

การจัดการมลพิษอากาศด้วยระบบอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง



วัฒนา เหลืองอ่อน

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองเสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ธันวาคม 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

การจัดการมลพิษอากาศด้วยระบบอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง



วัฒนา เหลืองอ่อน

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองเสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ธันวาคม 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

AIR QUALITY MANAGEMENT WITH IOT FROM AIR POLLUTION CONTROL SYSTEM



An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment
of the Requirements for the Master of Engineering Degree
in Environmental Engineering

December 2024

Copyright 2024 by University of Phayao

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง
เรื่อง
การจัดการมลพิษอากาศด้วยระบบอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง

ของ วัฒนา เหลืองอ่อน

ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ของมหาวิทยาลัยพะเยา

..... ประธานกรรมการสอบการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง
(รองศาสตราจารย์ ดร. โกวิท สุวรรณหงษ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง
(รองศาสตราจารย์ ดร. ตอพงศ์ กรีธาชาติ)

..... อาจารย์บัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยพะเยา
(รองศาสตราจารย์ ดร. ศักดิ์สิทธิ์ อิ่มแมน)

..... คณบดีคณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม
(รองศาสตราจารย์ ดร. ตอพงศ์ กรีธาชาติ)



เรื่อง: การจัดการมลพิษอากาศด้วยระบบอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง

ผู้ศึกษาค้นคว้า: วัฒนา เหลืองอ่อน, การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง: วศ.ม. (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม),
มหาวิทยาลัยพะเยา, 2567

อาจารย์ที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ ดร. ต่อพงศ์ กรัธชาติ

คำสำคัญ: อนุภาค 2.5, ระบบควบคุมมลพิษอากาศ, อินเทอร์เน็ตสำหรับทุกสรรพสิ่งเซ็นเซอร์วัด
คุณภาพอากาศ

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมผู้รับกำจัดของเสียต้องเผชิญหน้ากับปัญหาการมลพิษของอากาศอย่างมากซึ่งเป็นปัญหาที่มีความสำคัญหนึ่งในนั้นคือฝุ่นละอองโดยการ การใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งโดยติดตั้งในระบบบำบัดอากาศแบบเปียกเพื่อควบคุมมลพิษอากาศซึ่ง เป็นความก้าวหน้าอย่างมากในการตรวจสอบและจัดการสิ่งแวดล้อม ระบบอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งช่วยให้สามารถตรวจสอบและควบคุมโรงงานประมวผลได้ทันที เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดการปนเปื้อน การศึกษานี้ตรวจสอบประสิทธิภาพการกำจัดของ อนุภาค2.5 ไมครอน (PM2.5) โดยใช้ระบบนวัตกรรมใหม่ในการกำจัดมลพิษอากาศด้วยระบบ IoT สำหรับการติดตามความเข้มข้น PM2.5 แบบrealtimeในการ การวิจัยมีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาระบบอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งที่มีประสิทธิภาพสำหรับการควบคุมมลพิษของอากาศ ซึ่งมีการเลือกเซ็นเซอร์วัดคุณภาพอากาศที่มีการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการทำให้ติดตามและเฝ้าระวังคุณภาพอากาศที่เกิดจากการบำบัดมลพิษอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

Title: AIR QUALITY MANAGEMENT WITH IOT FROM AIR POLLUTION CONTROL SYSTEM

Author: Wattana Loungon, Independent Study: M.Eng. (Environmental Engineering), University of Phayao, 2024

Advisor: Associate Professor Dr. Torpong Kreetachat

Keywords: PM 2.5, Internet of minus air pollution, air quality sensors

ABSTRACT

The waste processor industry faces a significant air pollution problem, with particulate matter (PM) being the most severe. The use of Internet of Things (IoT) technology in wet scrubbers for air pollution control is a significant advancement in environmental monitoring and management. The IoT system allows for immediate monitoring and regulation of waste processor factories, enhancing the effectiveness of pollutant elimination. The study investigated the removal efficiency of 2.5 microns (PM_{2.5}) using an innovative air pollution system with an IoT system for PM_{2.5} real-time monitoring. The research aimed to establish an efficient IoT system for air pollution control, involving defining objectives, selecting appropriate air quality sensors, deploying them strategically, establishing a robust communication infrastructure, collecting and storing data, developing real-time monitoring and alerts, analyzing data, creating visualizations, integrating external data sources, implementing control mechanisms, educating the public, ensuring compliance with regulations, maintaining and calibrating sensors, planning system upgrades, and establishing a feedback loop for continuous improvement.



กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองฉบับนี้สำเร็จขึ้นได้ตามความตั้งใจของผู้เขียน ด้วยความเมตตากรุณาของอาจารย์ที่ปรึกษาทุกท่าน ท่านแรกขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความเมตตาของท่านอาจารย์รองศาสตราจารย์ ดร.ต่อพงศ์ กริธาชาติ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการรับเป็นที่ปรึกษาได้ให้ข้อเสนอแนะในการหาหัวข้อการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง รวมทั้งคอยกำกับติดตามดูแลและให้คำแนะนำการเขียนการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองสำเร็จลุล่วง ท่านที่สองขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อท่านรองศาสตราจารย์ ดร. ศักดิ์สิทธิ์ อิ่มแมน ที่ท่านได้ให้ข้อเสนอแนะในการแก้ไขความถูกต้องตามหลักวิชาการจนสำเร็จเรียบร้อยท่านที่สามขอขอบพระคุณท่านอาจารย์รองศาสตราจารย์ ดร.โกวิท สุวรรณหงษ์ ที่กรุณารับเป็นที่ปรึกษาร่วมและเสียสละเวลาอันมีค่าในการแนะนำให้คำปรึกษาเกี่ยวกับแนวคิดในการทำการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง และกรุณาให้คำแนะนำเสนอแนะแนวรับการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองให้มีเนื้อหาที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ญาติพี่น้อง และผู้มีพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงที่คอยสนับสนุนการเรียนและคอยให้กำลังใจในวันที่ท้อแท้จนสามารถผ่านพ้นอุปสรรคต่าง ๆ มาได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณครูบาอาจารย์ทุกท่านทั้งที่ได้เอ่ยนามและไม่ได้เอ่ยนามที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ทั้งปวงให้กับผู้เขียน

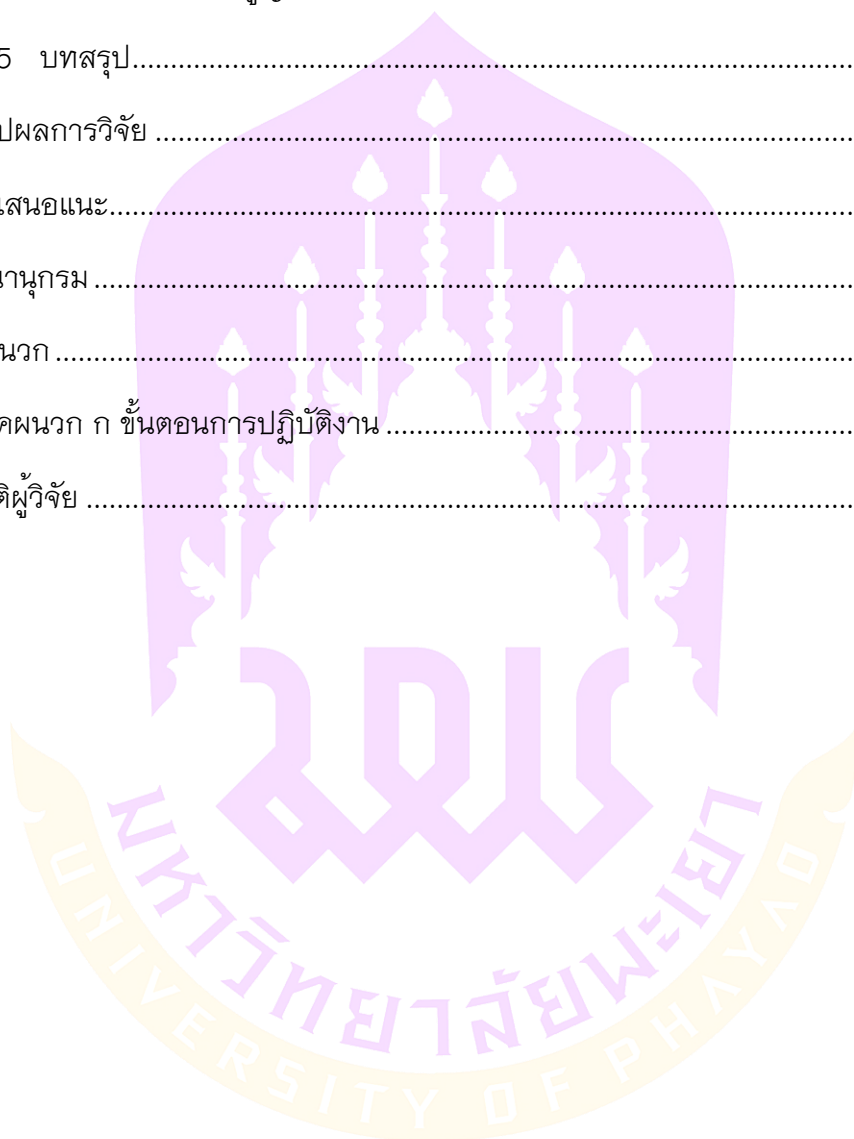
วัฒนา เหลืองอ่อน

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	6
สมมติฐานของการวิจัย.....	6
ขอบเขตการวิจัย	6
ประโยชน์ที่จะได้รับการจากการวิจัย	8
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
แนวทางการพัฒนาเศรษฐกิจทางด้านอุตสาหกรรม	9
มลพิษทางอากาศ (Air Pollution).....	10
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	18
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	45
การเตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการตัดเหล็กม้วน.....	46
วิธีการเก็บข้อมูลในระหว่างการตัดเหล็กม้วน.....	47
วิธีการประมวลข้อมูล.....	47
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล.....	49
ผลการศึกษากระบวนการตัดเหล็กม้วน	49

ผลการคำนวณการออกแบบระบบมลพิษอากาศจากการตัดโลหะมัน.....	52
คำนวณหาปริมาณอากาศโดยวิธีสมดุลห่ออากาศ (BALANCE DUST METHOD) เพื่อเข้าสู่ Wet Scrubber.....	53
การคำนวณค่าความดันสูญเสียในระบบท่อ	55
บทที่ 5 บทสรุป.....	73
สรุปผลการวิจัย	73
ข้อเสนอแนะ.....	73
บรรณานุกรม	74
ภาคผนวก	76
ภาคผนวก ก ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	77
ประวัติผู้วิจัย	94



สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 ค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่เทียบเท่ากับค่าดัชนีคุณภาพอากาศ	16
ตาราง 2 เกณฑ์ของดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย	17
ตาราง 3 การเปรียบเทียบเครื่องมือ	43
ตาราง 4 การแสดงผลค่าระดับความรุนแรงของ AQI มีดังนี้	48
ตาราง 5 ความเร็วที่ใช้ในการดูฝุ่นควัน	52
ตาราง 6 แสดงแฟกเตอร์การสูญเสียของท่อเลี้ยวหน้าตัดวงกลม	56
ตาราง 7 ผลการหาค่าความดันรวม อัตราการไหลของอากาศ กำลังมอเตอร์	63



สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 1 สินค้าและบริการของ บริษัท สยามวัฒนา เวสต์ แมนเนจเม้นท์ จำกัด	3
ภาพ 2 กระบวนการคัดแยกและรีไซเคิลกากอุตสาหกรรมบริษัท สยามวัฒนา	4
ภาพ 3 ตำแหน่งกิจกรรมหลอมขยะพลาสติก	4
ภาพ 4 แผนขั้นตอนการดำเนินงาน	8
ภาพ 5 มลพิษทางอากาศ	10
ภาพ 6 ภัยสุขภาพจากฝุ่น PM2.5	13
ภาพ 7 ดัชนีชี้วัดคุณภาพ	16
ภาพ 8 เตาเผาที่ใช้ความร้อนสูง	29
ภาพ 9 กระบวนการดูดซับเกิดขึ้น ขั้นตอน 3	32
ภาพ 10 ผิวถ่านกัมมันต์จากกลองจุลทรรศน์กำลังขยายสูง	33
ภาพ 11 ถ่านกัมมันต์ (หรือถ่านปลุกฤทธิ์)	33
ภาพ 12 ซิลิกาเจลโดยผลิตจาก โซเดียมซิลิเกต	34
ภาพ 13 ซีโอไลต์ มีลักษณะเป็นผลึกมีรูพรุนเท่ากันตลอด	34
ภาพ 14 ระบบการดูดกลืน (Absorption)	35
ภาพ 15 แพคทาวเออร์ (packed tower)	36
ภาพ 16 เพลทคอลัมน์ (plate column)	37
ภาพ 17 หอสเปรย์ (Spray Towers)	37
ภาพ 18 ระบบกรองชีวภาพ (Biofilter)	38
ภาพ 19 ระบบ Biotrickling Filter	39
ภาพ 20 ระบบ Bioscrubbers	40
ภาพ 21 ระบบ Rotating Drum Biofilter	41

ภาพ 22 ระบบ Membrane Biofilter	42
ภาพ 23 ระบบการกรองชีวภาพ (Biofiltration)	43
ภาพ 24 ขั้นตอนการดำเนินงานและติดตั้งรายงาน IOT	45
ภาพ 25 Air Pollution Control Diagram	46
ภาพ 26 ผลการศึกษากระบวนการตัดเหล็กม้วน.....	49
ภาพ 27 ขั้นตอนการตัดเหล็กม้วน.....	50
ภาพ 28 กระบวนการเพิ่มมูลค่าของเสีย เหล็กม้วน.....	51
ภาพ 29 ลักษณะควันจากการตัดเหล็กม้วน.....	51
ภาพ 30 กราฟแสดงการหาขนาดท่อลม	54
ภาพ 31 การสูญเสียความดันที่ทางเข้าหัวดูด	55
ภาพ 32 รูปแบบไซโคลน	58
ภาพ 33 ประสิทธิภาพของไซโคลนแยกตามขนาดของอนุภาค	59
ภาพ 34 ตู้ดูดอากาศเสียแบบแขนคลุมไว้ด้านบน (CANOPY HOOD)	63
ภาพ 35 ด้านห้องตัดเหล็กม้วน.....	66
ภาพ 36 WET SCRUBBER.....	67
ภาพ 37 ค่าฝุ่นละออง PM _{2.5} (วันที่ 27 ม.ค. 2567)	67
ภาพ 38 ดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศ PM _{2.5} (วันที่ 27 ม.ค. 2567).....	68
ภาพ 39 ระดับความรุนแรงคุณภาพอากาศ ก่อนตัดเหล็กม้วน เวลา 11:31 – 12:30 น.	69
ภาพ 40 ระดับความรุนแรงคุณภาพอากาศ ก่อนตัดเหล็กม้วน เวลา 12:31 – 13:30 น.	69
ภาพ 41 ระดับความรุนแรงคุณภาพอากาศ ระหว่างตัดเหล็ก เวลา 13:31 – 14:10 น.	70
ภาพ 42 ระดับความรุนแรงคุณภาพอากาศ หลังตัดเหล็กม้วน เวลา 14:11 – 15:10 น.	71
ภาพ 43 ระดับความรุนแรงคุณภาพอากาศ หลังตัดเหล็กม้วน เวลา 15:11 – 16:10 น.	71
ภาพ 44 ภาพค่า PM 2.5	72
ภาพ 45 เครื่องเดินตัดเตาตามราง 1 ตัว.....	83

ภาพ 46 1-3 แก๊สเวรลด์ 2 ถึง.....	83
ภาพ 47 1-6 ถึงลม 5 ถึง.....	84
ภาพ 48 ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon)	84
ภาพ 49 สารดูดซับ (Molecular Sieve).....	85
ภาพ 50 เตรียมถุงผ้าใส่สาร Activated Carbon และ Molecular Sieve	85
ภาพ 51 เย็บถุงผ้าตามขนาดที่ต้องการ.....	86
ภาพ 52 กรอกสารถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon).....	86
ภาพ 53 กรอกสารดูดซับ (Molecular Sieve).....	87
ภาพ 54 สารดูดซับที่กรอกเสร็จแล้ว.....	87
ภาพ 55 นำถุงสารดูดซับยึดไว้กับแผ่นฟิลเตอร์.....	88
ภาพ 56 นำแผ่นโพลีในกล่องฟิลเตอร์.....	89
ภาพ 57 นำสารดูดซับใส่ในกล่องฟิลเตอร์ด้านบน.....	89



บทที่ 1

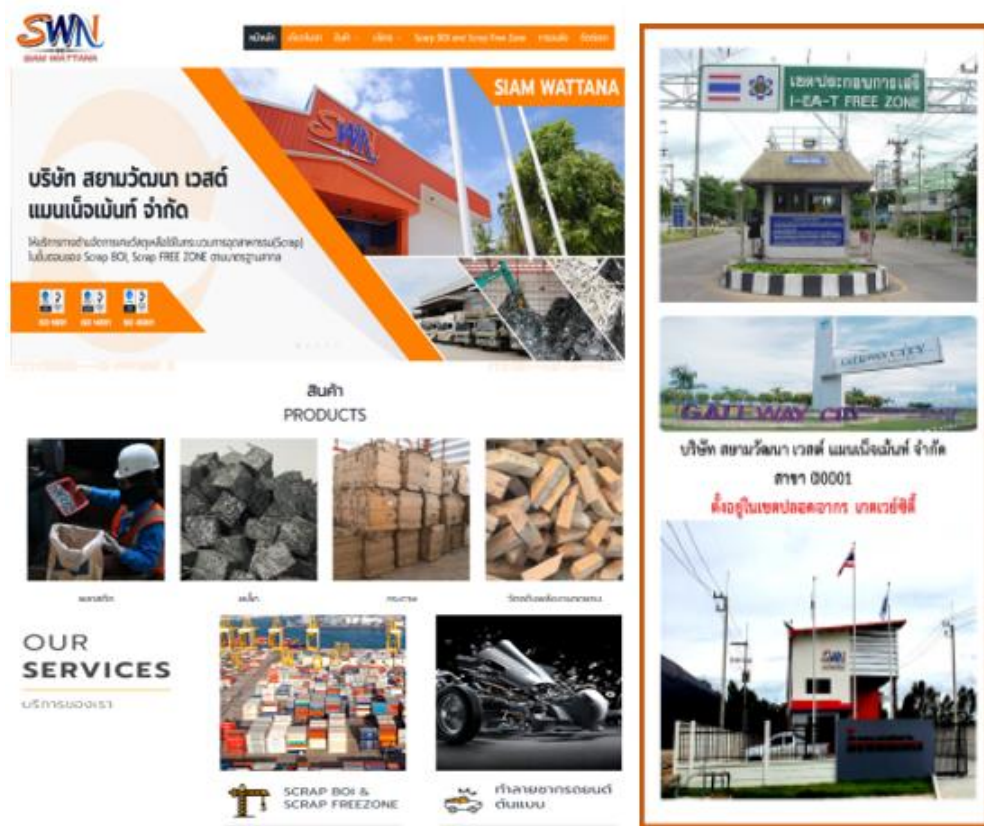
บทนำ

ปัจจุบันการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจที่เพิ่มสูงขึ้น อันเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของประชากรส่งผลให้ เกิดการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดอย่างฟุ่มเฟือยทั้งในกระบวนการผลิตและบริโภค ทำให้เกิดขยะหรือของ เสียเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของโลก ก่อให้เกิดวิกฤตสภาพ ภูมิอากาศ หรือ Climate Change (ประภัศร วงศ์เย็น, 2565) การรณรงค์ให้ผู้บริโภคเปลี่ยนพฤติกรรมโดยใช้ หลัก 3Rs “Reduce Reuse และ Recycle” คงไม่เพียงพอต่อการเปลี่ยนแปลง ทั้งนี้ด้านผู้ผลิตจึงจำเป็นต้องมี การปรับเปลี่ยนด้วยเช่นกัน (ธันธร มหาพรประจักษ์, 2558)

แผนการพัฒนาประเทศไทยกำหนดให้มี “ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี” ซึ่งเป็นยุทธศาสตร์ในการพัฒนาประเทศในระยะยาว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการยกระดับคุณภาพของประเทศในทุกภาคส่วนได้มีการจัดทำพื้นที่นำร่องโครงการพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor หรือ EEC) ที่มุ่งเน้นการพัฒนาพื้นที่ 3 จังหวัดในภาคตะวันออกคือ ระยอง ชลบุรี และฉะเชิงเทรา เนื่องจากจังหวัดดังกล่าวเดิมที่เป็นเขตอุตสาหกรรมอันดับต้น ๆ ของประเทศอยู่แล้ว ทั้งนี้เพื่อยกระดับขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศบนพื้นฐานของเทคโนโลยีสมัยใหม่และนวัตกรรม(คณะกรรมการนโยบายเขตพัฒนาพิเศษ ภาคตะวันออก, 2562) ปัจจุบันประเทศไทยมีการจัดทำแผนพัฒนาเศรษฐกิจฉบับที่ 13 ที่มีเป้าหมายหลักของการพัฒนาในระยะ 5 ปี (2566 –2570) มีเป้าหมายที่ชัดเจนและมีความสอดคล้องกับแผนพัฒนาชาติ โดยมีการนำหลักเศรษฐกิจพอเพียงมากำหนดทิศทางในการบริหารประเทศ ตลอดจนการโยกกับการพัฒนาที่ยั่งยืนของโลก (Sustainable Development Goals: SDGs) แต่จะปฏิเสธไม่ได้ว่าเมื่อมีการเติบโตของระบบเศรษฐกิจและเทคโนโลยีสิ่งที่จะตามมาคือของเสียหรือขยะจำนวนมาก ในหลายๆอุตสาหกรรมการผลิตจึงมีการนำหลักการของ BCG Model ซึ่งเป็นการพัฒนาเศรษฐกิจแบบองค์รวมที่มุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรชีวภาพเพื่อสร้างมูลค่า (Bioeconomy) รวมด้วยกับเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) โดยจะอยู่ภายใต้เศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy) เป็นนโยบายที่ภาคอุตสาหกรรมร่วมกันผลักดันเพื่อก่อให้เกิดการพัฒนาเศรษฐกิจและยกระดับการพัฒนาอย่างยั่งยืน ตลอดจนมีการพัฒนาสังคมร่วมกับการรักษาสังแวดล้อมให้มีความสมดุลอีกด้วย (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2564) หนึ่งในหลักการสำคัญของ BCG Model ที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ ระบบ

เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) โดยหลักการ ของระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนตามการ รายงานของมูลนิธิ Ellen MacArther กล่าวว่า Circular Economy เป็นระบบเศรษฐกิจ หมุนเวียนที่มุ่งเน้นที่จะรักษาคุณค่าของทรัพยากรโดยการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และ ลดการปลดปล่อยของเสียและมลภาวะ (Fedotkina, et al., 2019, p. 2) ในอุตสาหกรรมการผลิต หลักการดังกล่าวจะมุ่งเน้นในเรื่องของ Zero Waste ซึ่งเป็นการลดปริมาณของเสียให้น้อยลง หรือเท่ากับศูนย์ โดยจะมีการปรับโครงสร้างกระบวนการผลิตที่เป็นการพึ่งพาซึ่งกันและกัน ระหว่างโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อให้ เกิดความสมดุลระหว่างมนุษย์และทรัพยากร

บริษัท สยามวัฒนา เวสต์ แมนเนจเม้นท์ จำกัด ดำเนินกิจการเกี่ยวกับการรับซื้อ-ขาย เศษวัสดุเหลือใช้ประเภทต่าง ๆ จากโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี โดยจัดตั้งเป็นโรงงานอุตสาหกรรม ประเภท 105, 106 ให้บริการทางด้านจัดการเศษวัสดุเหลือ ใช้ในกระบวนการอุตสาหกรรม (Scrap) ในขั้นตอนของ Scrap BOI , Scrap FREE ZONE ตาม มาตรฐานสากล BS EN ISO 9001, ISO 14000, ISO 45001 มุ่งเน้นการนำวัสดุที่ไม่ใช้แล้วนำ กลับมาใช้ใหม่เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด รับปรึกษาดำเนินงานทางด้าน recycle, งาน Scrap ทั่วไป และที่อยู่ในกระบวนการของ BOI และ Free Zone จัดหาโลหะที่มีคุณสมบัติตรงตาม ตารางธาตุหรือเคมีที่ลูกค้าต้องการและวัตถุดิบอื่น ๆ ในขบวนการผลิตและให้บริการทำลาย รถยนต์ต้นแบบหรือเสื่อมสภาพ บริษัท สยามวัฒนา เวสต์ แมนเนจเม้นท์ จำกัด จดทะเบียน จัดตั้งเมื่อวันที่ 7 มกราคม 2554 ด้วยทุนจดทะเบียน 100 ล้านบาท และลักษณะของธุรกิจ แสดงตามภาพ 1 และ ภาพ 2

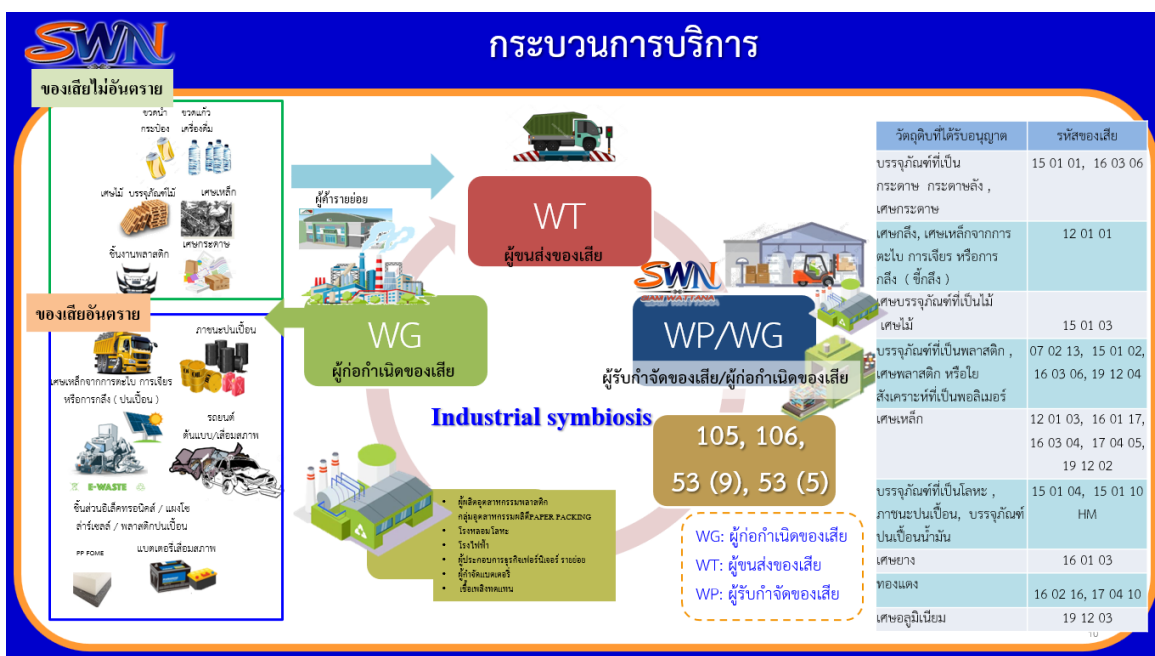


ภาพ 1 สินค้าและบริการของ บริษัท สยามวัฒนา เวสต์ แมเนจเม้นท์ จำกัด

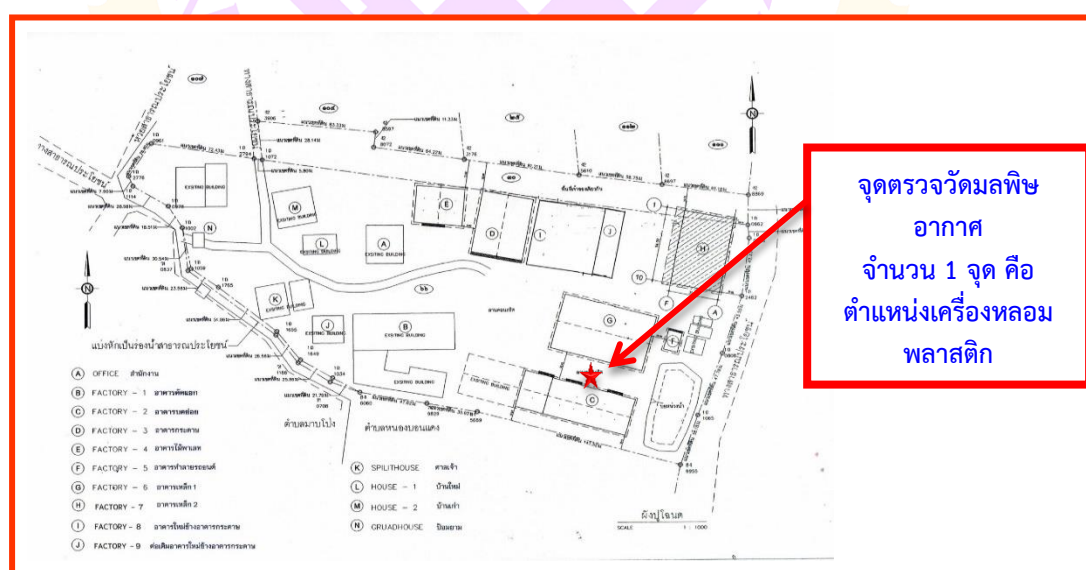
นอกจากนี้บริษัท สยามวัฒนา เวสต์ แมเนจเม้นท์ จำกัด มีความมุ่งมั่นดำเนินการให้สอดคล้องตามข้อกำหนดกฎหมาย กฎระเบียบต่างๆ ทางด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม อาชีวอนามัยและความปลอดภัย มีการป้องกันมลพิษที่เกิดจากการดำเนินกิจการของบริษัท ฯ โดยมีการควบคุมมลพิษ เช่น อากาศ น้ำ และขยะ มีการใช้วัตถุดิบและทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งการป้องกันความเสี่ยงต่อสุขภาพอนามัยและความปลอดภัยของพนักงาน มีการปรับปรุงระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม อาชีวอนามัย และความปลอดภัยอย่างต่อเนื่อง บริษัท ฯ จะมีการส่งเสริมความรู้ด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ด้านสุขภาพอนามัยและความปลอดภัย เพื่อสร้างจิตสำนึกแก่พนักงานรวมถึงบุคคลอื่น ๆ ที่ปฏิบัติงานในนามขององค์กร ให้มีความตระหนักและช่วยป้องกันปัญหาที่จะเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตัวพนักงาน และชุมชนโดยรอบ

โดยบริษัท สยามวัฒนา เวสต์ แมเนจเม้นท์ จำกัด ที่มีความมุ่งมั่นในการดำเนินธุรกิจด้วยระบบคุณภาพและการจัดการสิ่งแวดล้อมที่มีมาตรฐาน เพื่อตอบสนองต่อความคาดหวังของลูกค้า ทั้งในด้านคุณภาพการทำงานและป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในขอบเขตของ

การดำเนินงานของบริษัท เพื่อประโยชน์ของลูกค้า สังคม และองค์กรโดยมีกระบวนการดำเนินงานกิจกรรมดังภาพ 2 และ 3



