ผังสถานที่ผลิตผลิตภัณฑ์วัตถุอันตราย

ที่ใช้ในบ้านเรือนหรือทางสาธารณสุข

ขนาดกลางและขนาดย่อม

(ตอนส่วนบำบัดมลพิษอากาศและส่วนบำบัดมลพิษน้ำ)

สำนักควบคุมเครื่องสำอางและวัตถุอันตราย
สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา
กระทรวงสาธารณสุข
กรกฎาคม 2559

คำนำ

การจัดทำตัวอย่างผังโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์วัตถุอันตราย ขนาดกลางและขนาดย่อม ตอนส่วนบำบัดมลพิษอากาศ และส่วนบำบัดมลพิษน้ำ ฉบับนี้จัดทำขึ้นตามโครงการประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาผังโรงงานต้นแบบสำหรับสถานที่ผลิตวัตถุอันตรายขนาดกลางและขนาดย่อม ซึ่งมีวิทยากรจากสำนักเทคโนโลยีน้ำ และความปลอดภัยโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม และการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ของเจ้าหน้าที่สำนักควบคุมเครื่องสำอางและวัตถุอันตราย สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา และมีบุคลากรที่มีความรู้และประสบการณ์ในด้านที่เกี่ยวข้อง ทั้งในส่วนของตัวแทนของสถานประกอบการขนาดใหญ่ที่มีการติดตั้งระบบบำบัดมลพิษอากาศ ตัวแทนของบริษัทที่ปรึกษาการจัดทำระบบบำบัดมลพิษอากาศ และเนื้อหาจากการบรรยายวิชาการ ตามโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการ ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารเคมีที่ใช้กำจัดแมลงและทำความสะอาด หลักสูตรการจัดการของเสียจากสถานประกอบการวัตถุอันตราย ซึ่งมีวิทยากรจากภาควิชาเวชศาสตร์สังคมและสิ่งแวดล้อม คณะเวชศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยาลัยมหิดล เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาสถานที่ผลิตผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายให้กับเจ้าหน้าที่ และผู้ประกอบการใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและวางแผนจัดทำสถานที่ผลิต

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ตัวอย่างผังโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์วัตถุอันตราย ขนาดกลางและขนาดย่อม ตอนส่วนบำบัดมลพิษอากาศ และส่วนบำบัดมลพิษน้ำ ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อเจ้าหน้าที่ และผู้ประกอบการ เพื่อเป็นองค์ความรู้ในการพิจารณา หรือเป็นพื้นฐานความรู้เพื่อค้นคว้า หรือเรียนรู้เพิ่มเติม

สำนักควบคุมเครื่องสำอางและวัตถุอันตราย

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีสถานที่ผลิตผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายที่ใช้ในบ้านเรือน และทางสาธารณสุขที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาเป็นหน่วยงานกำกับดูแล จำนวนมากขึ้น โดยในกลุ่มสถานประกอบการขนาดใหญ่ที่มีปริมาณการผลิตสูง ซึ่งจะเข้าข่ายเป็นโรงงานอุตสาหกรรมตามกฎหมาย ในกลุ่มนี้จะมีการกำกับดูแลจากหลายหน่วยงานทั้งภาครัฐ และเอกชน ในด้านคุณภาพ และความปลอดภัยทั้งของคนและสิ่งแวดล้อม โดยส่วนใหญ่ไม่พบปัญหาการจัดการสถานที่ตามหลักเกณฑ์ที่กำหนด ด้านคุณภาพ และความปลอดภัย เนื่องจากมีบุคคลกรที่มีความรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ เนื่องจากมีงบ ประมาณในการลงทุนสูง สามารถจ้างหน่วยงานภายนอกเป็นที่ปรึกษาและจัดทำระบบที่เกี่ยวกับความปลอดภัยได้

อีกกลุ่มหนึ่งซึ่งเป็นกลุ่มของสถานประกอบการที่มีขนาดกลาง และขนาดย่อม ซึ่งก็มีจำนวนมากขึ้นเช่นกัน อีกทั้งยังเป็นกลุ่มเป้าหมายที่รัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมให้เกิดการพัฒนา ในกลุ่มนี้โดยส่วนมากจะไม่เข้าข่ายเป็นโรงงานอุตสาหกรรมตามกฎหมาย ซึ่งจะไม่ถูกกำกับดูแลจากหน่วยงานหลายหน่วยงานเหมือนสถานที่เข้าข่ายเป็นโรงงานอุตสาหกรรม อีกทั้งส่วนใหญ่มีงบประมาณน้อย จึงไม่สามารถจัดหาบุคลากรที่มีความรู้ มีประสบการณ์ หรือจ้างหน่วยงานภายนอกเป็นที่ปรึกษาและจัดทำระบบที่เกี่ยวกับความปลอดภัยได้

ในด้านการกำกับดูแล ซึ่งสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาเป็นหน่วยงานหลักในการกำกับดูแล และพิจารณาอนุญาต จำเป็นต้องมีองค์ความรู้ และแนวทางในการพิจารณาที่ถูกต้อง เหมาะสม และทันสมัยอยู่เสมอ จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาองค์ความรู้ในด้านที่เกี่ยวข้อง คือการพิจารณาความเหมาะสมของสถานที่ ระบบ และอุปกรณ์ เพื่อให้เกิดคุณภาพ และความปลอดภัย โดยสถานที่ผลิตเกี่ยวกับวัตถุอันตรายที่ใช้ในบ้านเรือน และทางสาธารณสุขจะเน้นเรื่องความปลอดภัยของคนและสิ่งแวดล้อม เนื่องจากเกี่ยวข้องกับสารเคมีที่มีความเป็นอันตราย ซึ่งช่องทางที่สารเคมีเหล่านั้นจะไปสู่คนและสิ่งแวดล้อมได้ การปนเปื้อนไปกับอากาศ และการปนเปื้อนไปกับน้ำ จึงควรให้ความสำคัญกับการพิจารณาในระบบบำบัดที่เกี่ยวข้อง เช่น ระบบระบาย และบำบัดอากาศ ระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น

วัตถุประสงค์

การจัดทำตัวอย่างผังโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์วัตถุอันตราย ขนาดกลางและขนาดย่อม ตอนส่วนบำบัดมลพิษอากาศ และส่วนบำบัดมลพิษน้ำ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งในส่วนของผู้ประกอบการได้ใช้ประโยชน์ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดทำ หรือปรับปรุงสถานที่ และเจ้าหน้าที่ใช้เป็นองค์ความรู้ในการพิจารณา หรือตรวจประเมิน

รายละเอียดเนื้อหา

ตัวอย่างผังโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์วัตถุอันตราย ขนาดกลางและขนาดย่อม ตอนส่วนบำบัดมลพิษอากาศ และส่วนบำบัดมลพิษน้ำ ฉบับนี้ประกอบด้วย

1. เนื้อหาวิชาการในการออกแบบระบบบำบัดมลพิษอากาศ และบำบัดมลพิษน้ำ
2. ตัวอย่างผังของสถานที่ผลิตโดยรวมซึ่งสัมพันธ์กับกฎหมายที่เกี่ยวข้อง ซึ่งนำเสนอเป็นกรณีสถานที่ที่มีสายการผลิตจำนวน 3 สายการผลิตในอาคารเดียว
3. ตัวอย่างผังของระบบบำบัดมลพิษอากาศ และระบบบำบัดมลพิษน้ำ และวิธีการคำนวณขนาดของอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ
4. การตรวจสอบและประเมินประสิทธิภาพของระบบและอุปกรณ์

สารบัญ

หน้า

1. ทำเลที่ตั้ง **1**

2. ผังสถานที่ผลิตผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายขนาดกลางและขนาดย่อม **2**

3. ความรู้เรื่องการบำบัดมลพิษอากาศ **17**

4. การตรวจสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของระบบบำบัดอากาศ **36**

5. การออกแบบและหาขนาดของอุปกรณ์บำบัดมลพิษอากาศ **38**

6. ตัวอย่างผังส่วนบำบัดมลพิษอากาศ **41**

- ส่วนบำบัดมลพิษอากาศสายการผลิตของเหลวที่มีไอกรด **44**

- ส่วนบำบัดมลพิษอากาศสายการผลิตของเหลวที่มีไอและกลิ่นของตัวทำละลาย **50**

- ส่วนบำบัดมลพิษอากาศสายการผลิตผง หรือแกรนูล **54**

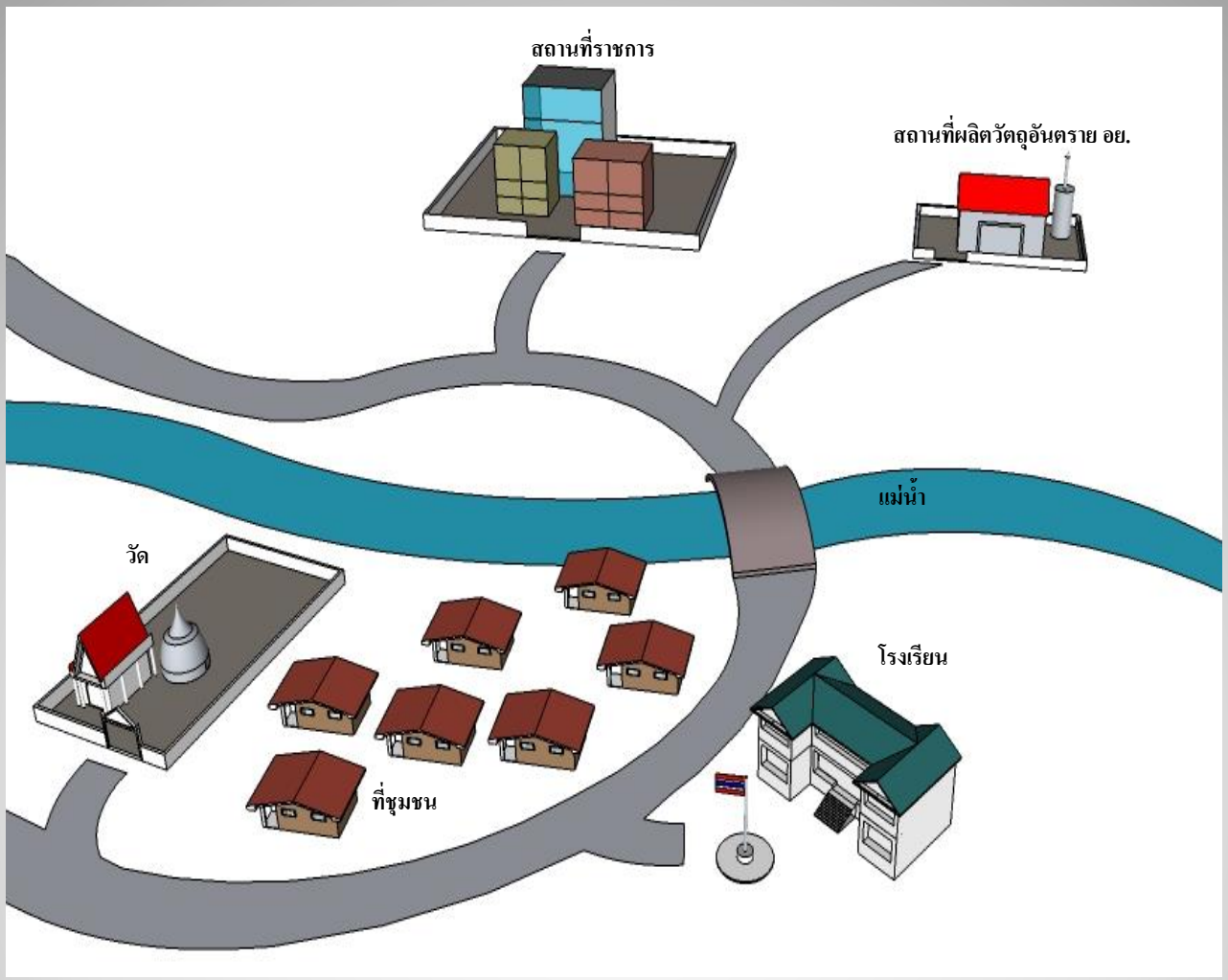
7. ความรู้เรื่องการบำบัดมลพิษน้ำ **58**

8. การตรวจสอบประสิทธิภาพและการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย **65**

9. ตัวอย่างผังระบบบำบัดน้ำเสีย **68**

10.การออกแบบและหาขนาดของระบบบำบัดน้ำเสีย **72**

11. สารบัญ **74**



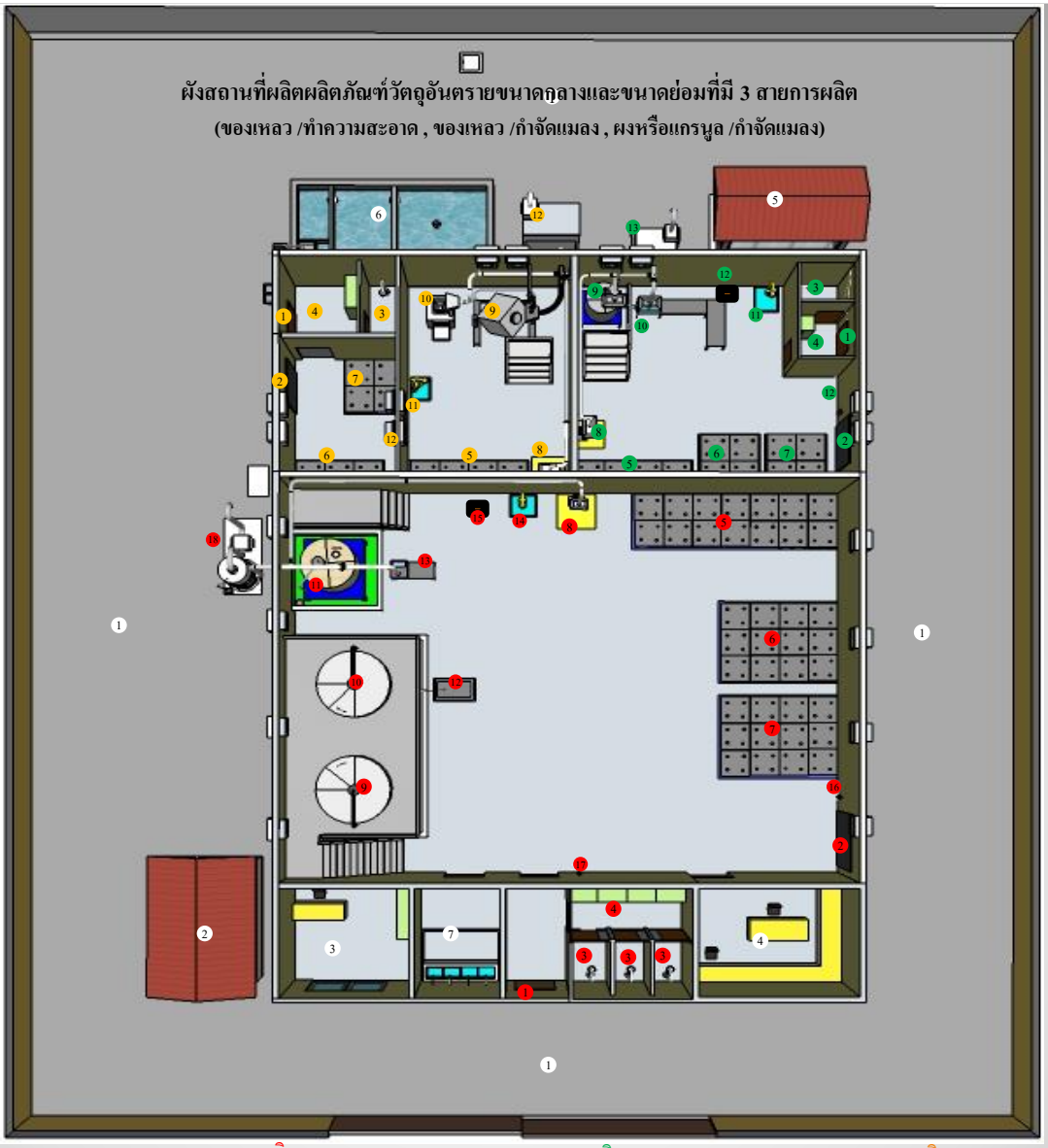
ทำเลที่ตั้งของสถานที่ผลิตผลิตภัณฑ์วัตถุอันตราย

(กรณีขนาดกลางและขนาดย่อมและไม่เข้าข่ายเป็นโรงงาน)

- **ห่างจากเขตพระราชฐาน 500 เมตร**
- **ห่างจากสถานที่ราชการ วัด โรงเรียน 100 เมตร**
- **ห่างจากแหล่งน้ำสาธารณะ**
- **ไม่อยู่ในหมู่บ้านจัดสรร หรือที่ดินจัดสรร เพื่อพักอาศัย**
- **ต้องไม่ขัดกับกฎหมายหรือระเบียบอื่นที่เกี่ยวข้อง**

ผังสถานที่ผลิตผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายขนาดกลางและขนาดย่อมที่มี 3 สายการผลิต

(ของเหลว /ทำความสะอาด , ของเหลว /กำจัดแมลง , ผงหรือแกรนูล /กำจัดแมลง)



1. ที่ว่างรอบอาคาร
2. โรงอาหาร
3. ห้องสำนักงาน
4. ห้องปฏิบัติการ
5. ห้องเก็บขยะปนเปื้อน
6. ส่วนบำบัดน้ำเสีย
7. ห้องล้างอุปกรณ์

สายการผลิต ของเหลว
ประเภททำความสะอาด

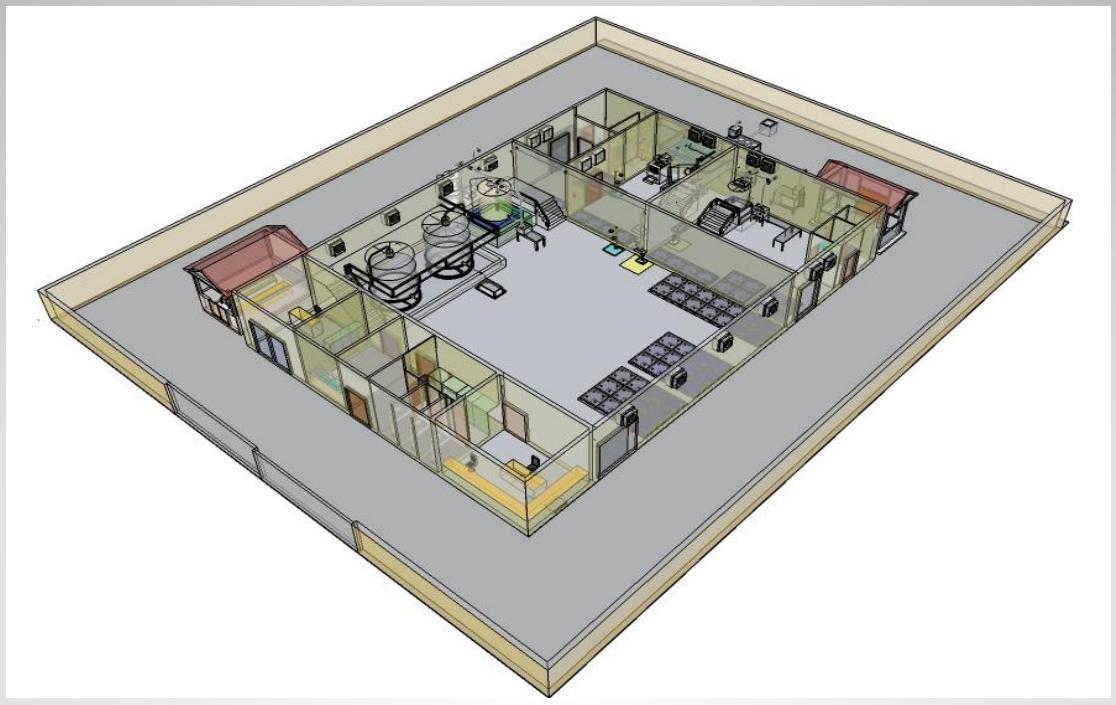
1. ประตู 1
2. ประตู 2
3. ห้องอาบน้ำ/สุขา
4. ห้องเปลี่ยนชุด
5. ที่เก็บวัตถุดิบ
6. ที่เก็บวัสดุบรรจุ
7. ที่เก็บผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป
8. พื้นที่ชั่ง/เตรียม
9. ถังผสม 1
10. ถังผสม 2
11. ถังผสม 3 (กรด)
12. พื้นที่บรรจุ 1
13. พื้นที่บรรจุ 2(กรด)
14. ที่อาบน้ำ/ล้างตาฉุกเฉิน
15. วัสดุดูดซับสารเคมี
16. ถังดับเพลิง 1
17. ถังดับเพลิง 2
18. Wet scrubber

สายการผลิต ของเหลว
ประเภทกำจัดแมลง

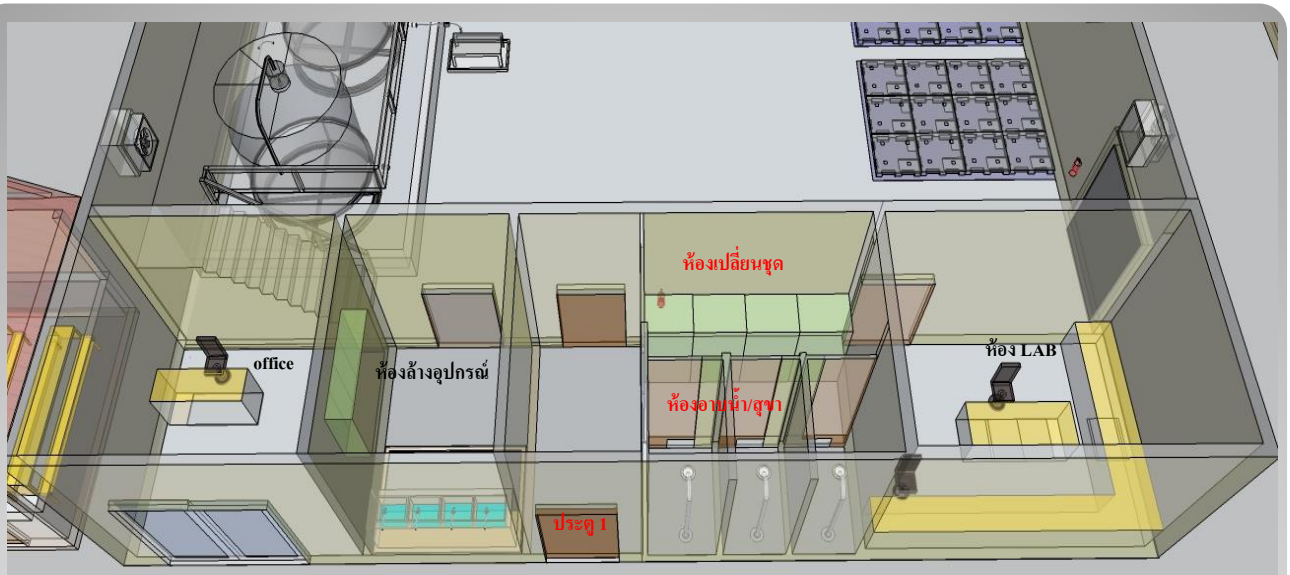
1. ประตู 1
2. ประตู 2
3. ห้องอาบน้ำ
4. ห้องเปลี่ยนชุด
5. ที่เก็บวัตถุดิบ
6. ที่เก็บวัสดุบรรจุ
7. ที่เก็บผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป
8. พื้นที่ชั่ง/เตรียม
9. ถังผสม
10. เครื่องบรรจุ
11. ที่อาบน้ำ/ล้างตาฉุกเฉิน
12. วัสดุดูดซับสารเคมี
13. ถังดับเพลิง
14. Carbon filter

สายการผลิต ผง/แกรนูล
ประเภทกำจัดแมลง

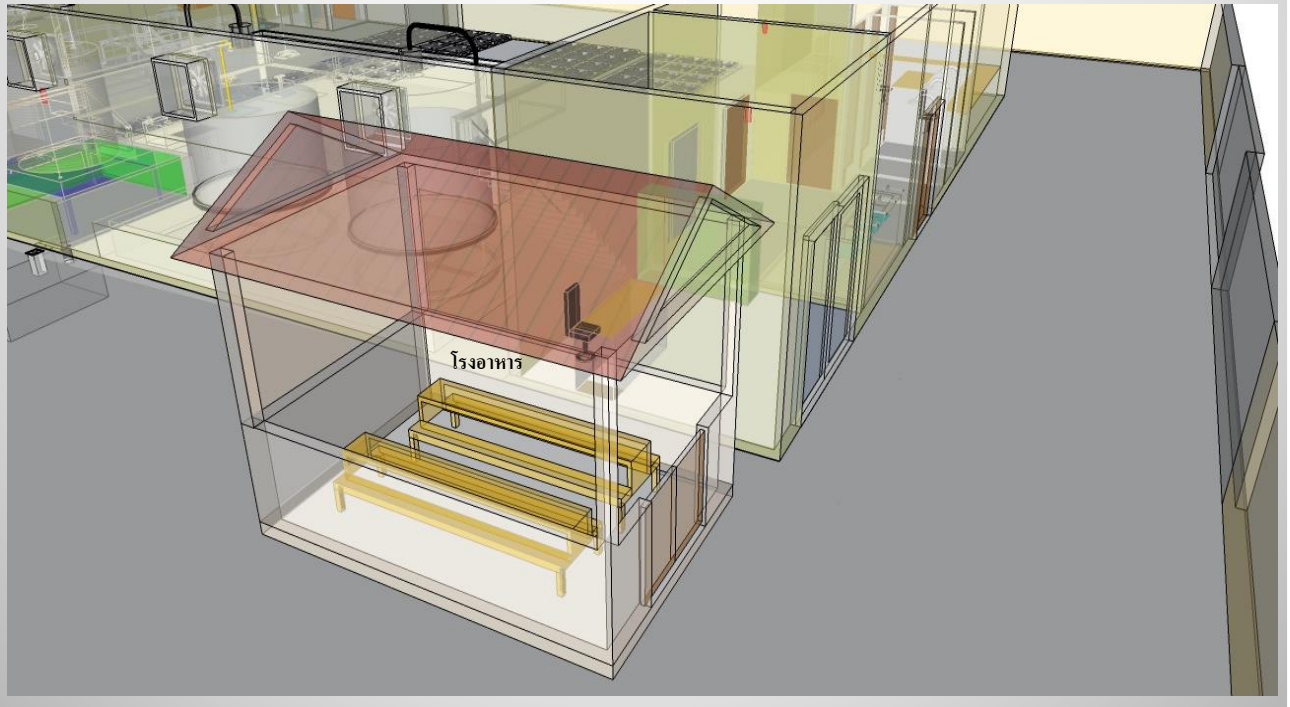
1. ประตู 1
2. ประตู 2
3. ห้องอาบน้ำ
4. ห้องเปลี่ยนชุด
5. ที่เก็บวัตถุดิบ
6. ที่เก็บวัสดุบรรจุ
7. ที่เก็บผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป
8. พื้นที่ชั่ง/เตรียม
9. ถังผสม
10. เครื่องบรรจุ
11. ที่อาบน้ำ/ล้างตาฉุกเฉิน
12. ถังดับเพลิง
13. Bag filter



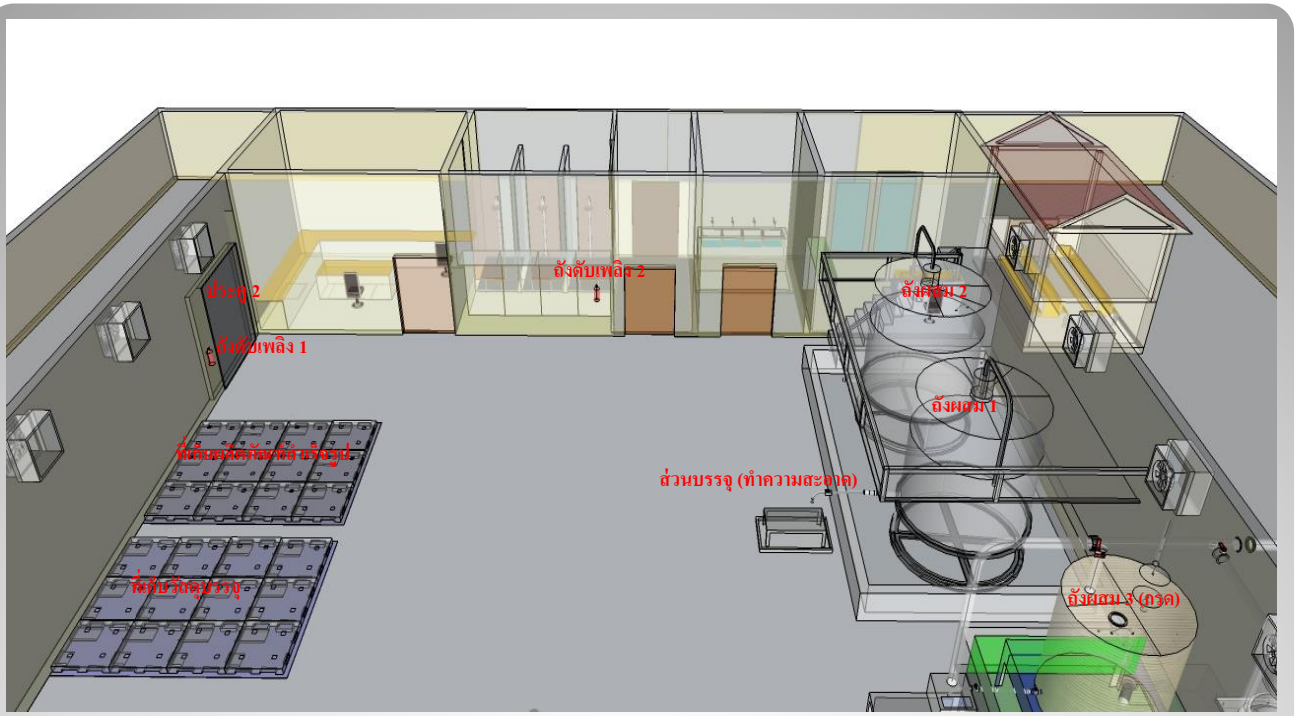
- **มีที่ว่างรอบอาคารผลิตทั้ง 4 ด้าน เพื่อเข้าจัดการเมื่อมีอัคคีภัย**
- **แยกสายการผลิตประเภททำความสะอาด กับประเภทกำจัดแมลง หากมีผลิตในสถานที่เดียวกัน เพื่อไม่ให้เกิดการปนเปื้อน**
- **สายการผลิตผง หรือแกรนูลควรมีห้องผลิตที่เป็นระบบปิดเพื่อจำกัดบริเวณเนื่องจากอนุภาคผง หรือแกรนูล ซึ่งใหญ่และมีน้ำหนักมากกว่าไอระเหยและก๊าซ เมื่อฟุ้งกระจายจะตกลงบนพื้น เมื่อโดนความชื้นจะติดแน่น ทำความสะอาดได้ยาก**



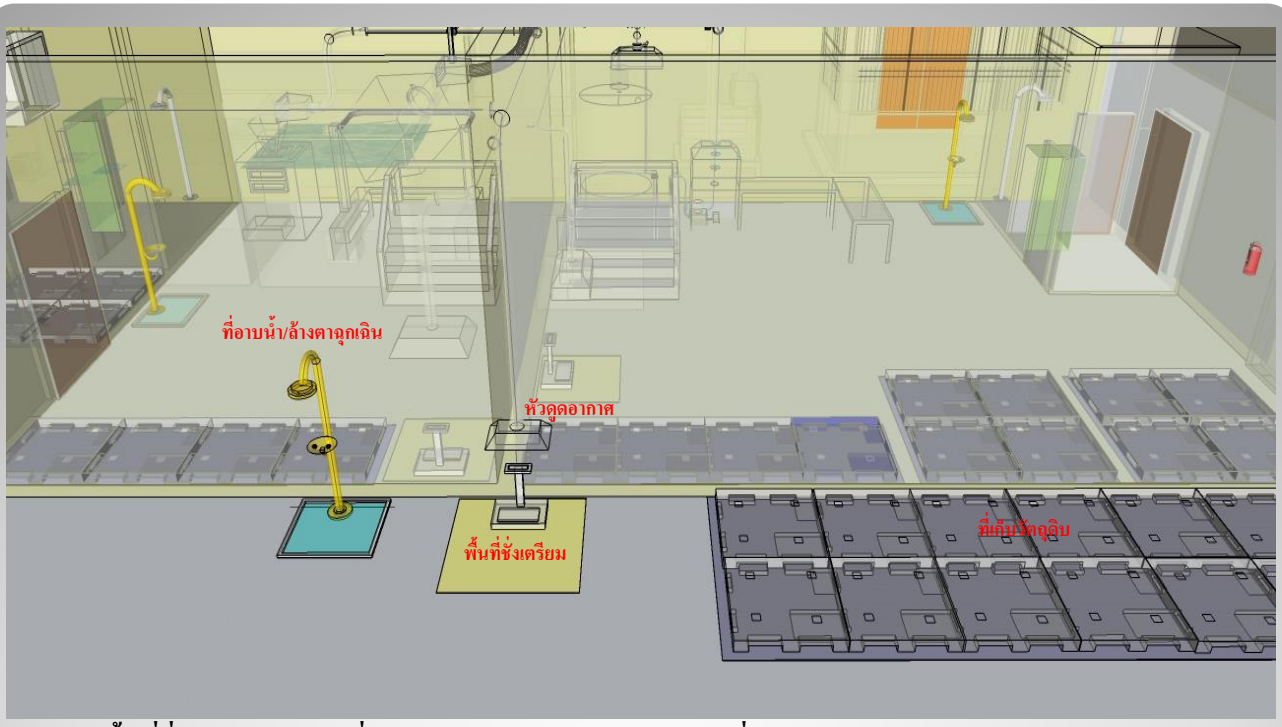
- ประตู 1 ด้านหน้า สำหรับคนงานเข้าออก เฉพาะสายการผลิต ของเหลว ประเภททำความสะอาด
- ควรมีห้องปฏิบัติการเพื่อการทำการควบคุมคุณภาพในการผลิต



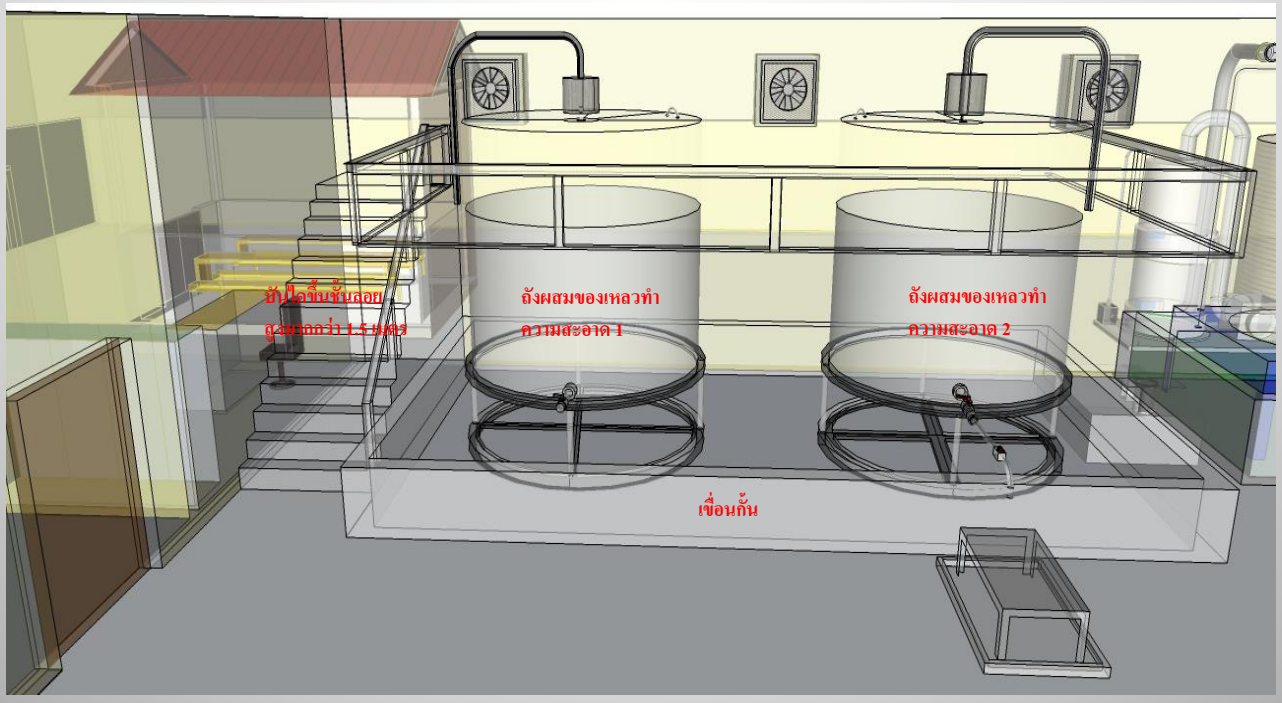
- ควรมีที่สำหรับรับประทานอาหาร และดื่มน้ำ แยกกับอาคารผลิต



