่งต่างสถานะกับน้ำ จึงจำเป็นต้องมีระบบผสมเพียงพอที่จะทำให้โอโซนละลายในน้ำได้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส [45]

5.) ตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อ Ozone Yield และ กำลังงานไฟฟ้าคือ Flow Rate ของออกซิเจน ขาเข้าหลอดผลิตโอโซน ช่องว่างอากาศ (Air Gap) ระหว่างทรงกระบอกทั้งสองของหลอดผลิตโอโซน และความถี่ไฟฟ้าขณะทำงานหาความสัมพันธ์ของโอโซนกับอัตราการไหลออกซิเจน

เมื่อปล่อยก๊าซออกซิเจนเข้าไปในตัวกำเนิดโอโซนที่สะอาดและแห้งการเกิดโอโซนจะเกิดปรากฏการณ์โคโรนาภายใต้เงื่อนไขที่เหมาะสม สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$V \propto pg$$

$$(Y/A) \propto f\varepsilon V^2 / d$$

เมื่อ Y / A คือ ปริมาณผลผลิตโอโซนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ของขั้วไฟฟ้า

V คือ ศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้ว

P คือ ความดันของก๊าซในช่องว่าง (gap) ที่อยู่ระหว่างไดอิเล็กตริกกับขั้วไฟฟ้าชั้นใน

g คือ ความกว้างของช่องว่าง (gap) ที่อยู่ระหว่างไดอิเล็กตริกกับขั้วไฟฟ้าชั้นใน

f คือ ความถี่ของศักย์ไฟฟ้า

ε คือ ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก

d คือ ความหนาของไดอิเล็กตริก

Flow Rate มีผลต่อปริมาณก๊าซที่ไหลผ่านหลอดผลิตโอโซน พลังงานที่ใช้ในการสร้างโอโซน ขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิเจนในอากาศที่ไหลผ่าน ค่า Flow Rate ที่มากเกินไป ทำให้ Ozone Yield ลดลง เนื่องจากเวลาที่เกิดปฏิกิริยาเปลี่ยน O_2 เป็น O และเป็น O_3 น้อยเกินไป และค่า Flow Rate ที่น้อยเกินไป ทำให้ Ozone Yield ลดลง เนื่องจาก ปริมาณ O_2 ที่เกิดปฏิกิริยา มีน้อย [46]

6.) Air Gap เป็นตัวกำหนดปริมาณอากาศที่อยู่ระหว่างขั้วไฟฟ้าในหลอดผลิตโอโซน ซึ่งหมายถึงบริเวณที่เกิดการแตกตัวของก๊าซ และเกิดสภาพนำไฟฟ้า การอกแบบหลอดผลิตโอโซนให้มีค่า Air Gap ที่เหมาะสม จะช่วยลดกำลังที่สูญเสียในรูปความร้อน (Joule Heat = V2/R) และมีผลให้แรงดันไฟฟ้าที่ต้องจ่ายให้หลอดผลิตโอโซนมีค่าลดลงด้วยจะทำให้โมเลกุลของออกซิเจนเกิดการแตก

ตัวเป็นอะตอมเดี่ยว แล้วเกิดการรวมกันเป็นโมเลกุลของโอโซนซึ่งประกอบด้วยอะตอมของออกซิเจนจำนวน3 อะตอม สามารถแสดงได้จากสมการดังนี้

$$\tilde{e} + O_2 \longrightarrow 2O + \tilde{e}$$

$$O + O_2 + O_2 \longrightarrow O_3 + O_2$$

เมื่อทำการป้อนแรงดันไฟฟ้าแรงสูงให้กับอิเลคโทรดจนกระทั่งค่าของสนามไฟฟ้ามีค่ามากกว่าสนามไฟฟ้าวิกฤติแล้วจะทำให้เกิดปรากฏการโคโรนาเกิดขึ้น เมื่อมีการส่งผ่านออกซิเจนเข้าสู่ Discharge gap

7.) การผลิตโอโซนต่อหน่วยกำลังไฟฟ้าที่ได้จากหลอดผลิตโอโซนกำลังผลิตสูง (100 g/h)

พลังงานในการผลิตโอโซนเกิดเนื่องจากสนามไฟฟ้า สามารถหาได้จาก [47]

$$W = \frac{1}{2}\int \varepsilon E^2 dv \qquad (1)$$

$$E = \sqrt{\frac{2W}{\varepsilon V}} \qquad (2)$$

เมื่อ

W คือ ค่าพลังงานที่ใช้ หน่วย Wh

E คือ สนามไฟฟ้า หน่วย kV/cm

V คือ ปริมาตรที่ใช้ หน่วย (cm^3)

ε คือ ค่าเปอร์มิติวิตี้ของสุญญากาศ

แรงดันที่ทำให้เกิดโคโรน่า

$$V_i = E_i d\eta^{*} \quad (3)$$

เมื่อ

V คือ แรงดันไฟฟ้า หน่วย kV

E_i คือ ค่าสนามไฟฟ้า หน่วย kV/cm

d คือ ระยะห่างของแกป หน่วย cm

η^{*} คือ แฟกเตอร์สนามไฟฟ้า

ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าของฉนวน

$$E = \frac{\varepsilon_2 V}{d\left(1 + \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} \times \frac{d_2}{d_1}\right)} \quad (4)$$

เมื่อ

E คือ ค่าสนามไฟฟ้า หน่วย kV/cm

V คือ แรงดัน หน่วย V

ε_1 คือ ค่าเปอร์มิติวิตี้ฉนวนไฟฟ้าชั้น ที่ 1

ε_2 คือ ค่าเปอร์มิติวิตี้ฉนวนไฟฟ้าชั้น ที่ 2

งานวิจัยครั้งนี้ได้มีการทดลองวัดอัตราการผลิตของหลอดโอโซนที่ 100 g/hr โดยใช้ออกซิเจน 90% ± 3% Power consumption: 550 Watt Max. Oxygen flow rate: 4-10 L/min Build in oil free air compressor 220V/50Hz. ที่ความดันใช้งาน 1 บรรยากาศ และค่าแรงดันไฟฟ้า 1-10 kv และความถี่ที่จ่ายให้หลอดผลิตโอโซนซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทดลองที่ความถี่ 50 Hz อีกทั้งอุณหภูมิน้ำในระบบเป็นอีกตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการผลิตโอโซนโดยใช้ทดลองที่ 20-25 °C การวัดค่าตัวแปรต่าง ๆ สามารถทดลองได้ระยะเวลาได้อย่างต่อเนื่อง เพื่อหาอัตราการผลิตโอโซนสูงสุด จากนั้นนำไปหาค่าเสถียรภาพในการผลิตโอโซนซึ่งจะทำการศึกษาวิจัยผลของค่าตัวแปรที่กล่าวไว้ข้างต้นทั้งหมดต่อการผลิตโอโซนต่อไป

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นการทำงานของระบบโอโซน

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่มีผลต่อโอโซน อันเป็นเป้าหมายของข้อสรุปงานวิจัยนั้นก็เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ ความเข้าใจที่จะสามารถบรรยาย อธิบาย ตัวแปร อัตราการไหล แรงดันไฟฟ้า และ อุณหภูมิ หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่อยู่ในเงื่อนไขที่ต่างออกไป ก่อนที่จะอธิบายรายละเอียดของสถิติที่ใช้หาความความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรนั้น เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการเลือกใช้สถิติเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ชัดเจนขึ้น

1. การศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณโอโซนกับอัตราการไหลออกซิเจน

อัตราการไหลที่ต่างกันทำให้ปริมาณโอโซนที่ได้เปลี่ยนแปลงไปด้วยจึงต้องมีการหาปริมาณโอโซนที่อัตราการไหลของออกซิเจนในช่วง 4-10 ลิตรต่อนาทีเพื่อจะได้ทราบอัตราการไหลของออกซิเจนที่เหมาะสมในการผลิตโอดซนโดยมีขั้นตอนดังนี้

1.1) สร้างออกซิเจนด้วยเครื่องผลิตส่งไปยังเครื่องกำเนิดโอโซนโดยกำหนดให้ความต่างศักย์ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเป็น 8 กิโลโวลต์ให้อัตราการไหลของออกซิเจนเป็น 7 ลิตรต่อนาที

1.2) อุปกรณ์ดักน้ำทั้งนี้ปั๊มลมจะทำหน้าที่จ่ายออกซิเจนที่ความดัน 15 lb/in^2 ให้กับหลอดผลิตโอโซน โดยมีอุปกรณ์ปรับอัตราการไหล (Flow Rate) ของออกซิเจน ควบคุมอัตราการไหลที่เข้า หลอดผลิตโอโซนในช่วง 4-10 L/min

1.3) ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนอัตราการไหลของออกซิเจนเป็น 4,5,6,7,8,9, และ 10 ลิตรต่อนาทีตามลำดับ

1.4) ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนความต่างศักย์ไฟฟ้าให้เป็น 5,6,7,8,9,10 กิโลโวลต์ตามลำดับ

1.5) เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของออกซิเจนในช่วง 4-10 ลิตรต่อนาที กับปริมาณโอโซนที่ความต่างศักย์ในช่วง 5-10 กิโลโวลต์

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

ตาราง 19 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของก๊าซออกซิเจนต่อความเข้มข้นโอโซน

ความเข้มข้นปริมาณโอโซน (g)	อัตราการไหลออกซิเจน (L/min)	ความต่างศักย์ไฟฟ้า (kv)
10	4	5
20	5	6
30	6	7
40	7	8
50	8	9
60	9	10
70	10	
80		
90		
100		

2. การศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณโอโซนกับความต่างศักย์ไฟฟ้า

เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ให้กับเครื่องกำเนิดโอโซนทำให้ปริมาณโอโซนที่ได้เปลี่ยนแปลงไปด้วยจึงต้องมีการหาปริมาณโอโซนที่เวลาต่างกันของแต่ละความต่างศักย์ไฟฟ้าดังนั้นในงานวิจัยนี้แหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงที่จ่ายให้กับหลอดผลิตโอโซนจะเป็นแบบกระแสสลับและความถี่สูงโดยมีขั้นตอนดังนี้

2.1) สร้างศักย์ไฟฟ้าแรงดันที่สูงเพื่อจ่ายให้หลอดผลิตโอโซน ทำได้โดยใช้หม้อแปลงไฟฟ้าเพิ่มแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้น เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงและมีกำลังสูญเสียต่ำ จึงเลือกใช้การแปลงแรงดันไฟฟ้าแบบ Switching power supply โดยทำการแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V, 50 Hz ให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 1-10 kV, 1-10 kHz [46]

2.2) สร้างออกซิเจนด้วยเครื่องผลิตส่งไปยังเครื่องกำเนิดโอโซนโดยกำหนดให้ความต่างศักย์ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเป็น 4 กิโลโวลต์ให้อัตราการไหลของออกซิเจนเป็น 7 ลิตรต่อนาที

2.3) ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนความต่างศักย์ไฟฟ้าให้เป็น 5,6,7,8,9,10 กิโลโวลต์ตามลำดับและใช้เวลาดิสชาร์จในช่วง 0.5-5.0 นาที

2.4) เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโอโซนกับความต่างศักย์ในช่วง 5-10 กิโลโวลต์

ตาราง 20 การเปรียบเทียบค่าความต่างศักย์แรงดันไฟฟ้าและเวลาต่อปริมานการเกิดโอโซน

ความเข้มข้นปริมาณโอโซน (g)	**ความต่างศักย์ไฟฟ้า (kv)**	**เวลา (Min)**
10		0.5
20		1
30	5	1.5
40	6	2
50	7	2.5
60	8	3
70	9	3.5
80	10	4
90		4.5
100		5

3. การศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณโอโซนกับอุณหภูมิน้ำในระบบ

อุณหภูมิอุณหภูมิที่ลดลงมีผลทำให้โอโซนละลายได้ดี ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจะสูงขึ้น ในขณะเดียวกันโอโซนจะสลายตัวได้ง่ายเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเพื่อหาตัวแปรด้านอุณหภูมิถึงความสัมพันธ์ต่อความเข้มข้นโอโซน ซึ่งอุณหภูมิน้ำในระบบนำมาหมุนวนเพื่อลดการเกิดความร้อนจากการ (discharge high voltage) ของระบบไฟฟ้าในหลอดผลิตโอโซน อีกทั้งยังเป็นอีกตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการผลิตโอโซน โดยมีการควบคุมอุณภูมิจากเครื่องทำความเย็นโดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1) สร้างออกซิเจนด้วยเครื่องผลิตส่งไปยังเครื่องกำเนิดโอโซนโดยกำหนดให้ความต่างศักย์ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเป็น 8 กิโลโวลต์ให้อัตราการไหลของออกซิเจนเป็น 7 ลิตรต่อนาที

3.2) สร้างอุณหภูมิด้วยเครื่องทำความเย็นขนาด Capacity 48,000 BUT/HR ส่งระบบน้ำวนในระบบหล่อเย็นที่ถูกควบคุมอุณหภูมิที่ 20 °C ไปยังท่อผ่านหลอดโอโซนขนาด 100 กรัมต่อชั่วโมง (g/hr)

3.3) ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนอุณหภูมิที่ 21,22,23,24,25 °C โดยใช้อัตราการไหลของออกซิเจนเป็น 7 ลิตรต่อนาที

3.4) เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของออกซิเจนในช่วง 7 ลิตรต่อนาที กับปริมาณโอโซนที่ความต่างศักย์ในช่วง 8 กิโลโวลต์ที่อุณหภูมิ 20-25 °Cตามลำดับ

ตาราง 21 การเปรียบเทียบอุณหภูมิต่อปริมาณการเกิดความเข้มข้นโอโซน

ความเข้มข้นปริมาณโอโซน (%)	**อุณหภูมิ (°C)**	**ความต่างศักย์ไฟฟ้า (kv)**	**อัตราการไหลออกซิเจน (L/min)**
10	20	8	7
20	21		
30	22		
40	23		
50	24		
60	25		
70			
80			
90			
100			

3.2.6 การศึกษาด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับการปลดปล่อยก๊าซมลพิษและการวิเคราะห์ตรวจวัดคุณภาพน้ำและอากาศก่อนปล่อยสู่ธรรมชาติ

นำผลการศึกษาปริมาณของเสียและมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเดินระบบเตาเผาขยะแบบหมุนที่ติดตั้งด้วยระบบโอโซน มาประเมินอัตราการปลดปล่อยมลพิษที่จะเกิดผลต่อสิ่งแวดล้อมและวิเคราะห์คุณภาพอากาศ และน้ำที่ปล่อยออกจากเตาเผาขยะให้ได้ตามมาตรฐาน (US.EPA) โดยอ้างอิงที่สภาวะ 200 ºC ต่อ 1 บรรยากาศ และออกซิเจนส่วนเกิน 7% ดังแสดงในตารางที่ 21

ภาพประกอบ 53 วิเคราะห์คุณภาพอากาศและน้ำ

ตาราง 22 การเปรียบเทียบข้อมูลตามมาตรฐาน (US.EPA)

ดัชนี	หน่วย	พิสัย	ค่าเฉลี่ย	มาตรฐาน US. (เตาเผาขนาดเล็ก)
ปริมาณฝุ่นละออง (TSP)	mg /m^3	16.76 - 136.28	93.13	115
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	ppm	0.4 - 47	8.44	40
ก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl)	ppm	0.16 - 25.54	11.64	100
ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์(SO_2)	ppm	ND - 2.74	0.36	55
ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนในรูปของไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2)	ppm	1.45 - 88.23	41.14	250
ปริมาณไดออกซินและฟูแรนส์	ng /m^3	ND - 8.94	-	125
ความทึบแสง (Opacity)	%	4.0 - 4.67	4.42	10
ปริมาณสารปรอทในฝุ่นละออง (Hg)	mg /m^3	<0.001 - 0.002	0.0012	0.55

ดัชนี	หน่วย	พิสัย	ค่าเฉลี่ย	มาตรฐาน US. (เตาเผาขนาดเล็ก)
ปริมาณแคดเมียมในฝุ่นละออง (Cd)	mg /m^3	0.001 - 0.012	0.0052	0.16
ปริมาณสารตะกั่วในฝุ่นละออง (Pb)	mg /m^3	0.026 - 0.058	0.0378	1.2
ปริมาณฝุ่นละออง (TSP)	mg /m^3	16.76 - 136.28	93.13	115

ทำได้โดยการวัดปริมาณฝุ่นละออง (Particulate) วัดปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) วัดปริมาณแก๊สคาร์บอนมอโนไซด์ (CO_2) วัดปริมาณแก๊สไนโตเจนออกไซด์ (NO_x) วัดปริมาณแก๊สไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl) และวัดความหนาแน่นของควัน (Smoke density) ซึ่งวิธีการวิเคราะห์เหล่านี้สามารถสรุปได้ตามสมการ และได้แสดงดังตารางที่ 22

Emission factor (Syngas) = (V syn X Concentration of emission) / (fuel consumption)

เมื่อ

Emission factor (syngas) คือ อัตราการปลดปล่อยมลพิษ (g/kg)

V syn คือ ปริมาตรแก๊สเชื้อเพลิง (m^3)

Concentration of pollutant คือ ความเข้มข้นของสารพิษ (mg/m^3)

Total fuel คือ ปริมาณของเชื้อเพลิงที่ป้อนระบบทั้งหมด (kg)

การคำนวณคาอากาศเสียแตละชนิดที่ปลอยทิ้งจากปลองเตาเผามูลฝอย ใหคำนวณผล ที่ความดัน 1 บรรยากาศ หรือที่ 760 มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่สภาวะแหง (Dry Basis) โดยมีปริมาตรอากาศเสียที่ออกซิเจน (O_2) รอยละ 7 ดังแสดงในตารางที่ 22

ตาราง 23 มาตรฐานการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ

ประเภทของสารมลพิษทางอากาศ	ค่ามาตรฐาน การระบายสารมลพิษ	วิธีการตรวจวัด
ค่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ SO_2 (ppm)	30	USEPA Method 6,8 / วิธีที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
ค่าก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนในรูปก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (No_xas NO_2) (ppm)	180	USEPA Method 7 / วิธีที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
ค่าก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl) (ppm)	25	USEPA Method 26 / วิธีที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
ค่าก๊าซไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (HF) (ppm)	20	USEPA Method 26,26A / วิธีที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
(PCDD/Fs as International Toxic Equivalent; I-TEQ) (nanogram/m^3)	0.5	USEPA Method 23 / วิธีที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
ค่าปริมาณฝุ่นละออง (Total Suspended Particulate) (mg/m^3)	120	USEPA Method 5 / วิธีที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
ค่าความทึบแสง (Opacity) (%)	10	USEPA Method 9 / วิธีที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
ค่าสารปรอท (Hg) (mg/m^3)	0.05	USEPA Method 29 / วิธีที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
ค่าสารแคดเมียม (Cd) (mg/m^3)	0.05	USEPA Method 29 / วิธีที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
ค่าสารตะกั่ว (Pb) (mg/m^3)	0.5	USEPA Method 29 / วิธีที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

Remark: ให้คำนวณความเข้มข้นสารมลพิษทางอากาศเทียบที่สภาวะอ้างอิง (Reference Condition) อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท หรือ ความดัน 1 บรรยากาศ ที่สภาวะแห้ง (Dry Basis) โดยมีปริมาตรอากาศส่วนเกินในระยะเผาไหม้ (Excess Air) ร้อยละ 50 หรือที่ปริมาตรออกซิเจนร้อยละ 7

ตาราง 24 ดัชนีการตรวจวัดและวิธีการทดสอบคุณภาพอากาศ

ดัชนีที่ตรวจวัดมลพิษทางอากาศ	วิธีการเก็บตัวอย่าง, วิธีการทดสอบด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ ,อ้างอิงมาตรฐาน
ปริมาณฝุ่นละออง (Particulate)	Isokinetic / Gravimetric / ตามมาตรฐาน (US.EPA Method 5)
ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide)	Absorb air / Barium Thorin Titration / ตามมาตรฐาน (US.EPA Method 6)
ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอโนไซด์ (Carbon monoxide)	Absorb air / Bag, Non Dispersive Infrared Detection / ตามมาตรฐาน (US.EPA Method 10)
ปริมาณก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (Oxides of nitrogen)	Absorb air / Colorimetric / ตามมาตรฐาน (US.EPA Method 7)
ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ (Hydrogen chloride)	Non- isokinetic / Ion Chromatography / / ตามมาตรฐาน (US.EPA Method 26)
ความหนาแน่นของควัน (Smoke density)	Ringelmann Smoke chart / Smoke density / ตามมาตรฐาน (US.EPA Method 9)
ปริมาณก๊าซไอเสียมลพิษทางอากาศ	ตรวจวัดมลพิษด้วยเครื่อง Photoionization Detector (PID) รุ่น ppbRAE 3000 โดยตรวจวัดค่า VOC และ Hydrogen Sulfide

1. ปริมาณฝุ่นละออง (Particulate)

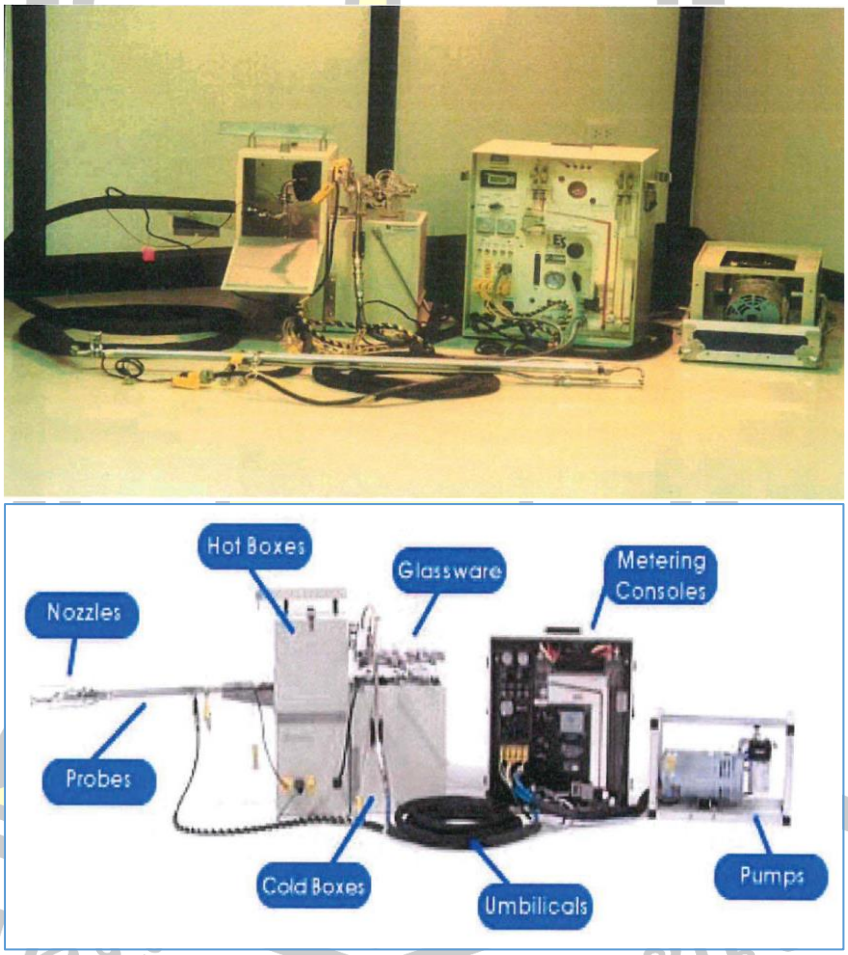
วิธีการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างคุณภาพอากาศประเภท Particulate จากปล่องระบายโดยใช้หลักการดูดอากาศจากแหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่ (Stationary Source) ทำการเก็บตัวอย่างด้วยวิธี Isokinetic (Dry Basis) โดยใช้ Filter ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส โดยที่ความเร็วลมขณะตรวจวัดจะต้องเท่ากัน เพื่อป้องกันการหักเหของอนุภาคฝุ่นขณะเคลื่อนที่ และเปอร์เซ็นต์ไอโซไคเนติกที่ยอมรับได้ไม่เกิน ±10 เปอร์เซ็นต์ตามสูตร

(%) Isokinetic = (Vn/Vs)/100

Vn = ความเร็วลมของอากาศที่เข้าไปยังหัวเก็บตัวอย่างอากาศ (Nollzle)

Vs = ความเร็วลมของอากาศเสียในปล่องระบาย

ทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี Gravimetric Method ทั้งนี้อ้างอิงตามวิธีการเก็บและวิเคราะห์ตามวิธีการของ US.EPA Method 5 ดังแสดงในภาพประกอบ 54



ภาพประกอบ 54 ชุดตรวจวัดฝุ่นละอองในปล่องระบาย (TTS)

2. ปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur Dioxide)

วิธีการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากปล่องระบาย ใช้หลักการตัวอย่างโดยดูดอากาศด้วยอัตราการไหลคงที่ด้วยปั๊มดูดอากาศผ่านชุดเก็บตัวอย่างที่มีการแยกละออง

กรดซัลฟูริกและแก๊สซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ออกจากตัวอย่างอากาศด้วย Glass woolและ Isopropyl Alcohol แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะถูกดูดซึมสารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์แล้วนำไปทดสอบด้วยวิธี Barium thorin tritration ตามวิธีการมาตรฐานของ US.EPA Method

3. ปริมาณแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน (Oxides of Nitrogen)

วิธีเก็บตัวอย่างปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน ใช้หลักการดูดตัวอย่างจากปล่องระบายเข้าไปไว้ในภาชนะแก้วทรงกลมซึ่งอยู่ในสภาวะสุญญากาศ ซึ่งบรรจุสารละลายดูดซึมแก๊สซัลฟูริกและไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ จากนั้นทดสอบโดยการทำปฏิกิริยากับกรดฟีนอลไดซัลฟอนิกแล้วทดสอบโดยวิธีColorimetric Method ตามวิธีการมาตรฐานของ US.EPA Method

4. ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอโนไซด์

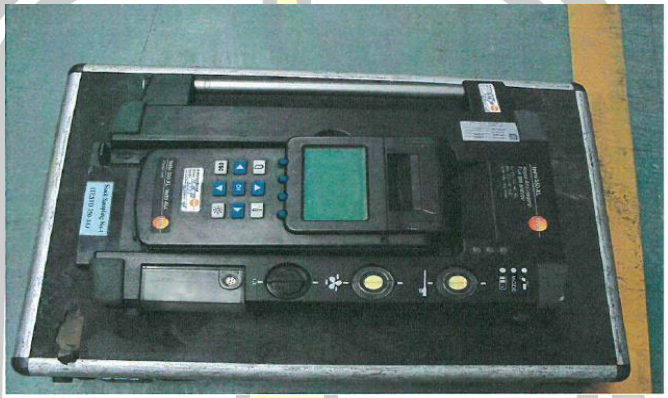
วิธีการเก็บตัวอย่างแก๊สคาร์บอนมอโนไซด์ ทำโดยการใช้ถุงสำหรับเก็บตัวอย่างอากาศเก็บตัวอย่างที่อัตราการดูดคงที่ตามระยะเวลาที่กำหนด ตัวอย่างจะถูกนำไปวิเคราะห์หาปริมาณแก๊สคาร์บอนมอโนไซด์ด้วยเครื่องมือวิเคราะห์โดยใช้หลักการ Non Dispersive Infrared Detection รายงานค่าในหน่วยมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือส่วนในล้านส่วน ตามวิธีการมาตรฐานของ US.EPA Method 10 ดังแสดงในภาพประกอบ 55

ภาพประกอบ 55 ชุดตรวจวัดแก๊สคาร์บอนมอโนไซด์ (CO) ในปล่องระบาย

พหุน ปณ ฑิโต ชโย

5. ปริมาณไฮโดรเจนคลอไรด์ (Hydrogen Chloride)

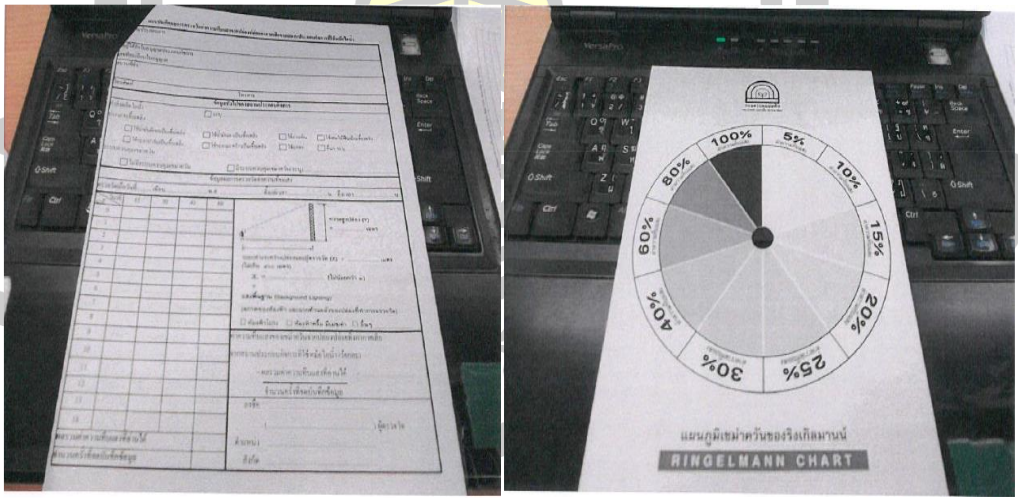
เก็บตัวอย่างโดยการใช้หลักการ Non-Isokinetic แก๊สไฮโดรเจนคลอไรด์จะถูกดูดซึมในสารละลาย 0.1N กรดซัลฟูริก และ 0.1N โซเดียมไฮดรอกไซด์และทดสอบด้วยเครื่อง Ion chromatographyตามวิธีการมาตรฐานของUS.EPA Method 26 ดังแสดงในภาพประกอบ 56



ภาพประกอบ 56 ชุดตรวจวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ในปล่องระบาย (Flue Gas Analyzer)

6. ค่าความหนาแน่นควัน (Smoke Density)

ตรวจวัดจากการสังเกตเงาสี (Shade) ของควันที่ระบายจากปล่องเทียบกับเงาสีแผนภูมิควันของริงเกิลมานน์ (Ringelmann Number) ให้เป็นความหนาแน่นควัน (Smoke Density) ซึ่งมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ ตามวิธีการมาตรฐานของ US.EPA Method 9 ดังแสดงในภาพประกอบ 57



ภาพประกอบ 57 ชุดตรวจวัดค่าความทึบแสงในปล่องระบาย

7. คุณภาพน้ำก่อนนำไปใช้ประโยชน์

หลักเกณฑ์ในการพิจารณากำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำซึ่งมีค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำที่ได้จัดทำขึ้นมีหลักเกณฑ์ที่สำคัญดังนี้คือค่า DO เป็นเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุด เป็นไปตามธรรมชาติ อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติเกิน 3 องศาเซลเซียส น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ ไม่เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร วิธีการตรวจสอบเป็นไปตามวิธีการมาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 24

ตาราง 25 ดัชนีการตรวจวัดและวิธีการทดสอบคุณภาพน้ำ

ลำดับ NO.	รายการพารามิเตอร์ DESCRIPTION/PARAMETER	วิธีการตรวจวิเคราะห์ METHOD OF ANALYSIS
1	pH	Electrometric Method
2	Total Dissolved Solids	Dried at 180 Celsius degree Dried at 103-105 degree celcius Laboratery and Field Method
3	Suspended Solids (SS)	Dried at 180 Celsius degree Dried at 103-105 degree celcius Laboratery and Field Method
4	Temperature	Dried at 180 Celsius degree Dried at 103-105 degree celcius Laboratery and Field Method
5	Color	ADMI Weighted Ordinate Method
6	Sulfide ($S2^-$)	Zns Precipitation, Iodometric Method
7	Cyanide (CN^-)	Distillation, Colorimetric Method
8	Oil and Grease	Partition Gavimctric Method
9	Formaldehyde	Distillation, Colorimetric Method
10	Phenols	Distillation, Direct Photometric Method
11	Free Chlorine	Iodometric Method
12	Biochemical Oxygen Demand (BODS)	5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method

ลำดับ NO.	รายการพารามิเตอร์ DESCRIPTION/PARAMETER	วิธีการตรวจวิเคราะห์ METHOD OF ANALYSIS
13	Total Kjeldahl Nitrogen (TKN)	Macro-Kjeldahl Method
14	Chemical Oxygen Demand (COD)	Close Reflux, Titrimetric Method
15	Zine (Zn)	Digestion, Inductively Coupled Plasma Method
16	Chromium Trivalance ($Cr3^{+}$)	Colorimetric Method, Calculation Method In-house Test Method: W-IT-001/Digestion,Direct Air-Digestion,Inductively Coupled Plasma Method Digestion,Inductively Coupled Plasma Macro-Kjeldahl Method
17	Copper (Cu)	
18	Lead (Pb)	
19	Arsenic (As)	
20	Selenium (Se)	In-house Test Method: W-IT-001/Digestion,Direct Air- In-house Test Method: W-IT-001/Digestion,Direct Air-Acetylene Digestion, Inductively Coupled Plasma Method
21	Mercury (Hg)	
22	Organochlorine Pestiside	Continuous, Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method Continuous, Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method Cold Vapor Atommic Absorption Spectrometric Method Liquid-Liquid Extraction Gas

ลำดับ NO.	รายการพารามิเตอร์ DESCRIPTION/PARAMETER	วิธีการตรวจวิเคราะห์ METHOD OF ANALYSIS
		Chromatography
23	คุณภาพน้ำก่อนปล่อยสู่ระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง	Azide Modification Method / Argenyometric Method / Dichromate Open Reflux Method / Turbidimetric method
24	ก๊าซโอโซนที่ผลิตได้ทำการวัดโดยเครื่องวัด ปริมาณความเข้มข้นก๊าซโอโซน	(Teledyne Instruments Ozone Monitor Model 450M) โดยแสดงผลในหน่วยของ ppm (Part per million)

สำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย Standard Methods for Examination of Water and Wastewater ซึ่ง APHA : American Public Health Association, AWWA : American Water Works Association และ WPCF : Water Pollution Control Federation ของสหรัฐอเมริกา ร่วมกันกำหนดและการกำหนดแผนจัดการคุณภาพน้ำของประเทศไทยได้จัดทำแผนการจัดการคุณภาพน้ำของประเทศ ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2561 - 2580) มีกรอบแนวคิดโดยใช้หลักการสร้างความสมดุลระหว่างเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนหลักการป้องกันไว้ก่อน (Precautionary Principle) และควบคุมการระบายน้ำเสียตามขีดความสามารถในการรองรับของแหล่งน้ำ (Carrying Capacity) รวมถึงการประยุกต์ใช้ระบบอนุญาตการระบายมลพิษ (Permit System) และหลักการผู้ก่อมลพิษเป็นผู้จ่าย (Polluter Pays Principle: PPP) มุ่งเน้นการลดปริมาณการใช้น้ำและความสกปรกของน้ำเสียด้วยกระบวนการผลิตและการใช้ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมทั้งภาคครัวเรือน ภาคอุตสาหกรรม และเกษตรกรรม การจัดให้มีระบบจัดการน้ำเสียในพื้นที่ที่มีปัญหาคุณภาพน้ำ และเมืองสำคัญทางเศรษฐกิจ กำหนดมาตรฐานอัตราการระบายมลพิษทางน้ำ (Loading)ตามขีดความสามารถในการรองรับมลพิษในแต่ละพื้นที่ กำหนดให้มีระบบการอนุญาตการระบายมลพิษ(Permit System) จัดทำแนวทางและวิธีการที่เหมาะสมในการจัดเก็บค่าอนุรักษ์คุณภาพน้ำ (ค่าจัดการน้ำเสีย)เพื่อนำรายได้ไปจัดสร้างระบบบำบัดน้ำเสียและบริหารจัดการคุณภาพน้ำ รวมไปถึงส่งเสริมให้ประชาชนผู้ประกอบการ ภาคเอกชน ปฏิบัติตามกฎหมายและมีส่วนร่วมในการดูแลรักษาคุณภาพน้ำ (Corporate Social Responsibility : CSR)

3.2.7 การวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อประเมินมลพิษด้านสิ่งแวดล้อมของระบบโอโซน

การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อประเมินมลพิษสิ่งแวดล้อมของระบบโอโซนด้วยวิธีการวิเคราะห์แบบถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple linear regression) การวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรโดยใช้เทคนิคทางคณิตศาสตร์ (Regression Analysis) เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของตัวแปรด้วยการประมาณการ (Prediction) (Mathematical model) โดยศึกษาพฤติกรรมตัวแปรที่มีผลต่อระบบโอโซนที่มีคุณสมบัติต่อการบำบัดก๊าซมลพิษเช่น ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอโนไซด์ (Carbon monoxide) (CO,) , ปริมาณก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (Oxides of nitrogen) (NO_2) ,ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide) (SO_2) ที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ของเตาเผาขยะแบบหมุนที่มีระบบโอโซนมาช่วยบำบัดก๊าซไอเสียอีกครั้ง โดยวิธีการวิเคราะห์ตัวประกอบที่สำคัญจะใช้โปรแกรม SPSS ในส่วนของกราฟจะใช้โปรแกรมวิเคราะห์ MINITAB ช่วยในการวิเคราะห์ และประมวลผลทางด้านสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 26

ตาราง 26 กำหนดตัวแปรที่มีผลต่อการทดลองทางคณิตศาสตร์

Std.Run	ตัวแปรควบคุม			Result			
	อุณหภูมิน้ำในระบบ (C°)	อัตราการไหลออกซิเจน(L/min)	ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (kv)	%ความเข้มข้น	CO (ppm)	NO2 (ppm)	SO2 (ppm)
1	15	4	6	160	2.68	1.21	1.26
2	15	4	6	155	2.42	1.16	1.14
3	15	7	8	150	2.96	1.35	1.21
4	15	7	8	145	2.74	1.46	1.32
5	15	10	10	140	3.02	1.57	1.44
6	15	10	10	135	2.97	1.69	1.39
7	20	4	6	130	2.98	1.73	1.36
8	20	4	6	125	3.21	1.85	1.51
9	20	7	8	120	3.98	1.93	1.33
10	20	7	8	115	3.56	1.99	1.47
11	20	10	10	110	4.19	2.26	1.54
12	20	10	10	105	3.87	2.31	1.61
13	25	4	6	100	4.35	2.38	1.84
14	25	4	6	95	4.55	2.44	1.68
15	25	7	8	90	4.65	2.57	1.76
16	25	7	8	85	4.43	2.61	1.94
17	25	10	10	80	4.81	2.96	1.83
18	25	10	10	75	4.67	3.04	1.91

3.3 การเก็บรวบรวมตัวอย่างแก๊ส

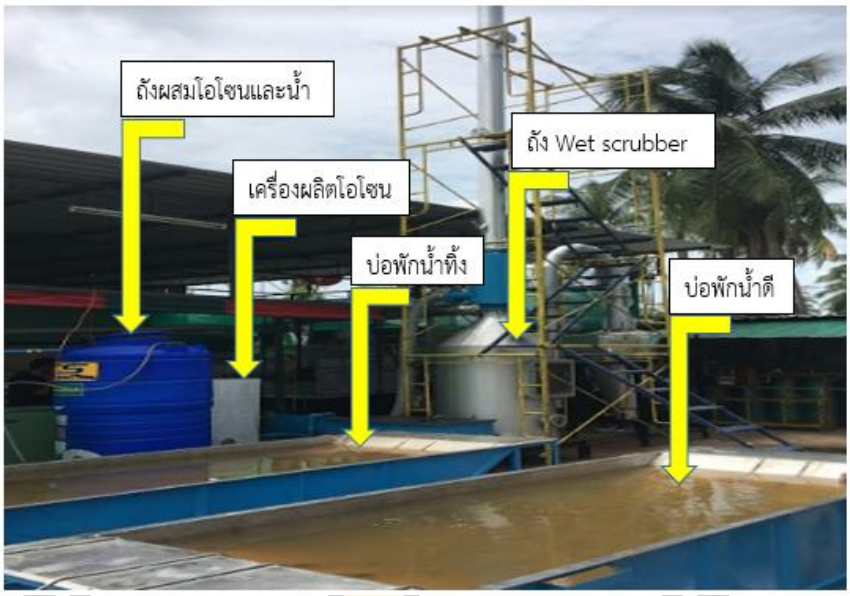
ทำการเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์มลพิษทางอากาศที่บริเวณปลายปล่องออกของเตาเผาขยะ และตรวจสอบคุณภาพน้ำ

ภาพประกอบ 58 การเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์

ภาพประกอบ 59 การตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ปลายปล่องระบายของเตาเผา

3.4 สถานที่ทำการทดลอง

สถานที่ทำการทดลองคือ บริษัท Energy Experts (Thailand) Co., Ltd จังหวัดชลบุรี



ภาพประกอบ 60 ระบบโอโซนสร้างขึ้นเพื่อบำบัดน้ำและอากาศ

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษา

4.1.1 แหล่งที่มาของขยะติดเชื้อ

ตัวอย่างขยะติดเชื้อที่นำมาทดสอบในงานวิจัยนี้นำมาจากโรงพยาบาล คลินิกและสถานประกอบการเกี่ยวกับทางการแพทย์ โดยมูลฝอยติดเชื้อดังกล่าวเกิดขึ้นจากการให้บริการทางการแพทย์ ได้แก่ การรักษาพยาบาล ทันตกรรม เภสัชกรรม การตรวจวินิจฉัยทางห้องปฏิบัติการ การให้ภูมิคุ้มกันโรค รวมทั้งการศึกษาวิจัยที่ดำเนินการกับมนุษย์ ซึ่งผ่านการสัมผัสหรือปนเปื้อนเชื้อโรคจากผู้ป่วยหรือผลิตผลของผู้ป่วย โดยมีกระบวนการจัดเก็บและรวบรวมแยกกันอย่างชัดเจนกับขยะทั่วไปที่เกิดขึ้นในโรงพยาบาล

องค์ประกอบขยะติดเชื้อที่พบในการศึกษานี้ส่วนใหญ่ คือ พลาสติกและผ้า ซึ่งสามารถพบได้ในกลุ่มขยะติดเชื้อโรงพยาบาล จากข้อมูลของกรมอนามัยและ WHO (2014) ได้กล่าวถึงแหล่งกำเนิดของขยะติดเชื้อที่มาจากโรงพยาบาลที่มักจะพบส่วนมาก คือ ตึกคนไข้ (Medical ward) ห้องผ่าตัด (Operating Theatre) ห้องปฏิบัติการและห้องปฏิบัติการอันตราย (Laboratory) โดยขยะติดเชื้อที่เกิดขึ้น ได้แก่ ของมีคม (Sharp) เช่น เข็มฉีดยา Vial แก้วจาน สไลด์ cover สไลด์ที่แตก ของไม่มีคม ได้แก่ ผิดปิดแผล ผ้าพันแผล สำลี ถุงมือ หน้ากากอนามัยที่มีการปนเปื้อนด้วยเลือดและสารคัดหลั่ง กระบอกดูดเลือด เสื้อกาวน์ รก เนื้อเยื่อ ชิ้นส่วนอวัยวะ เป็นต้น เมื่อพิจารณาเทียบปริมาณองค์ประกอบของขยะติดเชื้อเทียบกับขยะทั่วไปที่มาจากชุมชนโดยการสำรวจของกรมควบคุมมลพิษพบว่าในชุมชนจะมีองค์ประกอบขยะประเภทเศษอาหารปริมาณสูงประมาณร้อยละ 63.78 รองลงมา คือ องค์ประกอบประเภทพลาสติกร้อยละ 17.65 และพบเศษผ้าร้อยละ 1.37 [48] ถึงแม้ว่าจะพบองค์ประกอบประเภทพลาสติกและเศษผ้าในปริมาณน้อย เมื่อเทียบกับขยะทั่วไปแต่จัดว่าเป็นขยะกลุ่มที่ยังพบอยู่ในลำดับต้นของแหล่งที่มาที่แตกต่างกันองค์ประกอบขยะที่ตรวจพบนี้มีลักษณะคล้ายคลึงกับการศึกษาปริมาณขยะติดเชื้อที่เกิดจากโรงพยาบาล โดยส่วนใหญ่จะพบขยะติดเชื้อกลุ่ม พลาสติก และผ้าเนื่องจากวัสดุทางการแพทย์ที่ที่ใช้ในการรักษาและวินิจฉัยโรคเป็นประเภทของพลาสติกไม่ว่าจะเป็นหลอดฉีดยา บรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ และในส่วนที่พบรองลงมา คือ ผ้า เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำความสะอาด

เตาเผาแบบหมุนมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการเผาขยะติดเชื้อเนื่องจากความสามารถในการทำลายสารมีพิษทางพันธุกรรมและสารเคมีที่ทนความร้อนสูง เหมาะสมกับประเภทมูลฝอยติดเชื้อ (รวมถึงวัสดุมีคม) และ มูลฝอย พยาธิสภาพ เช่น เลือด น้ำเหลือง เนื้อเยื่อ

หรือชิ้นส่วนจากสัตว์ทดลอง และขยะจากยาและสารเคมีทุกชนิด รวมถึงมูลฝอยที่เป็นพิษต่อเซลล์ ทั้งนี้ ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมของการศึกษานี้อยู่ในช่วงที่สามารถทำให้เกิดการสลายตัวของสารเคมีที่มีความทนทานสูง [49]

4.1.2 ข้อมูลสมบัติทางด้านกายภาพและเคมี

4.1.2.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ

การวิเคราะห์ตัวอย่างขยะติดเชื้อทางด้านกายภาพโดยการสุ่มเก็บตัวอย่างขยะติดเชื้อถุงแดงจำนวน 178 กิโลกรัม โดยทำการเปิดถุงและเทกองรวมกันเพื่อทำการคลุกเคล้าให้เข้ากัน และทำการสุ่มตัวอย่างบางส่วนเพื่อนำมาวิเคราะห์สัดส่วนและองค์ประกอบทางกายภาพจากปริมาณขยะติดเชื้อทั้งหมดที่นำมาวิเคราะห์องค์ประกอบโดยการอบแห้งและชั่งน้ำหนักหลังการอบพบปริมาณขยะติดเชื้อประเภทพลาสติกสูงสุดถึงร้อยละ 58.64 รองลงมา คือ ขยะติดเชื้อประเภทผ้าต่าง ๆ ร้อยละ 21.38 และเป็นขยะประเภทยางร้อยละ 11.45 ตามลำดับ ดังข้อมูลในตารางที่ 4.1 และจากการวิเคราะห์องค์ประกอบของขยะติดเชื้อแบบประมาณ (Proximate Analysis) พบว่า มีปริมาณความชื้นเท่ากับ 42.69% ปริมาณสารระเหยเท่ากับ 39.75% ปริมาณเถ้าเท่ากับ 11.70% และขยะติดเชื้อนี้มีความหนาแน่นเท่ากับ 173.45% ตามลำดับ ดังข้อมูลแสดงในตารางที่ 26 และ 27

จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุองค์ประกอบของขยะติดเชื้อโดยการประเมินค่าความร้อนพบว่าส่วนใหญ่เป็นองค์ประกอบประเภทคาร์บอน รองลงมา คือ ออกซิเจน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน ตามลำดับ ซึ่งมีความสอดคล้องตามอัตราส่วนของธาตุที่สามารถพบได้ทั้งในขยะทั่วไปและขยะติดเชื้อ ได้มีการศึกษาองค์ประกอบด้านเคมีในขยะของโรงพยาบาลพบว่ามีองค์ประกอบของธาตุคาร์บอนสูงที่สุดเช่นกันมีค่าเท่ากับร้อยละ 34.0 และธาตุออกซิเจนเท่ากับร้อยละ 14.0 และได้มีการศึกษาธาตุองค์ประกอบในขยะมูลฝอยในชุมชนพบว่ามีค่าองค์ประกอบขยะใกล้เคียงกับองค์ประกอบธาตุในขยะติดเชื้อ โดยมีค่าองค์ประกอบคาร์บอนเท่ากับ 60.0 ไฮโดรเจนเท่ากับ 7.2 ออกซิเจนเท่ากับ 22.8 ไนโตรเจนเท่ากับ 4.6 [48]

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 27 สัดส่วนของขยะติดเชื้อ

องค์ประกอบของมูลฝอยติดเชื้อ	ร้อยละของน้ำหนักแห้ง
พลาสติก	58.64
ผ้า	21.38
ยาง	11.45
กระจก,แก้ว	5.21
กระดาษ	2.52
โลหะ (สเตนเลส,อะลูมิเนียม)	0.80
อื่นๆ	-

ตาราง 28 องค์ประกอบขยะติดเชื้อแบบประมาณ (Proximate Analysis) [50, 51]

พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์	จากงานวิจัยนี้	วีรชัยและคณะ, 2560	Sonesack,S และคณะ, 2018
ปริมาณความชื้น	42.69 (%w.b.)	48.20 (%w.b.)	5.60[4] (%w.b)
ปริมาณสารระเหย	39.75 (%d.b.)	35.50 (%d.b.)	82.20[4] (%d.b)
ปริมาณเถ้า	11.70 (%d.b.)	17.30 (%d.b.)	6.45[4] (%d.b)
คาร์บอนคงที่[1]	5.86	N/A[2]	5.70
ความหนาแน่น	173.45 (kg/m^3)	159.24 (kg/m^3)	N/A[2]
ค่าความร้อน (HHV)	18.50 (MJ/Kg)	14.15 (MJ/Kg)	28.38 (MJ/Kg)
ค่าความร้อน[3] (LHV)	16.65 (MJ/Kg)	12.50 (MJ/Kg)	26.29 (MJ/Kg)

[1]คำนวณหาจาก คาร์บอนคงที่ = (100 - ปริมาณความชื้น - ปริมาณสารระเหย - ปริมาณเถ้า)

[2]N/A=Not Analysis

จากการวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีพบว่า องค์ประกอบทางเคมีที่พบส่วนใหญ่ คือ ธาตุคาร์บอนพบร้อยละ 59.48 รองลงมา คือ ธาตุออกซิเจนร้อยละ 31.30 ธาตุไฮโดรเจนร้อยละ 8.75 และส่วนที่เหลือ คือ ธาตุไนโตรเจน ตามลำดับ ดังข้อมูลแสดงในตารางที่ 28

ตาราง 29 องค์ประกอบแบบแยกปริมาณธาตุ (Ultimate Analysis) [50-52]

พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์	จากงานวิจัยนี้	วีรชัยและคณะ, 2560	Sonesack,S และคณะ, 2018	รัฐิมาและคณะ, 2542
คาร์บอน (C)	59.48 (%)	58.43 (%)	58.00 (%)	55.10 (%)
ไฮโดรเจน (H)	8.75 (%)	7.82 (%)	9.33 (%)	3.75 (%)
ไนโตเจน (N)	0.48 (%)	0.22 (%)	0.73 (%)	0.85 (%)
ออกซิเจน[1] (O)	31.30 (%)	33.53 (%)	25.35 (%)	40.30 (%)
กำมะถัน (S)	ND[2]	ND[2]	0.14 (%)	ND[2]

[1]คำนวณหาจากค่าความแตกต่าง O = (100 - C - H - N)

[2]ND=Not detected

4.1.2.3 การศึกษาสมบัติของมูลฝอยติดเชื้อของธาตุโลหะหนัก ธาตุอัลคาไลน์และธาตุคลอรีน

จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุโลหะหนัก ธาตุอัลคาไลน์และธาตุคลอรันที่พบปริมาณสูงสุด คือ แคลเซียม เท่ากับ 44.22±0.03 g/kg รองลงมา คือ อะลูมิเนียมเท่ากับ 32.5±0.02 g/kg และพบธาตุอื่นๆ เช่น โปแตสเซียม ฟอสฟอรัส ซิลิกอน ไทเทเนียม เหล็ก โครเมียม ปรอท นิเกิล ตะกั่ว แคดเมียม และคลอรีน ตามลำดับ ดังข้อมูลแสดงในตารางที่ 29

ตาราง 30 ผลการวิเคราะห์ปริมาณของธาตุโลหะหนัก ธาตุอัลคาไลน์และธาตุคลอรีน [50]

พารามิเตอร์	ปริมาณ (g/kg, db)
อะลูมิเนียม (Al)	32.5+0.02
แคลเซียม (Ca)	44.22+0.03
โปแตสเซียม (K)	1.48+0.02
ฟอสฟอรัส (P)	1.56+0.05
ซิลิกอน (Si)	6.75+0.03
ไทเทเนียม (Ti)	3.44+0.02
เหล็ก (Fe)	6.89+0.08
โครเมียม (Cr)	0.081±0.01

พารามิเตอร์	ปริมาณ (g/kg, db)
ปรอท (Hg)	0.075±0.01
นิเกิล (Ni)	1.112±0.01
ตะกั่ว (Pb)	0.055±0.01
แคดเมียม (Cd)	ND
คลอรีน (Cl)	6.275±0.05

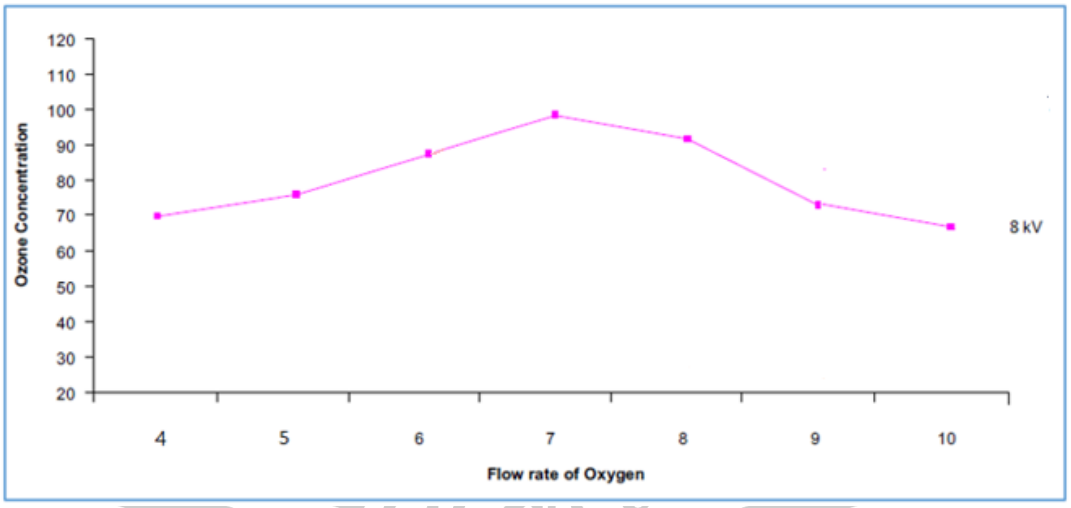
หมายเหตุ: [1] db (% as dry basis)

[2] ND (Not detected) (Limit of Detection = 5 ppm or 5 mg/g)

4.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นการทำงานของระบบโอโซน

4.1.3.1 การศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณการผลิตโอโซน กรัมต่อลิตร (g/l) กับอัตราการไหลออกซิเจน (l/min)

จากการศึกษาผลของอัตราการไหลเชิงปริมาตรของก๊าซออกซิเจนที่ไหลเข้าไปยังหลอดโอโซนที่ค่าต่าง ๆต่อปริมาณความเข้มข้นของโอโซนที่ผลิตได้ โดยกำหนดอัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนที่ช่วง 4-10 ลิตรต่อนาที โดยใช้เวลาในการดิสชาร์จ 5 นาที จะได้ผลการทดลองที่ความต่างศักย์ทางไฟฟ้าที่เลือกค่าในช่วง 8 กิโลโวลต์ ทำการทดลอง ดังแสดงในภาพประกอบที่ 61



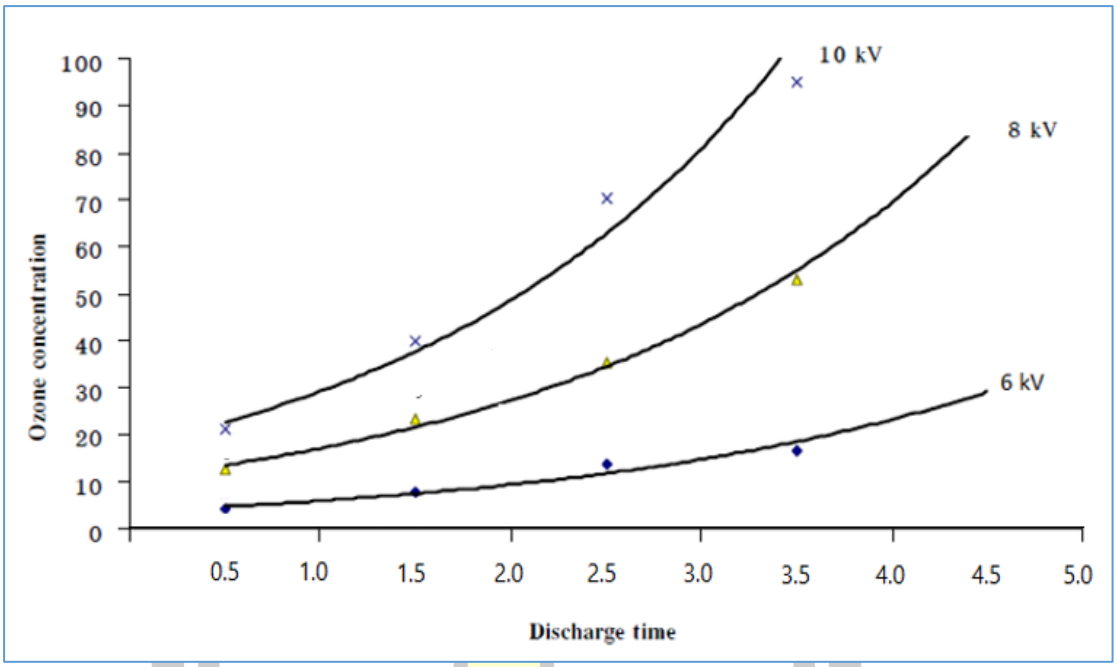
ภาพประกอบ 61 ความสัมพันธ์ของปริมาณโอโซน กรัมต่อลิตร (g/l)กับอัตราการไหลออกซิเจน (l/min)

จากการศึกษาพบว่าการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนซึ่งมีผลต่อปริมาณการเกิดโอโซนในระบบ โดยใช้ความต่างศักย์ของแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับระบบและการควบคุมอุณหภูมิที่ 20(C °) พบว่าอัตราการไหลของการเกิดโอโซนเพิ่มขึ้นโดยในการทดลองนี้เมื่อพิจารณาที่อัตราการไหล 7 ลิตรต่อนาทีเป็นอัตราการไหลที่ทำให้เกิดโอโซนมากที่สุดในการทดลอง และหลังจากอัตราการไหลช่วงนี้แล้วปริมาณการเกิดโอโซนจะลดลงเนื่องจากมีแรงดันไฟฟ้าที่ควบคุมไว้ ณ เวลานั้น ๆ ก็อาจมีผลทำให้เกิดปฏิกิริยายาสร้างโอโซนด้วย ดังนั้นหากเพิ่มปริมาณโมเลกุลของออกซิเจน โดยเพิ่มอัตราการไหล และควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมด้วยเช่นกันซึ่งอาจจะทำให้เกิดการสร้างความเข้มข้นของโอโซนได้อย่างเหมาะสมเช่นกัน แต่หากเพิ่มอัตราการไหลของออกซิเจน และยังไม่มีการเพิ่มแรงดันไฟฟ้าก็อาจจะทำให้เกิดการออกซิเดชั่นกับก๊าซออกซิเจนไม่ทันในช่วงเวลา ซึ่งเป็นสาเหตุในการลดลงของการเกิดความเข้มข้นโอโซน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย (พิชญ์ศักดิ์ จันทร์กุศล 2551) Flow Rate มีผลต่อปริมาณก๊าซที่ไหลผ่านหลอดผลิตโอโซน พลังงานที่ใช้ในการสร้างโอโซน ขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิเจนในอากาศที่ไหลผ่าน ค่า Flow Rate ที่มากเกินไป ทำให้ Ozone Yield ลดลง เนื่องจากเวลาที่เกิดปฏิกิริยาเปลี่ยน O_2 เป็น O และเป็น O_3 น้อยเกินไป และค่า Flow Rate ที่น้อยเกินไป ทำให้ Ozone Yield ลดลง เนื่องจาก ปริมาณ O_2 ที่เกิดปฏิกิริยา มีปริมาณลดลง (สุรพล บุญดวง, 2548)

4.1.3.2 การศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณโอโซนกรัมต่อลิตร (g/l) กับความต่างศักย์ไฟฟ้ากิโลโวลต์ (kv)

จากการศึกษาแนวโน้มผลของค่าความต่างศักย์แรงดันไฟฟ้าโดยสร้างกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังหลอดโอโซนที่ค่าต่าง ๆ และเลือกค่าที่เหมาะสมต่อปริมาณความเข้มข้นของโอโซนที่ผลิตได้ โดยกำหนดอัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนที่ 7 ลิตรต่อนาที โดยใช้เวลาในการดิสชาร์จ 5 นาที จะได้ผลการทดลองที่ความต่างศักย์ทางไฟฟ้าในช่วง 6-10 กิโลโวลต์ ดังแสดงในภาพประกอบที่ 62

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

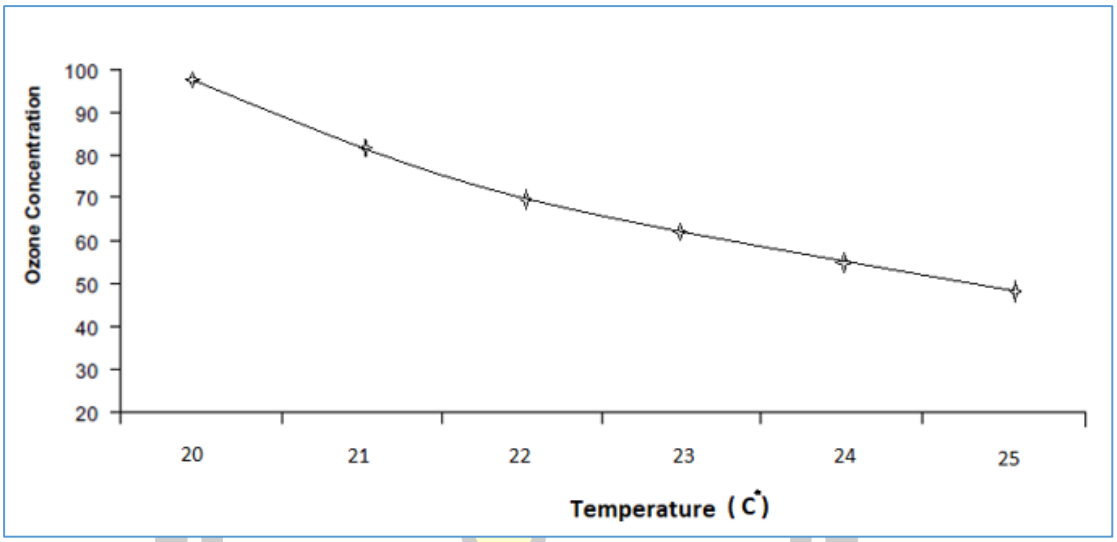


ภาพประกอบ 62 ความสัมพันธ์ของปริมาณโอโซนกรัมต่อลิตร (g/l) กับความต่างศักย์ไฟฟ้ากิโลโวลต์ (kv)

จากผลการศึกษาพบว่าปริมาณความเข้มข้นของการเกิดโอโซนกับการเพิ่มแรงดันไฟฟ้าที่ต่างกันเพื่อใช้ในระบบในช่วงเวลาดิสชาร์จเดียวกันจะทำให้เกิดการสร้างการแตกตัวของปฏิกิริยาโอโซนที่เข้มข้นขึ้นภายในระยะเวลา และได้ปรับเปลี่ยนเวลาในการดิสชาร์จตั้งแต่ 1-5 นาทีตามลำดับ ซึ่งได้พิจารณาเห็นว่าการกำหนดอัตราการไหลก๊าซออกซิเจนที่ 7 ลิตรต่อนาทีมีความเหมาะสมที่เกิดการแตกตัวไปทำให้เกิดการสร้างโอโซนได้มากขึ้นตามแรงดันไฟฟ้าและเวลาในการดีสชาร์จซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยคือ ผลที่ได้กับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ส่งกระแสให้กับขั้วอิเล็กโตรด

4.1.3.3 การศึกษาความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์ (%) ปริมาณการผลิตโอโซน กับอุณหภูมิน้ำในระบบองศาเซลเซียส (°C)

จากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิเป็นอีกตัวแปรที่จำเป็นจะต้องพิจารณาต่อการเกิดความเข้มข้นของโอโซนเนื่องจากโอโซนจะทำปฏิกิริยาที่ดีในอุณหภูมิต่ำดังนั้นจึงเป็นสาเหตุในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้โดยใช้เงื่อนไขอุณหภูมิเป็นข้อมูลที่สำคัญที่สุดดังแสดงในภาพประกอบที่ 63



ภาพประกอบ 63 ความสัมพันธ์ของปริมาณเปอร์เซ็นต์ (%) การผลิตโอโซน กับอุณหภูมิน้ำในระบบองศาเซลเซียส (°C)

เมื่อกำหนดค่าความต่างศักย์ของแรงดันไฟฟ้าที่ 8 กิโลโวลต์ (kv) และ อัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนที่ 7 ลิตรต่อนาที (l/min) อีกทั้งยังควบคุมเวลาในการทดลองในครั้งนี้ 5 นาที ยังพบว่าอุณหภูมิที่ 20 °C สามารถช่วยในการสร้างการเกิดโอโซนได้มากที่สุด และจากการทดลองพบว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะส่งผลในการสร้างการเกิดความเข้มข้นของโอโซนลดลงตามลำดับ ดังนั้นอาจจะต้องมีเครื่องทำความเย็นเพื่อช่วยในการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่เพื่อเป็นการกำหนดในการสร้างโอโซนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ว่าด้วยอุณหภูมิเป็นอีกตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการผลิตโอโซน [46]

4.1.4 ความสามารถในการทำงานระบบเทคโนโลยีโอโซน

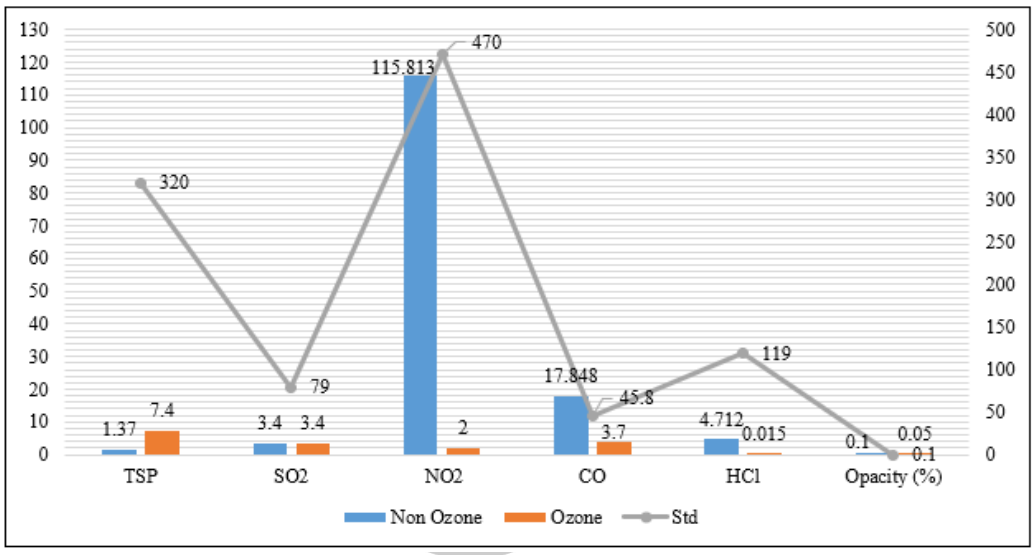
4.1.4.1 ผลการตรวจวิเคราะห์ถึงความสามารถโอโซนในการบำบัดอากาศที่ปล่อยออกมาจากปล่องของเตาเผาขยะติดเชื้อ

ตัวอย่างอากาศจากปล่องเตาเผาขยะติดเชื้อที่ความสูง ของปลายปล่องไม่พบค่าที่เกินมาตรฐานกำหนด ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการบำบัดก๊าซไอเสียของโอโซน โดยค่าความเข้มข้นของแก๊สเสียที่ถูกปล่อยออกมาจากปล่องหลังจากมีการเปิดระบบเติมโอโซนฉีดเข้า ไปแล้วพบว่ามีค่าลดลงเมื่อเทียบกับผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มของแก๊สเสียที่ตรวจวัดก่อนการเติมโอโซนในระบบการเผาขยะติดเชื้อแบบหมุน ดังตารางที่ 31

ตาราง 31 เทียบผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศ ระหว่างก่อนและหลังการเติมโอโซน

พารามิเตอร์	ก่อนเติม O_3	หลังเติม O_3	US.EPA, 1999
HCl (ppm)	3.16	ND	<25
HF (ppm)	0.89	0.042	<20
TSP (mg/m^3)	1.37	7.4	<120
SO_2 (ppm)	ND (<1.0)	ND (<1.3)	<30
NO_x ($NO+NO_2$) (ppm)	61.55	ND (<1.0)	<180
CO (ppm)	15.58	3.3	<40
Hg (mg/m^3)	0.00506	0.00100	<0.05
Cd (mg/m^3)	ND	ND	<0.05
Pb (mg/m^3)	ND	ND	<0.5
PCDDs & PCDFs (TEQ ng/m^3)	0.05496	-	<0.5
Smoke Opacity (%)	10%	5%	<10%