ภาพ 2 กระบวนการคัดแยกและรีไซเคิลกากอุตสาหกรรมบริษัท สยามวัฒนา เวสต์ แมนเนจเม้นท์



ภาพ 3 ตำแหน่งกิจกรรมหลอมขยะพลาสติก

จากกิจกรรมบริษัท สยามวัฒนา เวสต์ แมนเนจเม้นท์ จำกัด มีกิจกรรมที่สำคัญ ดังรายละเอียดกระบวนการดังนี้อุดแยกและบดย่อยชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ อุปกรณ์ชิ้นส่วน เครื่องใช้ไฟฟ้า แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์พลาสติกหุ้มโลหะหรือที่มีส่วนผสมโลหะทุกชนิด, ตะกรัน, ตะกอน, โลหะมีค่า, แผงโซลาร์เซลล์, เซรามิค, เศษยางทุกชนิดและอุปกรณ์ฟอกไอเสีย รถยนต์ (Catalytic Converter) หลอมหลอมสกัดโลหะ โลหะมีค่าทุกชนิด แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์, เครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนทุกชนิด พลาสติกผสมโลหะมีค่า อุปกรณ์ไฟฟ้าเชื้อเพลิงทดแทนและ เชื้อเพลิงผสมจากวัสดุปนเปื้อนทุกชนิด, ทำลายถุงลงนํ้า, คัดแยกแบตเตอรี่, ถอดแยก รถยนต์ต้นแบบหรือรถยนต์ทดลองที่ผลิตจากโรงงานหรือรถยนต์ที่ใช้แล้วหมดสภาพบดย่อย ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์และอื่น ๆ ที่ผ่านขบวนการชุบ (Plating) และผ่านขบวนการ Stamping เพื่อส่งออกและขายในประเทศ แบ่งบรรจุภัณฑ์ และชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศ เพื่อจำหน่ายในประเทศสกัดและถลุงโลหะต่าง ๆ และบดย่อยอุปกรณ์ฟอกไอเสียรถยนต์ (Catalytic Converter) และคัดแยกขอเสียไม้อันตราย บด ย่อยพลาสติก หลอมพลาสติก ดังภาพ 4 ซึ่งเป็นกิจกรรมหนึ่งในโซ่อุปทาน (Supply Chain) ของอุตสาหกรรมยานยนต์

ซึ่งกิจกรรมทั้งหมดของโรงงานสยามวัฒนาจากการสำรวจกิจกรรมการผลิตของ สถานประกอบการ ร่วมกับผลการประเมินความเสี่ยงของสถานประกอบการ พบว่า กระบวนการดำเนินงานที่มีความเกี่ยวข้องกับเครื่องจักรจะมีความเสี่ยงสูง ได้แก่ การอัดเหล็ก ก้อน การอัดก้อนกระดาช การอัดก้อนพลาสติก การบดย่อยพลาสติก และการทำลายชิ้นส่วน รถยนต์ แต่ในแต่ละกระบวนการมีการควบคุมความเสี่ยงอย่างเหมาะสม และไม่พบ สถิติอุบัติเหตุจากการทำงานที่หยุดงานเกิน 3 วันในระยะเวลาตั้งแต่ พ.ศ. 2562 – 2565 สำหรับการดำเนินการผลิตในปี พ.ศ. 2566 พบว่ามีกระบวนการรีไซเคิลเหล็กม้วนเป็น กระบวนการใหม่ที่เพิ่งเริ่มดำเนินการ และมีความถี่ในการทำงานเฉลี่ย 3 วันต่อสัปดาห์ จาก การสังเกตลักษณะการทำงานในขั้นตอนของการตัดเหล็ก พบว่าในการตัดเหล็กจะให้คนงานใช้ อุปกรณ์ตัดเหล็กที่ใช้ความร้อนสูงหลอมละลายเหล็กโดยมีแก๊สเป็นเชื้อเพลิง คนงานจะทำการ ตัดเหล็กม้วนแยกออกจากกันโดยจะตัดให้ได้ตามขนาดที่ต้องการและจัดเก็บเพื่อรอขนส่งไปยัง คู่ค้าสำหรับขั้นตอนตัดเหล็กม้วนนั้นเป็นการรีไซเคิลเหล็กที่เป็นของเสียจากภาคอุตสาหกรรม นำมาตัดครั้งให้ได้ขนาดตามที่ลูกค้าต้องการเพื่อเพิ่มมูลค่าให้สามารถนำไปจำหน่ายต่อให้กับ โรงงานอุตสาหกรรมหลอมโลหะ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังภาพ 4 และ ภาพ 5

ซึ่งในขั้นตอนการตัดพบว่ามี การเกิดควันและประกายไฟปริมาณมาก ถึงแม้ สภาพแวดล้อมการทำงานเป็นอาคารโล่งโปร่ง แต่พบว่าการระบายควันยังไม่เพียงพอเมื่อเทียบกับปริมาณควันที่เกิดขึ้น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาแนวทางควบคุมมลพิษอากาศจากกิจกรรม

ดังกล่าว ด้วยการออกแบบระบบควบคุมมลพิษฝุ่นและก๊าซอีกทั้งมีการใช้ระบบIoTเพื่อติดตามคุณภาพอากาศเพื่อเฝ้าระวังปลอบคุมประสิทธิภาพการบำบัดให้มีประสิทธิภาพ

จากกิจกรรมดังกล่าวปัญหามลพิษอากาศเป็นปัญหาที่มีนัยสำคัญ ผู้วิจัยจึงเสนอศึกษาเพื่อเสนอแนวทางในการกำจัดมลพิษอากาศ เพื่อลดมลพิษทางอากาศให้ลดลง หรือให้เหลือน้อยที่สุด เพื่อตรวจสอบคุณภาพอากาศจากปล่องโดยใช้ระบบขจัดมลพิษอากาศ ซึ่งประกอบด้วยหัวดูด (Enclosed Hood) เพื่อรวบรวมควัน ไอเสีย ที่เกิดจากการทำงานทั้งหมดไปเข้าระบบขจัดมลพิษ ซึ่งเลือกใช้ระบบบำบัดอากาศ ระบบคือ ระบบ Bio wet scrubber ร่วมกับระบบการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ติดตั้งด้วยระบบอินเตอร์เน็ตสำหรับทุกสรรพสิ่ง เพื่อติดตามและวิเคราะห์คุณภาพอากาศอย่างทันต่อการแก้ปัญหาเพื่อทำการบำบัดมลพิษอันทรียะเหยง่ายที่เกิดการกระบวนกรและทำให้การระบายอากาศออกสู่ภายนอกมีค่าเป็นไปตามมาตรฐานที่ราชการและกฎหมายกำหนดอีกทั้งป้องกันเหตุรำคาญต่อชุมชน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและติดตั้งระบบบำบัดมลพิษอากาศที่เกิดจากสารอินทรีย์ระเหยง่ายในกระบวนการหลอมพลาสติกด้วยระบบInternet of Things (IoT)
2. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดอนุภาค 2.5 PM
3. เพื่อประเมินดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศ (Air Quality Index)

สมมติฐานของการวิจัย

ในการศึกษานี้มีแนวคิดในการระบบบำบัดมลพิษอากาศที่เกิดจากสารอินทรีย์ระเหยง่ายในกระบวนการหลอมพลาสติกด้วยระบบ wet scrubber ร่วมกับระบบการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์โดยเชื่อมกับระบบInternet of Things (IoT) ดังภาพ 4

ขอบเขตการวิจัย

1. ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน
 - 1.1 ศึกษารายละเอียดกระบวนการตัดลวดที่ใช้แล้วเพื่อวิเคราะห์ปริมาณมลพิษอากาศระบุแหล่งปล่อยมลพิษ
 - 1.2 ศึกษาข้อมูลปัจจัยเกณฑ์ในการออกแบบระบบมลพิษอากาศ
 - 1.3 วิเคราะห์รายละเอียดในการคำนวณระบบมลพิษอากาศพร้อมเลือกวัสดุอุปกรณ์

1.4 วิเคราะห์อุปกรณ์ตรวจวัดและชุดควบคุมอัตโนมัติ สำหรับระบบ Internet of Things (IOT)

1.5 ติดตั้งระบบมลพิษอากาศ

1.6 ศึกษาประเมินประสิทธิภาพ การควบคุมมลพิษอากาศ

การออกแบบ ติดตั้งระบบและบำบัดมลพิษอากาศจากกระบวนการตกตะกอน และปรับสภาพน้ำมันและตัวทำละลาย ถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ คือ

1.7 การออกแบบแผนผังและจัดหาเครื่องมืออุปกรณ์เพื่อติดตั้งระบบบำบัดมลพิษอากาศ

1.8 การติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์และเดินระบบบำบัดมลพิษอากาศ เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพตามที่ได้ออกแบบไว้และติดตั้งชุด IOT

2. วิธีการปฏิบัติงาน

2.1 รวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับระบบบำบัดมลพิษที่เกิดจากสารอินทรีย์ระเหยง่าย

2.2 ลงพื้นที่สำรวจข้อมูลทางวิศวกรรม สถานที่หรือพื้นที่โครงสร้างของอาคารโรงงาน เพื่อเตรียมออกแบบระบบบำบัดมลพิษอากาศ

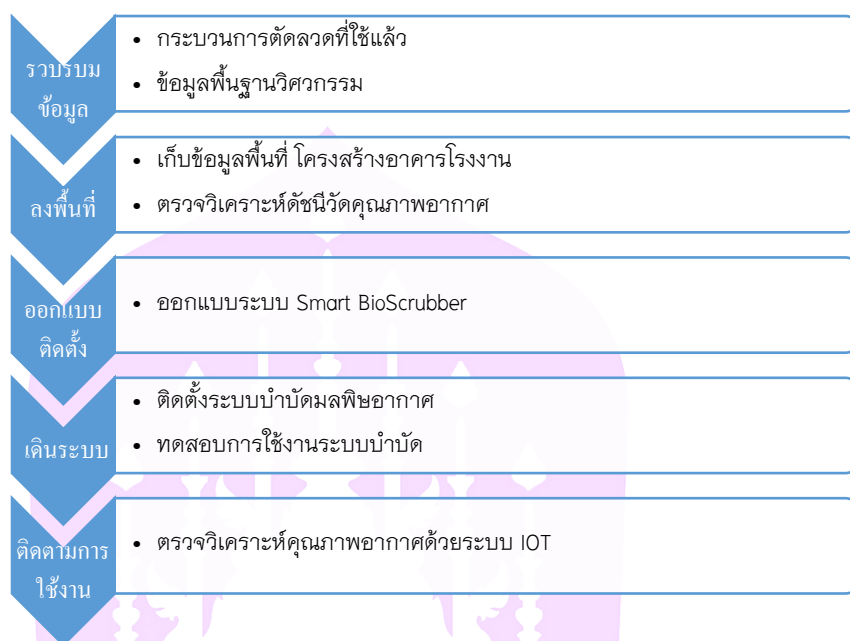
2.3 การออกแบบและติดตั้งระบบบำบัดมลพิษอากาศมลพิษอากาศที่เกิดจากสารอินทรีย์ระเหยง่าย โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.3.1 ศึกษาการออกแบบและประเมินราคากระบบบำบัดมลพิษอากาศ

2.3.2 ดำเนินการติดตั้งระบบบำบัดมลพิษด้วยระบบ IOT ณ บริษัท พร้อมทั้งทดสอบการใช้งานระบบบำบัดอากาศเบื้องต้น

2.3.3 ติดตามการใช้งานระบบบำบัดมลพิษด้วยระบบ IOT ได้แก่ตรวจวิเคราะห์คุณภาพอากาศที่ปล่อยสู่บรรยากาศภายนอก

ออกแบบแผนผัง



ภาพ 4 แผนขั้นตอนการดำเนินงาน

ประโยชน์ที่จะได้รับการวิจัย

1. ได้ระบบบำบัดมลพิษอากาศที่สามารถกำจัดการอินทรีย์ระเหยง่ายของสถานประกอบการ ได้ถูกต้องตามหลักวิชาการและลดปริมาณของมลพิษทางอากาศสอดคล้องกับกฎหมายที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งผู้ประกอบการมีองค์ความรู้ในการปนเปื้อนของมลพิษอากาศภายในบริเวณโรงงาน
2. ได้ระบบ IOT ที่เหมาะสมกับการควบคุมอากาศและแนวทางการใช้ดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศ Air Quality Index

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวทางการพัฒนาเศรษฐกิจทางด้านอุตสาหกรรม

ภาคอุตสาหกรรมเป็นกำลังหลักที่สำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศมาโดยตลอด และนับวันก็ยิ่งมีความสำคัญมากขึ้นเรื่อยๆ จะเห็นได้จากสัดส่วนผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติ (GDP) ของภาคอุตสาหกรรมเติบโตขึ้นตามลำดับ จนกระทั่ง ปี พ.ศ.2554 มีสัดส่วนเป็น 40% ของ GDP ของประเทศ มีมูลค่ารวม 4.3 ล้านล้านบาท ตัวเลข GDP ของภาคอุตสาหกรรมนี้ไม่เพียงแต่สะท้อนถึงความสำคัญในทางเศรษฐกิจของภาคอุตสาหกรรมต่อประเทศเท่านั้น แต่ยังบ่งบอกถึงการสร้างงาน สร้างรายได้ให้กับคนในชาติอย่างมากมาย และหลากหลายกลุ่มอาชีพ ไม่ว่าจะเป็นระดับรากหญ้า เกษตรกร นักวิชาการ หรือเจ้าของกิจการ นอกจากนั้นแล้วยังผลักดันให้เกิดการพัฒนาและขับเคลื่อนเทคโนโลยีของประเทศ และที่สำคัญภาคอุตสาหกรรมเป็นกลไกของห่วงโซ่การผลิตเพื่อเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบให้สูงขึ้นเพื่อสนองตอบความต้องการของชาติในการลดการพึ่งพานำเข้าสินค้า และเพิ่มขีดความสามารถส่งออกสินค้าไปต่างประเทศ การพัฒนาอุตสาหกรรมไม่ได้มีเพียงผลกระทบในเชิงบวกดังที่กล่าวมาแล้ว แต่ยังคงมีผลกระทบในเชิงลบต่อเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม หากว่าภาครัฐขาดการวางแผน และการจัดการที่ดี ดังที่ปรากฏจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็นกรณีที่เกิดในจังหวัดระยอง มีการประท้วงโรงงานก่อมลพิษ การลักลอบทิ้งกากอุตสาหกรรมในจังหวัดฉะเชิงเทรา หรือการปนเปื้อนของแหล่งน้ำไม่ว่าจะเป็น คู คลอง หรือแม่น้ำ ซึ่งเหตุดังกล่าวก่อให้เกิดกระแสการต่อต้านโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการประกอบกิจการที่มีอยู่เดิม รวมถึงการตั้งโรงงานอุตสาหกรรมที่อนุญาตใหม่ ส่งผลต่อบรรยากาศการลงทุนและความเชื่อมั่นของนักลงทุนทั้งในประเทศและต่างประเทศ

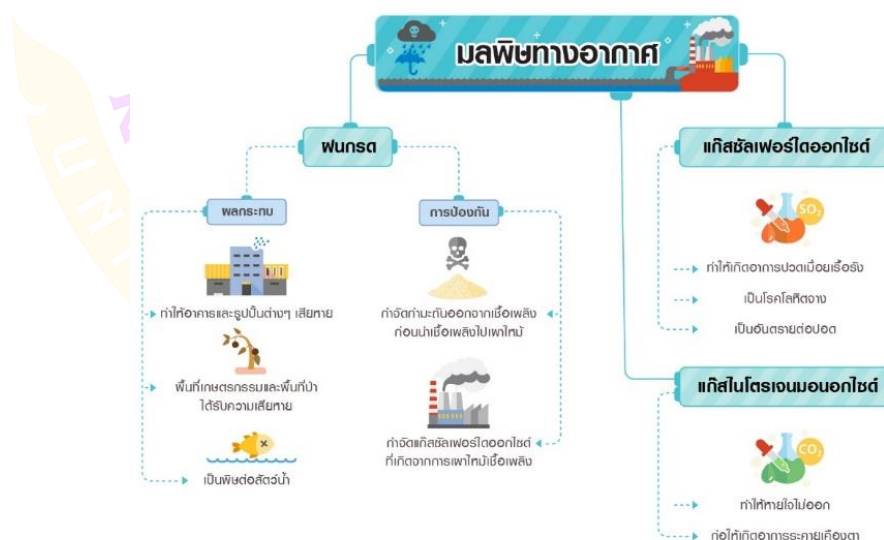
ในปัจจุบันการประกอบกิจการอุตสาหกรรมใหม่นับวันเกิดขึ้นได้ยาก และมีความซับซ้อนมากขึ้นเนื่องจากกระแสต่อต้านการสร้างโรงงานอุตสาหกรรมตามที่กล่าวไปแล้ว แม้ว่าโรงงานอุตสาหกรรมไม่ได้ก่อให้เกิดผลกระทบอย่างสูง หรือในวงกว้างขวาง แต่ยังคงมีการคัดค้านจากกลุ่มคนบางกลุ่มซึ่งจะเกิดผลกระทบต่อความเชื่อมั่น และบรรยากาศการลงทุน รวมถึงภาพลักษณ์อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ หากปล่อยให้เนิ่นนานไป ผลกระทบนี้จะขยายวงกว้างไปสู่ห่วงโซ่การผลิตอื่น ๆ แต่อย่างไรก็ตามคงปฏิเสธไม่ได้ว่า สังคม ประเทศ ยังต้องการโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อความมั่นคงของเศรษฐกิจ การสร้างงานสนองตอบความอยู่ดีกินดีของ

ประชาชน และขับเคลื่อนกลไกการผลิตต่อไป ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องสร้างความเชื่อมั่นของนักลงทุนและสังคม โดยการสร้างกฎเกณฑ์ กติกาให้ชัดเจน และเป็นที่ยอมรับเชิงวิชาการ จัดหาพื้นที่ที่เหมาะสมในการตั้งโรงงานอุตสาหกรรม โดยต้องคำนึงถึงความสมดุลในมิติต่างๆ ในด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม รวมถึงการวางแผนและการจัดการที่ดี เพื่อให้โรงงานอุตสาหกรรมอยู่ร่วมกับสังคมได้อย่างปกติสุข มาตรการหรือเครื่องมือที่ใช้อย่างหนึ่งก็คือ การจัดพื้นที่อุตสาหกรรมเพื่อการตั้งโรงงาน (Industrial Zoning) โดยต้องศึกษาพื้นที่เพื่อการตั้งโรงงานอุตสาหกรรมที่เหมาะสมทั้งมิติด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม มีการกำหนดรายละเอียดการบริหารจัดการ และเงื่อนไขในการอยู่ร่วมกันของโรงงานอุตสาหกรรม โดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้การดำเนินการต้องตั้งอยู่บนหลักวิชาการการพัฒนาที่ยั่งยืน และการมีส่วนร่วมของชุมชนและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง

มลพิษทางอากาศ (Air Pollution)

1. ความหมายของมลพิษทางอากาศ

หมายถึง ภาวะของอากาศที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่มากพอ และเป็นระยะเวลา นานพอที่จะทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ สัตว์ พืช และวัสดุต่าง ๆ โดยสามารถแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ



ภาพ 5 มลพิษทางอากาศ

2. แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ

การเกิดปัญหามลพิษทางอากาศจากการกระทำของมนุษย์ เช่น เกิดจากความต้องการพลังงานเพื่อใช้ในครัวเรือน ใช้ในภาคอุตสาหกรรม และภาคเกษตรกรรม รวมทั้งมลพิษทางอากาศที่เกิดจากการใช้รถยนต์ เรือยนต์ หรือเครื่องบิน ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งมีผลต่อสุขภาพของคนเราโดยตรง การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเหล่านี้ยังทำให้เกิดปัญหามลพิษเพิ่มมากขึ้นทุกปี

ปัญหามลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นจากธรรมชาติ เช่น การระเบิดของภูเขาไฟทำให้เกิดควันและเถ้าถ่านกระจายสู่อากาศเป็นจำนวนมาก มลพิษที่เกิดจากไฟป่าทำให้เกิดหมอกควันที่เป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ มลพิษที่เกิดจากการเน่าเปื่อยของซากพืชซากสัตว์ หากเกิดปฏิกิริยาเคมีจะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน และก๊าซแอมโมเนียกระจายไปในอากาศ และมลพิษทางอากาศที่เกิดจากฝุ่นละออง ซึ่งเกิดจากวัตถุที่ถูกทุบ บด กระแทก จนแตกออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ เมื่อถูกกระแสลมก็จะทำให้กระจายตัวอยู่ในอากาศ

3. ฝุ่นละออง

3.1 ความหมายของฝุ่นละออง หมายถึง อนุภาคของแข็งและหยดละอองของเหลวที่แขวนลอยกระจายในอากาศอนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในอากาศบางชนิดมีขนาดใหญ่และสีดำจนมองเห็นเป็นเขม่าและควัน แต่บางชนิดมีขนาดเล็กมาก จนมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ฝุ่นละอองที่แขวนลอยในบรรยากาศ โดยทั่วไปมีขนาดตั้งแต่ 100 ไมครอนลงมา และก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของคน สัตว์ พืช เกิดความเสียหายต่ออาคารบ้านเรือน ทำให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญต่อประชาชน บดบังทัศนวิสัยทำให้เกิดอุปสรรคในการคมนาคมขนส่ง นานาประเทศจึงได้มีการกำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศขึ้นในประเทศสหรัฐอเมริกา โดย US.EPA (United State Environmental Protection Agency) ได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานของฝุ่นรวม (Total Suspended Particulate) และฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10) แต่เนื่องจากการศึกษาวิจัยพบว่าฝุ่นขนาดเล็กนั้นจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพมากกว่าฝุ่นรวม เนื่องจากสามารถผ่านเข้าไปในระบบทางเดินหายใจส่วนล่างและมีผลต่อ สุขภาพมากกว่าฝุ่นรวม ดังนั้น US.EPA จึงได้มีการยกเลิกค่ามาตรฐานฝุ่นรวมและกำหนดค่าฝุ่นขนาดเล็กเป็น 2 ชนิด คือ ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10) และฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (PM2.5)

ฝุ่น PM 2.5 หรือเรียกว่า ฝุ่นละเอียด (Fine Particles) คือ อนุภาคฝุ่นละอองในอากาศที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ที่ 2.5 ไมครอน และแขวนลอยอยู่ในอากาศรวมกับไอน้ำ

ควัน และก๊าซต่าง ๆ ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าถึงจะเป็นเพียงฝุ่นละอองขนาดเล็กจิ๋ว แต่เมื่อมาอยู่รวมกันจะกินพื้นที่ในอากาศมหาศาล ล่องลอยอยู่ในชั้นบรรยากาศปริมาณสูง เกิดเป็นหมอกควันอย่างที่เราเห็นกัน PM2.5 คือ ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน เทียบได้ว่ามีขนาดประมาณ 1 ใน 25 ส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผมมนุษย์ มีขนาดเล็กจนจมูกของมนุษย์ที่ทำหน้าที่กรองฝุ่นนั้นไม่สามารถกรองได้ สามารถแพร่กระจายเข้าสู่ทางเดินหายใจ กระแสเลือด และเข้าสู่อวัยวะอื่น ๆ ในร่างกายได้ และตัวฝุ่นจะเป็นพาหะนำสารอื่นเข้ามาด้วย เช่น แคดเมียม ปรอท โลหะหนัก และสารก่อมะเร็ง

3.2 มลพิษทางอากาศที่ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ

ผลกระทบระยะยาวที่อาจเกิดขึ้นเมื่อได้รับปริมาณฝุ่น PM 2.5 มีการกำหนดค่ามาตรฐานในบรรยากาศ คือ ตามเกณฑ์ขององค์การอนามัยโลกค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและค่าเฉลี่ยรายปีไม่เกิน 10 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของประเทศไทยกำหนดค่ามาตรฐาน PM 2.5 ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและค่าเฉลี่ยรายปีไม่เกิน 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ปัจจัยที่ทำให้ PM 2.5 ยังคงเป็นปัญหาในปัจจุบัน คือ ยังคงมีแหล่งสร้างมลพิษทางอากาศซึ่งเรายังไม่สามารถควบคุมให้ปริมาณมลพิษทางอากาศจากแหล่งที่มาเหล่านี้ลดลงได้ รวมถึงสภาพความกดอากาศต่ำ ทำให้การเคลื่อนย้ายของฝุ่นมลภาวะทางอากาศไม่ถ่ายเทออกไปโดยง่าย ฝุ่น PM 2.5 สามารถทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพทั่วไปในระยะสั้นและระยะยาว โดยเฉพาะถ้ามีการสะสมในร่างกายเป็นระยะเวลานาน ๆ เช่น

1. ต่อระบบผิวหนัง ทำให้มีปัญหาผื่นคัน ผื่นแพ้, ลมพิษ, ผิวหน้าเหี่ยวแห้ง และเกิดริ้วรอยบริเวณร่องแก้มมากยิ่งขึ้นด้วย
2. ต่อระบบทางเดินหายใจ กระตุ้นภูมิแพ้, โรคหืด, โรคถุงลมโป่งพอง, ทำให้เกิดปัญหาโรคทางเดินหายใจเรื้อรัง, มะเร็งปอด ทำให้เกิดโรคหลอดเลือดและหัวใจเรื้อรัง
3. มีผลต่อการพัฒนาการสติปัญญาของเด็ก กระทบต่อการเจริญเติบโตของร่างกายในเด็กและสามารถส่งผลถึงทารกในครรภ์มารดาทำให้เจริญเติบโตช้าหรือคลอดก่อนกำหนดได้



ภาพ 6 ภัยสุขภาพจากฝุ่น PM2.5

4. IoT (Internet of Things)

อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things) หมายถึงเครือข่ายรวมของอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อถึงกันและเทคโนโลยีที่อำนวยความสะดวกในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์กับระบบคลาวด์ ตลอดจนระหว่างอุปกรณ์ด้วยกันเอง จากการเกิดขึ้นของชิปคอมพิวเตอร์ราคาไม่แพงและการสื่อสารโทรคมนาคมที่มีแบนด์วิดท์สูง

อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่งบูรณาการสิ่งของต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันเข้ากับอินเทอร์เน็ต โดยวิศวกรคอมพิวเตอร์ได้เพิ่มเซ็นเซอร์และตัวประมวลผลให้กับของใช้ในชีวิตประจำวัน

อินเทอร์เน็ตของทุกสิ่ง (Internet of Things) คือ เครือข่ายของอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อที่สามารถสื่อสารกันได้ โดยทั่วไปแล้วอุปกรณ์เหล่านี้จะมีซอฟต์แวร์ฝังตัว ฮาร์ดแวร์คอมพิวเตอร์และเซ็นเซอร์ ข้อมูลที่อุปกรณ์เหล่านี้รวบรวมจะได้รับการประมวลผลในระบบคลาวด์ ข้อมูลผลลัพธ์จะถูกส่งกลับไปยังอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อด้วยวิธีนี้ อุปกรณ์สมาร์ทโฮมสามารถตั้งโปรแกรมและตรวจสอบและควบคุมสภาพแวดล้อมได้หลาย ๆ ด้าน

อินเทอร์เน็ตของทุกสิ่ง (Internet of Things) คือ การขยายเครือข่ายของอุปกรณ์ที่สามารถสื่อสารระหว่างกันได้ อุปกรณ์เหล่านี้สามารถเชื่อมต่อทางกายภาพหรือแบบไร้สายกับอินเทอร์เน็ตสามารถสื่อสารระหว่างกัน ผ่านการสื่อสารแบบเครื่องต่อเครื่อง

5. ระบบบำบัดอากาศแบบเปียก (Wet Scrubber)

ระบบบำบัดอากาศเสียแบบเปียก (Wet Scrubber System)

ระบบบำบัดอากาศเสียแบบเปียก หรือ Wet scrubber เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับกำจัดก๊าซและไอกรด/ไอสารเคมี โดยอาศัยหลักการทำงานแบบสัมผัสกันระหว่างอากาศเสียกับของเหลว ซึ่งก็คือ น้ำ หรือสารละลายเคมี เริ่มจากอากาศเสียจะถูกดูดเข้าระบบแล้วผ่านชั้นตัวกลางคือ PACKING MEDIA ที่ทำหน้าที่เพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างอากาศเสียกับน้ำ ด้วยการฉีดพ่นละอองน้ำแล้วกระจายไปปะทะกับอากาศเสียดังกล่าว ทำให้มวลสารที่เป็นสารปนเปื้อนต่างๆ จะถูกดักจับด้วยของเหลวไม่สามารถหลุดไปสู่บรรยากาศได้ ส่วนอากาศที่ผ่านการบำบัดแล้ว จะถูกส่งไปยังปล่องอากาศเพื่อปล่อยสู่บรรยากาศต่อไป

ระบบกำจัดฝุ่นชนิดถุงกรอง (DUST COLLECTOR (BAG FILTER)

ทำงานโดยอาศัยหลักกลไกการกรอง (Filtration) อากาศที่มีสารปนเปื้อนไหลผ่านเข้าผ้ากรองหรือถุงกรอง ที่มีความละเอียดมากพอที่จะยอมให้เฉพาะอากาศเท่านั้นที่ไหลผ่านถุงกรองไปได้ ส่วนฝุ่นจะติดอยู่ที่ผิวหน้าของผ้ากรอง เครื่องดักฝุ่นแบบผ้ากรองหรือถุงกรองนี้มีประสิทธิภาพในการแยกฝุ่นสูงถึง 99.9% แต่ตัวระบบค่อนข้างใหญ่ต้องการพื้นที่ในการติดตั้งมาก ราคาผ้ากรองหรือถุงกรองแพง และอายุการใช้งานของผ้ากรองมีจำกัด ต้องทำการเปลี่ยนเมื่อถึงเวลาที่กำหนดระบบกำจัดฝุ่นชนิดถุงกรอง เหมาะสำหรับโรงงานที่ต้องการกำจัดฝุ่นละอองขนาดเล็กที่มีอนุภาคขนาดเล็กสุดได้ถึง 0.1 ไมครอน เช่น ฝุ่นซีเมนต์ ฝุ่นจากโรงแป้งมัน ฝุ่นละอองจากการผสมหรือวัตถุดิบที่ต้องการ ประสิทธิภาพในการเก็บสูง

ระบบกำจัดกลิ่นด้วยถ่านกัมมันต์ (ACTIVATED CARBON FILTER)

ระบบบำบัดอากาศด้วยถ่านกัมมันต์ เป็นการใชหลักการทำงานของถ่านกัมมันต์ในการแยกก๊าซเสียหรือไอระเหยสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนออกจากอากาศ โดยมีกระบวนการที่โมเลกุลของก๊าซเสียจะถูกแยกออกจากอากาศโดยการดูดซับไว้ที่ผิวของถ่านกัมมันต์ที่มีผิวเป็นรูพรุน โดยทั่วไปตัวดูดซับถ่านกัมมันต์นี้ จะดูดซับไอระเหยของสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 45 ได้ดี

ดัชนีคุณภาพอากาศ (Air Quality Index)

ดัชนีคุณภาพอากาศ (Air Quality Index : AQI) เป็นการรายงานข้อมูลคุณภาพอากาศในรูปแบบที่ง่ายต่อความเข้าใจของประชาชนทั่วไป เพื่อเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนได้ทราบถึงสถานการณ์มลพิษทางอากาศในแต่ละพื้นที่ รวมถึงผลกระทบจากมลพิษทางอากาศต่อสุขภาพ ซึ่งดัชนีคุณภาพอากาศ 1 ค่า ใช้เป็นตัวแทนค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ 6 ชนิด ได้แก่

1. ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) เป็นฝุ่นที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2.5 ไมครอน เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของยานพาหนะ การเผาวัสดุการเกษตร ไฟป่า และกระบวนการอุตสาหกรรม และเนื่องจากฝุ่นมีขนาดเล็กจึงง่ายต่อการแพร่กระจายสู่ถุงลมปอด ส่งผลให้เกิดโรคระบบทางเดินหายใจ และโรคปอดต่าง ๆ ซึ่งหากได้รับในปริมาณมากหรือเป็นระยะเวลานาน จะทำให้เกิดการสะสมในเนื้อเยื่อปอด ประสิทธิภาพการทำงานของปอดลดลง เกิดหลอดลมอักเสบและมีอาการหอบหืด

2. ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) เป็นฝุ่นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 10 ไมครอน เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง การเผาในที่โล่ง กระบวนการอุตสาหกรรม การบด การม่ หรือฝุ่นผงจากการก่อสร้าง หากหายใจนำฝุ่นเข้าสู่ร่างกายจะเกิดการสะสมในระบบทางเดินหายใจ ส่งผลเสียต่อสุขภาพ