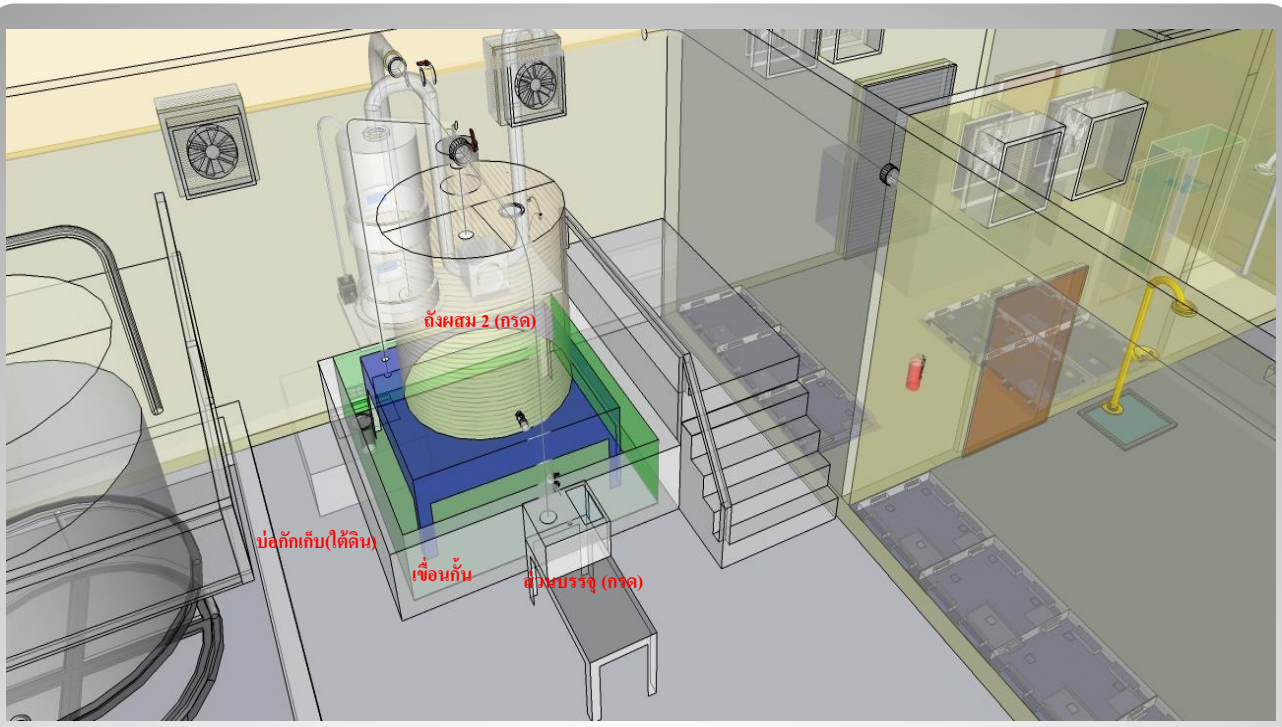
- **แบ่งเขตพื้นที่อย่างง่ายให้เป็นสัดส่วนโดยการใช้เส้นหรือสีในส่วนของที่เก็บผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป , ที่เก็บวัสดุบรรจุ , ที่เก็บวัตถุดิบ ,และผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป**



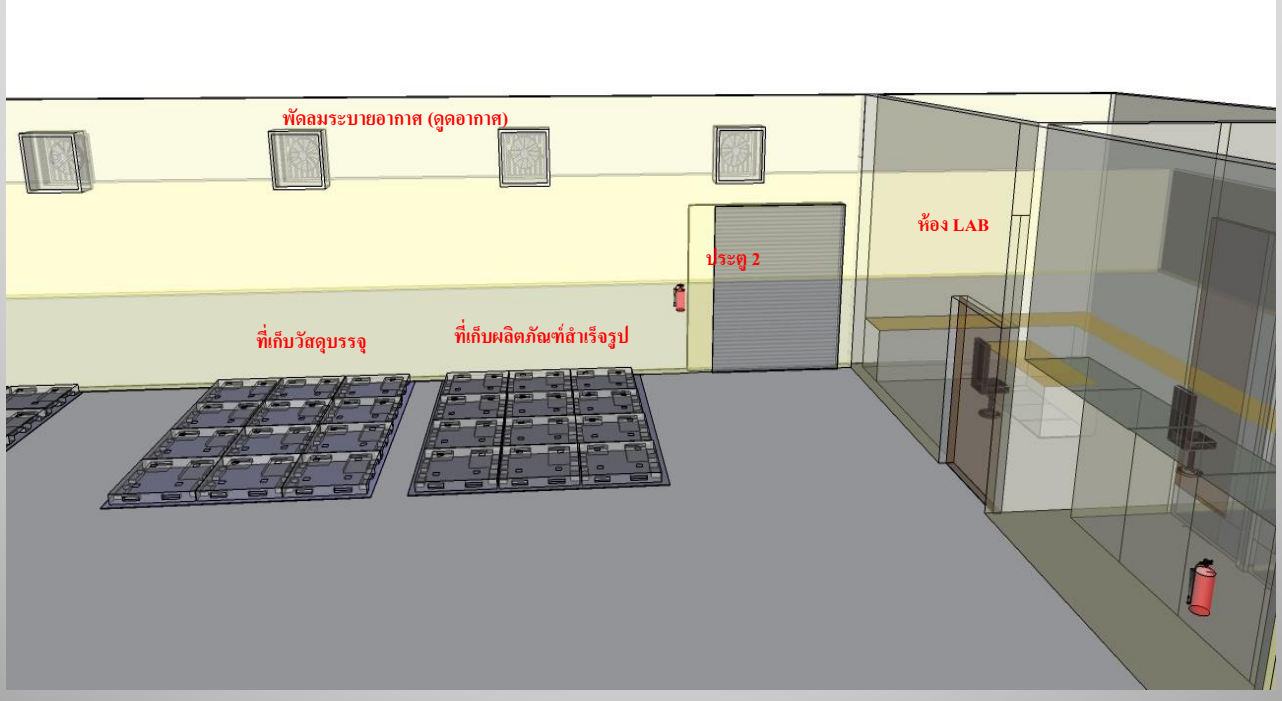
- **พื้นที่ชั่งเตรียม อยู่ใกล้ที่เก็บวัตถุดิบ และมี หัวดูดอากาศเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของวัตถุดิบขณะชั่งเตรียม**



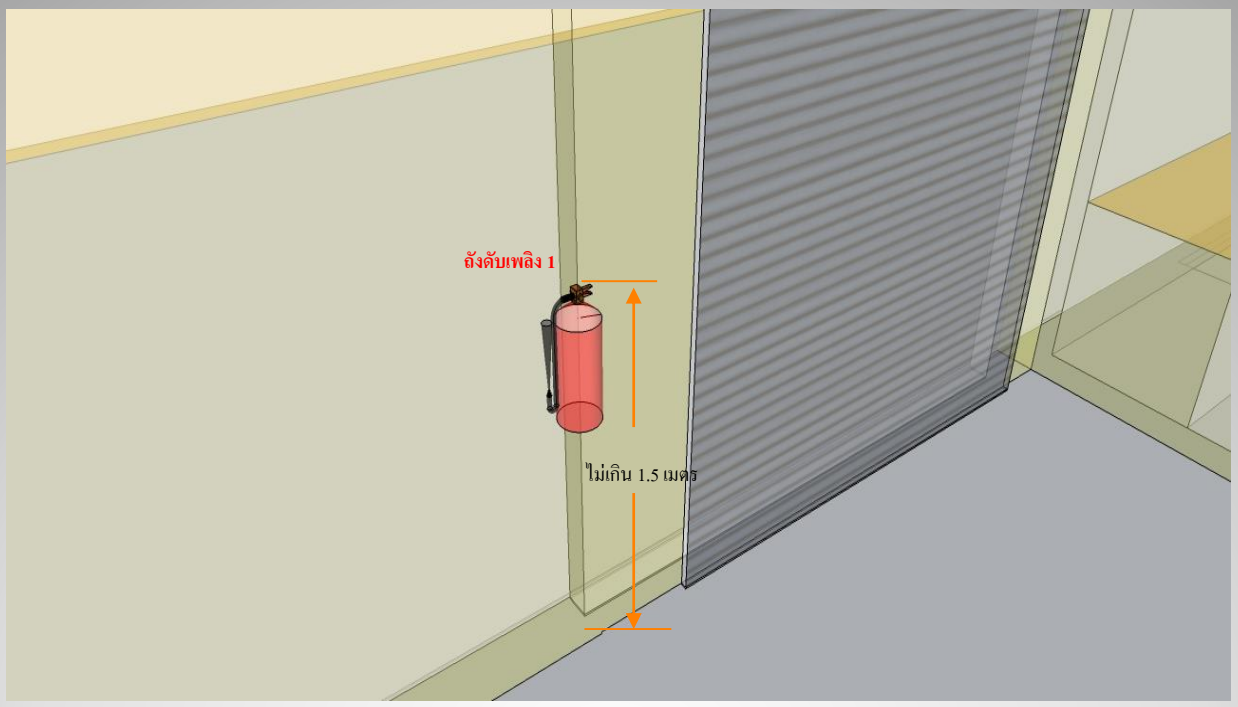
- **บันไดที่มีความสูงเกิน 1.5 เมตรต้องมีราวบันได**
- **มีเขื่อนกั้นรอบถังผสมของเหลว เพื่อกักเก็บเมื่อมีการรั่วไหล**



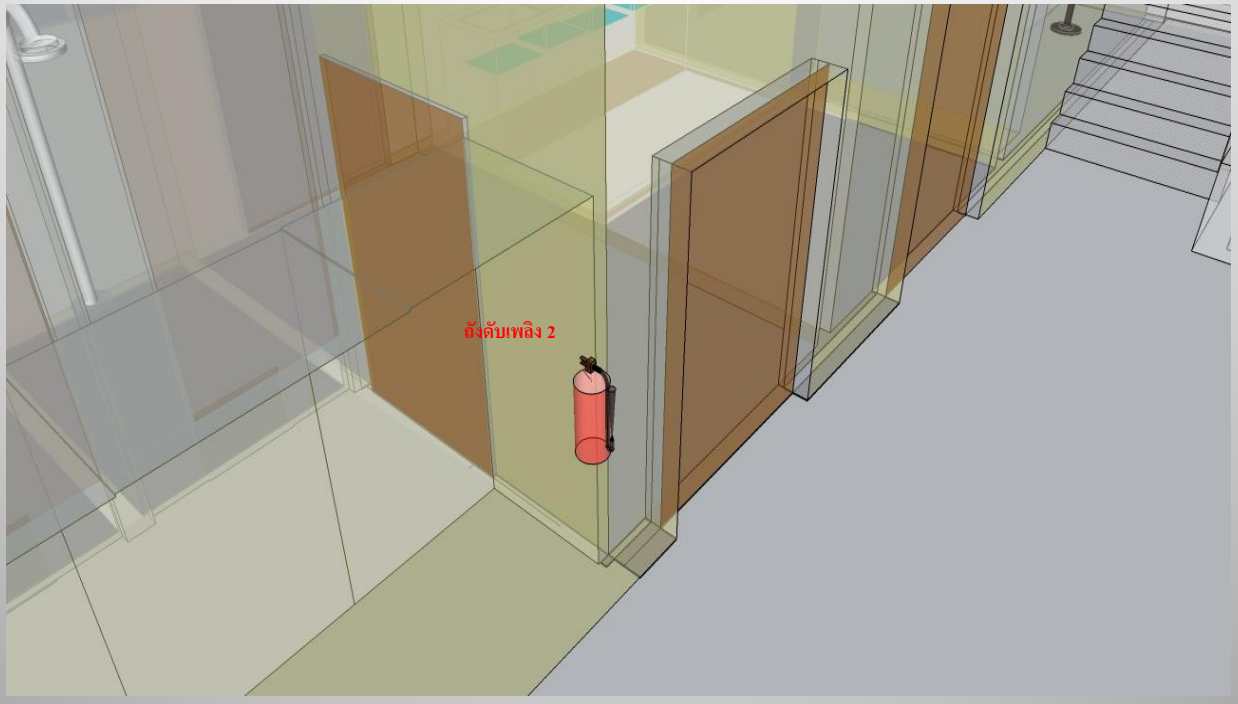
- มีเขื่อนกั้นรอบถังผสม(กรด) เคลือบผิวภายในเขื่อนกั้นให้ทนกรดเนื่องจากผิวที่ทำด้วยปูนซีเมนต์จะถูกกัดกร่อนโดยกรด โดยกรดที่รั่วไหลจะไหลลงท่อระบายภายในเขื่อนกั้นไปกักเก็บที่บ่อกักเก็บใต้ดินเพื่อรอกำจัด (เนื่องจากกรดมีฤทธิ์กัดกร่อนและมีไอระเหย)

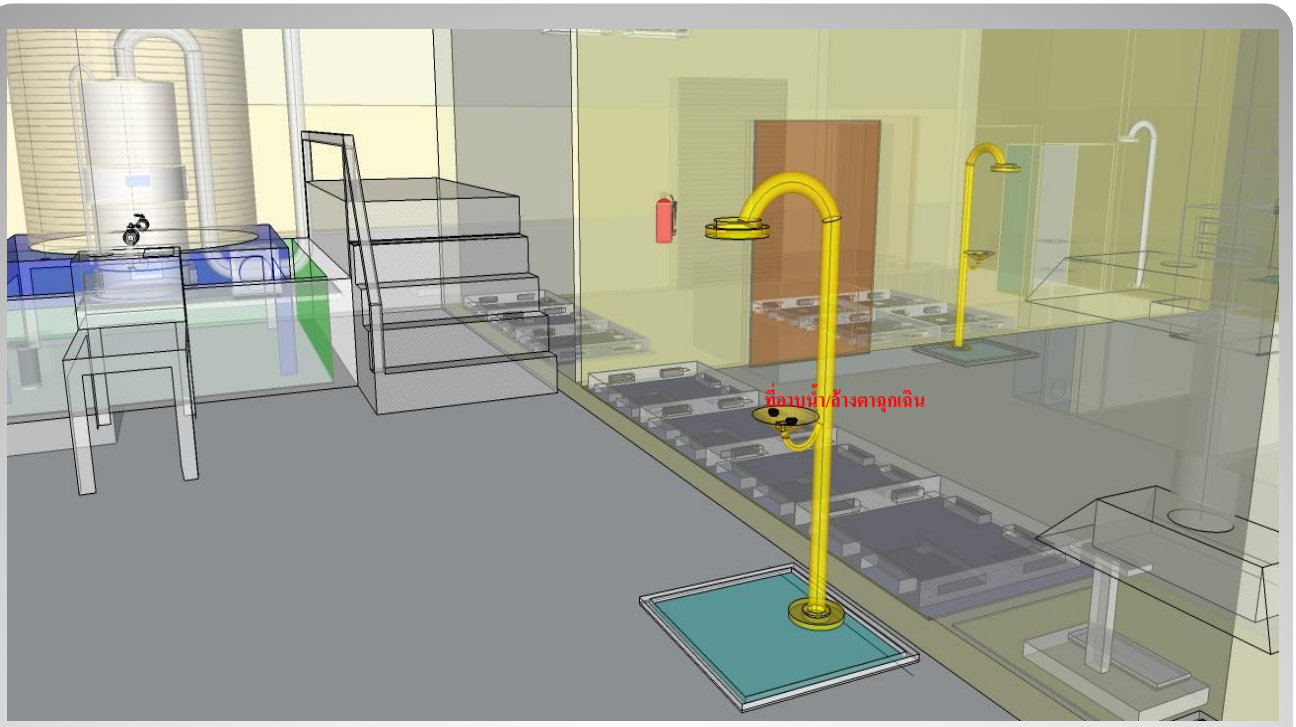


- ประตู 2 ใกล้ที่เก็บผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ใช้ขนถ่ายสินค้า วัตถุดิบ อุปกรณ์ และใช้เป็นทางออกฉุกเฉินกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน หรืออัคคีภัย

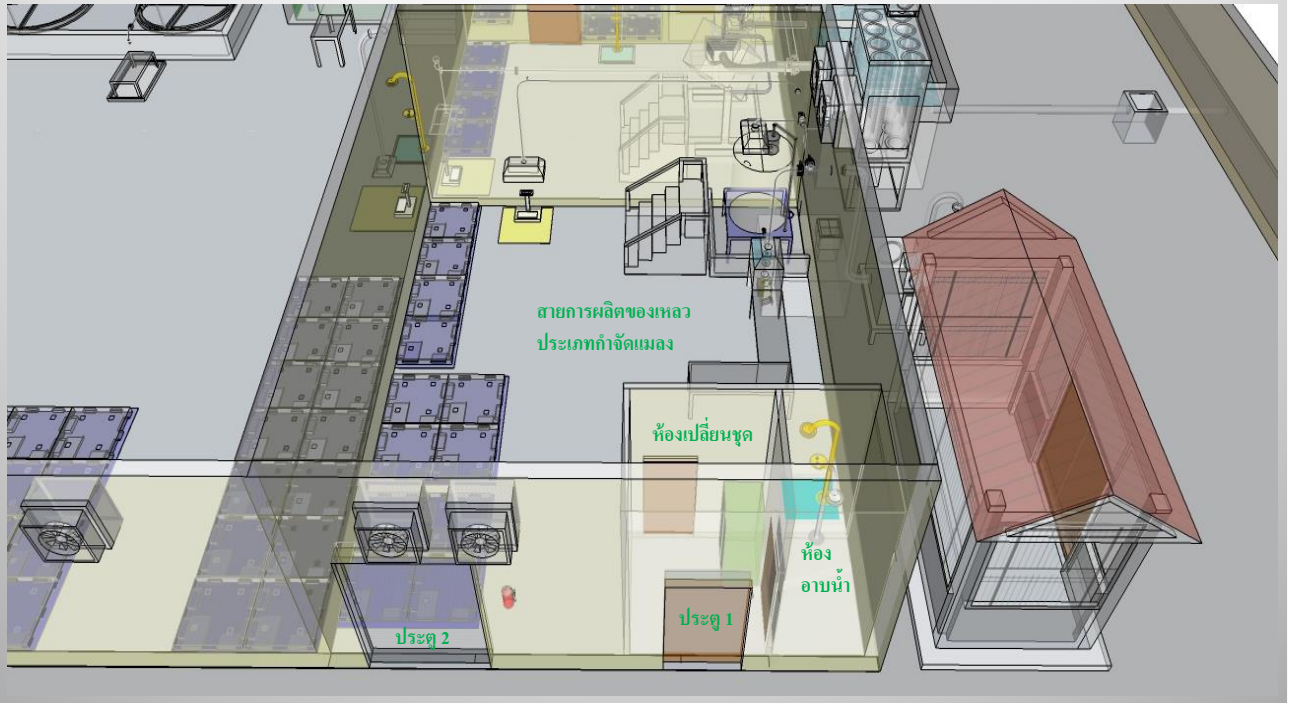


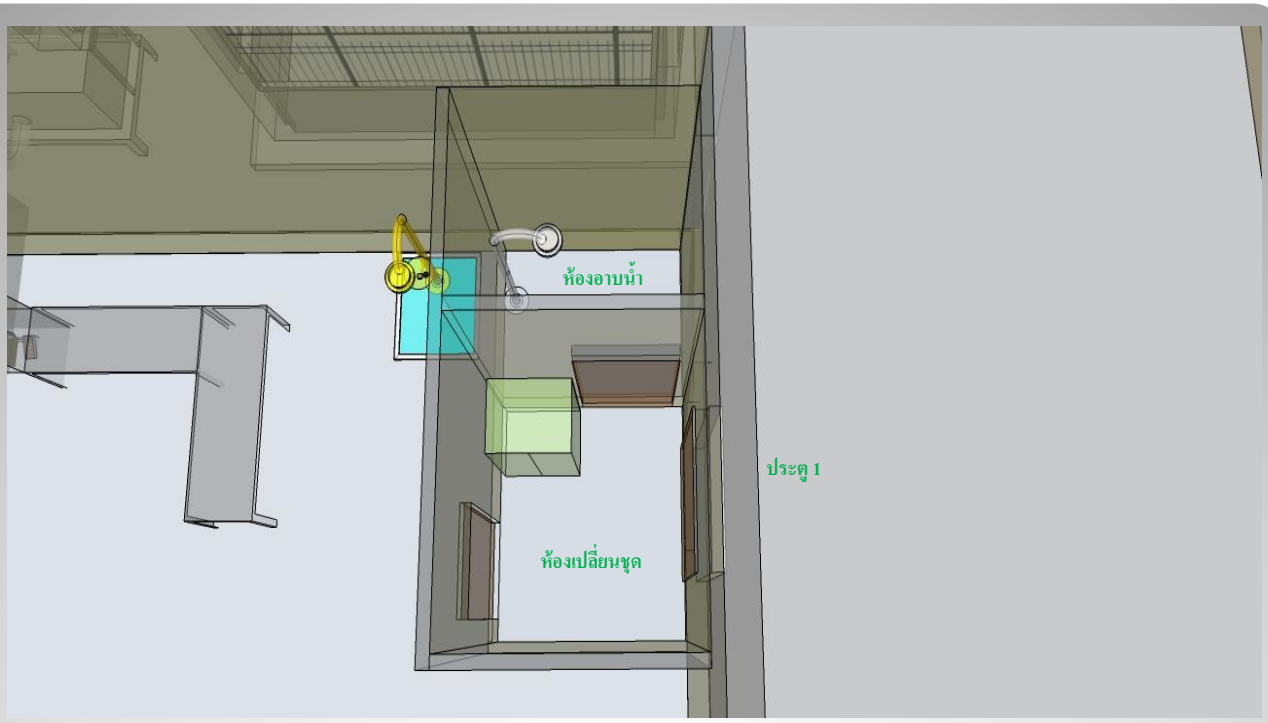
- **ถังดับเพลิงควรมีไม่น้อยกว่าทุกรัศมี 20 เมตร ซึ่งควรติดตั้งให้อยู่ประจำที่ หรือแขวนให้จุดบนสุดของถังสูงไม่เกิน 1.5 เมตรจากพื้น**



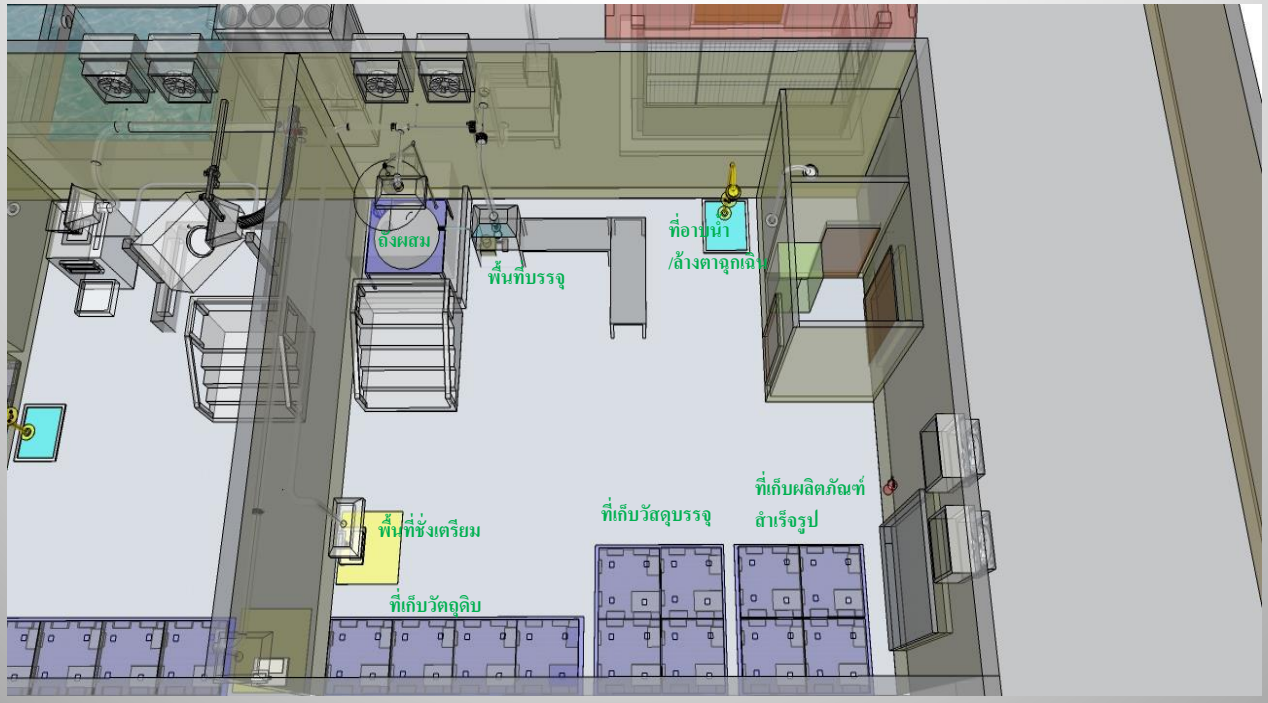


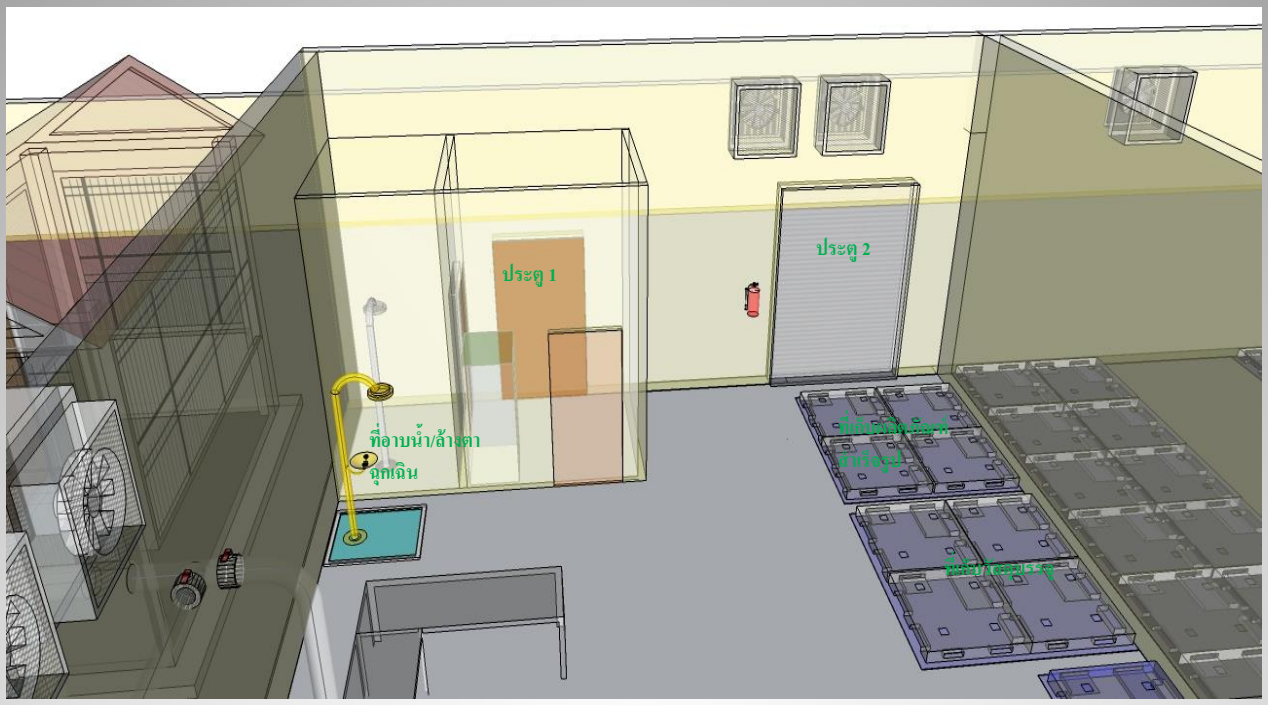
- **ที่อาบน้ำ/ล้างตาฉุกเฉิน ติดตั้งใกล้กับสายการผลิตของเหลวกรด และส่วนชั่งเตรียมสารเคมี เพื่อการเข้าถึงได้ง่ายและมีส่วนกักเก็บน้ำที่ชะล้าง หรือรางระบาย**



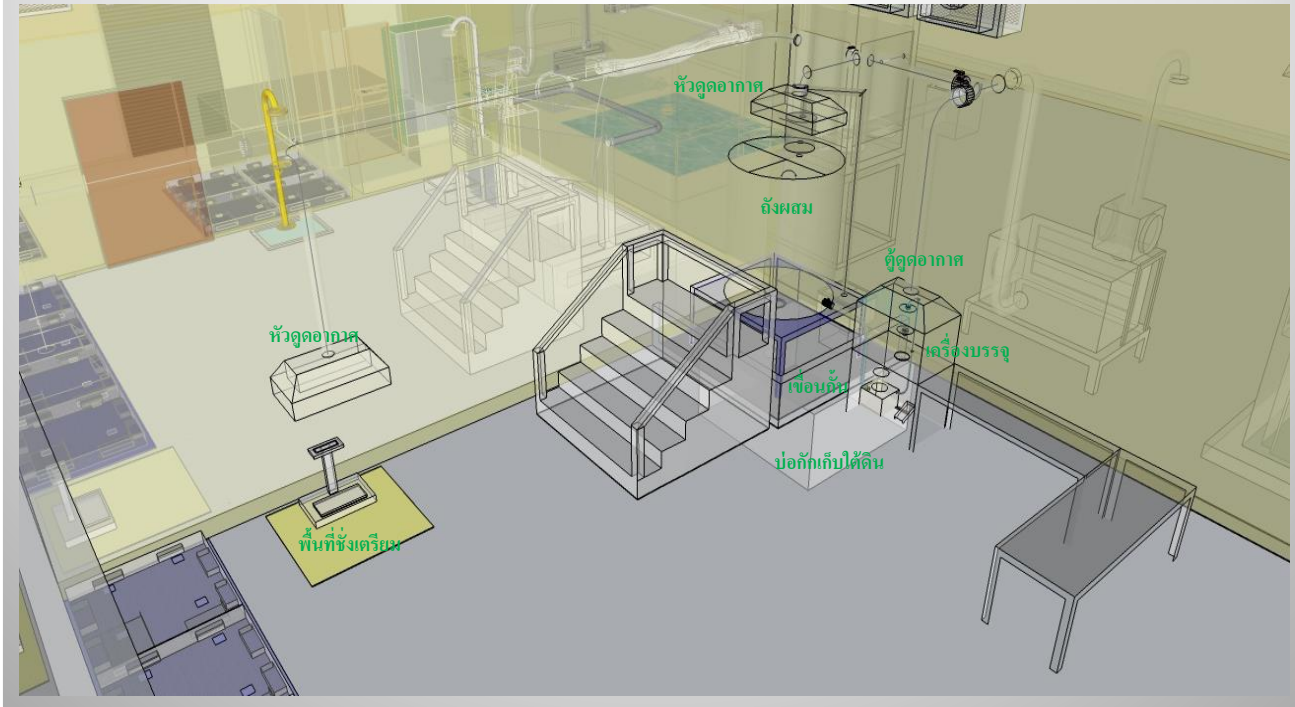


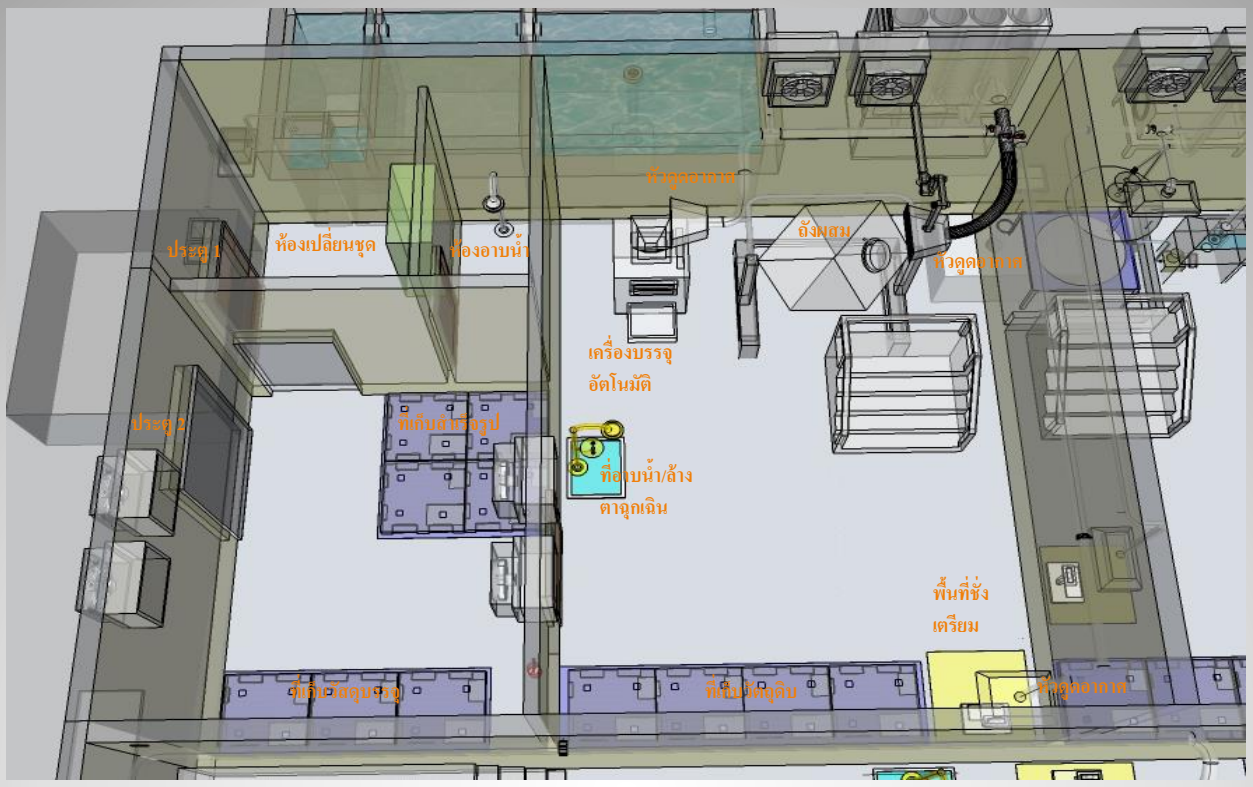
- **ผู้ปฏิบัติงานเข้า และออก ทางประตู 1 โดย เปลี่ยนชุดทำงานเมื่อเข้าทำงาน และทำความสะอาดร่างกาย เปลี่ยนชุดเมื่อเสร็จงาน**