กราฟแสดงผลค่า (AIR QUALITY INDEX : AQI) เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน



ภาพประกอบ 64 ผลการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซไอเสียก่อนปลดปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศ

มาตรฐานการปลดปล่อยมลพิษที่เข้มงวดยิ่งขึ้น จนถึงขณะนี้กลไกการเกิดปฏิกิริยา NO_x และการดูดซับพร้อมกันของกระบวนการ SO_2 และ NO_x ได้รับการตรวจสอบอย่างชัดเจน และกระบวนการออกซิเดชั่นพร้อมกัน การใช้พลังงานจำนวนการผลิตโอโซนสำหรับการใช้พลังงานที่ใหญ่ที่สุดในเทคนิคนี้ ปริมาณโอโซนมักขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของมลพิษเริ่มต้นภายใต้สภาวะที่เหมาะสม แน่นอนว่าการเกิดออกซิเดชันของโอโซนร่วมกับเทคโนโลยีการปรับการเผาไหม้ นั้นสามารถประหยัดต้นทุนจากการบำบัดหลายครั้งจากเทคโนโลยีเดิม ผลการประเมินผลพบว่าระบบมีประสิทธิภาพมากเมื่อตลอดการทำงานไม่พบความเสียหายที่เกิดจากการเดินระบบเนื่องจากว่าได้มีการติดตั้งได้ตามหลักการและเงื่อนไขของเครื่องจักรที่ได้มีการระบุลงใน Spec คู่มือการทำงาน การ Treatment ด้วยการใช้ Ozone ในการเปรียบเทียบการทดลอง ที่สามารถฆ่าเชื้อได้ปริมาณทั้งหมด ส่งผลให้ความสามารถในการละลายที่ดีของโอโซนที่ระบบเวนจูรี่ Hunt และ Marinnas ได้แนะนำกิจกรรมการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ด้วยการใช้โอโซนที่สูงสอดคล้องสัมพันธ์กับความสามารถในการแพร่เข้าไปในสัดส่วนของของเหลวความสามารถในการละลายของโอโซนที่สูงกว่าและการบำบัดที่เปิดรับกับโอโซนสามารถที่จะปรับปรุงการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ด้วยการละลายของก๊าซโอโซน ดังนั้นวิธีการนี้จึงมีศักยภาพที่จะนำไปใช้ในการบำบัดก๊าซไอเสียในโรงไฟฟ้าหม้อไอน้ำอุตสาหกรรมเตาเผาขยะ (ขยะมูลฝอย) ขยะหม้อไอน้ำชีวมวลและอื่น ๆ อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพการผลิตสูงสุดของเครื่องกำเนิดโอโซนจากอากาศสามารถอยู่ที่ ~ 12 kWh / kg และสามารถเป็น 5 ~ 6 kWh / kg จากการใช้พลังงานออกซิเจนยังคงเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการยอมรับในอุตสาหกรรม โดยทั่วไปวิธีการนี้สามารถแบ่งออกเป็นสองทางขึ้นอยู่กับระดับการเกิดออกซิเดชัน สำหรับการเกิดออกซิเดชันหลักอากาศจะถูกออกซิไดซ์เป็นออกซิเจนโดยไม่มีข้อจำกัดด้านอุณหภูมิ สำหรับการออกซิเดชั่นลึกการป้อนโอโซนที่มากเกินไปจะถูกดำเนินการเพื่อออกซิไดซ์ ในขณะที่อุณหภูมิการเกิดออกซิเดชั่นควรต่ำกว่า 130 °C ตัวเลือกสุดท้ายของแนวทางทั้งสองนี้ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขที่แท้จริงของการดำเนินงานอุตสาหกรรม (Fawei Lin et al., 2019) อย่างไรก็ตามโดยอาจกล่าวได้โดยทั่วไปถึงการประยุกต์ใช้โอโซนหลากหลายประการในอุตสาหกรรมในฐานะเป็นตัวออกซิไดส์ (oxidising agent) ที่แรง รวมถึงการนำไปบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตแบตเตอรี่และการฆ่าเชื้อโรคอีกด้วย ทั้งนี้เนื่องจากโอโซนมีคุณสมบัติที่โดดเด่นในการฆ่าเชื้อโรคได้ทุกชนิด ทั้งไวรัส แบคทีเรีย ยีสต์ รา และโพรโทซัวรวมถึงสปอร์ ซิสต์ และไข่พยาธิ โดยโอโซนจะทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารประกอบที่ห่อหุ้มเซลล์ทำให้เซลล์แตก ถ้าเป็นไวรัส โอโซนจะสลายกรดนิวคลีอิก ส่วนซิสต์หรือโพรโทซัว โอโซนจะทำลายเยื่อหุ้มชั้นในไปจนถึงส่วนประกอบที่อยู่ภายในเซลล์ และอีกข้อสังเกตในการกักเก็บก๊าซไอเสียเพื่อการบำบัดให้ได้นานที่สุดก่อนปลดปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศด้วยระบบการใช้ Damper เพื่อควบคุมเวลาการเปิดปิดอีกครั้ง จากผลการวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของสารมลพิษที่ปล่อยออกมาจากเตาเผาหลังจากที่ได้รับการบำบัดด้วยระบบ Wet scrubber และการใช้ O_3 ในการบำบัด โดยในประเทศไทยนั้นมีการ

ใช้การกำจัดขยะติดเชื้อโดยการเผาแบบหมุนเป็นที่นิยมใช้กันมากและมีกระบวนการบำบัดเชื้อโรคด้วยกระบวนการต่าง ๆ เช่น การนึ่งฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ (Auto crave) เป็นการนำความร้อนจากไอน้ำเข้าไปแทรกทำลายเชื้อโรคในขยะติดเชื้อ ข้อจำกัดของการลายเชื้อโรคของวิธีการนี้ คือ ทุกส่วนของขยะติดเชื้อจะต้องสัมผัสกับไอน้ำจำเป็นต้องมีการใช้แรงดันเพื่อเพิ่มการรกระจายตัวของไอน้ำให้ดียิ่งขึ้น นอกเหนือจากนั้นยังมีเทคโนโลยีที่ใช้ในการบำบัดเชื้อโรคโดยการใช้สารเคมี (Chemical disinfection) เป็นเทคโนโลยีที่เหมาะกับมูลฝอยที่เป็นของเหลว เช่น เลือด ปัสสาวะ อุจจาระ มูลฝอยติดเชื้อที่เป็นของแข็ง เช่น วัสดุ มีคม เป็นต้น วัตถุประสงค์ของการใช้สารเคมี เพื่อทำลายเชื้อโรคและลดปริมาณเชื้อโรคให้น้อยลงมากที่สุด สารเคมีบางชนิดมีผลในการทำลายเชื้อโรคบางชนิด จึงต้องมีการศึกษาถึงชนิดของเชื้อที่สามารถทำลายได้ อย่างไรก็ตาม ในการเลือกใช้สารเคมีควรพิจารณาในหลายปัจจัยไม่ใช่เพียงแค่เรื่องประสิทธิภาพของสารเคมี เท่านั้น แต่ควรให้ความสำคัญเรื่องอันตรายที่จะเกิดขึ้นจากการใช้งานด้วย ประเภทสารเคมีที่ใช้ส่วนใหญ่ในการฆ่าเชื้อโรคในมูลฝอยจากการรักษาพยาบาล เช่น กลุ่มอัลดีไฮด์ สารประกอบคลอรีน เกลือแอมโมเนีย และสารประกอบฟีนอล สำหรับโอโซน ปัจจุบันมีการตรวจสอบเรื่องการนำมาใช้ เพราะมีประสิทธิภาพการทำลายสูงและปลอดภัย ข้อจำกัดการใช้สารเคมี คือ ต้องตัดมูลฝอยให้เป็นชิ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโรค จากข้อมูลนี้ทำให้เห็นว่าการใช้ โอโซนในการบำบัดเชื้อโรคในขยะติดเชื้อยังไม่ถูกนำมาใช้เท่าที่ควร ยิ่งไปกว่านั้นจากการกำจัดขยะติดเชื้อที่จะต้องมีการฆ่าเชื้อโรคในขยะติดเชื้อยังไม่พบว่ามีการบำบัดสารมลพิษที่ถูกปล่อยออกมจากการเผาซึ่งถือได้ว่าเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นในยุคปัจจุบันเป็นอย่างมาก เนื่องจากปัญหาภาวะมลพิษในสิ่งแวดล้อมเป็นปัญหาสำคัญระดับโลก เช่น covid-19 ภาวะโลกร้อน ปัญหามลภาวะด้านฝุ่น PM 10, PM 2.5 และอื่น ๆ จากการศึกษานี้ที่ได้นำเทคโนโลยีในการกำจัดสารมลพิษก่อนปล่อยสู่บรรยากาศสิ่งแวดล้อม โดยการนำโอโซนมาใช้ในการจับกับสารมลพิษในกระบวนการ Wet scrubber ของระบบ พบว่าก๊าซมลพิษที่ถูกปล่อยออกมามีความเข้มข้นน้อยกว่าการเผาขยะติดเชื้อที่มีลักษณะคล้ายกันแต่ไม่มีการนำโอโซนมาบำบัด และเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานของ US.EPA พบว่ามีค่าความเข้มข้นที่ต่ำกว่ามาตรฐานมาก จากการที่ใช้ โอโซนในการลดมลพิษทางอากาศที่เกิดจากกระบวนการเผาขยะติดเชื้อนี้ เป็นการดำเนินการที่สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals) ซึ่งเป็นกรอบทิศทาง การพัฒนาของโลก ที่องค์การสหประชาชาติ (United Nations: UN) กำหนดต่อเนื่องจาก MDGs หรือเป้าหมายการพัฒนาแห่งสหัสวรรษ (Millennium Development Goals) โดยกำหนดให้ภายในปี 2030 กลุ่มประเทศสมาชิกจะต้องมีการดำเนินงานเพื่อลดมลพิษทางอากาศลงโดยมุ่งเน้นในการพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชน ตามเป้าหมายที่ 3, 11, and 13 เนื่องจากที่อดีตที่ผ่านมามีการเสียชีวิตเนื่องจากปัญหาด้านมลพิษมากถึง 4 ล้านคนต่อปี นอกเหนือจากการกำจัดมลพิษทางอากาศได้แล้วนั้นยังสามารถช่วยลดมลพิษในน้ำเสียที่ถูกปล่อยออกมาได้อีกด้วย

การเผาขยะติดเชื้อด้วย Rotary kiln ด้วยลักษณะของเตาเผาดังตารางที่ 1 พบว่าระดับความเข้มข้นของสารมลพิษที่ปล่อยออกมากปล่อง คือ Hg, Pb, Cd, HF, TSP, SO_2, NO_2, CO, HCl, และ % Opacity มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.0051, N/D, N/D, 0.728, 1.370, <3.4, 115.813, 13.848, 4.712 mg/m^3 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของสารมลพิษจากการเผาขยะติดเชื้อด้วย rotary kiln ที่ไม่ใช้โอโซน เปรียบเทียบกับระบบที่มีการใช้โอโซนพบว่า การนำโอโซนเข้ามาใช้ในการบำบัดช่วยให้มลพิษทางอากาศลดลงอย่างเห็นได้ชัด การศึกษาที่ผ่านมาของระบบการเผาแบบ Rotary kiln ในประเทศจีน ที่ไม่ได้ใช้โอโซนในการบำบัดมลพิษ โดยที่ระบบมีความสามารถในการเผาเชื้อเพลิงได้ 30 ตันต่อวัน และมีอุณหภูมิในเตาส่วนแรกเท่ากับ 744 °C และอุณหภูมิในเตาเผาส่วนที่สอง > 1100 °C เมื่อตรวจวัดระดับความเข้มข้นของแก๊สไอเสียที่ปล่อยออกมาพบว่า ความเข้มข้นของแก๊สไอเสียส่วนใหญ่ก็มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานเช่นกัน แต่ยังพบว่ามีความเข้มข้นในบางค่าที่มีความใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานกำหนด โดยเฉพาะกลุ่มของโลหะหนัก เช่น As, Ni มีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของค่ามาตรฐาน (ตรวจวัดได้ 0.5 mg/Nm^3 ค่ามาตรฐานเท่ากับ 1 mg/Nm^3) และค่า Cd ตรวจวัดได้เป็นหนึ่งในสี่ของค่ามาตรฐาน (ตรวจวัดได้ 0.025 mg/Nm^3 ค่ามาตรฐานเท่ากับ 0.1 mg/Nm^3) จกข้อมูลเบื้องต้นแสดงให้เห็นว่าการจัดการขยะด้วยระบบ Rotary Kiln นั้นมีประสิทธิภาพในการกำจัดมลพิษได้ในระดับที่เหมาะสม แต่หากมีการเพิ่มประสิทธิภาพในการลดมลพิษจากการเผาโดยการควบคุมอุณหภูมิที่ต่ำลงให้ไม่เกิน 25 °C ในการเติมโอโซนเข้าไปก็จะยิ่งช่วยให้ปริมาณไอก๊าซเสียที่ปล่อยออกมาลดน้อยลงได้มากยิ่งขึ้น

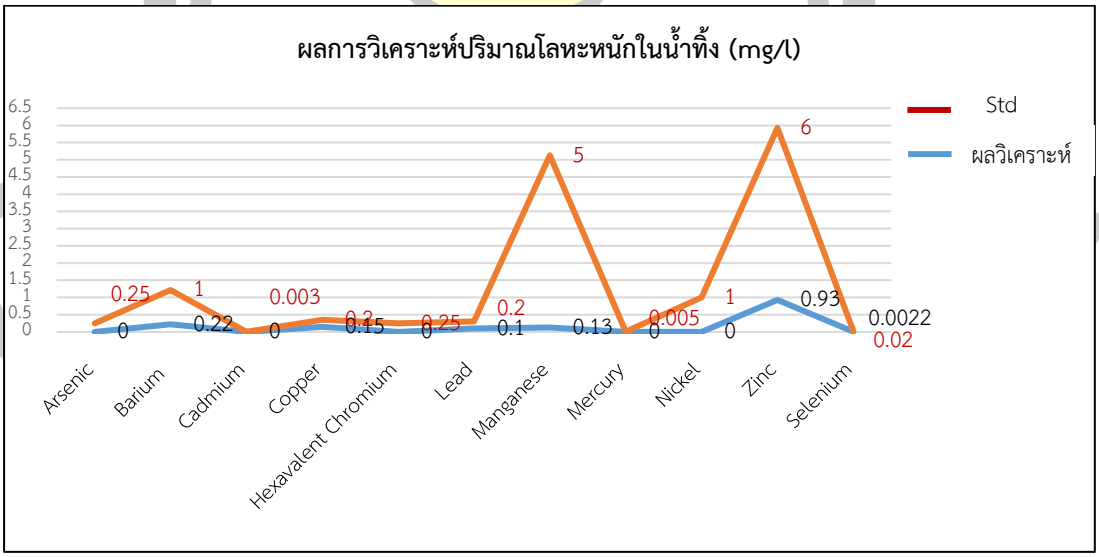
4.1.4.2 ผลการตรวจวิเคราะห์ถึงความสามารถโอโซนในการบำบัดน้ำทิ้งจากเตาเผาขยะติดเชื้อ

ตัวอย่างน้ำทิ้งที่ถูกปล่อยออกมาจากเตาเผาขยะติดเชื้อในการศึกษานี้ถูกเก็บที่ปริมาณตัวอย่างเท่ากับ 5 ลิตร ลักษณะของน้ำทิ้งมีสีเหลืองอ่อน ส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการเทียบกับค่ามาตรฐาน Industrial Effluent Standard, Notification of the Ministry of Industry, B.E. 2560 (2017) จากผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งจากการเผาขยะติดเชื้อนี้ไม่พบค่าที่เกินมาตรฐาน ดังตารางที่ 32

ตาราง 32 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งจากเตาเผาขยะติดเชื้อเทียบกับค่ามาตรฐาน

พารามิเตอร์	ผลการวิเคราะห์	กรมโรงงาน (2560)
BOD (mg/l)	<2.0	20
COD (mg/l)	<40	≤120
Color (Original) (ADMI)	ND	≤300

พารามิเตอร์	ผลการวิเคราะห์	กรมโรงงาน (2560)
Color (pH 7.0) (ADMI)	ND	≤300
Cyanide (mg/l)	ND	≤0.2
Formaldehyde (mg/l)	<0.20	≤1.0
Free Chlorine (mg/l)	ND	≤1.0
Oil and Grease	ND	≤5.0
pH (on site)	5.8	5.5-9.0
Phenol (mg/l)	0.021	≤1
Selenium (mg/l)	0.0022	≤0.02
Sulfide (mg/l as H_2S)	ND	≤1.0
Temperature (°C)	31.0	≤40.0
Total Dissolved solid (mg/l)	273	≤3000
Total Kjeldalhl Nitrogen (mg/l as NH_3-H)	ND	≤100
Total Suspended Solid (mg/l)	5.0	≤50
Trivalent Chromium (mg/l as Cr^{3+})	ND	≤0.75
Zinc (mg/l)	0.93	≤5.0
Organochlorine Pesticides group (µg/l)	Not detect	ต้องตรวจไม่พบตามวิธีการที่กำหนด

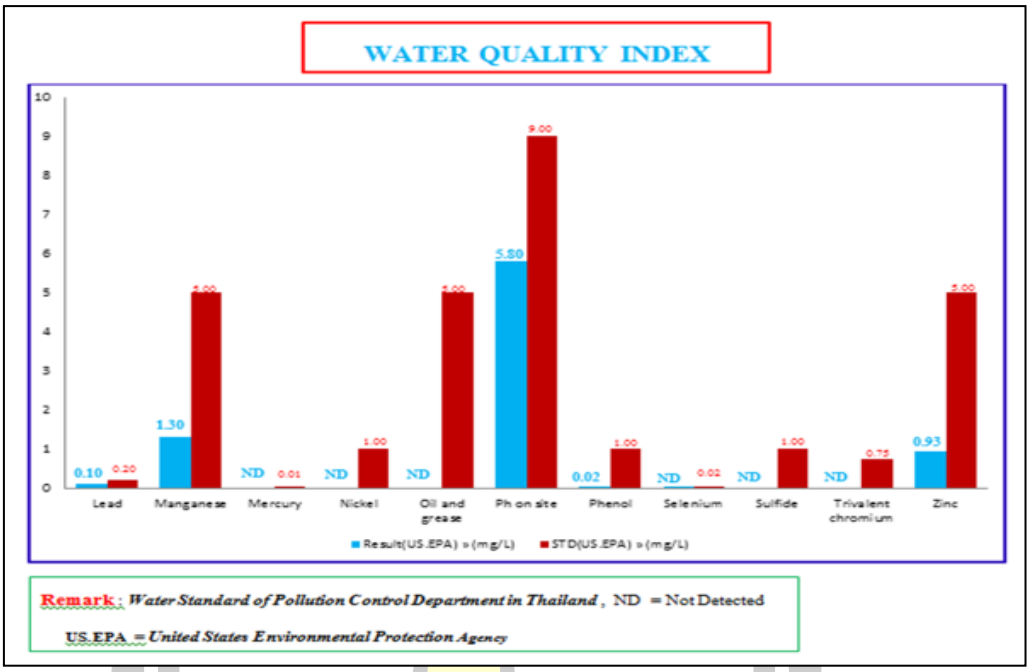


ภาพประกอบ 65 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในน้ำทิ้ง

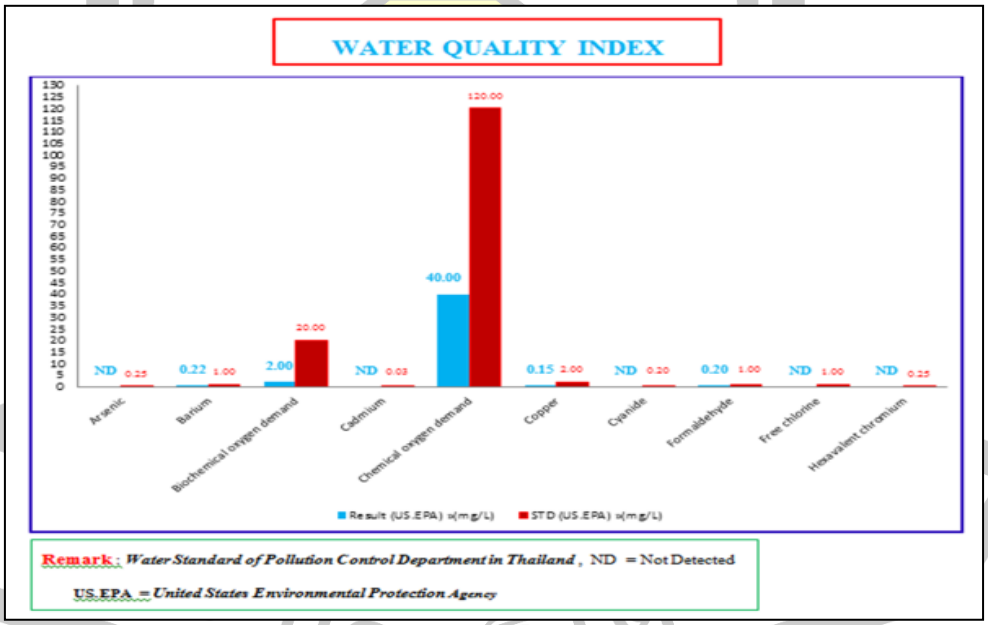
จากการศึกษาการใช้โอโซนบำบัดก๊าซไอเสีย 2 ระบบด้วยโอโซนน้ำและโอโซนก๊าซหลังการเผาขยะติดเชื้อ เพื่อกำจัดสารอินทรีย์ (organic matter) และ กำจัดสีของ polymeric pigment ที่เรียกว่า melanoidins อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งจากการทดลองสามารถกำจัด COD ได้ร้อยละ 16 กำจัดสี ได้ร้อยละ 80 เพิ่มค่า BOD/COD ได้ร้อยละ 40 (จาก 0.3 เป็น 0.5) และลดมวลโมเลกุลของ malanoidins ได้ร้อยละ 10 ซึ่งจะเห็นได้ว่าโอโซนมีผลโดยตรงในการกำจัดสีและพัฒนาการย่อยสลายทางชีวภาพ จึงเสนอว่าควรใช้เป็นขั้นตอนการปรับสภาพน้ำเสีย (treatment step) ก่อนเข้ากระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (anaerobic digestion) ในระบบบำบัดน้ำเสียนี้และนำไปประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียประเภทอื่น ๆ การบำบัดน้ำชะมูลฝอยด้วยโอโซนและระบบตะกอนเร่งเพื่อแก้ปัญหาสารพิษและปริมาณสารอาหารในน้ำชะมูลฝอยที่ไม่เหมาะสมต่อการบำบัดด้วยวิธีทางชีวภาพ พบว่าการบำบัดน้ำชะมูลฝอยขั้นต้นด้วยโอโซนสามารถลดความเป็นพิษ เนื่องจากกระบวนการไนตริฟิเคชัน และยังสามารถลดค่าสัดส่วน COD/BOD จาก 16 เป็น 6 ทำให้น้ำชะมูลฝอยที่ผ่านกระบวนการโอโซนเนชันมีความเหมาะสมที่จะนำไปบำบัดรวมกับน้ำเสียชุมชน ของการกำจัดสารอินทรีย์และสีในน้ำกากส่าด้วยโอโซน พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์และสีเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออัตราการไหลของโอโซนสูงขึ้นและเวลาเก็บกักยาวนานขึ้น แต่จะมีประสิทธิภาพสูงขึ้นมากเมื่อมีเหล็กออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเนื่องจากเหล็กออกไซด์ทำให้เกิดอนุมูลไฮดรอกซิลอิสระ (hydroxyl free radical) ซึ่งมีความว่องไวในการทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์สูงกว่าโอโซน ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมด้วยโอโซนพบว่า ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นโอโซนจะมีประสิทธิภาพในการลดสี ค่า COD และ pH ของน้ำเสีย แต่จะเพิ่มปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (SS) และค่า BOD ของน้ำเสีย การย่อยสลายตัวในปฏิกิริยาออกซิเดชันของ BOD เป็นไปตามธรรมชาติเกิดขึ้นที่ 20 °C เป็นค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในน้ำธรรมชาติทั่วไป [37] ประสิทธิผลของการลดค่า BOD ในถังปฏิกรณ์ จะวัดจากน้ำเสียตัวอย่างที่ผ่านการบำบัดทุก ๆ 12 ชั่วโมง จนกว่าค่า BOD ที่ลดลงจะผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ลักษณะการใช้งานเป็นการนำอากาศที่ถูกทำให้เป็นโอโซนไปใช้ผสมกับน้ำเพื่อฉีดก๊าซไอเสียเข้าไปยังห้อง wet scrubber โดยใช้น้ำเย็นในอุณหภูมิที่ถูกความคุมไม่ให้เกิน 20-25 °C ด้วย เครื่องทำความเย็น (Chiller) อาจเป็นเหตุผลที่ดีที่สุดในการสร้างโอโซนให้ได้ความเข้มข้นสูงในการทำออกซิเดชั่นกับน้ำเสียซึ่งจะทำให้น้ำเสียมีสภาพเป็นกรดอ่อนๆซึ่งมีส่วนช่วยในการลดปริมาณสารเคมีในน้ำ และปรับคืนสภาพน้ำและลดอัตราการถ่ายน้ำทิ้ง ซึ่งเท่ากับเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการใช้งานระบบน้ำดี การใชโอโซนในระบบน้ำ เพื่อบำบัดก๊าซไอเสียและปรับสภาพน้ำเปนสาเหตุอาจทำใหเกิดการกัดกรอนและตะกรันในระบบแทนการใช้สารเคมีในการปรับสภาพน้ำเพราะระบบโอโซนเปนระบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการฆ่าเชื้อโรคที่อยูในน้ำ ทำใหลดการใช้สารเคมีและความจำเปนในการโบลวดาวนเพื่อรักษาคุณภาพน้ำ โอโซนสามารถนำมาประ

ยุกตใช้ในงานด้านการอนุรักษพลังงานในกระบวนการบำบัดและปรับสภาพน้ำ เพื่อลดคาใชจายในการใช้สารเคมีเพื่อฆาเชื้อโรคหรือปรับสภาพน้ำ และลดค่าใชจายในด้านพลังงาน จากผลการศึกษานี้พบว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำเสียที่วิเคราะห์ได้หลังจากการเผาขยะติดเชื้อโดยผ่านระบบการบำบัดด้วยโอโซนมาแล้วนั้นมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานทั้งหมดตามพารามิเตอร์ที่ได้ตรวจวิเคราะห์นั้น สำหรับในประเทศไทยมีหน่วยงานกรมควบคุมมลพิษได้ศึกษาข้อมูลค่าคุณภาพน้ำทิ้งที่เกิดจากระบบการเผาขยะติดเชื้อของโรงพยาบาลต่าง ๆ ทั่วประเทศในปี 2544 โดยพบว่าระดับคุณภาพน้ำเสียที่วิเคราะห์ได้นั้นก็มีค่าต่ำกว่าอย่างเหมาะสมตามค่ามาตรฐานเช่นกัน แต่สิ่งที่พบจากการศึกษานี้ คือ ค่าที่วิเคราะห์ได้นั้นมีค่าต่ำกว่าค่าคุณภาพน้ำทิ้งที่มาจากการเผาขยะติดเชื้อที่ไม่มีการเติมโอโซน ในระบบ เช่น ค่า Free Chlorine, pH, Dissolved Solid, และ Sulfate จากข้อมูลเบื้องต้นชี้ให้เห็นได้ว่าการใช้เทคโนโลยีระบบโอโซน ในระบบการเผาขยะติดเชื้อไม่เพียงแต่เป็นการช่วยลดมลพิษทางอากาศแล้วยังสามารถช่วยลดมลพิษทางน้ำได้ตามมาตรฐานที่กำหนดของพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 โอโซนสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้ทั้งแกรมบวกและแกรมลบ รวมทั้งสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ด้วย ประโยชน์หลักของการบำบัดด้วยการใช้โอโซนเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่าเป็น GRAS (i.e. Generally Recognized as Safe) ซึ่งเป็นการฆ่าเชื้อและทำความสะอาดที่มีการใช้กันในโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร เทคโนโลยีการฆ่าเชื้อด้วยโอโซนเป็นคุณสมบัติที่ยอดเยี่ยมและมีประสิทธิภาพสามารถฆ่าเชื้อได้หลากหลาย รวมถึงแบคทีเรีย รา ไวรัส สปอร์ของแบคทีเรียและรา การละลายของโอโซนก่อให้เกิดแนวโน้มการออกซิเดชั่นที่สูงและผลกระทบของกำลังการออกซิไดซ์ซิ่งที่สูง โดยกลไกของการทำลายหรือยับยั้งเชื้ออยู่บนความสามารถในการสลายของผนังเซลล์ของแบคทีเรียซึ่งเป็นสาเหตุจากการทำลายด้วยกระบวนการ Oxidation และความเสียหายที่ไม่สามารถเอาคืนกลับมาได้ ก่อให้เกิดความเสียหายกับกรดไขมันในผนังเซลล์และภายในโมเลกุลใหญ่เหมือนกับโปรตีนที่จำเป็นบางตัวและ DNA โอโซนค่อนข้างจะไม่เสถียรและค่อยๆ แตกตัวเป็นออกซิเจนอิสระ จัดเป็นกลไกการกำจัดแนวโน้มของสารเคมีตกค้าง คุณสมบัติที่ทำให้เทคโนโลยีโอโซนเป็นหนึ่งในสารยับยั้งฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ดีนั้นถูกใช้ในรูปแบบแก๊สและแก๊สผสมกับน้ำ

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาพประกอบ 66 การวิเคราะห์เทียบกับค่ามาตรฐานของค่ามลพิษในน้ำเสีย



ภาพประกอบ 67 การวิเคราะห์เทียบกับค่ามาตรฐานของค่ามลพิษในน้ำเสีย

4.1.5 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการประเมินระบบ

4.1.5.1 แสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของตัวแปรต่อปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

แสดงการวิเคราะห์ทำนายถึงตัวแปรที่มีอิทธิพลหลัก 3 ปัจจัย ด้าน อุณหภูมิในระบบน้ำเพื่อนำไปสร้างการเกิดโอโซน และค่าแรงดันไฟฟ้าในระบบรวมไปถึงอัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนสำหรับการสร้างตัวกำเนิดความเข้มข้นของโอโซนที่มีผลต่อปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ดังแสดงในตารางที่ 32

ตาราง 33 วิเคราะห์คุณสมบัติของตัวแปรต่อปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.973[a]	.947	.939	.19795	.947	132.930	2	15	.000

a. Predictors: (Constant), EPD, Temp

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	10.417	2	5.209	132.930	.000[b]
	Residual	.588	15	.039		
	Total	11.005	17			

a. Dependent Variable: CO

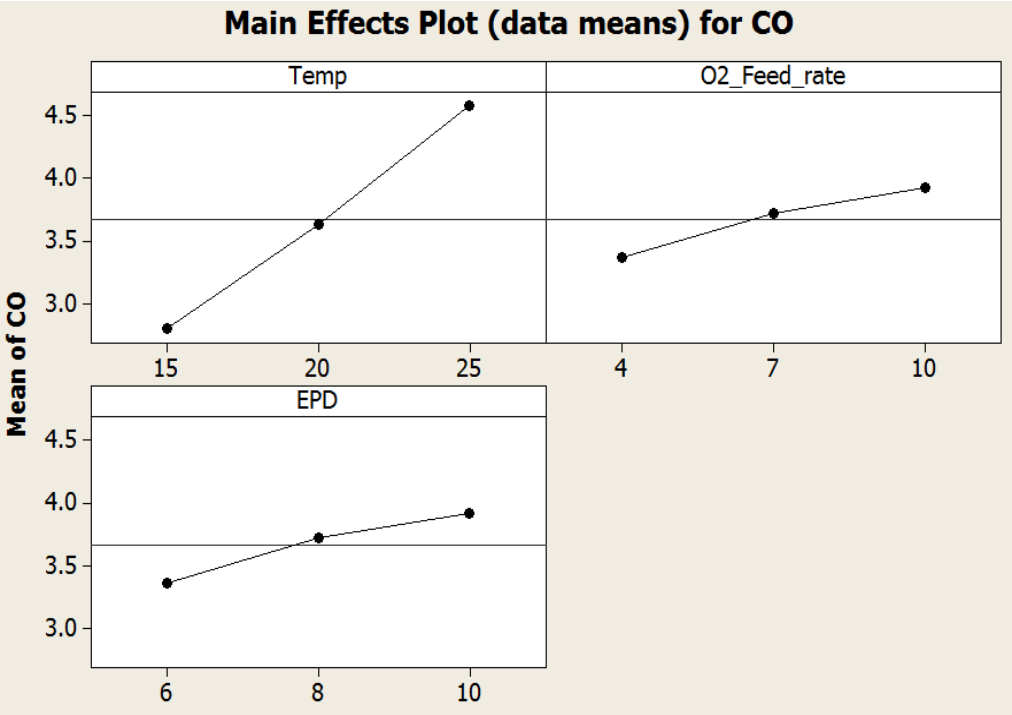
b. Predictors: (Constant), EPD, Temp

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-1.001	.327		-3.065	.008
	Temp	.178	.011	.929	15.561	.000
	EPD	.139	.029	.291	4.871	.000

a. Dependent Variable: CO

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาพประกอบ 68 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

จากตารางที่ 32 การวิเคราะห์คุณสมบัติของตัวแปรต่อปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่สังเกตได้จากการทดสอบโดยโปรแกรม SPSS สามารถสรุปผลการวิเคราะห์การกระจายตัวด้วยสมาการถดถอยได้ดังนี้คือ $F = 132.930$, $p = 0.000 < \alpha = 0.05$ จึงปฏิเสธ $H_0 : R^2$ (Temp, EPD, O_2 Feed rate) = 0 ยอมรับ $H_1 : R^2$ (Temp, EPD, O_2 Feed rate) > 0 แสดงว่าตัวแบบสมการถดถอยเชิงซ้อนสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลชุดนี้เป็นตัวแบบที่เหมาะสมและจากตารางพบว่า R^2 (Temp , EPD,O_2 Feed rate) =0.947 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิน้ำในระบบ (Temp), ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้ารวมไปถึงอัตราการไหลออกซิเจน (O_2 Feed rate) มีที่มีสัมประสิทธิ์ต่อปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ได้อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 94.7% และจากภาพประกอบ 68 จะพบว่าปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อค่าปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ มี 3 ปัจจัยคืออุณหภูมิน้ำในระบบ (Temp) โดยมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 20-25 องศาเซลเซียส พบว่าค่าปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เพิ่มขึ้นเมื่อระดับอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ส่วนปัจจัยที่สองคือค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (EPD) มีค่าอยู่ในช่วง 6-10 (kv) พบว่าเมื่อค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ค่าปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์กระจายตัวเพิ่มขึ้นและส่วนปัจจัยที่สามคืออัตรา