3. ก๊าซโอโซน (O_3) เป็นสารมลพิษทางอากาศในชั้นบรรยากาศผิวโลก เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน และสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย โดยมีแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา มีผลกระทบต่อสุขภาพ โดยก่อให้เกิดการระคายเคืองตาและระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจและเยื่อเมือกต่างๆ ทำให้การทำงานของปอดลดลง เหนื่อยเร็ว โดยเฉพาะในเด็ก คนชรา และคนที่เป็นโรคปอดเรื้อรัง

4. ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เป็นก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ สามารถสะสมอยู่ในร่างกายโดยการรวมตัวกับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง ซึ่งหากหายใจนำก๊าซชนิดนี้ในร่างกาย ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จะทำปฏิกิริยากับฮีโมโกลบินในเลือด เกิดเป็นคาร์บอกซีฮีโมโกลบิน ($CoHb$) ทำให้การลำเลียงออกซิเจนไปสู่เซลล์ต่างๆ ของร่างกายลดน้อยลง ส่งผลให้ร่างกายเกิดอาการอ่อนเพลีย และหัวใจทำงานหนักขึ้น

5. ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) เป็นก๊าซที่มีอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ หรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงต่างๆ อุตสาหกรรมบางชนิด เป็นต้น ก๊าซนี้มีผลต่อระบบการมองเห็นและผู้ที่มีการหอบหืดหรือ โรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ

6. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) เป็นก๊าซที่เกิดจากธรรมชาติและการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีกำมะถัน (ซัลเฟอร์) เป็นส่วนประกอบ สามารถรวมตัวกับสารมลพิษอื่นแล้วก่อตัวเป็นอนุภาคฝุ่นขนาดเล็ก ก๊าซนี้มีผลกระทบโดยตรงต่อสุขภาพ ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเยื่อเมือกตา ผิวหนัง และระบบทางเดินหายใจ หากได้รับเป็นเวลานาน ๆ จะทำให้เป็นโรคหลอดลมอักเสบเรื้อรังได้



ภาพ 7 ดัชนีชี้วัดคุณภาพ

ค่ามาตรฐานดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย

ตาราง 1 ค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่เทียบเท่ากับค่าดัชนีคุณภาพอากาศ

AQI	PM _{2.5}	PM ₁₀	O ₃	CO	NO ₂	SO ₂
	(มคก./ ลบ.ม)	(มคก./ ลบ.ม)	(ppb)	(ppm)	(ppb)	(ppb)
	เฉลี่ย 24 ชั่วโมง		เฉลี่ย 8 ชั่วโมง		เฉลี่ย 1 ชั่วโมง	
0 – 25	0 – 25	0 – 50	0 – 35	0 – 4.4	0 – 60	0 – 100
26 – 50	26 – 37	51 – 80	36 – 50	4.5 – 6.4	61 – 106	101 – 200
51 – 100	38 – 50	81 – 120	51 – 70	6.5 – 9.0	107 – 170	201 – 300
101 – 200	51 – 90	121 – 180	71 – 120	9.1 – 30.0	171 – 340	301 – 400
201 ขึ้นไป	91 ขึ้นไป	181 ขึ้นไป	121 ขึ้นไป	30.1 ขึ้นไป	341 ขึ้นไป	401 ขึ้นไป

ที่มา: กองการจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ

หมายเหตุ: $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง : ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือ มคก./ลบ.ม หรือ $\mu g/m^3$
 PM_{10} เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง : ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือ มคก./ลบ.ม หรือ $\mu g/m^3$
 O_3 เฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อเนื่อง : ส่วนในล้านส่วน หรือ ppb หรือ 1/1,000,000,000
 CO เฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อเนื่อง : ส่วนในล้านส่วน หรือ ppb หรือ 1/1,000,000
 NO_2 เฉลี่ย 1 ชั่วโมง : ส่วนในล้านส่วน หรือ ppb หรือ 1/1,000,000,000
 SO_2 เฉลี่ย 1 ชั่วโมง : ส่วนในล้านส่วน หรือ ppb หรือ 1/1,000,000,000

ตาราง 2 เกณฑ์ของดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย

AQI	ความหมาย	สีที่ใช้	คำอธิบาย
0 – 25	คุณภาพอากาศดีมาก	ฟ้า	คุณภาพอากาศดีมาก เหมาะสำหรับกิจกรรมกลางแจ้งและการท่องเที่ยว
26 – 50	คุณภาพอากาศดี	เขียว	คุณภาพอากาศดี สามารถทำกิจกรรมกลางแจ้งและการท่องเที่ยวได้ตามปกติ <u>ประชาชนทั่วไป</u> : สามารถทำกิจกรรมกลางแจ้งได้ตามปกติ
51 – 100	ปานกลาง	เหลือง	<u>ผู้ที่ต้องดูแลสุขภาพเป็นพิเศษ</u> : หากมีอาการเบื้องต้น เช่น ไอ หายใจลำบาก ระคายเคืองตา ควรลดระยะเวลาการทำกิจกรรมกลางแจ้ง <u>ประชาชนทั่วไป</u> : ควรเฝ้าระวังสุขภาพ ถ้ามีอาการเบื้องต้น เช่น ไอ หายใจลำบาก ระคายเคืองตา ควรลดระยะเวลาการทำกิจกรรมกลางแจ้ง หรือใช้อุปกรณ์ป้องกันตนเองหากมีความจำเป็น
101 – 200	เริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพ	ส้ม	<u>ผู้ที่ต้องดูแลสุขภาพเป็นพิเศษ</u> : ควรลดระยะเวลาการทำกิจกรรมกลางแจ้ง หรือใช้อุปกรณ์ป้องกันตนเองหากมีความจำเป็น ถ้ามีอาการทางสุขภาพ เช่น ไอ หายใจลำบาก ตาอักเสบ แน่นหน้าอก ปวดศีรษะ หัวใจเต้นไม่เป็นปกติ คลื่นไส้ อ่อนเพลีย ควรปรึกษาแพทย์

ที่มา: กองการจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศในโรงงานแปรรูปของเสียดด้วยระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ผู้วิจัยได้รวบรวมแนวคิดและหลักการจากเอกสารต่างๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในงานวิจัยและทำสรุปสาระสำคัญต่างๆตามหัวข้อดังนี้

กระทรวงสาธารณสุขของรัฐแคลิฟอร์เนีย (2565) ได้ศึกษาเกี่ยวกับรายงานคุณภาพอากาศโดยใช้ข้อมูลที่ทันสมัยและแม่นยำ คุณภาพอากาศของสถานีตรวจสอบทั้งสามแห่งในเขตเมืองหลวงของออสเตรเลียได้รับการจัดอันดับในรูปแบบของดัชนีคุณภาพอากาศ (Air Quality Index: AQI) เพื่อใช้บ่งชี้ถึงความสะดวกสบายของอากาศ เพื่อที่จะได้หลีกเลี่ยงกิจกรรมกลางแจ้งได้หากระดับมลพิษทางอากาศสูง ดัชนีคุณภาพอากาศคำนวณจากข้อมูลคุณภาพอากาศที่เกี่ยวข้องกับสารมลพิษ 5 ชนิดที่ตรวจสอบภายใต้พระราชบัญญัติคุณภาพอากาศสำหรับสารมลพิษแต่ละชนิด สารมลพิษที่พบคือ ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) และก๊าซโอโซน (O_3) ดัชนีคุณภาพอากาศสามารถแบ่งออกได้ 6 ระดับตั้งแต่ "ดีมาก ถึงเป็นอันตราย" แต่ละหมวดแสดงสีที่แตกต่างกัน โดยค่าต่ำแสดงว่าคุณภาพอากาศดีขึ้น และค่าสูงแสดงว่าคุณภาพอากาศยิ่งแย่ลง การแบ่งหมวดแสดงค่าสารมลพิษอากาศสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

ระดับสีฟ้า	มีค่าสารมลพิษอยู่ในช่วง 0 – 33 เท่ากับอากาศดีมาก
ระดับสีเขียว	มีค่าสารมลพิษอยู่ในช่วง 34 – 66 เท่ากับอากาศดี
ระดับสีเหลือง	มีค่าสารมลพิษอยู่ในช่วง 67 – 99 เท่ากับอากาศพอใช้
ระดับสีส้ม	มีค่าสารมลพิษอยู่ในช่วง 100 – 149 เท่ากับอากาศแย่
ระดับสีม่วง	มีค่าสารมลพิษอยู่ในช่วง 150 – 200 เท่ากับอากาศแย่มาก
ระดับสีแดง	มีค่าสารมลพิษอยู่ในช่วง 200 + เท่ากับอากาศอันตราย

จตุภัทร เมฆพ่ายัพ (2563) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการทำนายดัชนีคุณภาพอากาศในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยด้วยความแม่นยำของข่ายงานระบบประสาท โดยทำการศึกษามลพิษทางอากาศที่กำลังเป็นปัญหาทางสิ่งแวดล้อม ในการทำนายคุณภาพอากาศจึงกลายมามีบทบาทที่สำคัญในการแจ้งหรือเตือนประชาชนและควบคุมมลพิษทางอากาศในทุกประเทศรวมถึงประเทศไทย มัลติเลเยอร์เพอร์เซพตรอน หรือ MLP เป็นตัวแบบข่ายงานระบบประสาทอย่างง่าย ซึ่งถูกสร้างขึ้นเพื่อประเมินและทำนายค่าดัชนีคุณภาพอากาศ หรือ AQI ในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยตรวจวัดข้อมูลจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศจำนวน 8 สถานี ที่ตั้งอยู่ในจังหวัดระยอง ชลบุรี และฉะเชิงเทรา ผลการศึกษา

พบว่าสารมลพิษหลักทางอากาศที่ส่งผลต่อค่า AQI ในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศเป็นส่วนใหญ่ คือ ก๊าซโอโซนและฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน และที่เหลือนั้น อีกไม่ถึง 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นผลมาจากก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ นอกจากนี้ตัวแบบข้างงานระบบประสาทที่ได้ยังสามารถทำนายและจำแนกกลุ่มของดัชนีคุณภาพอากาศได้ค่อนข้างสมบูรณ์และถูกต้องโดยเห็นได้จากความแม่นยำของค่าอัตราการจำแนกถูกที่มีค่ามากประมาณ 90% สำหรับชุดข้อมูลการสร้างตัวแบบ และ 88%

ประธาน คำจันะ (2562) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีสารสนเทศด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อแสดงปริมาณความหนาแน่นของหมอกควันที่ส่งผลต่อสุขภาพของประชากร กรณีศึกษาพื้นที่เทศบาลเมืองแกนพัฒนา จังหวัดเชียงใหม่ โดยทำการศึกษาและทำการสร้างระบบตรวจจับปริมาณความหนาแน่นของหมอกควันที่ส่งผลต่อสุขภาพของประชาชน ซึ่งประชาชนสามารถเข้าถึงข้อมูลปริมาณของฝุ่นและหมอกควัน เพื่อจะได้ตรวจสอบและป้องกันฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นภายในชุมชนได้ โดยระบบแบ่งการทำงานเป็น 2 ส่วนคือ 1) ส่วนของสถานีตรวจวัดฝุ่นละอองหมอกควัน โดยใช้วิธีการอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IOT) ในการสร้างอุปกรณ์เครื่องตรวจวัดทำหน้าที่ตรวจสอบความหนาแน่นของหมอกควัน ฝุ่นละออง โดยจะทำการส่งข้อมูลความหนาแน่นไปยังฐานข้อมูล 2) ระบบแสดงความหนาแน่นของหมอกควันเป็นแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เพื่อแสดงปริมาณฝุ่นละอองและคำแนะนำให้กับผู้ใช้งาน เป็นระบบที่ทำงานผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลได้สะดวกรวดเร็ว

สุดจิต ครุจิต, นเรศ เชื้อสุวรรณ, นิรันดร์ คงฤทธิ์ และคณะ (2561) ได้ศึกษาเกี่ยวกับแนวทางการจัดการคุณภาพอากาศสำหรับโรงงานขนาดกลางและขนาดเล็กตามแนวคิดอุตสาหกรรมสีเขียว โดยศึกษาการพัฒนาแนวทางการจัดการคุณภาพอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็ก ตามแนวคิดอุตสาหกรรมสีเขียว โดยมีขั้นตอนการดำเนินการที่ครอบคลุมตั้งแต่แหล่งกำเนิดของมลพิษจนถึงผู้รับมลพิษในชุมชนบริเวณใกล้เคียง และคัดเลือกโรงงานในเขตอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 3 แห่ง เพื่อทดลองปฏิบัติตามแนวทางและประเมินผลการดำเนินการ ผลการศึกษาได้แนวทางซึ่งมีขั้นตอนทั้งหมด 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การสำรวจเก็บข้อมูลโรงงาน 2) การสำรวจความคิดเห็นของชุมชน 3) การจัดทำบัญชีการปล่อยมลพิษ 4) การตรวจวัดมลพิษ 5) การประมาณมลพิษด้วยแบบจำลอง 6) การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ และ 7) การจัดทำแผนจัดการคุณภาพอากาศ โดยแต่ละขั้นตอนสามารถนำไปประยุกต์งานได้ตามความเหมาะสมของแต่ละโรงงาน ผลการทดลองพบว่าสามารถนำแนวทางไปปฏิบัติได้ ทำการคัดเลือกโรงงานเข้าร่วมโครงการ 3 แห่ง คือ

1) บริษัท อุตสาหกรรมแป้งโคราช 2) บริษัท นีสเทิร์น อินดัสทรี และ 3) โรงผลิตอาหารสัตว์ฟาร์ม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยสามารถนำแนวทางการจัดการคุณภาพอากาศที่พัฒนาขึ้น ไปปฏิบัติให้เกิดประโยชน์แต่ละโรงงานและเป็นตัวอย่างสำหรับโรงงานอื่น ๆ ที่จะนำไปประยุกต์ใช้เพื่อให้โรงงานสามารถอยู่ร่วมกับชุมชนได้อย่างยั่งยืน

วีระ พันอินทร์ (2561) ได้ศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นละอองด้วยอุปกรณ์ดักจับฝุ่นชนิด สดรับเบอร์แบบเปียกที่เหมาะสมสำหรับโรงสีข้าวชุมชนบ้านกาดเมฆ ตำบลชมพู อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง เพื่อช่วยลดปัญหาฝุ่นละอองที่ฟุ้งกระจายในอากาศ ซึ่งเป็นปัญหามลพิษทางอากาศในเขตพื้นที่ชุมชน โดยทำการศึกษาค่าความหนาแน่นของฝุ่นละอองจากการสีข้าวของโรงสีข้าวชุมชน ผลการศึกษาค่าความหนาแน่นของฝุ่นละอองจากการสีข้าวของโรงสีข้าวชุมชน พบว่าค่าความหนาแน่นฝุ่นละอองขณะเดินระบบสีข้าวมีค่า 1.12 mg/m^3 เกินค่ามาตรฐาน ซึ่งค่ามาตรฐานฝุ่นละออง ณ จุดปล่อยกำหนดไว้ไม่เกิน 0.10 mg/m^3 ความเร็วลมในท่อระบายอากาศเสีย อัตราการไหลของน้ำที่เหมาะสมต่ออัตราการไหลของอากาศ รวมทั้งทำการออกแบบตัวกลางดูดซึมชนิด Ceramic berl saddle นำข้อมูลที่ได้มาทำการออกแบบสดรับเบอร์แบบเปียกด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Scrubber design สดรับเบอร์แบบเปียกที่ออกแบบมีพื้นที่หน้าตัดของตัวถังเท่ากับ 0.25 m^2 และความยาว 1.5 m ตัวกลางดูดซึมชนิด Ceramic berl saddle ทำจากดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส มีประสิทธิภาพในการดูดซึมน้ำและฝุ่นดีที่สุด สามารถลดปริมาณฝุ่นละอองที่เกิดจากระบวนการสีข้าวของโรงสีข้าวชุมชนได้ถึง ร้อยละ 91 ที่ระดับแรงดันของน้ำสเปรย์ 0.30 bar

วรานันต์ ตันติเวทย์ และโสเมสการ เพชรานนท์ (2560) ได้ศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อโอกาสในการประสบปัญหาสุขภาพอันเกิดจากมลพิษทางอากาศในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง โดยทำการรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถามจากตัวแทนครัวเรือนที่อาศัยอยู่ในชุมชนโดยรอบพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง จำนวน 640 ชุด โดยใช้แบบจำลองโพรบิต (Probit) ในการวิเคราะห์ผลการศึกษา พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อโอกาสในการประสบปัญหาสุขภาพ อันเกิดจากมลพิษทางอากาศ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติร้อยละ 10 ได้แก่ เพศ อายุ การศึกษา อาชีพพนักงาน บริษัทเอกชน ระยะห่างระหว่างที่พักอาศัยกับนิคมอุตสาหกรรม จำนวนสมาชิกครอบครัวที่เป็นเด็กจำนวนสมาชิก ครอบครัวที่เป็นผู้สูงอายุ ประเภทที่พักอาศัยเป็นบ้าน ค่าใช้จ่ายในการป้องกันปัญหาสุขภาพ และการให้คำแนะนำเพื่อป้องกันปัญหามลพิษทางอากาศอย่างถูกวิธี ดังนั้นหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องควรกำหนดนโยบายในการบริหารจัดการปัญหา เช่น การกำหนดเขตที่พักอาศัยให้ห่างจากพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดในระดับที่เหมาะสม

เจนจิรา มีแสง (2557) ได้ศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของระบบป้องกันฝุ่นละอองจากกระบวนการผลิตของโรงโม่หิน จากค่าการตรวจวัดความทึบแสง : กรณีศึกษา ตำบลหน้าพระลาน อำเภอเฉลิมพระเกียรติจังหวัดสระบุรี โดยทำการศึกษาศึกษาถึงแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองจากกระบวนการโม่หิน การบด การย่อย และการคัดขนาดหินและเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองจากกระบวนการผลิตของโรงโม่หิน การบด หรือการย่อยหินจากการตรวจวัดค่าความทึบแสง (Smoke Opacity) กับระบบป้องกันผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่มีการดำเนินการของโรงโม่หิน จากการประกอบกิจการโรงโม่หินในแถบตำบลหน้าพระลาน อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสระบุรี จำนวน 24 โรงโม่จากจำนวนโรงโม่หินทั้งหมด 38 โรงโม่ ทั้งนี้อีก 14 โรงโม่ไม่สามารถเข้าตรวจวัดค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองได้เนื่องด้วยมีโรงโม่จำนวน 9 โรงโม่หยุดการโม่หินและมีโรงโม่หินจำนวน 5 โรงโม่ที่ปิดกิจการ ผลการศึกษาพบว่าแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองจากกระบวนการโม่หิน การบด การย่อยและการคัดขนาดหินที่สำคัญจำนวน 6 แหล่งคือไต้ปากโม่บนเครื่องบดย่อยชั้นที่ 2 ไต้เครื่องบดย่อยชั้นที่ 2 บนเครื่องบดย่อยชั้นที่ 3 ไต้เครื่องบดย่อยชั้นที่ 3 และจุดถ่ายโอนระหว่างสายพาน และการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองจากกระบวนการผลิตของโรงโม่หิน การบด หรือการย่อยหินจากการตรวจวัดค่าความทึบแสง (Smoke opacity) กับระบบป้องกันผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่มีการดำเนินการของโรงโม่หิน พบว่าค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองมีความสอดคล้องกับสมมติฐาน แบ่งเป็น 2 ช่วงฤดูกาล ดังนี้ ในฤดูแล้งโรงโม่หินที่ใช้ระบบสเปรย์น้ำร่วมกับระบบถูกรอง และระบบไซโคลน ในการป้องกันฝุ่นละออง มีค่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง ระหว่าง 0.48 % - 3.08 % และโรงโม่หินที่ใช้ระบบสเปรย์น้ำเพียงอย่างเดียวในการป้องกันฝุ่น มีค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองระหว่าง 0.62 % - 23.25 % และในฤดูฝนโรงโม่หินที่ใช้ระบบการสเปรย์น้ำร่วมกับระบบถูกรองและระบบไซโคลน ในการป้องกันฝุ่นละอองมีค่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง ระหว่าง 0.16 % - 1.75 % และโรงโม่หินที่ใช้ระบบสเปรย์น้ำเพียงอย่างเดียวในการป้องกันฝุ่น มีค่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง ระหว่าง 0.89 % - 8.78 %

อภิชาติ ศุภจรรย์รักษ์ และสุดจิต ครุจิต (2554) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาไซโคลน สกรับเบอร์สำหรับเตาเผามูลฝอยขนาดเล็ก โดยทำการออกแบบและทดสอบประสิทธิภาพไซโคลน สกรับเบอร์สำหรับเตาเผามูลฝอยขนาดเล็ก โดยประกอบด้วยไซโคลนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 ซม. สูง 120 ซม. และท่อนสกรับเบอร์ที่มีการติดตั้งหัวฉีด แบบ axial-flow สามารถฉีดละอองน้ำมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางในช่วงประมาณ 300-500 ไมครอน ท่อนสกรับเบอร์มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ขนาด คือ 15 ซม. และ 7.5 ซม. อัตราการไหลของอากาศที่ 12 ลบ.ม.ต่อนาทีและอัตราการฉีดน้ำที่ 3 และ 8 ลิตรต่อนาที ผลการทดสอบได้ประสิทธิภาพ

การบำบัดอนุภาคเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 33 ถึง 72 ประสิทธิภาพการบำบัดคาร์บอนนอกไซด์เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 7 ถึง 85 และในภาพรวมกล่าวได้ว่าระบบจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าในกรณีที่ใช้ค่า L/G ratio สูง ขนาดหน้าตัดท่อสกรับเบอร์ต่ำหรือการฉีดละอองน้ำเป็นแบบสวนกระแสน้ำอากาศ

มลพิษทางอากาศ

มลพิษทางอากาศ หมายถึง ภาวะอากาศที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่สูงกว่าระดับปกติเป็นเวลา นานพอที่จะทำให้เกิดอันตรายแก่มนุษย์ สัตว์พืช หรือทรัพย์สินต่าง ๆ อาจเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ฝุ่นละอองจากลมพายุ ภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหว ไฟไหม้ป่า ก๊าซธรรมชาติอากาศเสียที่เกิดขึ้น โดยธรรมชาติเป็นอันตรายต่อมนุษย์น้อยมาก เพราะแหล่งกำเนิดอยู่ไกลและปริมาณที่เข้าสู่สภาพแวดล้อมของมนุษย์และสัตว์มีน้อย กรณีที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ได้แก่ มลพิษจากท่อไอเสีย ของรถยนต์จากโรงงานอุตสาหกรรมจากขบวนการผลิตจากกิจกรรมด้านการเกษตรจากการระเหย ของก๊าซบางชนิด ซึ่งเกิดจากขยะมูลฝอยและของเสีย เป็นต้น

ประเภทมลพิษทางอากาศ มลพิษทางอากาศอาจจำแนกออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 2 ประเภท

1. อนุภาคต่าง ๆ อนุภาคที่ลอยลอยอยู่ในอากาศมีอยู่หลายชนิด เช่น ฝุ่น ขี้เถ้าเขม่า ฟูม ละออง
 2. ก๊าซและไอต่าง ๆ เช่น ออกไซด์ต่าง ๆ ของคาร์บอน ออกไซด์ของไนโตรเจนในอากาศที่สำคัญ ๆ ไฮโดรคาร์บอนต่าง ๆ
- แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ

มลพิษทางอากาศจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเป็นอันตรายต่อคนไทยน้อยมาก เพราะแหล่งกำเนิดอยู่ไกล เช่น ฝุ่นละอองจากพายุ ภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหว หรือ ไฟไหม้ป่า ปริมาณสารพิษที่เข้าสู่สภาพแวดล้อมของมนุษย์และสัตว์มีน้อยกว่าการกระทำของมนุษย์ มนุษย์เป็นต้นเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศมากที่สุด แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ ได้แก่

1. การคมนาคมขนส่ง เกิดจากยานพาหนะที่ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ เช่น รถยนต์ เครื่องบินยานพาหนะที่เพิ่มขึ้นจำนวนมากนี้ ทำให้มีไอเสียออกสู่บรรยากาศอย่างมากมาย
2. โรงงานอุตสาหกรรม เป็นแหล่งสำคัญที่ปล่อยสิ่งเจือปนออกมาสู่บรรยากาศทำให้อากาศเสีย โดยการใช้เครื่องจักรหรือแรงคน เพื่อให้ผลิตได้ครั้งละมาก จนสามารถนำไปขายเป็นสินค้าได้ การแยกประเภทอุตสาหกรรม อาจทำได้

3. ขบวนการผลิตที่ทำให้เกิดฝุ่น ขบวนการผลิตที่ทำให้เกิดฝุ่น เช่น ฝุ่นละออง การบด การก่อสร้าง โรงโม่หิน เป็นต้น

4. กิจกรรมด้านการเกษตรกรรม เช่น การฉีดยาฆ่าแมลง ยาปราบวัชพืช การเผาไร่นา ทำให้เกิดฝุ่นละอองและสารพวกไฮโดรคาร์บอนเกษตรกรรมยังคงเป็นอุตสาหกรรมที่เป็นอันตราย และเกษตรกรทั่วโลกยังคงมีความเสี่ยงสูงของการบาดเจ็บที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน โรคปอด การสูญเสียการได้ยินเนื่องจากเสียงรบกวน โรคผิวหนัง อีกทั้งโรคมะเร็งบางชนิดที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารเคมีและการสัมผัสแสงแดดเป็นเวลานาน ในฟาร์มอุตสาหกรรม การบาดเจ็บมักเกี่ยวข้องกับการใช้เครื่องจักรกลการเกษตร และสาเหตุหนึ่งของการบาดเจ็บร้ายแรงเนื่องจากการเกษตรในประเทศที่พัฒนาแล้วคือรถแทรกเตอร์พลิกคว่ำสารกำจัดศัตรูพืชและสารเคมีอื่นๆที่ใช้ในการทำฟาร์มยังสามารถเป็นอันตรายต่อสุขภาพของคนงาน และการที่คนงานสัมผัสกับ สารกำจัดศัตรูพืชอาจประสบปัญหาการเจ็บป่วยหรือมีบุตรที่มีความพิการแต่กำเนิด

4.1 การระเหยของก๊าซบางชนิด สามารถแบ่งออกเป็น 3 แหล่งใหญ่ ๆ ดังนี้

4.2 แหล่งที่มนุษย์สร้างขึ้น ได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรม การจราจร การเผาขยะมูลฝอย การผลิตพลังงานไฟฟ้า การใช้เชื้อเพลิงภายในบ้าน ฯลฯ

4.3 แหล่งธรรมชาติ ได้แก่ การระเหยของภูเขาไฟ ไฟไหม้ป่า การเน่าเปื่อย การหมัก การปลิวกระจายของดิน ฯลฯ

4.4 แหล่งกำเนิดอื่นๆ ได้แก่ แหล่งที่เกิดปัญหามลพิษทางอากาศจากการรวมตัวทางปฏิกิริยาเคมีจากแหล่งต่าง ๆ ซึ่งจะทำให้เกิดการรวมตัวทางเคมีเช่น การเกิดปฏิกิริยา photochemical smog ฝนกรด อนุภาคซัลเฟตและไนเตรท โดยทั่วไป

ผลกระทบมลพิษทางอากาศ

1. มลพิษของอากาศที่มีต่อบรรยากาศ

2. มลพิษทางอากาศที่มีผลต่อพืช

3. มลพิษทางอากาศที่มีผลต่อสัตว์

4. ผลต่อวัตถุและทรัพย์สิน

5. มลพิษทางอากาศที่มีผลกระทบทางด้านสุขภาพ

6. มลพิษทางอากาศที่มีผลกระทบทางด้านสุขภาพจากมลพิษทางอากาศโดยทั่วไป

7. มลพิษที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อมรอบตัวมนุษย์เสียไป

8. มลพิษทางอากาศที่มีผลกระทบด้านนิเวศวิทยา แถบขั้วโลกได้รับผลกระทบมากที่สุดและก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมากมาย

9. มลพิษที่มีผลกระทบต่อด้านเศรษฐกิจ รัฐที่เป็นเกาะเล็ก ๆ ของทวีปอเมริกาจะได้รับผลจากระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้นกัดกร่อนชายฝั่ง

อันตรายจากสภาพแวดล้อมในการทำงาน

อันตรายจากสภาพแวดล้อมในการทำงาน แบ่ง 4 ด้าน ดังนี้

1. อันตรายจากสภาพแวดล้อมทางเคมี (Chemical Environmental Hazards)

เกิดจากการสารเคมีมาใช้ในการทำงาน หรือมีสารเคมีที่เป็นอันตรายเกิดขึ้นจากขบวนการผลิตของงานรวมทั้งวัตถุดิบที่ได้จากการผลิต เช่น

- 1.1 กลุ่มสารเคมีที่เป็นพิษ ก๊าซพิษ สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ตัวทำละลาย
- 1.2 ฝุ่นละอองที่ทำให้เกิดโรคปอด
- 1.3 สารเคมีที่ก่อมะเร็ง

2. อันตรายจากสภาพแวดล้อมทางกายภาพ (Physical Environmental Hazards)

สิ่งแวดล้อมทางกายภาพที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ประกอบอาชีพนั้น จะอยู่ในลักษณะของการได้รับหรือสัมผัสกับสภาพแวดล้อมในลักษณะที่ไม่พอดีหรือผิดจากปกติธรรมดา อันตรายทางด้านกายภาพ ได้แก่

- 2.1 เสียง (Noise)
- 2.2 แสงสว่าง (Lighting)
- 2.3 ความสั่นสะเทือน (Vibration)
- 2.4 อุณหภูมิที่ผิดปกติ (Abnormal temperature)
- 2.5 ความดันบรรยากาศที่ผิดปกติ (Abnormal pressure)
- 2.6 รังสี (Radiation)

3. อันตรายจากสภาพแวดล้อมทางชีวภาพ (Biological Environmental Hazards) เกิดจากการทำงานที่ต้องเสี่ยงต่อการสัมผัสและได้รับอันตรายจากสารทางด้านชีวภาพ (Biohazardous agents) แล้วสารชีวภาพนั้นทำให้เกิดความผิดปกติของร่างกาย หรือมีอาการเจ็บป่วยเกิดขึ้น เช่น เชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ

- 3.1 ฝุ่นละอองจากส่วนของพืชหรือสัตว์
- 3.2 การติดเชื้อจากสัตว์หรือแมลง
- 3.3 การถูกทำร้ายจากสัตว์หรือแมลง
- 3.4 สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย

สารอินทรีย์ระเหยง่าย VOCs (Volatile Organic Compounds) คือ กลุ่มของสารประกอบอินทรีย์ (Organic Compounds) ที่มีความดันไอมากกว่า 1 มิลลิเมตรปรอท สามารถระเหยเป็นไอ