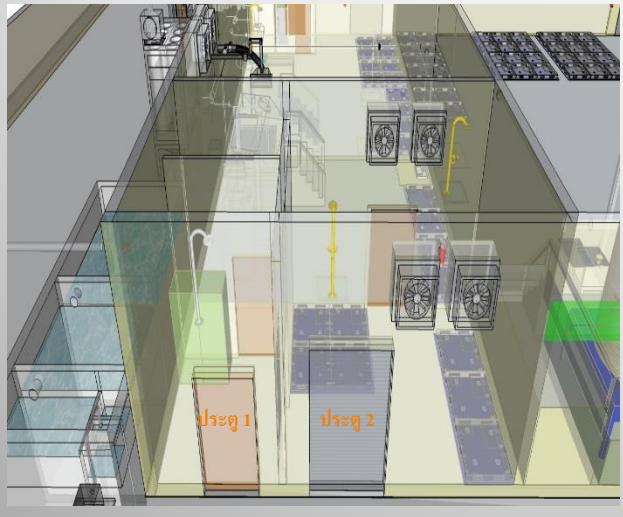
- **รอบถังผสมชนิดของเหลวมีเขื่อนกั้น และรางระบายต่อไปยังบ่อพักใต้ดิน (ตัวทำละลายที่ใช้มีคุณสมบัติไวไฟ จึงควรกักเก็บไว้ที่บ่อพักใต้ดิน)**

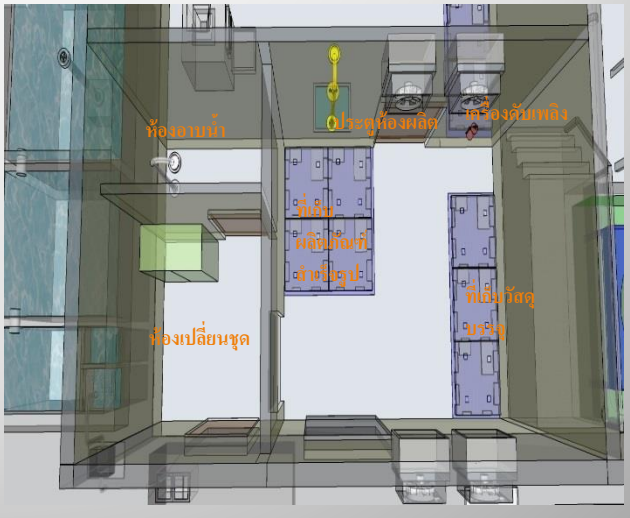


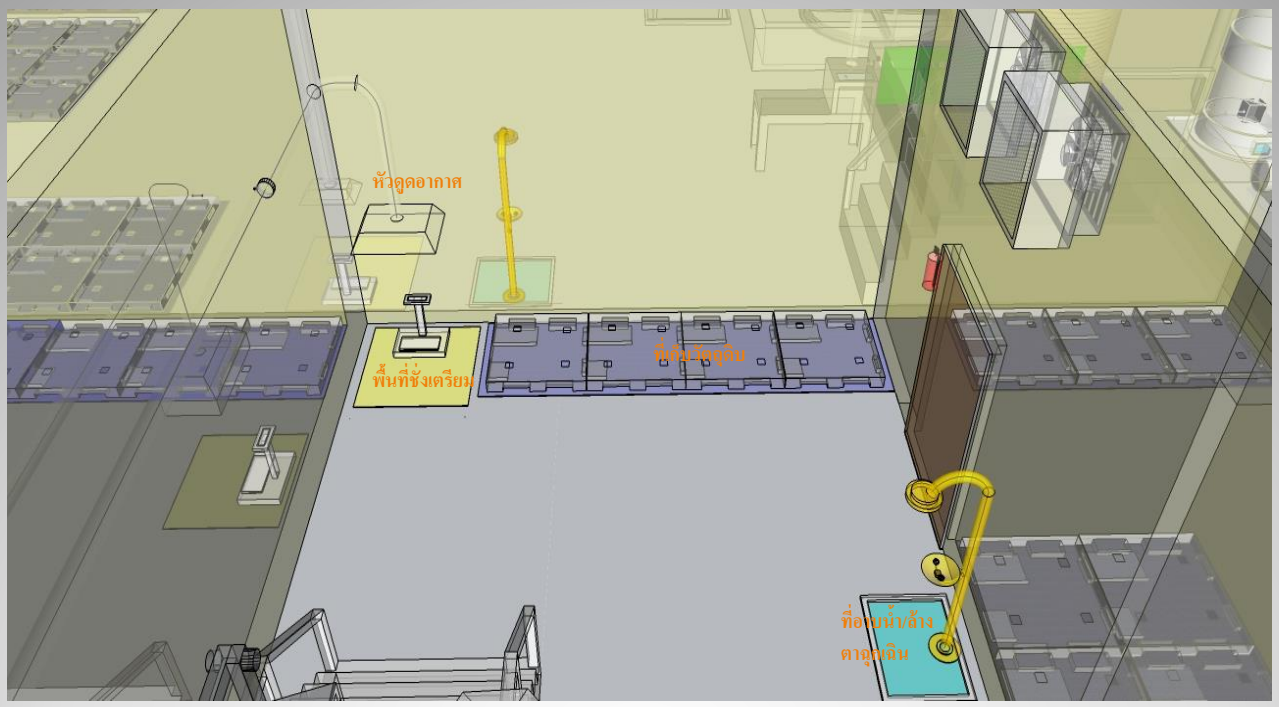


สายการผลิตผง / แกรนูล ประเภทกำจัดแมลง

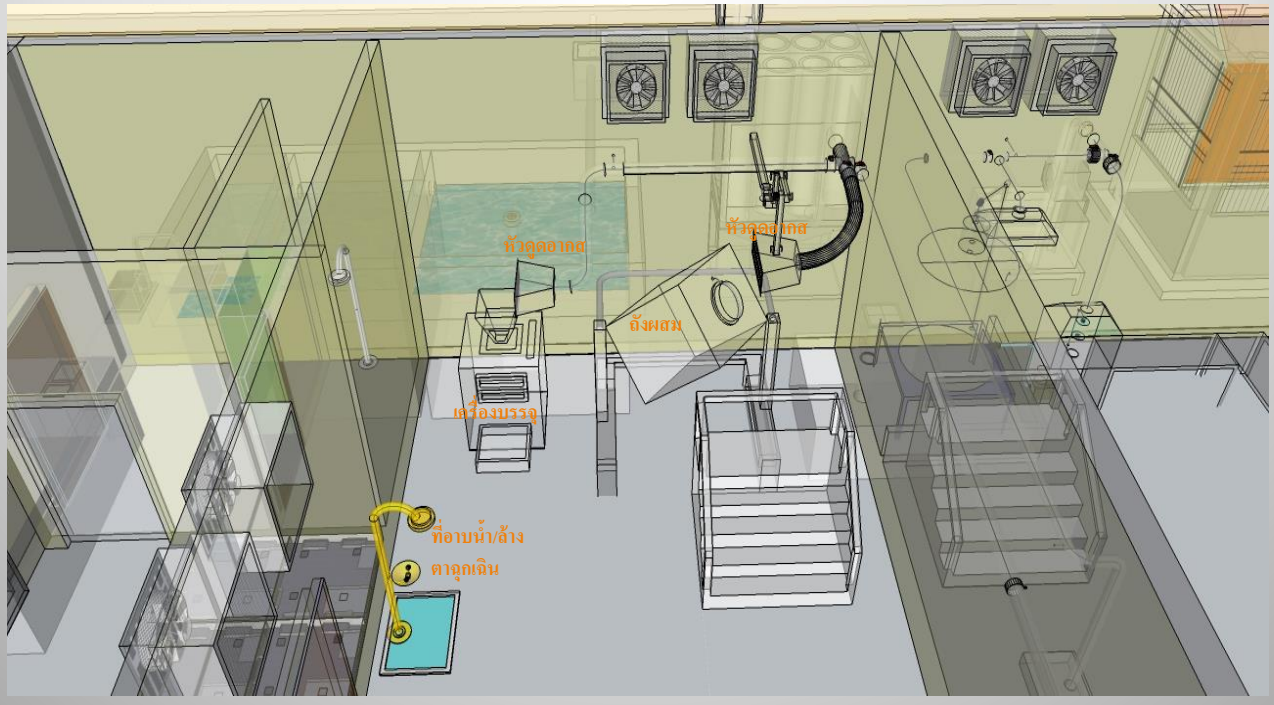
- **ห้องเก็บวัตถุดิบ , พื้นที่ชั่งเตรียม , พื้นที่ผสม ประเภทผง/แกรนูล อยู่ในห้องปิดเฉพาะจำกัดพื้นที่การฟุ้งกระจายของฝุ่น**

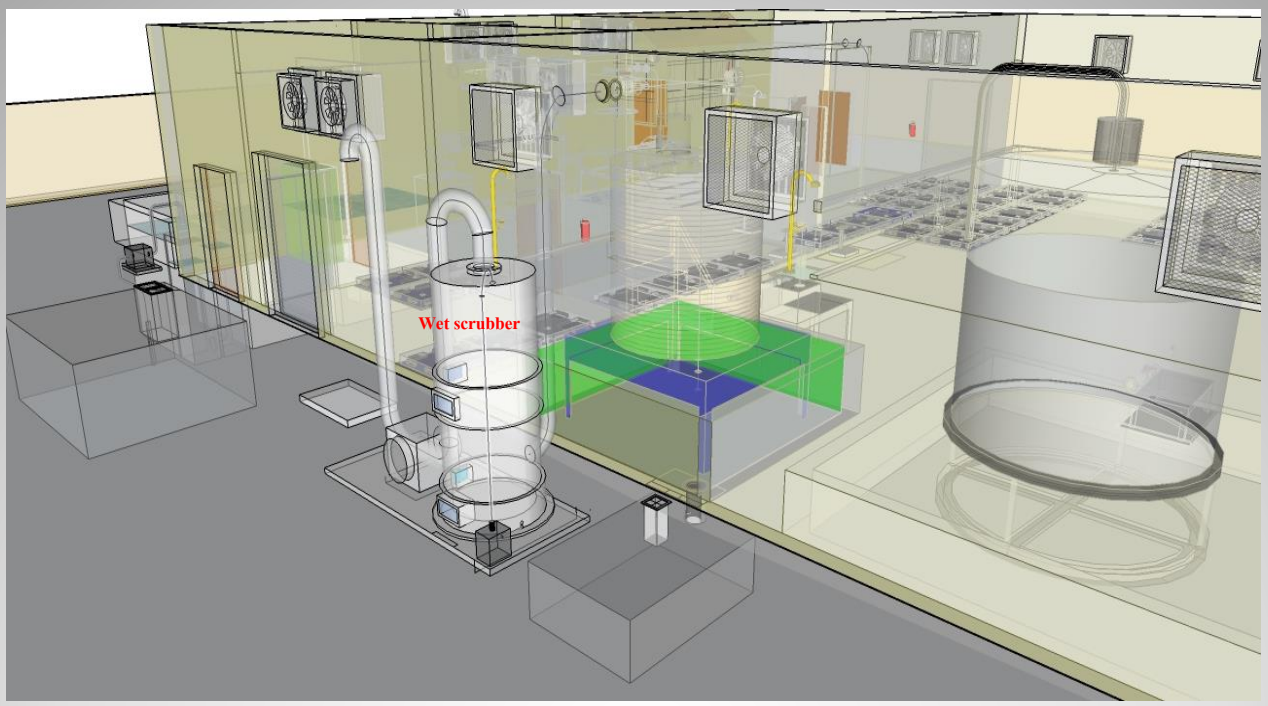


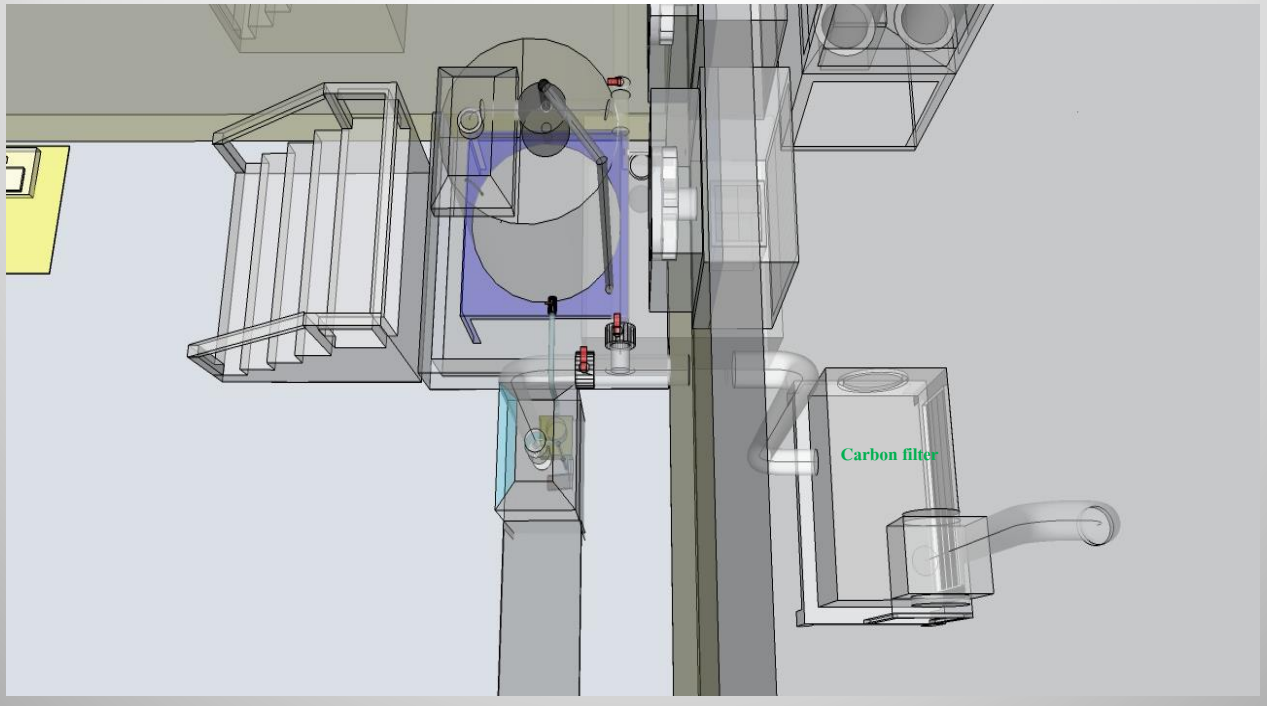


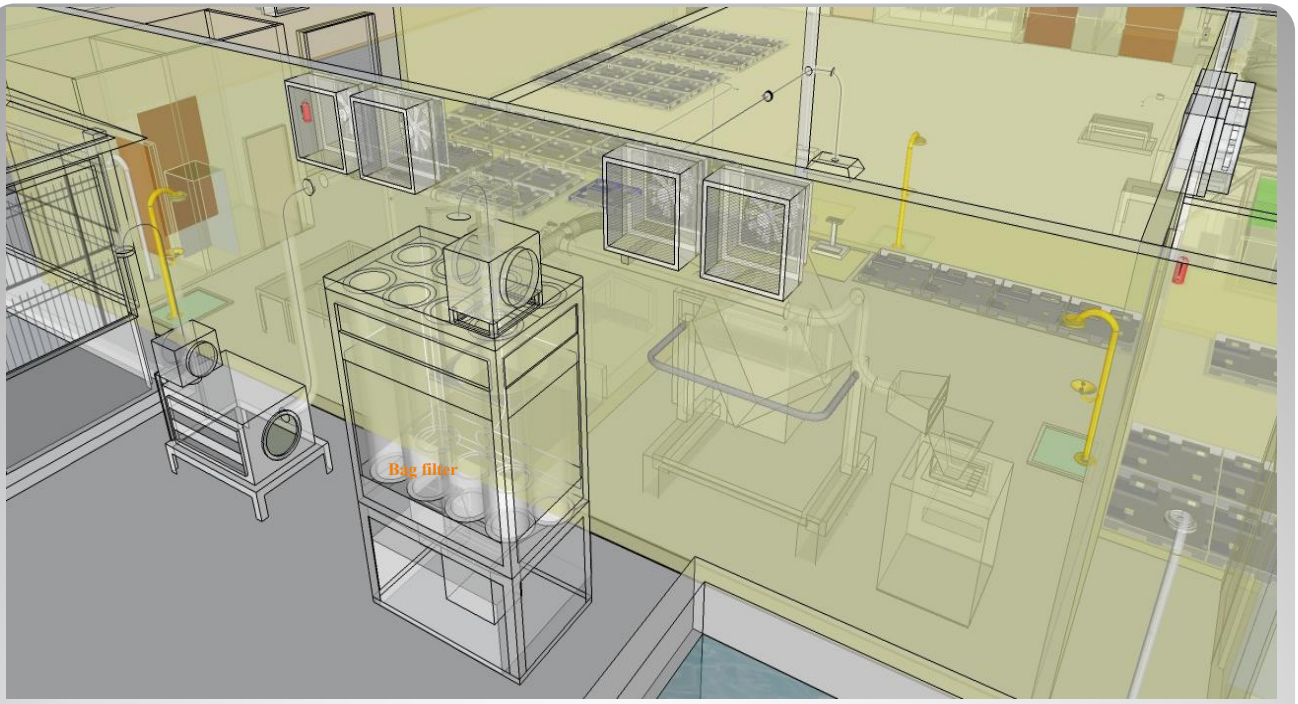


ห้องชั่งเตรียม, ผสม และบรรจุ สายการผลิตผง/แกรนูล ประเภทกำจัดแมลงควรเป็นห้องปิดเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นผงซึ่งมีน้ำหนักกว่าไอระเหย หรือก๊าซ ซึ่งจะทำความสะอาดได้ยาก

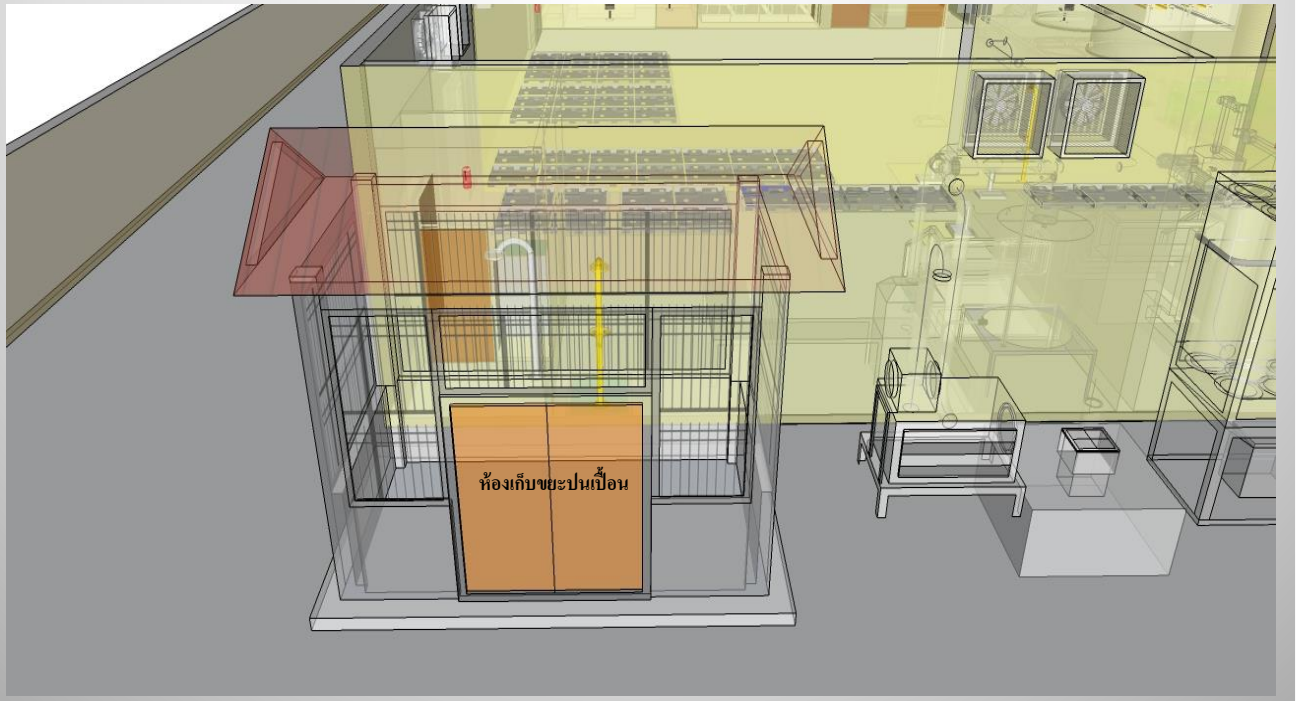



Wet scrubber


Carbon filter



ส่วนที่เก็บขยะ และของเหลวปนเปื้อน จัดไว้นอกอาคารผลิตซึ่งมีหลังคากันแดดกันฝน และยกพื้น



ตัวอย่างผังสถานที่ผลิตที่ร่างขึ้นมาเป็นการออกแบบตามหลักเกณฑ์และกฎหมายที่เกี่ยวข้อง และหลักความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน และสิ่งแวดล้อม

โดยเป็นสถานที่ผลิตที่มี 3 สายการผลิต อยู่ในอาคารเดียวกัน ซึ่งอาจพบไม่บ่อยในสถานที่ผลิตที่มีขนาดกลางและขนาดย่อม โดยองค์ประกอบที่สำคัญของสถานที่ผลิตจะถูกระบบลงไปในผังให้มากที่สุด โดยยังขาดองค์ประกอบในส่วนอื่นบ้าง เช่น องค์ประกอบส่วนหลังคา, ระบบไฟฟ้า เป็นต้น

สิ่งปนเปื้อนในอากาศ

เป็นของแข็ง หรือของเหลว ที่แขวนลอยในอากาศ ขนาดใหญ่กว่าอากาศ และก๊าซ มีคุณสมบัติต่างกันไป ได้แก่ ขนาด, ความเข้มข้น, รูปร่าง, ความหนาแน่น, การนำไฟฟ้า, การกัดกร่อน, การดูดความชื้น, ความไวต่อปฏิกิริยา, ความเป็นพิษ

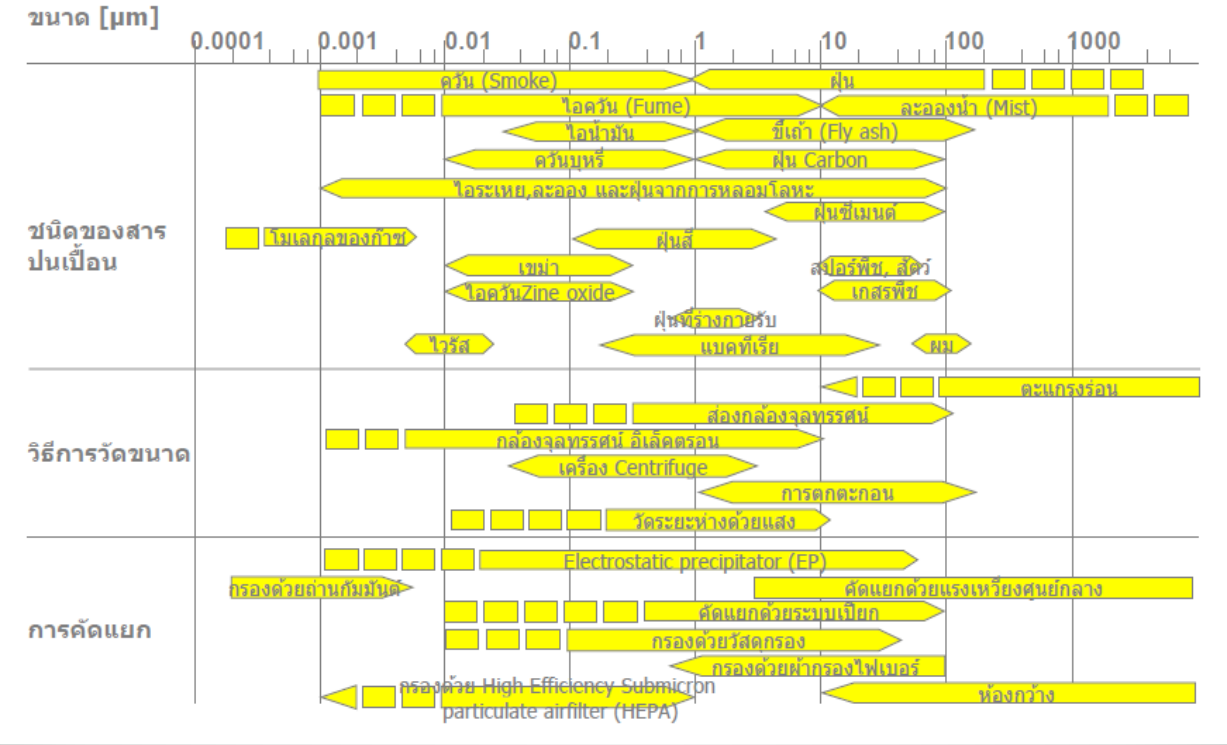
ขนาดโดยทั่วไป 0.001 ถึง 100 ไมครอน (0.1 มิลลิเมตร)

1. ตารางแสดงลักษณะฝุ่นละอองขนาดต่างที่เกิดจากแหล่งกำเนิดที่มีลักษณะกิจกรรมต่างๆ

สิ่งปนเปื้อน	ขนาด µm	ลักษณะพิเศษ
ฝุ่น (Dust)	0.1-30	อนุภาคของแข็งที่เกิดจากจากการแตกตัวหรือลดขนาดของวัตถุ จากการกระทำของเครื่องตัด, ขัด, บด, ไส, กลึง, เจาะ ที่มีต่อวัตถุต่างๆ เช่น เหล็ก หิน ไม้ เป็นต้น จะมีขนาดของฝุ่นโดยปกติมากกว่า 75 ไมครอน และสามารถลอยตัวในอากาศได้
ไอควัน (Fume)	0.001-10.0	อนุภาคของแข็งขนาดเล็กที่เกิดจากกระบวนการทางเคมี รวมถึงกระบวนการทางความร้อน ซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะ เช่น การควบแน่น การระเหย หรือปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ซึ่งอาจรวมตัวกันให้มีขนาดโตขึ้นจนกลายเป็นฝุ่นได้ หากลอยไปปะทะกัน ตัวอย่างเช่น ควันจากการเชื่อม หรือ หลอมโลหะ
ควันไฟ (Smoke)	0.01-1.0	ละอองของอนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในอากาศ โดยปกติจะเป็นของแข็ง มักเกิดจากกระบวนการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของอินทรียวัตถุ ทั้งนี้ไม่รวมถึงเถ้าที่เกิดจากการเผาไหม้
หมอก, ละอองไอ (Mist)	0.01-10.0	อนุภาคของของเหลวที่แขวนลอย หรือฟุ้งกระจายในอากาศ อันเกิดจากการควบแน่นของสารในลักษณะก๊าซ หรือเกิดจากการแยกตัวของของเหลว เช่น ไอละอองจากการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า หรือ ละอองสีถูกพ่นมาจากปืนพ่นสี
ไอระเหย (Vapor)	0.005	เกิดจากการเปลี่ยนสถานะจากของเหลว หรือของแข็งเป็นไอ ที่อุณหภูมิและแรงดันปกติ เช่นไอระเหยของสารละลายต่าง
แก๊ส (Gas)	0.0005	วัสดุใดๆ ที่ไม่สามารถคงสถานะในรูปของแข็งหรือของเหลว ในอุณหภูมิและแรงดันปกติได้ เช่น คาร์บอนมอนน็อกไซด์, แอมโมเนีย และภายใต้สภาวะที่มีแรงดันเพียงพอ หรืออุณหภูมิต่ำพอ อาจเปลี่ยนสภาพเป็นของแข็งหรือของเหลวได้

เมื่อทราบคุณสมบัติของฝุ่นละอองแต่ละชนิดจะสามารถนำมาพิจารณาวิธีคัดแยกฝุ่นละอองเหล่านั้นออกจากอากาศ

2. ตารางแสดงชนิดของสารปนเปื้อน วิธีการวัดขนาด และการคัดแยก



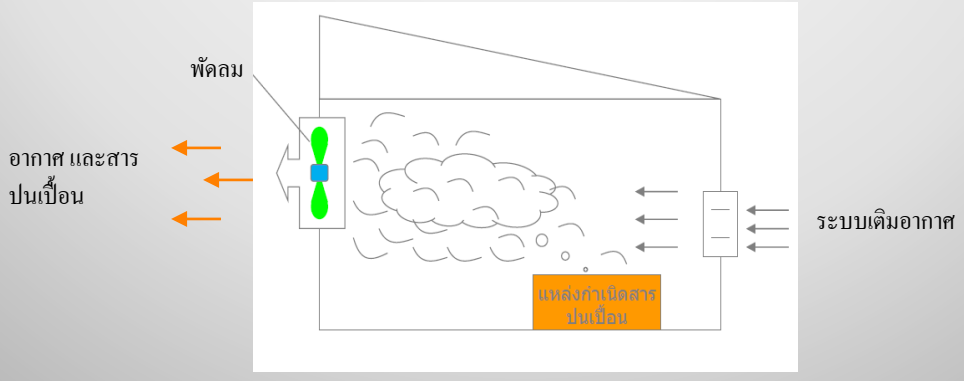
ระบบระบายอากาศ

ระบบระบายอากาศแบ่งเป็น

- ระบบจ่ายอากาศ (supply system)
  มักใช้งานสำหรับการควบคุมอุณภูมิ และความชื้นในอาคารหรือสถานที่ทำงาน เช่น เครื่องปรับอากาศ อาจใช้ร่วมกับระบบดูดอากาศเพื่อทำหน้าที่เติมอากาศทดแทนอากาศที่ถูกดูด หรือระบายออกไป
- ระบบดูดอากาศ (exhaust system)
  ใช้งานเพื่อลดความเข้มข้น หรือควบคุมการแพร่กระจายของสารปนเปื้อนไม่ให้เข้าไปปะปนกับในบริเวณที่ทำงาน แบ่งออกเป็น

- ระบบระบายอากาศแบบเจือจาง (dilution exhaust ventilation system)

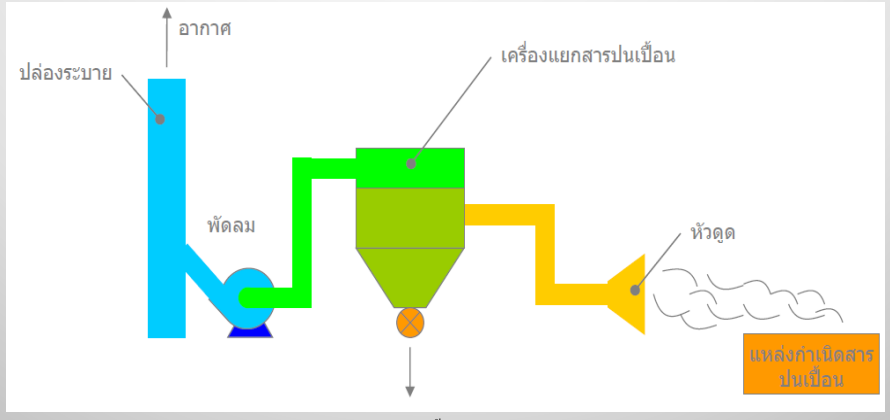
ต้องใช้งานร่วมกับระบบเติมอากาศเสมอ เพื่อนำอากาศบริสุทธิ์มาทดแทนอากาศส่วนทีถูกดูดออกไป อาจเรียกว่า ระบบระบายอากาศทั่วไป (general ventilation system)



ข้อดี	ข้อเสีย
1. ค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่ำ	1. ไม่สามารถนำมลพิษในอากาศออกไปได้ทั้งหมด
2. ดูแลรักษาง่าย ค่าใช้จ่ายต่ำ	2. ไม่ควรใช้งานกับมลพิษที่มีความเข้มข้นมาก และเป็นอันตราย
3. ใช้ได้ในกรณี ที่ความเข้มข้นของมลพิษต่ำ	3. ใช้ไม่ได้ในกรณีที่มี ฝุ่น, ไอโลหะหนัก หรือก๊าซที่มีความเข้มข้นมาก
4. ใช้ได้ผลดีกับการควบคุมไอระเหยที่ไวไฟ	4. ต้องนำอากาศเข้ามาเป็นจำนวนมากเพื่อเจือจาง อาจสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการปรับอุณหภูมิ
5. ใช้ได้ดีกับกรณีที่แหล่งกำเนิดมลพิษอยู่กระจัดกระจาย หรือเคลื่อนที่ได้ เช่น ลานจอดรถ	5. ใช้ไม่ได้ในกรณีที่ มีการเกิดมลพิษที่เข้มข้น เป็นช่วงเวลา

- ระบบระบายอากาศแบบเฉพาะจุด (local exhaust ventilation system)

มักใช้งานในกรณีที่ไม่สามารถใช้ระบบแบบเจือจางได้ เนื่องด้วยเงื่อนไข การทำงานของกระบวนการผลิต เช่น สารปนเปื้อนมีลักษณะเป็นพิษ หรือมีปริมาณความเข้มข้นมาก ซึ่งระบบนี้จะมีประสิทธิภาพมากกว่าระบบระบายอากาศแบบเจือจาง โดยทั่วไปหากใช้งานกับสารปนเปื้อนที่เป็นลักษณะฝุ่น จะเรียกว่าระบบกำจัดฝุ่น (dust collection system)



ระบบบำบัดมลพิษอากาศ

ก็คือระบบที่ทำให้อากาศที่มีสารปนเปื้อนที่อยู่ในระดับที่เป็นอันตราย เป็นอากาศที่มีสารปนเปื้อนอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตราย หรือไม่มีสารปนเปื้อน โดยวิธีในการแยกสารปนเปื้อนออกจากอากาศมีหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธี ก็จะมีหลักการทำงานและอุปกรณ์แตกต่างกัน

องค์ประกอบระบบบำบัดมลพิษอากาศ

1. หัวดูดอากาศ (hood)
2. ท่อนำ (duct work)
3. อุปกรณ์บำบัดมลพิษ (air cleaner)
4. พัดลมดูดอากาศ (blower)
5. ปล่องระบายอากาศ (exhaust stack)

1.หัวดูดอากาศ (hood)

ชนิดของหัวดูดอากาศ

- **หัวดูดอากาศแบบปิดล้อม (enclosure hood)**

  เช่น หัวดูดอากาศที่สายพานลำเลียง, หัวดูดอากาศในห้องทดลองทางเคมี กระพ้อลำเลียงวัสดุ หรือหัวดูดอากาศสำหรับเครื่องพ่นทราย

- **หัวดูดอากาศแบบภายนอก (exterior hoood)**

  สารปนเปื้อนจะถูกดึงเข้าสู่หัวดูด โดยอาศัยความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านในอัตราที่เหมาะสม ทำให้ใช้พลังงานมากเมื่อเทียบกับหัวดูดแบบปิดล้อม

2.ท่อนำ (duct work)

มักใช้งานในระบบระบายอากาศเฉพาะจุด หรือระบบกำจัดฝุ่น เพื่อเชื่อมต่อระบบและอุปกรณ์เข้าด้วยกัน เพื่อให้ระบบทำงานร่วมกันได้ โดยทั่วไปจะใช้ท่อกลมเป็นหลัก ซึ่งอาจใช้วัสดุต่างๆ แล้วแต่ลักษณะของสารปนเปื้อน ดังนั้น ความเข้าใจพื้นฐานเรื่องการไหลของอากาศจึงเป็นสิ่งจำเป็นต่อการออกแบบระบบ

ปัจจัยเบื้องต้นที่ต้องทำความเข้าใจคือ การสูญเสียแรงดันจลน์ (dynamic pressure) เมื่ออากาศไหลผ่านท่อตรง อันสืบเนื่องมาจากแรงเสียดทานภายในท่อ (friction loss) และการสูญเสียแรงดันเนื่องจากการปั่นป่วนในการไหลของอากาศ (turbulence loss) เมื่ออากาศไหลผ่านท่องอ หรือท่อแยก