การไหลออกซิเจน (O_2 Feed rate) มีค่าอยู่ในช่วง 4-10(L/min) พบว่าเมื่ออัตราการไหลออกซิเจนเพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ค่าปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เพิ่มขึ้น

4.1.5.2 แสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของตัวแปรต่อปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2)

แสดงการวิเคราะห์ทำนายถึงตัวแปรที่มีอิทธิพลหลัก 3 ปัจจัย ด้าน อุณหภูมิในระบบน้ำเพื่อนำไปสร้างการเกิดโอโซน และค่าแรงดันไฟฟ้าในระบบรวมไปถึงอัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนสำหรับการสร้างตัวกำเนิดความเข้มข้นของโอโซนที่มีผลต่อปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ดังแสดงในตารางที่ 33

ตาราง 34 วิเคราะห์คุณสมบัติของตัวแปรต่อปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics			
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.994[a]	.988	.986	.06809	.988	597.746	2	15	.000

a. Predictors: (Constant), EPD, Temp

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	5.543	2	2.772	597.746	.000[b]
	Residual	.070	15	.005		
	Total	5.613	17			

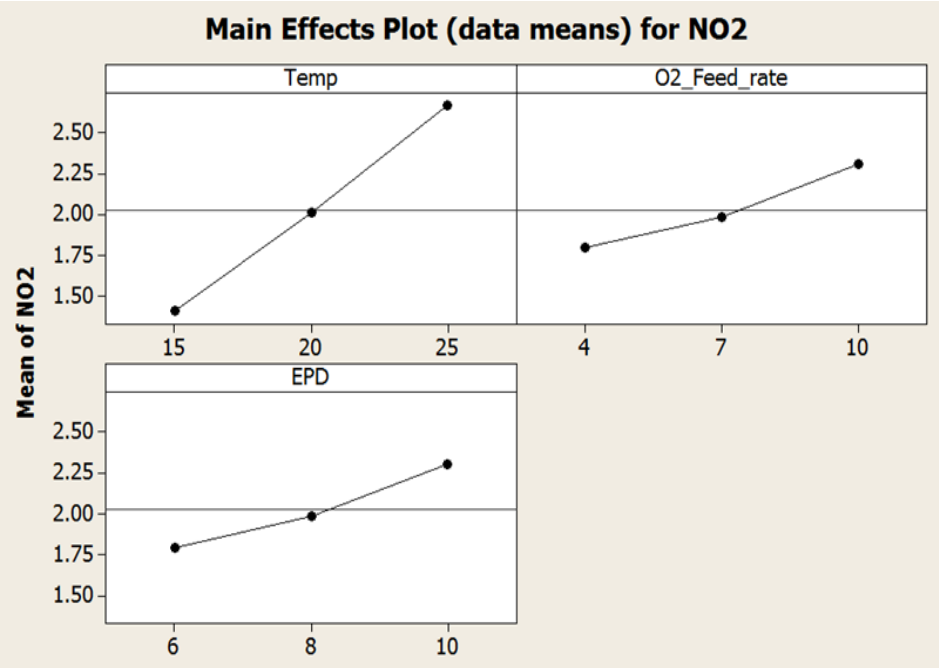
a. Dependent Variable: NO2

b. Predictors: (Constant), EPD, Temp

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-1.512	.112		-13.455	.000
	Temp	.126	.004	.921	32.050	.000
	EPD	.127	.010	.373	12.973	.000

a. Dependent Variable: NO2



ภาพประกอบ 69 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2)

จากตารางที่ 33 การวิเคราะห์คุณสมบัติของตัวแปรต่อปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ที่สังเกตได้จากการทดสอบโดยโปรแกรม SPSS สามารถสรุปผลการวิเคราะห์การกระจายตัวด้วยสมาการถดถอยได้ดังนี้คือ $F = 597.746$, $p = 0.000 < \alpha = 0.05$ จึงปฏิเสธ $H_0 : R^2$ (Temp, EPD, O_2 Feed rate) = 0 ยอมรับ $H_1 : R^2$ (Temp, EPD, O_2 Feed rate) > 0 แสดงว่าตัวแบบสมการถดถอยเชิงซ้อนสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลชุดนี้เป็นตัวแบบที่เหมาะสมและจากตารางพบว่า R^2 (Temp , EPD,O_2 Feed rate) =0.988 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิน้ำในระบบ (Temp), ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้ารวมไปถึงอัตราการไหลออกซิเจน (O_2 Feed rate) ที่มีสัมประสิทธิ์ต่อปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ได้อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 98.8% และจากภาพประกอบ 69 จะพบว่าปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อค่าปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ มี 3 ปัจจัยคืออุณหภูมิน้ำในระบบ (Temp) โดยมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 20-25 องศาเซลเซียส พบว่าค่าปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ เพิ่มขึ้นเมื่อระดับอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ส่วนปัจจัยที่สองคือค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (EPD) มีค่าอยู่ในช่วง 6-10 (kv) พบว่าเมื่อค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ค่าปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ กระจายตัวเพิ่มขึ้นและส่วนปัจจัยที่สามคืออัตราการไหลออกซิเจน (O_2 Feed rate) มีค่าอยู่ในช่วง 4-10(L/min) พบว่าเมื่ออัตราการไหล

ออกซิเจนเพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ค่าปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น

4.1.5.3 แสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของตัวแปรต่อปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)

แสดงการวิเคราะห์ทำนายถึงตัวแปรที่มีอิทธิพลหลัก 3 ปัจจัย ด้าน อุณหภูมิในระบบน้ำเพื่อนำไปสร้างการเกิดโอโซน และค่าแรงดันไฟฟ้าในระบบรวมไปถึงอัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนสำหรับการสร้างตัวกำเนิดความเข้มข้นของโอโซนที่มีผลต่อปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ดังแสดงในตารางที่ 34

ตาราง 35 วิเคราะห์คุณสมบัติของตัวแปรต่อปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.938[a]	.879	.863	.09208	.879	54.568	2	15	.000

a. Predictors: (Constant), EPD, Temp

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.925	2	.463	54.568	.000[b]
	Residual	.127	15	.008		
	Total	1.053	17			

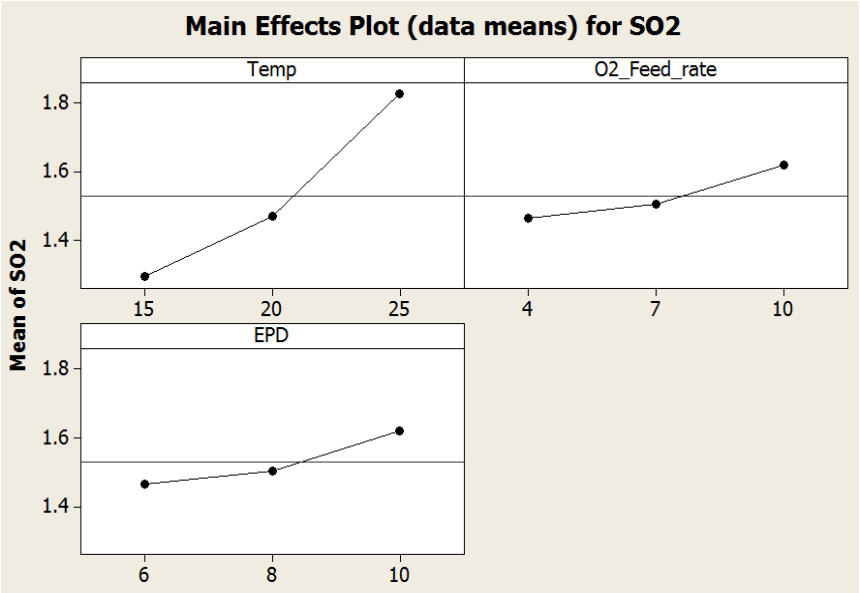
a. Dependent Variable: SO2

b. Predictors: (Constant), EPD, Temp

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.153	.152		1.009	.329
	Temp	.053	.005	.900	10.032	.000
	EPD	.039	.013	.262	2.915	.011

a. Dependent Variable: SO2



ภาพประกอบ 70 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)

จากตารางที่ 34 การวิเคราะห์คุณสมบัติของตัวแปรต่อปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่สังเกตได้จากการทดสอบโดยโปรแกรม SPSS สามารถสรุปผลการวิเคราะห์การกระจายตัวด้วยสมาการถดถอยได้ดังนี้คือ F = 54.568, p = 0.000 < α = 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 : R^2 (Temp, EPD, O_2 Feed rate) = 0 ยอมรับ H_1 : R^2 (Temp, EPD, O_2 Feed rate) > 0 แสดงว่าตัวแบบสมการถดถอยเชิงซ้อนสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลชุดนี้เป็นตัวแบบที่เหมาะสมและจากตารางพบว่า R^2 (Temp , EPD,O_2 Feed rate) =0.879 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิน้ำในระบบ (Temp), ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้ารวมไปถึงอัตราการไหลออกซิเจน (O_2 Feed rate) มีที่มีสัมประสิทธิ์ต่อปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ได้อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 87.9 % และจากภาพประกอบ 70 จะพบว่าปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อค่าปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มี 3 ปัจจัยคืออุณหภูมิน้ำในระบบ (Temp) โดยมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 20-25 องศาเซลเซียส พบว่าค่าปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เพิ่มขึ้นเมื่อระดับอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ส่วนปัจจัยที่สองคือค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (EPD) มีค่าอยู่ในช่วง 6-10 (kv) พบว่าเมื่อค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ค่าปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ กระจายตัวเพิ่มขึ้นและส่วนปัจจัยที่สามคืออัตราการไหลออกซิเจน (O_2 Feed rate) มีค่าอยู่ในช่วง 4-10 (L/min) พบว่าเมื่ออัตราการไหลออกซิเจนเพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ค่าปริมาณการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เพิ่มขึ้น

4.1.6 ผลการเปรียบเทียบต้นทุนทางหลักเศรษฐศาสตร์

จากข้อมูลพบว่าเทคโนโลยีเตาเผาขยะติดเชื้อขนาด 100 kg/hr. พร้อมติดตั้งระบบเทคโนโลยีโอโซนขนาด 100 g/hr.ซึ่งเป็นนวัตกรรมใหม่สำหรับงานวิจัยนี้ ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีความเหมาะสมในด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบทั้งหมดเพื่อการบำบัดก๊าซมลพิษทางอากาศและรวมทั้งเพื่อบำบัดมลพิษทางน้ำ โดยช่วยให้มลพิษทั้งทางน้ำและอากาศลดลงต่ำกว่ามาตรฐาน US.EPA จากนั้นเมื่อได้ทำการทดลองแล้วเสร็จได้มีการเก็บข้อมูลด้านการสูญเสียพลังงาน เช่น เชื้อเพลิงที่ใช้ไปในกระบวนการ พลังงานไฟฟ้าและพลังงานน้ำ ที่ถูกใช้ไปในการดำเนินงานทดลองระบบ จากนั้นได้นำไปเปรียบเทียบต้นทุนกับเครื่องจักรที่มีอยู่ไม่ว่าจะเป็นเทคโนโลยีทั้งภายในประเทศและการนำเข้ามาจากต่างประเทศจะเห็นได้ว่ามีข้อจำกัดและข้อแตกต่างในด้านเครื่องจักรและต้นทุนที่เกิดขึ้น เช่น ต้นทุนจากเทคโนโลยีนวัตกรรมและต้นทุนด้านการนำเข้าสินค้า, ต้นทุนทางภาษีและอื่น ๆ รวมไปจนถึง ความเข้าใจในด้านเทคนิคการบริการตรวจสอบเทคโนโลยีทั้งทางตรงและทางอ้อม ดังแสดงจากตารางที่ 35 ข้อมูลเปรียบเทียบราคาเครื่องจักรสรุปข้อมูลเปรียบเทียบรายละเอียดราคาเครื่องจักรของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ ที่ใช้อยู่ในประเทศไทย ได้ดังนี้

ตาราง 36 เปรียบเทียบรายละเอียดราคาเครื่องจักรของเตาเผาขยะติดเชื้อ

รายละเอียดข้อมูลเตาเผา	**เตาเผาจากงานวิจัยนี้**	**เตาเผาโรงพยาบาลบางปะกง**	**เตาเผาเทศบาลขอนแก่น**	**เตาเผาโรงพยาบาลราชวิถี**	**เตาเผาในกรุงเทพมหานครอ่อนนุช**	**เตาเผาในอำเภอหาดใหญ่**
ความสามารถในการเผาต่อชั่วโมงของในแต่ละพื้นที่						
Kg/hr	100	50	100	300/2 sets	1000/2 sets	500
ประเทศผู้ผลิต	ไทย	ไทย	ไทย	สวิสเซอร์แลนด์	ออสเตรีย	สหรัฐอเมริกา
เทคโนโลยีในการเผา	Excess – air	Excess - air	controlled - air	controlled - air	Excess – air	controlled - air
ระบบควบคุมมลพิษทางอากาศ	มี		มี	มี	มี	มี

รายละเอียดข้อมูลเตาเผา	เตาเผาจากงานวิจัยนี้	เตาเผาโรงพยาบาลบางปะกง	เตาเผาเทศบาลขอนแก่น	เตาเผาโรงพยาบาลราชวิถี	เตาเผาในกรุงเทพมหานครอ่อนนุช	เตาเผาในอำเภอหาดใหญ่
ระบบควบคุมมลพิษทางน้ำ	มี	-	-	-	-	-
ระบบป้อนมูลฝอยอัตโนมัติ	มี	-	มี	มี	มี	มี
งบประมาณก่อสร้าง (โดยประมาณ)	3 ล้านบาท	0.45 ล้านบาท	30 ล้านบาท	38 ล้านบาท	70 ล้านบาท	20 ล้านบาท
บุคลากรที่ใช้	2 คน	1 คน	2 คน	4 คน	10 คน	4 คน
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	15.13 บาท/กก.	3 บาท/กก.	--	7 บาท/กก.	7 บาท/กก.	8.8 บาท/กก.

รายละเอียดของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ ที่ใช้อยู่ในประเทศไทย เมื่อเปรียบเทียบโดยชี้ให้เห็นว่าเตาเผาขยะติดเชื้อของงานวิจัยนี้มีต้นทุนที่เหมาะสมต่อการใช้งานในประเทศและสามารถพัฒนาเสริมสร้างคุณลักษณะในการทำงานที่มีความหลากหลายในการบำบัดมลพิษได้ครบระบบทั้งน้ำและอากาศ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีนวัตกรรมใหม่ที่เป็นเครื่องจักรตัวริเริ่มใช้จริงในประเทศไทย โดยข้อโดดเด่นของระบบเตาเผาแบบหมุนขนาด 100kg/hr. และติดตั้งกับระบบโอโซนขนาดกำลังการผลิต 100 g/hr. ที่สามารถควบมลพิษทางน้ำและอากาศได้ดีและมีระบบควบคุมอากาศเพื่อการเผาไหม้ซ้ำเพื่อการประหยัดเชื้อเพลิงได้อย่างดีเหมาะสมต่อการเผาไหม้เชื้อเพลิงขยะติดเชื้อ อีกทั้งยังใช้บุคลากรน้อยกว่าโดยทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานที่เหมาะสม และมีการใช้วัสดุเครื่องมือภายในประเทศนำไปสร้างระบบเครื่องจักรที่ต้นทุนการผลิตที่เหมาะสมเมื่อเทียบกับเทคโนโลยีที่มีอยู่ในประเทศและช่วยลดการนำเข้าวัสดุอุปกรณ์จากต่างประเทศได้มากดูได้จากการเปรียบเทียบตารางที่ 36

ระบบวิศวกรรมเทคโนโลยีได้ถูกพัฒนาผ่านการทดลองและทดสอบให้มีประสิทธิภาพเสถียรภาพในการปฏิบัติงานให้เกิดใช้ได้จริงแล้วนั้น จึงจำเป็นที่จะต้องมาพิจารณาเข้ากับข้อมูลด้านอื่น ๆ เพื่อประกอบการพัฒนาต่อไปในหลายๆด้านเช่น ด้านความคุ้มค่าและความคุ้มทุนถึงความเหมาะสมต่อการลงทุนในด้านเศรษฐศาสตร์และการวิเคราะห์ถึงการตลาดถึงความจำเป็นต่อความต้องการของตลาดทั่วโลก จากนั้นจึงต้องพิจารณาเพื่อการลงทุนพัฒนาสินค้าต่อไป

ตาราง 37 เปรียบเทียบด้านรายได้และต้นทุนค่าใช้จ่าย

ลำดับที่	รายละเอียด	วิธีการคำนวณ	ราคาต่อหน่วย
1	ต้นทุนด้านแรงงาน จำนวน 2 คน	-รอบเช้า -รอบบ่าย	1,000 บาทต่อวัน
2	ต้นทุนค่าเชื้อเพลิง Burner 3 ตัวใช้ก๊าซ 40-50 lite/hr.	-ค่าก๊าซเชื้อเพลิง ใช้ 1unit/hr.=1,200 -ค่าไฟฟ้า 71 หน่ายต่อวัน 3.6 unit/baht. -ค่าน้ำ 11.53 หน่ายต่อวัน 13 baht/unit	9,600 บาทต่อวัน 255 บาทต่อวัน 150 บาทต่อวัน
3	ค่าวัสดุอุปกรณ์	คิดรายการต่อปี = 36,000 บาท/ 12 เดือน = 3,000 บาท/30 วัน	100 บาทต่อวัน
4	ค่าซ่อมบำรุง	คิดรายการต่อปี = 72,000 บาท/ 12 เดือน = 6,000 บาท/30 วัน	200 บาทต่อวัน
5	ค่าเสื่อมเครื่องจักร	คิดต่อปี = 580,000 บาท/ 12 เดือน = 48,333 บาท/30 วัน	1,611 บาทต่อวัน
6	ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบระบบคุณภาพอากาศและน้ำ	คิดต่อปี =200,000 บาท/ 12 เดือน = 16,666 บาท/30 วัน	555 บาทต่อวัน
	รวมรายจ่าย Total		13,471 บาทต่อวัน

ลำดับที่	รายละเอียด	วิธีการคำนวณ	ราคาต่อหน่วย
	รายได้จากการกำจัดขยะติดเชื้อราคากิโลกรัมละ 25 บาท(ขึ้นอยู่กับกระประมูลของแต่ละหน่วยงาน)	รายได้ = 25 baht/ kg. ทำงาน = 8 hr./day. กำจัดได้ = 100 kg/hr. 100 x 8 =800 kg./day. 800 x 25 =20,000 baht/day.	20,000 บาทต่อวัน
	รายรับสุทธิต่อวัน	=(20,000 – 13,471)	6,529 บาทต่อวัน
	รายได้จากการกำจัด/เดือน	=(6,529 x 30)	195,870 บาทต่อเดือน
	รายได้จากการกำจัด/ปี	(195,870 x 12)	2,350,440 บาทต่อปี
	ราคาเครื่องจักรขนาดกำลังการผลิตที่ 100 kg/hr.และ เครื่องโอโซนขนาด 100 g/hr.	ราคาเครื่องโอโซน + เตาเผาขยะแบบหมุน + ราคาอุปกรณ์อื่น ๆ (ไม่รวมงานติดตั้ง และสถานที่)	3,000,000 บาทต่อหน่วย
	ระยะเวลาในการคืนทุน Return on investment (ROI)	2,350,440 x 2 ปี = 4,700,880 บาท คืนทุนภายในระยะเวลา 2 ปี	1 ปี 4 เดือน

Remark: คิดเวลาทำการที่ 8 ชั่วโมงทำการต่อวันในระยะเวลา 30 วันต่อเดือน ต้นทุนก๊าซขนาดบรรจุ 48 kg. ถังละ 1,200 baht / unitราคาก๊าซ LPG บรรจุถัง (ก๊าซหุงต้ม) - 48 กก. ราคา 1,082-1,263 บาท ราคาดังกล่าวรวมค่าขนส่งไปยังสถานที่ของผู้ซื้อ ซึ่งมีระยะทางขนส่งในรัศมีไม่เกิน 5 กิโลเมตร แต่ไม่รวมค่าบริการขนส่งขึ้นอาคารสูง และ ต้นทุนค่าไฟฟ้าคิดอัตราปกติ ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย) ที่ 3.6 baht/ unit. (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 2558) ค่าน้ำประเภทอื่น ๆ = 13 baht/m3. คิดค่าแรงงานระดับปริญญาตรี 500 baht / day. ในการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ ต้องจัดให้มีเจ้าหน้าที่รับผิดชอบในการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ อย่างน้อยสองคน โดยคนหนึ่งต้องมีคุณสมบัติตามที่กำหนดใน (๑) ส่วนอีกคนหนึ่งต้องมีคุณสมบัติสำเร็จการศึกษาไม่ต่ำกว่าปริญญาตรีหรือเทียบเท่าในสาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ในด้านสุขาภิบาล วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม และวิศวกรรมเครื่องกล ด้านใดด้านหนึ่ง (กฎกระทรวงว่าด้วยการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ พ.ศ. 2545) คิดค่าเครื่องจักรราคา 3,000,000

บาท ประมาณอายุการใช้งาน 5 ปี จะมีราคาซาก 100,000 บาท ราคาซาก (Scrap value หรือ Salvage value) หมายถึง มูลค่าที่คาดว่าจะขายสินทรัพย์ถาวรนั้นได้เมื่อหมดอายุการใช้งาน หักด้วยค่ารื้อถอนและค่าใช้จ่ายในการจำหน่ายสินทรัพย์นั้น (ถ้ามี) จากงานวิจัยสามารถคำนวณได้ดังนี้

ค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง = (มูลค่าสินทรัพย์ – มูลค่าซากสินทรัพย์) ÷ อายุการใช้งาน

แทนค่า : (3,000,000 – 100,000) ÷ 5 ปี

ค่าเสื่อมราคาต่อปี = 580,000 บาท

เมื่อเวลาผ่านไป 1 ปี มูลค่าของเครื่องจักรจะลดลงครั้งละ 580,000 บาท และเมื่อเวลาผ่านไป 5 ปี มูลค่าของเครื่องจักรจะเหลือเพียงมูลค่าซากนั่นคือ 100,000 บาท ดังนั้นค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรงของเครื่องจักรมูลค่า 3,000,000 บาทจะมีมูลค่า ณ เวลาสิ้นปีแต่ละปีดังแสดงในตารางนี้คือ (ยังไม่คิดภาษีรายได้และภาษีปลายงวด รวมทั้งค่าเช่าพื้นที่วางเครื่องจักร)

ตาราง 38 คิดค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร

ตารางคิดค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรระยะเวลา 5 ปี			
ระยะเวลาสิ้นปีที่	มูลค่าสินทรัพย์	ค่าเสื่อมราคา	คงเหลือ
1	3,000,000	580,000	2,420,000
2	3,000,000	580,000	1,840,000
3	3,000,000	580,000	1,260,000
4	3,000,000	580,000	680,000
5	3,000,000	580,000	100,000
เมื่อเวลาผ่านไป 5 ปี มูลค่าเครื่องจักรจาก 3,000,000 บาทจะเหลือแค่มูลค่าซาก 100,000 บาท			

คากำจัดมูลฝอยติดเชื้อ เปนครั้งคราวกรณีที่มีปริมาณไมเกิน ๖.๕ ลิตร หรือน้ำหนักไมเกิน ๑ กิโลกรัมใหคิดเปนหนวยทุก ๆ ๖.๕ ลิตร หรือทุก ๆ ๑ กิโลกรัม ในอัตราตอหนวย หนวยละ ๒๕ บาท ให้ข้อกำหนดของท้องถิ่นที่ราชการส่วนท้องถิ่นกำหนดอัตราค่าธรรมเนียมตามมาตรา ๒๐ (๔) หรือกำหนดค่าธรรมเนียมตามมาตรา ๖๓ ที่ยังมีผลใช้บังคับอยู่ในวันก่อนวันที่กฎกระทรวงนี้ใช้บังคับให้ใช้บังคับได้ต่อไปเท่าที่ไม่ขัดหรือแย้งกับกฎกระทรวงนี้ จนกว่าจะมีข้อกำหนดของท้องถิ่นที่ราชการส่วนท้องถิ่นกำหนดอัตราค่าธรรมเนียมตามมาตรา ๒๐ (๔) หรือกำหนดค่าธรรมเนียมตามมาตรา ๖๓ เพื่อดำเนินการให้เป็นไปตามกฎกระทรวงนี้ใช้บังคับ แล้วแต่กรณี

จากการคำนวณ ใช้กระแสเงินสดรับแต่ละปีเท่ากัน

การคำนวณระยะเวลาคืนทุน(PB) = เงินลงทุน / เงินสดรับเฉลี่ยต่อปี

- ราคาเครื่องจักร 3,000,000 บาท
- ผลตอบแทนเวลา 5 ปี ๆ ละ 7,200,000 บาทต่อปี
- ต้นทุนการผลิตปีละ 4,849,560 บาทต่อปี

PAY BACK PERIOD = 3,000,000 / (7,200,000 – 4,849,560) = 1.27 ปี

สรุป จากตารางที่ 36 พิจารณาถึงต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานรายเดือนเช่น ค่าแรง ค่าเชื้อเพลิงก๊าซ (LP GAS) ค่าน้ำ ค่าไฟฟ้า ที่ใช้ในระบบ ค่าวัสดุอุปกรณ์เพื่อใช้ในการซ่อมบำรุงเครื่องจักร รวมไปจนถึงการพิจารณาถึงค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรพบว่ามีค่าใช้จ่ายรวมประมาณ 12,916 บาทต่อวัน จากนั้นเมื่อเปรียบเทียบรายได้ที่จะเกิดขึ้นจากการทำงานของเครื่องจักรต่อกำลังการผลิตที่ 100 kg/hr. จะสร้างรายได้ที่ 25 baht/kg. เมื่อคิดเวลาในการทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน จะสร้างรายได้ประมาณวันละ 20,000 บาทต่อวัน จากนั้นเมื่อนำรายได้ไปหักลบกับค่าใช้จ่ายจะคงเหลือกำไรจากการบริหาร 6,529 บาท/วัน หากคิดรายได้ต่อเดือน 30 วันจะมีรายได้ 195,870 บาท/ เดือน และเมื่อนำไปคิดเป็นรายได้ต่อปีจะมีรายได้ 2,350,440 บาท/ ปี เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับราคาเครื่องจักรเตาเผาขยะแบบหมุนที่ติดตั้งระบบการบำบัดมลพิษทางด้านอากาศและน้ำด้วยเทคโนโลยีโอโซนที่มีประสิทธิ์ภาพในการบำบัดค่ามลพิษได้ต่ำกว่ามาตรฐานกำหนดที่ตั้งราคาไว้ที่ 3,000,000 บาท/ เครื่อง จะเห็นว่าสามารถคืนทุนจากการลงทุนซื้อเครื่องจักรนี้ที่ระยะเวลาประมาณ 1 ปี 4 เดือน เมื่อพิจารณาจากด้านเศรษฐศาสตร์ว่าด้วยการลงทุนซึ่งเป็นการลงทุนที่คุ้มค่าและมีความเหมาะสมแก่การลงทุนเป็นอย่างมาก

Remark: ในบางกรณีการใช้ระยะเวลาคืนทุนในการพิจารณาคัดเลือกโครงการอาจทำให้เกิดการตัดสินใจผิดพลาดได้เนื่องจากวิธีนี้ไม่ได้ คำนึงถึงผลประโยชน์ที่จะได้รับหลังระยะเวลาคุ้มและไม่ได้คำนึงถึงมูลค่าเงินตามเวลา มาปรับให้ถูกต้องโดยคำนวณเป็นระยะเวลาคืนทุนที่คำนึงถึงค่าเงิน (Discounted payback period method) มาใช้การวิเคราะห์และประเมินโครงการได้

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ขยะติดเชื้อของโรงพยาบาลในเขตจังหวัดชลบุรีที่นำมาศึกษาในครั้งนี้ ส่วนใหญ่เป็นองค์ประกอบประเภทพลาสติกและผ้าและมีธาตุองค์ประกอบประเภทคาร์บอนและออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่ และองค์ประกอบธาตุที่เป็นโลหะจะพบแคลเซียมและอะลูมิเนียมในปริมาณสูง และเมื่อทำการออกแบบเพื่อติดตั้งระบบโอโซนที่ได้ทำการสร้างอุปกรณ์เพื่อการกำเนิดโอโซนเพื่อให้ได้ประสิทธิ์ภาพเพื่อการบำบัดมลพิษทั้งน้ำและอากาศให้อยู่ในรูปแบบเทคโนโลยีการกำจัดมลพิษในรูปแบบเดียวกัน รวมไปถึงการศึกษาตัวแปรที่เหมาะสมในงานวิจัยนี้ เช่น อุณหภูมิ 20 C° อัตราการไหลของก๊าซออกซิเจน ที่ 7 (l/min) และแรงดันไฟฟ้าที่ 8 (kv) ซึ่งมีผลต่อการทดลองต่อการสร้างคุณสมบัติการเกิดปฏิกิริยาการกระจายตัวของปริมาณความเข้มข้นของระบบโอโซนต่อการปราบปรามกำจัดมลพิษโดยใช้เตาเผาขยะติดเชื้อแบบหมุนมาทดสอบครั้งนี้โดยการเก็บตัวอย่างอากาศที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมทางปล่องทั้งก่อนการเติมโอโซน และหลังจากที่เติมโอโซนเข้าไปในระบบแล้ว โดยค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่ตรวจวัดได้มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานมลพิษที่ US.EPA กำหนด และมีค่าต่ำกว่าความเข้มข้นของสารมลพิษจากการเผาที่ไม่มีการเติมโอโซนนอกเหนือจากนั้นค่าน้ำทิ้งที่เกิดจากการเผาขยะติดเชื้อที่มีการเติมโอโซน ในระบบยังตรวจพบว่ามีค่าคุณภาพน้ำทิ้งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานและกฎหมายกำหนดและยังพบว่ามีปริมาณโลหะหนักละลายอยู่ในน้ำทิ้งน้อยกว่าปริมาณโลหะหนักที่ตรวจพบในน้ำทิ้งจากการเผาขยะติดเชื้อที่ไม่ได้เติมโอโซน อีกทั้งยังยังสามารถนำน้ำที่บำบัดมาใช้ฉีดกำจัดก๊าซมลพิษอีกครั้งในระบบแบบหมุนวน ซึ่งชี้ให้เห็นได้ถึงการเพิ่มประสิทธิภาพให้เครื่องจักรมีนวัตกรรมใหม่ในการช่วยกำจัดได้ทั้ง 2 ชนิดไม่ว่าจะเป็นมลพิษทางน้ำและอากาศได้ดีในระบบเดียวกัน ไปจนถึงการช่วยลดต้นทุนในการก่อสร้างเครื่องจักร และช่วยลดการนำเข้าวัสดุอุปกรณ์จากต่างประเทศ ช่วยการส่งเสริมการจ้างงานภายในประเทศ และยังเป็นนวัตกรรมใหม่เป็นสินค้าที่ผลิตได้ในประเทศที่ได้มีต้นทุนที่เหมาะสมต่อการพัฒนาต่อไป

5.2 การนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์

5.2.1 การส่งเสริมสนับสนุนให้มีการนำระบบเทคโนโลยีด้านโอโซนปรับประยุกต์ใช้กับเตาเผาขยะติดเชื้อเพื่อกำจัดขยะสำหรับสถานพยาบาล

จากผลการศึกษาที่ปรากฏในงานวิจัยนี้ สามารถชี้วัดได้ว่า ระบบโอโซนเป็นเทคโนโลยีที่มีความเหมาะสมสำหรับการจัดขยะติดเชื้อสำหรับสถานพยาบาลโดยมีประสิทธิภาพ และลดการปลดปล่อยมลพิษออกสู่ชั้นบรรยากาศน้อยมาก ถือเป็นระบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เนื่องจากปัญหาขยะติดเชื้อไม่ได้มีการสนับสนุนให้ความรู้ความเข้าใจถึงผลของการคัดแยกเผาก่อนโดยส่วนใหญ่จะทำการเผารวมกันไปพร้อมกับเตาเผาขยะทั่วไปของเทศบาลโดยไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญมากต่อความเป็นอยู่ของชุมชนโดยเฉพาะสถานพยาบาลชุมชนที่ห่างไกล ซึ่งไม่ได้รับการให้องค์ความรู้และงบประมาณที่ยังไม่เข้าไปปฏิบัติให้ถูกต้องและยังมีการกำจัดขยะติดเชื้อยังไม่ดีพอต่อความเข้าใจกับชุมชน ซึ่งเป็นผู้ที่ได้รับผลกระทบโดยยังไม่รู้และเข้าใจถึงอันตรายของการกำจัดที่ผิดวิธี โดยเฉพาะการเผาขยะที่ส่งผลโดยตรงการปลดปล่อยมลพิษสู่ชั้นบรรยากาศและก่อให้เกิด ฝุ่นมลพิษ หรือ PM 2.5 ตามที่ได้เกิดขึ้นในสถานการณ์ปัจจุบัน

ทั้งนี้ จากผลการศึกษา การกำจัดขยะมูลฝอยติดเชื้อที่มีความชื้นสูง ด้วยระบบเชื้อเพลิงก๊าซด้วยเทคโนโลยีเตาเผาแบบหมุน (Rotary Kiln) โดยใช้ร่วมกับระบบโอโซนจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพจากการเผาขยะติดเชื้อ มีแนวโน้มของการปลดปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมลดลงกว่ามาตรฐานกำหนด ซึ่งให้ผลเป็นที่น่าพึงพอใจมาก ในด้านการควบคุมมลพิษสิ่งแวดล้อมจากระบบ ทั้งทางน้ำและทางอากาศ ดังนั้น ระบบเทคโนโลยีโอโซนเมื่อปรับประยุกต์เข้ากับเทคโนโลยีเตาเผาขยะแบบหมุน ด้วยการปรับกระบวนและการปรับประสิทธิภาพของระบบ จึงมีความเหมาะสมที่จะถูกนำมาใช้กับขยะติดเชื้อของประเทศไทยที่มีความชื้นสูงงานวิจัยนี้ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ โดยได้นำความร้อนจากการเผาไหม้นำกลับมาใช้ในระบบการเผาขยะติดเชื้ออีกครั้ง โดยต้นแบบของเทคโนโลยีนี้ ซึ่งถือว่าเป็นระบบที่สามารถปรับเสถียรภาพในการเผาขยะติดเชื้อ ให้มีความเหมาะสมทั้งด้านคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมี รวมทั้งสามารถปรับเสถียรภาพของก๊าซไอเสีย ให้มีความเหมาะสมในด้านการปรับลดอุณหภูมิการอัตราการไหลเพื่อความเหมาะที่จะนำไปใช้ในเชิงอุตสาหกรรมต่อไป