กระจายตัวไปในอากาศได้ง่ายที่อุณหภูมิและความดันปกติ โอโซนนี้สามารถจะเปลี่ยนรูปกลับเป็นของเหลวหรือของแข็งตามสภาวะเดิมได้ โดยการเพิ่มอุณหภูมิหรือลดความดัน โมเลกุลส่วนใหญ่ประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอนและไฮโดรเจน อาจมี ออกซิเจน หรือธาตุฮาโลเจน เช่น คลอรีน โบรมีน รวมอยู่ด้วยซึ่งมีอันตรายต่อมนุษย์และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม กล่าวคือสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย มีผลต่อชั้นโอโซนของโลก เมื่อ O_3 อยู่ในบรรยากาศชั้นสูงโอโซนทำหน้าที่กรองแสงอุลตราไวโอเลตคลื่นสั้นที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตไม่ให้ตกสู่พื้นโลก แต่เมื่อโอโซนอยู่ในบรรยากาศชั้นใกล้โลกกลับเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต กล่าวคือ O_3 สามารถทำให้เกิดอันตรายเฉียบพลันต่อสุขภาพ ทำให้เจ็บไข้ ไม่สบาย เกิดอาการเจ็บคอ หายใจไม่สะดวก เกิดการระคายเคืองต่อสายตา แก้วตา จมูก คอ ทรวงอก หรือมีอาการไอ ปวดศีรษะ เป็นต้น ถ้าได้รับเป็นเวลานานเนื้อเยื่อปอดจะถูกทำลายอย่างถาวรและมีผลกระทบต่อระบบภูมิคุ้มกันของมนุษย์ นอกจากนี้โอโซนยังเป็นตัวออกซิไดส์อย่างแรง ทำให้สิ่งก่อสร้างชำรุด เป็นตัวพอกสี และทำให้ผลผลิตทางการเกษตรตกต่ำอีกด้วย สารประกอบอินทรีย์ระเหยจะมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก และมีไฮโดรเจน, ออกซิเจน, ฟลูออไรด์, คลอรีน, โบรมีน, ซัลเฟอร์ หรือไนโตรเจน ประกอบกันเป็นพวก อะลิฟาติก Aliphatic หรืออะโรมาติก(Aromatic) รวมถึงกลุ่มคาร์บอนิล(อัลดีไฮด์คีโตน)และกลุ่มอัลกอฮอล์ มีความดันไอมากกว่า 0.14 มม.ปรอทที่ 25 องศาเซลเซียส โดยทั่วไปจะเป็น สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีจำนวนคาร์บอน 2 ถึง 12 อะตอม ระเหยกลายเป็นไอหรือก๊าซได้ง่ายที่อุณหภูมิห้องมีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลายที่ดี สารประกอบอินทรีย์ระเหย หรือ VOCs ในบรรยากาศ จัดเป็นอากาศพิษ (Toxic Air) จึงต้องมีการควบคุม ดูแลอย่างเคร่งครัดเมื่อมีการทำงานที่เกี่ยวข้องกับ VOCs ตัวอย่างของ ตัวทำละลายที่จัดเป็นสารประกอบอินทรีย์ระเหย เช่น เบนซีน ไซลีน โทลูอีน สไตรีนพอร์มัลดีไฮด์ เปอร์ คลอโรเอทิลีน Rubber Solvent และ White Spirit เป็นต้น ในกระบวนการผลิตตัวทำละลาย ดังกล่าว ส่วนใหญ่เป็นระบบปิดทั้งหมด กล่าวคือ เป็นหอกลิ้น การส่งสารละลายและวัตถุดิบผ่านในแต่ละขั้นตอน ใช้ระบบท่อและวาล์วทั้งหมด ในขั้นตอนการผลิตจึงไม่มีไอระเหยของ VOCs ที่ก่อให้เกิดอันตรายเล็ดลอดออกสู่บรรยากาศได้ แบ่ง VOCs ออกตามลักษณะของโมเลกุล เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1. Non-chlorinated VOCs หรือ non-halogenated hydrocarbons ได้แก่กลุ่มไฮโดรคาร์บอนระเหยที่ไม่มีธาตุคลอรีนในโมเลกุล ประกอบด้วย aliphatic hydrocarbons เช่น fuel oils, ก๊าซไฮซีน gasoline, hexane ,industrial solvents, ในอุตสาหกรรม alcohols, aldehydes, ketone, hexane และกลุ่มสาร aromatic hydrocarbons เช่นสารตัวทำละลาย - toluene, benzene, ethylbenzene, xylenes, styrene, phenol สาร VOCs กลุ่มนี้มาจากสิ่งแวดล้อม การเผาไหม้กองขยะ พลาสติก วัสดุ สารตัว

ทำละลาย สีทาวัสดุ เป็นต้น มีผลเสียต่อสุขภาพ ดังนี้ พนักงานดับเพลิง คนงานเผาขยะ คนเผาถ่าน มักป่วยด้วยโรค ทางเดินลมหายใจบ่อยเพราะได้รับ VOCs ประมาณ 144 ชนิด เป็นประจำ จากควันไฟและเชื้อเพลิง ในรูปของ benzene, toluene, naphthalene propene, และ 1,3-butadiene, styrene และ alkyl-substituted benzene compounds อื่น ๆ xylenes, 1-butene/2-methylpropene, propane, 2-methyl butane, ethylbenzene, naphthalene, isopropyl benzeneรวมกันในปริมาณสูงถึง 76.8 % ของ VOCs ทั้งหมดที่วัดได้

2. chlorinated VOCs หรือ halogenated hydrocarbons ได้แก่ กลุ่มไฮโดรคาร์บอนระเหยที่มีธาตุคลอรีนในโมเลกุล ได้แก่ สารเคมีที่สังเคราะห์ใช้ในอุตสาหกรรมสาร chlorinated VOCs นี้มีความเป็นพิษมากกว่าและเสถียรตัวในสิ่งแวดล้อมมากกว่าสารกลุ่มแรก (non-chlorinated VOCs) เพราะมีโครงสร้างที่มีพันธะระหว่างคาร์บอนและธาตุกลุ่มฮาโลเจนที่ทนทานมาก ยากต่อการสลายตัวในธรรมชาติ ทางชีวภาพ ทางกายภาพ หรือโดยทางวิธีเคมีทั่วไป มีความคงตัวสูงและสะสมได้นาน สลายตัวทาง ชีวภาพได้ยาก รบกวนการทำงานของสารพันธุกรรม หรือยับยั้งปฏิกิริยาชีวเคมีในเซลล์ และมีฤทธิ์ในการก่อมะเร็ง หรือกระตุ้นการเกิดมะเร็งได้

แหล่งกำเนิดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศ

สารอินทรีย์ระเหยง่ายที่แพร่กระจายอยู่ในบรรยากาศมีที่มาจากหลายๆแหล่งโดยทั่วไปแล้วแหล่งกำเนิดของสารอินทรีย์ระเหยมี 2 แหล่งใหญ่ คือ

1. สารอินทรีย์ระเหยที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เช่น ไฟไหม้ป่า ก๊าซจากการเน่าเสียของอินทรีย์วัตถุ รวมทั้งจากการขับถ่ายและการหายใจของมนุษย์ เกิดจากภูเขาไฟระเบิด หรือ เกิดจากพืชบางชนิดที่ผลิตสารอินทรีย์ระเหยสู่บรรยากาศ เป็นต้น

2. สารอินทรีย์ระเหยที่เกิดจากการทำกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ เป็นแหล่งกำเนิดสารอินทรีย์ระเหยที่สำคัญและเป็นต้นเหตุของปัญหาสิ่งแวดล้อมที่นับวันจะมีความรุนแรงมากขึ้น จำต้องมีการศึกษาหามาตรการแก้ไขที่เหมาะสมกิจกรรมของมนุษย์ที่ก่อให้เกิดมลพิษประเภทนี้มีมากมาย ตั้งแต่การผลิตใหญ่ ๆ ที่ใช้เครื่องจักร เครื่องยนต์น้ำมันเชื้อเพลิงต่าง ๆ และอุตสาหกรรมที่ผลิตหรือใช้สารอินทรีย์ระเหย นอกจากนั้นยังมาจากกิจกรรมในชีวิตประจำวัน ได้แก่การเดินทาง ไอระเหยจากการเติมน้ำมันเชื้อเพลิง การคมนาคมขนส่ง การใช้เชื้อเพลิงหุงต้ม การเผาไหม้กองขยะ และการใช้สารเคมีในครัวเรือน เช่น น้ำยาซักแห้งหรือน้ำยาทำความสะอาดบางชนิด

อันตรายจากสาร VOCs

คือสาร VOCs ไม่ถูกจัดว่าเป็นสารเคมีที่มีพิษรุนแรงแต่การควบคุมการปล่อยสาร VOCs ออกสู่บรรยากาศก็จัดเป็นสิ่งสำคัญที่ทุกโรงงานต้องมีการใส่ใจ เพราะถ้ามีการปล่อยไอระเหยของสาร VOCs เป็นจำนวนมาก ไอระเหยของสารก็จะมีการสะสมในบรรยากาศ ซึ่งจะส่งผลต่อระดับชั้นโอโซนของโลก ทำให้ความสามารถของชั้นโอโซนในการทำหน้าที่ป้องกันรังสี UV ที่ตกกระทบมาถึงโลกลดลงส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อน และหากสาร VOCs เข้าสู่ร่างกายจะทำให้ระบบภูมิคุ้มกันบกพร่อง ระบบประสาทถูกทำลาย เกิดอาการเวียนศีรษะหน้ามืด แสบตา หายใจลำบาก และหากได้รับในปริมาณมากอาจทำให้หมดสติ แต่ถ้าสะสมในร่างกายเป็นเวลานานจะทำให้เยื่อหุ้มปอดถูกทำลายในที่สุด นอกจากนี้สาร VOCs บางกลุ่มเช่น อะโรเมติก ไฮโดรคาร์บอน ที่พบจากเขม่าควันรถยังเป็นสารที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งอีกด้วย Heineman et al. รายงานว่าการสัมผัสกับสาร Carbon tetrachloride, Methylene chloride, Tetrachloroethylene, Trichloroethylene ในกลุ่มคนงานที่ทำงานในอุตสาหกรรมปิโตรเลียมและปิโตรเคมี มีปัจจัยเสี่ยงก่อการเกิดโรคมะเร็งสมองชนิด Astrocytic โดยเฉพาะสาร Methylene Chloride พบว่าอัตราการตายด้วยมะเร็งสมองชนิดดังกล่าวเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับสัมผัสสาร Methylene Chloride รวมถึงการได้รับสาร VOCs ในบริเวณปิดเช่นในบ้าน ก่อให้เกิดอันตรายมากกว่าในบริเวณเปิดโล่งมากถึง 5 เท่า ภัยอันตรายจากสารอินทรีย์ระเหย (Volatile Organic Compounds) และการจัดการกับสารประกอบอินทรีย์ระเหยที่เป็นตัวทำละลาย

ผลกระทบต่อผู้ปฏิบัติงาน

สารอินทรีย์ระเหยบางตัวเป็นสารก่อมะเร็งร้ายแรงชนิดหนึ่ง ตามนิยามและการวิจัยโดยหน่วยงานวิจัยด้านมะเร็งนานาชาติ (International Agency for Research on Cancer: IARC) และองค์การอนามัยโลก (World Health Organization: WHO) สารอินทรีย์ระเหยสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทางคือ

1. การหายใจ
2. การกิน-ดื่มทางปาก

3. การสัมผัสทางผิวหนัง หลังจากเข้าสู่ร่างกายแล้วจะไปสู่การกำจัดโดยตับ ซึ่งจะมีเอนไซม์และระบบการเผาผลาญ (เมตาบอลิซึม; metabolism) ที่แตกต่างกัน กลไกการเกิดพิษของสาร VOCs ต้องอาศัยความรู้ด้านเภสัชวิทยาและพิษจุลศาสตร์ เช่น สารพิษถูกเปลี่ยนแปลงทางเมตาบอลิซึมในตับ แล้วถูกขับออกทางปัสสาวะ ซึ่งความเป็นพิษต่อร่างกายจะมากขึ้นขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้

4. ช่วงครึ่งชีวิต (Half life) ของสาร VOCs ในร่างกาย
5. สภาพความสมบูรณ์และความแข็งแรงของร่างกาย
6. การทำงานของระบบขับถ่ายของเสีย

ในปัจจุบันมาตรฐานค่าสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศในเวลา 1 ปี มีจำนวนสารอินทรีย์ระเหย 9 ชนิด และอยู่ในระหว่างกำหนดร่างมาตรฐานการระบายสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากแหล่งกำเนิดอื่น ๆ (กรมควบคุมมลพิษ)

การควบคุมสารระเหยง่าย VOCs

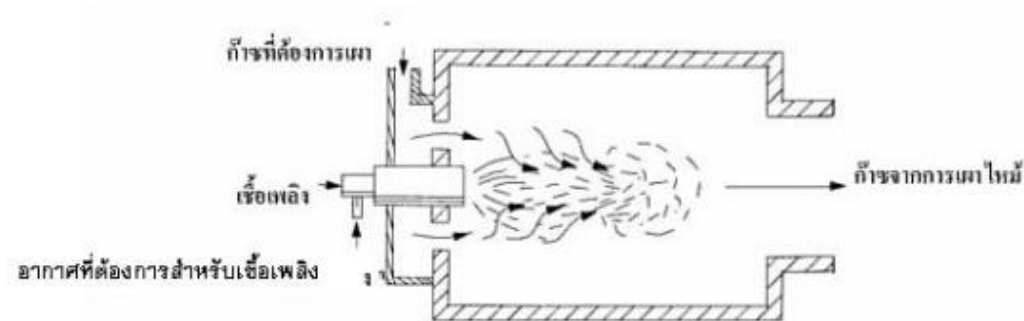
การควบคุมสารอินทรีย์ระเหย (VOCs) จากระบบบำบัดน้ำเสีย มักใช้วิธีการพยายามลดการปนเปื้อน VOCs ลงในน้ำเสียโดยใช้วิธีการควบคุมแหล่งกำเนิด VOCs ที่กระบวนการผลิต แต่ถ้การควบคุมที่แหล่งกำเนิดใช้ไม่ได้ผลหรือมี ประสิทธิภาพไม่เพียงพอ จำเป็นต้องใช้ระบบควบคุมที่จุดปล่อยในหมวดของ stationary source ที่เหมาะสมและพิจารณาความเหมาะสมเป็นกรณี ๆ ไปการควบคุมที่จุดปล่อย (Stationary Source Control)

วิธีการโดยทั่วไปของการควบคุมการระบายสารอินทรีย์ระเหยจากแหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่ (Stationary หรือ Point Sources) คือการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมเพิ่มเติม (Add-on Control Devices) ความแตกต่างของเทคโนโลยีในการควบคุมที่จะนำไปใช้ตามแหล่งกำเนิดของสารอินทรีย์ระเหยมีเพียง 2 ประเด็นเท่านั้น คือ เป็นระบบการนำกลับ (Recovery) หรือเป็นระบบการกำจัดทำลาย (Destroy) สารมลพิษโดยทั่วไปนั้นวิธีการที่จะนำเทคโนโลยีใดไปใช้นั้นจะขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของกระแสก๊าซและประสิทธิภาพที่ต้องการมากกว่าที่จะพิจารณาประเภทของแหล่งกำเนิด และลักษณะเฉพาะที่สำคัญที่จะมีผลต่อความสามารถในการใช้งานเทคโนโลยีการควบคุมก็คือ ค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยในกระแสก๊าซ ตัวอย่างของระบบควบคุมสารอินทรีย์ระเหยที่จะนำเสนอในที่นี้ เป็นระบบควบคุม สำหรับอุตสาหกรรมเคลือบผิว ซึ่งเป็นระบบที่เหมาะสมในการควบคุมการปล่อยก๊าซที่มีสารอินทรีย์ระเหยในปริมาณต่ำ (Control Technologies for Low Concentration Organic Vapor Gas Streams) โดยสามารถแบ่งประเภทของระบบควบคุมได้เป็น 4 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

ระบบการเผาทำลาย (Incineration)

เตาเผา คือ อุปกรณ์ควบคุมมลพิษทางอากาศชนิดหนึ่ง มีหลักการทำงานคือให้ความร้อนแก่อากาศที่ระบายออกจากสายการผลิต จนทำให้อุณหภูมิของก๊าซสูงขึ้นจนเพียงพอที่สาร VOCs สามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้ ประสิทธิภาพการทำงานของเตาเผาขึ้น อยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา และระยะเวลาที่ใช้ในการเผา ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของชนิดของเตาเผา และสาร VOCs ที่ถูกเผาเตาเผา แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ 1. เตาเผาที่ใช้ความร้อนโดยตรง

เรียกว่า Thermal Incinerator และ 2. Catalytic Incinerator เป็นเตาเผาที่มีสารเร่งปฏิกิริยาบรรจุอยู่ ใช้อุณหภูมิในการเผาต่ำกว่า Thermal Incinerator และใช้เชื้อเพลิงน้อยกว่าถึงแม้ว่าเตาเผาแบบนี้ใช้เชื้อเพลิงน้อยและมีต้นทุนต่ำกว่าแต่ มีค่าใช้จ่ายในการควบคุมดูแลระบบสูง และค่าใช้จ่ายของการใช้สารเร่งปฏิกิริยา ซึ่งอาจทำให้ค่าใช้จ่ายสูงกว่า เตาเผาแบบใช้ความร้อนโดยตรงในบางกรณีได้ ยกตัวอย่างเช่น เตาเผาที่ใช้ความร้อนโดยตรง (Thermal Incinerator) อาจจะประกอบด้วยห้องเผาเพียงหนึ่งห้องเผา หรือมากกว่าหนึ่งห้องเผา ใช้ความร้อนจากเปลวไฟผ่านเข้าไปในเตาเผา เพื่อให้เตาเผามีความร้อนสูงจนถึงระดับที่ต้องการคือที่อุณหภูมิการเผาไหม้ และเป็นระยะเวลาพอที่ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ประสิทธิภาพของเตาเผาชนิดนี้จะมีค่าสูงเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการเผามีค่าอยู่ในช่วง 650– 800 องศาเซลเซียส ระยะเวลาที่ใช้ในการเผามีค่า 0.3 – 0.5 วินาที



ภาพ 8 เตาเผาที่ใช้ความร้อนสูง

สารไฮโดรคาร์บอนหลายชนิดเป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณค่าสูง (มีค่าความร้อนจากการเผา) และจะสามารถช่วยเพิ่มพลังงานความร้อนในเตาเผา ช่วยให้มีความต้องการเชื้อเพลิงน้อยลง อย่างไรก็ตาม ข้อกำหนดในด้านความปลอดภัยกำหนดความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่ป้อนเข้าสู่ระบบเตาเผาต้องมีค่าไม่เกิน 25 เปอร์เซ็นต์ ของค่า LEL (ระดับความเข้มข้นต่ำที่สุดที่อาจเกิดการระเบิด) ของสารอินทรีย์ระเหยดังกล่าว ซึ่งทำให้ความเข้มข้นของสารที่จะนำมาเผาจะถูกจำกัดความเข้มข้นไว้ที่ 1,000 – 3,000 ppm ดังนั้นสาร VOCs ที่เข้าสู่ระบบเตาเผาจะมีส่วนช่วยทดแทนเชื้อเพลิงได้เล็กน้อยและความร้อนจากสาร VOCs ในส่วนนี้ถือว่าเล็กน้อยมากเมื่อเทียบกับความร้อนที่ต้องการทั้งหมดในการเผา

ประสิทธิภาพของระบบ เตาเผาเพื่อทำลายสารอินทรีย์ระเหย ต้องคำนึงถึงเชื้อเพลิงที่ใช้และขนาดของเตาเผาที่จะใช้โดยเฉพาะ นั่นคือประสิทธิภาพการเผาขึ้นกับอุณหภูมิของก๊าซ

ทางเข้าก่อนเผา และอุณหภูมิในเตาเผาช่วงเวลาที่ก๊าซอยู่ในห้องเผา โดยพิจารณาจากสมการการเผาไหม้ซึ่งโดยปกติจะสมมติว่าเป็นสมการลำดับที่ 1 (first order reaction) และจะเป็นค่าเฉพาะสำหรับสารเคมีที่จะทำการเผา

ขนาดของเตาเผา พิจารณาจากอัตราการไหลของก๊าซจากกระบวนการ และผลผลิตที่ได้จากการเผา เชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผา จะเป็นเชื้อเพลิงสะอาดเช่นก๊าซธรรมชาติ ซึ่งจะต้องมีอากาศส่วนหนึ่งมาใช้ในการเผาไหม้ ค่าประมาณอัตราไหลที่ดีสำหรับก๊าซที่เป็นผลจากการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นคือ 11.5 เท่าของก๊าซธรรมชาติที่ต้องการความเร็วของก๊าซในเตาเผาอาจเป็นได้ตั้งแต่ 3 ถึง 15 เมตรต่อวินาที แต่โดยปกติจะใช้ค่าระหว่าง 6 ถึง 12 เมตรต่อวินาที ความเร็วก๊าซที่สูงสามารถช่วยลดอันตรายจากการเกิดเปลวไฟย้อนกลับ (Flashback) อัตราส่วนระหว่างความยาวกับเส้นผ่านศูนย์กลาง ซึ่งเป็นค่าที่นิยมใช้อยู่ระหว่าง 2.0 ถึง 3.0 เวลาที่ก๊าซอยู่ในห้องเผาน้อยที่สุดเป็น 0.20 ถึง 2.0 วินาที ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพที่ต้องการและสารที่ต้องการเผา

ระบบการดูดซับ (Adsorption)

ระบบการดูดซับเป็นส่วนหนึ่งในเทคโนโลยีควบคุมสารอินทรีย์ระเหย ที่มีการนำไปใช้แพร่หลายมากที่สุดในการกระบวนการของการดูดซับนั้น สารอินทรีย์จะถูกจับอยู่ บนผิวของของแข็งที่มีความพรุน โดยที่ ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) เป็นสารดูดซับ (Adsorbent) ที่มีการใช้มากที่สุด สำหรับก๊าซที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์ต่ำเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายน้อยกว่า ระบบการดูดซับที่นำมาใช้ในการกำจัดสารอินทรีย์ระเหยนั้นมี 2 ชนิด คือ ระบบดูดซับที่สามารถฟื้นฟูสภาพ (Regenerable) เช่น Fixed Bed System และ ระบบดูดซับที่ไม่สามารถฟื้นฟูสภาพ (Nonregenerable) เช่น Carbon Canisters ในการกระบวนการดูดซับ อนุภาคของก๊าซจะถูกดูดซับออกจากก๊าซที่ไหล โดยการจับติดกับผิววัตถุของแข็งซึ่งโมเลกุลของก๊าซที่ถูกดูดซับเรียกว่า adsorbate ในขณะที่ของแข็งที่ทำการดูดซับก๊าซ เรียกว่า adsorbent อย่างไรก็ตาม กระบวนการดูดซับนี้ ไม่ใช่กระบวนการสุดท้ายของการบำบัด เนื่องจากเมื่อผ่านไประยะหนึ่งแล้ว ผิวของสารดูดซับจะอิ่มตัวไปด้วย adsorbate และจะต้องทำการไล่สาร adsorbate ออกจาก adsorbent ซึ่งเรียกว่ากระบวนการฟื้นฟูสภาพ regenerate ในขั้นตอนนี้สารที่ถูกดูดซับหรือ adsorbate จะถูกไล่ออกจาก adsorbent ด้วยการเพิ่มอุณหภูมิของชั้น adsorbate ขึ้น ทำให้โมเลกุลของ adsorbate หลุดจากผิวของแข็ง จากนั้นจึงลดอุณหภูมิลงจนกลั่นตัวกลายเป็นของเหลวนำกลับไปใช้ใหม่หรือกำจัดโดยวิธีที่เหมาะสม ซึ่งจะเสียค่าใช้จ่ายต่ำกว่าการกำจัดโดยตรง สารดูดซับส่วนใหญ่ที่ใช้ในอุตสาหกรรม คือ activated carbon, silica gel, activated alumina (alumina oxide) และ zeolites (molecular sieves) สารดูดซับมีคุณสมบัติเคมีตาม

ธรรมชาติของสารที่นำมาผลิตพื้นที่ผิวของสาร รูปร่างและขนาดของช่องว่าง ปริมาตรของช่องว่าง คุณสมบัติที่สำคัญในการดูดซับของสารดูดซับ คือ ประจุไฟฟ้าที่ผิวสัมผัส ถ้าสารดูดซับมีประจุไฟฟ้า จะทำให้อิออนน้ำจะเข้ามาเกาะและรบกวนกระบวนการดูดซับเนื่องจาก ความชื้นจะพบได้ทั่วไปในอากาศ ดังนั้นการใช้สารดูดซับที่มีประจุ จึงมักใช้ไม่ได้ผลสำหรับระบบการควบคุมมลพิษทางอากาศ แต่ activated carbon เป็นสารดูดซับที่ไม่มีประจุจึงไม่ถูกรบกวนโดยไอน้ำในกระบวนการดูดซับ จึงถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวาง activated carbon อาจทำขึ้นจากวัตถุดิบที่มีคาร์บอน เช่น ไม้ถ่านหิน และ ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม คำว่า “activated” ใช้กับสารดูดซับที่ได้รับการเพิ่มพื้นที่ผิวทั้งภายในและภายนอกโดยกระบวนการเทคนิคพิเศษ กระบวนการกระตุ้นหรือการ activate กล่าวคือ เป็นการให้ความร้อนในที่ไม่มีออกซิเจนและอัดด้วยความดันสูง ที่อุณหภูมิสูงจะระเหยส่วนที่ระเหยได้ทั้งหมดออกจากผิววัตถุเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิว กระบวนการที่ใช้มี เช่น อุณหภูมิและ ความดัน และประเภทของวัตถุดิบ จะมีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับของคาร์บอน คาร์บอนถูกใช้ในระบบการดูดซับสารมลพิษจำพวกก๊าซ ถูกผลิตเป็นรูปเม็ด โดยปกติขนาดอยู่ระหว่าง 4x6 ถึง 4x10 mesh ความหนาแน่นรวมของก้อนคาร์บอนอยู่ระหว่าง 5 ถึง 30 lb/ft³ ขึ้นอยู่กับโพรงภายในของคาร์บอน ช่องว่างพื้นที่ผิวของคาร์บอนอยู่ในช่วงระหว่าง 3x10⁶ ถึง 8x10⁶ ft²/lb นี้คือความสามารถในการดูดซับเมื่อพิจารณาจากการมีพื้นที่ผิวของ 2 ถึง 5 พื้นที่สนามฟุตบอล ใน 1 กรัมของคาร์บอนหลักการดูดซับนั้นมี 2 กระบวนการคือ การดูดซับทางกายภาพ ที่พิจารณาถึงแรงยึดเหนี่ยวระหว่างมวล และการดูดซับทางเคมี ที่ ใช้การสร้างพันธะทางเคมีระหว่างโมเลกุลของสารดูดซับและก๊าซ การดูดซับทางกายภาพไม่รวมถึงการแลกเปลี่ยน หรือการโอนย้ายอิเล็กตรอน ปฏิกริยาสามารถทำกลับสู่สภาพเดิมได้ การดูดซับทางกายภาพไม่มีการจำเพาะเจาะจง โมเลกุลที่ถูกดูดซับมีความอิสระที่จะจับได้ทั้งพื้นผิวของสารดูดซับ สำหรับการดูดซับทางเคมีคือการรวมโดยพันธะเคมี โดยหลักเป็นการทำปฏิกิริยาที่ความร้อนจะมีผลต่อพันธะเคมี เมื่อมีการดูดซับทางเคมีจะยากต่อการกลับสู่สภาพเดิมหรือยากต่อการนำกลับมาใช้ใหม่กระบวนการดูดซับทั้งหมดเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน ไม่ว่าการดูดซับจะเกิดจากแรงทางกายภาพหรือทางเคมี เนื่องจากความเร็วการเคลื่อนตัวของโมเลกุลก๊าซ จะถ่ายเทพลังงานจลน์ของการเคลื่อนที่ไปยังสารดูดซับกลายเป็นความร้อน ในกระบวนการดูดซับทางเคมี จะมีความร้อนของการดูดซับโดยปกติมากกว่า 100 kcal/mol เมื่อเปรียบเทียบกับความร้อนที่คายออกเนื่องจากการควบแน่นจากเหตุผลที่กล่าวมานี้ การดูดซับทางเคมีจึงมักไม่นำมาใช้ในระบบการควบคุมมลพิษทางอากาศ Activated carbon เหมาะสำหรับใช้ดูดซับสารไฮโดรคาร์บอนที่ไม่มีประจุ และไม่เหมาะกับการบำบัดก๊าซที่มี ไอน้ำหรือมี ความชื้นสัมพัทธ์สูง (มากกว่า 50%) เนื่องจากโมเลกุลของ

น้ำจะ เข้าไปแย่งจับพื้นผิวของ activated carbon แทนโมเลกุลไฮโดรคาร์บอน ดังนั้น จึงทำให้ความสามารถและประสิทธิภาพของระบบการดูดซับ ลดลงโดยเฉพาะอากาศที่ปล่อยออกมา นั้นมี ความชื้นมากกว่า 50 % ซึ่งอาจจำเป็นต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์ เพื่อดึงเอาความชื้นออก หรือเพิ่มอุณหภูมิเพื่อลดความชื้นสัมพัทธ์ลง

1. อุปกรณ์ควบคุมมลพิษชนิดก๊าซ และไอที่ใช้หลักการดูดซับ

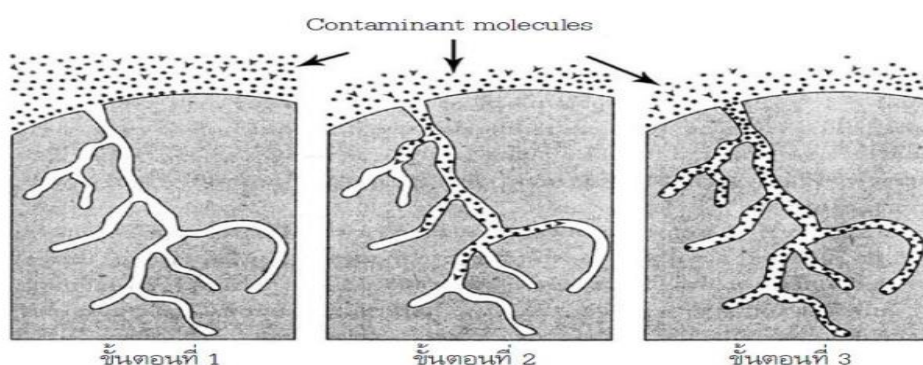
การดูดซับอนุภาคของก๊าซจะถูกดูดซับออกโดยการจับติดกับผิวของวัตถุของแข็ง โมเลกุลของแข็งที่ถูกดูดซับเรียก Adsorbate ในขณะที่ของแข็งที่ทำการดูดซับอากาศเสียเรียก Adsorbent ซึ่งจะเป็นก้อนของแข็งมีรูพรุน เช่น Activated Carbon, Silica Gel เป็นต้น

การบำบัดด้วยวิธีการดูดซับ เมื่อใช้ไประยะหนึ่งสารที่ทำการดูดซับ Adsorbent จะอิ่มตัวด้วย Adsorbate จนไม่สามารถดูดซับได้อีก ต้องมีการฟื้นฟูสภาพ Regenerate โดยใช้ความดัน เทคโนโลยีการดูดซับนิยมใช้กำจัดสารประกอบอินทรีย์ที่มีน้ำหนักมากกว่า 4s จะถือว่าเป็น Adsorbate ที่ดี กระบวนการดูดซับเกิดขึ้น 3 ขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการแพร่ของโมเลกุลของก๊าซมลพิษที่ต้องการบำบัดไปยังผิวภายนอกของสารดูดซับ

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการเคลื่อนที่ของโมเลกุล ของก๊าซมลพิษเข้าสู่ รูพรุนของสารดูดซับ ซึ่งการดูดซับส่วนใหญ่เกิดขึ้นในรูพรุนส่วนนี้

ขั้นตอนที่ 3 โมเลกุลก๊าซมลพิษจะติดที่ผิวภายในรูพรุนของสารดูดซับโดยเรียงตัวกันเป็นชั้น ๆ

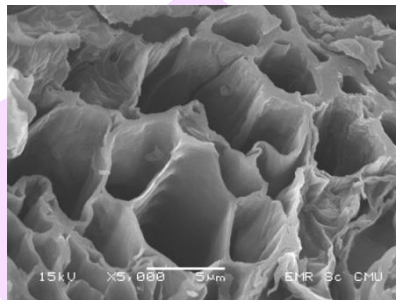


ภาพ 9 กระบวนการดูดซับเกิดขึ้น 3 ขั้นตอน

สารดูดซับมีหลายชนิด ที่นิยมใช้กันทั่วไป ได้แก่ ถ่านปลุกฤทธิ์กัมมันต์ (activated carbon) ซิลิกา เจล (silica gal) แอคติเวทเต็ดอะลูมินา (activated alumina) และซีโอไลต์

(zeolited) สารดูดซับแต่ละชนิดมีลักษณะประจำตัวธรรมชาติทางเคมี เช่น ปริมาณของพื้นที่ผิว และลักษณะการกระจายของขนาดรูพรุน เป็นต้น