ความเร็วในการไหลของอากาศ

การคำนวณค่าแรงดันสูญเสียในระบบท่อ รวมถึงการหาขนาดท่อสำหรับระบบระบายอากาศฉพาะจุด ตัวแปรสำคัญที่มีบทบาทมากที่สุดคือ ความเร็วในการไหลของอากาศ ซึ่งต้องมีค่ามากพอที่จะไม่ทำให้สารปนเปื้อนเกิดการตกค้าง หรืออุดตันในระบบท่อ

แนวทางการออกแบบระบบท่อ

- เลือกชนิดของวัสดุท่อให้เหมาะสมกับงาน
- ติดตั้งช่องเปิดเพื่อตรวจสอบเป็นระยะ หรือเลือกใช้ระบบท่อที่สามารถถอดประกอบได้ง่าย
- หลีกเลี่ยงการใช้ท่อขนาดเล็กและยาว
- ใช้ท่ออ่อน หรือท่อย่นให้น้อยที่สุด

ชนิดของระบบบำบัดมลพิษอากาศ

- **ระบบบำบัดแบบผ้ากรอง**
  สำหรับฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญกว่า 0.01 ไมโครเมตร
- **ระบบบำบัดแบบไฟฟ้าสถิต**
  สำหรับปริมาณอากาศที่มากกว่า 400,000 ลบ.ม/ชม.
- **ระบบบำบัดแบบเปียก (wet scrubber)**
  สำหรับงานที่มีอุณหภูมิสูง, ความชื้นสูง, ไอระเหยของสารเคมีอันตราย กัดกร่อน หรือละอองที่มีอัตราการระเบิดสูงเมื่อแห้ง
- **ระบบบำบัดแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง**
  เหมาะกับฝุ่นละอองขนาดใหญ่และมีปริมาณมาก
- **ระบบบำบัดแบบอาศัยแรงโน้มถ่วง**
  เหมาะสำหรับฝุ่นละอองขนาดใหญ่มีน้ำหนักมาก
  มีปริมาณมาก

ระบบบำบัดแบบผ้ากรอง

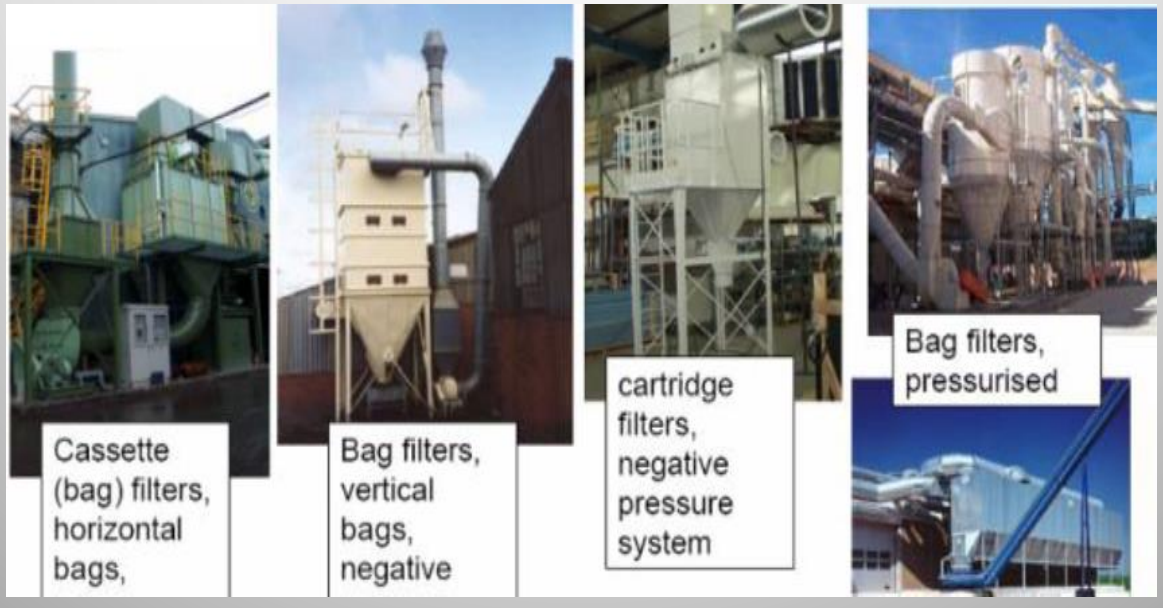
หลักการทำงาน : การกรองมลพิษผ่านวัสดุกรอง โดยอาศัยหลักการจับยึดของฝุ่นกับวัสดุกรอง ที่ผ่านการทอ หรืออัดเป็นแผ่น วัสดุกรองมักมีหลายแบบ ซึ่งสามารถรองรับการใช้งานได้ค่อนข้างหลากหลาย หัวใจหลักของการกรองด้วยวัสดุกรองคือ ปฏิกิริยาการจับยึดฝุ่นของวัสดุกรอง และการทำความสะอาดวัสดุกรอง รวมถึงความสามารถในกาให้อากาศไหลผ่าน

ข้อดี

- ประสิทธิภาพในการกรองสูงถึง 99%
- ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและซ่อมบำรุงต่ำ
- ใช้งานกับฝุ่นหรือมลพิษได้หลากหลาย
- ใช้งานที่มีปริมาณอากาศมากๆได้

ข้อเสีย

- ไม่เหมาะกับฝุ่นที่มีความชื้นสูงและเหนียว
- ไม่เหมาะกับมลพิษที่มีความเป็นกรด / ด่างสูง



ระบบบำบัดแบบไฟฟ้าสถิตย์

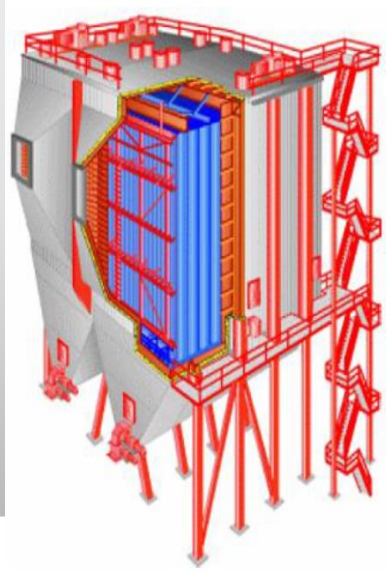
หลักการทำงาน : อาศัยการสร้างสนามไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูงระหว่างขั้วไฟฟ้าสองขั้ว โดยขั้วลบจะมีขนาดพื้นที่หน้าตัดเล็ก อาจเป็นเส้นลวดหรือแท่งโลหะแบน ขั้วบวกจะเป็นแผ่นโลหะที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัดใหญ่ อากาศและฝุ่นจะไหลผ่านสนามไฟฟ้า และถูกอิออนอัดประจุไฟฟ้าลบให้กับฝุ่น ทำให้ฝุ่นแยกตัวกับอากาศไปเกาะติดกับแผ่นประจุไฟฟ้าขั้วบวก ฝุ่นที่ติดกับแผ่นประจุบวกถูกนำออกโดยกลไกการสั่นสะเทือน ฝุ่นที่ติดอยู่จะตกลงด้านล่าง

ข้อดี

- ประสิทธิภาพสูง
- ความดันตกน้อย
- ใช้งานกับอุณหภูมิสูงได้
- ใช้งานกับฝุ่นเหนียวกัดกร่อนได้
- ใช้งานที่มีปริมาณอากาศมากๆได้

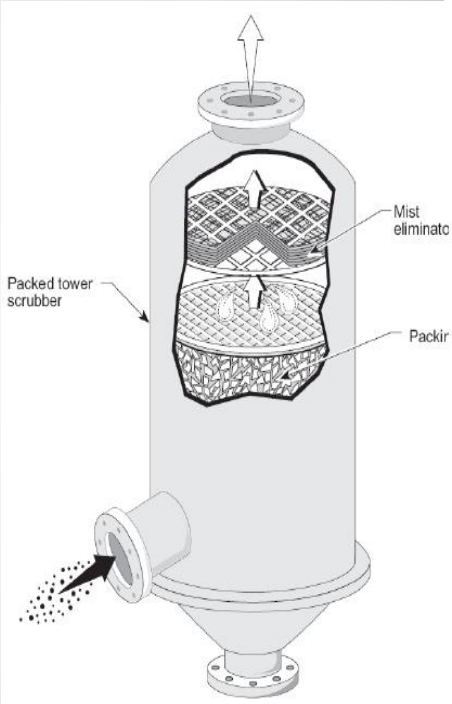
ข้อเสีย

- ค่าใช้จ่ายการลงทุนสูง
- ตอบสนองการเปลี่ยนแปลงของขนาด ฝุ่น, อุณหภูมิ และสภาพการนำไฟฟ้าได้ต่ำ
- ไม่เหมาะกับฝุ่นที่ไว และฝุ่นที่นำไฟฟ้าสูงมาก/ต่ำมาก
- ขนาดใหญ่ใช้พื้นที่มาก
- ต้องมีระบบป้องกันไฟฟ้าลัดวงจรที่ดี
- ต้องใช้บุคลากรที่มีความชำนาญสูงในการซ่อมบำรุง



ระบบบำบัดแบบเปียก (Wet scrubber)

หลักการทำงาน : อาศัยการทำปฏิกิริยากันระหว่างสารปนเปื้อนกับของเหลว เพื่อสารปนเปื้อนนั้นมีขนาดใหญ่ขึ้น และแยกตัวกับอากาศโดยผ่านวัสดุกรอง (packing media) กากสารปนเปื้อนที่ได้จะมีลักษณะคล้ายโคลน (sludge) หากใช้กับฝุ่นละอองขนาดเล็กๆ ของเหลวที่ใช้ต้องพ่นเป็นฝอยละอองเช่นกัน ระบบแบบนี้หมายรวมถึงระบบที่ใช้ปฏิกิริยาเคมี หรือปฏิกิริยาทางชีวภาพในการดักจับและคัดแยก



ข้อดี

- ออกแบบได้เฉพาะงาน
- ของเหลวสามารถหมุนเวียนใช้ในระบบได้
- มีขนาดเล็ก เมื่อมีการออกแบบเพื่อใช้งานเฉพาะจุด
- ใช้งานกับอากาศที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูงได้
- เหมาะกับสารปนเปื้อนที่ละลายน้ำได้ดี
- โดยทั่วไปไม่เกิดปัญหาเรื่องไฟไหม้/ระเบิด
- ใช้เงินลงทุนต่ำ

ข้อเสีย

- โครงสร้างต้องทนต่อการกัดกร่อน
- มีมลภาวะทางน้ำจาก sludge
- มีต้นทุนในการสร้างระบบบำบัดน้ำเสียหรือค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย
- ใช้พลังงานมากเนื่องจากมีแรงดันตกระหว่างการทำงานสูง
- ประสิทธิภาพต่ำเมื่อใช้กับสารปนเปื้อนที่มีขนาดเล็ก หรือไม่ละลายน้ำ และมีปริมาณมาก

ระบบบำบัดแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

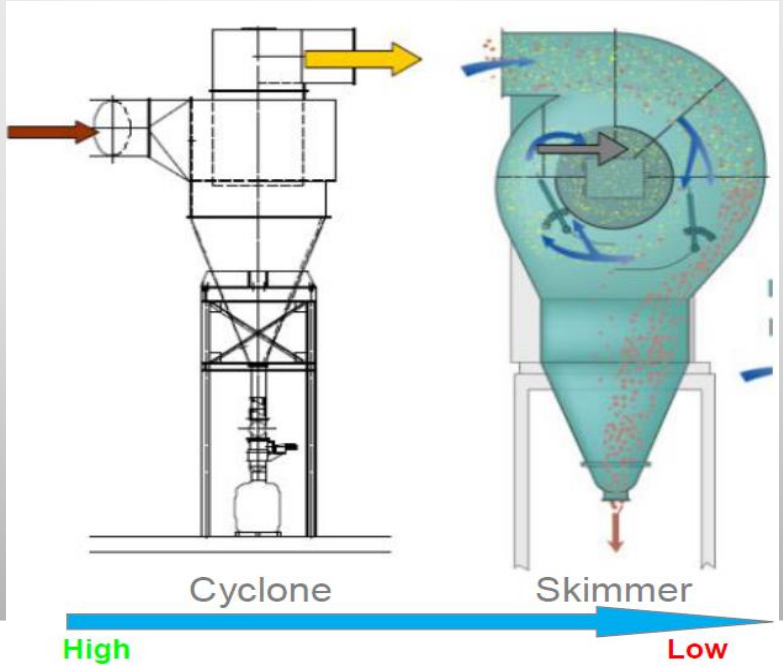
หลักการทำงาน : อาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (centrifugal force) จากการหมุนวนของอากาศที่ป้อนเข้า ทำให้ฝุ่นเคลื่อนที่ที่ผนังของไซโคลน และตกสู่ด้านล่างตามแรงโน้มถ่วงของโลก แรงเสริมจากอากาศที่หมุนวนภายในส่งผลให้ฝุ่นไหลลงสู่ด้านล่าง

ข้อดี

- ออกแบบสร้างได้ง่ายไม่ซับซ้อน
- ราคาถูก
- เหมาะกับงานที่มีสารปนเปื้อนมาก
- ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาต่ำ

ข้อเสีย

- ไม่สามารถใช้งานกับฝุ่นที่มีความละเอียดสูงได้
- ไม่สามารถคัดแยกฝุ่นเปียกได้
- แรงดันตกของอากาศค่อนข้างสูง ใช้พลังงานมาก
- ประสิทธิภาพต่ำ



ระบบบำบัดแบบอาศัยแรงโน้มถ่วง

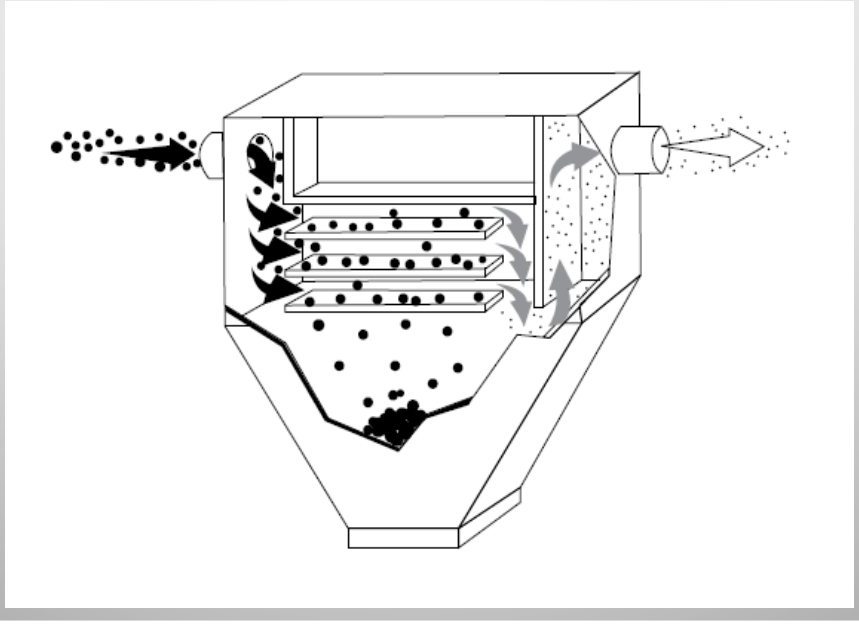
หลักการทำงาน : อาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก เป็นแรงกระทำกับน้ำหนักของอนุภาคฝุ่น โดยทั่วไปเรียกว่า “ห้องตกอนุภาค” มักใช้งานกับฝุ่นที่มีขนาดและน้ำหนักมาก โดยป้อนเข้าไปในห้องที่มีขนาดใหญ่ เพื่อให้ความเร็วของกระแสอากาศลดลง และอนุภาคที่มีน้ำหนักจะตกลงมาด้วยแรงโน้มถ่วง

ข้อดี

- ค่าใช้จ่ายในการลงทุน และดูแลรักษาต่ำ
- ออกแบบสร้างได้ง่ายไม่ซับซ้อน
- ใช้ได้ในกรณีที่อนุภาคมีมวลและขนาดใหญ่
- สามารถใช้เป็นอุปกรณ์คัดแยกเบื้องต้นได้

ข้อเสีย

- มีขนาดใหญ่ สิ้นเปลืองพื้นที่
- ไม่สามารถใช้งานกับอนุภาคที่มีขนาดเล็กได้
- เมื่อเพิ่มอัตราการไหลของอากาศในภายหลัง จะทำให้ประสิทธิภาพลดลง
- ประสิทธิภาพต่ำ



เปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบบำบัดชนิดต่างๆ

ระบบที่อาศัยแรงโน้มถ่วง : < 60%

ระบบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง : < 75%

ระบบไฟฟ้าสถิต : 80 – 95%

ระบบบำบัดแบบเปียก (wet scrubber) : 85 – 95%

ระบบที่ใช้ผ้ากรอง : 90 – 98%

ระบบการกรองแบบสมบูรณ์ (HEPA filter) : > 99%

ต่ำ

สูง

ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบระบบบำบัดมลพิษ

1. **ชนิดของสารปนเปื้อน**
2. **ความเข้มข้น หรือปริมาณของสารปนเปื้อน**
   ความเข้มข้นของสารปนเปื้อน ในกระบวนการที่ถูกปล่อยเข้าสู่ระบบระบายอากาศ ทั้งที่เป็นค่าเฉลี่ย หรือค่าสูงสุดที่อาจเกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ซึ่งอาจมีขนาดและปริมาณแตกต่างกัน ในบางกรณีหากไม่ทราบสามารถหาค่าความเข้มข้นของสารปนเปื้อน อาจใช้ปริมาณการไหลของอากาศที่จำเป็นต้องระบายออกตามลักษณะกระบวนการผลิตได้
3. **ลักษณะเฉพาะของอากาศที่จะบำบัด (gas stream characteristics)**
   ลักษณะเฉพาะของอากาศที่ต้องการบำบัด ในที่นี้หมายถึง อุณหภูมิ ความชื้น ซึ่งส่งผลต่อการเลือกใช้ระบบ เช่น อากาศที่มีอุณภูมิสูงอาจจะจำกัดการเลือกใช้งานระบบที่เป็นผ้ากรอง หากอากาศที่ต้องการบำบัดมีความชื้นสูงอาจมีปัญหาเรื่องการอุดตันกับระบบบำบัดแบบแห้ง อากาศที่มีการปนเปื้อนของสารกัดกร่อนก็อาจจะทำลายโครงสร้างผ้ากรอง หากมีความชื้นเข้าไปผสม

4. **ลักษณะทางกายภาพของสารปนเปื้อน (contaminaat characteristics)**
ลักษณะทางกายภาพของสารปนเปื้อน หมายถึง ขนาด, รูปร่าง, ความหนาแน่น หรืออื่นๆ ซึ่งส่งผลต่อการทำงานของระบบ รวมถึงการจัดการ เช่น สารเคมีที่ปนเปื้อนมาอาจทำลายอุปกรณ์ของระบบบำบัด หรือกัดกร่อนโครงสร้างในระบบบำบัดแบบเปียก, วัสดุที่มีความเหนียว (sticky) เช่น ผงขัดของโลหะผสมกับสารประกอบหล่อลื่น จะทำให้เกิดการเกาะตัวและอุดตันในระบบบำบัด, สำลีหรือฝุ่นผงละเอียดจะเกาะแน่นกับพื้นผิวของผ้ากรอง, วัสดุมีเหลี่ยมคมจะทำให้เกิดความเสียหายกับโครงสร้างได้อย่างรวดเร็ว

5. **ระดับการปนเปื้อนที่ยอมรับได้ (emission)**
การวัดอัตราการปนเปื้อนของมลพิษหลังบำบัด (emission rate) ในหนึ่งหน่วยพื้นที่ ก็เป็นปัจจัยหนึ่งในการเลือกใช้ระบบบำบัด เช่น ค่าที่อ้างอิงกับข้อกำหนดของทางราชการ จึงต้องพิจารณาระบบที่สามารถลดมลพิษได้มากที่สุด ตามเป้าหมาย โดยมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนและการใช้งานที่เหมาะสม

6. **ประสิทธิภาพของระบบ (efficiency)**
ประสิทธิภาพของระบบ จะเกี่ยวเนื่องกับระดับที่ยอมรับได้ของปริมาณสารปนเปื้อนที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศ ในบางกรณีอาจมีความจำเป็นที่ต้องใช้ระบบบำบัดต่างชนิดทำงานร่วมกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ หากบริเวณโดยรอบเป็นแหล่งชุมชนที่มีความเข้มงวดในเรื่องคุณภาพอากาศ

7. **อัตราการใช้พลังงาน (energy consideration)**
ค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานรวมทั้งหมดในแต่ละระบบเป็นปัจจัยหลักในการพิจารณาเมื่อเทียบกับประสิทธิภาพที่ได้ เช่น ระบบการบำบัดแบบไฟฟ้าสถิต อาจเป็นตัวเลือกที่ดีที่สุดเมื่อพิจารณาจากอัตราการใช้พลังงาน เนื่องจากเป็นระบบที่มีค่าแรงดันสูญเสียน้อยที่สุด จึงสามารถลดการใช้พลังงานได้

8. **การจัดการกับสารปนเปื้อนที่ดักจับได้ (disposal procedure)**
วิธีการที่จะจัดการกับสารปนเปื้อนที่ดักจับได้นั้น จะต้องพิจารณาถึงลักษณะทางกายภาพของสารปนเปื้อน, ความเข้มข้น, และปริมาณ, รูปแบบกระบวนการผลิต และชนิดของระบบบำบัดที่เลือกใช้ สำหรับระบบบำบัดแบบแห้งอาจใช้วิธีการขนถ่ายแบบต่อเนื่องลงในถังจัดเก็บ หรือสายพานลำเลียงผ่านโรตารี่วาล์วชนิดอื่นๆสำหรับฝุ่นที่แห้งอาจก่อให้เกิดปัญหาการฟุ้งกระจายในขณะขนถ่าย จึงต้องมีระบบที่รองรับปัญหาในจุดนี้ด้วยเช่นกัน ส่วนระบบคัดแยกแบบเปียกสามารถขนถ่ายสารปนเปื้อนผ่านอุปกรณ์แยกกาก ซึ่งมีปัญหาการฟุ้งกระจายของฝุ่นน้อยแต่อาจมีปัญหาเรื่องมลพิษน้ำตามมา หากไม่มีระบบบำบัดน้ำที่ดีพอ

แนวทางการเลือกแบบหัวดูดอากาศและการติดตั้ง

- หัวดูดอากาศต้องมีพื้นที่เปิดน้อยที่สุดเพื่อให้มีความเร็วลมที่ผ่านแหล่งกำเนิดสารมลพิษ (**capture velocity**) เพียงพอที่จะพาสารปนเปื้อนเคลื่อนที่เข้าสู่ท่อนำอากาศได้มากที่สุด แต่ต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะรองรับปริมาณ หรืออัตราการไหลของอากาศเข้าหัวดูดอากาศได้เพียงพอ

- ตำแหน่งของหัวดูดอากาศต้องอยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดมลพิษมากที่สุด แต่ต้องไม่กีดขวางการทำงานของคนงาน หรือเครื่องจักรในการผลิต หรือซ่อมบำรุง

- ช่องเปิดของหัวดูดอากาศต้องอยู่ในทิศทางการเคลื่อนตัวของอากาศที่ปนเปื้อน

- ตำแหน่งของคนงานต้องไม่อยู่ระหว่าง หัวดูดและแหล่งกำเนิดมลพิษ

- หลีกเลี่ยงการใช้หัวดูดภายนอก (**exterior hood**) กับสารที่มีความเป็นพิษสูง

- พยายามกำจัดปัจจัยแวดล้อมที่ขัดขวางการเคลื่อนตัวของอากาศ และสารปนเปื้อน

ลักษณะหัวดูดแบบเปิด
Exterior hood

ลักษณะหัวดูดแบบปิดล้อม
Enclosed hood

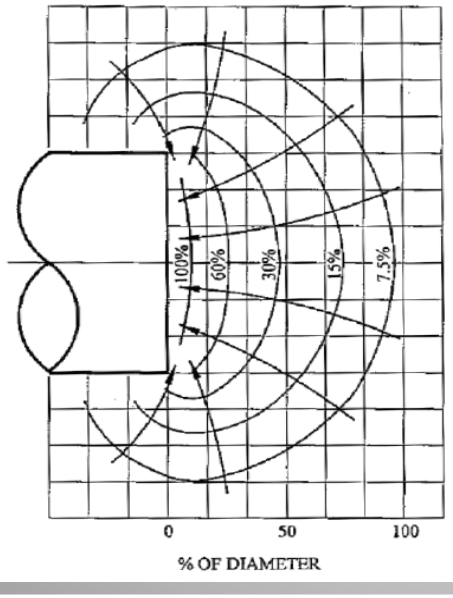
ข้อมูลในการออกแบบหัวดูดอากาศ

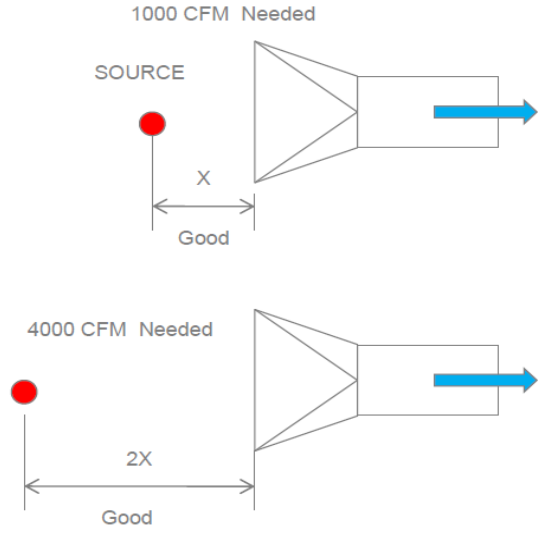
- ต้องให้ความเร็วลมที่แหล่งกำเนิดมลพิษ มีความเร็วเพียงพอที่จะพามลพิษนั้นๆรวมทั้งอากาศที่ปนเปื้อนอยู่ไหลเข้ามาในหัวดูดอากาศได้
- ความเร็วในการพามลพิษที่เพียงพอ ขึ้นอยู่กับลักษณะการแพร่ของมลพิษ ดังตาราง

2. ตารางแสดงค่าความเร็วในการพาที่เหมาะสมของลักษณะกิจกรรมต่างๆ

ลักษณะการแพร่กระจาย	ตัวอย่างกิจกรรม	ความเร็วในการพา (Capture velocity) m/s
การแพร่กระจายที่ไม่เกิดความเร็วไปสู่อากาศสงบ นิ่ง	การระเหยออกจากถัง, จากกระบวนการ Degreasing	0.25 – 0.5
การแพร่กระจายด้วยความเร็วต่ำ ไปสู่อากาศนิ่งปานกลาง	ห้องสเปรย์, การเคลื่อนตัวด้วยสายพานความเร็วต่ำ, การเชื่อม, การชุบ	0.5 – 1.0
การแพร่กระจายอย่างรวดเร็ว ด้วยการเคลื่อนตัวของอากาศ	การพ่นสีในห้องพ่น, การถ่าย/เติมวัสดุลงถัง, การขนถ่ายด้วยสายพาน, เครื่องบด	1.0 – 2.5
การปล่อยวัสดุด้วยความเร็วสูง อากาศเคลื่อนตัวด้วยความเร็วสูง	การขัด/เจียร (Grinding), การพ่นขัดผิวด้วยโลหะ (Abrasive blasting), การขัดมันผิววัสดุ (Tumbling)	2.5 – 10.0

- ความเร็วในการพามลพิษ จะลดลงอย่างรวดเร็วตามระยะทางห่างออกจากปากหัวดูดอากาศ
- ปริมาณอากาศอาจเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า หากมลพิษเลื่อนออกห่างจากระยะทางเดิมเพียง 2 เท่า





การสูญเสียพลังงานของหัวดูดอากาศ

หัวดูดอากาศ จะสูญเสียพลังงาน ในขณะที่อากาศไหลเข้า ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันสถิต (SP) เป็นความดันของความเร็ว (VP) แต่เมื่ออากาศเข้าไปในท่อแล้ว VP จะลดลงสู่ระดับที่คงที่ การสูญเสียที่เกิดขึ้นจากมวลอากาศที่แย่งกันไหลเข้า สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$SP_h = h_e + VP_d$$

$$SP_h = (F_s)(VP_s) + (F_d)(VP_d) + VP_d$$

โดยที่ :

h_e = การสูญเสียทั้งหมดจากอากาศที่ไหลเข้า มีหน่วยเป็น ปาสคาล (Pa) = $h_s + h_d$

h_s = การสูญเสียเนื่องจากอากาศไหลผ่าน slot = $(F_s)(VP_s)$

h_d = การสูญเสียเนื่องจากอากาศไหลเข้าท่อ = $(F_d)(VP_d)$

F_s = สัมประสิทธิ์การสูญเสียของ slot (1- 1.78)

F_d = สัมประสิทธิ์การสูญเสียของอากาศที่ไหลเข้าท่อ (0.25)

VP_s = ความดันของความเร็วลมที่ slot หน่วยเป็น ปาสคาล (Pa)

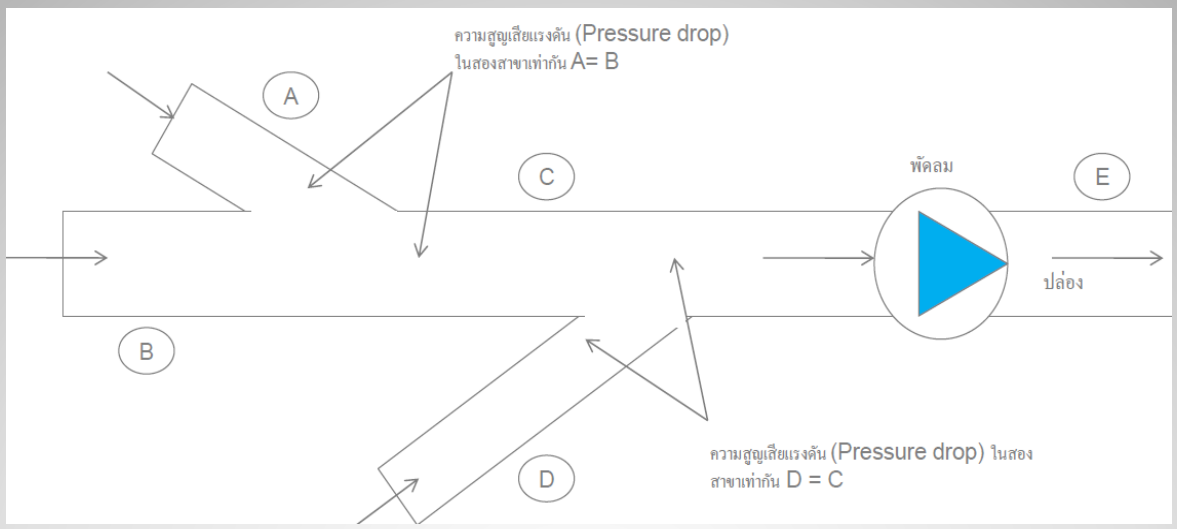
VP_d = ความดันของความเร็วลมที่ท่อ หน่วยเป้น ปาสคาล (Pa)

การออกแบบระบบท่อ

การออกแบบระบบท่อที่เหมาะสม จากหัวดูดอากาศไปสู่พัดลมดูดอากาศ และจากพัดลมดูดอากาศไปภายนอกในรูปของปล่องระบาย คือ

- ต้องคงความเร็วของอากาศในทุกส่วนของท่อให้เท่ากันทั้งหมด เพื่อไม่ให้เกิดการตกตะกอนของฝุ่นหรือสูญหรือสูญเสียพลังงานในการเร่งความเร็วของอากาศโดยไม่จำเป็น
- ออกแบบให้มีการสูญเสียจากการไหลของอากาศในท่อให้น้อยที่สุด คือหัวใจสำคัญในการออกแบบ ทั้งนี้ต้องไม่ใช้ข้องอ ข้อลด ท่อขยาย หรือสิ่งกีดขวางทางเดินของอากาศโดยไม่จำเป็น
- การออกแบบระบบท่อในปัจจุบัน นิยมใช้พัดลมตัวเดียว และเดินท่อดูดอากาศจากหลายๆจุดมารวมกันและระบายออกปล่องระบายรวม
- หลักการออกแบบที่สำคัญคือ ต้องรักษาสมดุลแรงดัน ในทุกๆสาขาของท่อให้เท่าเทียมกัน กล่าวคือ ในแต่ละสาขาของท่อต้องมีการสูญเสียพลังงานในค่าใกล้เคียงกัน หากท่อสาขาใดมีการสูญเสียพลังงานมาก ลมก็จะผ่านท่อสาขานั้นได้น้อย หรืออาจไม่ผ่านเลย
- ปกติ ถ้าค่าความดันสูญเสียต่างกันไม่เกิน 20% จะไม่แสดงให้เห็นถึงความแตกต่าง หากมากกว่านี้แล้วต้องมีการแก้ไข
- ค่าความเร็วในการไหลของอากาศ ให้ใช้ค่าต่ำสุดเท่าที่ไม่ก่อให้เกิดการตกตะกอนของอนุภาค และอุดตันภายในท่อ

การไหลของอากาศในท่อแขนง



3. ความเร็วในการไหลของอากาศที่ใช้ออกแบบระบบท่อ

ชนิดของสารปนเปื้อน	ความเร็วต่ำสุด	ตัวอย่าง กระบวนการผลิต
ไอ ก๊าซ และ ควัน	5- 10 เมตร/วินาที	ไอ ก๊าซ หรือควัน จากกระบวนการทางอุตสาหกรรมทุกรูปแบบ
ไอควัน (Fume)	10-13 เมตร/วินาที	ไอควันที่เกิดจาการเชื่อมโลหะ
ฝุ่นละเอียด และเบา	12-15 เมตร/วินาที	ผงแป้ง ผงไม้ ผงฝ้าย เส้นใยผ้า
ฝุ่นแห้ง หรือ แป้ง	15-20 เมตร/วินาที	ฝุ่นยางละเอียด, ฝุ่นเบกาไลท์, ขี้เลื่อย, ฝุ่นฝ้าย, ผงปอ, ฝุ่นผงสบู่, ฝุ่นหนัง
ฝุ่นในอุตสาหกรรมทั่วไป	18-20 เมตร/วินาที	ฝุ่นจากการเจียร, ฝุ่นผงกาแฟ, ฝุ่นจากการขนถ่ายวัสดุ, ฝุ่นหิน, ฝุ่นแป้งซิลิกา, ฝุ่นจากการหล่อโลหะ, ฝุ่นปูนขาว, ฝุ่นดิน, ฝุ่นผงเส้นใย Asbestos
ฝุ่นหนัก	20-23 เมตร/วินาที	ฝุ่นขี้เลื่อย (หนักและเปียก), ฝุ่นจากการคว้านหรือเจาะโลหะ, ฝุ่นทรายจากการเคาะแบบหล่อโลหะ, ฝุ่นจากเครื่องพ่นทราย, ฝุ่นตะกั่ว, เศษไม้
ฝุ่นหนัก หรือเปียก	23 เมตร/วินาที	เศษผสมฝุ่นตะกั่ว, ฝุ่นปูนที่มีความชื้น, ฝุ่น asbestos จากการต่อแผ่นไฟเบอร์, ฝุ่นผงยิปซั่มชื้น, ฝุ่นผงปูนขาว