5.2.2 การนำเทคโนโลยีโอโซนไปประยุกต์ใช้เพื่อการบำบัดมลพิษกับเตาเผาขยะทุกประเภท

สืบเนื่องจากเตาเผามีข้อเสีย ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง และค่าดำเนินการประกอบกับต้องการบุคลากรที่มีความรู้ และทักษะเฉพาะด้านในการควบคุม ใช้งานและบำรุงรักษาที่ถูกวิธี ทั้งต้องหาพื้นที่สำหรับฝังกลบเถ้าในขั้นตอนสุดท้ายด้วย นอกจากนี้ในกรณีที่การเผาไหม้ในเตาเผาไม่สมบูรณ์ ทำให้เกิดปัญหามลภาวะอากาศและน้ำรวมถึงก่อความรำคาญต่อชุมชนที่อยู่ใกล้เคียง จึงมีความพยายาม ในการหาเทคโนโลยีอื่นในการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อเพื่อทดแทนการใช้

เตาเผา ซึ่งในปัจจุบัน นอกจากเตาเผาแล้ว มีการกล่าวถึงเทคโนโลยีอื่นที่จะกำจัดมูลฝอยติดเชื้อบ้าง เช่น การทำลายเชื้อด้วยไอน้ำ (Autoclave) การทำลายเชื้อด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Microwave) แต่การใช้งานในประเทศไทยยังไม่แพร่หลายและเป็นไปในทางปฏิบัติ ในปัจจุบัน ระบบกำจัดขยะอันตรายหรือขยะติดเชื้อในประเทศไทย ยังไม่เพียงพอที่จะรองรับปริมาณขยะอันตรายและขยะติดเชื้อที่เกิดขึ้นได้ (ปัจจุบันมีเตาเผาของโรงพยาบาลที่เดินระบบอยู่ประมาณ 470 แห่ง เตาเผาขยะติดเชื้อของ อปท. 1 แห่ง และเตาเผาของเอกชนอีกจานวน 2 แห่ง ทั่วประเทศ ตัวเลขของการกำจัดขยะเหล่านี้ประมาณ 2.287 ล้านตัน/ปี หรือคิดเป็น 97% ของปริมาณของเสียอันตรายทั้งหมด จึงยังเป็นสาเหตุให้มีการลักลอบทิ้งของเสียอันตรายอย่างต่อเนื่อง (กรมควบคุมมลพิษ, 2554) ทั้งนี้ การใช้เทคโนโลยีโอโซนมาปรับประยุกต์ใช้กับเตาเผาขยะโรงพยาบาล ควบคู่กับการมีระบบบำบัดมลพิษทางอากาศและน้ำหลังการเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพ ตลอดจนต้องมีการตรวจวัดมลพิษอากาศและน้ำ ตามมาตรฐานอย่างต่อเนื่องซึ่งจะเป็นแนวทางการปฏิบัติดีที่สุด อย่างไรก็ดีจำเป็นต้องควบคุมระบบเตาเผาขยะติดเชื้อที่ดีด้วย เพื่อให้เกิดการควบคุมการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงมากกว่า 800 ºC เพื่อกำจัดก๊าซไอเสียที่ก่อให้เกิดสารมะเร็งเช่น ก๊าซไดออกซินและฟิวแรน

5.3 ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต

ก่อนที่จะทำโครงการวิจัยที่มีประโยชน์ต่อประเทศหรือต่างประเทศทั่วโลกในอนาคตจำเป็นที่จะต้องพิจารณาถึง 4 ประเด็น หลัก ดังนี้

5.3.1 ด้านวิศวกรรมและการสร้างนวัตกรรม

ศึกษาความเป็นไปได้ด้านวิศวกรรม ด้วยเทคโนโลยีในปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาไปเร็วมากพร้อมกับการเติบโตของโลกในอนาคตที่ได้มีการปรับระบบวิศวกรรมเทคโนโลยีให้เป็นไปตามเงื่อนไขข้อตกลงระหว่างประเทศตามกลุ่มองค์กรต่าง ๆเช่น องค์การการค้าโลก WTO หรือ องค์กรพัฒนาเอกชน NGO ที่มีนโยบายที่จะเข้ามาแก้ไขปัญหาคุณภาพชีวิตของประชาชนทั่วโลก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่งานวิจัยนี้จึงคิดค้นถึงความเป็นไปได้ในเชิงวิศวกรรมเพื่อนำไปพัฒนาเทคโนโลยีนวัตกรรมใหม่ให้สอดคล้องต่อสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้นเพื่อรองรับกับอนาคตข้างหน้า โดยสร้างแนวคิดและนำเทคโนโลยีที่มีอยู่มาปรับประยุกต์ใช้ให้เป็นไปตามทฤษฎีข้อมูลของแต่ละเครื่องจักรเพื่อนำไปประยุกต์ปฏิบัติจริงในเชิงอุตสาหกรรมได้

5.3.2 ด้านเศรษฐศาสตร์และการตลาด

ศึกษาความเป็นไปได้ด้านเศรษฐศาสตร์ เมื่อระบบวิศวกรรมเทคโนโลยีได้ถูกพัฒนาผ่านการทดลองและทดสอบให้มีประสิทธิภาพเสถียรภาพในการปฏิบัติงานให้เกิดใช้ได้จริงแล้วนั้น จึงจำเป็นที่จะต้องมาพิจารณาเข้ากับข้อมูลด้านอื่น ๆ เพื่อประกอบการพัฒนาต่อไปในหลายๆด้านเช่น

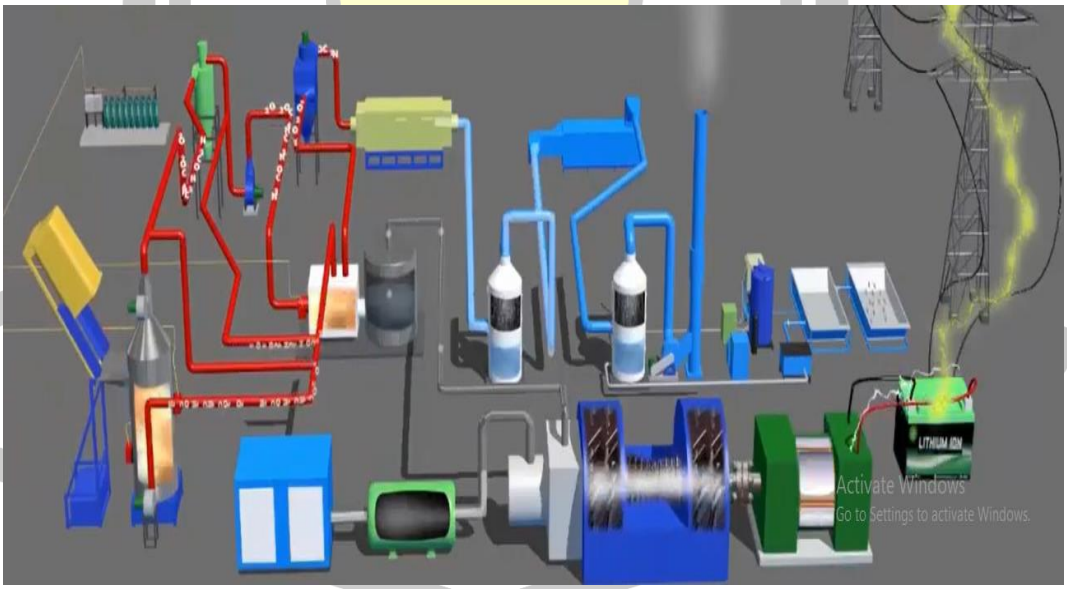
ด้านความคุ้มค่าและความคุ้มทุนถึงความเหมาะสมต่อการลงทุนในด้านเศรษฐศาสตร์และการวิเคราะห์ถึงการตลาดถึงความจำเป็นต่อความต้องการของตลาดทั่วโลก จากนั้นจึงต้องพิจารณาเพื่อการลงทุนพัฒนาสินค้าต่อไป

5.3.3 ด้านผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

ศึกษาถึงความสำคัญของเครื่องจักรและเทคโนโลยีจำเป็นต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ด้านวิศวกรรมการออกแบบและพัฒนาให้ระบบมีความประหยัดและปลอดภัยโดยส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดเป็นสำคัญเพราะในอนาคตโลกเราจำเป็นต้องลดการพึ่งพาการใช้พลังงานจากฟอสซิลมากขึ้นและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากภาวะโลกร้อนที่เกิดขึ้นต่อเนื่องในทุก ๆ ปี และเพื่อเป็นการตอบแทนรับผิดชอบในด้านสังคมด้วย

5.3.4 ด้านความเป็นได้ของโครงการงานวิจัย

เนื่องด้วยงานวิจัยนี้มีแนวคิดที่จะนำเทคโนโลยีเตาเผาขยะแบบหมุนขนาด100 kg/hr. และเทคโนโลยีโอโซนขนาด 100 g/hr. ซึ่งประเทศไทยสามารถผลิตได้จากวิศวกรคนไทย โดยนำเทคโนโลยีต้นแบบจริงมาประยุกต์ใช้กับขยะติดเชื้อและพัฒนาให้ได้ผลงานเชิงประจักษ์สามารถนำไปใช้งานได้จริงในการพัฒนาอุตสาหกรรมทั้งในและต่างประเทศได้ทั่วโลก ดังนั้นข้อดีของงานวิจัยนี้ใช้เวลาในการผลิตเร็วกว่างานวิจัยที่อยู่ในขั้นตอนของแบบจำลอง(Lab - scale) อีกทั้งยังสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ในอนาคตซึ่งจะได้ทำการวิจัยต่อไป



ภาพประกอบ 71 เทคโนโลยีนวัตกรรมต่อยอดในอนาคต เตาเผาขยะผลิตกระแสไฟฟ้า

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

1. กรมควบคุมมลพิษ. "มหันตภัยไดออกซิน". [Online] 2552 [cited 14 กุมภาพันธ์ 2552]; Available from: http://www.pcd.go.th/info_serv/haz_dioxin.html.

2. กรมควบคุมมลพิษ. "เตาเผามูลฝอยติดเชื้อในไทย". [Online] 2561 [cited 11 มีนาคม 2563]; Available from: http://www.pcd.go.th/info_serv/envi_incinerate.html.

3. Horvath M, Bilitzky L, Huttner J. "Ozone. Budapest: Elsevier". 1985.

4. Suzuki T, Oizumi M, Furuya J, Okamoto Y, Rosenstiel SF. "Influence of ozone on oxidation of dental alloys". International Journal of Prosthodontics. 1999;12(2).

5. Oizumi M, Suzuki T, Uchida M, Furuya J, Okamoto Y. "In vitro testing of a denture cleaning method using ozone". Journal of medical and dental sciences. 1998;45(2):135-9.

6. Celiberti P, Pazera P, Lussi A. "The impact of ozone treatment on enamel physical properties". American journal of dentistry. 2006;19(1):67.

7. Murakami H, Mizuguchi M, Hattori M, Ito Y, Kawai T, Hasegawa J. "Effect of denture cleaner using ozone against methicillin-resistant Staphylococcus aureus and E. coli T1 phage". Dental materials journal. 2002;21(1):53-60.

8. Arita M, Nagayoshi M, Fukuizumi T, Okinaga T, Masumi S, Morikawa M, et al. "Microbicidal efficacy of ozonated water against Candida albicans adhering to acrylic denture plates". Oral microbiology and immunology. 2005;20(4):206-10.

9. Estrela C, Estrela CR, Decurcio DdA, Silva JA, Bammann LL. "Antimicrobial potential of ozone in an ultrasonic cleaning system against Staphylococcus aureus". Brazilian Dental Journal. 2006;17(2):134-8.

10. Huth KC, Jakob FM, Saugel B, Cappello C, Paschos E, Hollweck R, et al. "Effect of ozone on oral cells compared with established antimicrobials". European journal of oral sciences. 2006;114(5):435-40.

11. Baysan A, Whiley R, Lynch E. "Antimicrobial effect of a novel ozone–generating device on micro–organisms associated with primary root carious lesions in vitro". Caries Research. 2000;34(6):498-501.

1 2 . Rickard GD, Richardson RJ, Johnson TM, McColl DC, Hooper L. "Ozone therapy for the treatment of dental caries". Cochrane Database of Systematic Reviews. 2004(3).

13. จันทนา มณีอินทร์. "การจัดการมูลฝอยติดเชื้อขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น": สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์; 2556.

14. อุทัยรัศมี เ. "การจัดการมูลฝอยติดเชื้อของเจ้าหน้าที่สถานีอนามัยและคลินิกในจังหวัดจันทบุรี": มหาวิทยาลัยบูรพา; 2554.

15. สุภาพร แซ่เตียว. "ผลของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ต่อการปฏิบัติในการจัดการมูลฝอยติดเชื้อของบุคลากรในโรงพยาบาลชุมชน": มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2551.

16. ทิพย์สุภินทร์ หินซุย. "การศึกษาการกำจัดขยะชุมชนเพื่อผลิตพลังงานโดยใช้เทคโนโลยีพลาสมาแก๊สซิฟิเคชั่น": มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; 2556.

17. คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 6. "พลังงานขยะ". [Online] 2558 [cited 12 มีนาคม 2560]; Available from: https://energy.go.th/2015/author/admin/.

18. อัมพร นิมิตภาคภูมิ. "การจัดการขยะมูลฝอยในครัวเรือนของประชาชนในเขตเทศบาลตำบลแม่สาย อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย": มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย; 2550.

19. มนูญผล ว. "การวิเคราะห์สมรรถนะของเตาแก๊สซิไฟเออร์โดยใช้เศาใบไม้และกิ่งไม้แห้งเป็นเชื้อเพลิง": มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2555.

20. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. "รายงานสรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2561".

21. Belgiorno V, De Feo G, Della Rocca C, Napoli R. "Energy from Gasification of Solid Wastes". Waste management (New York, NY). 2003;23:1-15.

2 2 . Kirubakaran V, Sivaramakrishnan V, Nalini R, Sekar T, Premalatha M, Subramanian P. "A review on gasification of biomass". Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2009;13(1):179-86.

23. ทิพย์สุภินทร์ หินซุย, ปภัส ชนะโรค และ วีรชัย อาจหาญ. "การศึกษามลพิษและของเสียจากโรงไฟฟ้า". 2551.

24. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. "กรมควบคุมมลพิษ"2535.

2 5 . Rice RG, Graham DM. "US FDA regulatory approval of ozone as an antimicrobial agent–what is allowed and what needs to be understood". 2001.

26. วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. "ปรากฏการณ์โคโรนา". [Online] 2556 [cited 12 มีนาคม 2563]; Available from: https://th.wikipedia.org/wiki/ปรากฏการณ์โคโรนา.

27. ณัฐพล ฟ้าภิญโญ. "คุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาปูนิ่ม (Scylla serrata Forskal) โดยใช้โอโซน กรดแอซีติก กรดแล็กติก กรดแอสคอร์บิกและการเก็บรักษาภายใต้สภาวะปรับบรรยากาศ": มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2550.

28. Barlow PJ. "An introduction to ozone generation". 1994.

29. กฤช มณีรัตน์. "การออกแบบและศึกษาประสิทธิภาพของเตาเผาแบบ rotary kiln": มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี; 2542.

30. สุกิจ ลิติกรณ์. "การศึกษาและออกแบบอุปกรณ์ป้อนมูลฝอยสาหรับเตาเผา": จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2542.

31. วิโรจน์ มีสุนทร. "การพัฒนาเตาเผาขยะจากขยะเชื้อเพลิง". กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2548.

32. ธนา นาถไตรภพ. "การประเมินสมรรถนะเตาเผาขยะ เพื่อการจัดการขยะระดับชุมชน": มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2551.

33. นพภาพร พานิช. "ตำราระบบบำบัดมลพิษอากาศ". กรมโรงงานอุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2547.

34. คลินิกเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. "เตาเผาขยะชุมชนขนาดเล็กประสิทธิภาพสูง. มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีสุรนารี". [Online] 2551 [cited 12 มกราคม 2558]; Available from: http://www.clinictech.most.go.th/techlist/0214/environment/00000-249.html.

35. ปิยะวิทย์ ทิพรส. "โอโซน : สมบัติทางเคมีกายภาพและการประยุกต์ใช้เพิ่มความขาวผลิตภัณฑ์เนื้อปลา": มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์; 2552.

36. ไพโรจน หอมออน, มงคล จงสุพรรณพงศ, ฐากฤต ปานขลิบ และ ปรีดา จันทวงษ. "การพัฒนาและออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตแบตเตอรี่ด้วยเทคโนโลยีโอโซนระบบพลาสมาความดันสูง". Journal of Applied Science. 2016;15:21-33.

37. เกษม ประดิษฐ์วัฒนกิจ. "การพัฒนาต้นแบบระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังด้วยเทคโนโลยีดีสชาร์จทางไฟฟ้า": มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; 2555.

38. คธาวุธ กาญจนเลขา. "การศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการผลิตก๊าซโอโซน โดยใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงแบบทับซ้อน": มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2551.

39. สุรพล บุญดวง. "การผลิตโอโซน โดยวิธีโคโรนาดิสชาร์จ": มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี; 2549.

40. Kim J-G, Yousef AE, Khadre MA. "Ozone and its current and future application in the food industry". 2003.

41. Sun C, Zhao N, Zhuang Z, Wang H, Liu Y, Weng X, et al. "Mechanisms and reaction pathways for simultaneous oxidation of NOx and SO2 by ozone determined by in situ IR measurements". Journal of hazardous materials. 2014;274C:376-83.

42. Zjup W, Jiang X, Li Y, Yan J. "Hazardous waste incineration in a rotary kiln: a review". Waste Disposal & Sustainable Energy. 2019;1:3-37.

43. Lin F, Wang Z, Zhang Z, He Y, Zhu Y, Shao J, et al. "Flue gas treatment with ozone oxidation: An overview on NOx, organic pollutants, and mercury". Chemical Engineering Journal. 2020;382:123030.

44. อาลักษณ์ ทิพยรัตน์. "การบูรณาการภาพรวมของชุดการตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนของซัลโมเนลลาอย่างรวดเร็วในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อยกระดับมาตรฐานการส่งออก". ชลบุรี : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. 2560.

45. ยุวันดา นะหีม. "อิทธิพลของโอโซน ไข่ขาวผงและซิสเตอีนต่อคุณภาพเจลของซูริมิที่ทำจากปลาทูแขก [Decapterus maruadsi] แช่เยือกแข็ง": มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2545.

46. สุรพล บุญดวง และ พิเชษฐ ลิ้มสุวรรณ. เครื่องผลิตโอโซน. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43; มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2548.

47. ศิศีโรตม์ เกตุแก้ว. "การศึกษาการประยุกต์ใช้สนามไฟฟ้าแรงดันต่ำในการบำบัดน้ำเสียในโรงงานผลิตลวดทองแดง". กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์;สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา;กระทรวงศึกษาธิการ;กระทรวงเกษตรและสหกรณ์;กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี;กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม;กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร;สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ;สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย; 2549.

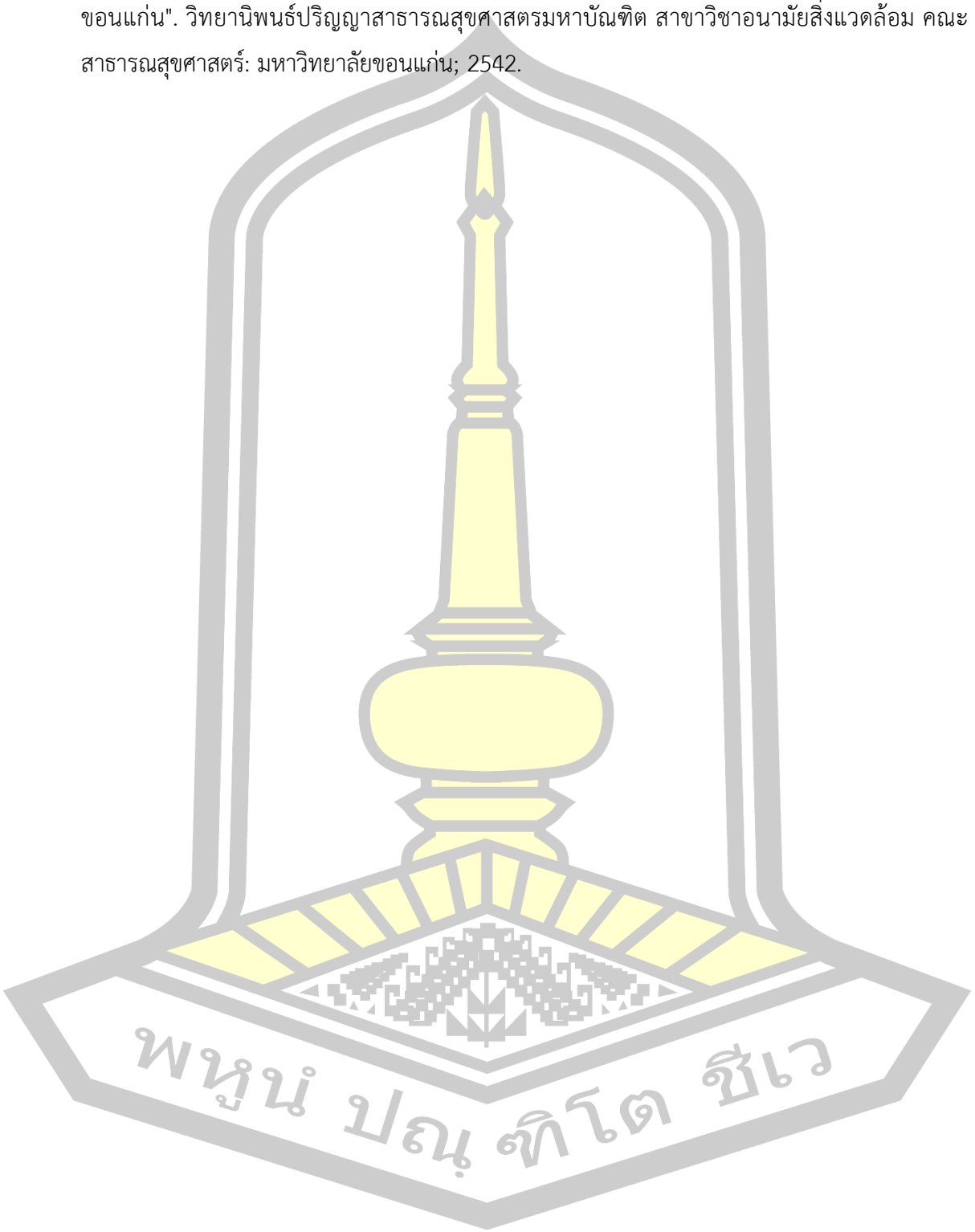
48. กระทรวงพลังงาน. "การศึกษาความเป็นไปได้ของการลงทุนผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย (Incineration)". [Online] 2563 [cited 12 มีนาคม 2563]; Available from: http://webkc.dede.go.th/testmax/node/2245.

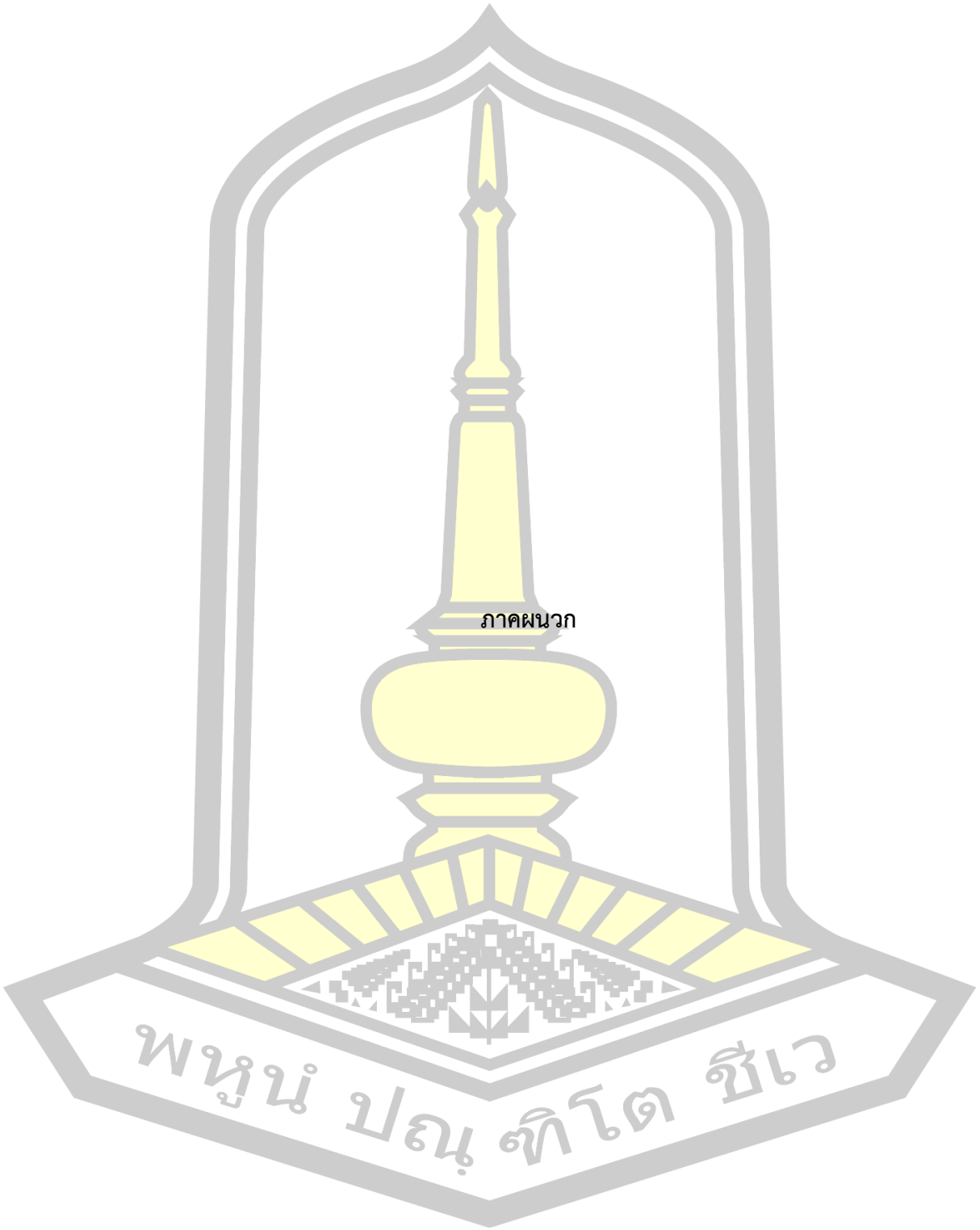
49. กระทรวงสาธารณสุข. "เอกสารวิชาการด้านการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ". สำนักงานอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย มหาวิทยาลัยกรุงเทพมหานคร. 2561.

50. วีรชัย อาจหาญ. "ศึกษาการปลดปล่อยมลพิษจากการกำจัดขยะอันตรายโดยใช้เทคโนโลยีพลาสมาอาร์ค". มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 2560.

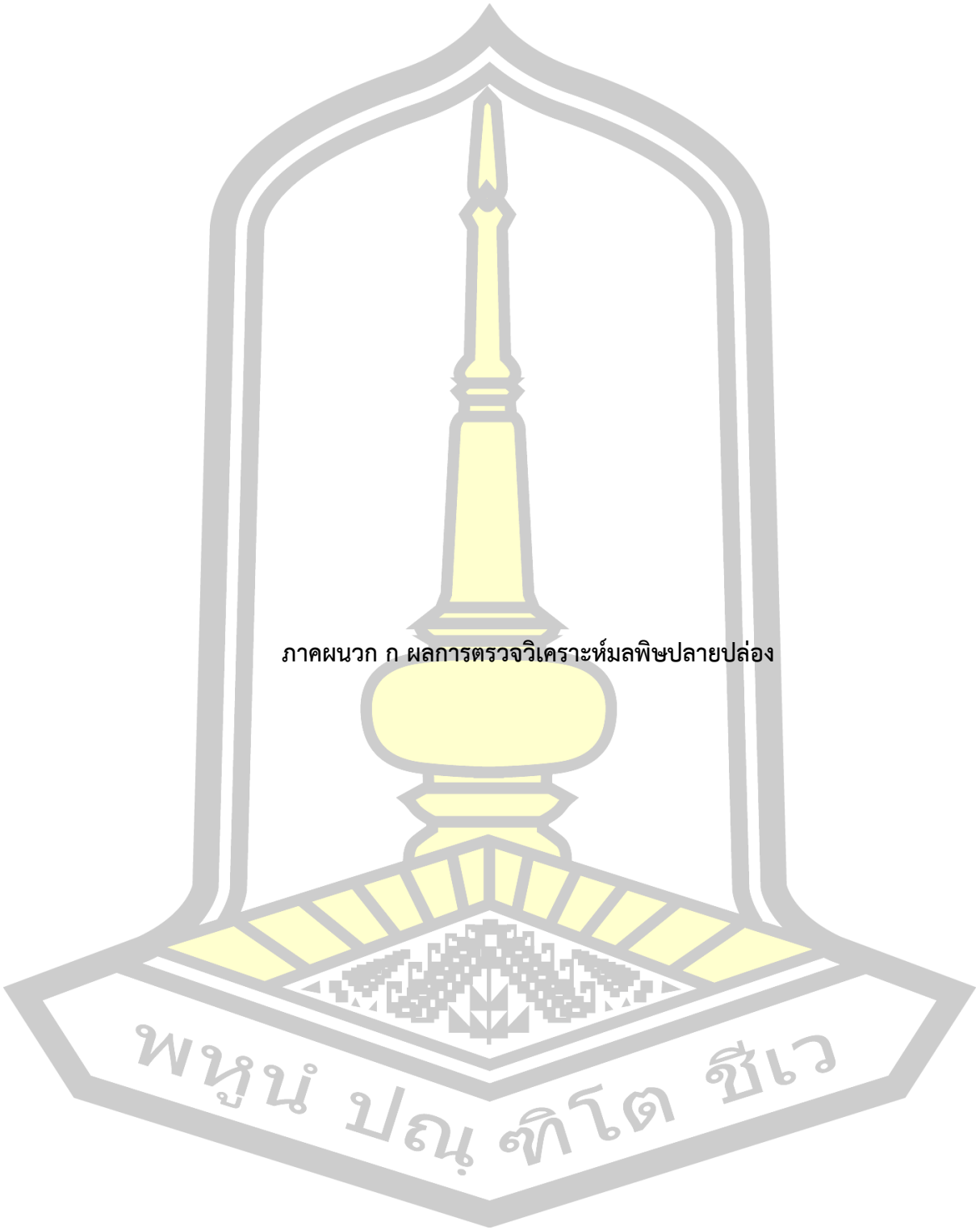
51. ศรศักดิ์ เสงนาวงศ์, นัฐพร ไชยญาติ, ชวโรจน์ ใจสิน และ จักรพันธ์ ถาวรงามยิ่งสกุล. การวิเคราะห์ต้นทุนด้านพลังงานของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ด้วยเชื้อเพลิงขยะติดเชื้อด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ กรณีศึกษา: โรงพยาบาลลำปาง. การประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 3, 2561.

52. รัฐิมา พัฒนเจริญ. "การทำงานของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อในโรงพยาบาลเขตเทศบาลนครขอนแก่น". วิทยานิพนธ์ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์: มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2542.