ถ่านปลุกฤทธิ์ กัมมันต์ผลิตจากวัสดุต่างๆ ได้แก่ ไม้ ถ่านกะลามะพร้าว หรือ เปลือก ถูกันท์ ภาพผิวถ่านกะลามะพร้าวจากกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง



ภาพ 10 ผิวถ่านกัมมันต์จากกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง

ที่มา: ดร.จิตาภา ทิน้อย

ถ่านกัมมันต์ (หรือถ่านปลุกฤทธิ์) เป็นถ่านที่ต้องนำไปผ่านกระบวนการกระตุ้นด้วย สารเคมี หรือกระตุ้นด้วยวิธีทางกายภาพก่อน เพื่อให้โครงสร้างทางกายภาพของถ่านเกิดรูพรุนหรือรอยแตกขนาดเล็กในระดับนาโนเมตรจำนวนมหาศาล



ภาพ 11 ถ่านกัมมันต์ (หรือถ่านปลุกฤทธิ์)

ซิลิกาเจล โดยผลิตจาก โซเดียมซิลิเกต ผิวของสารชนิดนี้ใช้ดูดซับไอน้ำ หรือ ความชื้นได้ดี



ภาพ 12 ซิลิกาเจลโดยผลิตจาก โซเดียมซิลิเกต

ซีโอไลต์ มีลักษณะเป็นผลึกมีรูพรุนเท่ากันตลอด โดยนิยมใช้ดูดซับความชื้นใน กระแสก๊าซ และ ในขบวนการกลั่นน้ำมันนิยมใช้ดูดซับพาราฟิน

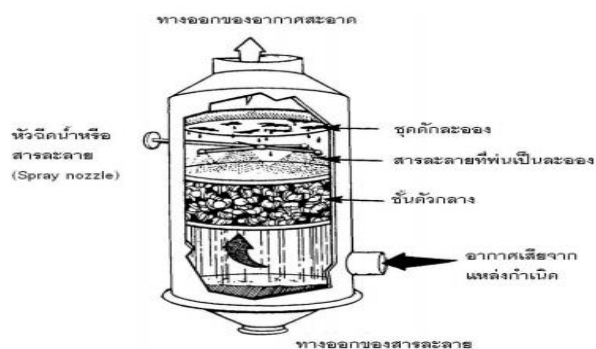


ภาพ 13 ซีโอไลต์ มีลักษณะเป็นผลึกมีรูพรุนเท่ากันตลอด

ระบบการดูดกลืน (Absorption)

การดูดกลืนเป็นวิธีที่ แพร่ หลายสำหรับใช้บำบัดก๊าซ การดูดกลืนเป็นการทำให้ก๊าซ เปลี่ยนรูปไปปรากฏอยู่ในของเหลว การดูดกลืนก๊าซด้วยของเหลว จะเกิดขึ้นเมื่อมีปริมาณ ของเหลวน้อยกว่าปริมาณที่ทำให้เกิดสมดุลความเข้มข้นของก๊าซ ความแตกต่างระหว่างความ เข้มข้นจริงกับความเข้มข้นสมดุล ทำให้เกิดแรงขับเคลื่อนของการดูดกลืน อัตราการดูดกลืน ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางกายภาพของก๊าซหรือของเหลว (เช่น การแพร่กระจาย ความเร็ว ความหนาแน่น เป็นต้น) และสภาวะของตัวดูดกลืน (เช่น อุณหภูมิ อัตราการไหลของก๊าซและ ของเหลว) กล่าวคือเมื่ออุณหภูมิต่ำลง พื้นที่ผิวสัมผัสมากขึ้น สัดส่วนระหว่างของเหลวและก๊าซ สูงขึ้น ความเข้มข้นของกระแสก๊าซมากขึ้นการดูดกลืนจะเกิดได้ดีขึ้นการดูดกลืนเกิดขึ้นได้ทั้ง

แบบกายภาพและแบบเคมี การดูดกลืนแบบกายภาพ เกิดขึ้นเมื่อก๊าซที่ถูกดูดกลืนละลายอยู่ในตัวทำละลาย และหากเกิดปฏิกิริยาระหว่างก๊าซที่ถูกดูดกลืนกับตัวทำละลาย นั่นคือ เกิดการดูดกลืนแบบเคมี ถ้าก๊าซที่ปนเปื้อนนั้นละลายได้ดี การบำบัดด้วยวิธีการดูดกลืนจะมีประสิทธิภาพสูง และสำหรับก๊าซปนเปื้อนที่ละลายไม่ดี ในตัวทำละลายบางครั้งอาจต้องมีการเพิ่มสารเคมีเข้าไปในระบบ เพื่อเพิ่มความสามารถในการละลายของก๊าซที่ปนเปื้อนนั้น สารเคมีเหล่านั้นอาจช่วยให้ก๊าซปนเปื้อนละลายได้มากขึ้น หรือสารเหล่านั้นอาจเกิดปฏิกิริยากับก๊าซปนเปื้อน การเลือกคุณสมบัติของของเหลวที่ใช้ดูดกลืนควรพิจารณาถึงประสิทธิภาพที่ต้องการ และราคาของสารเคมี ซึ่งโดยทั่วไปมักใช้น้ำ เนื่องจากก๊าซที่ปนเปื้อนสามารถละลายในน้ำได้อีกทั้งน้ำยังสามารถหาได้ง่ายและราคาถูก



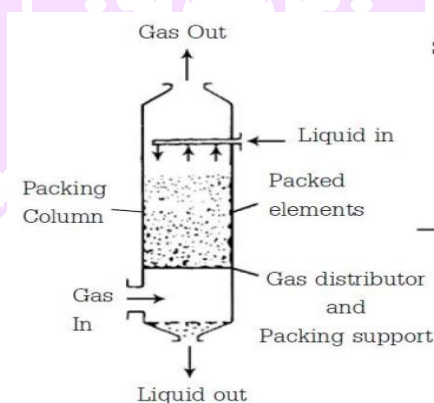
ภาพ 14 ระบบการดูดกลืน (Absorption)

Packed Column เป็นอุปกรณ์พื้นฐานที่ถูกนำมาใช้สำหรับการดูดกลืนก๊าซ Packed Column จะทำการกระจายของเหลวที่เป็นตัวดูดกลืนเหนือ Packing Materials ที่เป็นตัวทำให้เกิดพื้นที่ผิวขนาดใหญ่สำหรับให้ก๊าซและของเหลวสัมผัสกันอย่างต่อเนื่อง กระแสของก๊าซปนเปื้อนจะถูกปล่อยเข้ามาทางด้านล่างของ tower และไหลขึ้นสู่ Packing materials ส่วนของเหลวที่เป็นตัวดูดกลืนจะถูกนำเข้ามาทางด้านบนของ packing โดยวิธีการสเปรย์ และไหลลงสู่ Packing materials ในทางทฤษฎีวิธีเช่นนี้จะให้ประสิทธิภาพการบำบัดที่สูงที่สุด หากทำการเจือจางก๊าซปนเปื้อนให้มากที่สุด และให้ก๊าซนั้นสัมผัสกับของเหลวที่เป็นตัวดูดกลืนที่สะอาด และให้กระบวนการทั้งหมดเกิดในคอลัมน์ขนาดที่มีความสูงเพียงพอโดยปกติ Absorption ใช้สำหรับก๊าซอินทรีย์ เมื่อจะนำมาใช้สำหรับไฮโดรคาร์บอนอินทรีย์จะต้องมีการปรับปรุงเพิ่มเติม เช่น ระบบ QUAD ซึ่งเป็นลิขสิทธิ์ของบริษัท QUAD Environmental Technologies Corporation ในสหรัฐอเมริกา และระบบที่เรียกว่า DAVIS Process ซึ่งทั้งสองวิธีใช้เทคนิคการเติมสารลดแรง

ตั้งผิวลงในน้ำซึ่งเป็นสารละลาย sodium hypochlorite ทำให้ไฮสารอินทรีย์ละลายลงในน้ำได้บางส่วน

แพคทาวเออร์ (packed tower)

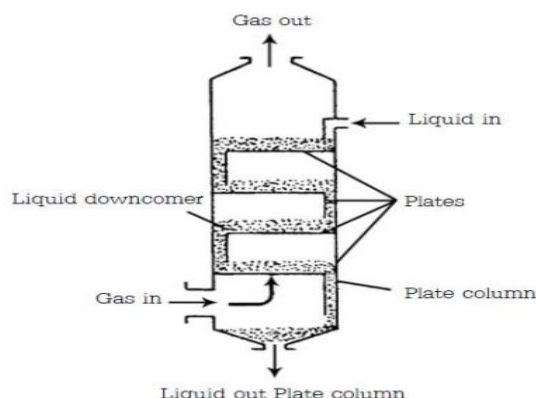
เป็นเครื่องมือที่ให้แก๊สสัมผัสกับของเหลว และมีการถ่ายเทมวลอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจะพบว่าโดยทั่วไปจะมีขนาดเล็กกว่า spray tower โดยแก๊สสกปรกจะไหลเข้าสู่หอ และแก๊สสะอาดจะออกไปทางด้านบน ของเหลวสะอาดเข้ามาทางส่วนบนของหอ ในขณะที่ของเหลวที่สกปรกจะไหลออกทางด้านล่าง เพื่อนำไป recycle หรือส่งไปยังระบบกำจัดน้ำเสีย ในหอบรรจุ packing (ซึ่งไม่ทำปฏิกิริยาเคมี) ซึ่งออกแบบให้พื้นที่ผิวของฟิล์มของเหลวมีค่ามากขึ้น packings มีรูปร่างต่างๆ และทำจากวัสดุต่างๆ เช่น เซรามิก พลาสติก (โพลีโพรพิลีน, โพลีเอทิลีน) เหล็กกล้าไร้สนิม เป็นต้น



ภาพ 15 แพคทาวเออร์ (packed tower)

เพลท คอลัม (plate column)

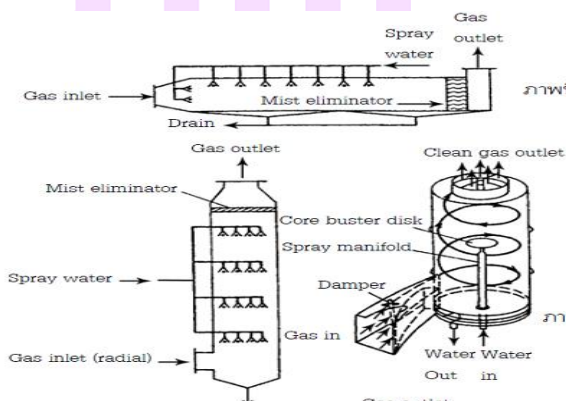
เป็นอุปกรณ์ชนิดที่ใช้หลักการบังคับให้กระแสน้ำไหลย้อนกลับขึ้นด้านบนผ่านรูเล็กๆ ของแผ่นรอง Plate ไปสัมผัสกับชั้นหรือของเหลวที่เป็นตัวทำละลายซึ่งไหลอยู่บนแผ่นรองนั้น ๆ โดยสามารถปรับอัตราการไหลของกระแสน้ำ ชนิดของการไหลเป็นวิธีไหลสวนทางโดยให้กระแสน้ำไหลขึ้นและให้ของเหลวไหลลง โดยทั่วไปจะใช้แผ่นรองรับต่อเป็นอนุกรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการบำบัดให้ได้ตามที่ต้องการ ข้อดีของอุปกรณ์นี้คือ มีราคาถูก แต่มีข้อจำกัดคือ การปรับอัตราการไหลของกระแสน้ำสามารถทำได้เฉพาะช่วงแคบ ๆ เท่านั้น ทำให้ยากต่อการเดินระบบเมื่อปริมาณก๊าซมลพิษมีการเปลี่ยนแปลง



ภาพ 16 เฟลทคอลัมน์ (plate column)

หอสเปรย์

ลักษณะทั่วไปของหอสเปรย์ Spray Towers หลักการของอุปกรณ์คือ การพ่นฝอยของเหลวลงสู่กระแสอากาศ เพื่อชะล้างสารมลพิษที่ต้องการบำบัดออกจากกระแสอากาศไปสู่ของเหลว ข้อดีของอุปกรณ์ชนิดนี้คือ แม้ว่าจะมีอนุภาคปะปนอยู่ในกระแสอากาศก็ จะไม่เกิดการอุดตัน แต่ถ้ามีการนำของเหลวกลับมาใช้ใหม่โดยไม่ได้กำจัดอนุภาคออกเสียก่อนก็จะทำให้เกิดการอุดตันที่หัวพ่นของเหลว Nozzle ได้โดยง่าย อุปกรณ์ประเภทนี้มีหลายชนิด



ภาพ 17 หอสเปรย์ (Spray Towers)

ระบบการกรองชีวภาพ (Biofiltration)

วิธีการบำบัดมลพิษทางอากาศโดยใช้กระบวนการทางชีววิทยาใช้หลักการพื้นฐานในการใช้ความสามารถของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ให้เปลี่ยนรูป

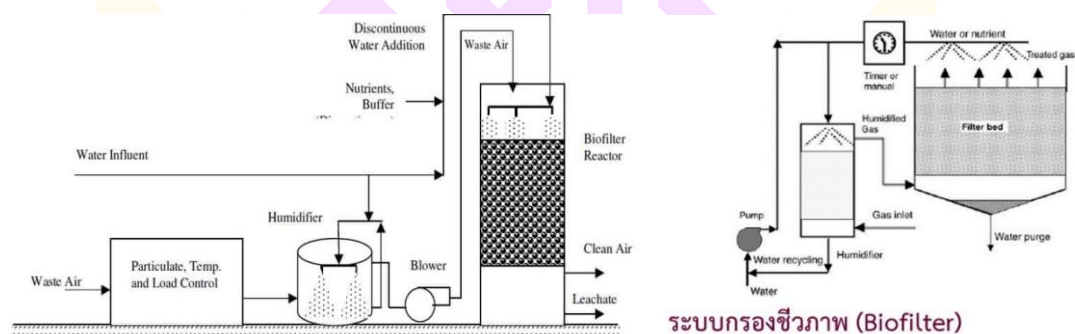
เป็นสารที่ไปเป็นพิษหรือไม่มีกลิ่น เนื่องจากสารมลพิษดังกล่าวปนอยู่ในอากาศ ดังนั้นกระบวนการเปลี่ยนรูปสารดังกล่าวของจุลินทรีย์ก็คล้ายกับการถูกออกซิไดร์ในบรรยากาศในธรรมชาติ ได้ผลของปฏิกิริยาสุดท้ายคือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ ซัลเฟต และไนเตรท

Types of Bioreactors

1. Biofilter
2. Biotrickling (Filter)
3. Bioscrubber
4. Rotating Biological Contactor
5. Membrane Bioreactors

ระบบ Biofilter

ระบบกรองชีวภาพ (Biofilter) มีหลักการทำงานคือ การป้อนอากาศเสียเข้าสู่ระบบ โดยขั้นแรกจะพ่นน้ำเข้าไปในอากาศเสียเพื่อเพิ่มความชื้น จากนั้นจะป้อนอากาศเสียที่มีความชื้นเข้าสู่ถังปฏิกิริยา ในระหว่างนั้นจะมีการโปรยน้ำที่มีสารอาหารที่จำเป็น (Nutrient) ในการเจริญเติบโตของแบคทีเรียเป็นครั้งคราว อากาศเสียที่เข้าไปจะสัมผัสกับตัวกลางที่มีจุลินทรีย์เกาะอยู่และสารมลพิษที่อยู่ในอากาศเสียจะแพร่ลงไปสู่ตัวกลางผ่านผิวของชั้นของจุลินทรีย์ (Biofilm) จากนั้นจุลินทรีย์จะใช้สารมลพิษเพื่อเป็นอาหารในการเจริญเติบโต ส่วนอากาศเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วก็จะปล่อยออกจากระบบต่อไป



ระบบกรองชีวภาพ (Biofilter)

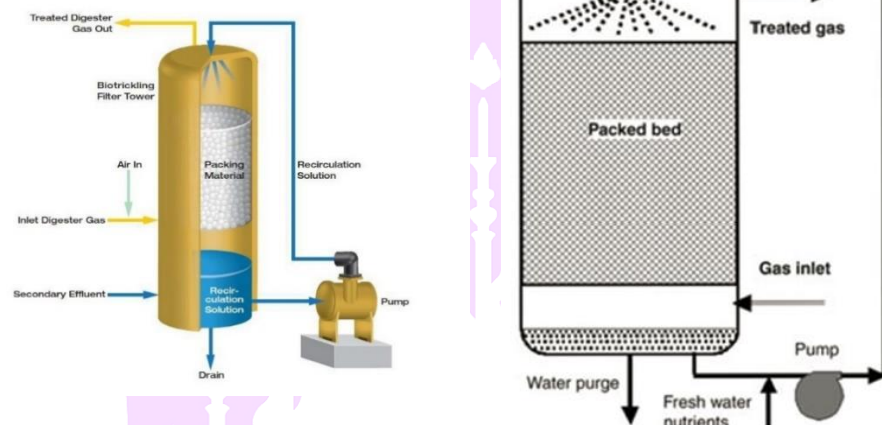
ภาพ 18 ระบบกรองชีวภาพ (Biofilter)

ระบบ Biotrickling Filter

ระบบ Biotrickling Filter จะแตกต่างกับระบบ Biofilter คือ การป้อนอากาศเสียเข้าสู่ถังปฏิกิริยาโดยไม่ต้องเพิ่มความชื้นก่อน โดยจะโปรยน้ำที่มีสารอาหารที่จำเป็น (Nutrient)

บริเวณด้านบนของถังปฏิกิริยาตลอดเวลา อากาศเสียที่ผ่านถังปฏิกิริยาก็จะสัมผัสกับตัวกลาง และเกิดการแพร่ของสารมลพิษภายในชั้นของ Biofilm และจุลินทรีย์จะใช้สารมลพิษดังกล่าว เพื่อเป็นอาหารในการเจริญเติบโต ส่วนอากาศเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วก็จะปล่อยออกจาก ระบบ

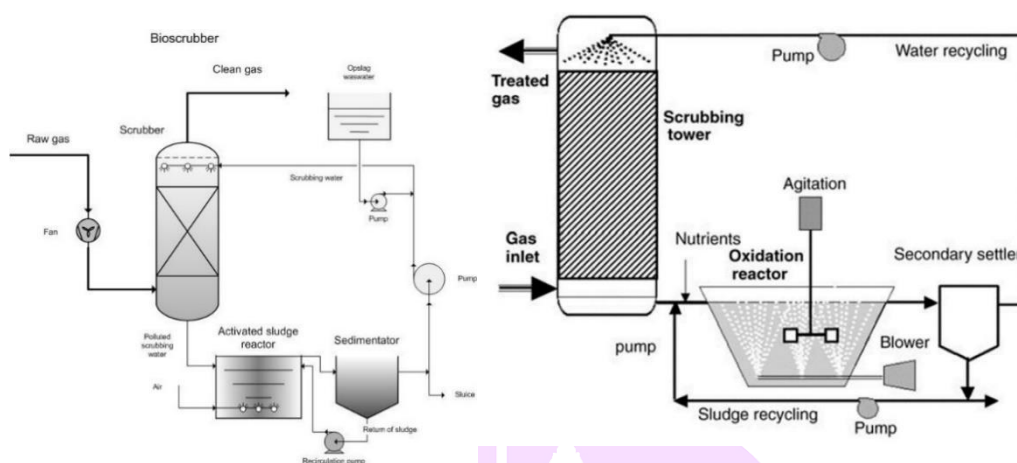
Digester Gas Treatment Biotrickling



ภาพ 19 ระบบ Biotrickling Filter

ระบบ Bioscrubbers

ระบบ Bioscrubbers จะมีหลักการทำงานคือ การป้อนอากาศเสียผ่านทางด้านล่างของ Scrubber tower ซึ่งด้านบนจะมีการโปรยน้ำ ซึ่งสารมลพิษจะถูกน้ำดูดซับและตกลงสู่ด้านล่างของหอ ส่วนอากาศเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะระบายออกทางด้านบนของหอ โดยระบบ Bioscrubbers จะใช้แบคทีเรียเพื่อย่อยสลายสารมลพิษภายในถังปฏิกิริยาที่อยู่ภายนอก โดยให้หลักการของระบบบำบัดน้ำเสียคือ น้ำที่ออกจาก Scrubbing Tower จะส่งเข้าสู่ถังปฏิกิริยามีแบคทีเรียแขวนลอยอยู่และแบคทีเรียจะย่อยสลายสารมลพิษที่ละลายอยู่ในน้ำ จากนั้นเมื่อน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจะส่งไปยังถังตกตะกอนก่อนส่งกลับเข้าสู่หอ Scrubber Tower ต่อไป

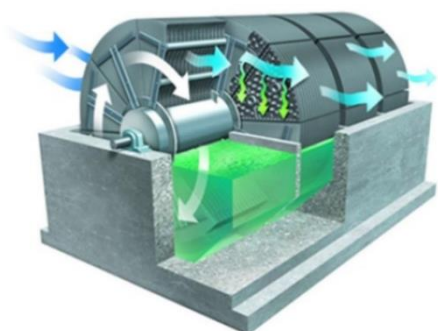


ภาพ 20 ระบบ Bioscrubbers

ระบบ Rotating Drum Biofilter

ระบบ Rotating Drum Biofilter มีลักษณะเด่นคือ ถังปฏิกรณ์จะวางในแนวนอน ภายในบรรจุตัวกลางทรงกระบอกที่สามารถเคลื่อนที่หมุนรอบตัวเองได้ ซึ่งถังปฏิกรณ์ของระบบนี้ จะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนล่างของถังจะบรรจุน้ำที่มีการเติมสารอาหารที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ส่วนด้านบนของถังจะส่งอากาศเสียเข้ามาภายในระบบ โดยอากาศเสียก่อนเข้าระบบจะมีการเพิ่มความชื้นภายในอากาศให้เหมาะสม อากาศเสียเมื่อเข้าสู่ถังปฏิกรณ์ด้านบนจะสัมผัสกับตัวกลางและเกิดการดูดซึมเข้าสู่ชั้นของเหลวที่ผิวของตัวกลาง และระบายออกด้านข้างของถัง จากนั้นตัวกลางก็จะหมุนลงสู่ชั้นล่างเพื่อนำน้ำที่เกาะอยู่บนผิวตัวกลางลงสู่ด้านล่างถัง ซึ่งสารมลพิษจะถูกจุลินทรีย์ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำย่อยสลายก่อนจะหมุนวนน้ำขึ้นสู่ด้านบนเพื่อดูดกลืนสารมลพิษที่เข้ามาใหม่ต่อไป

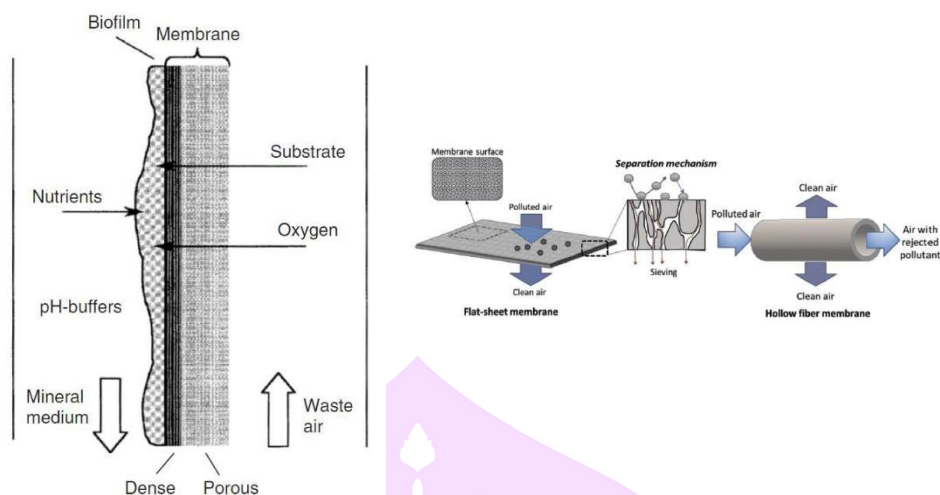
Rotating Biological Contactors



ภาพ 21 ระบบ Rotating Drum Biofilter

ระบบ Membrane Biofilter

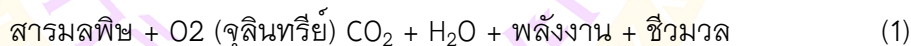
ระบบ Membrane Biofilter เป็นระบบกรองชีวภาพที่ประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลักคือ Membrane ที่มีคุณสมบัติพิเศษในการยอมให้สารมลพิษที่ต้องการบำบัดผ่าน (Selectivity) โดยหลักการของระบบคือการผ่านอากาศเสียที่มีสารอินทรีย์ระเหยอยู่เข้าไปในระบบโดยอากาศเสียจะผ่านเข้าสู่ Membrane ที่มีความสามารถในการยอมให้สารมลพิษที่ต้องการบำบัดผ่านเข้าสู่ชั้นของ Biofilm โดยในชั้นของ Biofilm จะมีการป้อนสารอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เมื่อสารมลพิษสัมผัสกับชั้นของ Biofilm ก็เคลื่อนจากอากาศ (Gas Phase) ลงสู่ชั้นของเหลว (Liquid Phase) จุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ใน Biofilm ก็จะย่อยสลายสารมลพิษเพื่อใช้เป็นอาหารในการเจริญเติบโต ส่วนอากาศที่ผ่านการบำบัดแล้วจะระบายออกต่อไป



ภาพ 22 ระบบ Membrane Biofilter

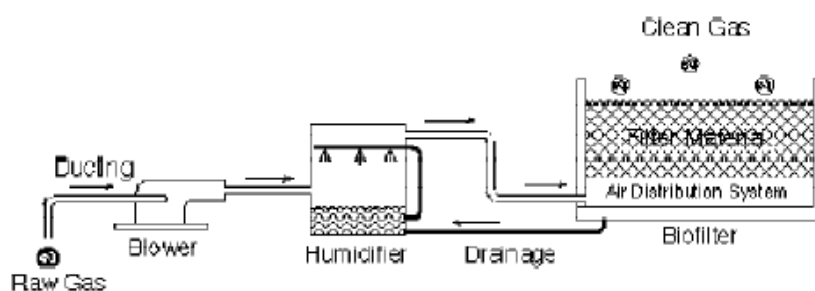
กลไกการย่อยสลายสารมลพิษของระบบกรองชีวภาพ

กลไกการย่อยสลายสารมลพิษในระบบกรองชีวภาพ คือ กระบวนการที่ทำให้สารมลพิษในอากาศสัมผัสกับจุลินทรีย์ในระบบ แล้วอาศัยจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ทำให้กลายเป็นสารที่ไม่เป็นมลพิษต่อไป โดยระบบกรองชีวภาพจะประกอบด้วย วัสดุตัวกลาง (Media) ซึ่งเป็นที่อยู่ของจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์เหล่านี้ จะอาศัยในบนชั้นบาง ๆ ที่มีความชื้นที่เคลือบอยู่บนวัสดุตัวกลางเรียกว่า “Biofilm” ในขณะเกิดการกรองทางชีวภาพ ทำได้โดยป้อนอากาศเสียผ่านเข้าไปยังชั้นของวัสดุกรองอย่างช้า ๆ ทำให้ สารมลพิษถูกดูดซับเข้าไปในวัสดุตัวกลางแล้วแพร่เข้าสู่ชั้นของ Biofilm ในชั้นตอนนี้จุลินทรีย์ที่อยู่ในชั้นของ Biofilm จะย่อยสลายสารมลพิษเพื่อเป็นแหล่งอาหารและสร้างพลังงานในกระบวนการเมแทบอลิซึมได้ ถ้าการย่อยสลายเกิดขึ้นสมบูรณ์สารมลพิษจะย่อยสลายไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ดังสมการ 1



ระบบการกรองชีวภาพนับเป็นเทคโนโลยีใหม่ในการกำจัด ไอสารอินทรีย์ออกจากอากาศ โดยที่ในอากาศดังกล่าวมีองค์ประกอบของก๊าซที่สามารถย่อยสลายได้โดยแบคทีเรียหรือ จุลชีพ (Microorganism) อื่นๆ โดยการควบคุมทั้งอุณหภูมิและความชื้น จะเสริมให้ จุลชีพที่อาศัยอยู่ในชั้นกรองชีวภาพ (Biofilter bed) ย่อยสลายไอสารอินทรีย์กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และ น้ำ ระบบการกรองชีวภาพนี้มีปรากฏใช้อย่างกว้างขวางในประเทศเยอรมันและเนเธอร์แลนด์สำหรับการควบคุมกลิ่น VOCs และไอสารอินทรีย์จากอุตสาหกรรมหลายประเภท อย่างไรก็ตามระบบนี้ มักจะใช้งานได้ดีกับความเข้มข้นของไอสารอินทรีย์ที่ไม่เกิน 1,000 ppm ประสิทธิภาพการควบคุมโดยทั่วไปจะมากกว่าร้อยละ 90 สำหรับสารมลพิษอากาศโดยทั่วไป ค่าใช้จ่ายสำหรับระบบและในการเดินระบบจากระบบที่ใช้งานอยู่ทั้งในยุโรป

และสหรัฐอเมริกามีความหลากหลายมาก แต่จาก US.EPA (1995) พบว่าค่าใช้จ่ายในการเดินระบบสำหรับBiofiltration จะต่างมาก (ในช่วงประมาณ 0.6–1.50 ดอลลาร์ ต่อ 100,000 ลูกบาศก์ฟุต) ทำให้เป็นข้อได้เปรียบที่สำคัญที่จะแข่งขันกับระบบอื่น ถ้าใช้กับความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่ไม่สูงมากนัก



ภาพ 23 ระบบการกรองชีวภาพ (Biofiltration)

ตาราง 3 การเปรียบเทียบเครื่องมือ

ลำดับที่	เครื่องมือ	ประโยชน์
1	ระบบการเผาทำลาย	เป็นกระบวนการทางเคมี ซึ่งเกิดจากการรวมตัวของก๊าซออกซิเจนหรือสารประกอบเคมี แล้วเกิดกระบวนการเผาไหม้ หรือเรียกว่า Oxidation ที่ใช้สำหรับการเผาไหม้ จะประกอบด้วยธาตุคาร์บอน และไฮโดรเจน
2	การดูดซับ	การดูดซับอนุภาคของก๊าซจะถูกดูดซับออกโดยการจับติดกับผิวของวัตถุของแข็ง โมเลกุลของแข็งที่ถูกดูดซับเรียก Adsorbate ในขณะที่ทำการดูดซับอากาศเสียเรียก Adsorbent ซึ่งจะเป็นก้อนของแข็งมีรูพรุน เช่น Activated Carbon, Silica Gel
3	การดูดกลืนแพด ทาว เออร์	เป็นกระบวนการดูดกลืนด้วยของเหลวเกิดทั้งกายภาพ และเคมี เป็นเครื่องมือที่ให้สัมผัสกับของเหลว และมีการถ่ายเทมวลอย่างมีประสิทธิภาพขนาดดัดเล็กกว่า spray tower
	เพลท คอลัมน์	ใช้หลักการบังคับให้กระแสอากาศไหลย้อนขึ้นบนรูเล็กๆ ของแผ่นรองโป๊สสัมผัสขึ้น หรือของเหลวที่เป็นตัวทำละลาย
	หอสเปรย์	การผ่นย่อยของเหลวลงสู่กระแสอากาศ เพื่อชะล้างสารมลพิษที่ต้องการบำบัดออกสู่กระแสอากาศไปยังของเหลว
4	ระบบการกรองชีวภาพ	เป็นระบบบำบัดมลพิษทางอากาศโดยอาศัยจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ทำให้กลายเป็นสารที่ไม่เป็นมลพิษ