ACGIH, Industrials Ventilation 23rd edition, Local Exhaust hoods page 3-19

ข้อควรระวังในการออกแบบ และใช้งานระบบ

- การออกแบบ ที่มักพบข้อผิดพลาดอยู่เสมอคือ การออกแบบหัวดูดอากาศแบบแขวน (Canopy hood) เพราะเป็นตู้ดูดอากาศที่มีประสิทธิภาพต่ำ แต่มักนิยมใช้งานกัน
- การต่อเติมตู้ดูดอากาศเข้าไปในระบบ ในภายหลัง มักส่งผลให้ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบลดลง
- ควรคำนึงถึง การป้องกัน การระเบิด หรือไฟไหม้ เมื่อออกแบบให้ใช้งานกับฝุ่น /ควัน ที่มีโอกาสเสี่ยงสูง เช่น ฝุ่นผงติดไฟได้, กลุ่มก๊าซ ที่มีองค์ประกอบไวไฟ
- ท่อที่ไม่ใช่วัสดุโลหะ มักมีการสะสมของไฟฟ้าสถิต ต้องมีการเชื่อมโยงสายดินภายในท่อ หรือเลือกใช้ท่อ FRP ที่มีการเสริมเส้นใยคาร์บอนอยู่ เพื่อทำหน้าที่เป็นสายดิน
- ฝุ่นผงบางชนิด ที่เป็นอินทรียวัตถุ เช่น แป้ง อาจระเบิดได้ เมื่อเกิดประกายไฟ หรือมีการอาร์คจากการถ่ายประจุไฟฟ้าสถิตในระบบท่อ หากมีความเสี่ยงดังกล่าวนี้ ควรคำนึงถึงการติดตั้งประตูระบายแรงดันฉุกเฉิน (Explosion vent) เพื่อรองรับการระเบิดที่อาจเกิดขึ้น
- การทดสอบระบบ และการปรับแต่งค่าความสมดุลแรงดัน ก่อนการใช้งานจริง เป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องดำเนินการทุกครั้ง เมื่อติดตั้งระบบเรียบร้อย

การเลือกใช้พัดลม

การเลือกใช้พัดลม จะพิจารณาที่ค่า Fanstatic pressure (FSP) เป็นหลักในการกำหนดกำลังของพัดลมโดยที่

$$FSP = SP_{outlet} - SP_{inlet} - Vp_{inlet}$$

เมื่อ FSP = Fan static pressure มีหน่วยเป็น ปาสคาล (Pa)

- เนื่องด้วย SP_{inlet} คือค่าความสูญเสียแรงดัน (pressure drop) ที่คำนวณได้มาจาก ระบบท่อ, ข้องอ ท่อลดต่างๆ และระบบหัวดูดอากาศ จึงทำให้ค่านี้ติดลบเสมอ
- ค่า SP_{outlet} คำนวณได้มาจาก ค่าแรงดันจากทางออกของพัดลมไปสู่ปลายปล่อง ซึ่งจะได้ค่าที่เป็นบวกเสมอ ทำให้ค่า $SP_{outlet} - SP_{inlet}$ มีค่าเป็นบวก และค่า Vp_{inlet} ก็มีค่าเป็นบวกด้วยเช่นกัน
- พัดลมที่มีจำหน่ายอยู่ จะขึ้นอยู่กับปริมาณอากาศที่ดูด และค่า FSP ซึ่งสามารถหาได้จากข้อมูลของผู้ผลิตพัดลม โดยจะประกอบด้วย ค่า Fan curve และ Efficiency curve

การตรวจสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของระบบ

การตรวจสอบหัวดูดอากาศ

ลักษณะทางกายภาพ

- ตรวจสภาพการผุกร่อน การกัดกร่อน หรือ สภาพภายนอกที่ถูกทำลายของตู้ ด้วยสายตา
- สังเกต การดัดแปลง หรือการเปลี่ยนตำแหน่งที่ตั้งของตู้ดูดอากาศ ซึ่งมีผลต่อสมรรถนะการทำงาน
- ประสิทธิภาพในการดักจับมลพิษ และตำแหน่งที่ตั้ง
  - ถ้ามีการแตก หรือรั่วเกิดขึ้น จะทำให้ประสิทธิภาพการจับมลพิษทางอากาศลดลง
  - หากสังเกตด้วยสายตา แล้วพบว่า ฝุ่นละออง ไม่ไหลเข้าไปในตู้ดูดอากาศ แสดงว่าประสิทธิภาพการจับมลพิษลดลง
  - การใช้เครื่องวัดความเร็วอากาศ ตรวจวัดที่ตำแหน่งต่างๆของตู้ดูดอากาศ ต้องใช้เวลานานในการตรวจสอบ อาจทำให้สัมผัสกับไอร้อน หรือ ก๊าซพิษ จากกระบวนการผลิตได้
  - ตำแหน่งที่ติดตั้งตู้ดูดอากาศ ควรวางอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม และสอดคล้องกับกระแสการไหลของอากาศจากแหล่งกำเนิดมลพิษ ให้สังเกตว่าปัจจัยแวดล้อมอื่นมีผลกระทบกับการไหลของมลพิษของตู้ดูดอากาศหรือไม่

การตรวจสอบ ระบบท่อระบายอากาศ

ลักษณะทางกายภาพ

- ตรวจดู รอยรั่วที่เกิดขึ้นในระบบท่อ อาจมีสาเหตุจากการกัดกร่อน ของฝุ่น หรือกระแสอากาศ หรือ ตรวจสภาพภายนอกที่ถูกทำลายของท่อด้วยสายตา
- ตรวจสอบ ตำแหน่งที่มีการติดตั้ง ข้องอ ที่มีการติดตั้งอยู่ในจุดที่ยากต่อการเข้าถึง หรือใกล้หลังคา
- ตรวจสอบการทำงานของ แดมเปอร์ (อุปกรณ์ควบคุมปริมาณลม)
  - ตรวจสอบการทำงานของ By pass แดมเปอร์ ว่าทำงานถูกต้อง หรือ ค้างตำแหน่งอยู่หรือไม่
  - ควรทำเครื่องหมายแสดงตำแหน่ง ระยะการเปิดของ แดมเปอร์ หลังจากที่มีการทดสอบระบบครั้งสุดท้ายแล้วทุกครั้ง ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งการเปิด-ปิด ซึ่งจะส่งผลกระทบโดยรวมกับระบบ
  - ใบ หรือ ลิ้น ของแดมเปอร์ มีโอกาสผุกร่อนได้ จากกระแสอากาศ และฝุ่นที่ไหลผ่าน ควรมีการถอดออกมา เพื่อตรวจสอบเป็นระยะๆ

การตรวจสอบการทำงานของพัดลม

ลักษณะทางกายภาพ

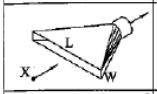
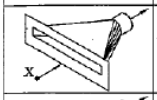
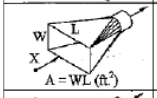
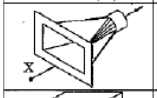
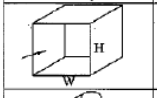
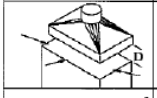
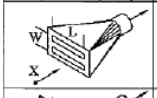
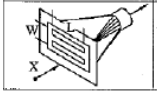
- ตรวจดู สภาพการสึกกร่อน การกัดกร่อน หรือสภาพภายนอกของพัดลม
- การสั่นสะเทือนของพัดลม เกิดจากความไม่สมดุลของใบพัดลม อันสืบเนื่องมาจากการสะสมสิ่งต่างๆ บนใบพัดลม หรือใบพัดลมมีการสึกกร่อน จะส่งผลให้เกิดการสั่นสะเทือนของตัวพัดลม ต้องหยุดการใช้พัดลมในทันที และรีบดำเนินการแก้ไขก่อนที่จะเกิดความเสียหายต่อแกนเพลาของมอเตอร์
- เสียงดังของสายพาน
  - หากเกิดขึ้นในสภาวะการทำงานปกติ แสดงว่าอาจเกิดการสูญเสียแรงดูดอากาศในระบบ
  - หากสายพานลื่น อาจก่อให้เกิดเสียงดังด้วยเช่นกัน สามารถตรวจสอบได้ด้วยการวัดความเร็วรอบของพัดลมว่าลดลงหรือไม่
- ตรวจสภาพภายในของพัดลมในขณะหยุดใช้งานว่ามีการสะสมของสิ่งต่างบนใบพัด การกัดกร่อนต่างๆหรือมีทิศทางการหมุนที่ถูกต้องหรือไม่
- ทิศทางการหมุนไปในทางเดียวกับป้ายแสดงทิศทางการหมุนของใบพัด
- ตรวจวัดอัตราการใช้กระแสไฟฟ้าของมอเตอร์พัดลมว่ามีการเปลี่ยนแปลงไปจากค่าปกติหรือไม่ อย่างไร ซึ่งโดยปกติหากมีการ เพิ่ม/ลด อัตราการไหลของอากาศ จะมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการใช้กระแสไฟฟ้า

การออกแบบและหาขนาดของอุปกรณ์ระบบบำบัดมลพิษอากาศ

ในการคำนวณหาขนาดของอุปกรณ์ในแต่ละส่วนว่าต้องใช้หัวดูดอากาศแบบใด ขนาดและความยาวของท่อนำอากาศเสีย ขนาดของท่อของปล่องระบาย หรือกำลังของพัดลมที่จะใช้ สามารถหาได้จากการคำนวณโดยใช้หลักการดังที่กล่าวมาแล้ว โดยสรุปคือ

1.ต้องหาค่าปริมาณอากาศที่ปนเปื้อน จากจุดกำเนิด เช่น ปากถัง หรือปากภาชนะบรรจุ ที่ต้องดูดจับไว้โดยหัวดูดอากาศภายในระยะเวลาที่เพียงพอและน้อยที่สุด อาจจะประมาณการระเหยของไอหรือการฟุ้งกระจายของฝุ่นผง โดยใช้พื้นที่ปากเปิด x ความสูงของระยะทางการระเหยของไอหรือฟุ้งกระจายของฝุ่นผง ก็จะได้ค่า อัตราการไหลของอากาศต่อหน่วยเวลา (Q) ณ จุดกำเนิด ซึ่งจะกำหนดความเร็วในการพา (Capture velocity)ที่ต้องการ ได้จากตาราง 2 ซึ่งกำหนดโดยปัจจัยแวดล้อมอื่นด้วย ซึ่งต้องเผื่อค่าความเร็วในการพาที่ลดลงตามระยะห่างของปากหัวดูดอากาศกับแหล่งกำเนิดด้วย

เมื่อได้ค่า Q และ $V_{capture}$ แล้วก็นำไปคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดของหัวดูดอากาศได้โดยเป็นหัวดูดอากาศชนิดที่มีค่าการสูญเสียแรงดันน้อยมาก แต่ถ้าเป็นหัวดูดอากาศที่มีค่าการสูญเสียแรงดันที่มากต้องนำมาคำนวณด้วย แต่โดยทั่วไปในการเลือกใช้หัวดูดอากาศ จะมีข้อมูลค่าอัตราการไหลของอากาศ (Q) มาให้จากผู้ผลิตจึงสามารถนำมาใช้ในการคำนวณส่วนอื่นๆได้เลย โดยการกำหนดค่าความเร็วที่ต้องการในระบบท่อ ซึ่งจะใช้ข้อมูลดังตาราง 3 แล้วจึงไปคำนวณหาค่าอื่น

HOOD TYPE	DESCRIPTION	ASPECT RATIO,W/L	AIRFLOW
	SLOT	0.2 OR LESS	Q = 3.7 LVX
	FLANGED SLOT	0.2 OR LESS	Q = 2.6 LVX
	PLAIN OPENING	0.2 OR GREATER AND ROUND	$Q = V(10X^2+A)$
	FLANGED OPENING	0.2 OR GREATER AND ROUND	$Q = 0.75V(10X^2+A)$
	BOOTH	TO SUIT WORK	Q = VA = VWH
	CANOPY	TO SUIT WORK	Q = 1.4 PVD SEE CH. 13, VS-99-03 P = PERIMETER D = HEIGHT ABOVE WORK
	PLAIN MULTIPLE SLOT OPENING 2 OR MORE SLOTS	0.2 OR GREATER	$Q = V(10X^2+A)$
	FLANGED MULTIPLE SLOT OPENING 2 OR MORE SLOTS	0.2 OR GREATER	$Q = 0.75V(10X^2+A)$

2. คำนวณหาค่าแรงดันสูญเสีย (Pressure drop) ของทั้งระบบ
   - หัวดูดอากศ
   - ท่อนำ
   - ข้องอ, ข้อต่อ, ท่อขยาย, ท่อลด
   - อุปกรณ์บำบัดแต่ละชนิด
   - ปล่องระบาย

   กรณีมีท่อสาขา และ เปิดใช้งานหัวดูดอากาศพร้อมกันหลายจุด จะต้องคำนวณหาค่าแรงดันสูญเสียรวมของแต่ละสาขาด้วย แต่ในกรณีมีการใช้งานเพียงจุดเดียว หรือมีท่อสาขาแต่เปิดใช้งานทีละจุด อาจติดตั้งวาล์ว เปิด – ปิด เพื่อไม่ต้องทำการปรับความดันสูญเสียรวมของแต่ละสาขาให้เท่ากัน
3. คำนวณหาชนิดของพัดลม โดยใช้ค่าความดันสูญเสียรวมของระบบ และค่า fan static pressure (FSP) ซึ่งจะมีมาให้จากผู้ผลิตพัดลม

ตัวอย่าง ตู้ดูดอากาศแบบธรรมดามีช่องเปิดขนาด 1 x 1.5 เมตร และความเร็วลมที่ปาก hood เท่ากับ 1.25 เมตร/วินาที ที่ท่อดูดอากาศจากตู้มีความเร็วลม 15 เมตร/วินาที

ต้องการคำนวณหา

1. อัตราการไหลของอากาศ (Q) ที่ผ่านหัวดูดอากาศ และท่อ
2. คำนวณหาเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อดูดอากาศ
3. คำนวณหาความดันลดที่เกิดขึ้นจากหัวดูดอากาศ และท่อ

ส่วนที่ 1 อัตราการไหลของอากาศ (Q) ที่ผ่านหัวดูดอากาศ และท่อ

จาก ปริมาณการไหล (Q) = พื้นที่หน้าตัด (A) x ความเร็วลม (V)

พื้นที่หน้าตัดที่ปากตู้ = 1 x 1.5 = 1.5 ตารางเมตร , ความเร็วลมที่ปากตู้อากาศ 1.25 เมตร/วินาที

ปริมาณอากาศไหล = 1.5 x 1.25 = 1.875 เมตร/วินาที

ปริมาณอากาศที่ไหลเข้าท่อ ก็ต้องเท่ากับอากาศที่ไหลผ่านเข้ามาทางหัวดูดอากาศ

ส่วนที่ 2 เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อดูดอากาศ

ใช้สูตรการคำนวณเหมือนกับในส่วนที่ 1 เพราะทราบอัตราการไหลแล้ว และทราบความเร็วลมในท่อ (V) คือ 15 เมตร/วินาที

ดังนั้น พื้นที่หน้าตัดท่อ A = Q/V = 1.875/15 = 0.125 ตารางเมตร

หรือ $\P D^2/4 = 0.125$ ตารางเมตร

ดังนั้นเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ = 0.4 เมตร

ส่วนที่ 3 คำนวณความดันลดที่เกิดจากตู้ดูดอากาศ

จาก $SP_h = (F_s)(VP_s) + (F_d)(VP_d) + VP_d$

ต้องทราบค่า F_d ของท่อ โดยทั่วไปจะใช้ค่าประมาณ 0.25 สำหรับท่อโลหะ

ต้องเปลี่ยนค่าความเร็วในท่อ และ ตู้ดูดอากาศ เป็นแรงดันความเร็ว (VP)

ในท่อ $VP_d = [\, V/1.29 \,]^2 = [\, 15/1.29 \,]^2 = 135.21$ Pa

และที่ปาก hood $VP_s = [\, 1.25/1.29 \,]^2 = 0.94$ Pa

จะเห็นว่า VP_d จะมีค่าสูงกว่า VP_s มาก ซึ่งในการออกแบบโดยทั่วไป มักจะเป็นเช่นนี้ ยกเว้นกรณีที่ปาก hood ดูดอากาศมีลักษณะเป็น slot (ซึ่งถ้ามีความเร็วในการดูดอากาศสูงกว่า 5 เมตร/วินาที จึงจะมีค่าใกล้เคียงกัน)

ดังนั้นในการออกแบบและคำนวณโดยทั่วไป จึงละเว้นการคำนวณค่า F_s และ VP_s

$$SP_h = (F_d)(VP_d) + VP_d$$
$$= (0.25 \times 135.21) + 135.21$$
$$= 169.01 \text{ ปาสคาล}$$

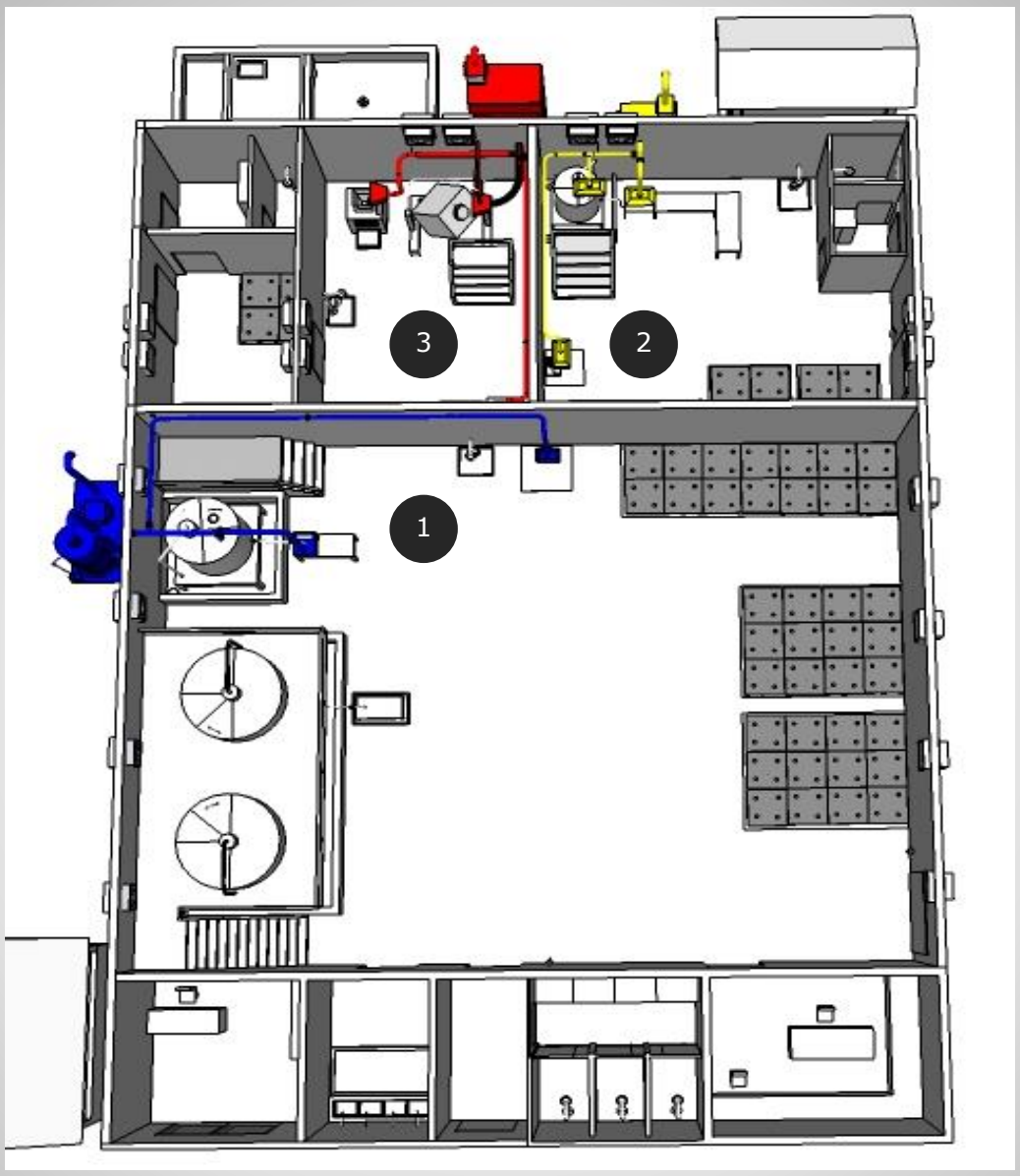
ตัวอย่าง กรณีตู้ดูดอากาศแบบ slot ที่ปากดูด กำหนดให้ความเร็วลมที่ผ่าน slot มีค่า 10 เมตร/วินาที

ดังนั้น $VP_s = [\, 10/1.29 \,]^2 = 60$ Pa

และค่า F_s ของ slot โดยทั่วไปจะมีค่าระหว่าง 1 – 1.78 ซึ่งในการคำนวณ จะใช้ค่าสูงสุดเผื่อไว้

$$SP_h = (F_s)(VP_s) + (F_d)(VP_d) + VP_d$$
$$= (1.78)(60) + (0.25)(135.21) + 135.21$$
$$= 275.8 \text{ Pa}$$

ตัวอย่างผังส่วนบำบัดมลพิษอากาศ



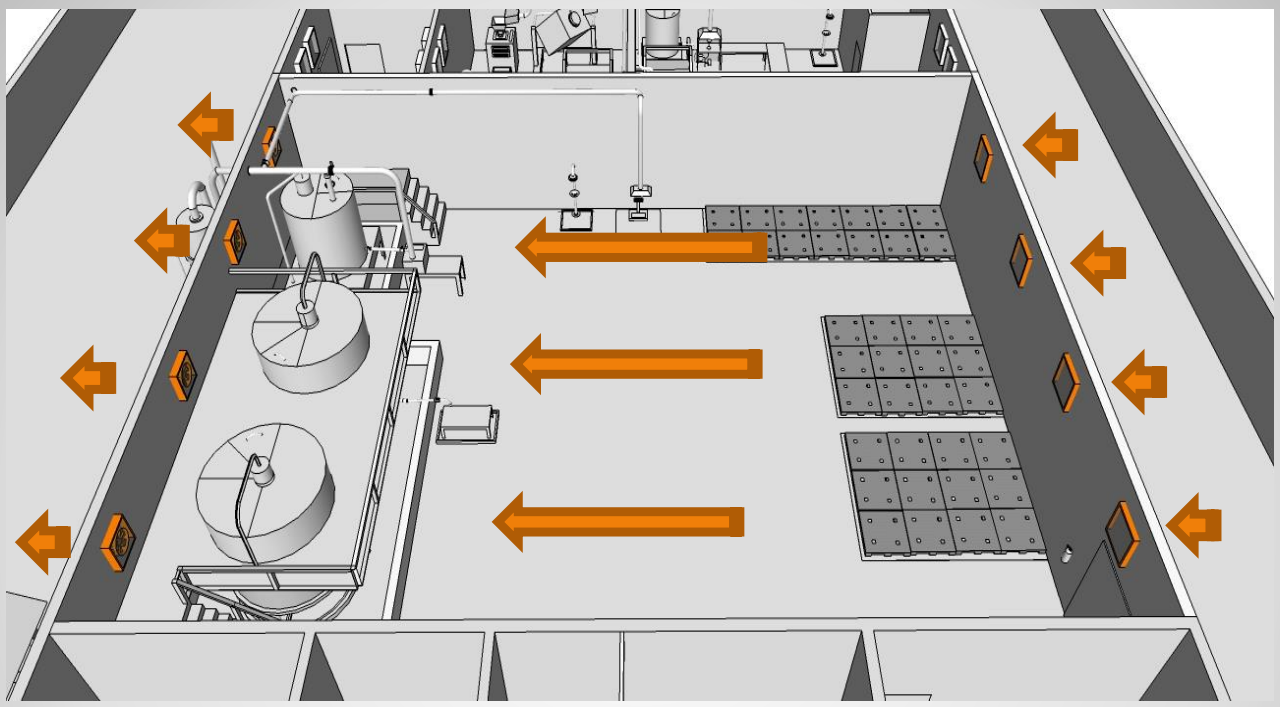
1__สายการผลิต ของเหลว/ทำความสะอาด (มีไอกรด)

2__สายการผลิต ของเหลว/กำจัดแมลง (มีกลิ่น/ไอระเหยของตัวทำละลายที่เป็นอันตราย)

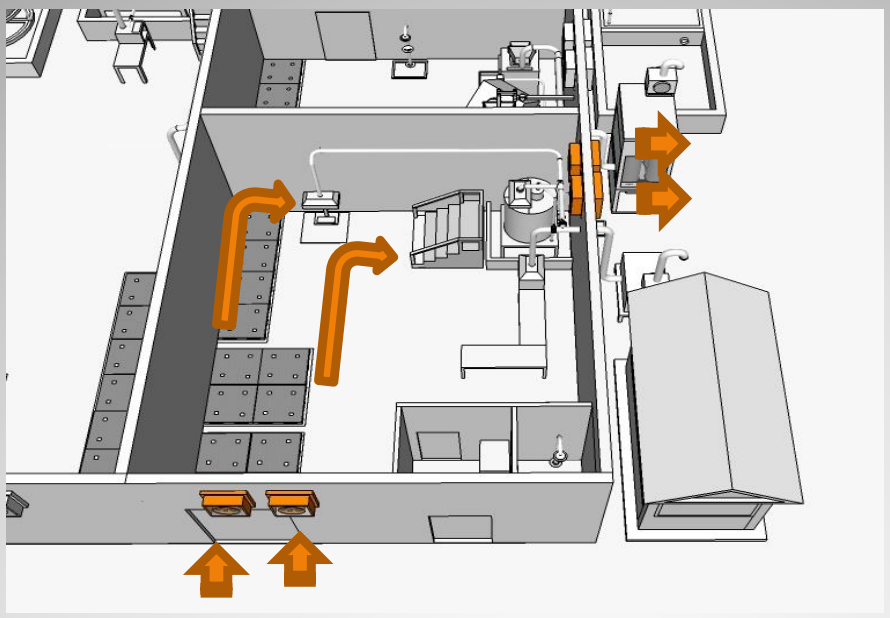
3__สายการผลิตประเภทผง หรือแกรนูล/กำจัดแมลง

ตัวอย่างการระบายอากาศแบบทั่วไป

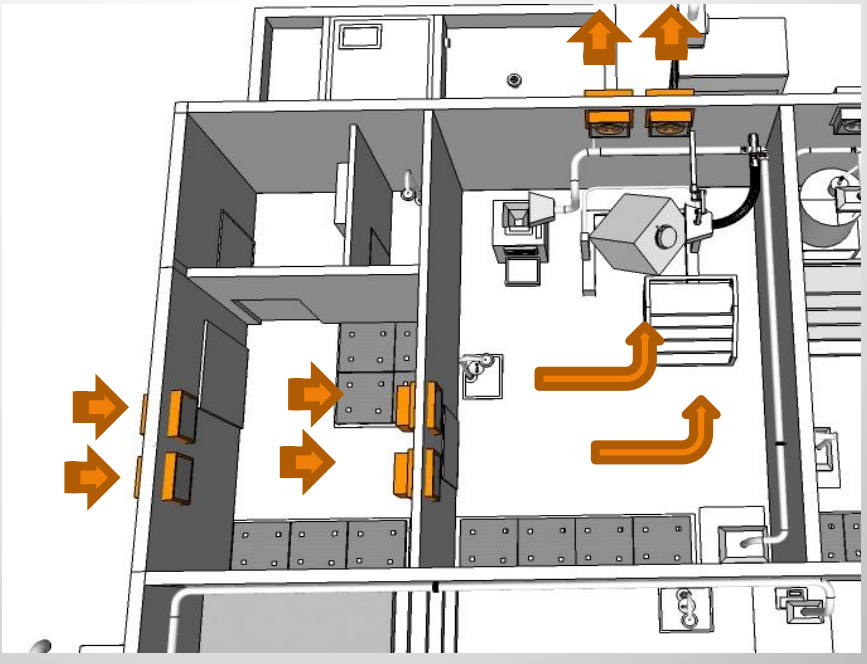
(dilution exhaust ventilation system)



สายการผลิต ของเหลว/ทำความสะอาด

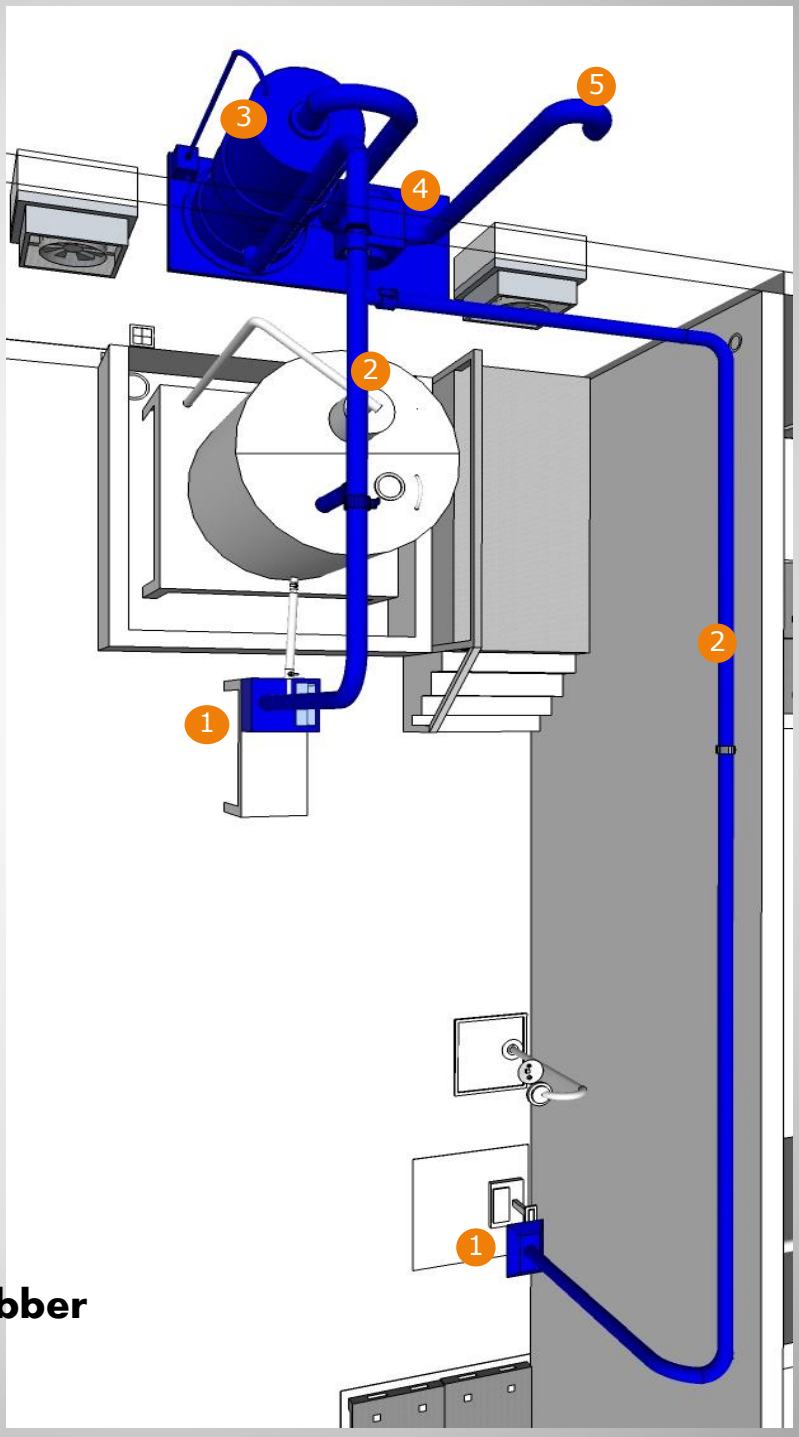


สายการผลิต ของเหลว/กำจัดแมลง



สายการผลิต ผงหรือแกรนูล/กำจัดแมลง

ส่วนบำบัดมลพิษอากาศสายการผลิตรูปแบบของเหลวที่มีไอกรด



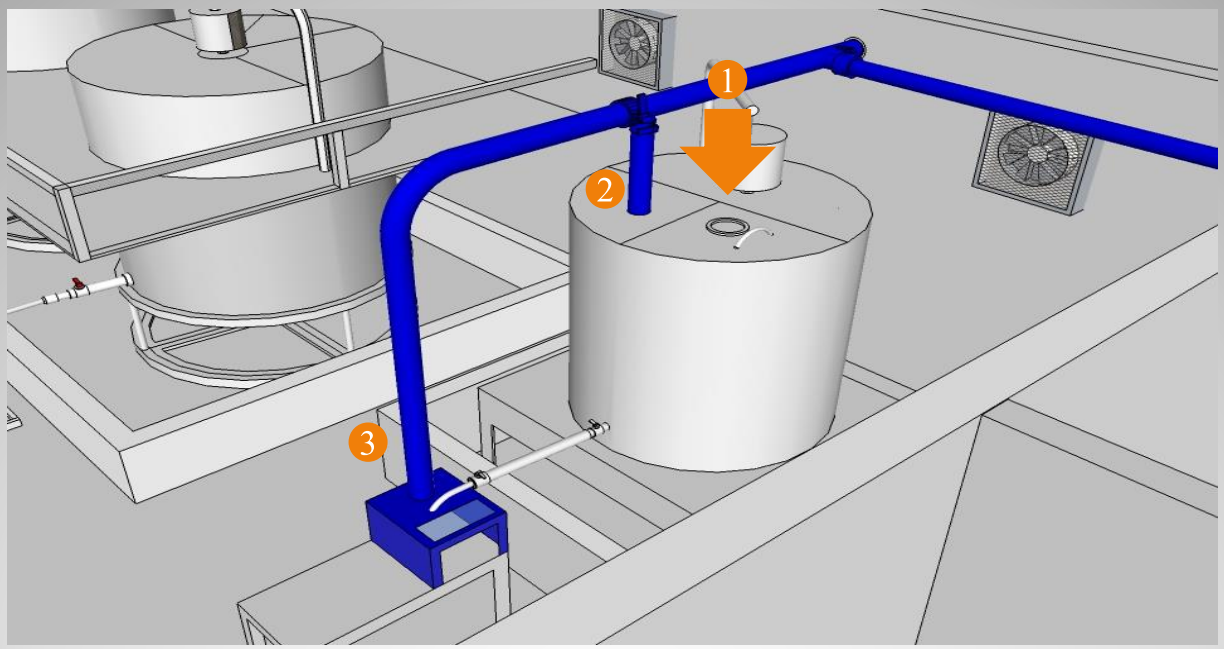
1__หัวดูดอากาศ (**hood**)

2__ท่อนำอากาศ (**duct work**)

3__อุปกรณ์บำบัดมลพิษ **wetscrubber**

4__พัดลมดูดอากาศ (**blower**)

5__ปล่องระบายอากาศ (**exhust stack**)



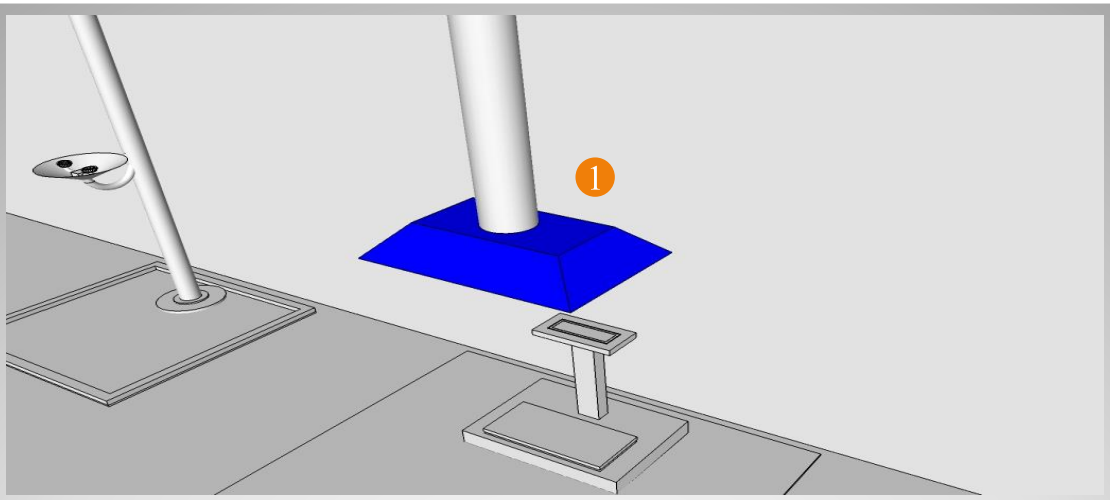
1__ ช่องเปิดด้านบนในขั้นตอนการเติมวัตถุดิบกรดลงในถังผสมซึ่งเป็นระบบปิดโดยการปั๊มผ่านท่อนำ