ภาคผนวก



ภาคผนวก ก ผลการตรวจวิเคราะห์มลพิษปลายปล่อง

บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง 1992 จำกัด
683 หมู่ 11 ถ.สุขาภิบาล 8 ต.หนองขาม อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20230
โทร. 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 แฟกซ์ : 0-3848-2095
เว็บไซต์ : http://www.etc1992.com อี-เมล์ : info@etc1992.com

ISO/IEC 17025

EASTERN THAI CONSULTING 1992 CO., LTD.
683 Moo 11 Sukhapibarn 8 Rd., Nongkham, Sriracha, Chonburi 20230
Tel. 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 Fax : 0-3848-2095
Website : http://www.etc1992.com E-mail : info@etc1992.com

Request No. LA61-0943

Report No. 6110-0261

TEST REPORT

CUSTOMER	:	บริษัท เอ็นเนอยี่ เอ็คซ์เพิร์ท เอ็นไวรอนเม้นท์ จำกัด			
ADDRESS	:	241/86 หมู่บ้าน ไอฟิลด์ บางนา ถนนกาญจนาภิเษก แขวงดอกไม้ เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร			
SAMPLE SOURCE	:	245/37 ม. 6 ต. ทุ่งสุขลา อ. ศรีราชา จ. ชลบุรี			
SAMPLE POINT	:	ปล่องเตาเผาขยะ	SAMPLE NO.	:	08223
SAMPLING DATE	:	20/09/2018	SAMPLING TIME	:	13:15-13:45
RECEIVED DATE	:	24/09/2018	REPORTED DATE	:	12/10/2018
TESTED DATE	:	24/09/2018 – 12/10/2018			

STACK DESCRIPTION

Height :	8.00	m	Type Of Process :	Combustion	
Diameter :	0.22	m	Type Of Fuel :	LPG	
Temperature :	35.00	°C	Oxygen Content :	15.55	%
Air Velocity :	4.69	m/s	Barometric Pressure :	757.00	mmHg
Flow rate[2] :	0.17	m^3/s	Atmospheric Temperature :	38.10	°C
Moisture Content :	3.46	%			

PARAMETER	TEST METHOD	TIME	RESULT[2]		STD[1]	UNIT
			15.55 % O_2	7 % O_2		
Hydrogen Fluoride[3]	Ion Chromatography	13:15-13:45	0.013	0.034	-	mg/m^3
(HF)			0.016	0.042	-	ppm

REMARK:

[1] NOTIFICATION OF MINISTRY OF NATURAL RESOURCES AND ENVIRONMENT B.E. 2553 (2010)
(Less than 50 tons/day, New Incinerator)

[2] DRY BASIS (25°C, 760 mm.Hg)

[3] SAMPLING BY EASTERN THAI CONSULTING 1992 CO.,LTD. (MR. THONGCHAI BOONSAK)
ANALYSED BY THE ENVIRONMENTAL CENTER RAJABHAT SUAN DUSIT UNIVERSITY

บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง 1992 จำกัด

Examined By Thongchai BoonSak
(MR. THONGCHAI BOONSAK)
12 / 10 / 2018

REPORTED TEST REFER TO SUBMITTED SAMPLES ONLY
THIS REPORT SHALL NOT REPRODUCED EXCEPT IN FULL
WITHOUT THE WRITTEN APPROVAL LABORATORY

บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติง 1992 จำกัด
683 หมู่ 11 ต.สุขาภิบาล 8 ต.หนองขาม อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20230
โทร. 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 แฟกซ์ : 0-3848-2095
เว็บไซต์ : http://www.etc1992.com อี-เมล์ : info@etc1992.com

ACCREDITED LABORATORY ISO/IEC 17025

EASTERN THAI CONSULTING 1992 CO., LTD.
683 Moo 11 Sukhapibarn 8 Rd., Nongkham, Sriracha, Chonburi 20230
Tel. 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 Fax : 0-3848-2095
Website : http://www.etc1992.com E-mail : info@etc1992.com

Request No. LA61-0943

Report No. 6110-0262

TEST REPORT

CUSTOMER : บริษัท เอ็นเนอยี่ เอ็คซ์เพิร์ท เอ็นไวรอนเม้นท์ จำกัด

ADDRESS : 241/86 หมู่บ้าน ไอฟิลด์ บางนา ถนนกาญจนาภิเษก แขวงดอกไม้ เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร

SAMPLE SOURCE : 245/37 ม. 6 ต. ทุ่งสุขลา อ. ศรีราชา จ. ชลบุรี

SAMPLE POINT : ปล่องเตาเผาขยะ

SAMPLE NO. : 08271-08274

SAMPLING DATE : 19/09/2018

SAMPLING TIME : 12:10-12:50

RECEIVED DATE : 24/09/2018

REPORTED DATE : 09/10/2018

TESTED DATE : 24-28/09/2018

STACK DESCRIPTION

Height :	8.00	m	Type Of Process :	Combustion	
Diameter :	0.22	m	Type Of Fuel :	LPG	
Temperature :	33.00	°C	Oxygen Content :	14.55	%
Air Velocity :	4.66	m/s	Barometric Pressure :	757.00	mmHg
Flow rate[2] :	0.17	m^3/s	Atmospheric Temperature :	34.80	°C
Moisture Content :	2.27	%			

PARAMETER*	TEST METHOD	TIME	RESULT[2]		STD[1]	UNIT
			14.55 % O_2	7 % O_2		
Particulate (TSP)	Isokinetic, Gravimetric	12:10-12:50	3.4	7.4	320	mg/m^3
Sulfur Dioxide (SO_2)	Barium Thorin Titrimetric	12:15-12:45	<3.4	<3.4[3]	79	mg/m^3
			<1.3	<1.3[3]	30	ppm
Oxides of Nitrogen (NO_x as NO_2)	Chemical Absorption, Colorimetric	12:20-12:25	<2.0	<2.0[3]	470	mg/m^3
			<1.0	<1.0[3]	250	ppm
Carbon monoxide (CO)	Bag, Non-Dispersive Infrared	12:30-12:40	1.7	3.7	-	mg/m^3
			1.5	3.3	-	ppm

REMARK:

[1] NOTIFICATION OF MINISTRY OF NATURAL RESOURCES AND ENVIRONMENT B.E. 2553 (2010) (Less than 50 tons/day, New Incinerator)

[2] DRY BASIS (25°C, 760 mm.Hg)

[3] RESULTS OF ACTUAL %O_2

* SAMPLING BY MR. THONGCHAI BOONSAK

Examined By..... (MISS APIRADEE CHUEN-AROM) (ว-003-ค-4377) 09 / 10 / 2018

Approved By..... Thongchai BoonSak (MR. THONGCHAI BOONSAK) (ว-003-ค-5618) 09 / 10 / 2018

บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง 1992 จำกัด

REPORTED TEST REFER TO SUBMITTED SAMPLES ONLY

THIS REPORT SHALL NOT REPRODUCED EXCEPT IN FULL

WITHOUT THE WRITTEN APPROVAL LABORATORY

FM-LAB-039/1/01-06-52

บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง 1992 จำกัด
683 หมู่ 11 ถ.สุขาภิบาล 8 ต.หนองขาม อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20230
โทร. 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 แฟกซ์ : 0-3848-2095
เว็บไซต์ : http://www.etc1992.com อี-เมล์ : info@etc1992.com

ACCREDITED LABORATORY ISO/IEC 17025

EASTERN THAI CONSULTING 1992 CO., LTD.
683 Moo 11 Sukhapibarn 8 Rd., Nongkham, Sriracha, Chonburi 20230
Tel. 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 Fax : 0-3848-2095
Website : http://www.etc1992.com E-mail : info@etc1992.com

Request No. LA61-0943

Report No. 6110-0263

TEST REPORT

CUSTOMER : บริษัท เอ็นเนอยี่ เอ็คซ์เพิร์ท เอ็นไวรอนเม้นท์ จำกัด

ADDRESS : 241/86 หมู่บ้าน ไอฟิลด์ บางนา ถนนกาญจนาภิเษก แขวงดอกไม้ เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร

SAMPLE SOURCE : 245/37 ม. 6 ต. ทุ่งสุขลา อ. ศรีราชา จ. ชลบุรี

SAMPLE POINT : ปล่องเตาเผาขยะ SAMPLE NO. : 08208

SAMPLING DATE : 19/09/2018 SAMPLING TIME : 12:10-13:10

RECEIVED DATE : 24/09/2018 REPORTED DATE : 12/10/2018

TESTED DATE : 24/09/2018 – 12/10/2018

STACK DESCRIPTION

Height :	8.00	m	Type Of Process :	Combustion	
Diameter :	0.22	m	Type Of Fuel :	LPG	
Temperature :	33.00	°C	Oxygen Content :	14.55	%
Air Velocity :	4.66	m/s	Barometric Pressure :	757.00	mmHg
Flow rate[2] :	0.17	m^3/s	Atmospheric Temperature :	34.80	°C
Moisture Content :	2.27	%			

PARAMETER	TEST METHOD	TIME	RESULT[2]		STD[1]	UNIT
			14.55 % O_2	7 % O_2		
Hydrogen Chloride[4]	Ion Chromatography	12:10-13:10	<0.015	<0.015[3]	119	mg/m^3
(HCl)			<0.010	<0.010[3]	80	ppm

REMARK:

[1] NOTIFICATION OF MINISTRY OF NATURAL RESOURCES AND ENVIRONMENT B.E. 2553 (2010) (Less than 50 tons/day, New Incinerator)

[2] DRY BASIS (25°C, 760 mm.Hg)

[3] RESULTS OF ACTUAL %O_2

[4] SAMPLING BY EASTERN THAI CONSULTING 1992 CO.,LTD. (MR. THONGCHAI BOONSAK)
ANALYSED BY THE ENVIRONMENTAL CENTER RAJABHAT SUAN DUSIT UNIVERSITY

บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง 1992 จำกัด

Examined By Thongchai BoonSak
(MR. THONGCHAI BOONSAK)
12 / 10 / 2018

REPORTED TEST REFER TO SUBMITTED SAMPLES ONLY
THIS REPORT SHALL NOT REPRODUCED EXCEPT IN FULL
WITHOUT THE WRITTEN APPROVAL LABORATORY

บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติง 1992 จำกัด
683 หมู่ 11 ถ.สุขาภิบาล 8 ต.หนองขาม อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20230
โทร. 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 แฟกซ์ : 0-3848-2095
เว็บไซต์ : http://www.etc1992.com อี-เมล์ : info@etc1992.com

ACCREDITED LABORATORY ISO/IEC 17025

EASTERN THAI CONSULTING 1992 CO., LTD.
683 Moo 11 Sukhapibarn 8 Rd., Nongkham, Sriracha, Chonburi 20230
Tel. 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 Fax : 0-3848-2095
Website : http://www.etc1992.com E-mail : info@etc1992.com

Request No. LA61-0943

TEST REPORT

Report No. 6110-0264

CUSTOMER	: บริษัท เอ็นเนอยี่ เอ็คซ์เพิร์ท เอ็นไวรอนเม้นท์ จำกัด		
ADDRESS	: 241/86 หมู่บ้าน ไอฟิลด์ บางนา ถนนกาญจนาภิเษก แขวงดอกไม้ เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร		
SAMPLE SOURCE	: 245/37 ม. 6 ต. ทุ่งสุขลา อ. ศรีราชา จ. ชลบุรี		
SAMPLE POINT	: ปล่องเตาเผาขยะ	SAMPLE NO.	: 08275
SAMPLING DATE	: 19/09/2018	SAMPLING TIME	: 12:30-12:45
RECEIVED DATE	: 24/09/2018	REPORTED DATE	: 09/10/2018
PARAMETER	: Opacity	TEST METHOD	: Ringlemann's Method
MESURED BY*	: ETC 1 and ETC 2		

Height :	8.00	m	Type of Process :	Combustion
Diameter :	0.22	m	Type of Fuel :	LPG
Temperature :	33.00	°C	Oxygen Content :	14.55 %
Air Velocity :	4.66	m/s	Barometric Pressure :	757.00 mmHg
Flow rate :	0.17	m^3/s	Atmospheric Temperature :	34.80 °C

MIN \ SEC	15	30	45	60
0	5	5	5	5
1	5	5	5	5
2	5	5	5	5
3	5	5	5	5
4	5	5	5	5
5	5	5	5	5
6	5	5	5	5
7	5	5	5	5
8	5	5	5	5
9	5	5	5	5
10	5	5	5	5
11	5	5	5	5
12	5	5	5	5
13	5	5	5	5
14	5	5	5	5

MIN \ SEC	15	30	45	60
0	5	5	5	5
1	5	5	5	5
2	5	5	5	5
3	5	5	5	5
4	5	5	5	5
5	5	5	5	5
6	5	5	5	5
7	5	5	5	5
8	5	5	5	5
9	5	5	5	5
10	5	5	5	5
11	5	5	5	5
12	5	5	5	5
13	5	5	5	5
14	5	5	5	5

Sum of Reading	Total Reading
600	120

Opacity (%)	STD[1] (%)
5.00	10

REMARK : [1] NOTIFICATION OF MINISTRY OF NATURAL RESOURCES AND ENVIRONMENT B.E. 2553 (2010)
(Less than 50 tons/day, New Incinerator)
* SAMPLING BY MR. TEERAPONG NUALIN AND THONGCHAI BOONSAK

Examined By.....
(MISS APIRADEE CHUEN-AROM)
ว-003-ค-4377
09 / 10 / 2018

Approved By ThongChai BoonSak
(MR. THONGCHAI BOONSAK)
ว-003-ค-5618
09 / 10 / 2018

บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง 1992 จำกัด

REPORTED TEST REFER TO SUBMITTED SAMPLES ONLY
THIS REPORT SHALL NOT REPRODUCED EXCEPT IN FULL
WITHOUT THE WRITTEN APPROVAL LABORATORY

FM-LAB-039/1/01-06-52

บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง 1992 จำกัด
683 หมู่ 11 ถ.สุขาภิบาล 8 ต.หนองขาม อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20230
โทร. 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 แฟกซ์ : 0-3848-2095
เว็บไซต์ : http://www.etc1992.com อี-เมล์ : info@etc1992.com

ACCREDITED LABORATORY ISO/IEC 17025

EASTERN THAI CONSULTING 1992 CO., LTD.
683 Moo 11 Sukhapibarn 8 Rd., Nongkham, Sriracha, Chonburi 20230
Tel. 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 Fax : 0-3848-2095
Website : http://www.etc1992.com E-mail : info@etc1992.com

Request No. LA61-0943

Report No. 6110-0260

TEST REPORT

CUSTOMER : บริษัท เอ็นเนอยี่ เอ็คซ์เพิร์ท เอ็นไวรอนเม้นท์ จำกัด

ADDRESS : 241/86 หมู่บ้าน ไอฟิลด์ บางนา ถนนกาญจนาภิเษก แขวงดอกไม้ เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร

SAMPLE SOURCE : 245/37 ม. 6 ต. ทุ่งสุขลา อ. ศรีราชา จ. ชลบุรี

SAMPLE POINT : ปล่องเตาเผาขยะ

SAMPLE NO. : 08268-08270

SAMPLING DATE : 20/09/2018

SAMPLING TIME : 13:10-13:50

RECEIVED DATE : 24/09/2018

REPORTED DATE : 09/10/2018

TESTED DATE : 24/09/2018 – 06/10/2018

STACK DESCRIPTION

Height :	8.00	m	Type Of Process :	Combustion	
Diameter :	0.22	m	Type Of Fuel :	LPG	
Temperature :	35.00	°C	Oxygen Content :	15.55	%
Air Velocity :	4.69	m/s	Barometric Pressure :	757.00	mmHg
Flow rate[2] :	0.17	m^3/s	Atmospheric Temperature :	38.10	°C
Moisture Content :	3.46	%			

PARAMETER*	TEST METHOD	TIME	RESULT[2]		STD[1]	UNIT
			15.55 % O_2	7 % O_2		
Mercury (Hg)	Isokinetic, Cold Vapor -AAS	13:10-13:50	<0.0010	<0.0010[4]	0.05	mg/m^3
Lead (Pb)	Isokinetic, ICP-AES	13:10-13:50	ND[3]	ND[4]	1.5	mg/m^3
Cadmium (Cd)	Isokinetic, ICP-AES	13:10-13:50	ND[3]	ND[4]	0.5	mg/m^3

REMARK:

[1] NOTIFICATION OF MINISTRY OF NATURAL RESOURCES AND ENVIRONMENT B.E. 2553 (2010)
(Less than 50 tons/day, New Incinerator)

[2] DRY BASIS (25°C, 760 mm.Hg)

[3] MDL = Method Detection Limit [MDL of Lead = 0.19 mg/m^3, MDL of Cadmium = 0.02 mg/m^3] / ND = Not Detected

[4] RESULTS OF ACTUAL %O_2

* SAMPLING BY MR. THONGCHAI BOONSAK

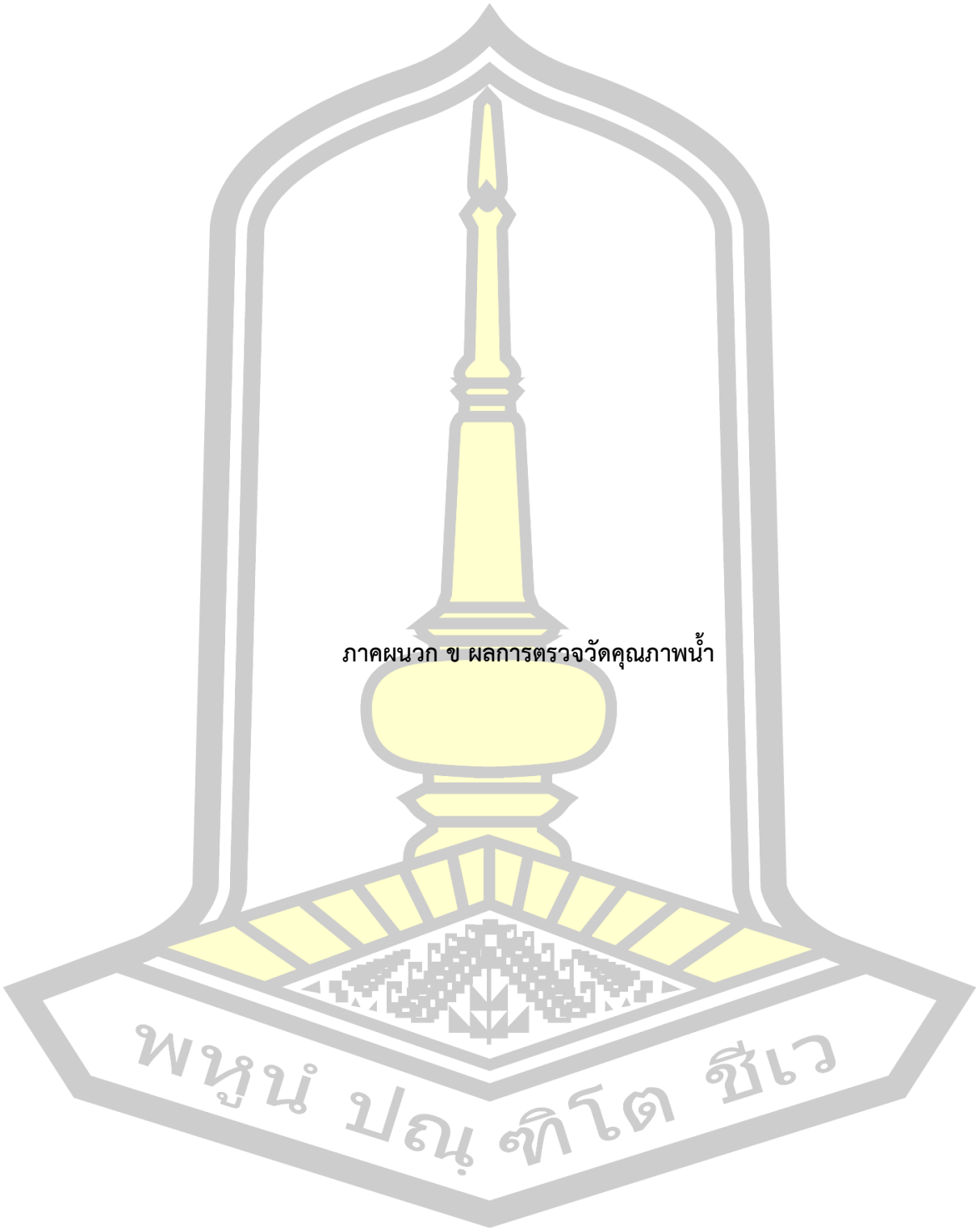
Examined By.....
(MISS APIRADEE CHUEN-AROM)
(ว-003-ค-4377)
09 / 10 / 2018

บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง 1992 จำกัด

Approved By ThongChai BoonSak
(MR. THONGCHAI BOONSAK)
(ว-003-ค-5618)
09 / 10 / 2018

REPORTED TEST REFER TO SUBMITTED SAMPLES ONLY
THIS REPORT SHALL NOT REPRODUCED EXCEPT IN FULL
WITHOUT THE WRITTEN APPROVAL LABORATORY

FM-LAB-039/1/01-06-52



ภาคผนวก ข ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำ

บริษัท อิสเทิร์นไทยคอนซัลติง 1992 จำกัด
683 หมู่ 11 ถ.สุขาภิบาล 8 ต.หนองขาม อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20230
โทร. 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 แฟกซ์ : 0-3848-2095
เว็บไซต์ : http://www.etc1992.com อี-เมล์ : info@etc1992.com

ACCREDITED LABORATORY ISO/IEC 17025

EASTERN THAI CONSULTING 1992 CO., LTD.
683 Moo 11 Sukhapibarn 8 Rd., Nongkham, Sriracha, Chonburi 20230
Tel. 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 Fax : 0-3848-2095
Website : http://www.etc1992.com E-mail : info@etc1992.com

Test Report

Request No : W6109424
Report No : 6110-0057-1

Customer : บริษัท เอ็นเนอยี่ เอ็คซ์เพิร์ท เอ็นไวรอนเม้นท์ จำกัด
Address : 241/86 หมู่บ้านไอฟิลด์ บางนา ถนนกาญจนาภิเษก แขวงดอกไม้ เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร
Sampling Source : 245/37 หมู่ 6 ต.หุ่งสุขลา อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี
Sample Name : น้ำทิ้งจากเตาเผาบูลฝอยติดเชื้อ
Sampling By : ETC
Sampling Method : Grab
Tested Date : 21/09/2018 - 02/10/2018

Sample No : W 61091543
Sampling Date : 19/09/2018
Sampling Time : 1:25 PM
Received Date : 20/09/2018
Reported Date : 05/11/2018

Parameter	Unit	Method	Result	Standard[1]
Arsenic	mg/l	Continuous Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric	ND	≤0.25
Barium	mg/l	Digestion,Inductively Coupled Plasma	0.22	≤1
Biochemical Oxygen Demand	mg/l	5-Day BOD Test, Membrane Electrode	< 2.0	≤20
Cadmium	mg/l	Digestion,Inductively Coupled Plasma	ND	≤0.03
Chemical Oxygen Demand	mg/l	Closed Reflux,Titrimetric	< 40	≤120
Color(Original)	ADMI	ADMI Weighted Ordinate Method	ND	≤300
Color(pH 7.0)	ADMI	ADMI Weighted Ordinate Method	ND	≤300

Physical Apperance : 1. Sample : yellowish, lightly SS
2. Container : Normal [PE 0.5 L(6 Bottle), PE 1.0 L(2 Bottle), PE 1.8 L, G 1.0 L, G 0.25 L]

Remark : 1. /1 Industrial Effluent Standard , Notification of the Ministry of Industry , B.E. 2560 (2017)
2. MDL = Method Detection Limit [MDL of Cadmium = 0.01 mg/l, MDL of Color (Original), Color (pH 7.0) = 10 ADMI, MDL of Cyanide = 0.008 mg/l, MDL of Free Chlorine = 0.20 mg/l, MDL of Hexavalent Chromium, Trivalent Chromium = 0.003 mg/l, MDL of Arsenic, Mercury = 0.0005 mg/l, MDL of Nickel = 0.02 mg/l, MDL of Oil and Grease = 1.4 mg/l, MDL of Sulfide = 0.14 mg/l, MDL of Total Kjeldahl Nitrogen = 1 mg/l] / ND = Not Detected
3. Sampling By Miss Janthanee Saiphan

SUPPLEMENT TO TEST REPORT NO. 6110-0057

Examined By : .....
(Miss Apiradee Chuen-arom)
(ว-003-ก-4377)
05/11/2018

บริษัท อิสเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง 1992 จำกัด

Approved By : .....
(Mr. Kawee Suthasub)
(ว-003-ก-2205)
05/11/2018

REPORTED TEST REFER TO SUBMITTED SAMPLES ONLY
THIS REPORT SHALL NOT REPRODUCED EXCEPT IN FULL
WITHOUT THE WRITTEN APPROVAL LABORATORY

บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง 1992 จำกัด
683 หมู่ 11 ถ.สุขาภิบาล 8 ต.หนองขาม อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20230
โทร. 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 แฟกซ์ : 0-3848-2095
เว็บไซต์ : http://www.etc1992.com อี-เมล์ : info@etc1992.com

ISO/IEC 17025

EASTERN THAI CONSULTING 1992 CO., LTD.
683 Moo 11 Sukhapibarn 8 Rd., Nongkham, Sriracha, Chonburi 20230
Tel. 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 Fax : 0-3848-2095
Website : http://www.etc1992.com E-mail : info@etc1992.com

Test Report

Request No : W6109424
Report No : 6110-0057-1

Customer : บริษัท เอ็นเนอยี่ เอ็คซ์เพิร์ท เอ็นไวรอนเม้นท์ จำกัด
Address : 241/86 หมู่บ้านไอฟิลด์ บางนา ถนนกาญจนาภิเษก แขวงดอกไม้ เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร
Sampling Source : 245/37 หมู่ 6 ต.หุ่งสุขลา อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี
Sample Name : น้ำทิ้งจากเตาผลิตผลผ่อยติดเชื้อ
Sampling By : ETC
Sampling Method : Grab
Tested Date : 21/09/2018 - 02/10/2018

Sample No : W 61091543
Sampling Date : 19/09/2018
Sampling Time : 1:25 PM
Received Date : 20/09/2018
Reported Date : 05/11/2018

Parameter	Unit	Method	Result	Standard/1
Copper	mg/l	Digestion,Direct Air-Acetylene Flame	0.15	≤2
Cyanide	mg/l as HCN	Distillation,Colorimetric Method	ND	≤0.2
Formaldehyde	mg/l	Distillation,Colorimetric	< 0.20	≤1
Free Chlorine	mg/l as Cl_2	Iodometric Method	ND	≤1
Hexavalent Chromium	mg/l as Cr^{6+}	Colorimetric Method	ND	≤0.25
Lead	mg/l	Digestion,Direct Air-Acetylene Flame	< 0.10	≤0.2
Manganese	mg/l	Digestion,Inductively Coupled Plasma	0.13	≤5
Mercury	mg/l	Cold-Vapor Atomic Absorption Spectrometric	ND	≤0.005
Nickel	mg/l	Digestion,Direct Air-Acetylene Flame	ND	≤1
Oil and Grease	mg/l	Partition-Gravimetric	ND	≤5

Physical Apperance : 1. Sample : yellowish, lightly SS
2. Container : Normal [PE 0.5 L(6 Bottle), PE 1.0 L(2 Bottle), PE 1.8 L, G 1.0 L, G 0.25 L]

Remark : 1. /1 Industrial Effluent Standard , Notification of the Ministry of Industry , B.E. 2560 (2017)
2. MDL = Method Detection Limit [MDL of Cadmium = 0.01 mg/l, MDL of Color (Original), Color (pH 7.0) = 10 ADMI, MDL of Cyanide = 0.008 mg/l, MDL of Free Chlorine = 0.20 mg/l, MDL of Hexavalent Chromium, Trivalent Chromium = 0.003 mg/l, MDL of Arsenic, Mercury = 0.0005 mg/l, MDL of Nickel = 0.02 mg/l, MDL of Oil and Grease = 1.4 mg/l, MDL of Sulfide = 0.14 mg/l, MDL of Total Kjeldahl Nitrogen = 1 mg/l] / ND = Not Detected
3. Sampling By Miss Janthanee Saiphan

SUPPLEMENT TO TEST REPORT NO. 6110-0057

Examined By : .....
(Miss Apiradee Chuen-arom)
(ว-003-ท-4377)
05/11/2018

บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง 1992 จำกัด

Approved By : .....
(Mr. Kawee Suthasub)
(ว-003-ท-2205)
05/11/2018

REPORTED TEST REFER TO SUBMITTED SAMPLES ONLY
THIS REPORT SHALL NOT REPRODUCED EXCEPT IN FULL
WITHOUT THE WRITTEN APPROVAL LABORATORY

บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติง 1992 จำกัด
683 หมู่ 11 ถ.สุขาภิบาล 8 ต.หนองขาม อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20230
โทร. 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 แฟกซ์ : 0-3848-2095
เว็บไซต์ : http://www.etc1992.com อี-เมล์ : info@etc1992.com
ACCREDITED LABORATORY ISO/IEC 17025
EASTERN THAI CONSULTING 1992 CO., LTD.
683 Moo 11 Sukhapibarn 8 Rd., Nongkham, Sriracha, Chonburi 20230
Tel. 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 Fax : 0-3848-2095
Website : http://www.etc1992.com E-mail : info@etc1992.com

Test Report

Request No : W6109424
Report No : 6110-0057-1

Customer : บริษัท เอ็นเนอยี่ เอ็คซ์เพิร์ท เอ็นไวรอนเม้นท์ จำกัด
Address : 241/86 หมู่บ้านไอฟิลด์ บางนา ถนนกาญจนาภิเษก แขวงดอกไม้ เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร
Sampling Source : 245/37 หมู่ 6 ต.หุ่งสุขลา อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี
Sample Name : น้ำทิ้งจากตะแกรงดักเศษขยะ
Sampling By : ETC
Sampling Method : Grab
Tested Date : 21/09/2018 - 02/10/2018

Sample No : W 61091543
Sampling Date : 19/09/2018
Sampling Time : 1:25 PM
Received Date : 20/09/2018
Reported Date : 05/11/2018

Parameter	Unit	Method	Result	Standard/1
pH (on site)		Electrometric	5.8	5.5-9.0
Phenol	mg/l	Distillation,Direct Photometric	0.021	≤1
Selenium	mg/l	Continuous Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric	0.0022	≤0.02
Sulfide	mg/l as H_2S	ZnS Precipitation,Iodometric	ND	≤1
Temperature	^oC	Laboratory and Field	31	≤40
Total Dissolved Solids	mg/l	Dried at 180 degree celsius	272	≤3000
Total Kjeldahl Nitrogen	mg/l as NH_3-N	Macro Kjeldahl	ND	≤100
Total Suspended Solids	mg/l	Dried at 103-105 degree celsius	< 5	≤50
Trivalent Chromium	mg/l as Cr^{3+}	Digestion,Direct Air-Acetylene Flame Method; Filtration,Colorimetric Method;Calculation	ND	≤0.75

Physical Apperance : 1. Sample : yellowish, lightly SS
2. Container : Normal [PE 0.5 L(6 Bottle), PE 1.0 L(2 Bottle), PE 1.8 L, G 1.0 L, G 0.25 L]

Remark : 1. /1 Industrial Effluent Standard , Notification of the Ministry of Industry , B.E. 2560 (2017)
2. MDL = Method Detection Limit [MDL of Cadmium = 0.01 mg/l, MDL of Color (Original), Color (pH 7.0) = 10 ADMI, MDL of Cyanide = 0.008 mg/l, MDL of Free Chlorine = 0.20 mg/l, MDL of Hexavalent Chromium, Trivalent Chromium = 0.003 mg/l, MDL of Arsenic, Mercury = 0.0005 mg/l, MDL of Nickel = 0.02 mg/l, MDL of Oil and Grease = 1.4 mg/l, MDL of Sulfide = 0.14 mg/l, MDL of Total Kjeldahl Nitrogen = 1 mg/l] / ND = Not Detected
3. Sampling By Miss Janthanee Saiphan

SUPPLEMENT TO TEST REPORT NO. 6110-0057

Examined By : .....
(Miss Apiradee Chuen-arom)
(ว-003-ค-4377)
05/11/2018

บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติง 1992 จำกัด

Approved By : .....
(Mr. Kawee Suthasub)
(ว-003-ค-2205)
05/11/2018

REPORTED TEST REFER TO SUBMITTED SAMPLES ONLY
THIS REPORT SHALL NOT REPRODUCED EXCEPT IN FULL
WITHOUT THE WRITTEN APPROVAL LABORATORY

บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติง 1992 จำกัด
683 หมู่ 11 ถ.สุขาภิบาล 8 ต.หนองขาม อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20230
โทร. 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 แฟกซ์ : 0-3848-2095
เว็บไซต์ : http://www.etc1992.com อี-เมล์ : info@etc1992.com

ISO/IEC 17025

EASTERN THAI CONSULTING 1992 CO., LTD.
683 Moo 11 Sukhapibarn 8 Rd., Nongkham, Sriracha, Chonburi 20230
Tel. 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 Fax : 0-3848-2095
Website : http://www.etc1992.com E-mail : info@etc1992.com

Test Report

Request No : W6109424
Report No : 6110-0057-1

Customer : บริษัท เอ็นเนอยี่ เอ็คซ์เพิร์ท เอ็นไวรอนเม้นท์ จำกัด
Address : 241/86 หมู่บ้านไอฟิลด์ บางนา ถนนกาญจนาภิเษก แขวงดอกไม้ เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร
Sampling Source : 245/37 หมู่ 6 ต.หุ่งสุขลา อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี
Sample Name : น้ำทิ้งจากเคาเผาบูอฝ่อยติดเชื้อ
Sampling By : ETC
Sampling Method : Grab
Tested Date : 21/09/2018 - 02/10/2018

Sample No : W 61091543
Sampling Date : 19/09/2018
Sampling Time : 1:25 PM
Received Date : 20/09/2018
Reported Date : 05/11/2018

Parameter	Unit	Method	Result	Standard/1
Zinc	mg/l	Digestion,Inductively Coupled Plasma	0.93	≤5

Physical Apperance : 1. Sample : yellowish, lightly SS
2. Container : Normal [PE 0.5 L(6 Bottle), PE 1.0 L(2 Bottle), PE 1.8 L, G 1.0 L, G 0.25 L]

Remark : 1. /1 Industrial Effluent Standard , Notification of the Ministry of Industry , B.E. 2560 (2017)
2. MDL = Method Detection Limit [MDL of Cadmium = 0.01 mg/l, MDL of Color (Original), Color (pH 7.0) = 10 ADMI, MDL of Cyanide = 0.008 mg/l, MDL of Free Chlorine = 0.20 mg/l, MDL of Hexavalent Chromium, Trivalent Chromium = 0.003 mg/l, MDL of Arsenic, Mercury = 0.0005 mg/l, MDL of Nickel = 0.02 mg/l, MDL of Oil and Grease = 1.4 mg/l, MDL of Sulfide = 0.14 mg/l, MDL of Total Kjeldahl Nitrogen = 1 mg/l] / ND = Not Detected
3. Sampling By Miss Janthanee Saiphan

SUPPLEMENT TO TEST REPORT NO. 6110-0057

Examined By : .....
(Miss Apiradee Chuen-arom)
(ว-003-ก-4377)
05/11/2018

Approved By : .....
(Mr. Kawee Suthasub)
(ว-003-ก-2205)
05/11/2018

บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติง 1992 จำกัด

REPORTED TEST REFER TO SUBMITTED SAMPLES ONLY
THIS REPORT SHALL NOT REPRODUCED EXCEPT IN FULL
WITHOUT THE WRITTEN APPROVAL LABORATORY

บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติง 1992 จำกัด
683 หมู่ 11 ถ.สุขาภิบาล 8 ต.หนองขาม อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20230
โทร. 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 แฟกซ์ : 0-3848-2095
เว็บไซต์ : http://www.etc1992.com อี-เมล์ : info@etc1992.com

ACCREDITED LABORATORY ISO/IEC 17025

EASTERN THAI CONSULTING 1992 CO., LTD.
683 Moo 11 Sukhapibarn 8 Rd., Nongkham, Sriracha, Chonburi 20230
Tel. 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 Fax : 0-3848-2095
Website : http://www.etc1992.com E-mail : info@etc1992.com

Request No : W6109424
Report No : 6110-0057-1

TEST REPORT

Customer	:	บริษัท เอ็นเนอยี่ เอ็คซ์เพิร์ท เอ็นไวรอนเม้นท์ จำกัด			
Address	:	241/86 หมู่บ้าน ไอฟิลด์ บางนา ถนนกาญจนาภิเษก แขวงดอกไม้ เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร			
Sampling Source	:	245/37 ม. 6 ต. ทุ่งสุขลา อ. ศรีราชา จ. ชลบุรี	Sample No.	:	W61091543
Sample Name	:	น้ำทิ้งจากเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ	Sampling Date	:	19/09/2018
Sampling By	:	ETC	Sampling Time	:	1:25 PM
Sampling Method	:	Grab	Received Date	:	20/09/2018
Tested Date	:	21/09/2018 – 02/10/2018	Reported Date	:	05/11/2018