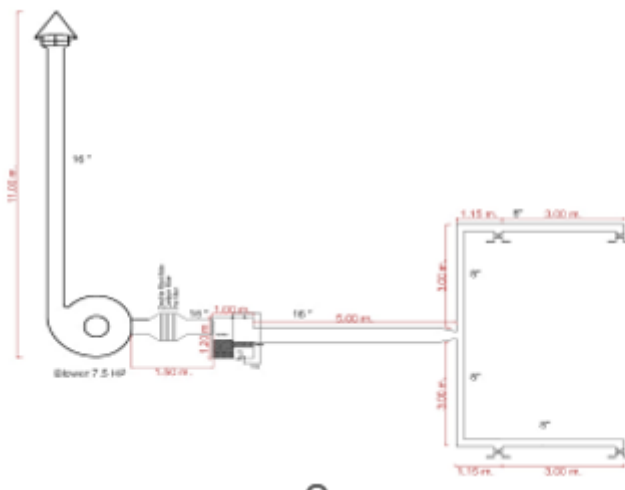
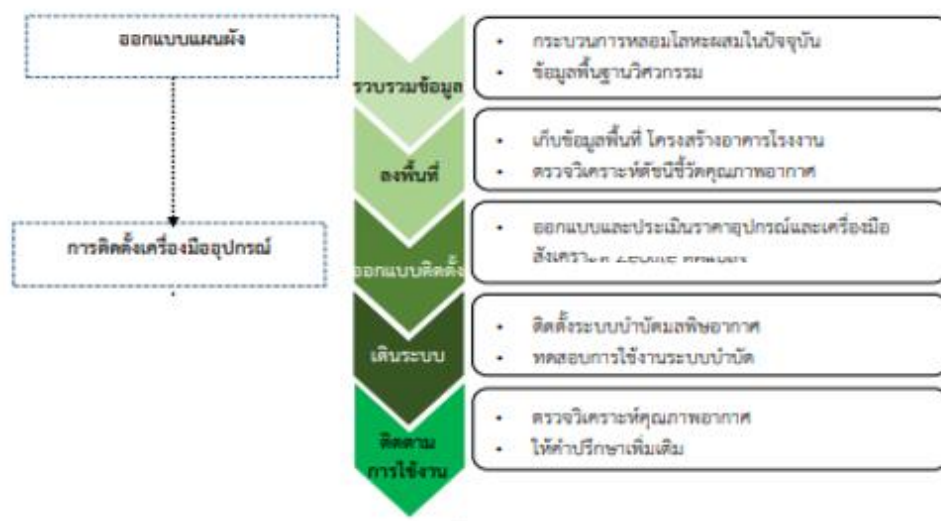
อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things : IoT) สภาพแวดล้อมที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่มีการถ่ายโอนข้อมูลร่วมกันโดยผ่านเครือข่ายจึงไม่จำเป็นต้องใช้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลกับบุคคล หรือระหว่างบุคคลกับคอมพิวเตอร์ ซึ่ง IoT พัฒนามาจากเทคโนโลยีไร้สาย (wireless technology) และคำว่า Things ใน Internet of Things นั้น หมายถึง อุปกรณ์ที่อ้างอิงได้ด้วยเลขไอพี (IP address) และมีความสามารถในการถ่ายโอนข้อมูลระหว่างกันได้โดยผ่านเครือข่าย IoT จึงเป็นเทคโนโลยีที่ทำให้อุปกรณ์ต่างๆสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันได้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต



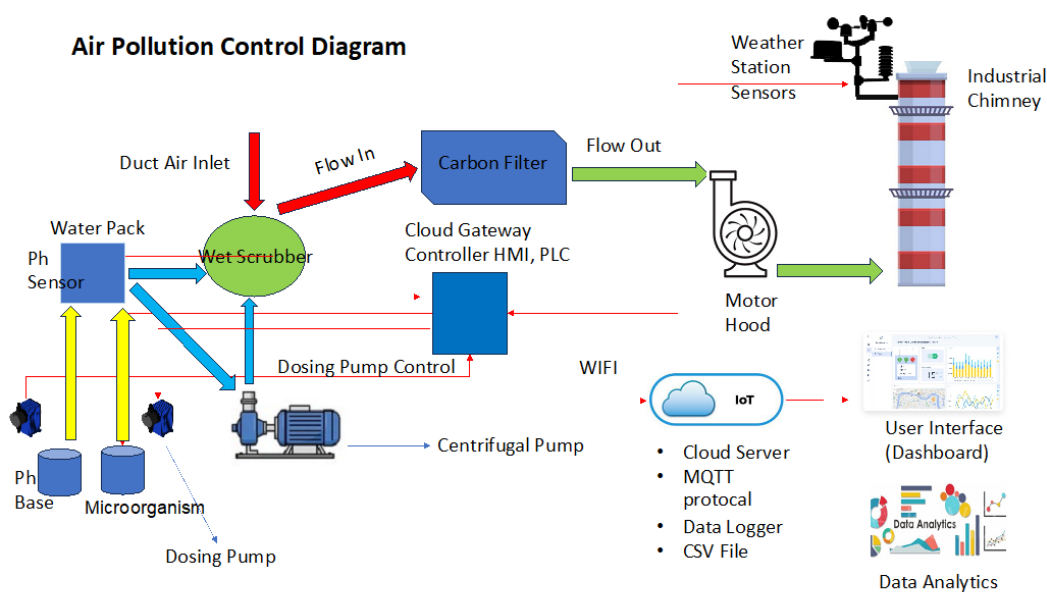
บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

ในการศึกษาการควบคุมมลพิษอากาศจากกระบวนการตัดลวดมีแนวทางการดำเนินงานดังภาพนี้



ภาพ 24 ขั้นตอนการดำเนินงานและติดตั้งรายงาน IOT



ภาพ 25 Air Pollution Control Diagram

การเตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการตัดเหล็กม้วน

1. เครื่องมือที่ใช้ในการตัดเหล็กม้วน
 - 1.1 เครื่องตัดแก๊สตามราง (เครื่องตัดเตา)
 - 1.2 แก๊ส LPG
 - 1.2.1 ใช้แก๊ส เวิลด์ จำนวน 1 ถัง
 - 1.3 ถังลมออกซิเจน
 - 1.3.1 ถังลมออกซิเจนของ LOTUS จำนวน 1 ถัง
 - 1.3.2 ใช้ความดันลม 170 – 200 kg/cm²
2. ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการตัดเหล็กม้วน
 - 2.1 ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon)
 - 2.1.1 ใช้ในปริมาณ 51 กิโลกรัม
 - 2.1.2 สารดูดซับ (Molecular Sieve)
 - 1) ใช้ในปริมาณ 1,227 กิโลกรัม หรือ 1.227 ตัน
3. เครื่องที่ใช้ในการเก็บข้อมูล
 - 3.1 ระบบเซ็นเซอร์

วิธีการเก็บข้อมูลในระหว่างการตัดเหล็กม้วน

1. เก็บข้อมูลด้วยระบบเซ็นเซอร์ของเครื่อง Wet Scrubber
 - 1.1 มีระบบเซ็นเซอร์ อยู่ที่บริเวณปากปล่องปล่อยควัน
 - 1.2 มีการเก็บข้อมูลทุก ๆ 1 นาที
 - 1.3 มีการเก็บพารามิเตอร์ดังนี้
 - 1.3.1 อุณหภูมิอากาศ (Temperature)
 - 1.3.2 ความชื้นอากาศ (Humidity)
 - 1.3.3 ความเร็วลม (Wind speed)
 - 1.3.4 สารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs)
 - 1.3.5 ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (PM2.5)
 - 1.3.6 ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10)
 - 1.3.7 ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH)

วิธีการประมวลผลข้อมูล

1. วิธีการคำนวณค่า AQI มีดังนี้
 - 1.1. คำนวณจากสูตรดังนี้

$$AQI = \frac{I_{max} - I_{min}}{C_{max} - C_{min}} * (C_i - C_{min}) + I_{min}$$

โดย

AQI = ค่าดัชนีคุณภาพอากาศ

I_{max} , I_{min} = ค่าสูงสุดและต่ำสุดของช่วงชั้นดัชนีที่ตรงกับค่าความเข้มข้นที่จะคำนวณ

C_{max} , C_{min} = ค่าสูงสุดและต่ำสุดของช่วงชั้นความเข้มข้นที่ตรงกับค่าความเข้มข้นที่จะคำนวณ

C_i = ค่าความเข้มข้นพารามิเตอร์ที่จะคำนวณ

ตาราง 4 การแสดงผลค่าระดับความรุนแรงของ AQI มีดังนี้

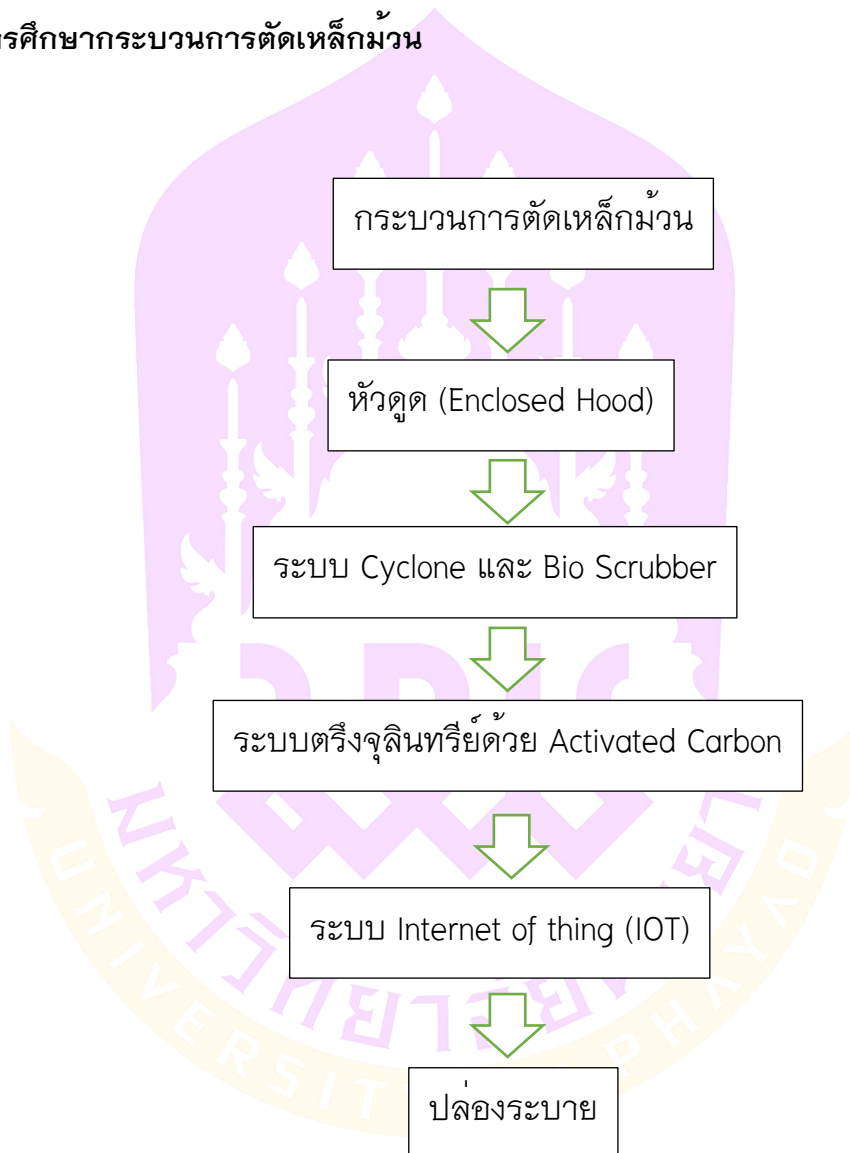
AQI	ความหมาย	สีที่ใช้	คำอธิบาย
0 – 25	คุณภาพอากาศดีมาก	ฟ้า	คุณภาพอากาศดีมาก เหมาะสำหรับกิจกรรมกลางแจ้งและการท่องเที่ยว
26 – 50	คุณภาพอากาศดี	เขียว	คุณภาพอากาศดี สามารถทำกิจกรรมกลางแจ้งและการท่องเที่ยวได้ตามปกติ <u>ประชาชนทั่วไป</u> : สามารถทำกิจกรรมกลางแจ้งได้ตามปกติ
51 – 100	ปานกลาง	เหลือง	<u>ผู้ที่ต้องดูแลสุขภาพเป็นพิเศษ</u> : หากมีอาการเบื้องต้น เช่น ไอ หายใจลำบาก ระคายเคืองตา ควรลดระยะเวลาการทำกิจกรรมกลางแจ้ง <u>ประชาชนทั่วไป</u> : ควรเฝ้าระวังสุขภาพ ถ้ามีอาการเบื้องต้น เช่น ไอ หายใจลำบาก ระคายเคืองตา ควรลดระยะเวลาการทำกิจกรรมกลางแจ้ง หรือใช้อุปกรณ์ป้องกันตนเองหากมีความจำเป็น
101 – 200	เริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพ	ส้ม	<u>ผู้ที่ต้องดูแลสุขภาพเป็นพิเศษ</u> : ควรลดระยะเวลาการทำกิจกรรมกลางแจ้ง หรือใช้อุปกรณ์ป้องกันตนเองหากมีความจำเป็น ถ้ามีอาการทางสุขภาพ เช่น ไอ หายใจลำบาก ตาอักเสบ แน่นหน้าอก ปวดศีรษะ หัวใจเต้นไม่เป็นปกติ คลื่นไส้ อ่อนเพลีย ควรปรึกษาแพทย์ ทุกคนควรหลีกเลี่ยงกิจกรรมกลางแจ้ง
201 ขึ้นไป	มีผลกระทบต่อสุขภาพ	แดง	หลีกเลี่ยงพื้นที่ที่มีมลพิษทางอากาศสูง หรือใช้อุปกรณ์ป้องกันตนเองหากมีความจำเป็น หากมีอาการทางสุขภาพ ควรปรึกษาแพทย์

ที่มา: กองการจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

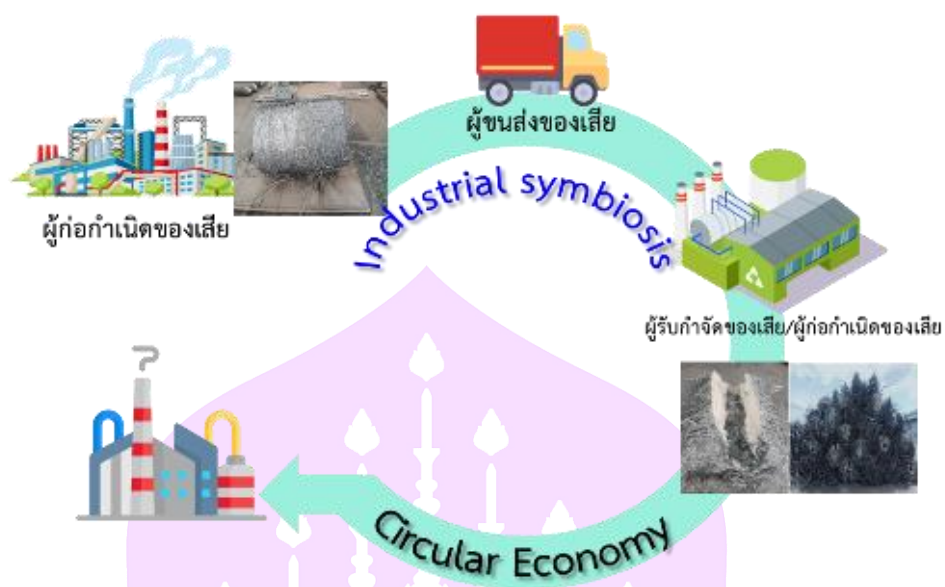
ผลการศึกษาระบบการตัดเหล็กม้วน



ภาพ 26 ผลการศึกษาระบบการตัดเหล็กม้วน



ภาพ 27 ขั้นตอนการตัดเหล็กร่ม



ภาพ 28 กระบวนการเพิ่มมูลค่าของเสีย เหล็กม้วน



ภาพ 29 ลักษณะควันจากการตัดเหล็กม้วน

ผลการคำนวณการออกแบบระบบมลพิษอากาศจากการตัดโลหะ

ส่วนที่ 1 ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองจากการตัดโลหะ

1. ข้อมูลการออกแบบ
2. การตัดโลหะหนักใช้ความร้อนไม่เกิน 200 c
3. ใช้ความร้อนจากแก๊ส LPG

สมมติฐาน

1. อุณหภูมิอากาศที่บำบัดประมาณ 150 C
2. กำหนดความเร็วลมไหลเข้าท่อดูดอากาศออก 3,500–4,000 FPM (18–20 m/s)

(ข้อมูลจาก MECHANICAL ENGINEERING QUICK REFERENCE) และความเร็วที่สามารถพาฝุ่นไปได้คือ 4,000 FPM

ตาราง 5 ความเร็วที่ใช้ในการดูดฝุ่นควัน

ชนิดของสารปนเปื้อน	ความเร็วต่ำสุด ของอากาศ, fpm	ตัวอย่าง
ไอ ก๊าซ และควัน	1000–2000 (5–10 m/s)	ไอ ก๊าซ และควัน ที่เกิดจากกระบวนการทางอุตสาหกรรมทุกประเภท
ไอเสีย	2000–2500 (10–13 m/s)	ไอร้อนที่เกิดจากกระบวนการเชื่อมโลหะ
ฝุ่นละเอียดมากและ เบา	2500–3000 (13–15 m/s)	ผงแป้ง หรือผงฝ้าย (cotton lint)
ฝุ่นแห้ง	3000–4000 (15–20 m/s)	ฝุ่นยางละเอียด ฝุ่นสบู่ ขี้เลื่อยเบา ฝุ่นฝ้าย (cotton dust) หรือผงปอ (jute lint)
ฝุ่นในอุตสาหกรรม ทั่วไป	3500–4000 (18–20 m/s)	ฝุ่นจากการเจียระไน ฝุ่นของเมล็ดกาแฟ ฝุ่นจากการขนถ่ายวัสดุ ฝุ่นจากการตัดอิฐ ฝุ่นจากการหล่อโลหะ ฝุ่นหินปูน ฝุ่นดิน หรือผงซิลิกา
ฝุ่นขนาดใหญ่ (ฝุ่น หนัก)	4000–4500 (20–23 m/s)	ขี้เลื่อย (หนักและเปียก) ฝุ่นจากการขัดผิวโลหะ ฝุ่นจากการเป่าทราย (sand blast) ฝุ่นจากการเจาะหรือคว้านเหล็กหล่อ หรือฝุ่นตะกั่ว
ฝุ่นหนักและชื้น	1000–2000 (23 m/s ขึ้นไป)	ฝุ่นตะกั่วที่มีชื้นตะกั่วติดมาด้วย ผงปูนซีเมนต์ที่ชื้น ผงยิปซัม (ชื้น)

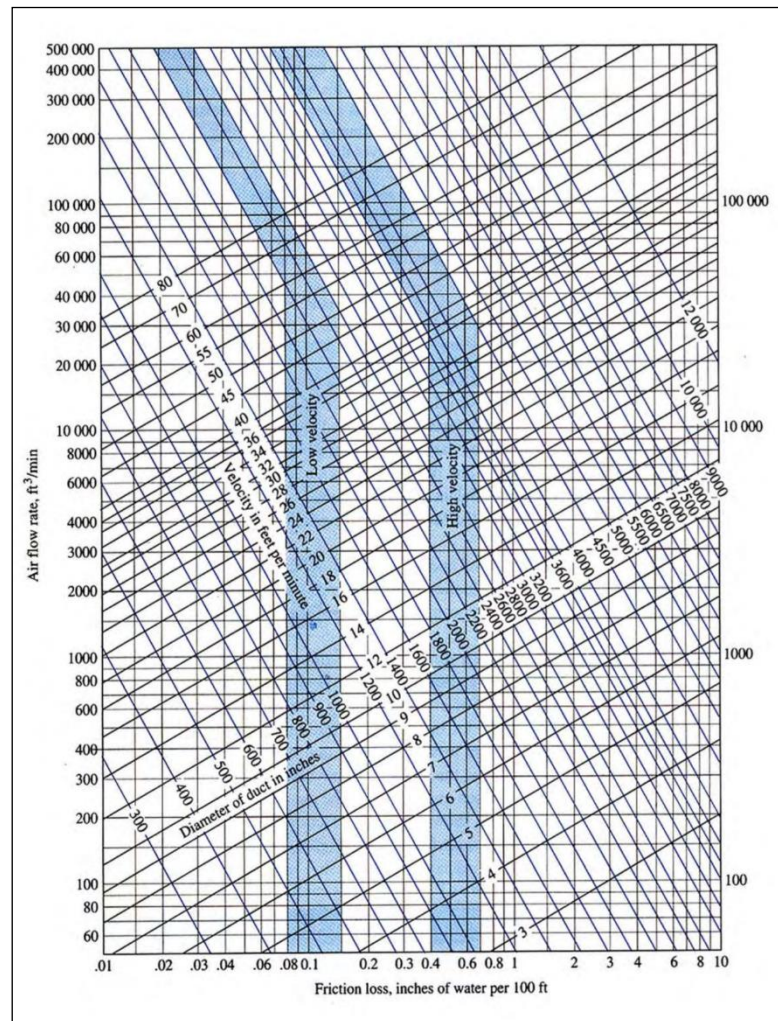
คำนวณหาปริมาณอากาศโดยวิธีสมดุลท่ออากาศ (BALANCE DUST METHOD) เพื่อเข้าสู่ Wet Scrubber

Hood (ชุด) ประกอบด้วยชุดแบบเรียบมีปีกติดห้องตัดโลหะ ขนาด 200 ตารางเมตร ซึ่งปากถังตกตะกอนเคมี ทำเป็นระบบปิด มีข้องอ 90° มีความยาว 4 ม. และเลือกใช้ท่อ ชนิด กัลวาไนซ์ ซึ่งมีความดันรวม 54.24331 pa

ท่อออกจากการต่อจากท่อจากห้องตัดโลหะ ซึ่งเป็นท่อตรงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว มีความยาว 4.15 เมตร ซึ่งมีความดันรวม 320 pa อัตราการไหลรวม เท่ากับ 600 cfm เมื่อ รวมเส้นท่อจะทำให้ท่อขยายออกท่อตรงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 นิ้ว มีความยาว 5 เมตร และ เลือกใช้ท่อชนิดกัลวาไนซ์ ซึ่งมีความดันรวม 728.4975 p

กำหนด

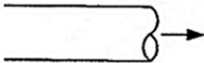
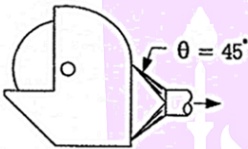
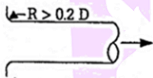
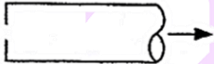
ความเร็วลมในท่อ	V	=	4,000	FPM
จากสูตร	Q	=	V.A	CFM
จากพื้นที่หน้าตัดท่อ;	A	=	Q/V	FT2
		=	3,500/4000	FT2
		=	0.875	FT2
	A	=	??*r*	FT
	r*r	=	A / ??	FT
		=	0.875/??	FT
		=	0.5277	FT
	D	=	0.5277 *2	FT
		=	1.056	FT
เลือกใช้ท่อดูขนาด Ø		=	12	INCH



ภาพ 30 กราฟแสดงการหาขนาดท่อลม

การคำนวณค่าความดันสูญเสียในระบบท่อ

1. ความดันสูญเสียที่ปากท่อดูด

ลักษณะทางเข้าของหัวดูด	การสูญเสียความดันที่ทางเข้าหัวดูด (h_e)																																			
ปากเรียบ ไม่มีหน้าแปลน (unflanged) 	$0.93 VP_d$ ($F_h = 0.93$)																																			
ปากเรียบ มีหน้าแปลน (flanged) 	$0.49 VP_d$ ($F_h = 0.49$)																																			
ล้อยินเจียรไน (grinding hood) 	$0.65 VP_d$ (ต่อท่อดูดโดยไม่ใช้กรวย, $F_h = 0.65$)																																			
	$0.40 VP_d$ (ต่อท่อดูดโดยไม่ใช้กรวย, $F_h = 0.40$)																																			
ปากกระชัง (bell mouth) 	$0.04 VP_d$ ($F_h = 0.04$)																																			
ช่องแคบ (slot) 	$1.78 VP_d$ ($F_h = 1.78$)																																			
กรวย (cone) 	<table><tr><th rowspan="2">θ (องศา)</th><th colspan="8">แฟกเตอร์การสูญเสียที่ทางเข้า (F_h)</th></tr><tr><th>15</th><th>30</th><th>45</th><th>60</th><th>90</th><th>120</th><th>150</th><th>180</th></tr><tr><td>หน้าตัดวงกลม</td><td>0.15</td><td>0.08</td><td>0.06</td><td>0.08</td><td>0.15</td><td>0.28</td><td>0.40</td><td>0.50</td></tr><tr><td>หน้าตัดสี่เหลี่ยม</td><td>0.25</td><td>0.16</td><td>0.15</td><td>0.17</td><td>0.25</td><td>0.35</td><td>0.48</td><td>0.50</td></tr></table> หมายเหตุ : มุม 180° หมายถึง การต่อท่อดูดโดยไม่ใช้กรวย	θ (องศา)	แฟกเตอร์การสูญเสียที่ทางเข้า (F_h)								15	30	45	60	90	120	150	180	หน้าตัดวงกลม	0.15	0.08	0.06	0.08	0.15	0.28	0.40	0.50	หน้าตัดสี่เหลี่ยม	0.25	0.16	0.15	0.17	0.25	0.35	0.48	0.50
θ (องศา)	แฟกเตอร์การสูญเสียที่ทางเข้า (F_h)																																			
	15	30	45	60	90	120	150	180																												
หน้าตัดวงกลม	0.15	0.08	0.06	0.08	0.15	0.28	0.40	0.50																												
หน้าตัดสี่เหลี่ยม	0.25	0.16	0.15	0.17	0.25	0.35	0.48	0.50																												

ภาพ 31 การสูญเสียความดันที่ทางเข้าหัวดูด

เมื่อ

$$V_d = 4,500 \sqrt{VP_d}$$

$$h_e = F_h VP_d$$

$$h_e = \text{ความดันสูญเสียที่ทางเข้าหัวตูด, IN.WG}$$

$$VP_d = \text{ความดันจลน์ของอากาศในท่อ, IN.WG}$$

$$F_h = \text{แฟกเตอร์การสูญเสียที่ทางเข้า (ได้จากตาราง)}$$

$$V_d = \text{ความเร็วลมในท่อ, = 4,500 FPM}$$

$$VP_d = (V_d/4,500)^2$$

$$= (4,500/4,500)^2$$

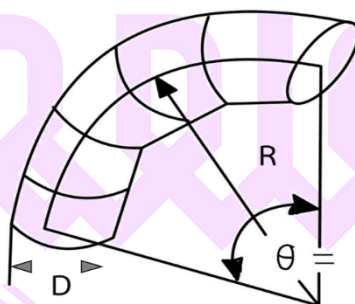
$$= 1.26 \quad \text{IN.WG}$$

$$h_e = 0.15 VP_d$$

$$h_e = 0.15 \times 1.26$$

$$= 0.19 \quad \text{IN.WG}$$

2. หาความดันสูญเสียในเส้นท่อ
ความดันสูญเสียในท่อเลี้ยว 90°



ตาราง 6 แสดงแฟกเตอร์การสูญเสียของท่อเลี้ยวหน้าตัดวงกลม

แฟกเตอร์การสูญเสีย (loss Factor :F)							
R/D	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00	2.50	
ผิวเรียบ	0.71	0.33	0.22	0.15	0.13	0.12	หมายเหตุ
5 ชั้น	–	0.46	0.33	0.24	0.19	0.17	ท่อเลี้ยว $60^\circ = 0.67F$
4 ชั้น	–	0.50	0.37	0.27	0.24	0.23	ท่อเลี้ยว $45^\circ = 0.50F$
3 ชั้น	0.90	0.54	0.42	0.34	0.33	0.33	ท่อเลี้ยว $30^\circ = 0.33F$

เมื่อ

$$\begin{aligned}
 h_L &= F.VP.IN.WG \\
 V_d &= 4,500 \quad \text{FPM} \\
 h_L &= \text{ความดันสูญเสียจากท่อเล็ก ,IN.WG} \\
 F &= \text{แฟกเตอร์การสูญเสียของท่อเล็ก (ได้จากตาราง)} \\
 VP &= \text{ความดันจลน์ของอากาศในท่อ(= 1.26) IN.WG} \\
 \text{ท่อเล็ก } 90^\circ \text{ F} &= 0.37 \\
 h_L &= 0.37 \times 1.26 \\
 &= 0.47 \quad \text{IN.WG} \\
 \text{จำนวนท่อเล็ก } 90^\circ &= 5 \quad \text{อัน} \\
 \text{ความดันสูญเสียจากท่อเล็ก } 90^\circ &= 2.35 \quad \text{IN.WG} \\
 \text{ความยาวท่อรวม} &= 50 \quad \text{FT} \\
 \text{ความดันสูญเสียในเส้นท่อ / 100 FT} &= 2.6 \quad \text{IN.WG} \\
 \text{ความดันสูญเสียในเส้นท่อ} &= 2.6 \times 50/100 \\
 &= 1.3 \quad \text{IN.WG} \\
 \text{ความดันสูญเสียในระบบท่อรวม} &= 3.84 \quad \text{IN.WG}
 \end{aligned}$$

3. รายการคำนวณระบบไซโคลน

3.1 ระบบไซโคลน จากการศึกษาของ LAPPLE

กำหนดความเร็วลมไหลผ่านหอบำบัด(ความเร็วลมไม่ควรเกิน 500 fpm) 500 fpm

ปริมาณก๊าซเข้าหอบำบัด (Q) 5,700.00 CMH

3,505.50 cfm

จำนวน ไซโคลน 1.00 ชุด

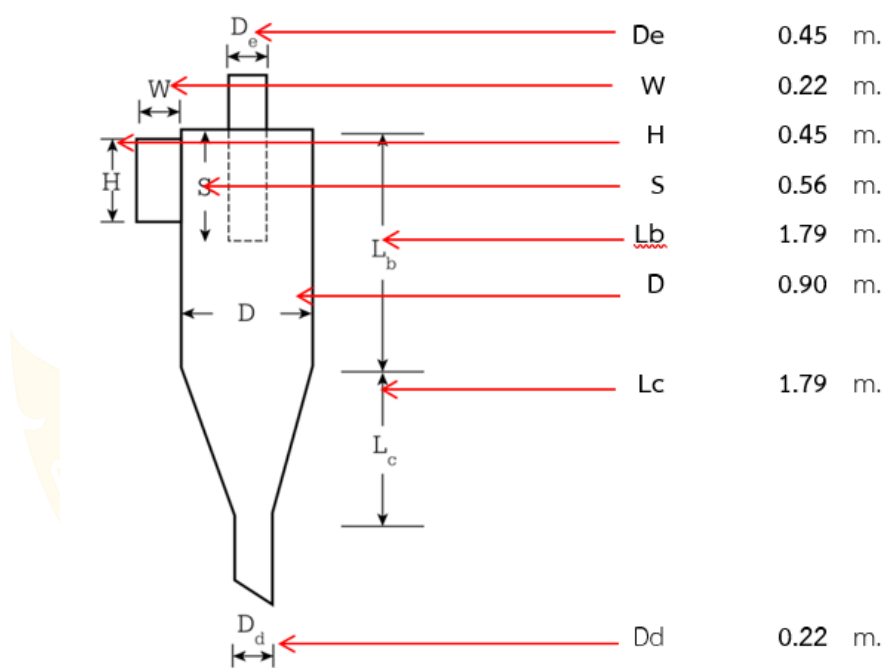
ปริมาณเขม่าควันเข้าหอบำบัด (Q)เฉลี่ยต่อชุด 3,505.50 cfm/ชุด

ดังนั้นพื้นที่หน้าตัดหอบำบัดอากาศ(Q=VA) 7.01 sq.ft

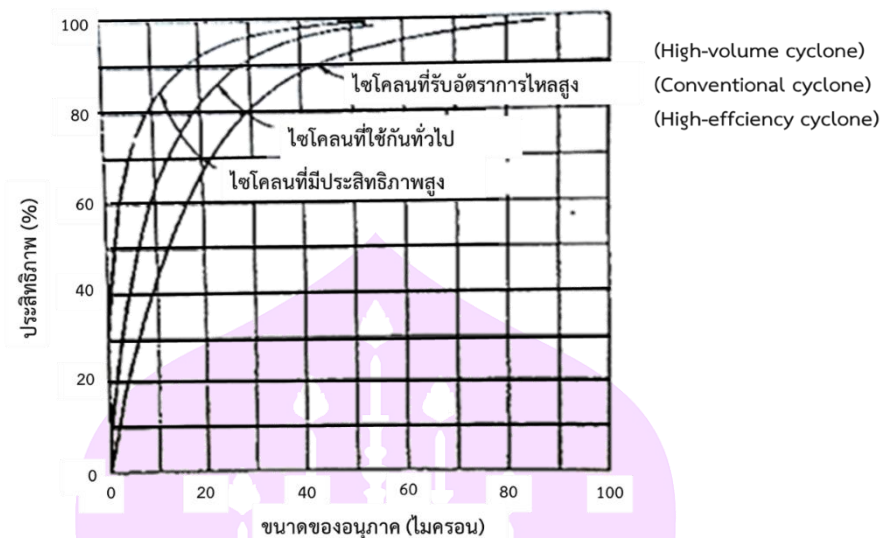
0.63 sq.m

เลือกใช้หอบำบัดอากาศกระบอก(ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหอบำบัด) 0.90m

	ค่าสูตร	ค่าที่ได้
ขนาดของตัวไซโคลน (D/D)	1	0.90 m.
ความสูงของท่อเข้า (H/D)	0.5	0.45 m.
ความกว้างของท่อเข้า (W/D)	0.25	0.22 m.
เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของท่อกาซออก (De/D)	0.5	0.45 m.
ความยาวของ Vortex Finder (S/D)	0.625	0.56 m.
ความยาวของรูปทรงกระบอก (Lb/D)	2.00	1.79 m.
ความยาวของส่วนโคน (Lc/D)	2.00	1.79 m.
เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของท่อระบายอนุภาค (Dd/D)	0.25	0.22 m.



ภาพ 32 รูปแบบไซโคลน



ภาพ 33 ประสิทธิภาพของไซโคลนแยกตามขนาดของอนุภาค

ประสิทธิภาพไซโคลนที่เลือกใช้ 75%

จาก $\text{eff.} = 100(C_i - C_o)/C_i$

โดยที่ C_i = ความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่เข้าหอบำบัดอากาศ ($1,000 \text{ mg/m}^3$)

C_o = ความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่ออกจากหอบำบัดอากาศ

ดังนั้น $C_o = ((100 - 75)/100) * (1000)$
 $= 250 \text{ mg/m}^3$

จะได้ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่เหลือ หลังจากผ่านเครื่องจัดฝุ่นละอองแบบไซโคลน เท่ากับ 250 mg/m^3

สรุป ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่เหลือหลังจากผ่านระบบจัดฝุ่นละอองแบบไซโคลน ที่มีประสิทธิภาพ 75 % ทำให้อากาศที่ไหลออกสู่อากาศภายนอกมีความเข้มข้นของฝุ่นละอองเท่ากับ 250 มก./ลบม. ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงานหล่อหลอมโลหะ (ไม่เกิน 300 มก./ลบม. ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องกำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน พ.ศ. 2549

4. การออกแบบระบบ Wet Scrubber

4.1 การออกแบบเส้นท่อรวมรวมมลพิษทางอากาศ

ข้อมูลเบื้องต้นในการออกแบบ	คุณสมบัติ
ขนาดท่อ	8 นิ้ว และ 16 นิ้ว
ความยาวท่อโดยรวม	55.5 เมตร
ชนิดของท่อ	กัลวาไนซ์
อัตราการไหลรวม	600 cfm
ความเร็วสุดท้ายก่อนเข้า Wet Scrubber	6.682 m/s (1315.32 fpm)
ความดันรวม	639.602 pa (2.568 IN.WG)

4.2 รายการคำนวณระบบ WET SCRUBBER

ข้อมูลเบื้องต้นในการออกแบบ

อุณหภูมิเฉลี่ย	40	°C
ความดันบรรยากาศ	757.8	mmHg
อัตราการระบาย	1.40	m ³ /s
อัตราการระบาย	1.61	m ³ /s
อัตราการระบาย	5,796.00	CMH
	3,564.54	cfm

2. รายการคำนวณระบบหอบำบัด

ความเร็วลมไหลผ่านหอบำบัด (ความเร็วลมไม่ควรเกิน 500	300	fpm
	1.50	m/s
ปริมาณก๊าซเข้าหอ	5,796.00	CMH
	3,564.54	cfm
ดังนั้นพื้นที่หน้าตัดหอบำบัดอากาศ(Q=VA)	11.88	sq.ft
	1.07	sq.m
เลือกใช้หอบำบัดอากาศกระบอก(ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหอ	1.17	m
ความสูงของถัง WET	2.33	m

เลือกใช้หอบำบัดอากาศแบบกลอง(ขนาดหอบำบัด)

กว้าง	1.03	m
ยาว	1.03	m
ลึก	3.10	m

4.3 รายการคำนวณท่อทางเข้า wet scrubber

กำหนดความเร็วลมไหลผ่านหอบำบัด (ความเร็วลม)	500.00	fpm
ปริมาณก๊าซเข้าหอบำบัด (Q)	3,564.54	cfm
ดังนั้นพื้นที่หน้าตัดหอบำบัดอากาศ(Q=VA)	7.13	sq.ft
	1,026.59	sq.inch
เลือกใช้ท่อลมที่เข้าหอบำบัดอากาศ(ท่อกลม)	36.15	inch
เลือกใช้ท่อลมที่เข้าหอบำบัดอากาศ(ท่อเหลี่ยม)	91.82	cm.
กว้าง	32.00	inch
ยาว	32.08	inch

4.4 รายการคำนวณท่อทางออก wet scrubber

กำหนดความเร็วลมไหลผ่านหอบำบัด (ความเร็วลม 2,000–2,500 fpm)	2,000.00	fpm
ปริมาณก๊าซเข้าหอบำบัด (Q)	3,564.54	cfm
ดังนั้นพื้นที่หน้าตัดหอบำบัดอากาศ (Q=VA)	1.78	sq.ft
	256.65	sq.inch
เลือกใช้ท่อลมที่เข้าหอบำบัดอากาศ(ท่อกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง)	18.08	inch
เลือกใช้ท่อลมที่เข้าหอบำบัดอากาศ(ท่อเหลี่ยม)		
กว้าง	15.00	inch
ยาว	17.11	inch

4.5 คำนวณปริมาณน้ำ

มาตรฐานทั่วไป อากาศ 1000 cfm ต้องให้น้ำ 3–10 GPM ใช้ค่ากลาง	8	GPM
ดังนั้นที่อากาศ	3,564.54	cfm
ปริมาณน้ำที่ใช้ล้าง (Q)	28.52	GPM
0.11		M3/mim
total head	20	ft

4.6 คำนวณหาประสิทธิภาพ MEDIA

ช่องว่าง ใน MEDIA	95%	%
พื้นที่หน้าตัดของ wet scrubber	1.17	sq.m.
เมื่อใส่ media จะเหลือพื้นที่	1.11	sq.m.
ความเร็วเมื่อผ่าน MEDIA	1.26	m/s
	252.59	fpm

จากข้อมูลในตาราง สรุปได้ดังนี้

ประสิทธิภาพ wet scrubber เลือกใช้ 75%

จาก $eff. = 1000 (C_i - C_o) / C_i$

โดยที่ C_i = ความเข้มข้นของสารมลพิษ(โลหะหนัก (ฝุ่นละออง โลหะหนัก) ที่เข้าหอ

บำบัดอากาศ (1,000mg/m³)

C_o = ความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่ออกจากหอบำบัดอากาศ ดังนั้น $C_o =$

$$((100 - 75)/100) * (1000) = 250 \text{ mg/m}^3$$

จะได้ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักที่เหลือ หลังจากผ่าน wet scrubber เท่ากับ 250 mg/m³

สรุป ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักที่เหลือหลังจากผ่าน wet scrubber ที่มีประสิทธิภาพ 75 % ทำให้อากาศที่ไหลออกสู่อากาศภายนอกมีความเข้มข้นของโลหะหนัก เท่ากับ 250 มก./ลบม. ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน (ไม่เกิน 300 Mg/m³ ตามค่ามาตรฐานของ US.EPA, 1994) ฝุ่นละออง

4.7 BLOWER DESIGN

ความดันสูญเสียในระบบท่อ = 2.568 IN.WG

ความดันสูญเสียใน wet scrubber = 5 IN.WG ความดันสูญเสียใน ระบบดูดซับ
= 5 IN.WG

ความดันสูญเสียรวม; $\Delta P = 2.568 + 5 + 5 \text{ IN.WG}$

$$\Delta P = 12.568 \text{ IN.WG}$$

ขนาดมอเตอร์ขับเคลื่อน ; $BHP = Q \times \Delta P / (6,356 \times 0.5) \text{ ข}$

$$HP \text{ BHP} = 1779.859 \times 12.568 / (6,356 \times 0.6) = 5.87 \text{ HP}$$

เลือกใช้พัดลมขนาด = 5.87 (ใช้ 7hp) HP (5.2198991 kw) ความดันสถิตพัดลม

= 12.568 IN.WG อัตราการดูดลมไม่น้อยกว่า = 2,200 CFM

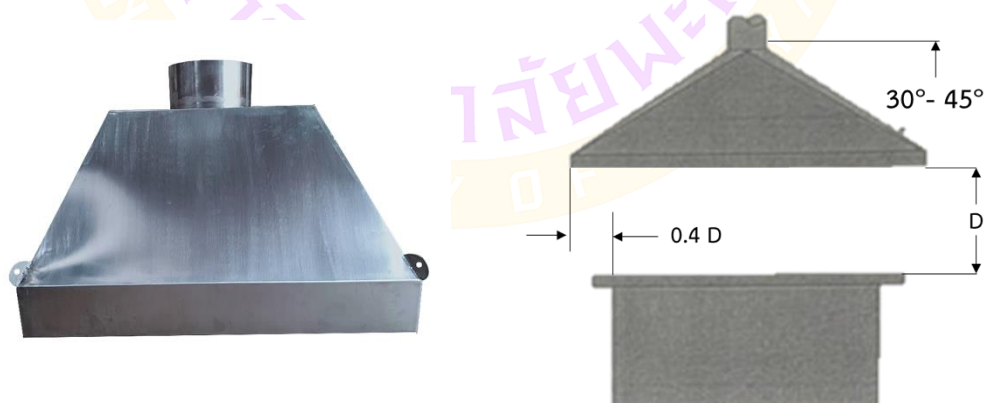
ดังนั้น ใช้พัดลมดูดอากาศ ของระบบบำบัดมลพิษทางอากาศแบบ wet scrubber และระบบดูดซับของขนาด 7 HP (พัดลมแบบใบพัดโค้งไปข้างหลัง) โดยได้ปริมาณลมไม่น้อยกว่า 2,200 CFM

ตาราง 7 ผลการหาค่าความดันรวม อัตราการไหลของอากาศ กำลังมอเตอร์

พารามิเตอร์	ผลการคำนวณ
ความดันรวม	3130.492 pa (12.568 IN.WG)
ความดันจากเส้นท่อน	639.602 pa (2.568 IN.WG)
ความดันจาก Wet Scrubber	1245.445 pa (5 IN.WG)
ความดันจาก ระบบดูดซับ	1245.445 pa (5 IN.WG)
อัตราการไหล	1779.859 cfm
ขนาดกำลังขับของพัดลม	7 HP (5.2 kw)

5. รายการคำนวณ ระบบกำจัดมลพิษทางอากาศ

5.1. คำนวณหาอัตราการไหลของอากาศ



ภาพ 34 ตู้ดูดอากาศเสียแบบเขว่นคลุมไว้ด้านบน (CANOPY HOOD)

อัตราการไหลของอากาศ = 1.4 PDV ลบ.เมตร/วินาที

เมื่อ V เป็นความเร็วของลมที่ต้องใช้ (เมตร/วินาที)

P เป็นเส้นรอบรูปของตู้ดูดอากาศเป็นเมตร หรือ $2 \times (\text{ความกว้าง} + \text{ความยาวของปากตู้})$

D เป็นระยะห่างจากปากตู้ถึงผิวพื้น เช่นถึงที่จะดูดมลพิษ

หากมีฝาปิดทั้งสองด้านที่ติดกัน สามารถลดค่าอัตราการไหลที่คำนวณได้ลงอีก 50 %

หากมีฝาปิดทั้งสองด้านที่ไม่ติดกัน (คือตรงข้ามกัน) สามารถลดค่าอัตราการไหลที่คำนวณได้ลงอีก 25%

หากมีฝาปิดทั้งสามด้าน ให้ใช้สูตรของภาพ 34

ค่า V ที่ต้องใช้ (เมตร/วินาที)

ความเป็นพิษของสาร	อากาศโดยรอบนิ่ง	อากาศโดยรอบมีการเคลื่อนที่น้อย	อากาศโดยรอบมีการเคลื่อนที่ปานกลาง
น้อย	0.38	0.62	0.88
ปานกลาง	0.62	0.88	1.13
มาก	0.88	1.13	1.38

ติดตั้งหัวดูดขนาด $\varnothing$ 1 เมตร เหนือปากเตาหลอมห่างจากปากเตา 0.50 เมตร และมีแผ่นกันด้านข้างปิดล้อมขนาดครึ่งวงกลม (ตามแบบ)

อัตราการไหลของอากาศ = 1.4 PVD CU.M / S

เมื่อ

P = เส้นรอบรูปของตู้ดูดอากาศ(เมตร)

V = ความเร็วของลมที่ต้องใช้(เมตร/วินาที)

D = ระยะห่างจากเตาหลอมถึงตู้ดูดอากาศ (เมตร)

คำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

$$\begin{aligned}
 P &= \text{เส้นรอบรูปของตู้ดูดอากาศ(เมตร)} = 2 \times ? \\
 &= 2 \times ? \times (0.5) \\
 &= 3.142 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

$$V = \text{ความเร็วของลมที่ต้องใช้(เมตร/วินาที)} = 0.88 \text{ m/s}$$

$$D = \text{ระยะห่างจากเตาหลอมถึงตู้ดูดอากาศ (เมตร)} = 0.50 \text{ m.}$$

แทนค่าในสมการข้างต้น

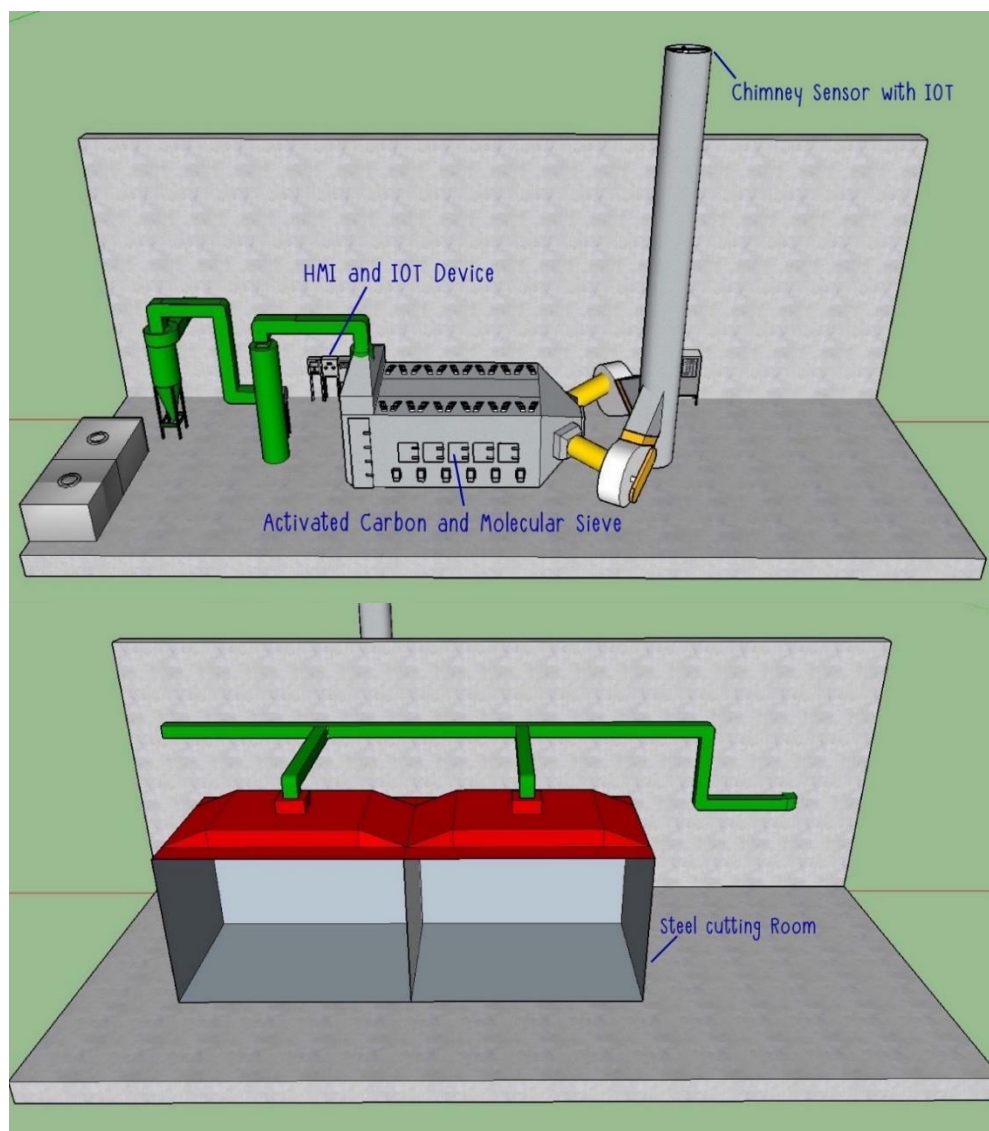
$$\begin{aligned}
 \text{อัตราการไหลของอากาศ} &= 1.4 \text{ PVD} \\
 &= 1.4 * 3.142 * 0.62 * 0.5 \\
 &= 1.36363 \quad \text{CU.M / S} \\
 &= 1.36363 * 36.926 * 60 \\
 &= 3,021 \text{ CFM}
 \end{aligned}$$

$$\text{ใช้ค่าออกแบบ ; } Q_{\text{Design}} = 3,500 \text{ CFM}$$

หลังจากผ่านระบบกำจัดฝุ่นละอองแบบไซโคลนเพื่อกำจัดฝุ่นออกจากระบบแล้ว ทำการบำบัดก๊าซมลพิษด้วย Molecular Sieve (โมเลกุลาร์ซีฟท์) และ Wet Scrubber เพื่อบำบัดโลหะหนัก

จากการศึกษา เรื่อง ดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศในโรงงานแปรสภาพของเสียด้วยระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อสร้างดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศด้วยข้อมูล $PM_{2.5}$ ที่ได้จากระบบ IOT โดยผู้ศึกษาได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้



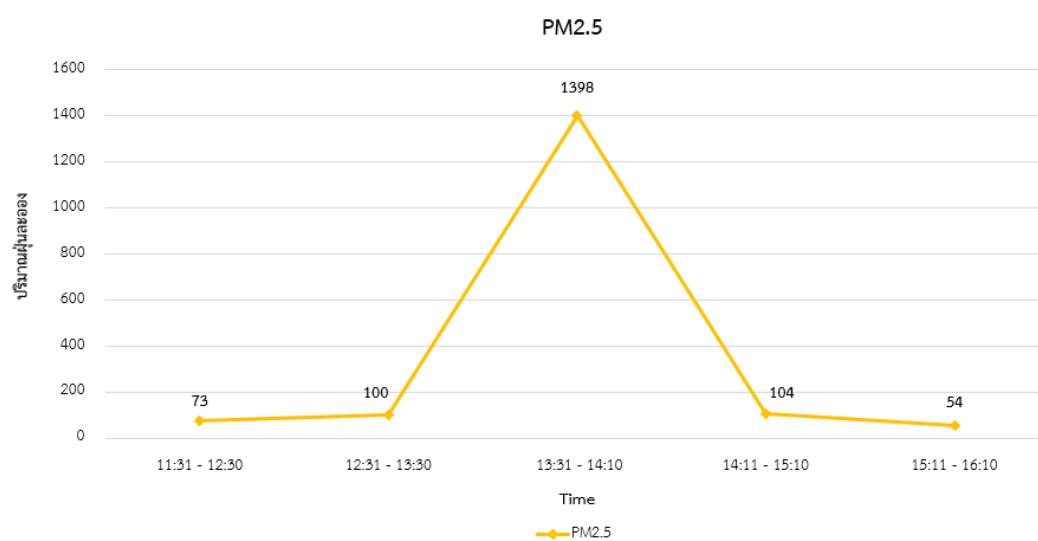


ภาพ 35 ด้านห้องตัดเหล็กม้วน



ภาพ 36 WET SCRUBBER

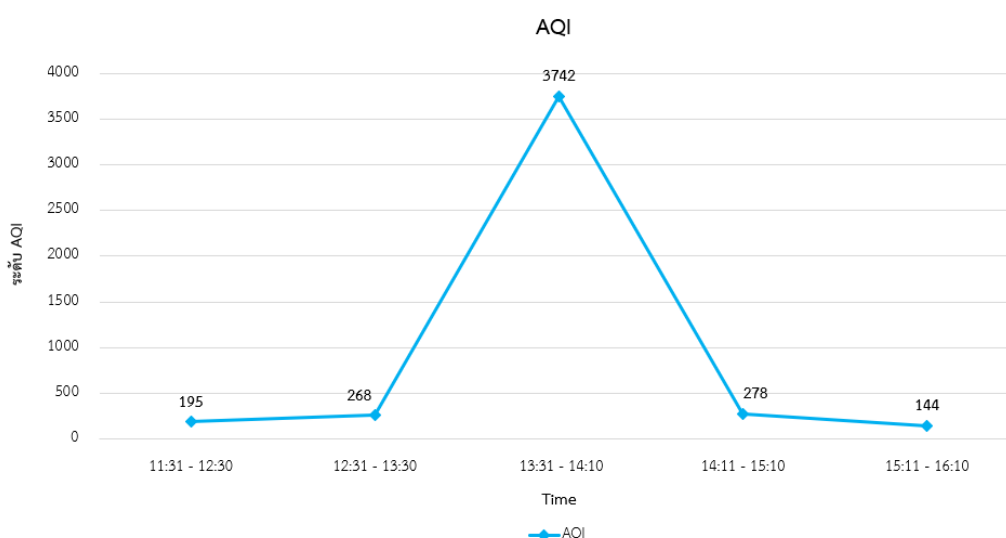
6. ผลการวิเคราะห์ค่าฝุ่นละออง PM_{2.5}



ภาพ 37 ค่าฝุ่นละออง PM_{2.5} (วันที่ 27 ม.ค. 2567)

จากภาพ 37 ค่าฝุ่นละออง PM_{2.5} สรุปได้ว่า ก่อนทำการตัดเหล็กม้วน เวลา 11:31 – 12:30 น. และ เวลา 12:31 – 13:30 น. ต่อมา มีปริมาณฝุ่น PM_{2.5} เท่ากับ 73 , 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ระหว่างการตัดเหล็กม้วน ณ เวลา 13:31 – 14:10 น. มีปริมาณฝุ่น PM_{2.5} เท่ากับ 1398 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และหลังทำการตัดเหล็กม้วน เวลา 14:11 – 15:10 น. และ เวลา 15:11 – 16:10 น. ต่อมา มีปริมาณฝุ่น PM_{2.5} เท่ากับ 104 , 54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ

7. ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีชี้คุณภาพอากาศ



ภาพ 38 ดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศ PM_{2.5} (วันที่ 27 ม.ค. 2567)

จากภาพ 38 ดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศ PM_{2.5} (รายชั่วโมง) สรุปได้ว่า ก่อนทำการตัดเหล็กม้วน เวลา 11:31 – 12:30 น. และ เวลา 12:31 – 13:30 น. ต่อมา มีค่า AQI เท่ากับ 195 , 268 ระหว่างการตัดเหล็กม้วน ณ เวลา 13:31 – 14:10 น. มีค่า AQI เท่ากับ 3742 และหลังทำการตัดเหล็กม้วน เวลา 14:11 – 15:10 น. และ เวลา 15:11 – 16:10 น. ต่อมา มีค่า AQI เท่ากับ 104 , 54 ตามลำดับ

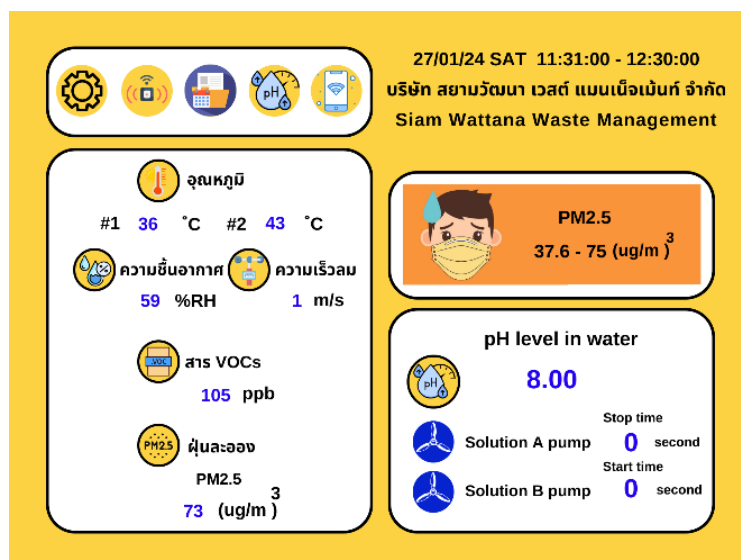
8. ผลการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงของคุณภาพอากาศ

ผลการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงของคุณภาพอากาศ มีดังนี้

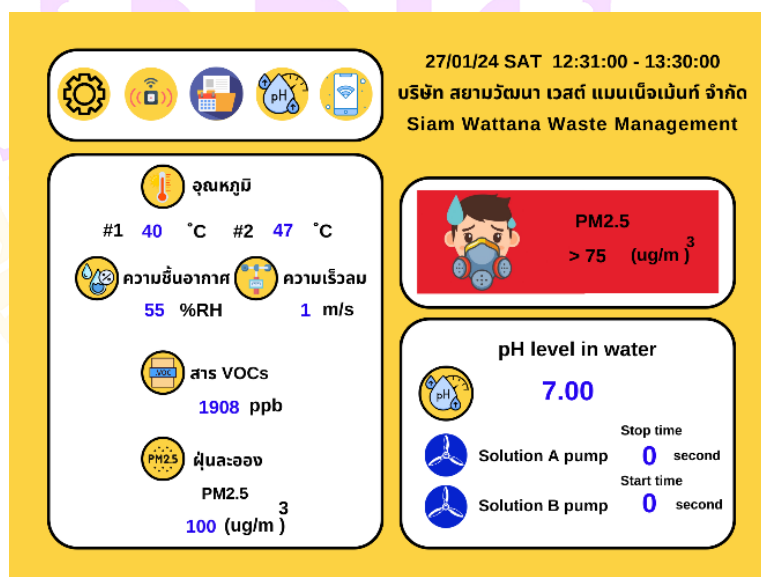
- 8.1 ช่วงก่อนตัดเหล็กม้วน เวลา 11:31 – 12:30 น.
- 8.2 ช่วงก่อนตัดเหล็กม้วน เวลา 12:31 – 13:30 น.
- 8.3 ระหว่างตัดเหล็ก เวลา 13:31 – 14:10 น.

8.4 ช่วงหลังตัดเหล็กม้วน 14:11 – 15:10 น.

8.5 หลังตัดเหล็กม้วน 15:11 – 16:10 น.

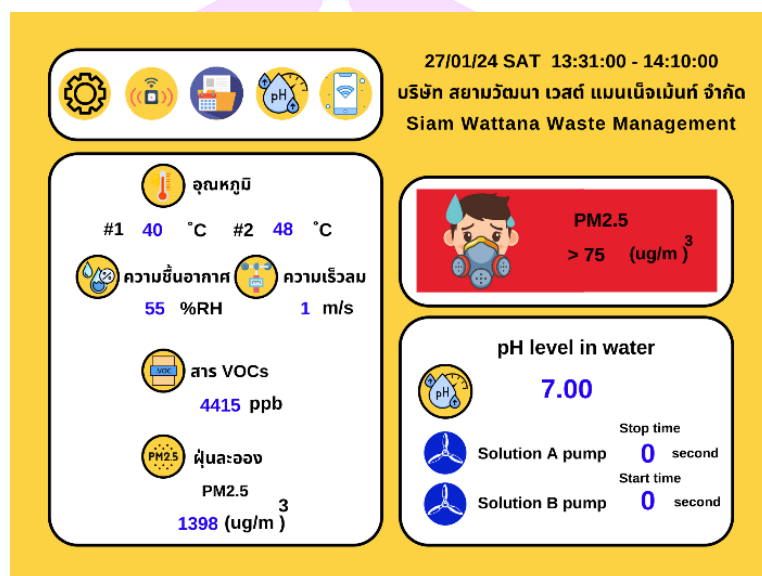


ภาพ 39 ระดับความรุนแรงคุณภาพอากาศ ก่อนตัดเหล็กม้วน เวลา 11:31 – 12:30 น.



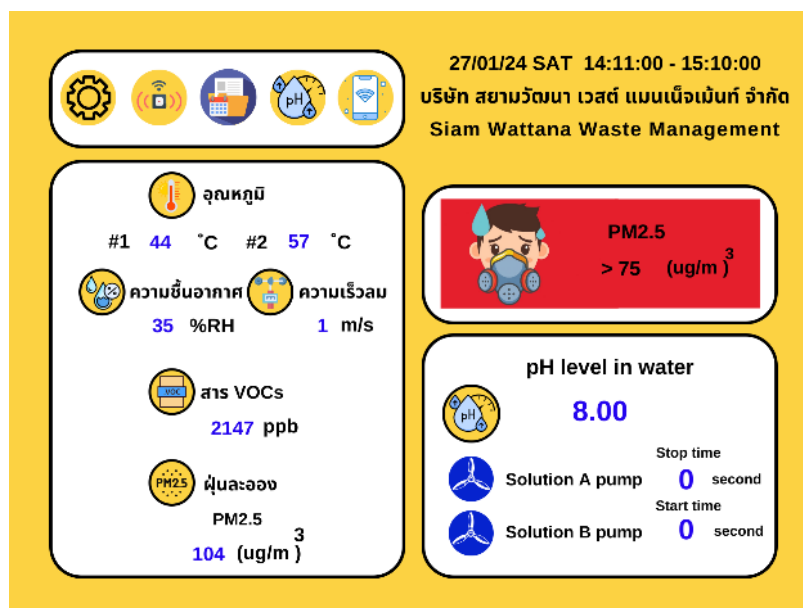
ภาพ 40 ระดับความรุนแรงคุณภาพอากาศ ก่อนตัดเหล็กม้วน เวลา 12:31 – 13:30 น.

จากภาพ 39 และ 40 ระดับความรุนแรงคุณภาพอากาศ ก่อนตัดเหล็ก สรุปได้ว่า ก่อนทำการตัดเหล็กม้วน เวลา 11:31 – 12:30 น. มีค่า $PM_{2.5}$ เท่ากับ $73 \mu g/m^3$ ดังนั้นระดับความรุนแรงของคุณภาพอากาศ จึงเป็นสีส้ม เริ่มส่งผลกระทบต่อสุขภาพ และเวลา 12:31 – 13:30 น. มีค่า $PM_{2.5}$ เท่ากับ $100 \mu g/m^3$ ดังนั้นระดับความรุนแรงของคุณภาพอากาศจึงเป็นสีแดง และทำให้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ



ภาพ 41 ระดับความรุนแรงคุณภาพอากาศ ระหว่างตัดเหล็ก เวลา 13:31 – 14:10 น.

จากภาพ 41 ระดับความรุนแรงคุณภาพอากาศ ระหว่างตัดเหล็ก สรุปได้ว่า ระหว่างการตัดเหล็กม้วน มีค่า $PM_{2.5}$ เท่ากับ $1398 \mu g/m^3$ ดังนั้นระดับความรุนแรงของคุณภาพอากาศจึงเป็นสีแดง และทำให้มีผลกระทบต่อสุขภาพ เนื่องจากมีกระบวนการตัดเหล็กม้วน



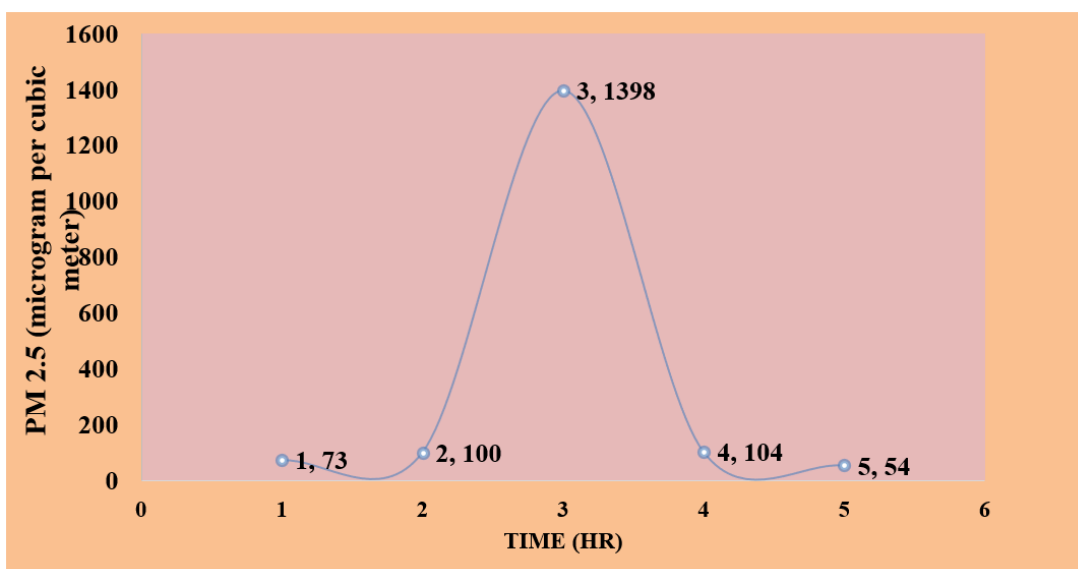
ภาพ 42 ระดับความรุนแรงคุณภาพอากาศ หลังตัดเหล็กม้วน เวลา 14:11 – 15:10 น.



ภาพ 43 ระดับความรุนแรงคุณภาพอากาศ หลังตัดเหล็กม้วน เวลา 15:11 – 16:10 น.

จากภาพ 42 และ 43 ระดับความรุนแรงคุณภาพอากาศ หลังตัดเหล็ก สรุปได้ว่า หลังทำการตัดเหล็กม้วน เวลา 14:11 – 15:10 น. มีค่า PM_{2.5} เท่ากับ 104 µg/m³ ดังนั้นระดับ

ความรุนแรงของคุณภาพอากาศจึงเป็นสีแดง และทำให้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ และเวลา 15:11 – 16:10 น. มีค่า $PM_{2.5}$ เท่ากับ $54 \mu g/m^3$ ดังนั้นระดับความรุนแรงของคุณภาพอากาศจึงเป็นสีส้ม และเริ่มส่งผลกระทบต่อสุขภาพ



ภาพ 44 ภาพค่า PM 2.5



บทที่ 5

บทสรุป

สรุปผลการวิจัย

กิจกรรมการตัดเหล็กม้วน นั้นส่งผลต่อปริมาณฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ซึ่งทำให้ดัชนีชี้คุณภาพอากาศมีค่าสูงเพิ่มขึ้น และ Wet Scrubber ก่อนที่จะทำการปรับปรุง โดยไม่มีการเพิ่มสาร และหลังทำการปรับปรุง โดยมีการเพิ่มสารถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) และสารดูดซับ (Molecular Sieve) ทำให้มีประสิทธิภาพในการกำจัด $PM_{2.5}$ เพิ่มมากขึ้นซึ่ง ดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศในโรงงานแปรสภาพของเสียด้วยระบบอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่งสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมมลพิษได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการตรวจเช็คและตรวจสอบการทำงานของระบบเซ็นเซอร์ เป็นประจำ เพื่อความแม่นยำและความถูกต้องของข้อมูล
2. ควรมีคู่มือการปฏิบัติงาน การซ่อมบำรุง การใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆ เนื่องจากมีอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับเครื่อง Wet Scrubber ที่ซับซ้อนเป็นจำนวนมาก

บรรณานุกรม

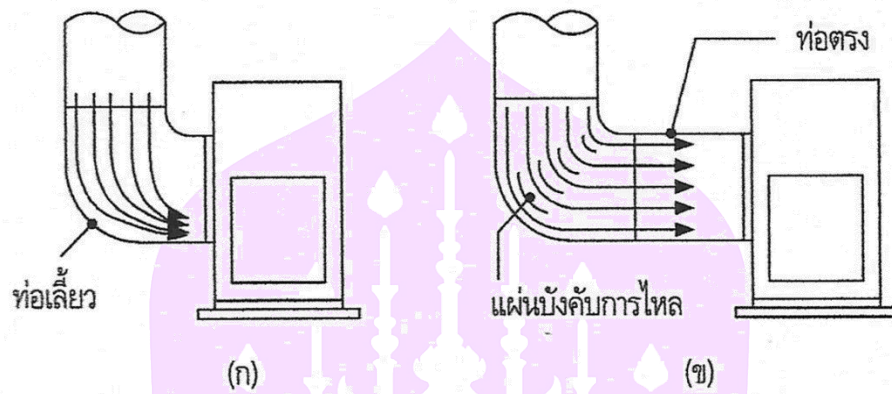
- [1] P. Shi, Limited. (2022). Hamilton–Jacobi–Isaacs equations for singularly perturbed zero–sum dynamic (discrete time) games, **SIAM J. Control and Optimization**, 41(3), pp.826–850.
- [2] S. K. Nguang and P. Shi, (2003). Fuzzy H–infinity output feedback control of nonlinear systems under sampled measurements, **Automatica**, 39(12), pp.2169–2174
- [3] P. Shi, E. K. Boukas and R. K. Agarwal. (1998). H1 control of discrete–time linear uncertain systems with delayed– state, **Proc. of 37th IEEE Conference on Decision & Control**, Tampa, Florida, pp.4551–4552.
- [4] S.M.S.D._Malleswari and T. Krishna Mohana. (2022). Air pollution monitoring system using IoT devices: Review, **Materials Today: Proceedings**, 51(1), pp. 1147– 1150.
- [5] G. Mani, J. Kumar Viswanadhapalli and P Sriramalakshmi , (2021). AI powered IoT based Real–Time Air Pollution Monitoring and Forecasting, **Journal of Physics: Conference Series**, Citation Geetha Mani et al J. Phys.: Conf. 2115(2021), 1–12.
- [6] J. Jo,B. Jo,J. Kim,S. Kim and W Han. (2020). Development of an IoT–Based Indoor Air Quality Monitoring Platform. **Journal of Sensors**, 2020, 1–14.
- [7] Vanessa E. Alvear–Puertas, Yadira A. Burbano–Prado, Paul D. Rosero–Montalvo, et.al., (2022). Smart and Portable Air–Quality Monitoring IoT Low–Cost Devices in Ibarra City, **Ecuador, Sensors**, 22(18), 1–17.
- [8] ระบบบำบัดมลพิษอากาศ. (2550). **กรมโรงงานอุตสาหกรรม พิมพ์ครั้งที่ 2 (ฉบับปรับปรุง)**. กรุงเทพฯ: กรมโรงงานอุตสาหกรรม
- [9] วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์. (2557). **การระบายอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม สำหรับนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรม และนักอาชีวอนามัย พิมพ์ครั้งที่ 2**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยมหิดล.
- [10] วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์. (2540). **มาตรฐานคุณภาพอากาศในอาคารกันเกาะ, วารสารความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม**, 7(1). 57–60.
- [11] กรมควบคุมมลพิษ. (2546). **มลพิษของประเทศไทย**. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.



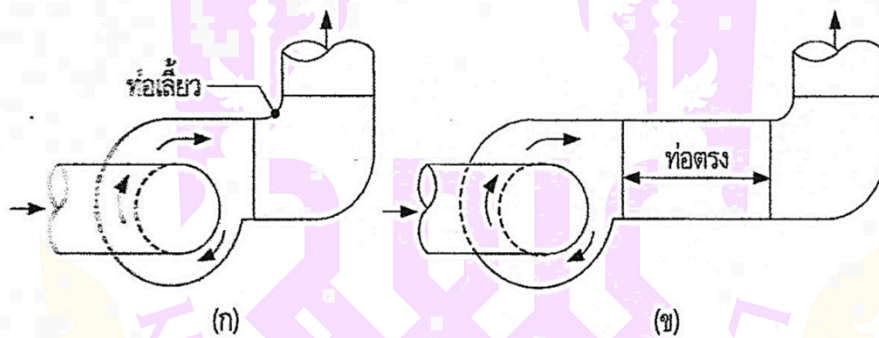


ภาคผนวก ก ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

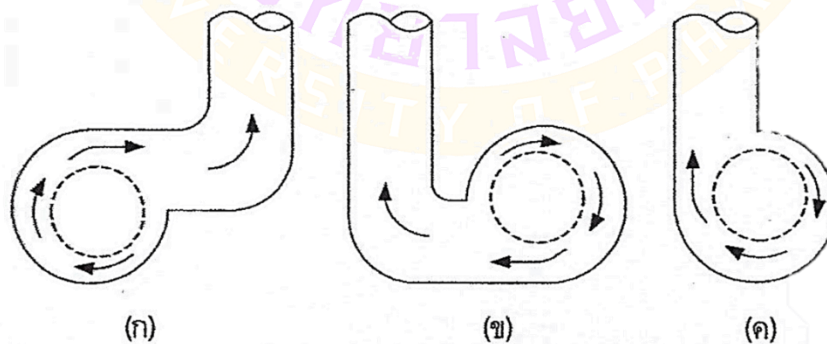
1. การวางท่อทางเข้าพัดลม



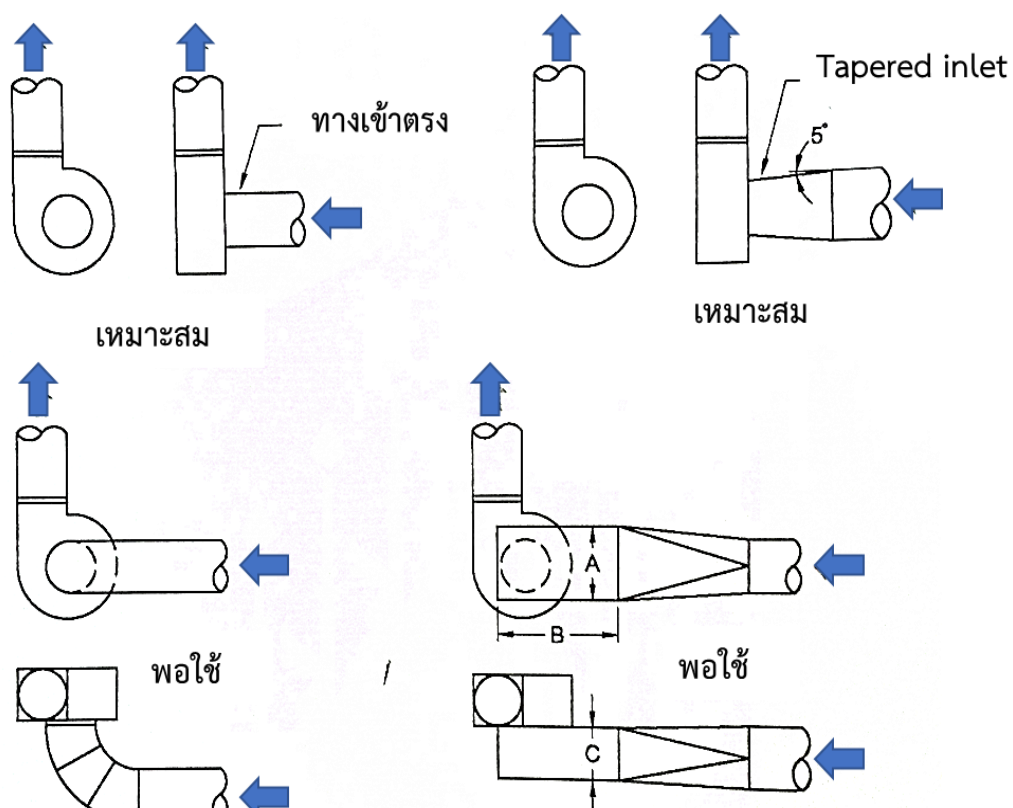
2. การวางท่อที่เลี้ยวที่ทางออกพัดลม



3. การวางท่อที่ทางออกพัดลม



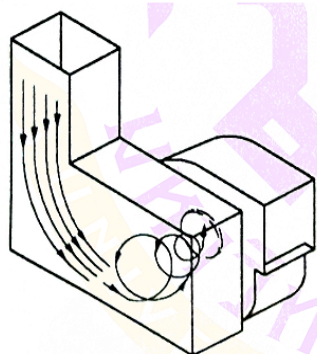
4.หลักการออกแบบท่อลม



A = ใหญ่เป็นสองเท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางพัดลม

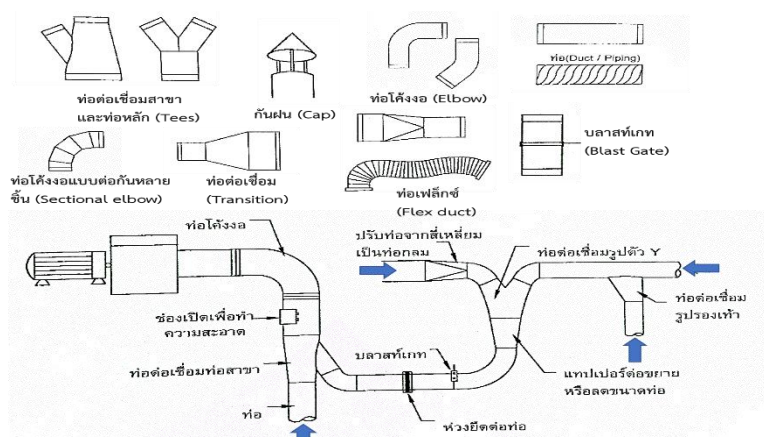
B = ใหญ่เป็นสองเท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางพัดลม

C = อย่างน้อยเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของพัดลม

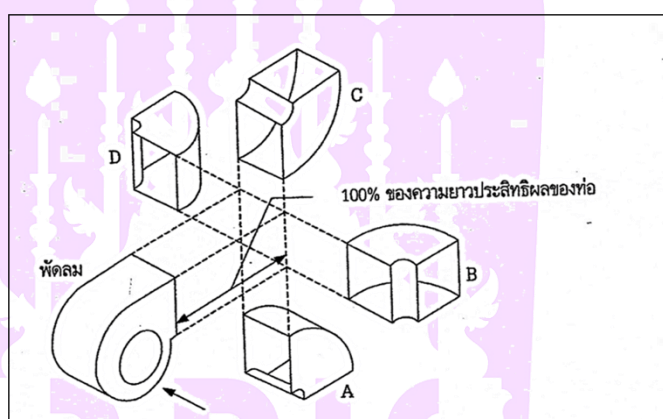


ใช้ท่อโค้งนำอากาศเพื่อลดความผันผวน
ของอากาศและการหมุนที่ไม่สมดุลของพัดลม

5.หลักการ
เชื่อมต่อแบบ
ต่าง ๆ

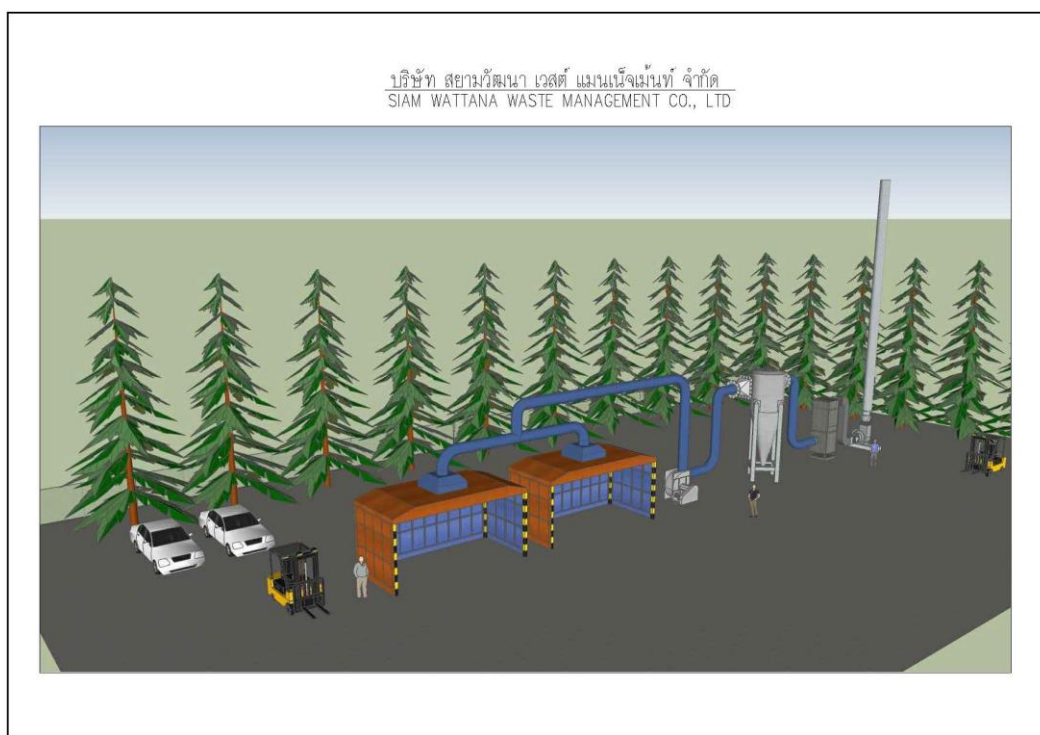


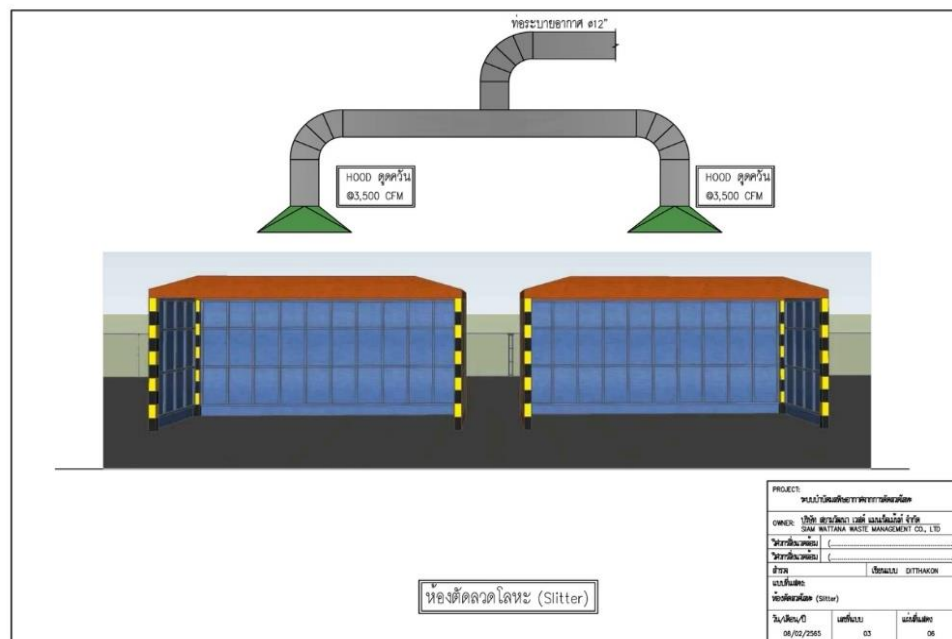
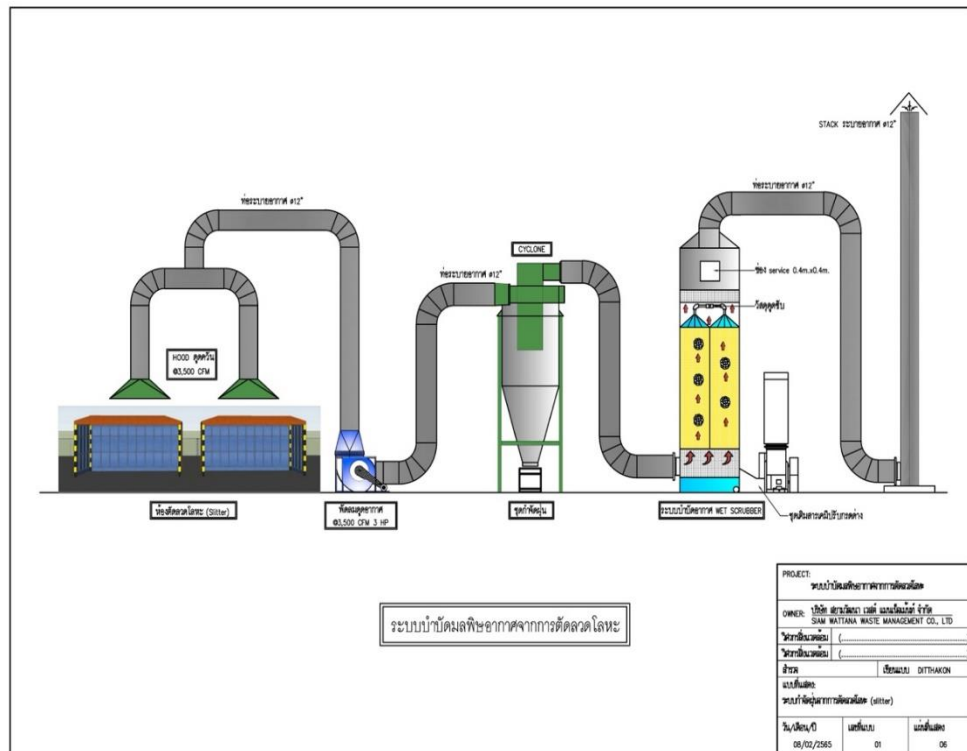
6. การติดตั้งท่อลมที่ออกจากพัดลม

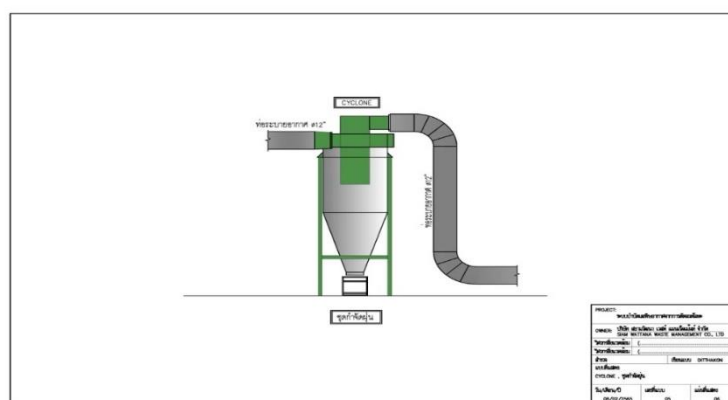
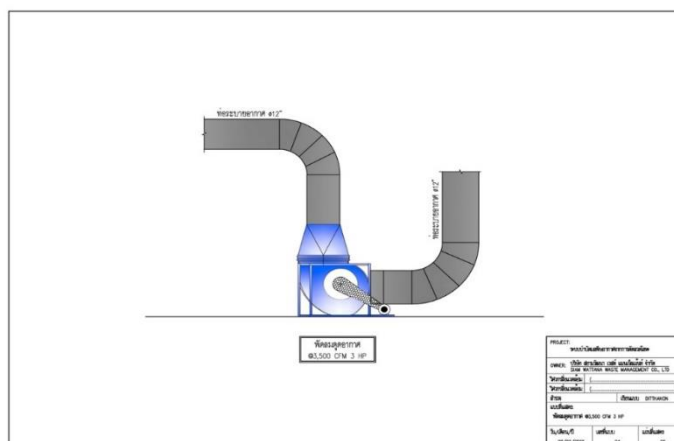


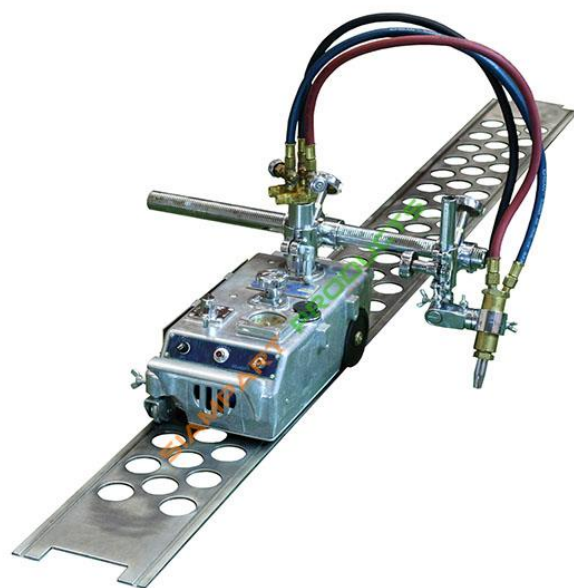
Blast area	ตำแหน่งของท่อ	ไม่มีท่อตรง	12%	25%	50%	100%
Outlet area	เดี่ยว					
0.4	A	N	O	P-Q	S	ไม่มีแฟกเตอร์ผลกระทบของระบบ
	B	M-N	N	O-P	R-S	
	C	L_M	M	N	Q	
	D	L-M	M	N	Q	
0.5	A	O-P	P-Q	R	T	
	B	N-O	O-P	Q	S-T	
	C	M-N	N	O-P	R-S	
	D	M-N	N	O-P	R-S	
0.6	A	Q	Q-R	S	U	
	B	P	Q	R	T	
	C	N-O	O	Q	S	
	D	N-O	O	Q	S	
0.7	A	R-S	S	T	V	
	B	Q-R	R-S	S-T	U-V	
	C	P	Q	R-S	T	
	D	P	Q	R-S	T	

0.8	A	S	S-T	T-U	W	
	B	R-S	S	T	V	
	C	Q-R	R	S	U-V	
	D	Q-R	R	S	U-V	
0.9	A	T	T-U	U-V	W	
	B	S	S-T	T-U	W	
	C	R	S	S-T	V	
	D	R	S	S-T	V	
1.0	A	T	T-U	U-V	W	
	B	S-T	T	U	W	
	C	R-S	S	T	V	
	D	R-S	S	T	V	









ภาพ 45 เครื่องเดินตัดเต้าตามราง 1 ตัว



ภาพ 46 1-3 แก๊สเวลด์ 2 ถัง



ภาพ 47 1-6 ถังลม 5 ถัง



ภาพ 48 ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon)



ภาพ 49 สารดูดซับ (Molecular Sieve)



ภาพ 50 เตรียมถุงผ้าใส่สาร Activated Carbon และ Molecular Sieve



ภาพ 51 เย็บถุงผ้าตามขนาดที่ต้องการ



ภาพ 52 กรอกสารถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon)



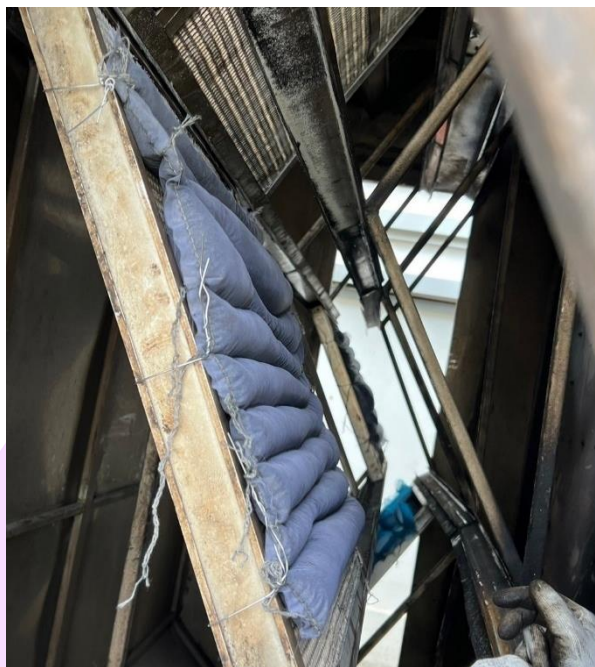
ภาพ 53 กรอกสารดูดซับ (Molecular Sieve)



ภาพ 54 สารดูดซับที่กรอกเสร็จแล้ว



ภาพ 55 นำถุงสารดูดซับยัดไว้กับแผ่นฟิลเตอร์



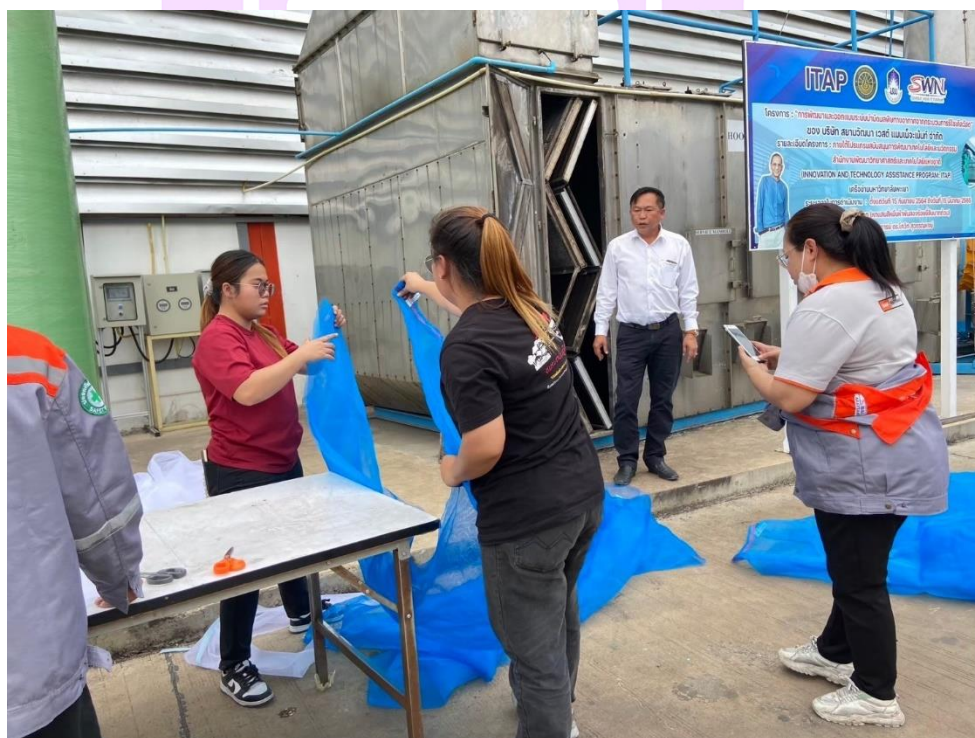
ภาพ 56 นำแผ่นโพลีไธนในกล่องฟิลเตอร์



ภาพ 57 นำสารดูดซับใส่ในกล่องฟิลเตอร์ด้านบน









ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	วัฒนา เหลืองอ่อน
วัน เดือน ปี เกิด	23 พฤศจิกายน 2521
สถานที่เกิด	ชลบุรี
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2547 บธ.บ. (การจัดการทรัพยากรมนุษย์), สถาบันราชภัฏ ฉะเชิงเทรา, ฉะเชิงเทรา.
ที่อยู่ปัจจุบัน	22/1 ม.6 ตำบลหนองบอนแดง อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี
ผลงานตีพิมพ์	Wattana Loungon, Torpong Kreetachat, Saksit Imman, Nopparat Suriyachai, Surachai Wongcharee, Preut Tanarat and Kowit Suwannahong (speaker). (11–13 December 2024). Enhancing Air Quality with an Innovative IoT– Integrated Hybrid Air Pollution Control System In GIS–IDEAS 2024 (page 64–68). Chiang Rai: Grand Vista Hotel.