2__หัวดูดอากาศขณะเติมวัตถุดิบกรดช่องเปิดหัวดูดจะอยู่ที่ฝาถังด้านในลักษณะเป็นแบบปิดล้อม

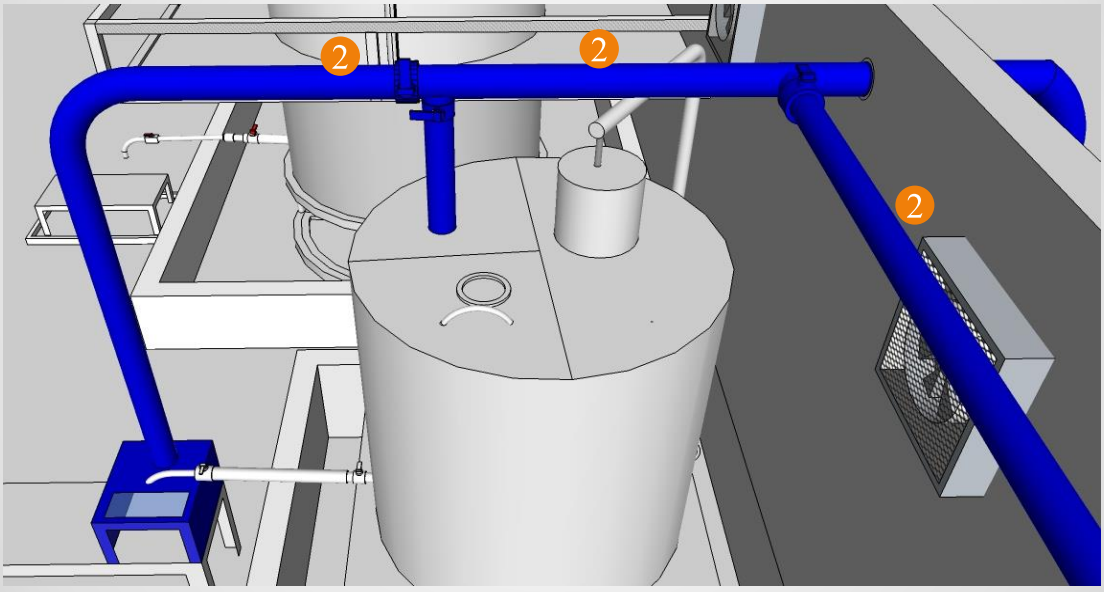
3__หัวดูดอากาศขณะบรรจุ เป็นหัวดูดแบบปิดล้อม (**enclosed hood**) แบบตู้ดูดอากาศ

* ไม่ใช้การเทวัตถุดิบกรดลงถังผสมเนื่องจากมีความเข้มข้นสูง

* ในขั้นตอนการบรรจุเป็นจุดที่มีการรั่วไหลของไอกรด ควรมีหัวดูด ซึ่งควรเป็นหัวดูดแบบปิดล้อม (**enclosed hood**) ลักษณะเป็นตู้ดูดอากาศเพราะเป็นสารที่มีความเป็นพิษสูง แต่อาจกีดขวางการทำงาน ซึ่งอาจปรับเปลี่ยนเป็นเครื่องบรรจุแบบอัตโนมัติได้



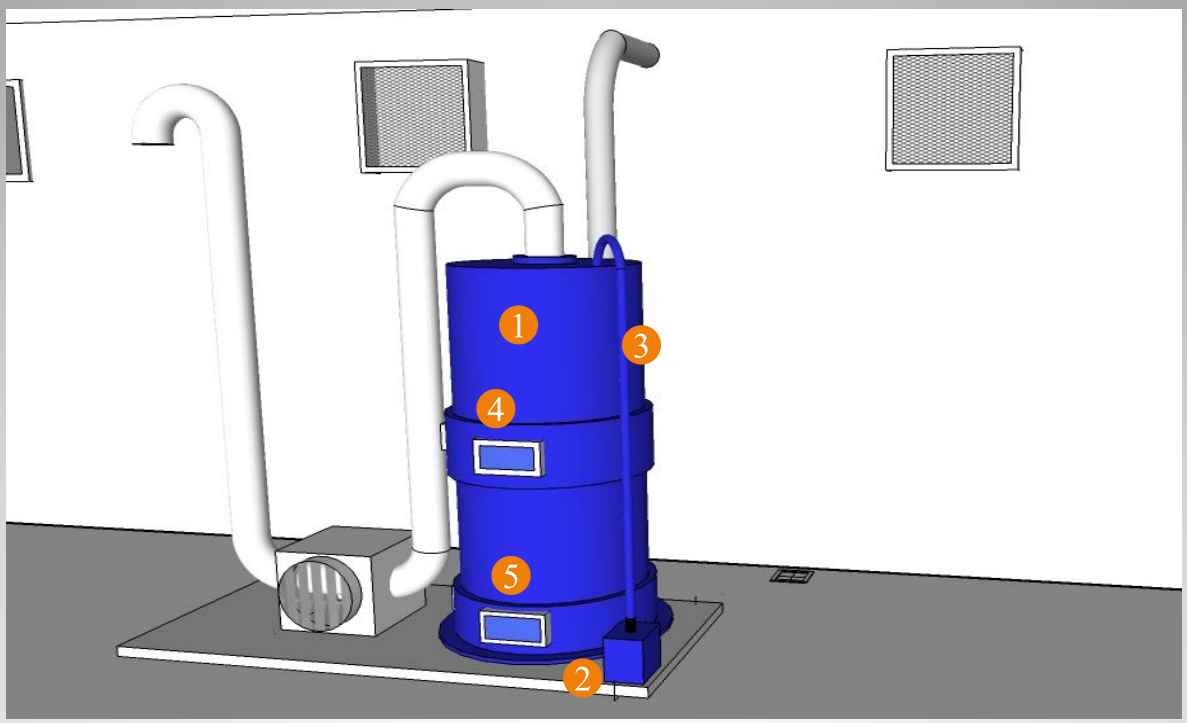
1__หัวดูดอากาศ (**hood**) แบบภายนอก (**exterior hood**) ในส่วนของการชั่งเตรียมสารเคมี



2__ระบบท่อ และ วาล์ว สำหรับปิดช่องทางเดินอากาศ ใช้ปิดช่องทางเดินอากาศที่ไม่ใช้งานเพื่อไม่ให้อากาศแย่งช่องทางกัน กรณีมีท่อแขนง และไม่ได้ออกแบบระบบให้รองรับการใช้หัวดูดหลายหัวพร้อมกัน

* ในส่วนของการชั่งเตรียมสารเคมีที่ไม่ใช่กรด หรือสารที่มีพิษสูง สามารถใช้หัวดูดแบบตู้ดูดอากาศเสียแบบแขวน (**free-hanging plain opening**)ได้เพราะกีดขวางการทำงานน้อย

* วัสดุที่ใช้ในระบบบำบัด กรณีไอกรด ควรเป็นวัสดุที่ทนกรดได้ดี เช่น ท่อ **PVC** พลาสติก กระจก หรือ โดยการเคลือบผิวอุปกรณ์ด้วยวัสดุที่ทนกรด



1__**Tower** แยกสารปนเปื้อนออกจากอากาศ (**air cleaner**)โดยใช้หลักการแบบ **wet scrubber**

2__ปั๊มน้ำเวียนในระบบ

3__ท่อจ่ายน้ำให้กับหัวสเปรย์น้ำ (**nozzle**)

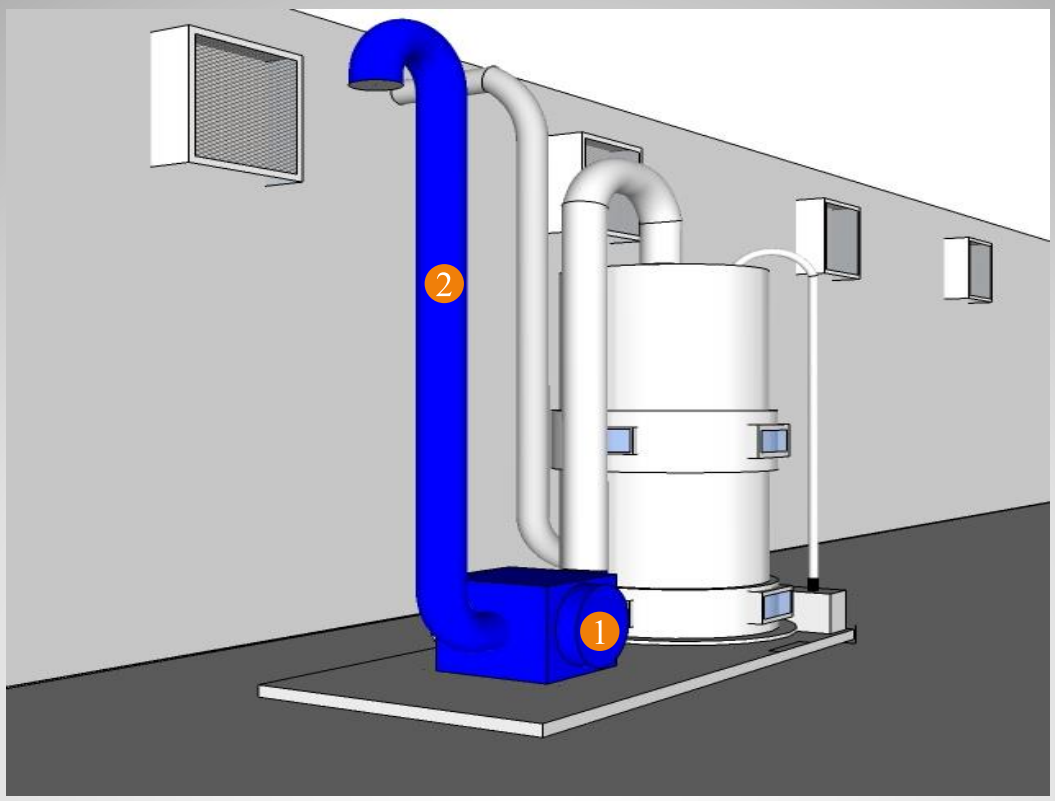
4__ช่องมองส่วนตัวกลาง (**packing media**)

5__ช่องมองระดับน้ำและความสกปรกของน้ำที่ดักจับไอกรดแล้ว

* ควรติดตั้งส่วนแยกสารปนเปื้อน (**air cleaner**) ไว้ภายนอกอาคารผลิต เพราะมีเสียงดัง และเป็นจุดรวมสารปนเปื้อนหากมีจุดรั่วไหลจะได้ไม่ฟุ้งกระจายในอาคารผลิต

* ระบบการแยกสารปนเปื้อนโดยหลักการ **wet scrubber** เหมาะกับการบำบัดไอกรด เพราะกรดมีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดีทำให้สามารถแยกไอกรดออกจากอากาศได้

* ต้องมีการเปลี่ยนน้ำในระบบเพื่อให้สามารถละลายไอกรดได้ดี และนำน้ำไปกำจัดให้ถูกวิธี



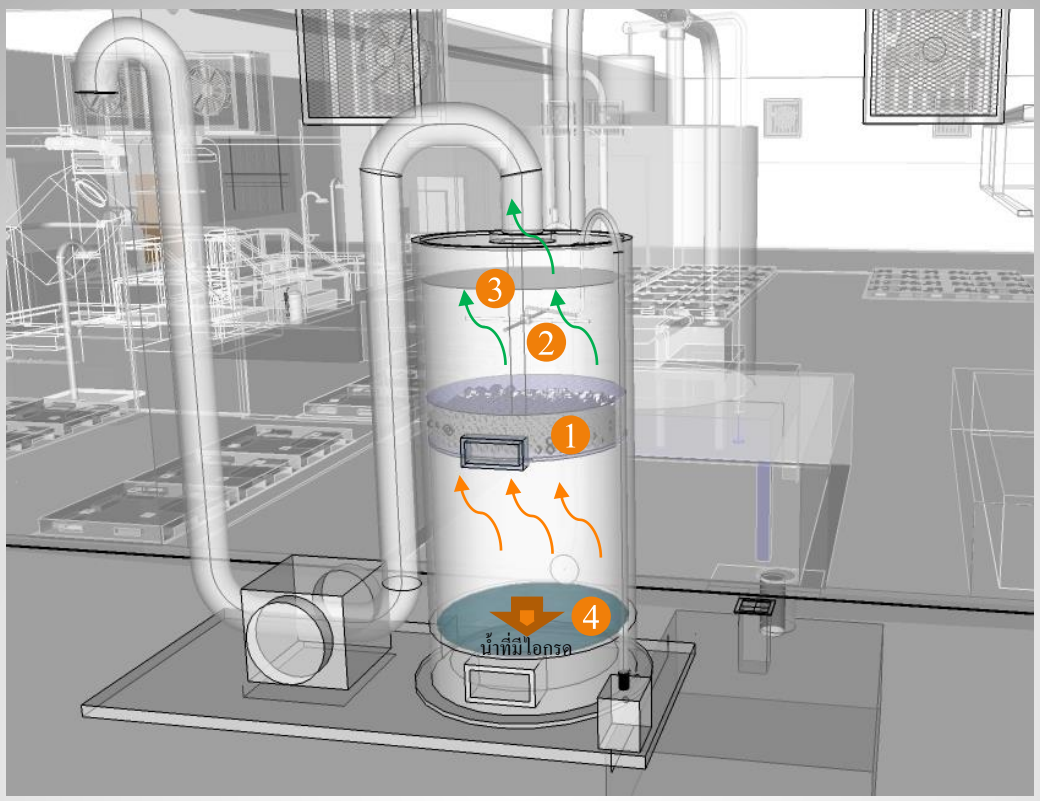
1__พัดลมดูดอากาศ (**blower**)

2__ปล่องระบายอากาศ (**exhust stack**)

* พัดลมดูดอากาศ (**BLOWER**) จะติดตั้งหลัง **wet scrubber** เพราะอากาศส่วนนี้ถูกแยกไอกรดออกไปแล้ว จึงไม่ถูกกัดกร่อน

* นิยมใช้พัดลมดูดอากาศ (**blower**) เพียงตัวเดียว เพราะง่ายต่อการคำนวณ และออกแบบระบบ

* ปล่องระบายอากาศ (**exhust stack**) ปลายปล่องไม่ควรอยู่ในตำแหน่งที่ทำให้อากาศที่ปล่อยออกมารบกวนคน และสิ่งแวดล้อม และควรออกแบบไม่ให้ฝนหรือน้ำเข้าไปได้ และอยู่ห่างจากจุดที่เป็นทางเข้าของอากาศดี เช่น พัดลมดูดอากาศ อย่างน้อย ***5*** เมตร



1__**Packing media** ตัวเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างแก๊สกับของเหลว

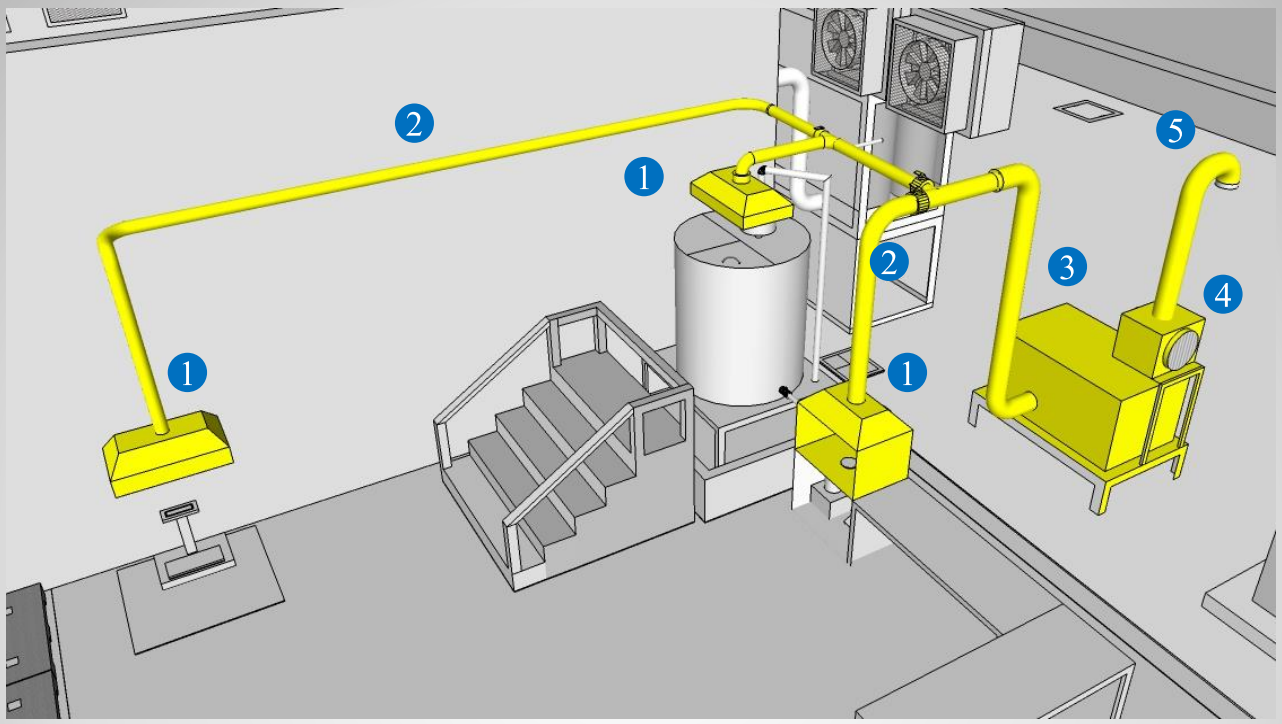
2__**Spray nozzle** หัวฉีดสเปรย์

3__**Mist separator** ตัวดักจับระอองน้ำ

4__**Circulation tank** ส่วนเก็บน้ำเพื่อหมุนเวียนในระบบ

* ต้องมีจุดเปิดเพื่อเปลี่ยนถ่ายน้ำ และตรวจสอบคุณภาพน้ำในระบบ

ส่วนบำบัดมลพิษอากาศสายการผลิตรูปแบบของเหลวที่มีไอและกลิ่นของตัวทำละลาย



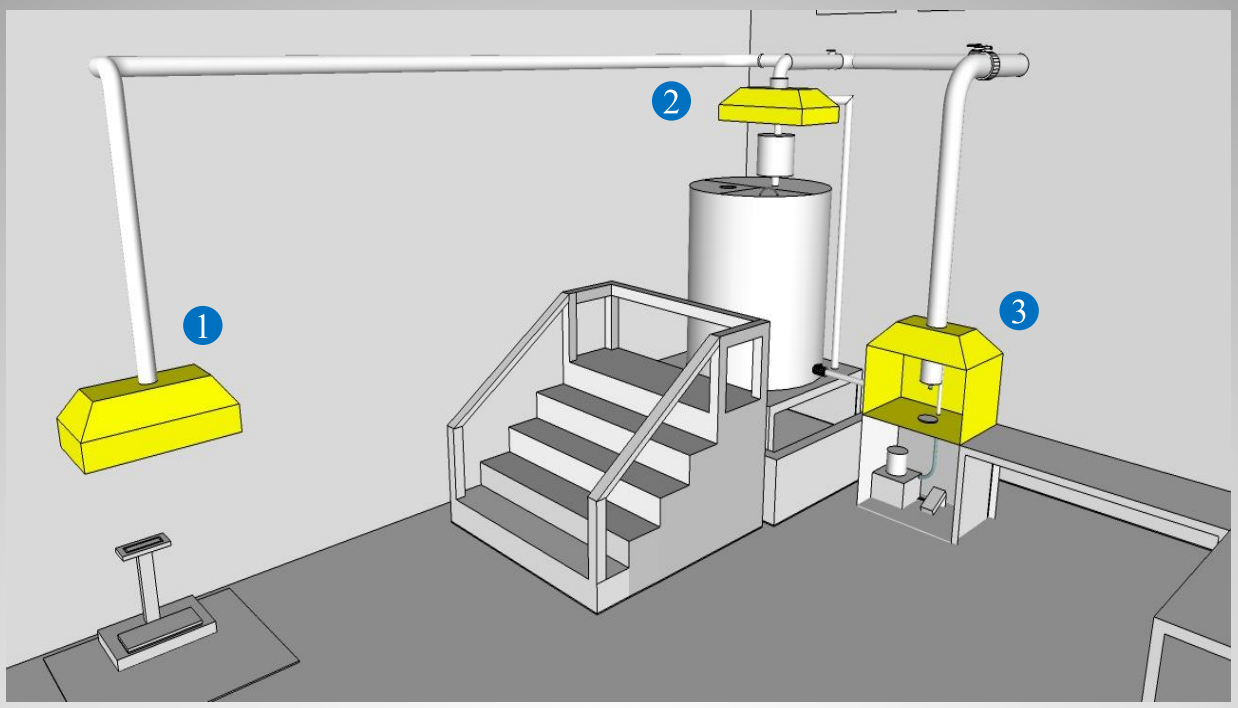
1__หัวดูด (**hood**)

2__ท่อนำ (**duct work**)

3__อุปกรณ์บำบัดมลพิษ **carbon filter**

4__พัดลมดูดอากาศ (**blower**)

5__ปล่องระบายอากาศ (**exhust stack**)



1__หัวดูดแบบแขวนติดตั้งเหนือจุดชั่งเตรียม

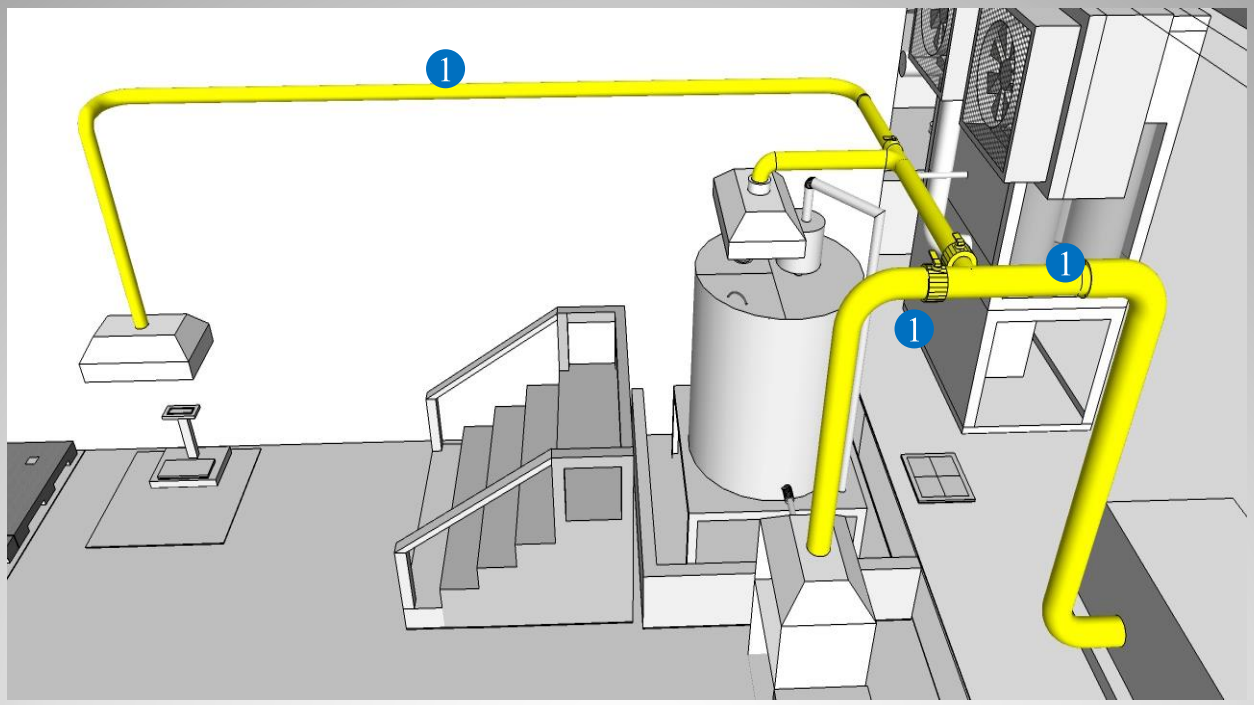
2__หัวดูดแบบแขวนติดตั้งเหนือจุดเติมสารเคมี

3__หัวดูดแบบปิดล้อม (**enclosed hood**) ขณะบรรจุโดยเครื่องกึ่งอัตโนมัติ

* ที่จุดชั่งเตรียม และ จุดเติมสารเคมี เลือกใช้หัวดูดแบบแขวนเพราะสารเคมีที่ใช้คือตัวทำละลาย ความเป็นพิษไม่สุงมาก และเป็นขั้นตอนที่ใช้ระยะเวลาไม่นาน

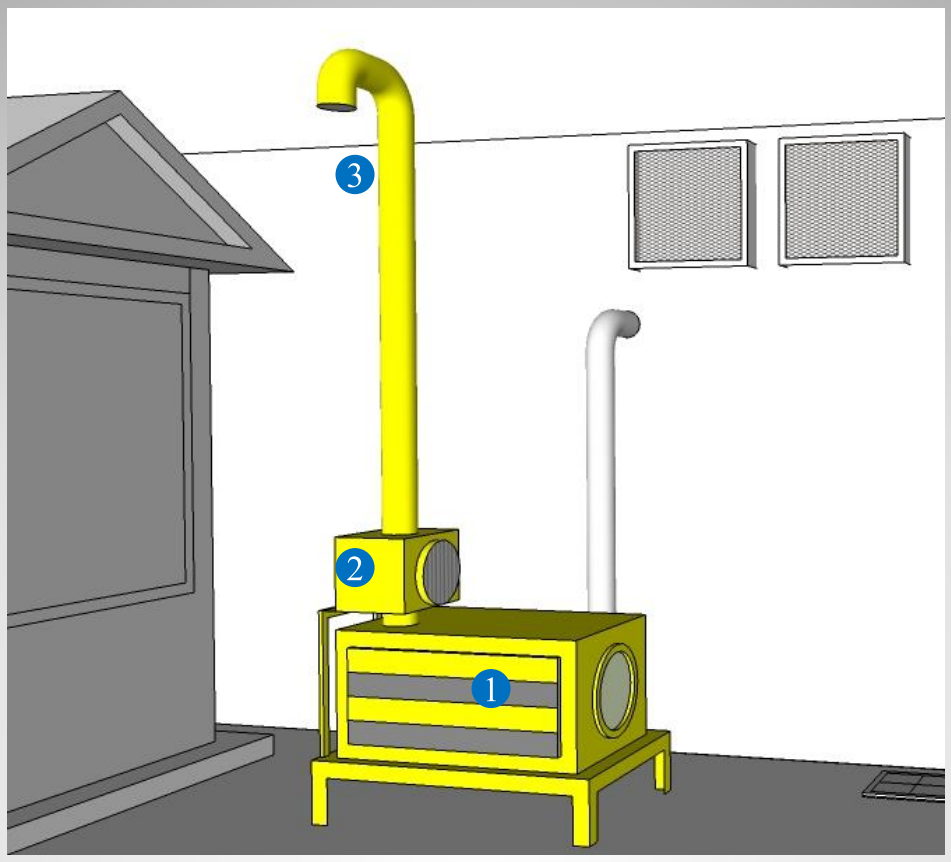
* การเติมสารเคมีใช้ปั๊มผ่านท่อเข้าทางช่องเปิดด้านบนถังได้ในกรณีที่มีปริมาณมาก

* เลือกใช้หัวดูดแบบปิดล้อม (**enclosed hood**) เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ใช้ระยะเวลานานต่อเนื่องในการบรรจุ และตัวทำละลายมีไอละเหย



1__ระบบท่อ และ วาล์ว สำหรับปิดช่องทางเดินอากาศ ใช้ปิดช่องทางเดินอากาศที่ไม่ใช้งานเพื่อไม่ให้อากาศแย่งช่องทางกัน กรณีมีท่อแขนง และไม่ได้ออกแบบระบบให้รองรับการใช้หัวดูดหลายหัวพร้อมกัน

* เมื่อมีการเปิดใช้หัวดูดที่จุดใด ต้องปิดวาล์วท่อที่ไม่ได้ใช้ เพื่อไม่ให้อากาศดีแย่งทางเดินกับอากาศในส่วนที่มีมลพิษ



1__อุปกรณ์บำบัดมลพิษอากาศแบบ แผ่นกรองคาร์บอน (**carbon filter**)

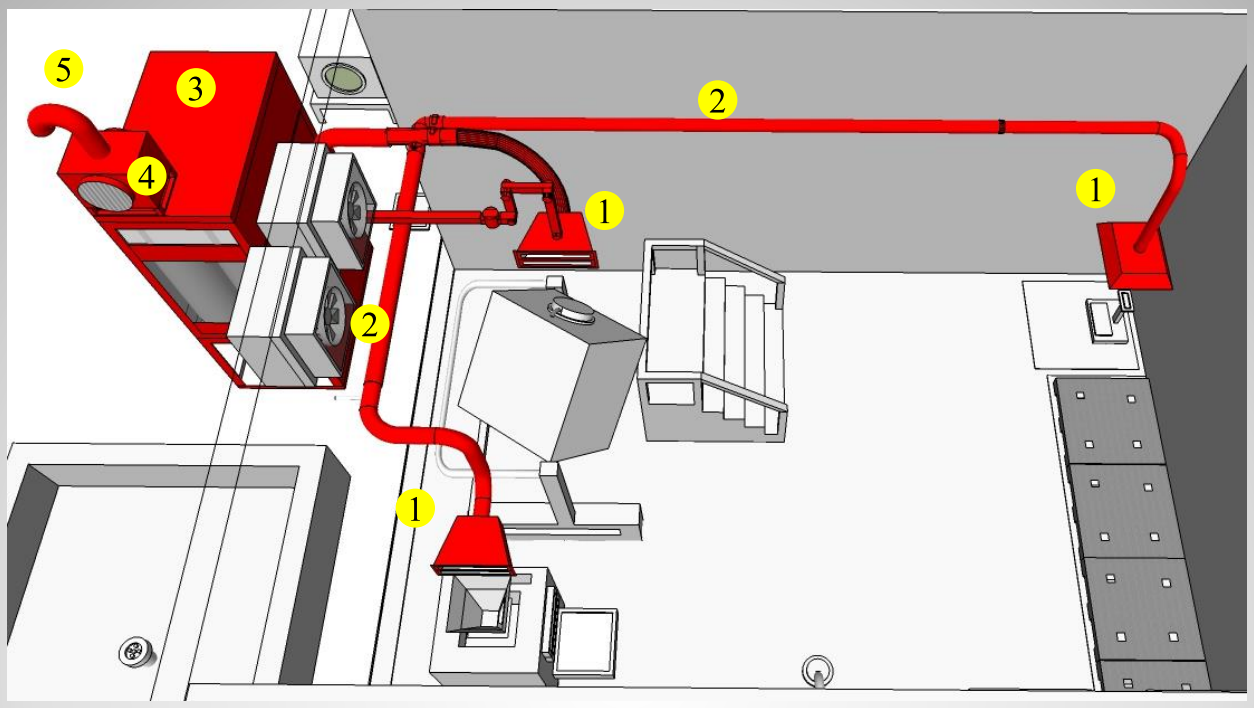
2__พัดลมดูดอากาศ (**blower**)

3__ปล่องระบายอากาศ (**exhust stack**)

* อุปกรณ์บำบัดมลพิษและพัดลมดูดอากาศควรจะติดตั้งภายนอกอาคาร เพราะมีเสียงดัง และเป็นจุดรวมมลพิษ หากมีการรั่วไหลจะได้ฟุ้งกระจายในอาคารหรือห้องปฏิบัติงาน

* ต้องมีการตรวจสภาพของแผ่นกรอง เป็นประจำในระยะเวลาที่เหมาะสม และเปลี่ยนส่วนดูดซับเมื่อสารดูดซับอิ่มตัว

ส่วนบำบัดมลพิษอากาศสายการผลิตรูปแบบผง หรือแกรนูล



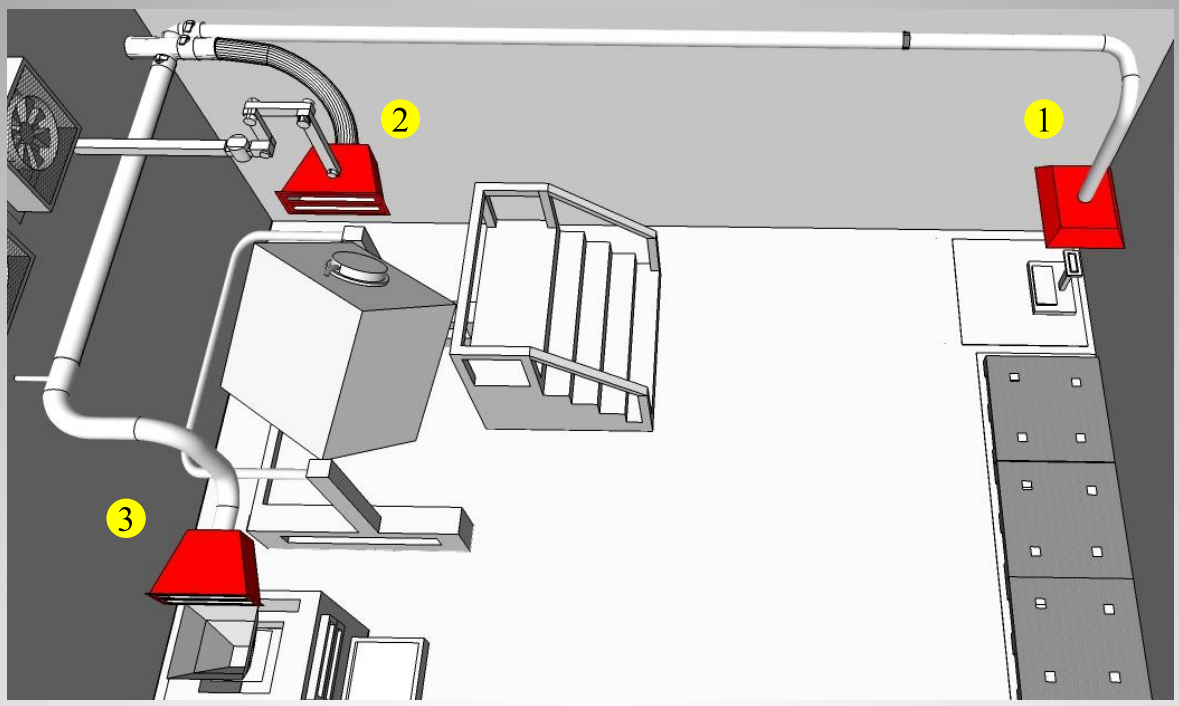
1__หัวดูด (**hood**)

2__ท่อนำ (**duct work**)

3__อุปกรณ์บำบัดมลพิษ **bag filter**

4__พัดลมดูดอากาศ (**blower**)

5__ปล่องระบายอากาศ (**exhust stack**)



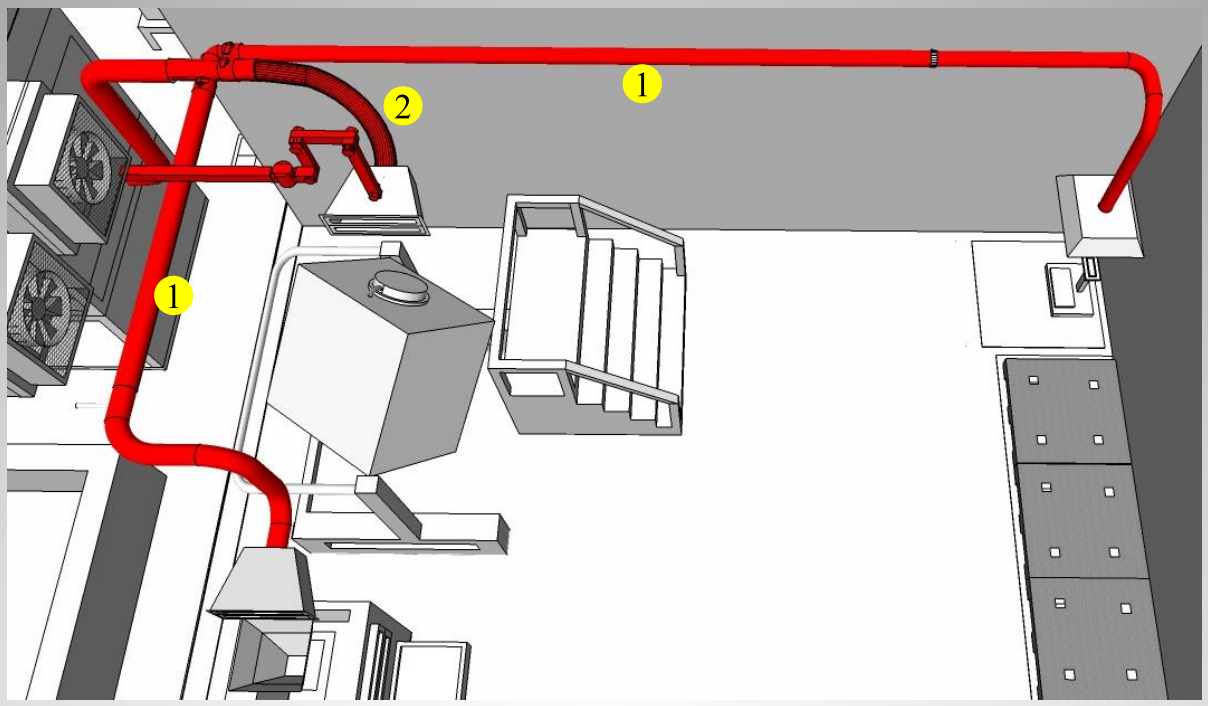
1__หัวดูดแบบแขวนติดตั้งเหนือจุดชั่งเตรียม

2__หัวดูดปากแตร แบบ **double slot** ติดตั้งเหนือจุดเติมวัตถุดิบ

3__หัวดูดปากแตร แบบ **double slot** ขณะบรรจุโดยเครื่องอัตโนมัติ

* หัวดูด (**hood**) แบบปากแตรมีช่องเปิดน้อย และการปิดช่องเปิดให้เป็น **double slot** ทำให้เพิ่มความเร็วลมที่หัวดูดให้สูงขึ้นอีก

* สารปนเปื้อนเป็นฝุ่นแห้ง ขนาดอนุภาคใหญ่กว่าไอกรด จึงเคลื่อนที่ขึ้นแล้วตกลงด้านข้างเร็วกว่า แหน่งการติดตั้งหัวดูดจึงอยู่ด้านข้างจะตรงทิศทางการเคลื่อนที่ของฝุ่นมากกว่า

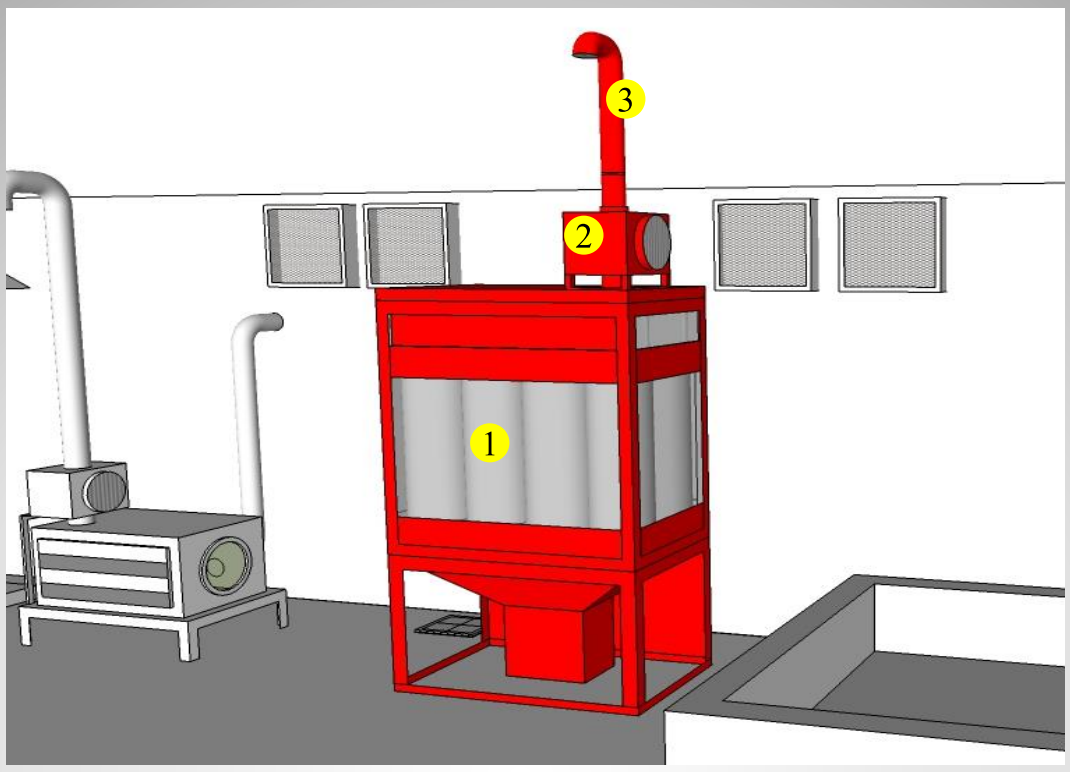


1__ระบบท่อ และ วาล์ว สำหรับปิดช่องทางเดินอากาศ ใช้ปิดช่องทางเดินอากาศที่ไม่ใช้งานเพื่อไม่ให้อากาศแย่งช่องทางกัน กรณีมีท่อแขนง และไม่ได้ออกแบบระบบให้รองรับการใช้หัวดูดหลายหัวพร้อมกัน

2__ท่ออ่อน ทำให้หัวดูดเคลื่อนตำแหน่งได้ ติดตั้งที่จุดเติมวัตถุดิบในถังผสมแบบ **cubic**

* ท่ออ่อนติดตั้งในจุดที่ต้องการให้มีการปรับตำแหน่งของหัวดูดได้ กรณีมีตำแหน่งแหล่งกำเนิดมลพิษไม่แน่นอน หรือหัวดูดกีดขวางการทำงาน

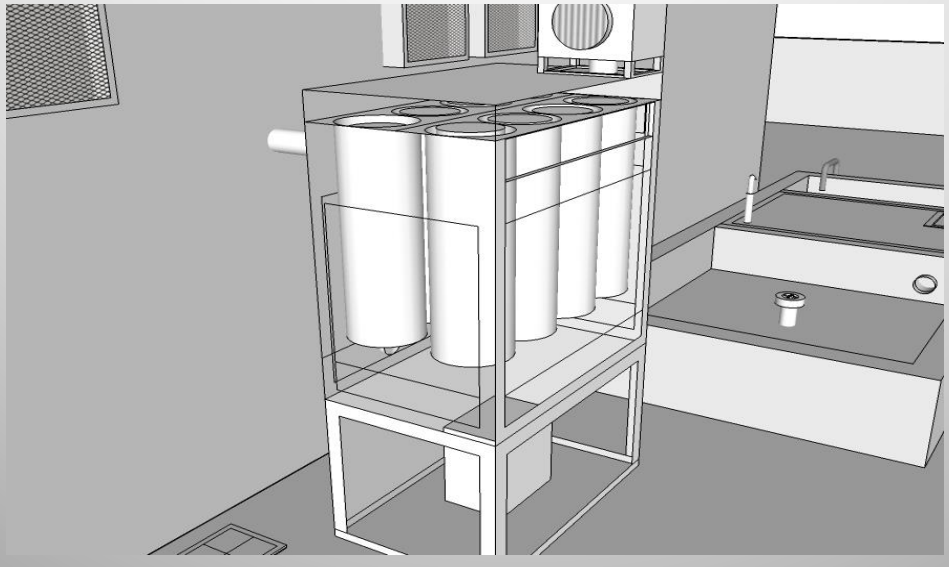
* สารปนเปื้อนเป็นฝุ่นแห้ง ขนาดอนุภาคใหญ่กว่าไอกรด จึงเคลื่อนที่ขึ้นแล้วตกลงด้านข้างเร็วกว่า แหน่งการติดตั้งหัวดูดจึงอยู่ด้านข้างจะตรงทิศทางการเคลื่อนที่ของฝุ่นมากกว่า



1__อุปกรณ์บำบัดมลพิษอากาศแบบ ถุงกรอง (**bag filter**)

2__พัดลมดูดอากาศ (**blower**)

3__ปล่องระบายอากาศ (**exhust stack**)



มลพิษทางน้ำ

น้ำเสีย หมายถึง น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการ น้ำเสียจาการใช้ของคนงาน และรวมถึงกิจกรรมอื่นๆ ในโรงงาน

น้ำทิ้ง หมายถึง น้ำเสียที่จะระบายจากสถานที่ที่เป็นเป็นแหล่งกำเนิดของน้ำเสียนั้นลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ หรือออกสู่สิ่งแวดล้อม

กระบวนการบำบัดน้ำเสีย

1. กระบวนการทางกายภาพ(physical treatment) ส่วนใหญ่เป็นการกำจัดของแข็งแขวนลอยขนาดใหญ่ ซึ่งสามารถตกตะกอนด้วยตัวเองได้ง่าย โดยมากจะเป็นขั้นตอนแรกของระบบบำบัดน้ำเสีย
2. กระบวนการทางเคมี (chemical tretment) เป็นการกำจัดของแข็งแขวนลอยขนาดเล็ก หรือของแข็งที่ตกตะกอนด้วยตัวเองได้ช้า
3. กระบวนการทางชีวภาพ (biological treatment) เป็นการบำบัดน้ำเสียโดยอาศัยจุลชีพในการย่อยสลายและเปลี่ยนสารอินทรีย์ต่างๆให้เป็นน้ำและก๊าซ

ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย

1. ระบบบำบัดขั้นต้น (primary treatment) เป็นการใช้กระบวนการทางกายภาพแยกสารต่างๆออกจากน้ำเสีย เช่น การดักด้วยตะแกรง การตกตะกอน และการทำให้ลอย เป็นต้น
2. ระบบบำบัดขั้นที่สอง (secondary tretment) เป็นการกำจัดสารอินทรีย์และสารแขวนลอยออกจากน้ำเสียโดยกระบวนการทางชีวภาพและกระบวนการทางเคมี
3. ระบบบำบัดขั้นที่สาม (tertiary tretment) เป็นการกำจัดสารแขวนลอยและสิ่งเจือปนอื่นๆที่หลงเหลืออยู่จากการบำบัดขั้นที่สอง โดยมักจะมีวัตถุประสงค์เพื่อให้น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้วสามารถนำกลับมาใช้ได้อีก เช่น การกำจัดสารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำเสีย

การบวนการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ

อุปกรณ์ที่ใช้บำบัดน้ำเสียทางกายภาพ ได้แก่ ตะแกรงหยาบและตะแกรงละเอียด ถังดักกรวดทราย ถังดักไขมัน ถังตกตะกอน ถังทำให้ลอย

1. ตะแกรงหยาบและตะแกรงละเอียด

   ตะแกรงหยาบใช้สำหรับดักสิ่งของที่ลอยน้ำ เช่น เศษขยะ เศษผ้า ใบไม้ ถุงพลาสติก เป็นต้น ตะแกรงละเอียดมีขนาดช่องเปิดเล็กกว่าตะแกรงหยาบและใช้ดักสิ่งของที่มีขนาดเล็ก ซึ่งตะแกรงทั้งสองชนิดจะช่วยป้องกันมิให้เครื่องสูบน้ำอุดตัน
2. ถังดักกรวดทราย

   ถังดักกรวดทรายเป็นถังขนาดเล็กที่ออกแบบให้สามารถดักจับกรวดทรายในน้ำเสียที่ไหลผ่าน ซึ่งถังกรวดทรายเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อป้องกันมิให้เครื่องสูบน้ำสึกกร่อนและเกิดความเสียหายเนื่องจากถูกขัดสีจากกรวดทราย

3. ถังดักไขมันและน้ำมัน

เป็นถังที่มีหน้าที่ในการกำจัดน้ำมันไขมันออกจากน้ำเสียโดยอาศัยความถ่วงจำเพาะของไขมันและน้ำมันที่มีค่าน้อยจึงลอยตัวเหนือน้ำ ทางออกของถังดักไขมันและน้ำมันจุ่มอยู่ใต้น้ำซึ่งอยู่ต่ำกว่าชั้นไขมันหรือน้ำมัน ไขมันหรือน้ำมันจะสะสมตัวอยู่ในถังดักและสามารถตักทิ้งออกไปได้ โดยถังดักไขมันขนาดเล็กที่นิยมใช้กับน้ำเสียจากการประกอบอาหารซึ่งเป็นน้ำเสียที่มีปริมาณต่ำ ในกรณีที่มีน้ำเสียปริมาณมาก ควรใช้ถังไขมันและน้ำมันแบบชนิด API (American petroleum institute) separator ขณะที่น้ำเสียที่มีไขมันหรือน้ำมันละลายอยู่จะไม่สามารถใช้ถังดักดังกล่าวได้ เนื่องจากน้ำมันจับเป็นเนื้อเดียวกับน้ำเสีย ซึ่งวิธีการแก้ไขคือต้องทำให้น้ำมันและน้ำเสียแยกตัวจากกันโดยสารเคมีช่วยเสียก่อน จากนั้นจึงใช้ถังดักหรือแยกไขมันหรือน้ำมัน หรืออาจใช้วิธีทำให้ลอยตัว (flotation)

กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางเคมี

กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางเคมีเหมาะสำหรับน้ำเสียที่มีลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งดังนี้

1. มีความเป็นกรดหรือด่างสูงเกินไป
2. มีโลหะหนักที่เป็นพิษ เช่น สังกะสี ดีบุก เป็นต้น
3. มีสารแขวนลอยขนาดเล็กที่ตกตะกอนได้ยาก
4. มีสารประกอบอนินทรีย์ละลายน้ำที่เป็นพิษ เช่น ซัลไฟล์
5. มีไขมันหรือน้ำมันละลายน้ำ

ซึ่งกระบวนการทางเคมีที่ใช้บำบัดน้ำเสีย ได้แก่ โคแอกกูเลชัน (coagulation) การตกตะกอนผลึก (precipitation) การทำให้เป็นกลาง (neutralization) การแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange) และ ออกซิเดชัน-รีดักชัน (oxidation-reduction)

การบวนการโคแอกกูเลชัน

เป็นกระบวนการประสานคอลลอยด์ ซึ่งเป็นสารแขวนลอยขนาดเล็กที่ตกตะกอนได้ช้ามาก ไม่สามารถแยกตัวออกจากน้ำได้โดยวิธีตกตะกอนตามธรรมชาติเนื่องจากอนุภาคของคอลลอยด์มีขนาดเล็กเกินไป หลักการของกระบวนการนี้คือ การเติมสารโคแอกกูแลนด์ เช่น สารส้ม (aluminium sulfate) ลงไปทำให้อนุภาคจำตัวเป็นกลุ่ม เรียก ฟล็อก (floc) จนมีน้ำหนักมากและสามารถตกตะกอนลงมาได้เร็ว

ส่วนประกอบสำคัญของกระบวนการนี้มี 2 ส่วน คือ ถังกวนเร็ว และถังกวนช้า ถังกวนเร็วเป็นการเติมสารเคมีและเป็นทางเข้าของน้ำเสีย สารเคมีและน้ำเสียจะผสมกันทันทีอย่างรวดเร็ว ส่วนถังกวนช้าเป็นที่สำหรับกระบวนการสร้างฟล็อก เพื่อส่งไปตกตะกอนในถังตกตะกอนซึ่งอยู่ตามหลังถังกวนช้าหรืออาจรวมถังเดียวกับถังกวนช้า อนุภาคคอลลอยด์ที่ไม่ถูกบำบัดโดยถังตกตะกอนจะถูกส่งต่อไปบำบัดในถังกรอง น้ำที่ออกจากถังกรองจึงมีความใสสูง

โลหะหนัก เช่น สังกะสี ทองแดง ตะกั่ว แคดเมียม ฯลฯ จะเป็นปัญหาเฉพาะกับน้ำเสียที่มีค่าพีเอชต่ำ เนื่องจากโลหะหนักสามารถละลายน้ำได้ดีที่ค่าพีเอชต่ำ ซึ่งการเพิ่มค่าพีเอชจะทำให้ความสามารถในการละลายน้ำของโลหะหนักลดลง และสามารถตกผลึกได้ ดังนั้นการเติมสารเคมีประเภทด่าง เช่น โซดาไฟ หรือ ปูนขาว ให้กับน้ำเสียจนมีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นถึงระดับที่เหมาะสมจะทำให้โลหะหนักตกตะกอนผลึกร่วมกับไอออนของไฮดรอกไซด์ ได้ ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่ทำให้ไอออนประจุบวกและลบรวมกันเป็นตะกอนของแข็งไม่ละลายน้ำเสียก่อน จากนั้นจึงทำให้ผลึกของแข็งรวมตัวกันเป็นฟล็อกด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชัน แล้วจึงแยกฟล็อกออกจากน้ำด้วยถังตกตะกอน ปริมาณปูนขาวหรือ โซดาไฟ ที่ต้องใช้อาจคำนวณคร่าวๆได้จากสมการเคมีของปฏิกิริยาสร้างตะกอน โดยทั่วไปควรทำการทดสอบกำจัดโลหะหนักในห้องปฏิบัติการ เพื่อหาระดับค่าพีเอชที่เหมาะสมและปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมสำหรับกำจัดโลหะหนักของแต่ละงาน โดยทำ titration curve ของน้ำเสียที่เกิดจากการเติมด่างและทำจาร์เทสท์ (jar test) เพื่อหาระดับค่าพีเอชและปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมที่สุด

การทำให้เป็นกลางหรือปรับพีเอช (neutralization)

การเติมกรดหรือด่างเพื่อปรับค่าพีเอชของน้ำเสียจึงเป็นสิ่งจำเป็น น้ำเสียที่มีค่าพีเอชต่ำสามารถทำให้เป็นกลางได้โดยใช้ ปูนขาว โซดาไฟ หรือโซดาแอช ส่วนน้ำที่มีค่าพีเอชสูงทำให้เป็นกลางได้โดยใช้กรดชนิดต่างๆ เช่น กรดกำมะถัน กรดเกลือ หรือบางครั้งอาจใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก็ได้

การแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange)

การบวนการแลกเปลี่ยนไอออน สามารถกำจัดไอออนประจุบวก (cation) และไอออนประจุลบ (anion) จากน้ำเสียได้ ในปัจจุบันสารแลกเปลี่ยนไอออน แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ซีโอไลต์ (zeolite) และเรซินแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange resin) ซึ่งเรซินแลกเปลี่ยนไอออนเป็นที่นิยมเนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงกว่ามาก น้ำเสียจะไหลผ่านถังที่บรรจุเรซินแลกเปลี่ยนไอออน ไอออนประจุบวกในน้ำเสียจะแลกเปลี่ยนกับไอออนของไฮโดรเจน หรือไอออนของโซเดียม ของเรซินแลกเปลี่ยนไอออน ได้แก่ เรซินแบบกรดแก่ (strong acid cation resin) และเรซินแบบกรดอ่อน (weak acid cation resin) ส่วนไอออนประจุลบในน้ำเสียจะถูกแลกเปลี่ยนกับไอออนของไฮดรอกไซด์ของเรซินแลกเปลี่ยนไอออนแบบด่างแก่ (strong base anion resin) เรซินทุกชนิดเมื่อใช้ไปในระยะเวลาหนึ่งจะหมดประสิทธิภาพ แต่สามารถเรียกประสิทธิภาพกลับคืนมาได้อีกโดยการทำการฟื้นฟูสภาพ (regeneration) ซึ่งเรซินแต่ละชนิดจะมีประสิทธิภาพในการฟื้นฟูสภาพต่างกัน

หน้าที่ของกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออนมี 2 ประการ

- การกำจัดไอออนต่างๆออกจากน้ำ เช่น Ca^{2+} Mg^{2+} SO_4^{2-} Cl^- นอกจากนี้เรซินอาจใช้ในการกำจัดโลหะต่างๆ เช่น สารหนู แบเรียม แคดเมียม สังกะสี แต่อาจต้องใช้เรซินสังเคราะห์เป็นพิเศษ

- ไอออนต่างๆที่ถูกดูดซับบนเรซินจะถูกกำจัดออกจากเรซินไปละลายในสารละลายฟื้นฟูสภาพในระหว่างการฟื้นฟูสภาพ

อย่างไรก็ตามน้ำที่จะผ่านเข้าถังเรซินควรเป็นน้ำใสที่มีความขุ่นหรือสารแขวนลอยหรือก๊าซละลายน้ำหรือน้ำมันลอยอยู่น้อยที่สุด เนื่องจากสารดังกล่าวจะส่งผลให้อายุของเรซินน้อยกว่าที่ควรจะเป็น และการแลกเปลี่ยนไอออนไม่เหมาะสำหรับสารละลายที่มีความขุ่นสูงกว่า 700 มก./ล. เพราะเป็นวิธีที่ไม่ประหยัด

ออกซิเดชัน – รีดักชัน (oxidation – reduction)

กระบวนการออกซิเดชัน – รีดักชัน ที่เปลี่ยนสารมลพิษให้เป็นสารที่ไม่มีพิษ ได้แก่ การเติมสารเคมีซึ่งอาจเป็นสารอ๊อกซิไดซ์ (oxidant) หรือสารรีดิวซ์ (reductant) อย่างใดอย่างหนึ่งเพื่อไปทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน – รีดักชัน กับสารพิษ ผลของปฏิกิริยาทำให้ได้สารที่ไม่เป็นพิษหรือมีความเป็นพิษลดลง

กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ

การบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ แบ่งเป็นแบบใช้ออกซิเจน (aerobic process) และแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic process) ซึ่งแบบใช้ออกซิเจนอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนเปลี่ยนความสกปรก(สารอินทรีย์) ให้กลายเป็น CO_2 และ H_2O เช่น ในกระบวนการเอเอส ระบบฟิล์มตรึงระบบโปรยกรอง เป็นต้น ส่วนการบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนใช้จุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนเปลี่ยนความสกปรกให้กลายเป็น CO_2 CH_4 และ H_2S เช่น ในกระบวนการย่อยไร้ออกซิเจน ถังกรองไร้อากาศ ระบบยูเอเอสบี เป็นต้น

การบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน (aerobic process)

เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพโดยอาศัยจุลินทรีย์ชนิดที่ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายดูดซับเปลี่ยนรูปของมลสารต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำเสียให้มีค่าความสกปรกน้อยลง มลสารที่มีอยู่ในน้ำเสียจะถูกเปลี่ยนไปเป็นจุลินทรีย์เซลล์ใหม่ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การบวนการเอเอส (activated sludge process)

กระบวนการเอเอสเป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน โดยอาศัยสิ่งมีชีวิตพวกจุลินทรีย์หลายชนิดในการย่อยสลาย ดูดซับ หรือเปลี่ยนรูปของมลสารต่างๆที่มีอยู่ในน้ำเสียให้มีค่าความสกปรกน้อยลง

มลสารที่อยู่ในน้ำเสียจะถูกจุลินทรีย์ใช้เป็นอาหารและเจริญเติบโตขยายพันธุ์ต่อไปโดยสารอินทรีย์ต่างๆในน้ำเสีย เมื่อถูกเปลี่ยนมาเป็นจุลินทรีย์จะมีน้ำหนักมากกว่าน้ำและสามารถแยกออกได้ง่ายด้วยการตกตะกอนในถังตกตะกอน ส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะลอยขึ้นไปในอากาศ

ระบบเอเอส ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญอย่างน้อยสองส่วน คือ ถังเติมอากาศ และถังตกตะกอน น้ำเสียจะถูกส่งเข้าถังเติมอากาศซึ่งมีสลัดจ์อยู่เป็นจำนวนมาก ภายในถังจะมีสภาวะแวดล้อมที่เอื้ออำนวย

ต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจน เช่น มีออกซิเจนละลาย ปริมาณสารอินทรีย์ และพีเอช ที่เหมาะสม จุลินทรีย์จะทำการลดค่าสารอินทรีย์ในรูปต่างๆ ด้วยการย่อยสลายให้อยู่ในรูปก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ จากนั้นน้ำเสียที่บำบัดแล้วจะไหลต่อไปยังถังตกตะกอนเพื่อแยกจุลินทรีย์ออกจากน้ำใส สลัดจ์ที่แยกตัวอยู่ที่ก้นถังตกตะกอนส่วนหนึ่งจะสูบกลับไปยังถังเติมอากาศ เพื่อลดมลสารที่เข้ามาใหม่ อีกส่วนหนึ่งจะเป็นสลัจด์ส่วนเกิน (excess sludge) ที่เป็นผลจากการเจริญเติบโตซึ่งจะต้องนำไปทิ้ง สำหรับน้ำใสส่วนบนจะเป็นน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วทิ้งจากระบบ

กระบวนการเอเอสสามารถแบ่งออกได้หลายประเภทตามการจัดวางถังเติมอากาศและถังตกตะกอน และรูปแบบของถังเติมอากาศ ซึ่งประเภทของกระบวนการเอเอสต่างๆมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

กระบวนการเอเอสแบบธรรมดา (conventional activated sludge)

เป็นระบบที่มีถังตกตะกอนและถังเติมอากาศ ขณะที่การเติมอากาศจะใช้เครื่องเติมอากาศแบบใบพัดหรือแบบฟองอากาศก็ได้ โดยปกติระบบจะมีเวลากักตะกอน (sludge retention time, SRT) ประมาณ 5 – 10 วัน ทำให้ต้องมีการกำจัดสลัจด์ที่ระบายทิ้ง กระบวนการเอเอสแบบธรรมดาแบ่งตามรูปแบบการกวนในถังเติมอากาศเป็นแบบไหลตามกัน (plug flow) และแบบกวนสมบูรณ์ (completely mixed) โดยแบบไหลตามกันซึ่งจะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแบบเส้นใยได้ดีกว่าการกวนสมบูรณ์ ขณะที่แบบกวนสมบูรณ์จะสามารถใช้ได้ดีกับน้ำเสียอุตสาหกรรม โดยเฉพาะน้ำเสียที่อาจมีสารพิษเจือปนอยู่

กระบวนการเอเอสแบบยืดเวลา (extended aeration activated sludge)

เป็นกระบวนการเอเอสที่มีระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียและกักตะกอนนานกว่าระบบเอเอสแบบอื่นๆ เพื่อให้แบคทีเรียเกิดการย่อยสลายตัวเองเป็นผลให้มีสลัจด์ส่วนเกินเกิดขึ้นน้อยและอยู่ในรูปที่สามารถนำไปทิ้งได้

กระบวนการคูวนเวียน (oxidation ditch process)

เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่มีหลักการเช่นเดียวกับกระบวนการเอเอสแบบยืดเวลา เพียงแต่จะมีรูปแบบของถังเป็นลักษณะคูหรือคลองที่สร้างให้เป็นรูปวงรี ทำให้น้ำสามารถหมุนเวียนไปมาได้โดยรอบ เป็นระบบที่นิยมใช้กันมากในประเทศไทย เพราะเป็นระบบที่มีการควบคุมดูแลไม่ยาก และโดยปกติจะได้น้ำทิ้งที่ได้มาตรฐานน้ำทิ้งอย่างสม่ำเสมอ

สระเติมอากาศ (aerated lagoon)

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบนี้ส่วนใหญ่เป็นบ่อดินขนาดใหญ่ที่มีเวลากักเก็บหลายวัน มีการเติมอากาศด้วยเครื่องเติมอากาศแบบลอยน้ำแต่ไม่มีถังตกตะกอน ด้วยเหตุนี้น้ำทิ้งจึงมีจุลินทรีย์ติดออกไปด้วย ทำให้ประสิทธิภาพของระบบต่ำกว่ากระบวนการเอเอสแบบอื่นๆ และเนื่องจากไม่มีการหมุนเวียนตะกอนสลัจด์ ความเข้มข้นของ MLSS ในบ่อเติมอากาศจึงมีระดับต่ำกว่าระบบอื่นๆ (น้อยกว่า 1000 มก./ล.)

ระบบเอสบีอาร์ (sequencing batch reactor : SBR)

เป็นระบบที่มีขนาดเล็กและน้ำเสียไหลเป็นบางช่วงเพียง 4-8 ชั่วโมงต่อวัน โดยใช้ถังเติมอากาศทำหน้าที่ทั้งเติมอากาศเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์และทำหน้าที่แยกสลัดจ์ด้วยการตกตะกอนภายในถังเดียวกัน โดยขั้นตอนการทำงานจะปล่อยให้น้ำเสียไหลเข้าถังที่มีจุลินทรีย์อยู่ภายในถังแล้วเติมอากาศอยู่ เมื่อถึงเวลาที่กำหนด (ประมาณ 22 ชั่วโมง) จะหยุดเติมอากาศเพื่อทิ้งให้ตกตะกอน (ประมาณ 2 ชั่วโมง) ซึ่งจะได้น้ำใสส่วนบนที่สามารถระบายออกได้เป็นการเสร็จสิ้นกระบวนการบำบัดจากนั้นก็จะเริ่มกระบวนการใหม่ การทำงานแบบไม่ติดต่อกันของระบบนี้ทำให้ระบบมีความเหมาะสมกับโรงงานที่มีขนาดเล็กและมีปริมาณน้ำเสียน้อย

การบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic process)

เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพโดยอาศัยจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายดูดซับและเปลี่ยนรูปมลสารต่างๆที่มีอยู่ในน้ำเสียให้มีค่าความสกปรกน้อยลง มลสารที่มีอยู่ในน้ำเสียจะถูกเปลี่ยนไปเป็นจุลินทรีย์เซลล์ใหม่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และมีเทน โดยจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นใหม่จะมีปริมาณน้อยกว่ากระบวนการบำบัดแบบใช้ออกซิเจน

บ่อเหม็นหรือบ่อแอนแอโรบิก (anaerobic ponds)

ส่วนใหญ่เป็นบ่อดินขนาดใหญ่ที่มีความลึก 3-4 เมตร มีเวลากักน้ำนายหลายวัน ภายในระยะเวลาดังกล่าวน้ำเสียจะถูกย่อยสลายด้วยปฏิกิริยาแบบไร้อากาศ มักมีขนาดใหญ่และใช้ที่ดินจำนวนมากในการสร้าง นอกจากนั้นยังอาจมีกลิ่นไม่ดี จึงเหมาะสำหรับใช้ในชนบทหรือชานเมืองซึ่งราคาที่ดินไม่สูงนัก

ถังกรองไร้อากาศ (anaerobic filter)

เป็นถังสูงที่มีลักษณะคล้ายถังกรอง ภายในบรรจุด้วยตัวกลางพลาสติก น้ำเสียจะไหลเข้าจากข้างล่างขึ้นข้างบน ทำให้น้ำท่วมตัวกลางตลอดเวลา ซึ่งเมื่อแบคทีเรียส่วนใหญ่ถูกจับอยู่ภายในถังกรอง น้ำที่ไหลออกมาจะมีความใสโดยไม่ต้องใช้ถังตกตะกอนแยกต่างหาก อย่างไรก็ตามถังกรองแบบไร้อากาศมีข้อเสียคือต้องให้น้ำเสียไหลเข้าถังกรองอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งอาจต้องตะกอนน้ำเสียก่อนส่งเข้าถังกรองไร้อากาสเพื่อป้องกันการอุดตัน

ระบบยูเอเอสบี (upflow anaerobic sludge blanket, UASB)

เป็นระบบที่คล้ายกับถังกรองไร้อากาศ ซึ่งน้ำเสียจะมีทิศทางการไหลจากด้านล่างขึ้นด้านบนโดยไม่มีตัวกลาง แต่แบคทีเรียจะถูกเลี้ยงให้จับตัวกันเป็นเม็ดขนาดใหญ่ จนกระทั่งมีน้ำหนักมากและสามารถตกตะกอนได้ดี ทั้งนี้น้ำเสียที่ไหลเข้าถังปฏิกิริยาด้านล่างจะทำให้เม็ดแบคทีเรียลอยตัวเป็นชั้นสลัดจ์ไม่จมลงก้นถัง ซึ่งระบบยูเอเอสบีเป็นระบบที่สามารถรับน้ำเสียที่มีความสกปรกได้สูงกว่าระบบบำบัดแบบไร้อากาศอื่นๆ แต่อย่างไรก็ตามผู้ควบคุมดูแลต้องมีความรู้ความชำนาญในการควบคุมดูแลระบบน้ำเสีย

ระบบบ่อปรับเสถียร (stabilization pond)

เป็นบ่อกักน้ำทิ้ง ที่มีความลึกของบ่อไม่มากนัก โดยรูปร่างและความลึกของบ่อขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ในการบำบัดน้ำเสีย บ่อปรับเสถียรนี้บางทีก็เรียกว่า บ่อผึ่ง เป็นที่นิยมกันมากในชุมชนขนาดเล็ก เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและดำเนินการต่ำ ต้องการพลังงานน้อย และไม่ต้องมีการควบคุมดูแลอย่างพิถีพิถัน ทั้งนี้บ่อปรับเสถียรสามารถจำแนกตามระดับออกซิเจนที่มีในบ่อ ได้ดังนี้

1. บ่อแอนแอโรบิก หรือบ่อเหม็น (anaerobic ponds) ใช้กำจัดสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูงและมีปริมาณของแข็งสูง จะถูกออกแบบให้มีอัตราการรับสารอินทรีย์สูงมากจนสาหร่ายและการเติมออกซิเจนที่ผิวหน้าไม่สามารถเติมออกซิเจนได้ทัน สภาพภายในบ่อจึงไม่มีออกซิเจนเหลืออยู่ สารอินทรีย์และของแข็งในน้ำเสียจะถูกย่อยสลายแบบแอนแอโรบิกภายในบ่อ น้ำใสที่ออกจากบ่อจะถูกปล่อยเข้าสู่บ่อแฟคัลเททีฟเพื่อบำบัดต่อไป
2. บ่อแฟคัลเททีฟ (facultative ponds) เป็นบ่อที่นิยมมใช้กันมากที่สุด ส่วนบนของบ่อจะอยู่ในสภาพแอโรบิก จากการเติมอากาศที่ผิวหน้าและจากปฏิกิริยาของสาหร่ายซึ่งให้ออกซิเจน ส่วนล่างของบ่อจะอยู่ในสภาพแอนแอโรบิก โดยสารอินทรีย์ที่ตกตะกอนแล้วจะถูกย่อยสลายแบบแอนแอโรบิก บ่อแฟคัลเททีฟมีความลึกประมาณ 1-2 เมตร น้ำทิ้งจะถูกกักเป็นเวลาหลายวันเพื่อให้คงตัวและไม่เป็นที่น่ารังเกียจเมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ
3. บ่อบ่ม (maturation ponds) ใช้เป็นบ่อที่รับน้ำต่อจากบ่อแฟคัลเททีฟ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดเชื้อโรคก่อนปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ โดยสภาพภายในบ่อจะเป็นแอโรบิกทั้งหมด ปกติความลึกของบ่อบ่มจะมีค่าเท่ากับแฟคัลเททีฟที่ผ่านมาก่อนแล้ว

แนวทางการเลือกระบบบำบัดน้ำเสีย

การเลือกระบบบำบัดที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ คือ ลักษณะของน้ำเสีย ระดับของการบำบัด สภาพของท้องถิ่น และความยากง่ายของการดูแลระบบ โดยที่ระบบที่มีความเหมาะสมต้องเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพและความประหยัด

ลักษณะของน้ำเสียและระดับของการบำบัดจะเป็นตัวกำหนดอย่างกว้างๆถึงระบบบำบัดน้ำเสียที่จะนำมาใช้ น้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ควรเลือกใช้ระบบบำบัดแบบชีวภาพโดยความเข้มข้นของปริมาณสารอินทรีย์จะเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเลือกระบบที่เหมาะสม น้ำเสียที่มีสารเคมีหรือโลหะ เช่น น้ำเสียจากโรงงานชุบโลหะ ควรใช้ระบบบำบัดทางเคมีซึ่งเป็นวิธีแยกโลหะออกจากน้ำเสีย โดยวิธีตกผลึกและตะกอน น้ำเสียชุมชนเป็นน้ำเสียที่บำบัดได้ง่ายเนื่องจากส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายทางชีววิทยาได้ง่ายและมีความเข้มข้นต่ำ มีปริมาณอาหารเสริมและมีสภาพแวดล้อมอื่นๆ เช่น พีเอชที่เหมาะสมและมีจุลินทรีย์อยู่ในน้ำเสีย ดังนั้นการบำบัดน้ำเสียชุมชนจึงใช้ระบบชีวภาพ เช่น ระบบเอเอส(activated sludge) หรือบ่อผึ่ง (oxidation ponds) เป็นต้น

การตรวจสอบการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย

เป็นการตรวจวัดพารามิเตอร์ต่างๆ โดยใช้อุปกรณ์การตรวจสอบ เช่น DO meter , pH meter และกรวยอิมฮอฟฟ์ และจากการสังเกตทางกายภาพสี และกลิ่น เป็นต้น

1. ระบบเอเอส (Activeted sludge)
   - ค่าพีเอชควรอยู่ระหว่าง 6.8 – 8.2
   - สีของสลัดจ์ในถังเติมอากาศควรมีสีน้ำตาล
   - ไม่มีกลิ่นเหม็นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟล์
   - ค่าดีโอไม่ควรต่ำกว่า 2 มก./ล
   - ค่า SV_{30} ควรอยู่ระหว่าง 200 – 400 มล./ล
   - ค่า MLSS ควรอยู่ระหว่าง 1,500 – 3,000 มก./ล
   - ค่า SVI ควรอยู่ระหว่าง 80 – 120 มล./ก.
   - ไม่ควรเกิดฟองก๊าซ หรือสลัดจ์ลอยในถังตกตะกอน
2. ระบบบ่อผึ่ง (Oxidation pond)
   - ค่าพีเอชควรอยู่ระหว่าง 6.5 – 7.5
   - สีของน้ำในบ่อเป็นสีเขียวจางๆของสาหร่าย ไม่ควรมีสีเขียวเข้มหรือไม่ควรมีสีดำ
   - ไม่ควรมีกลิ่นเหม็น
   - ระยะเวลาในการเก็บกักประมาณ 5 – 20 วัน ขึ้นอยู่กับลักษณะของน้ำเสีย
3. ระบบสระเติมอากาศ (Aerated Lagoon)
   - ค่าพีเอชควรอยู่ระหว่าง 6.5 – 7.5
   - สีของน้ำและสลัดจ์เป็นสีน้ำตาล
   - ไม่ควรมีกลิ่นเหม็น
   - ค่าดีโอไม่ควรต่ำกว่า 2 มก./ล
   - ไม่ควรมีฟองหรือสลัดจ์ลอยปกคลุมผิวน้ำ
4. ระบบถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter)
   - ค่าพีเอชควรอยู่ระหว่าง 6.5 – 7.5
   - สีของน้ำในถังควรมีสีดำ
   - ควรมีฟองก๊าซขึ้นมาทั่วบ่อ -
   - ไม่ควรมีกลิ่นเหม็น
   - ตรวจสอบการอุดตันและการชำรุดของตัวกลาง
   - ตรวจสอบปริมาณของสลัดจ์ที่สะสมก้นถัง

การตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย

การตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียทั้งกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ เป็นตัวบ่งชี้การทำงานของระบบว่าสมบูรณ์ถูกต้องเพียงใด การตรวจสอบสามารถดำเนินการได้จากการมองเห็น การสังเกต และการวิเคราะห์ตัวอย่าง

1. ลักษณะทางกายภาพที่เป็นตัวบ่งชี้ประกอบด้วย
- สี กลิ่น ฟอง
- ลักษณะการไหลของน้ำในระบบและในหน่วยบำบัดย่อย
- ลักษณะของน้ำเข้าและออก
- ลักษณะของน้ำในถังเติมอากาศ
- ลักษณะการเกิดตะกอนของถังตกตะกอน
- การสะสมของสลัดจ์ในถังตกตะกอน

2. ลักษณะทางเคมีที่ได้จากการตรวจสอบวิเคราะห์ตัวอย่างคุณภาพในระบบบำบัดน้ำเสีย ประกอบด้วย ลักษณะน้ำเข้าและน้ำออก และในหน่วยบำบัดย่อย ซึ่งจำเป็นต่อการควบคุมการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย การตรวจสอบที่สำคัญ ได้แก่

- ค่า BOD, COD, pH, SS, TKN, TDS ค่าโลหะหนักก่อนเข้าระบบและออกจากระบบ
- ค่า DO, MLSS, MLVSS, SV30, SVI ในถังเติมอากาศ
- ค่า F/M, BOD : N : P : Fe ในถังเติมอากาศ

3. ลักษณะด้านชีววิทยา ที่จำเป็นต่อการตรวจสอบประสิทธิภาพของการเดินระบบบำบัดน้ำเสีย เช่น การเจริญเติบโตของสาหร่ายในระบบบ่อผึ่ง และการตรวจสอบดวยกล้องจุลทรรศน์ เพื่อตรวจสอบชนิดของจุลินทรีย์ที่ทำงานอยู่ในระบบเอเอส เช่น หากพบโปรโตซัว ชนิด ซิลิเอท และโรติเฟอร์ แสดงว่าจะมีการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียของกระบวนการบำบัดน้ำเสียในระบบเอเอส ได้เป็นอย่างดี แต่ในทางกลับกัน หากพบจุลินทรีย์ที่เป็นเส้นใย จะทำให้เกิดปัญหาสลัดจ์จมตัวได้ยากในถังตกตะกอน ดังนั้นข้อมูลในส่วนนี้ได้จากการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์จึงช่วยให้ผู้ควบคุมดูแลปรับสภาพของการทำงานเพื่อให้เกิดสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของโปรตัวซัวชนิดซิลิเอท และโรติเฟอร์

ตัวอย่างผังระบบบำบัดน้ำเสีย

การพิจารณาเลือกระบบบำบัดน้ำเสีย

1.พิจารณาแหล่งที่มีของน้ำเสีย

ในการผลิตควรมีถังผสมเฉพาะกับผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ซึ่งถ้ามีการผลิตต่อเนื่องก็อาจไม่จำเป็นต้องทำความสะอาดถังผสมทุกครั้ง ซึ่งจะทำให้ไม่มีน้ำเสียเกิดขึ้น ส่วนการทำความสะอาดหากเป็นลักษณะฝุ่นหรือคราบแห้ง ให้ใช้วิธีการดูด การเช็ด แทนการล้างโดยใช้น้ำ หรือของเหลว แต่ถ้ามีความจำเป็นต้องใช้น้ำ หรือของเหลวในการทำความสะอาด ก็ให้ใช้ในปริมาณน้อยที่สุด และเก็บของเหลวส่วนนั้นไว้ เพื่อวนกลับมาใช้ในการทำความสะอาดครั้งต่อไปได้ จนกว่าของเหลวนั้นมีความสกปรกมากจึงเก็บรวบรวมไว้ในส่วนของของเหลวปนเปื้อนที่ต้องส่งกำจัด รวมกับอุปกรณ์หรือวัสดุดูดซับที่ใช้ทำความสะอาดอื่นที่ปนเปื้อน ถ้าไม่สามารถวนกลับมาใช้ใหม่ได้

ดังนั้นส่วนของน้ำเสียในสถานที่ผลิตนี้จะมาจาก ส่วนของน้ำที่ใช้ล้างอุปกรณ์ในการผลิต เช่น กรณีต้องใช้ถังผสมร่วมกัน จะการล้างถังผสม และอุปกรณ์ในการผลิต อุปกรณ์ในการชั่งเตรียม และอีกส่วนหนึ่งมาจากน้ำใช้ในการทำความสะอาดร่างกายของพนักงาน

2.พิจารณาลักษณะของน้ำเสีย

น้ำเสียส่วนใหญ่มาจากการล้างถังผสม และอุปกรณ์ในการผลิต อุปกรณ์ในการชั่งเตรียม และอีกส่วนหนึ่งมาจากน้ำใช้ในการทำความสะอาดร่างกายของพนักงาน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสายการผลิตของเหลว ประเภททำความสะอาด ที่ไม่ใช่สายการผลิตกรด ส่วนใหญ่เป็นสารปนเปื้อนที่เป็นสารลดแรงตึงผิว (surfactant) ชนิดต่าง ซึ่งมีความเป็นพิษน้อย

3.พิจารณาปริมาณของน้ำเสีย

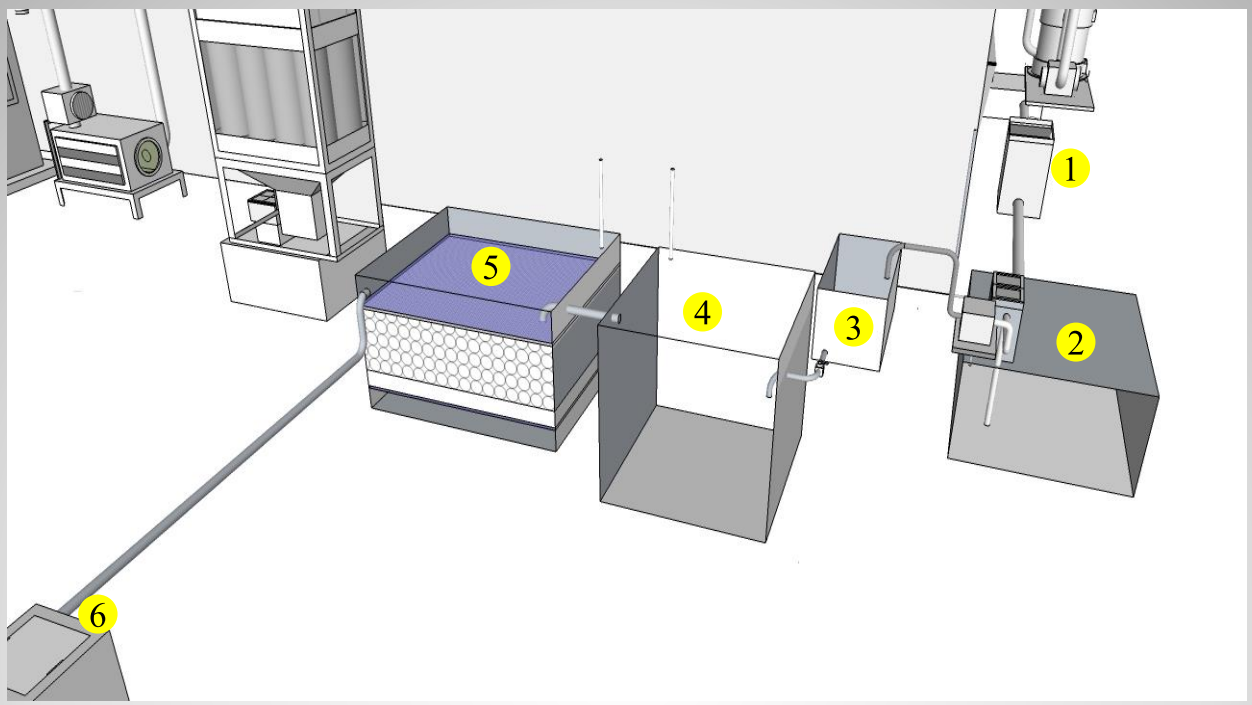
กรณีขนาดของสถานที่ผลิตที่เป็นขนาดกลาง และขนาดย่อม จะมีปริมาณการผลิตที่ไม่สูงมาก และจำนวนคนงานไม่มากส่วนใหญ่ไม่เกิน 6 คน จึงมีปริมาณน้ำเสียต่อวันไม่มาก ถ้ามีปริมาณน้ำเสียมากก็เป็นแบบเจือจาง คือมีการใช้น้ำในปริมาณมากในการทำความสะอาดในแต่ละครั้ง ทั้งนี้ขึ้นกับพฤติกรรมในการใช้น้ำประกอบด้วย แต่อย่างไรก็ตามปริมาณสารปนเปื้อนที่ละลาย หรือแขวนลอยอยู่ในน้ำเสียก็มีปริมาณเท่าเดิม ประมาณการปริมาณน้ำเสีย 2000 ลิตรต่อวัน

ควรมีการแยกระบบหรือทางระบายน้ำฝนไม่ให้รวมกับน้ำเสียที่จะเข้าสู่ระบบบำบัด เพื่อไม่ให้ระบบมีขนาดใหญ่เกินไป

ดังนั้นลักษณะระบบบำบัดที่เลือกนำมาใช้คือ

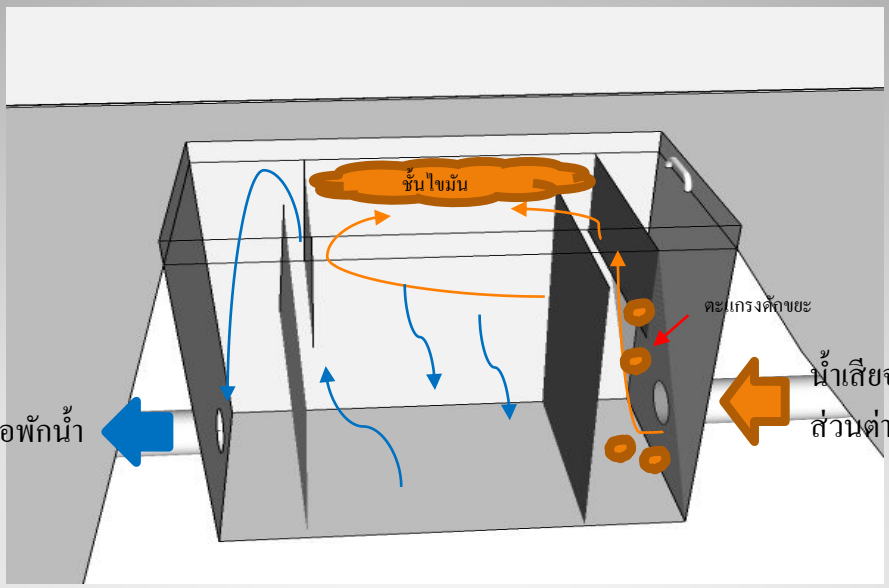
ระบบบำบัดแบบไร้อากาศ แบบระบบถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic filter)

ตัวอย่างผังระบบบำบัดน้ำเสีย



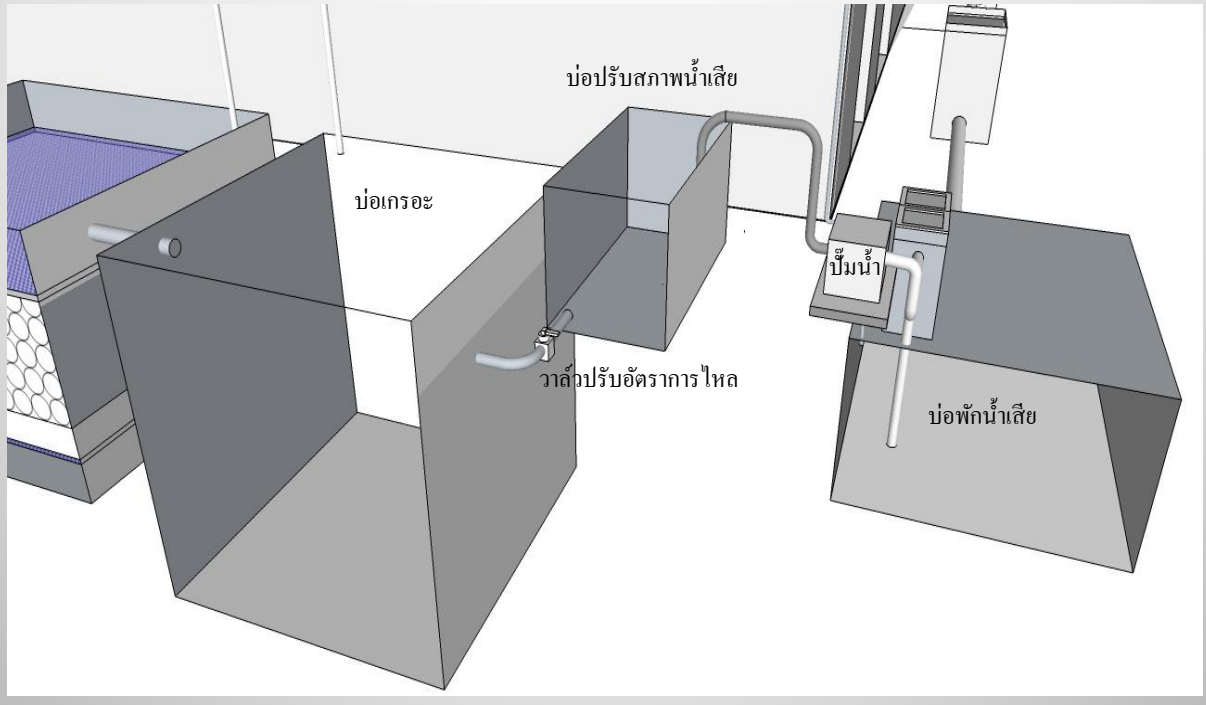
ส่วนประกอบหลักของระบบมีดังนี้

1. บ่อดักไขมัน
2. บ่อพักน้ำเสีย
3. บ่อปรับสภาพน้ำเสีย
4. บ่อเกรอะ หรือ บ่อตกตะกอน
5. บ่อกรองไร้อากาศ
6. บ่อตรวจคุณภาพน้ำก่อนปล่อยทิ้ง



1.บ่อดักไขมัน

มีหน้าที่ดักไขมันที่ปนมากับน้ำเสียรวมจากภายในสถานที่ผลิต ก่อนไหลลงสู่บ่อพักน้ำเสีย



2.บ่อพักน้ำเสีย

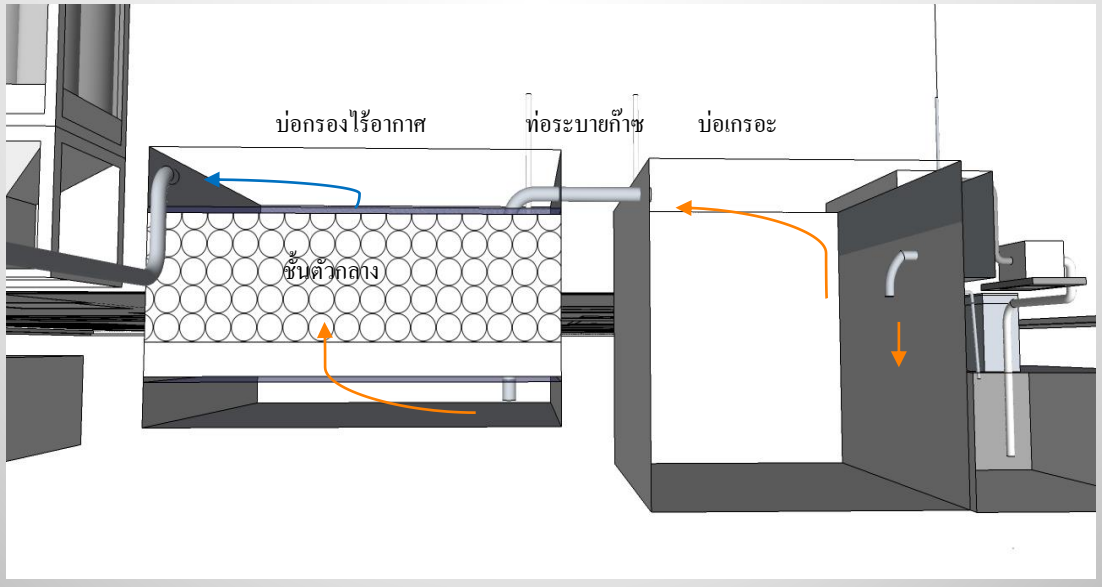
เป็นบ่อปิดอยู่ใต้พื้นดินรับน้ำเสียจากบ่อดักไขมัน โดยมีขนาด แล้วจะถูกสูบออกไปสู่บ่อปรับสภาพทุกวัน ในบ่อนี้อาจเกิดการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ด้วย อาจมีก๊าซมีเทนเกิดขึ้นจึงควรมีท่อระบายก๊าซและมีช่องเปิดเพื่อตรวจสภาพน้ำ หรือเก็บตะกอนบ้าง

3.บ่อปรับสภาพน้ำเสีย

เป็นบ่อปิดอยู่เหนือพื้นเพื่อให้เกิดการไหลโดยแรงโน้มถ่วงไปยังบ่อต่อไปได้ รับน้ำจากบ่อพักน้ำเสียโดยปั๊มน้ำเนื่องจากอยู่สูงกว่าบ่อพักน้ำเสีย ในบ่อนี้จะทำการตรวจดูสภาพน้ำว่าเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้อากาศหรือไม่ เช่น ปรับ pH ถ้ามีสภาพความเป็นกรดมากเกินไป โดยใช้ปูนขาว เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้อากาศไม่ชอบสภาวะกรด เมื่อปรับสภาพแล้วก็ปล่อยลงสู่บ่อต่อไป คือบ่อเกรอะ หรือบ่อตกตะกอน โดยปรับอัตราการไหลให้เป็นไปตามระยะเวลาที่ต้องการ กรณีที่สภาพน้ำเสียจากบ่อพักน้ำคงที่ อาจตั้งค่าอัตราการไหลคงที่ตามระยะเวลาที่ต้องการให้กักเก็บในบ่อเกรอะ และบ่อกรองไร้อากาศ โดยการใช้ปั๊มน้ำแบบอัตโนมัติเพื่อดูดน้ำจากบ่อพักน้ำเสีย กำหนดปริมาณน้ำโดยการใช้การติดตั้งลูกลอย

4.บ่อเกรอะ หรือบ่อตกตะกอน

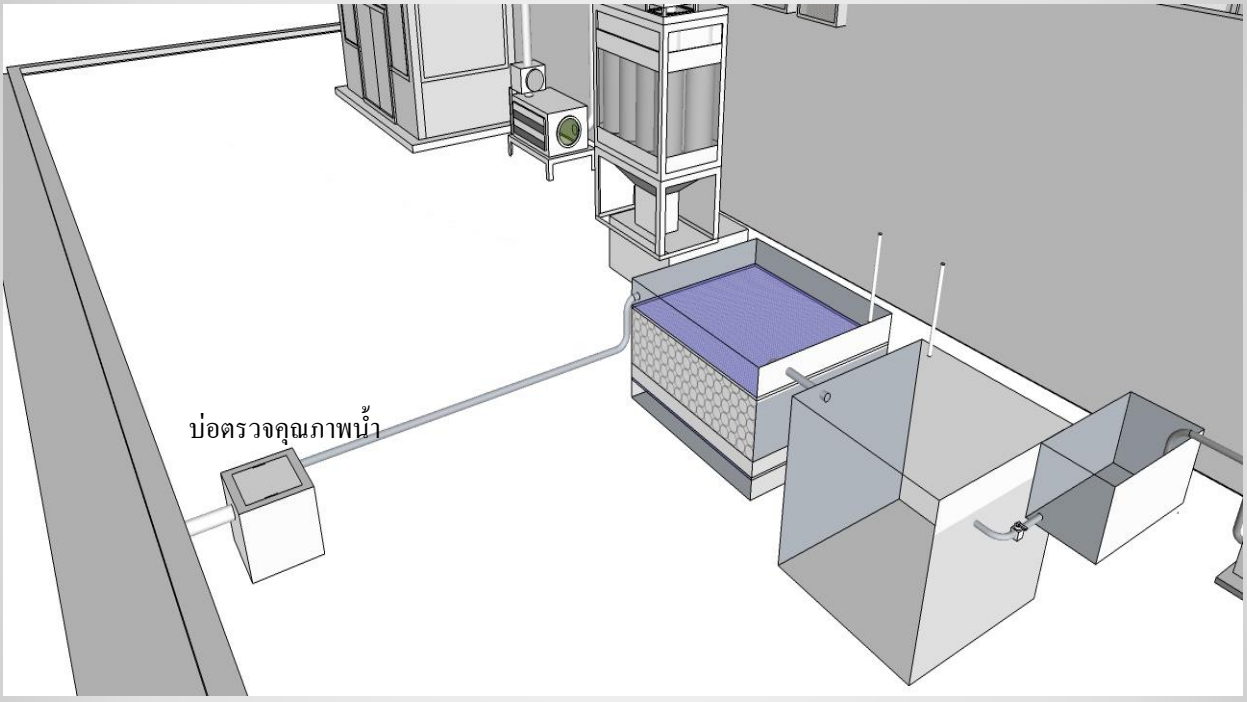
เป็นบ่อปิดอยู่ต่ำกว่าบ่อปรับสภาพน้ำเสีย โดยฝังลงใต้ดินและมีส่วนขอบบนอยู่เหนือระดับพื้น รับน้ำจากบ่อปรับสภาพน้ำเสียด้วยอัตราการไหลที่กำหนดไว้ ซึ่งจากการออกแบบและคำนวณระยะเวลากักเก็บ (HRT) ในบ่อนี้จะมีการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้อากาศ และเกิดก๊าซมีเทนด้วย จึงต้องมีท่อระบายก๊าซออกจากบ่อ ในบ่อนี้จะทำหน้าที่ตกตะกอนในน้ำเสียก่อนเข้าสู่บ่อกรองไร้อากาศ เพื่อป้องกันการอุดตันในบ่อกรองไร้อากาศด้วย ในบ่อนี้สามารถลดค่า BOD ได้สูง



5. บ่อกรองไร้อากาศ

เป็นบ่อปิดฝังอยู่ใต้พื้นโดยมีส่วนขอบบนของบ่ออยู่เหนือพื้น รับน้ำเสียต่อจากบ่อเกรอะ โดยการไหลล้นจากด้านบนของบ่อเกรอะ เข้าสู่ท่อเชื่อมต่อตามอัตราการไหลเดียวกันที่ตั้งไว้ที่วาล์วก่อนเข้าบ่อเกรอะ(plug flow)

โดยมีท่อต่อลงมาที่ก้นของบ่อเพื่อให้น้ำเสียไหลจากด้านล่างขึ้นด้านบนของบ่อ ในบ่อนี้จะมีชั้นของตัวกลางบรรจุอยู่ความสูงประมาณ 1.2 เมตร ไม่ควรสูงมากเพราะอาจเกิดการอุดตันตัวกลางอาจเป็นแท่งพลาสติกคล้ายตะแกรง หรือใช้วัสดุอื่นๆที่สามารถเป็นที่ยึดเกาะของจุลินทรีย์ เพื่อเพิ่มการกระจายตัวของจุลินทรีย์ในบ่อให้สัมผัสกับน้ำเสียให้มากขึ้น เช่น เปลือกหอย พลาสติก พีวีซี หินกรวด เมื่อน้ำเสียไหลผ่านตัวกรองจะเกิดการย่อยสลายของจุลินทรีย์แบบไม่ใช้อากาศได้ผลผลิตเป็น ก๊าซมีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์ จึงต้องมีท่อระบายก๊าซที่ด้านบนของบ่อกรองไร้อากาศด้วย ซึ่งในบ่อนี้จะสามารถลดค่า BOD ได้มากที่สุด



6. บ่อตรวจคุณภาพน้ำก่อนปล่อยทิ้ง

บ่อขนาดไม่ใหญ่เพื่อสำหรับเก็บน้ำเพื่อตรวจคุณภาพน้ำที่ผ่านระบบบำบัดแล้ว ส่วนใหญจะจะฝังอยู่ใต้ระดับพื้นเพื่อไม่กีดขวางการทำงาน โดยมีฝาเปิดด้านบน และ วาล์วปิดเปิดน้ำออกจากบ่อสู่ภายนอก

การคำนวณหาขนาดของระบบบำบัดน้ำเสีย

ต้องมีข้อมูลสำคัญเพื่อใช้ในการกำหนดขนาดของระบบบำบัดคือ

- ปริมาณน้ำเสียต่อวันซึ่งอาจต้องใช้การประมาณการเนื่องจากเป็นการสร้างสถานที่ผลิตใหม่ ซึ่งยังไม่มีการผลิตจริง อาจใช้ข้อมูลอ้างอิงจากสถานที่ผลิตที่มีลักษณะคล้ายกัน หรือคำนวณจาก จำนวนคนงานเช่น คนงาน 6 คน x น้ำเสีย 200 ลิตร/คน/วัน รวมกับน้ำในการล้างถังผสมหรืออุปกรณ์ อีก 800 ลิตร/วัน (ควรจะเผื่อค่าประมาณการไว้ เนื่องจากถ้าออกแบบขนาดของระบบใหญ่กว่า ยังสามารถปรับอัตราการไหลให้น้อยลงได้ และเพื่อรองรับการขยายขนาดการผลิตด้วย แต่ถ้าออกแบบระบบพอดีแล้ว ต่อมาขนาดของระบบไม่เพียงพอรองรับปริมาณน้ำเสียได้ จะแก้ไขได้ยาก แต่ต้องไม่เผื่อค่าประมาณการมากเกินไปเนื่องจากจะสิ้นเปลืองงบประมาณ)
  โดยข้อมูลปริมาณน้ำเสียจะนำมาคำนวณปรับอัตราการไหลในบ่อเกรอะและบ่อกรองไร้อากาศให้ได้ อัตรา 2000 ลิตรใน 24 ชั่วโมง
- HRT (Hydraulic Retention Time) คือระยะเวลาที่น้ำอยู่ในระบบ หรือ ระยะเวลาในการบำบัด ซึ่งในกรณีของ ระบบถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic filter) ค่า HRT จะอยู่ในช่วง 24 ชั่วโมงขึ้นไป และค่า HRT ที่มีการวิจัยประสิทธิภาพของถังเกรอะและถังกรองไร้อากาศคือ HRT เท่ากับ 72 ชั่วโมง สามารถลดค่า COD ได้เท่ากับ 67.66 % และ 79.96 % ตามลำดับ (ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยระบบถังเกรอะถังกรองไร้ออกซิเจน:สายชล มือขุนทด) ซึ่งในการออกแบบครั้งนี้ ประมาณค่า HRT รวมเท่ากับ 5 วัน แบ่งเป็น ในระบบถังเกรอะ 3 วัน และถังกรองไร้อากาศ 2 วัน ในการกำหนดระยะเวลา HRT จะสัมพันธ์กับปริมาตรของบ่อเกรอะและบ่อกรองไร้อากาศ โดยกำหนดให้ปริมาตรบรรจุ (ไม่ใช่ปริมาตรถัง) ในบ่อเกรอะให้กักเก็บได้ 3 วัน (3 x 2000 ลิตร เท่ากับ 6000 ลิตร) จากอัตราการไหล เข้า 2000 ลิตร/วัน จะได้ปริมาตรบรรจุของบ่อเกรอะเท่ากับ 6000 ลิตร การหาปริมาตรบรรจุของบ่อกรองไร้อากาศก็เช่นเดียวกัน แต่ต้องอย่าลืมว่าในบ่อกรองไร้อากาศมีชั้นตัวกลางอยู่ จะใช้ขนาดของบ่อเป็นขนาดบรรจุของบ่อเลยไม่ได้ต้องหักปริมาตรของตัวกลางออกด้วย จะได้ปริมาตรบรรจุของบ่อกรองไร้อากาศ เท่ากับ 4000 ลิตร
- ในส่วนของบ่อพักน้ำเสียอาจกำหนดปริมาตรบรรจุให้สามารถกักเก็บน้ำเสียไว้ได้หลายๆวันได้ เผื่อในการขยายขนาดการผลิต และกรณีมีการซ่อมบำรุงระบบบำบัด
- บ่อปรับสภาพน้ำอาจกำหนดให้มีปริมาตรบรรจุ เป็นอย่างน้อย 2000 ลิตร เพื่อในการเดินระบบง่าย โดยการปั๊มน้ำเสียจากบ่อพักน้ำเสีย 2000 ลิตรทำการปรับสภาพ แล้วปล่อยให้ไหลในอัตราที่กำหนดโดยแรงโน้มถ่วงจะใช้เวลา 1 วันพอดี ซึ่งอัตราการไหลนี้จะเป็นอัตราการไหลของบ่อเกรอะและบ่อกรองไร้อากาศด้วย

ในการเริ่มระบบบำบัด ต้องมีการเริ่มต้นเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ (Start up) โดยการใช้มูลสัตว์เปียก เช่นขี้ไก่ เป็นหัวเชื้อผสมน้ำเปล่าใส่ในบ่อเกรอะ และบ่อกรองไร้อากาศ ปริมารครึ่งถัง หลังจากนั้นจึงเริ่มปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ถังเกรอะ 10% ทุกๆ 3 วัน จนเป็น 100% ตรวจวัดค่า BOD ถ้าคงที่แสดงว่าระบบสมดุล แต่ถ้าไม่มีการเริ่มระบบ (Start up) จะใช้เวลาประมาณ 3 เดือนกว่าระบบจะเข้าสู่สมดุล

ระบบบำบัดแบบถังเกรอะและถังกรองไร้ออกซิเจน เป็นระบบที่มีความคงตัวค่อนข้างสูง มีระยะเวลากักเก็บตะกอนนาน (มีตะกอนน้อย) และเป็นระบบที่ใช้เครื่องมือน้อย และมีประสิทธิภาพดี การดูแลระบบไม่ยุ่งยาก ในการบำบัดน้ำเสีย จึงเหมาะกับสถานที่ผลิตที่มีน้ำเสียต่อวันไม่มากและมีความสกปรกน้อย การรแสดงตัวอย่างผังและวิธีการจัดทำระบบในครั้งนี้เป็นเพียงแนวทางในการจัดทำ หรือเป็นองค์ความรู้ในการจัดหาที่ปรึกษาที่ความรู้ความเชี่ยวชาญอีกครั้งหนึ่ง

เอกสารอ้างอิง

1. กฎกระทรวง (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535
2. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการในการผลิต การนำเข้า การส่งออก และการมีไว้ในครอบครองเพื่อใช้รับจ้างซึ่งวัตถุอันตรายที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยารับผิดชอบ พ.ศ. 2555
3. กรมโรงงานอุตสาหกรรม, คู่มือการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม ความปลอดภัย กากอุตสาหกรรม สารเคมีและวัตถุอันตราย สำหรับผู้ประกอบการ, 2558
4. กรมโรงงานอุตสาหกรรม, คู่มือการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม ความปลอดภัย กากอุตสาหกรรม สารเคมีและวัตถุอันตราย สำหรับเจ้าหน้าที่ผู้กำกับดูแลโรงงาน, 2558
5. กรมโรงงานอุตสาหกรรม, ตำราระบบบำบัดมลพิษอากาศ, 2547
6. กรมโรงงานอุตสาหกรรม, สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ, 2545
7. กรมควบคุมมลพิษร่วมกับสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2557. *หลักการออกแบบระบบบำบัดกลิ่นเบื้องต้น*. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.pcd.go.th/info_serv/datasmell/design_ventilation.htm. 6 มิถุนายน 2559
8. กรมควบคุมมลพิษ. 2559. *ระบบบำบัดน้ำเสีย*.(ออกไลน์). แหล่งที่มา : http://www.pcd.go.th/info_serv/water_wt.html. 2 มิถุนยน 2559
9. สายชล มือขุนทด. 2559. *ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยระบบถังเกรอะ-ถังกรองไร้ออกซิเจน*. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.resjournal.kku.ac.th/article/8_2_53.pdf . 7 กรกฎาคม 2559
10. อานนท์ สุขมั่น. 2559. *การจัดการ และควบคุมมลพิษทางอากาศ*. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.nederman.co.th/~/media/Documents/TH/document%20referance.ashx. 10 พฤษภาคม 2559