Parameter	Unit	Method	Result	Standard[1]
Organochlorine Pesticides group				
alpha-BHC	µg/L	Liquid-Liquid Extraction Gas Chromatography	Not Detected	****
beta-BHC	µg/L	Liquid-Liquid Extraction Gas Chromatography	Not Detected	****
gamma-BHC (Lindane)	µg/L	Liquid-Liquid Extraction Gas Chromatography	Not Detected	****
delta-BHC	µg/L	Liquid-Liquid Extraction Gas Chromatography	Not Detected	****
Heptachlor	µg/L	Liquid-Liquid Extraction Gas Chromatography	Not Detected	****
Aldrin	µg/L	Liquid-Liquid Extraction Gas Chromatography	Not Detected	****
Heptachlor epoxide (isomer B)	µg/L	Liquid-Liquid Extraction Gas Chromatography	Not Detected	****
trans-chlordane	µg/L	Liquid-Liquid Extraction Gas Chromatography	Not Detected	****
Endosulfan I	µg/L	Liquid-Liquid Extraction Gas Chromatography	Not Detected	****
Cis-Chlordane	µg/L	Liquid-Liquid Extraction Gas Chromatography	Not Detected	****
Dieldrin	µg/L	Liquid-Liquid Extraction Gas Chromatography	Not Detected	****
4,4'-DDE	µg/L	Liquid-Liquid Extraction Gas Chromatography	Not Detected	****
Endosulfan II	µg/L	Liquid-Liquid Extraction Gas Chromatography	Not Detected	****
4,4'-DDD	µg/L	Liquid-Liquid Extraction Gas Chromatography	Not Detected	****
Endrin aldehyde	µg/L	Liquid-Liquid Extraction Gas Chromatography	Not Detected	****
Endosulfan Sulfate	µg/L	Liquid-Liquid Extraction Gas Chromatography	Not Detected	****
Endrin Ketone	µg/L	Liquid-Liquid Extraction Gas Chromatography	Not Detected	****

Physical Apperance : 1. Sample : yellowish, lightly SS
2. Container : Normal [PE0.5 L (5 Bottle) , PE 1.0 L , PE 1.8 L, G 0.25 L]

Remark : 1. /1 Industrial Effluent Standard, Notification of the Ministry of Industry , B.E. 2560 (2017)
2. **** ต้องตรวจไม่พบตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด
3. Sampling By Miss Janthanee Saiphan

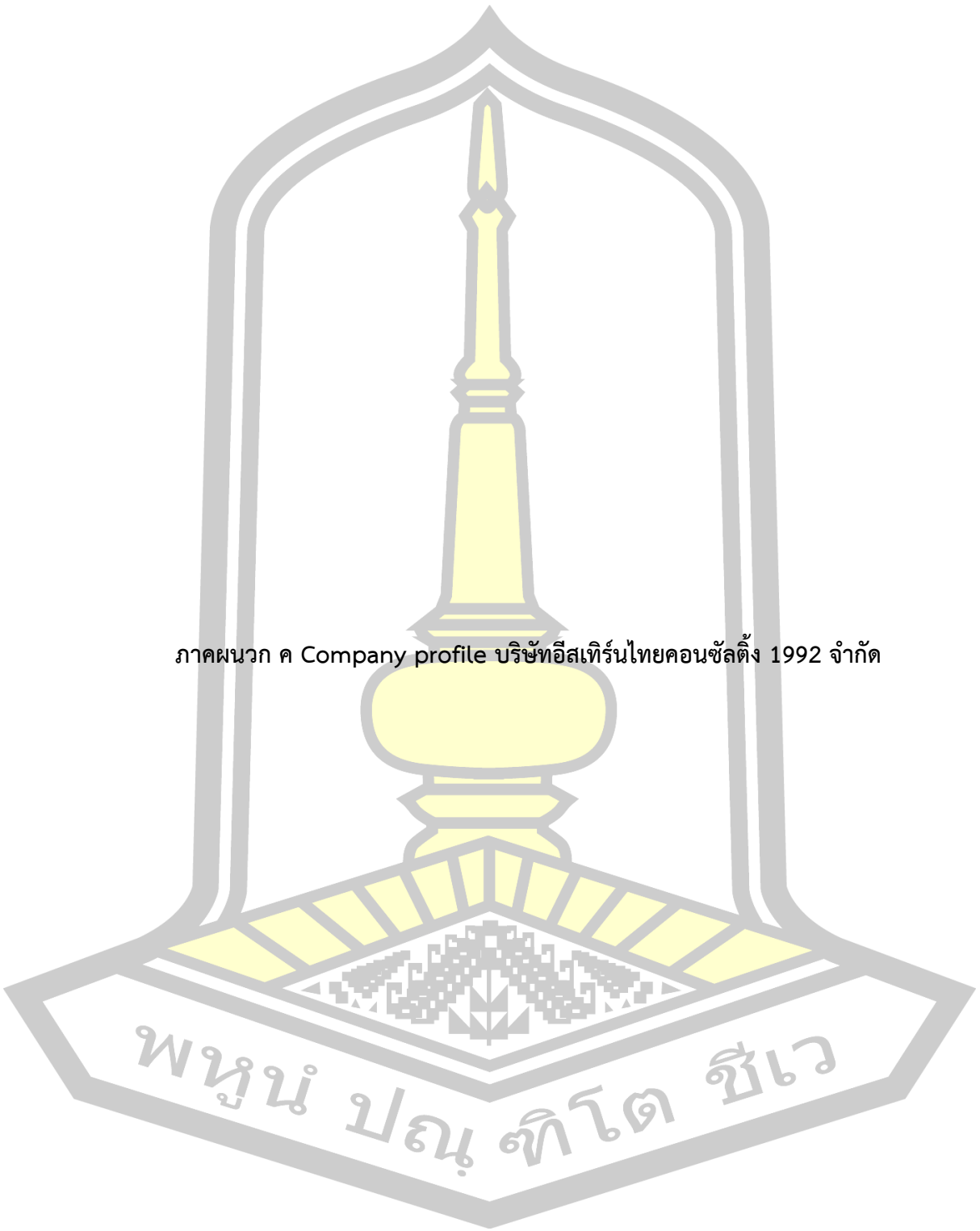
SUPPLEMENT TO TEST REPORT NO. 6110-0057

Examined By .....
(Miss Apiradee Chuen-arom)
(ว-003-ค-4377)
05/11/2018

บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติง 1992 จำกัด

Approved By .....
(Mr. Kawee Suthasub)
(ว-003-ค-2205)
05/11/2018

REPORTED TEST REFER TO SUBMITTED SAMPLES ONLY
THIS REPORT SHALL NOT REPRODUCED EXCEPT IN FULL
WITHOUT THE WRITTEN APPROVAL LABORATORY



ภาคผนวก ค Company profile บริษัทอีสเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง 1992 จำกัด

ETC EASTERN THAI CONSULTING 1992 CO., LTD

บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง 1992 จำกัด

GOOD PEOPLE GOOD PRODUCT GOOD SOCIETY GOOD SERVICE

COMPANY PROFILE

การจะสร้างคนใช้เวลา 10 ปี
ปลูกต้นไม้ใช้เวลา 100 ปี

คนที่ทำงานจนกระทั่งประสบความสำเร็จในหน้าที่การงานนั้น จะสามารถให้ร่มเงา ให้ความร่มเย็นกับคนอื่นได้ จะสอนงานคนอื่น ดูแลคนอื่นได้ เพราะฉะนั้น พวกเธอคือต้นไม้ที่ปลูกมาก่อนเขา กำลังเติบโตอยู่ ในช่วงที่ใช้การได้วันหนึ่ง...เธอจะให้ร่มเงาด้วยการปกครองคนอื่น ดูแล และขยายงานของบริษัทต่อไปในอนาคต

นายห้างเทียม โชควัฒนา
ผู้ก่อตั้งเครือสหพัฒน์

ETC COMPANY PROFILE

Good people Good product Good society

บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง 1992 จำกัด
(Eastern Thai Consulting 1992 Co.,Ltd.)

บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง 1992 จำกัด ก่อตั้งขึ้น เมื่อวันที่ 20 ตุลาคม 2535 โดยยกฐานะขึ้นจากหน่วยงาน สิ่งแวดล้อมโครงการของบริษัท สหพัฒนาอินเตอร์โฮลดิ้ง จำกัด (มหาชน) ซึ่งเป็นผู้พัฒนาโครงการสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒนฯ ภายใต้การริเริ่มของผู้บริหารเครือสหพัฒนฯ ที่ให้ความสำคัญกับการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อม โดยยึดหลักที่ว่า

"การดำเนินธุรกิจที่ดี
ต้องควบคู่ไปกับ
การดูแลรักษาสิ่งแวดล้อมที่ดี"

เมื่อวันที่ 3 มีนาคม 2551 บริษัทได้มีการขยายงานเพื่อรองรับการนำเสนองานบริการด้านการบริหารดูแล และจัดการสิ่งแวดล้อมไปยังภาคใต้ของประเทศ โดยได้ก่อตั้งเป็น บริษัท เซ้าเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง จำกัด (Southern Thai Consulting Co.,Ltd. : STC)

STC SOUTHERN THAI CONSULTING

www.southernthaiconsulting.com

และยังได้ก่อตั้ง บริษัท เอ็นไวรอนเมนทอล เทคโนโลยี คอนซัลแตนท์ จำกัด (Environmental technology consultant Co.,Ltd. : ETECH) ขึ้นเมื่อ วันที่ 1 เมษายน 2552 โดยมีเป้าหมายเพื่อสนับสนุน ส่งเสริมภาคอุตสาหกรรม หน่วยงานราชการ และเอกชน ในการจัดทำโครงการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ การออกแบบและพัฒนาความรู้และเทคโนโลยี การฝึกอบรม การดำเนินงานด้านความรับผิดชอบต่อสังคมและธรรมาภิบาล

Etech Environmental Technology Consultant

www.etech.co.th

ปัจจุบันบริษัทได้มีการขยายงานเพื่อรองรับการนำเสนองานบริการด้านการบริหารดูแล และจัดการสิ่งแวดล้อมไปยังภาคเหนือของประเทศ โดยได้ก่อตั้งเป็น บริษัท นอร์ทเทิร์นไทย คอนซัลติ้ง จำกัด (Northern Thai Consulting Co.,Ltd. : NTC) เมื่อวันที่ 24 เมษายน 2557 เพื่อรองรับกลุ่มลูกค้าที่เพิ่มมากขึ้น

ETC COMPANY PROFILE

Good people Good product Good society

การรับรองมาตรฐาน

กลุ่มบริษัทของเรายังได้รับการขึ้นทะเบียนกับหน่วยงานราชการ
และได้รับการรับรองตาม ระบบมาตรฐานสากลอีกหลายแห่ง อาทิ

- กรมโรงงานอุตสาหกรรม บริษัทฯ ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็น ผู้ควบคุมระบบบำบัดมลพิษ และเป็น ห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์เฉพาะ ที่ชลบุรี ปราจีนบุรี สำพูน และภูเก็ต

- กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน บริษัทฯ ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็น หน่วยงานฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน

- สำนักงานบริหารหนี้สาธารณะ กระทรวงการคลัง บริษัทฯ ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็น บริษัทที่ปรึกษาไทย ให้บริการในฐานะ ที่ปรึกษาสาขาสิ่งแวดล้อม และสาขาการประปาและสุขาภิบาล

- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม บริษัทฯ ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็น ผู้มีสิทธิทำรายงานเกี่ยวกับการศึกษา มาตรการป้องกัน และแก้ไขผลกระทบ กระเทือนต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม

- สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ได้รับการรับรอง ระบบบริหารคุณภาพ ISO 9001 และ ระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO 14001

- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) บริษัทฯ ได้รับการรับรอง ระบบมาตรฐานห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์ ISO/IEC 17025

- สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ได้รับการรับรอง ระบบการจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย

ETC COMPANY PROFILE

Good people Good product Good society

ในปัจจุบันบริษัทได้จัดตั้งห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์ รวมทั้งสิ้น 3 แห่ง ได้แก่

ห้องปฏิบัติการศรีราชา (ว-003)
ห้องปฏิบัติการกบินทร์บุรี (ว-003/1)
ห้องปฏิบัติการภูเก็ต (ว-003/2)

โดยมีศักยภาพในการตรวจวัดคุณภาพทางด้านสิ่งแวดล้อมครอบคลุมในทุกด้าน ซึ่งบริษัทได้พัฒนาศักยภาพของห้องปฏิบัติการจนได้รับการรับรองระบบมาตรฐาน ห้องปฏิบัติการ ISO/IEC 17025 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ยอมรับในระดับสากล

ปัจจุบัน ห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์ของบริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง 1992 จำกัด ถือว่า เป็นห้องปฏิบัติการที่ได้รับการยอมรับเป็นอย่างมาก ทั้งจากโรงงานอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรม หน่วยงานเอกชน หน่วยงานราชการ รวมถึงรัฐวิสาหกิจ เช่น การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

การบริการตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อม

1. คุณภาพอากาศในบรรยากาศ

การตรวจวัดปริมาณ TSP,PM-10, SO_2, NO_2, CO, Pb, O_3 ตามวิธีมาตรฐาน US.EPA

2. คุณภาพอากาศในปล่องระบาย

การตรวจวัดปริมาณ TSP, SO_2, NO_x as NO_2, CO, Opacity, โลหะหนัก ตามวิธีมาตรฐาน US.EPA

3. คุณภาพอากาศในสถานประกอบการ

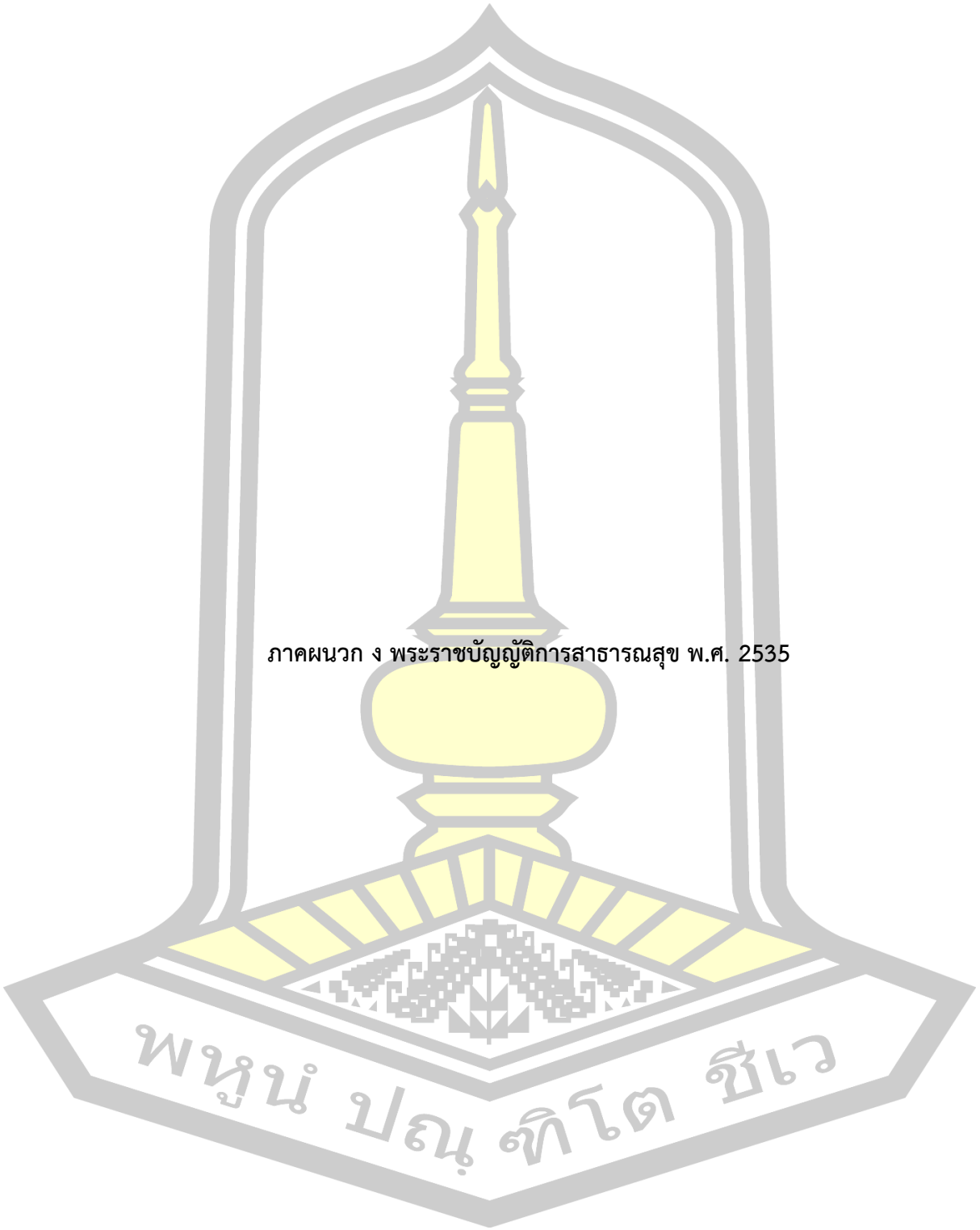
การตรวจวัดปริมาณฝุ่นละออง, ไอสารเคมี, สารระเหย, โลหะหนัก ตามประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยในสถานประกอบการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม และองค์กรของ NIOSH, OSHA, ACGIH

4. การตรวจวัดด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย

- ตรวจวัดความเข้มแสง (Light Intensity)
- ตรวจวัดระดับความดังเสียง (Noise Level)
- ปริมาณความร้อน (Heat)
- การสั่นสะเทือน (Vibration)

5. คุณภาพน้ำดินตะกอน

น้ำดื่ม, น้ำใช้, น้ำดิ, น้ำทิ้ง, น้ำผิวดิน, น้ำใต้ดิน, น้ำทะเล, ดิน และดินตะกอน



ภาคผนวก ง พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๕ และมาตรา ๖ วรรคหนึ่ง (๑) และวรรคสองแห่งพระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. ๒๕๓๕ อันเป็นพระราชบัญญัติที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา ๒๙ ประกอบกับมาตรา ๓๑ มาตรา ๓๕ และมาตรา ๕๐ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย บัญญัติให้กระทำได้โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุขโดยคำแนะนำของคณะกรรมการสาธารณสุขออกกฎกระทรวงไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ กฎกระทรวงนี้ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนดสามสิบวันนับแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ข้อ ๒ กฎกระทรวงนี้ให้ใช้บังคับเป็นการทั่วไปตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้

(๑) ข้อกำหนดทุกหมวดตามกฎกระทรวงนี้ให้มีผลใช้บังคับในท้องที่ของกรุงเทพมหานคร เมืองพัทยา และเทศบาลนครและเทศบาลเมืองทุกแห่ง

(๒) ข้อกำหนดเฉพาะในส่วนที่ว่าด้วยการขนและการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ ให้กระทรวงสาธารณสุขกำหนดยกเว้นไม่ใช้บังคับในท้องที่ของราชการส่วนท้องถิ่นอื่นนอกจาก (๑) ตามความเหมาะสมกับสภาพท้องที่ โดยจะกำหนดหลักเกณฑ์และเงื่อนไขอย่างใดก็ได้ตามที่เห็นสมควร ทั้งนี้โดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

(๓) ข้อกำหนดในส่วนที่ว่าด้วยการเก็บมูลฝอยติดเชื้อตามกฎกระทรวงนี้ ให้มีผลใช้บังคับแก่สถานบริการการสาธารณสุขและห้องปฏิบัติการเชื้ออันตราย ในเขตราชการส่วนท้องถิ่นทุกแห่ง

หมวด ๑
บททั่วไป

ข้อ ๓ ในกฎกระทรวงนี้

“มูลฝอยติดเชื้อ” หมายความว่า มูลฝอยที่มีเชื้อโรคปะปนอยู่ในปริมาณหรือมีความเข้มข้นซึ่งถ้ามีการสัมผัสหรือใกล้ชิดกับมูลฝอยนั้นแล้วสามารถทำให้เกิดโรคได้กรณีมูลฝอยดังต่อไปนี้ที่เกิดขึ้นหรือใช้ในกระบวนการตรวจวินิจฉัยทางการแพทย์และการรักษาพยาบาล การให้ภูมิคุ้มกันโรคและการทดลองเกี่ยวกับโรค และการตรวจชันสูตรศพหรือซากสัตว์ รวมทั้งในการศึกษาวิจัยเรื่องดังกล่าว ให้ถือว่าเป็นมูลฝอยติดเชื้อ

(๑) ซากหรือชิ้นส่วนของมนุษย์หรือสัตว์ที่เป็นผลมาจากการผ่าตดั การตรวจชันสูตรศพหรือซากสัตว์ และการใช้สัตว์ทดลอง

(๒) วัสดุของมีคม เช่น เข็ม ใบมีด กระบอกฉีดยา หลอดแก้ว ภาชนะที่ทำด้วยแก้วสไลด์และแผ่นกระจกปิดสไลด์

(๓) วัสดุซึ่งสัมผัสหรือสงสัยว่าจะสัมผัสกับเลือด ส่วนประกอบของเลือด ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเลือด สารน้ำจากร่างกายของมนุษย์หรือสัตว์ หรือวัคซีนที่ทำจากเชื้อโรคที่มีชีวิต เช่น สำลี ผ้าก๊อส ผ้าต่าง ๆ และท่อยาง

(๔) มูลฝอยทุกชนิดที่มาจากห้องรักษาผู้ป่วยติดเชื้อร้ายแรง “ห้องรักษาผู้ป่วยติดเชื้อร้ายแรง” หมายความว่า ห้องรักษาผู้ป่วยซึ่งติดเชื้อร้ายแรงตามที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา “สถานบริการการสาธารณสุข” หมายความว่า

(๑) สถานพยาบาลตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาล และหมายความรวมถึงสถานพยาบาลของทางราชการ

(๒) สถานพยาบาลสัตว์ตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาลสัตว์ และหมายความรวมถึงสถานพยาบาลสัตว์ของทางราชการ

“สถานพยาบาลของทางราชการ” หมายความว่า สถานพยาบาลของราชการส่วนกลาง ราชการส่วนภูมิภาค ราชการส่วนท้องถิ่น สภากาชาดไทย และสถานพยาบาลของหน่วยงานอื่นของรัฐตามที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา“สถานพยาบาลสัตว์ของทางราชการ” หมายความว่า สถานพยาบาลสัตว์ของราชการส่วนกลาง ราชการส่วนภูมิภาค ราชการส่วนท้องถิ่น สภากาชาดไทย และสถานพยาบาลสัตว์ของหน่วยงานอื่นของรัฐตามที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา“ห้องปฏิบัติการเชื้ออันตราย” หมายความว่า ห้องปฏิบัติการเชื้ออันตรายที่มิได้ตั้งอยู่ภายในสถานบริการการสาธารณสุข ซึ่งได้แก่ ห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์สารเคมีและจุลินทรีย์ในวัตถุตัวอย่างจากร่างกายมนุษย์หรือสัตว์ที่อาจก่อให้เกิดเชื้ออันตราย และห้องปฏิบัติการทดสอบด้านสาธารณสุขที่ทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพ ส่วนประกอบและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์สุขภาพที่อาจก่อให้เกิดเชื้ออันตราย [15] ทั้งนี้ ตามลักษณะและเงื่อนไขที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษาประกอบกิจการสถานพยาบาลตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาล และผู้ได้รับใบอนุญาตให้ตั้งสถานพยาบาลสัตว์ตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาลสัตว์ และหมายความรวมถึงราชการส่วนกลาราชการส่วนภูมิภาค ราชการส่วนท้องถิ่น สภากาชาดไทย และหน่วยงานอื่นของรัฐที่จัดตั้งสถานพยาบาลของทางราชการหรือสถานพยาบาลสัตว์ของทางราชการ“ผู้ดำเนินการสถานบริการการสาธารณสุข” หมายความว่า ผู้ได้รับใบอนุญาตให้ดำเนินการสถานพยาบาลตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาล และผู้ได้รับใบอนุญาตให้ดำเนินการสถานพยาบาลสัตว์ตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาลสัตว์ และหมายความรวมถึงผู้อำนวยการหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐที่เรียกชื่ออย่างอื่นซึ่งรับผิดชอบดำเนินการสถานพยาบาลของทางราชการและสถานพยาบาลสัตว์ของทางราชการ“ผู้ประกอบกิจการห้องปฏิบัติการเชื้ออันตราย”

หมายความว่า เจ้าของหรือผู้ครอบครองห้องปฏิบัติการเชื้ออันตราย“ผู้ดำเนินการห้องปฏิบัติการเชื้ออันตราย” หมายความว่า ผู้จัดการหรือเจ้าหน้าที่ที่เรียกชื่ออย่างอื่นซึ่งมีหน้าที่รับผิดชอบดำเนินการห้องปฏิบัติการเชื้ออันตราย

ข้อ ๔ ห้ามมิให้ผู้ใดถ่าย เท ทิ้ง หรือทำให้มีขึ้นในที่หรือทางสาธารณะ ซึ่งมูลฝอยติดเชื้อนอกจากถ่าย เท หรือทิ้ง หรือกำจัด ณ สถานที่ หรือตามวิธีที่ราชการส่วนท้องถิ่นกำหนดหรือจัดให้ให้ราชการส่วนท้องถิ่นจัดให้มีสถานที่ถ่าย เท หรือทิ้งมูลฝอยติดเชื้อในที่หรือทางสาธารณะ หรือกำหนดให้มีวิธีกำจัดมูลฝอยติดเชื้อที่ถ่าย เท หรือทิ้งโดยวิธีอื่นตามมาตรฐานที่ระบุไว้ในกฎกระทรวงนี้ หรือตามหลักเกณฑ์ที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด แล้วแต่กรณี

ข้อ ๕ ห้ามมิให้ผู้ใดทำการเก็บ ขน และกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ เว้นแต่จะเป็นไปตามหลักเกณฑ์และเงื่อนไขที่กำหนดในกฎกระทรวงนี้

ข้อ ๖ ข้อกำหนดในส่วนที่ว่าด้วยการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อในหมวด ๔ ให้ใช้บังคับแก่ผู้ดำเนินการสถานบริการการสาธารณสุขหรือผู้ดำเนินการห้องปฏิบัติการเชื้ออันตรายที่ดำเนินการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อด้วยตนเองด้วย และให้สถานบริการการสาธารณสุขหรือห้องปฏิบัติการเชื้ออันตรายนั้นแจ้งให้ราชการส่วนท้องถิ่นที่สถานบริการการสาธารณสุขหรือห้องปฏิบัติการเชื้ออันตรายนั้นตั้งอยู่จัดส่งเจ้าหน้าที่ไปทำการตรวจสอบระบบกำจัดมูลฝอยติดเชื้อให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด และเมื่อราชการส่วนท้องถิ่นนั้นได้ให้ความเห็นชอบแล้ว ผู้ดำเนินการสถานบริการการสาธารณสุขหรือผู้ดำเนินการห้องปฏิบัติการเชื้ออันตรายดังกล่าว จึงจะดำเนินการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อด้วยตนเองได้ในการตรวจสอบระบบกำจัดมูลฝอยติดเชื้อตามวรรคหนึ่ง ราชการส่วนท้องถิ่นอาจร้องขอให้อธิบดีกรมอนามัยหรือผู้ซึ่งอธิบดีกรมอนามัยมอบหมายจัดส่งเจ้าหน้าที่กรมอนามัยไปร่วมตรวจสอบกับเจ้าหน้าที่ของราชการส่วนท้องถิ่นได้

ข้อ ๗ ในการปฏิบัติการตามกฎกระทรวงนี้ ให้ผู้ประกอบกิจการสถานบริการการสาธารณสุข ผู้ประกอบกิจการห้องปฏิบัติการเชื้ออันตราย และราชการส่วนท้องถิ่น รวมทั้งบุคคลซึ่งราชการส่วนท้องถิ่นมอบให้ดำเนินการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อภายใต้การควบคุมดูแลของราชการส่วนท้องถิ่นตามมาตรา ๑๘ วรรคสอง และบุคคลซึ่งได้รับใบอนุญาตจากเจ้าพนักงานท้องถิ่นให้ดำเนินกิจการรับทำการเก็บ ขน และกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ โดยทำเป็นธุรกิจหรือโดยได้รับประโยชน์ตอบแทนด้วยการคิดค่าบริการตามมาตรา ๑๙ แล้วแต่กรณี ดำเนินการดังต่อไปนี้

(๑) ในการเก็บและหรือขนมูลฝอยติดเชื้อ ต้องจัดให้มีเจ้าหน้าที่รับผิดชอบในการเก็บและหรือขนมูลฝอยติดเชื้อ อย่างน้อยหนึ่งคน โดยเจ้าหน้าที่ดังกล่าวจะต้องมีคุณสมบัติสำเร็จการศึกษาไม่ต่ำกว่าปริญญาตรีหรือเทียบเท่าในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ ในด้านสาธารณสุข สุขาภิบาล ชีววิทยาและวิทยาศาสตร์การแพทย์ ด้านใดด้านหนึ่ง

(๒) ในการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ ต้องจัดให้มีเจ้าหน้าที่รับผิดชอบในการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ อย่างน้อยสองคน โดยคนหนึ่งต้องมีคุณสมบัติตามที่กำหนดใน (๑) ส่วนอีกคนหนึ่งต้องมีคุณสมบัติสำเร็จการศึกษาไม่ต่ำกว่าปริญญาตรีหรือเทียบเท่าในสาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ในด้านสุขาภิบาล วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม และวิศวกรรมเครื่องกล ด้านใดด้านหนึ่ง

(๓) ในกรณีที่มีการดำเนินการทั้ง (๑) และ (๒) จะจัดให้มีเจ้าหน้าที่รับผิดชอบในการเก็บขน และกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ อย่างน้อยสองคน ซึ่งมีคุณสมบัติตาม (๒) ก็ได้ความในวรรคหนึ่งไม่ใช้บังคับแก่การเก็บ การขน และการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อด้วยตนเอง ของราชการส่วนท้องถิ่นหรือสถานพยาบาลของทางราชการหรือสถานพยาบาลสัตว์ของทางราชการ แต่ราชการส่วนท้องถิ่นหรือสถานพยาบาลของทางราชการหรือสถานพยาบาลสัตว์ของทางราชการนั้นจะต้องแต่งตั้งเจ้าหน้าที่ของตน อย่างน้อยหนึ่งคน ซึ่งมีคุณสมบัติตาม (๒) ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์หรือสาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ด้านใดด้านหนึ่ง เป็นผู้รับผิดชอบในการเก็บ การขน และการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ นั้นราชการส่วนท้องถิ่นสองแห่งหรือหลายแห่งที่อยู่ใกล้เคียงกันอาจดำเนินกิจการร่วมกันในการเก็บขน และหรือกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ โดยแต่งตั้งเจ้าหน้าที่ของราชการส่วนท้องถิ่นแห่งใดแห่งหนึ่ง อย่างน้อยหนึ่งคน ซึ่งมีคุณสมบัติตาม (๒) ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์หรือสาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ด้านใดด้านหนึ่ง เป็นเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบในการเก็บ ขน และหรือกำจัดมูลฝอยติดเชื้อร่วมกันก็ได้เจ้าหน้าที่รับผิดชอบในการเก็บ ขน และหรือกำจัดมูลฝอยติดเชื้อตามวรรคหนึ่งวรรคสอง และวรรคสาม อาจแต่งตั้งจากบุคคลภายนอกซึ่งมีคุณสมบัติดังกล่าวก็ได้

ข้อ ๘ ในการเก็บและหรือกำจัดมูลฝอยติดเชื้อภายในสถานบริการการสาธารณสุขซึ่งมิใช่สถานพยาบาลของทางราชการและสถานพยาบาลสัตว์ของทางราชการหรือภายในห้องปฏิบัติการเชื้ออันตรายของเอกชน ให้ผู้ประกอบกิจการสถานบริการการสาธารณสุขหรือผู้ประกอบกิจการห้องปฏิบัติการเชื้ออันตรายควบคุมดูแลให้ผู้ดำเนินการสถานบริการการสาธารณสุขหรือผู้ดำเนินการห้องปฏิบัติการเชื้ออันตรายจัดให้มีเจ้าหน้าที่รับผิดชอบในการเก็บและหรือกำจัดมูลฝอยติดเชื้อตามข้อ ๗ วรรคหนึ่ง (๑) (๒) หรือ (๓) และดำเนินการเก็บและหรือกำจัดมูลฝอยติดเชื้อที่เกิดขึ้นให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์และเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในหมวด ๒ และหมวด ๔ แห่งกฎกระทรวงนี้

ข้อ ๙ ในการเก็บ ขน และหรือกำจัดมูลฝอยติดเชื้อของราชการส่วนท้องถิ่นหรือสถานพยาบาลของทางราชการหรือสถานพยาบาลสัตว์ของทางราชการ ให้ราชการส่วนกลาง ราชการส่วนภูมิภาค ราชการส่วนท้องถิ่น สภากาชาดไทย หรือหน่วยงานอื่นของรัฐที่จัดตั้งสถานพยาบาลของทางราชการหรือสถานพยาบาลสัตว์ของทางราชการ แล้วแต่กรณี ควบคุมดูแลให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นหรือผู้ดำเนินการสถานพยาบาลของทางราชการหรือผู้ดำเนินการสถานพยาบาลสัตว์ของทางราชการนั้นแต่งตั้งเจ้าหน้าที่รับผิดชอบในการเก็บ ขน และหรือกำจัดมูลฝอยติดเชื้อตามข้อ ๗ วรรคสอง วรรคสามและวรรคสี่ ดำเนินการเก็บ ขน และหรือกำจัดมูลฝอยติดเชื้อให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์และเงื่อนไข

ที่กำหนดในหมวด ๒ หมวด ๓ และหมวด ๔ แห่งกฎกระทรวงนี้ในการเก็บ การขน และหรือการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อของบุคคลซึ่งราชการส่วนท้องถิ่นมอบให้ดำเนินการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อภายใต้การควบคุมดูแลของราชการส่วนท้องถิ่นตามมาตรา ๑๘ วรรคสอง และของบุคคลซึ่งได้รับใบอนุญาตจากเจ้าพนักงานท้องถิ่นให้ดำเนินกิจการรับทำการเก็บ ขน และกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ โดยทำเป็นธุรกิจหรือโดยได้รับประโยชน์ตอบแทนด้วยการคิดค่าบริการตามมาตรา ๑๙ ให้ราชการส่วนท้องถิ่นหรือเจ้าพนักงานท้องถิ่น แล้วแต่กรณี ควบคุมดูแลให้บุคคลดังกล่าวจัดให้มีเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบตามข้อ ๗ วรรคหนึ่ง (๑) (๒) หรือ (๓) และดำเนินการเก็บ ขน และหรือกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ ให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์และเงื่อนไขตามที่กำหนดในหมวด ๒ หมวด ๓ และหมวด ๔ แห่งกฎกระทรวงนี้ในการมอบให้บุคคลใดดำเนินการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ หรือการออกใบอนุญาตให้บุคคลใดดำเนินกิจการรับทำการเก็บ ขน และหรือกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ ให้ราชการส่วนท้องถิ่นกำหนดระยะเวลาและเส้นทางขนตลอดจนเงื่อนไขหรือข้อปฏิบัติอื่นๆ เพื่อปฏิบัติการให้เป็นไปตามกฎกระทรวงนี้ ให้บุคคลดังกล่าวถือปฏิบัติไว้ด้วย

ข้อ ๑๐ บุคคลซึ่งราชการส่วนท้องถิ่นมอบให้ดำเนินการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อภายใต้การควบคุมดูแลของราชการส่วนท้องถิ่นตามมาตรา ๑๘ วรรคสอง และบุคคลซึ่งได้รับใบอนุญาตจากเจ้าพนักงานท้องถิ่นให้ดำเนินกิจการรับทำการเก็บมูลฝอยติดเชื้อ โดยทำเป็นธุรกิจหรือโดยได้รับประโยชน์ตอบแทนด้วยการคิดค่าบริการ ตามมาตรา ๑๙ แล้วแต่กรณี มีหน้าที่ควบคุมดูแลการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่รับผิดชอบในการเก็บ การขน และหรือการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ และดำเนินการเก็บ ขน และหรือกำจัดมูลฝอยติดเชื้อให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์และเงื่อนไขที่กำหนดในหมวด ๒ หมวด ๓ และหมวด ๔ แห่งกฎกระทรวงนี้

ข้อ ๑๑ ให้ผู้ดำเนินการสถานบริการการสาธารณสุข ผู้ดำเนินการห้องปฏิบัติการเชื้ออันตราย และเจ้าพนักงานท้องถิ่น มีหน้าที่ควบคุมดูแลเจ้าหน้าที่รับผิดชอบในการเก็บ การขน และหรือการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อของตน และดำเนินการเก็บ ขน และกำจัดมูลฝอยติดเชื้อให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์และเงื่อนไขที่กำหนดในหมวด ๒ หมวด ๓ และหมวด ๔ แห่งกฎกระทรวงนี้

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

หมวด ๒

การเก็บมูลฝอยติดเชื้อ

ข้อ ๑๒ ภายใต้บังคับข้อ ๑๔ ให้เก็บบรรจุมูลฝอยติดเชื้อในภาชนะสำหรับบรรจุมูลฝอยติดเชื้อ ดังนี้

(๑) มูลฝอยติดเชื้อประเภทวัสดุของมีคม ให้เก็บบรรจุในภาชนะสำหรับบรรจุมูลฝอยติดเชื้อที่มีคุณลักษณะตามข้อ ๑๓ (๑)

(๒) มูลฝอยติดเชื้ออื่นซึ่งมิใช่ประเภทวัสดุของมีคม ให้เก็บบรรจุในภาชนะสำหรับบรรจุมูลฝอยติดเชื้อที่มีคุณลักษณะตามข้อ ๑๓ (๒) ภาชนะสำหรับบรรจุมูลฝอยติดเชื้อตามวรรคหนึ่ง ต้องใช้เพียงครั้งเดียวและต้องทำลายพร้อมกับการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อนั้นข้อ ๑๓ ภาชนะสำหรับบรรจุมูลฝอยติดเชื้อตามข้อ ๑๒ ต้องมีคุณลักษณะดังต่อไปนี้

(๑) ภาชนะสำหรับบรรจุมูลฝอยติดเชื้อที่เป็นกล่องหรือถัง ต้องทำด้วยวัสดุที่แข็งแรง ทนทานต่อการแทงทะลุและการกัดกร่อนของสารเคมี เช่น พลาสติกแข็งหรือโลหะ มีฝาปิดมิดชิด และป้องกันการรั่วไหลของของเหลวภายในได้ และสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกโดยผู้ขนย้ายไม่มีการสัมผัสกับมูลฝอยติดเชื้อ

(๒) ภาชนะสำหรับบรรจุมูลฝอยติดเชื้อที่เป็นถุง ต้องทำจากพลาสติกหรือวัสดุอื่นที่มีความเหนียวไม่ฉีกขาดง่าย ทนทานต่อสารเคมีและการรับน้ำหนัก กันน้ำได้ ไม่รั่วซึมและไม่ดูดซึม ภาชนะสำหรับบรรจุมูลฝอยติดเชื้อตามวรรคหนึ่ง ต้องมีสีแดง ทึบแสง และมีข้อความสีดำที่มีขนาดสามารถอ่านได้ชัดเจนว่า “มูลฝอยติดเชื้อ” อยู่ภายใต้รูปหัวกะโหลกไขว้ คู่กับตราหรือสัญญลักษณ์ที่ใช้ระหว่างประเทศตามที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษาและต้องมีข้อความว่า “ห้ามนำกลับมาใช้อีก” และ “ห้ามเปิด” ในกรณีที่สถานบริการการสาธารณสุขมิได้ดำเนินการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อด้วยตนเอง สถานบริการการสาธารณสุขดังกล่าวจะต้องระบุชื่อของตนไว้ที่ภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อ และในกรณีที่ภาชนะสำหรับบรรจุมูลฝอยติดเชื้อนั้นใช้สำหรับเก็บมูลฝอยติดเชื้อไว้เพื่อรอการขนไปกำจัดเกินกว่าเจ็ดวันนับแต่วันที่เกิดมูลฝอยติดเชื้อนั้น ให้ระบุวันที่ที่เกิดมูลฝอยติดเชื้อดังกล่าวไว้ที่ภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อด้วยภาชนะสำหรับบรรจุมูลฝอยติดเชื้อตามวรรคหนึ่ง มีได้หลายขนาดตามความเหมาะสมของการเก็บ การขน และการกำจัด แต่ในกรณีที่กระทรวงสาธารณสุขเห็นสมควร เพื่อความสะดวกในการเก็บ การขน และการกำจัด จะกำหนดขนาดของภาชนะสำหรับบรรจุมูลฝอยติดเชื้อสำหรับใช้ในสถานบริการการสาธารณสุขใด หรือสำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการเชื้ออันตรายใดก็ได้

ข้อ ๑๔ การเก็บมูลฝอยติดเชื้อในภาชนะสำหรับบรรจุมูลฝอยติดเชื้อตามที่กำหนดในข้อ ๑๒ อาจจะจัดให้มีภาชนะรองรับภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อก็ได้โดยภาชนะรองรับนั้นจะต้องทำด้วย

วัสดุที่แข็งแรง ทนทานต่อสารเคมี ไม่รั่วซึม ทำความสะอาดได้ง่าย และต้องมีฝาปิดเปิดมิดชิด เว้นแต่ในห้องที่มีการป้องกันสัตว์ที่เป็นพาหะนำโรค และจำเป็นต้องใช้งานตลอดเวลา จะไม่มีฝาปิดเปิดก็ได้ ภาชนะรองรับตามวรรคหนึ่ง ให้ใช้ได้หลายครั้งแต่ต้องดูแลรักษาให้สะอาดอยู่เสมอ

ข้อ ๑๕ การเก็บมูลฝอยติดเชื้อ ต้องดำเนินการดังต่อไปนี้

(๑) ต้องเก็บมูลฝอยติดเชื้อตรงแหล่งเกิดมูลฝอยติดเชื้อนั้น และต้องเก็บลงในภาชนะสำหรับบรรจุมูลฝอยติดเชื้อตามที่กำหนดในข้อ ๑๒ โดยไม่ปนกับมูลฝอยอื่น และในกรณีที่ไม่สามารถเก็บลงในภาชนะสำหรับบรรจุมูลฝอยติดเชื้อได้โดยทันทีที่เกิดมูลฝอยติดเชื้อ จะต้องเก็บมูลฝอยติดเชื้อนั้นลงในภาชนะสำหรับบรรจุมูลฝอยติดเชื้อโดยเร็วที่สุดเมื่อมีโอกาสที่สามารถจะทำได้

(๒) ต้องบรรจุมูลฝอยติดเชื้อไม่เกินสามในสี่ส่วนของความจุของภาชนะสำหรับบรรจุมูลฝอยติดเชื้อตามที่กำหนดในข้อ ๑๒ (๑) แล้วปิดฝาให้แน่น หรือไม่เกินสองในสามส่วนของความจุของภาชนะสำหรับบรรจุมูลฝอยติดเชื้อตามที่กำหนดในข้อ ๑๒ (๒) แล้วผูกมัดปากถุงด้วยเชือกหรือวัสดุอื่นให้แน่น

(๓) กรณีการเก็บมูลฝอยติดเชื้อภายในสถานบริการการสาธารณสุขหรือภายในห้องปฏิบัติการเชื้ออันตราย ที่มีปริมาณมาก หากยังไม่เคลื่อนย้ายภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อนั้นออกไปทันที จะต้องจัดให้มีที่หรือมุมหนึ่งของห้องสำหรับเป็นที่รวมภาชนะที่ได้บรรจุมูลฝอยติดเชื้อแล้วเพื่อรอการเคลื่อนย้ายไปเก็บกักในที่พักรวมมูลฝอยติดเชื้อ แต่ห้ามเก็บไว้เกินหนึ่งวัน

(๔) จัดให้มีที่พักรวมมูลฝอยติดเชื้อที่มีลักษณะตามข้อ ๑๖ เพื่อรอการขนไปกำจัดและต้องทำความสะอาดและฆ่าเชื้อโรคในที่พักรวมมูลฝอยติดเชื้ออย่างน้อยสัปดาห์ละหนึ่งครั้งข้อ ๑๖ ภายใต้บังคับข้อ ๑๙ ในการเก็บมูลฝอยติดเชื้อ จะต้องจัดให้มีที่พักรวมมูลฝอยติดเชื้อที่เป็นห้องหรือเป็นอาคารเฉพาะแยกจากอาคารอื่นโดยมีลักษณะดังต่อไปนี้ สำหรับใช้เก็บกักภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อเพื่อรอการขนไปกำจัด

(๑) มีลักษณะไม่แพร่เชื้อ และอยู่ในที่ที่สะดวกต่อการขนมูลฝอยติดเชื้อไปกำจัด

(๒) มีขนาดกว้างเพียงพอที่จะเก็บกักภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อได้อย่างน้อยสองวัน

(๓) พื้นและผนังต้องเรียบ ทำความสะอาดได้ง่าย

(๔) มีรางหรือท่อระบายน้ำทิ้งเชื่อมต่อกับระบบบำบัดน้ำเสีย

(๕) มีลักษณะโปร่ง ไม่อับชื้น

(๖) มีการป้องกันสัตว์แมลงเข้าไป มีประตูกว้างพอสมควรตามขนาดของห้อง หรืออาคารเพื่อสะดวกต่อการปฏิบัติงาน และปิดด้วยกุญแจหรือปิดด้วยวิธีอื่นที่บุคคลทั่วไปไม่สามารถที่จะเข้าไปได้

(๗) มีข้อความเป็นคำเตือนที่มีขนาดสามารถเห็นได้ชัดเจนว่า “ที่พักรวมมูลฝอยติดเชื้อ” ไว้ที่หน้าห้องหรือหน้าอาคาร

(๘) มีลานสำหรับล้างรถเข็นอยู่ใกล้ที่พักรวมมูลฝอยติดเชื้อ และลานนั้นต้องมีรางหรือท่อรวบรวมน้ำเสียจากการล้างรถเข็นเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียในกรณีที่เก็บกักภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อไว้เกิน ๗ วัน ที่พักรวมมูลฝอยติดเชื้อตามวรรคหนึ่ง ต้องสามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ที่ ๑๐ องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่านั้นได้

ข้อ ๑๗ การเคลื่อนย้ายภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อไปเก็บกักในที่พักรวมมูลฝอยติดเชื้อเพื่อรอการขนไปกำจัดตามข้อ ๑๖ ต้องดำเนินการให้ถูกสุขลักษณะ ดังนี้

(๑) ต้องมีผู้ปฏิบัติงานซึ่งมีความรู้เกี่ยวกับมูลฝอยติดเชื้อ โดยบุคคลดังกล่าวต้องผ่านการฝึกอบรมการป้องกันและระงับการแพร่เชื้อหรืออันตรายที่อาจเกิดจากมูลฝอยติดเชื้อ ตามหลักสูตรและระยะเวลาที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

(๒) ผู้ปฏิบัติงานต้องสวมอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล ได้แก่ ถุงมือยางหนาผ้ากันเปื้อน ผ้าปิดปาก ปิดจมูก และรองเท้าพื้นยางหุ้มแข้ง ตลอดเวลาที่ปฏิบัติงาน และถ้าในการปฏิบัติงาน ร่างกายหรือส่วนใดส่วนหนึ่งไปสัมผัสกับมูลฝอยติดเชื้อ ให้ผู้ปฏิบัติงานต้องทำความสะอาดร่างกายหรือส่วนที่อาจสัมผัสมูลฝอยติดเชื้อโดยทันที

(๓) ต้องกระทำทุกวันตามตารางเวลาที่กำหนด เว้นแต่มีเหตุจำเป็น

(๔) ต้องเคลื่อนย้ายโดยใช้รถเข็นสำหรับเคลื่อนย้ายภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อที่มีลักษณะตามที่กำหนดใน

ข้อ ๑๘ เว้นแต่มูลฝอยติดเชื้อที่เกิดขึ้นมีปริมาณน้อยที่ไม่จำเป็นต้องใช้รถเข็นจะเคลื่อนย้ายโดยผู้ปฏิบัติงานซึ่งมีคุณสมบัติตาม (๑) ก็ได้

(๕) ต้องมีเส้นทางเคลื่อนย้ายที่แน่นอน และในระหว่างการเคลื่อนย้ายไปที่พักรวมมูลฝอยติดเชื้อ ห้ามแวะหรือหยุดพัก ณ ที่ใด

(๖) ต้องกระทำโดยระมัดระวัง ห้ามโยน หรือลากภาชนะสำหรับบรรจุมูลฝอยติดเชื้อ

(๗) กรณีที่มีมูลฝอยติดเชื้อตกหล่นหรือภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อแตกระหว่างทางห้ามหยิบด้วยมือเปล่า ต้องใช้คีมคีบหรือหยิบด้วยถุงมือยางหนา หากเป็นของเหลวให้ซับด้วยกระดาษแล้วเก็บมูลฝอยติดเชื้อหรือกระดาษนั้นในภาชนะสำหรับบรรจุมูลฝอยติดเชื้อใบใหม่ แล้วทำความสะอาดด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อที่บริเวณพื้นนั้นก่อนเช็ดถูตามปกติ

(๘) ต้องทำความสะอาดและฆ่าเชื้อรถเข็นและอุปกรณ์ในการปฏิบัติงานอย่างน้อยวันละครั้ง และห้ามนำรถเข็นมูลฝอยติดเชื้อไปใช้ในกิจการอย่างอื่น

ข้อ ๑๘ รถเข็นสำหรับเคลื่อนย้ายภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้ออย่างน้อยต้องมีลักษณะและเงื่อนไข ดังนี้

(๑) ทำด้วยวัสดุที่ทำความสะอาดได้ง่าย ไม่มีแง่มุมอันจะเป็นแหล่งหมักหมมของเชื้อโรค และสามารถทำความสะอาดด้วยน้ำได้

(๒) มีพื้นและผนังทึบ เมื่อจัดวางภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อแล้วต้องปิดฝาให้แน่นเพื่อป้องกันสัตว์และแมลงเข้าไป

(๓) มีข้อความสีแดงที่มีขนาดสามารถมองเห็นชัดเจนอย่างน้อยสองด้านว่า “รถเข็นมูลฝอยติดเชื้อ ห้ามนำไปใช้ในกิจการอื่น”

(๔) ต้องมีอุปกรณ์หรือเครื่องมือสำหรับใช้เก็บมูลฝอยติดเชื้อที่ตกหล่นระหว่างการเคลื่อนย้าย และอุปกรณ์หรือเครื่องมือสำหรับใช้ทำความสะอาดและฆ่าเชื้อบริเวณที่มูลฝอยติดเชื้อตกหล่น ตลอดเวลาที่ทำการเคลื่อนย้ายภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อ

ข้อ ๑๙ สถานบริการการสาธารณสุขดังต่อไปนี้จะไม่จัดให้มีที่พักรวมมูลฝอยติดเชื้อตามข้อ ๑๖ ก็ได้ แต่ต้องจัดให้มีบริเวณที่พักภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อไว้เป็นการเฉพาะ

(๑) สถานพยาบาลประเภทที่ไม่รับผู้ป่วยไว้ค้างคืน

(๒) สถานพยาบาลสัตว์ประเภทที่ไม่มีที่พักสัตว์ป่วยไว้ค้างคืน หรือประเภทที่มีที่พักสัตว์ป่วยไว้ค้างคืนตามชนิดและจำนวนไม่เกินที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

(๓) สถานที่ที่อาจมีมูลฝอยติดเชื้อตามที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษาบริเวณที่พักภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อตามวรรคหนึ่ง ให้มีลักษณะตามที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

หมวด ๓

การขนมูลฝอยติดเชื้อ

ข้อ ๒๐ ราชการส่วนท้องถิ่น รวมทั้งบุคคลซึ่งราชการส่วนท้องถิ่นมอบให้ดำเนินการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อภายใต้การควบคุมดูแลของราชการส่วนท้องถิ่นตามมาตรา ๑๘ วรรคสอง และบุคคลซึ่งได้รับใบอนุญาตจากเจ้าพนักงานท้องถิ่นให้ดำเนินกิจการรับทำการเก็บมูลฝอยติดเชื้อ โดยทำเป็นธุรกิจหรือโดยได้รับประโยชน์ตอบแทนด้วยการคิดค่าบริการตามมาตรา ๑๙ ซึ่งรับทำการขนมูลฝอยติดเชื้อจากที่พักรวมมูลฝอยติดเชื้อของสถานบริการการสาธารณสุขหรือของห้องปฏิบัติการเชื้ออันตรายเพื่อนำไปกำจัดภายนอกสถานบริการการสาธารณสุขหรือภายนอกบริเวณที่ตั้งห้องปฏิบัติการเชื้ออันตราย ต้องจัดให้มี

(๑) ยานพาหนะขนมูลฝอยติดเชื้อที่มีลักษณะตามที่กำหนดในข้อ ๒๒ โดยให้มีจำนวนที่เพียงพอกับการประกอบการหรือการให้บริการ

(๒) ผู้ขับขี่และผู้ปฏิบัติงานประจำยานพาหนะซึ่งมีความรู้เกี่ยวกับมูลฝอยติดเชื้อโดยผ่านการฝึกอบรมการป้องกันและระงับการแพร่เชื้อหรืออันตรายที่อาจเกิดจากมูลฝอยติดเชื้อตามหลักสูตรและระยะเวลาตามที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

(๓) ที่เก็บกักภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อเพื่อรอการกำจัดซึ่งมีคุณลักษณะเช่นเดียวกับที่พักรวมมูลฝอยติดเชื้อตามข้อ ๑๖ โดยมีขนาดกว้างขวางเพียงพอที่จะเก็บกักภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อไว้ได้จนกว่าจะขนไปกำจัด และให้มีข้อความเป็นคำเตือนว่า “ที่เก็บกักภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อ” ด้วยสีแดงและมีขนาดที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน แสดงไว้ในสภาพถาวรด้วย

(๔) บริเวณที่จอดเก็บยานพาหนะขนมูลฝอยติดเชื้อที่เป็นสถานที่เฉพาะมีขนาดกว้างขวางเพียงพอ มีรางหรือท่อระบายน้ำเสียจากการล้างยานพาหนะเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย และต้องทำความสะอาดบริเวณที่จอดเก็บยานพาหนะขนมูลฝอยติดเชื้ออย่างสม่ำเสมอ

ข้อ ๒๑ การขนมูลฝอยติดเชื้อจากที่พักรวมมูลฝอยติดเชื้อของสถานบริการการสาธารณสุขหรือของห้องปฏิบัติการเชื้ออันตรายเพื่อนำไปกำจัดภายนอกสถานบริการการสาธารณสุขหรือภายนอกบริเวณที่ตั้งห้องปฏิบัติการเชื้ออันตราย ต้องดำเนินการให้ถูกสุขลักษณะดังต่อไปนี้

(๑) ต้องขนโดยยานพาหนะขนมูลฝอยติดเชื้อตามข้อ ๒๐ (๑) เท่านั้น

(๒) ต้องขนอย่างสม่ำเสมอตามวันและเวลาที่กำหนด โดยคำนึงถึงปริมาณของมูลฝอยติดเชื้อและสถานที่จัดเก็บ เว้นแต่กรณีที่มีเหตุจำเป็น

(๓) ผู้ปฏิบัติงานประจำยานพาหนะขนมูลฝอยติดเชื้อ ต้องถือปฏิบัติตามข้อกำหนดในข้อ ๑๗ (๒) (๖) และ (๗)

(๔) ผู้ขับขี่ยานพาหนะขนมูลฝอยติดเชื้อและผู้ปฏิบัติงานประจำยานพาหนะขนมูลฝอยติดเชื้อ ต้องระมัดระวังมิให้มูลฝอยติดเชื้อและภาชนะสำหรับบรรจุมูลฝอยติดเชื้อตกหล่นในระหว่างการขนห้ามนำยานพาหนะขนมูลฝอยติดเชื้อไปใช้ในกิจการอย่างอื่น และให้ทำความสะอาดและฆ่าเชื้ออย่างน้อยสัปดาห์ละครั้ง เว้นแต่กรณีภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อแตกหรือมีการรั่วไหล ต้องทำความสะอาดในโอกาสแรกที่สามารถจะทำได้

ข้อ ๒๒ ยานพาหนะขนมูลฝอยติดเชื้อต้องมีลักษณะและเงื่อนไขดังนี้

(๑) ตัวถังปิดทึบ ผนังด้านในต้องบุด้วยวัสดุที่ทนทาน ทำความสะอาดได้ง่ายไม่รั่วซึม

(๒) ในกรณีที่เป็นยานพาหนะสำหรับใช้ขนขยะมูลฝอยติดเชื้อจากที่พักรวมมูลฝอยติดเชื้อตามข้อ ๑๖ วรรคสอง ภายในตัวถังของยานพาหนะนั้นต้องสามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ที่ ๑๐ องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่านั้นได้ และจะต้องติดเครื่องเทอร์โมมิเตอร์ที่สามารถอ่านค่าอุณหภูมิภายในตัวถังไว้ด้วย

(๓) ข้อความสีแดงที่มีขนาดสามารถมองเห็นได้ชัดเจนปิดไว้ที่ภายนอกตัวถังด้านข้างทั้งสองด้านว่า “ใช้เฉพาะขนมูลฝอยติดเชื้อ”

(๔) กรณีราชการส่วนท้องถิ่นทำการขนมูลฝอยติดเชื้อ ให้ราชการส่วนท้องถิ่นนั้นแสดงชื่อของราชการส่วนท้องถิ่นด้วยตัวหนังสือสีแดงที่มีขนาดสามารถมองเห็นได้ชัดเจนไว้ที่ภายนอกตัวถังด้านข้างทั้งสองด้านของยานพาหนะขนมูลฝอยติดเชื้อกรณีบุคคลซึ่งได้รับมอบจากราชการส่วนท้องถิ่นให้เป็นผู้ดำเนินการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อภายใต้การควบคุมดูแลของราชการส่วนท้องถิ่นนั้น ตามมาตรา ๑๘ วรรคสอง ทำการขนมูลฝอยติดเชื้อ ให้บุคคลนั้นแสดงชื่อราชการส่วนท้องถิ่นด้วยตัวหนังสือสีแดงที่มีขนาดสามารถมองเห็นได้ชัดเจนไว้ที่ภายนอกตัวถังด้านข้างทั้งสองด้านของยานพาหนะขนมูลฝอยติดเชื้อ พร้อมกับแสดงแผ่นป้ายขนาดสามารถมองเห็นได้ชัดเจนระบุวิธีการที่ราชการส่วนท้องถิ่นมอบให้บุคคลนั้นดำเนินการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อและชื่อ ที่อยู่ หมายเลขโทรศัพท์ของบุคคลนั้นไว้ในยานพาหนะขนมูลฝอยติดเชื้อในบริเวณที่บุคคลภายนอกสามารถมองเห็นให้อย่างชัดเจนด้วยกรณีบุคคลซึ่งได้รับอนุญาตจากราชการส่วนท้องถิ่นให้เป็นผู้ดำเนินการรับทำการขนมูลฝอยติดเชื้อ โดยทำเป็นธุรกิจหรือโดยได้รับประโยชน์ตอบแทนด้วยการคิดค่าบริการ ตามมาตรา ๑๙ ทำการขนมูลฝอยติดเชื้อ ให้บุคคลนั้นแสดงชื่อราชการส่วนท้องถิ่นด้วยตัวหนังสือสีแดงที่มีขนาดสามารถมองเห็นได้ชัดเจน พร้อมกับแผ่นป้ายขนาดที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน ระบุรหัสหรือหมายเลขใบอนุญาต ชื่อสถานที่ และหมายเลขโทรศัพท์ของบุคคลนั้น ไว้ที่ภายนอกตัวถังด้านข้างของยานพาหนะขนมูลฝอยติดเชื้อ

(๕) ต้องมีเครื่องป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่เหมาะสมสำหรับผู้ขับขี่และผู้ปฏิบัติงานประจำยานพาหนะขนมูลฝอยติดเชื้อ อุปกรณ์หรือเครื่องมือสำหรับป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นจากการตกหล่นหรือการรั่วไหลของมูลฝอยติดเชื้อ อุปกรณ์หรือเครื่องมือป้องกันอัคคีภัย และอุปกรณ์หรือ

เครื่องมือสื่อสารสำหรับใช้ติดต่อแจ้งเหตุ อยู่ในยานพาหนะขนมูลฝอยติดเชื้อตลอดเวลาที่ทำการขนมูลฝอย ติดเชื้อ

ข้อ ๒๓ ในกรณีที่ใช้รถเข็นตามข้อ ๑๘ ขนมูลฝอยติดเชื้อไปกำจัดยังสถานที่กำจัดตามหมวด ๔ ที่อยู่ภายในสถานบริการการสาธารณสุขหรือภายในบริเวณที่ตั้งห้องปฏิบัติการเชื้ออันตรายแทนยานพาหนะขนมูลฝอยติดเชื้อตามข้อ ๒๒ ให้นำข้อ ๑๗ มาใช้บังคับโดยอนุโลม

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

หมวด ๔

การกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ

ข้อ ๒๔ การกำจัดมูลฝอยติดเชื้อต้องดำเนินการดังต่อไปนี้

(๑) ต้องกำจัดมูลฝอยติดเชื้อโดยวิธีใดวิธีหนึ่งตามที่กำหนดในข้อ ๒๕

(๒) ต้องกำจัดมูลฝอยติดเชื้อตามระยะเวลาที่ราชการส่วนท้องถิ่นกำหนด แต่ต้องไม่เกินสามสิบวันนับแต่วันที่ขนจากที่พักรวมมูลฝอยติดเชื้อของสถานบริการการสาธารณสุขหรือของห้องปฏิบัติการเชื้ออันตราย

(๓) ในระหว่างรอกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ ต้องเก็บกักภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อไว้ในที่เก็บกักภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อที่มีลักษณะเช่นเดียวกับที่พักรวมมูลฝอยติดเชื้อตามข้อ ๑๖ โดยมีขนาดกว้างขวางเพียงพอที่จะเก็บกักภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อไว้ได้จนกว่าจะทำการกำจัด รวมทั้งจัดให้มีข้อความเป็นคำเตือนว่า “ที่เก็บกักภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อ” ด้วยสีแดงและมีขนาดสามารถมองเห็นได้ชัดเจน แสดงไว้ด้วย

(๔) จัดให้มีผู้ปฏิบัติงานกำจัดมูลฝอยติดเชื้อซึ่งมีความรู้เกี่ยวกับมูลฝอยติดเชื้อ โดยผ่านการฝึกอบรมการป้องกันและระงับการแพร่เชื้อหรืออันตรายที่อาจเกิดจากมูลฝอยติดเชื้อตามหลักสูตรและระยะเวลาตามที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

(๕) จัดให้มีเครื่องป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่เหมาะสมสำหรับผู้ปฏิบัติงานกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ รวมทั้งอุปกรณ์หรือเครื่องมือสำหรับป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นจากการตกหล่นหรือการรั่วไหลของมูลฝอยติดเชื้อและอุปกรณ์หรือเครื่องมือป้องกันอัคคีภัยไว้ประจำบริเวณที่ตั้งระบบกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ

(๖) กรณีที่สถานบริการการสาธารณสุข ห้องปฏิบัติการเชื้ออันตรายหรือผู้ที่ได้รับอนุญาตใช้วิธีกำจัดมูลฝอยติดเชื้อด้วยวิธีการอื่นที่มิใช่วิธีเผาในเตาเผาตามข้อ ๒๕ (๑) ให้สถานบริการการสาธารณสุข ห้องปฏิบัติการเชื้ออันตราย หรือผู้ที่ได้รับอนุญาตนั้นตรวจวิเคราะห์ตามข้อ ๒๗ เพื่อตรวจสอบเกณฑ์มาตรฐานในการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อเป็นประจำทุกเดือน และให้รายงานผลการตรวจวิเคราะห์นั้นให้ราชการส่วนท้องถิ่นทราบเป็นประจำภายในวันที่ห้าของทุกเดือน

ข้อ ๒๕ การกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ มีวิธีการดังนี้

(๑) เผาในเตาเผา

(๒) ทำลายเชื้อด้วยไอน้ำ

(๓) ทำลายเชื้อด้วยความร้อน

(๔) วิธีอื่นตามที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ข้อ ๒๖ การกำจัดมูลฝอยติดเชื้อโดยการเผาในเตาเผา ให้ใช้เตาเผาที่มีห้องเผามูลฝอยติดเชื้อและห้องเผาควัน การเผามูลฝอยติดเชื้อให้เผาที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า ๗๖๐ องศาเซลเซียส และในการเผาควันให้เผาด้วยอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า ๑,๐๐๐ องศาเซลเซียส ทั้งนี้ ตามแบบเตาเผาที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดหรือเห็นชอบ และในการเผาต้องมีการควบคุมมาตรฐานอากาศเสียที่ปล่อยออกจากเตาเผาตามที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ข้อ ๒๗ การกำจัดมูลฝอยติดเชื้อด้วยวิธีการทำลายเชื้อด้วยไอน้ำหรือวิธีทำลายเชื้อด้วยความร้อนหรือวิธีอื่นตามข้อ ๒๕ (๒) (๓) หรือ (๔) จะต้องดำเนินการให้ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานทางชีวภาพ โดยมีประสิทธิภาพที่สามารถทำลายเชื้อบัคทีเรีย เชื้อรา ไวรัส และปาราสิต ในมูลฝอยติดเชื้อได้หมดภายหลังการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อด้วยวิธีดังกล่าวตามวรรคหนึ่งแล้ว ต้องมีการตรวจสอบเกณฑ์มาตรฐานทางชีวภาพโดยวิธีการตรวจวิเคราะห์เชื้อบะซิลลัสสะเทียโรเธอร์โมฟิลลัสหรือบะซิลลัสซับทิลิส แล้วแต่กรณี ทั้งนี้ ตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดโดยประกาศใน ราชกิจจานุเบกษา

ข้อ ๒๘ เศษของมูลฝอยติดเชื้อที่เหลือหลังจากการเผาในเตาเผาตามข้อ ๒๖ หรือที่ผ่านการกำจัดเชื้อตามวิธีการตามข้อ ๒๗ แล้ว ให้ดำเนินการกำจัดตามวิธีกำจัดมูลฝอยทั่วไป เว้นแต่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดเป็นอย่างอื่น

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

หมวด ๕

ค่าบริการการเก็บขนหรือกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ

ข้อ ๒๙ ให้ราชการส่วนท้องถิ่นกำหนดอัตราค่าบริการขั้นสูงในการรับทำการเก็บ ขนและกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ ที่ผู้ได้รับใบอนุญาตจากเจ้าพนักงานท้องถิ่นตามมาตรา ๑๙ จะเรียกเก็บจากผู้ใช้บริการตามมาตรา ๒๐ (๕) โดยให้คำนึงถึงความเป็นไปได้ในการประกอบกิจการและความเหมาะสมกับฐานะทางเศรษฐกิจของประชาชนในท้องถิ่นนั้น

บทเฉพาะกาล

ข้อ ๓๐ ให้ราชการส่วนท้องถิ่น สถานพยาบาลตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาล สถานพยาบาลสัตว์ตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาลสัตว์ และห้องปฏิบัติการเชื้ออันตราย ที่มีอยู่หรือจัดตั้งขึ้นก่อนวันที่กฎกระทรวงนี้ใช้บังคับ ดำเนินการจัดให้มีเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบในการเก็บ ขนและหรือกำจัดมูลฝอยติดเชื้อตามข้อ ๗ ข้อ ๘ หรือข้อ ๙ แล้วแต่กรณี ภายในเก้าสิบวันนับแต่วันที่กฎกระทรวงนี้ใช้บังคับและดำเนินการเก็บ ขน และหรือกำจัดมูลฝอยติดเชื้อให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ วิธีการ และมาตรการตามที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวงนี้ภายในหนึ่งปีนับแต่วันที่กฎกระทรวงนี้ใช้บังคับ สำหรับสถานบริการการสาธารณสุขหรือห้องปฏิบัติการเชื้ออันตรายที่ดำเนินการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อด้วยตนเอง ให้ดำเนินการตามข้อ ๖ ภายในเก้าสิบวันนับแต่วันที่กฎกระทรวงนี้ใช้บังคับและต้องปฏิบัติตามหลักเกณฑ์ เงื่อนไข และมาตรการตามที่กำหนดในกฎกระทรวงนี้ภายในหนึ่งปีนับแต่วันที่กฎกระทรวงนี้ใช้บังคับให้ไว้ ณ วันที่ ๒๕ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๔๕

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายเวนิช วัฒนภูริภากร
วันเกิด	วันที่ 6 เดือนกันยายน พ.ศ. 2523
สถานที่เกิด	จังหวัดร้อยเอ็ด
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 588/2 หมู่ 10 ตำบลโคกกรวด อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา รหัสไปรษณีย์ 30280
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	ผู้บริหาร
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 90/1 หมู่ 15 ถนนบางนาตราด ตำบลบางแก้ว อำเภอบางพลี จังหวัด สมุทรปราการ รหัสไปรษณีย์ 10540
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2543 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาการก่อสร้าง วิทยาลัยอาชีวศึกษาโปลีเทคนิค ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
	พ.ศ. 2546 ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต (บธ.บ.) สาขาการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศรีปทุม
	พ.ศ. 2556 ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต (บธ.ม.) สาขาการจัดการวิศวกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลธัญบุรี
	พ.ศ. 2563 ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว