รหัสบทความ SEITS 19

# การออกแบบติดตั้งระบบดูดฝุ่นในห้องปฏิบัติงานทางทันตกรรม กรณีศึกษา : ห้องห้องปฏิบัติงานทันตกรรมมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

# Design and installation of dust extraction systems in Dental laboratories Case Study : Dental Laboratory of Thammasat University Rangsit Center

**ดนัย เนียมพา[1], ภาณุธร ผดุงฤกษ์[1], ณัฐพล ผดุงฤกษ์[1], ชานนท์ มูลวรรณ[2], ธนิต แก้วสุวรรณ์[3]**

[1] นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
phanutorn@gmail.com[2], M.nattaponpha@gmail.com[3],
[2] อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต , ie.engineer@kbu.ac.th
[3] อาจารย์พิเศษสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบติดตั้งระบบดูดฝุ่นในห้องปฏิบัติงานทันตกรรม ปริมาณฝุ่นที่เกิดจากการขัดแต่งเจียรฟันปลอม เกินมาตรฐานขององค์กรอนามัยโลก โดยค่ามาตรฐาน PM 10 ไม่เกิน 0.050 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมาตรฐาน PM 2.5 ไม่เกิน 0.025 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในห้องปฏิบัติงานทางทันตกรรมมี 8 โต๊ะทดลอง ในแต่ละโต๊ะทดลองได้ออกแบบให้มี 10 หัวดูดฝุ่น ระบบดูดฝุ่น1 โต๊ะจะใช้ ชุด มอเตอร์ โบลเวอร์ ขับด้วยมอเตอร์ขนาด 5 แรงม้า 380 โวลต์ 1 ชุด การออกแบบท่อส่งลมใช้เหล็กแผ่นเคลือบสังกะสี และมอเตอร์ตั้งเวลาสำหรับเขย่าฝุ่นในถุงกรองฝุ่น หลังจากทำการติดตั้งระบบดูดฝุ่นพบว่ามีอัตราการไหลของอากาศโต๊ะละ 351.90 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที อัตราเฉลี่ยการเกิดฝุ่น PM10 ต่อวันเท่ากับ 0.014 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและPM2.5 เท่ากับ 0.017มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ไม่เกินตามมาตรฐานขององค์การอนามัยโลกกำหนด และสอดคล้องกับระบบมาตรฐาน ISO14001:2015, และ ISO 45001: 2018

**คำสำคัญ :** ระบบดูดฝุ่น, มาตรฐานฝุ่น, PM 2.5, PM 10

## Abstract

This research is design and installation of a dust extraction system in a dental laboratory. The amountof dust caused by polishing dentures exceeds the standards of the World HealthOrganization. The standard value of PM 10 is not more than 0.050 milligrams per cubicmeter and standard PM 2.5 not more than 0.025 milligrams per cubic meter. In the dentallaboratory there are 8 tables, each table is designed with 10 vacuum nozzles. Dustextraction system 1 table using blower motor driven by a 5 hp 380 volt motor, 1 set. The airduct design uses galvanized steel sheet and a timer motor for shaking dust in the dust filterbag. After installing the dust extraction system, it was found that the air flow rate per tablewas 351.90 cubic feet per minute.The average daily incidence of PM10 dust was 0.014 milligrams per cubic meter and PM2.5 is 0.017 milligrams per cubic meter does not exceed the standards setby the World Health Organization and conforms to the standard system ISO 14001:2015,and ISO 45001:2018

**Keywords:** dust extraction system, dust standard, PM 2.5, PM 10

## 1. บทนำ (Introduction)

ห้องปฏิบัติงานทางทันตกรรม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ตั้งอยู่ที่ ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี ได้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับการขัด ตกแต่ง เจียรผิวชิ้นงาน และแต่งเจียรฟันปลอม ภายในห้องจะประกอบไปด้วยโต๊ะที่ใช้สำหรับปฏิบัติงานทั้งหมด 80 ที่นั่ง แยกออกเป็น 8 จุด จุดละ 10 ที่นั่ง โดยในทางทันตกรรมจะมีการใช้วัสดุรักษาฟันทั้งชนิดที่ต้องติดแน่นอยู่ในช่องปากและชนิดที่สามารถถอดออกมาทำความสะอาดได้ โดยวัสดุชนิดที่สามารถถอดออกมาทำความสะอาดได้ ได้แก่ ฟันเทียม เพดานเทียม และเฝือกสบฟัน เป็นต้น ซึ่งส่วนใหญ่เป็นชิ้นงานที่ทำมาจากอะคริลิก เรซิน (acrylic resin) เพื่อให้ชิ้นงานที่ทำมาจากอะคริลิก เรซิน สามารถใส่และใช้งานในช่องปากได้พอดี จะต้องมีการกรอแต่งเพื่อปรับรูปร่างขอบเขตชิ้นงาน และการขัดแต่งให้ผิวชิ้นงานเรียบ ซึ่งกระบวนการเหล่านี้ก่อให้เกิดฝุ่นละอองฟุ้งกระจาย ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจและระบบการมองเห็นของทันตแพทย์ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษา

ฝุ่นละอองที่เกิดจากการขัดตกแต่งฟันปลอม มีหลากหลายขนาดตั้งแต่ฝุ่นละอองขนาดใหญ่ ขนาดไม่เกิน 100 ไมครอน ฝุ่นหยาบขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จนถึงฝุ่นละเอียดขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) และฝุ่นละเอียดขนาดเล็กมากขนาดไม่เกิน 0.1 ไมครอน (PM0.1) ฝุ่นละอองขนาดใหญ่จะตกลงสู่พื้นด้วยแรงดึงดูดของโลก ส่วนฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน สามารถแขวนลอยอยู่ในอากาศได้เป็นเวลานานและปะปนในอากาศ ซึ่งสามารถทำให้เกิดการระคายเคืองและการอักเสบของทางเดินหายใจ จากการตรวจสอบปริมาณอัตราการเกิดฝุ่นละอองภายในห้องปฏิบัติงานทางทันตกรรมที่ใช้สำหรับการแต่งเจียรฟันปลอม พบว่ามีอัตราเฉลี่ยการเกิดฝุ่น PM 10 เท่ากับ 0.094 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ PM 2.5 เท่ากับ 0.071 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทำการวัดจากเครื่องมือวัดฝุ่น Particle Counter รุ่น DT-96 ซึ่งพบว่าเกินค่ามาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนด โดยองค์การอนามัยโลกได้กำหนดมาตรฐานค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่นละออง PM 10 ไว้ที่ 50 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร และ PM 2.5 อยู่ที่ 25 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร[1]จึงทำให้คุณภาพของอากาศภายในห้องเป็นปัจจัยหลักที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพทั้งในระยะสั้นและระยะยาวแก่เจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานหรือนักศึกษาที่เข้ามาศึกษาภายในห้องปฏิบัติงานทางทันตกรรม นับว่า เป็นอันตรายที่มาจากสิ่งแวดล้อมในการปฏิบัติงานตามระบบมาตรฐาน ISO 45001: 2018[2] และ ISO14001:2015[3] ได้กำหนดไว้

จากงานวิจัยของ อธิพันธ์ ลอยเมืองกลาง, 2561 [4] ได้ทำการศึกษาประสิทธิผลของการปรับปรุงระบบกำจัดฝุ่นไม้ซึ่งทำการศึกษาทดลองกับเครื่องขัดงานไม้ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลของการระบายฝุ่นไม้ด้วยการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้ การออกแบบระบบระบายอากาศเฉพาะที่สำหรับงานขัดเตรียมไม้ใช้ทฤษฎีการออกแบบระบบระบายอากาศเฉพาะที่ โดยเลือกใช้หัวดูดฝุ่นแบบเรียบและติดตั้งหัวดูดฝุ่นให้อยู่ใกล้กับแหล่งที่กำเนิดฝุ่น เพื่อเป็นการลดการฟุ้งกระจายของฝุ่น ท่อส่งเป็นท่อยางผิวเรียบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 45 มิลลิเมตร. ยาว 1.5 เมตร โดยท่อยางถูกต่อเข้ากับส่วนของถังดักฝุ่นที่มีขนาดความจุ 35 ลิตร ซึ่งมีตัวกรองฝุ่นเป็นแบบครีบกรองหุ้มด้วยถุงกระดาษอยู่ภายใน โดยใช้พัดลมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบ Single phase 1200 W Vacuum Motor 12,500 rpm. ใช้กำลังไฟฟ้าขนาด 230 V 50 Hz 13 A. ผลที่ได้จากการศึกษาพบว่าปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้ทั้ง 3 ประเภท ชนิดของ แผ่นไม้ผสม มีประสิทธิผลของการกำจัดฝุ่นไม้มากที่สุด โดยมีปริมาณฝุ่นไม้ลดลงโดยเฉลี่ย 87 เปอร์เซ็นต์ชนิดของไม้เนื้ออ่อนมีปริมาณฝุ่นไม้ลดลงโดยเฉลี่ย 66 เปอร์เซ็นต์ ชนิดของไม้เนื้อแข็งมีปริมาณฝุ่นไม้ลดลงโดยเฉลี่ย 59 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งหลังจากการทดลองพบว่าสามารถลดต้นทุนในการจัดสร้างได้มากและยังสามารถนำไปพัฒนาใช้เป็นมาตรฐานสำหรับการควบคุมฝุ่นไม้ ในโรงฝึกงานต่อไป

การแก้ปัญหาฝุ่นภายในห้องปฏิบัติงานทางทันตกรรมนั้น จึงได้เสนอการออกแบบและติดตั้งระบบระบายอากาศเฉพาะที่รวมถึงการเลือกชนิด ขนาด และสมบัติของวัสดุอุปกรณ์ทั้งหมดในระบบ เช่น การเลือกใช้หัวดูดฝุ่นปากเรียบ ท่อส่งลมที่ทำจากเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสี พัดลมดูดอากาศ(Blower) ชุดกรองฝุ่นใช้ถุงกรอง Bag filter ขนาด 10 ไมครอน แบบเขย่าฝุ่น ซึ่งดีกว่าแบบครีบกรองหุ้มด้วยถุงกระดาษ และมีชุดมอเตอร์ตั้งเวลาเพื่อเขย่าให้ฝุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่า 10 ไมครอนตกลงสู่ถังเก็บฝุ่นที่ติด

ตั้งอยู่ด้านล่าง การออกแบบและติดตั้งระบบดูดฝุ่นนี้อีกทั้งยังสอดคล้องกับระบบมาตรฐาน ISO14001:2015, ISO 45001: 2018 และองค์การอนามัยโลกกำหนด เพื่อเป็นแนวทางในการควบคุมฝุ่นและมลพิษ

## 2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 มาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศโดยทั่วไปขององค์กรอนามัยโลก

มลพิษทางอากาศคือการปนเปื้อนของอากาศภายในหรือภายนอกอาคารจากก๊าซและอนุภาคของแข็ง ที่ทำให้ลักษณะทางธรรมชาติของอากาศเปลี่ยนแปลงไปโดยสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพที่สำคัญได้แก่ ฝุ่นละอองขนาดเล็ก ( Particulate Matter – PM 2.5 และ PM 10 ) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) โอโซน (O3) ผงเขม่าดำ (Black Carbon – BC) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO2) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) ฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM 2.5 เป็นตัวชี้วัดสำคัญที่ใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษทางอากาศ และเป็นสารมลพิษทางอากาศที่โดยทั่วไปแล้วรัฐบาลทั่วโลกจะวัดหรือเฝ้าระวัง เพื่อปกป้องประชาชนจากผลกระทบที่เป็นผลเสียจาก มลพิษทางอากาศ มลพิษทางอากาศมักมองไม่เห็นได้ด้วยตาเปล่าเพราะอนุภาคเหล่านี้มีขนาดเล็กเกินกว่าที่ดวงตาของมนุษย์จะมองเห็น แต่อาจสามารถมองเห็นได้ในบางสถานการณ์ เช่น เขม่าควันที่เกิดจากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร หรือเผาขยะในพื้นที่โล่งแจ้งรวมทั้งเขม่าควันจากการเผาไม้ถ่านหิน น้ำมันเชื้อเพลิง และน้ำมันดีเซลเพื่อการประกอบอาหารและการผลิตพลังงานความร้อน การคมนาคมขนส่งและการผลิตไฟฟ้า แม้ว่าเรามองไม่เห็นด้วยตาเปล่ามิได้หมายความว่าว่าไม่มีมลพิษอยู่ในอากาศ

**ตารางที่ 1** ค่ามาตรฐานฝุ่นละอองขนาดเล็ก

| | | PM 2.5 (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) | PM 10 (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) |
|---|---|---|---|
| ไทย | ค่าเฉลี่ยรายปี | 25 | 50 |
| | ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง | 50 | 120 |
| องค์การอนามัยโลก | ค่าเฉลี่ยรายปี | 10 | 20 |
| | ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง | 25 | 50 |

### 2.2 ทฤษฎีการออกแบบผลิตภัณฑ์Thompson's Approach

Thompson (1999) ได้นำเสนอกลยุทธ์การออกแบบผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศเศรษฐกิจที่มีกระบวนการอยู่ภายใต้หลักเกณฑ์ของการวัดผลตอบสนองในกลยุทธ์การออกแบบผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศเศรษฐกิจ ตั้งแต่กระบวนการจัดการวัสดุไปจนถึงอรรถประโยชน์ด้านพลังงาน โดยได้สรุปแนวทางกลยุทธ์เฉพาะไว้ดังตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** แสดงหัวข้อการพิจารณากลยุทธ์ทั่วไปและกลยุทธ์เฉพาะของวิธีการThompson's Approach

| กลยุทธ | กลยุทธ์เฉพาะ |
|---|---|
| การจัดการวัสดุ | - ลดการใช้วัสดุโดยรวมในแต่ละชิ้นส่วน<br>- วัสดุมีอายุการใช้งานยาวนาน<br>- เลือกวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้<br>- เลือกวัสดุที่มีประสิทธิภาพสูงทางด้านพลังงาน<br>- เลือกวัสดุที่มีผลกระทบน้อยต่อสภาพแวดล้อมในระหว่างการผลิตการใช้งานและ การกำจัดทิ้ง<br>- เลือกใช้วัสดุที่ไม่เป็นวัสดุหายาก<br>- เลือกวัสดุที่ไม่เป็นวัสดุที่ถูกควบคุมตามกฎหมายใหม่ๆซึ่งจะต้องพิจารณาตลอด ตั้งแต่ระหว่างการผลิตการใช้งานและการกำจัดทิ้ง |
| อรรถประโยชน์ | -ลดการใช้วัสดุในแต่ละชิ้นส่วน<br>-เลือกวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่<br>-ต้องแน่ใจว่าผลิตภัณฑ์สามารถถอดประกอบได้ง่าย<br>-สามารถจำแนกชนิดของวัสดุได้ง่าย |
| การนำวัสดุกลับมาใช้ ใหม่ | -ลดการใช้วัสดุหลายประเภทในการผลิตภัณฑ์เดียวกัน<br>-ใช้การออกแบบที่เป็นการรวมกันของชิ้นส่วน<br>-ลดขั้นตอนในการประกอบ<br>-ใช้ชิ้นส่วนและขั้นตอนที่ง่ายและเป็นมาตรฐาน<br>-แสดงตำแหน่งในการแยกชิ้นส่วนไว้ชัดเจน<br>-ระบุตำแหน่งรายการที่ต้องมีการล้างสารเชื่อมประสานและสารเคลือบ<br>-แสดงรายละเอียดบนชิ้นส่วนตามชนิดของวัสดุเพื่อง่ายต่อการจำแนก |

### 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

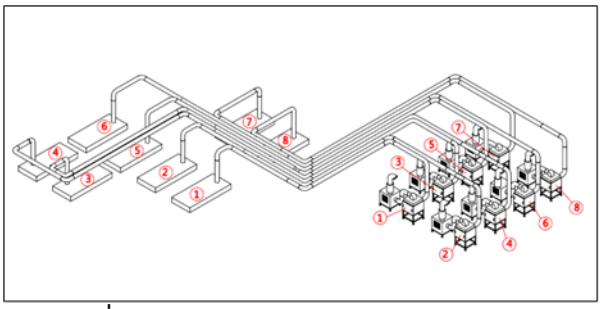
อธิพันธ์ ลอยเมืองกลาง, 2561 [4] ได้ทำการศึกษาประสิทธิผลของการปรับปรุงระบบกำจัดฝุ่นไม้ซึ่งทำการศึกษา ทดลองกับเครื่องขัดงานไม้ และเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลของการระบายฝุ่นไม้ด้วยการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้โดยการใช้หลักการแนวคิด และวิธีการออกแบบทาง วิศวกรรมมาช่วยในการคำนวณค่าอัตราการไหลของอากาศขนาด และความยาวของท่อนำอากาศ โดยคำนึงถึงคุณสมบัติของวัสดุนั้น ๆ ต้นทุน รวมถึงสามารถผลิตใช้งานได้จริงและทำการเปรียบเทียบประสิทธิผลของการระบายฝุ่นไม้ด้วยการ

ตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้แบบ ฝุ่นรวม (Total dust) ก่อน และหลังการติดตั้งระบบระบายอากาศ ซึ่งแบ่งชนิดของตัวอย่างฝุ่นไม้ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ไม้เนื้อแข็ง ไม้เนื้ออ่อน และแผ่นไม้ผสม ผลที่ได้จากการศึกษาพบว่า ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้ทั้ง 3 ประเภท ชนิดของแผ่นไม้ผสมมีประสิทธิผลของการกำจัดฝุ่นไม้มากที่สุด โดยมีปริมาณฝุ่นไม้ลดลงโดยเฉลี่ย 87 เปอร์เซ็นต์ชนิดของไม้เนื้ออ่อนมีปริมาณฝุ่นไม้ลดลงโดยเฉลี่ย 66 เปอร์เซ็นต์ชนิดของไม้เนื้อแข็ง มีปริมาณฝุ่นไม้ลดลงโดยเฉลี่ย 59 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งหลังจากการทดลองพบว่าสามารถลดต้นทุนในการจัดสร้างได้มาก และยังสามารถนำไปพัฒนาใช้เป็นมาตรฐานสำหรับการควบคุมฝุ่นไม้ ในโรงฝึกงานต่อไป

## 3. วิธีการวิจัย (Methodology)

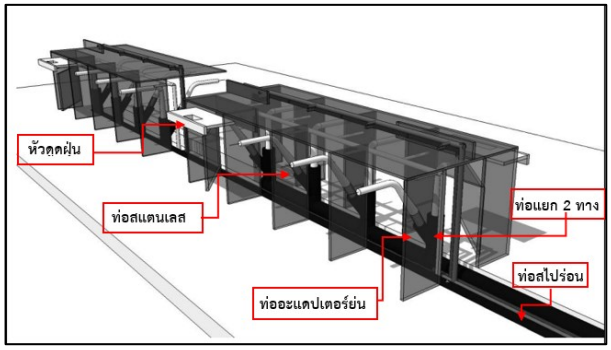
3.1 เข้าทำการตรวจสอบปัญหาและตรวจวัดค่าปริมาณอัตราการเกิดฝุ่นก่อนทำการออกแบบและติดตั้งระบบดูดฝุ่น ด้วยเครื่องตรวจวัดฝุ่น Particle Counter รุ่น DT-96 โดยใช้มาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศโดยทั่วไปขององค์กรอนามัยโลกเป็นตัวชี้วัดปริมาณฝุ่นว่าเกินค่ามาตรฐานหรือไม่

3.2 ทำการวางผังอุปกรณ์และท่อที่ใช้สำหรับการดูดฝุ่น โดยเลือกใช้เป็นท่อส่งลมเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสี ขนาด ø 10 นิ้ว เดินซ่อนขึ้นบนฝ้าเข้าสู่โต๊ะแต่งเจียรฟันปลอมแต่ละตัว และแยกเข้าสู่หัวดูดแต่ละหัวผ่านท่อแยกสแตนเลทขนาด ø 2 นิ้ว โดยท่อแยกสแตนเลทนี้จะต่อเข้ากับท่อย่นอะแดปเตอร์ ขนาด ø 2 นิ้ว และต่อเข้ากับท่อสแตนเลทขนาด ø 2 นิ้ว ที่เชื่อมต่ออยู่กับหัวดูดฝุ่นที่ใช้สำหรับดูดฝุ่นจากการแต่งเจียรบนโต๊ะแต่งเจียรฟันปลอม ในส่วนของชุดกรองฝุ่นได้เลือกใช้โบลเวอร์ขนาดใบพัดเส้นผ่าศูนย์กลาง 14 นิ้ว มอเตอร์ขนาด 5 HP 380 V. 50/60 Hz. ถุงกรองฝุ่น Bag Filter ขนาด 30x60 CM. สำหรับกรองฝุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่า 10 ไมครอน และชุดมอเตอร์สำหรับเขย่าฝุ่น ขนาด 1 HP 1450 รอบ/นาที AC 380 V. 50HZ. มี Timer ตั้งเวลา

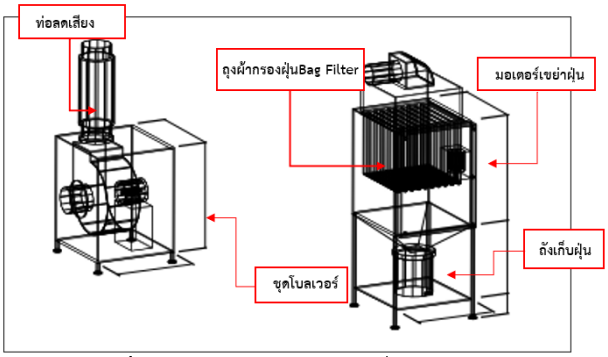


**ภาพที่1**ผังการวางและเดินท่อเข้าสู่โต๊ะแต่งเจียรฟัน

จากภาพแสดงให้เห็นถึงระบบของเครื่องดูดฝุ่นที่ทำการออกแบบในห้องตกแต่งฟันปลอม โดยใช้ท่อส่งลมขนาด ø 10 นิ้ว เป็นท่อหลักในการดูดฝุ่น ที่เกิดจากการตกแต่งฟันปลอมจากท่อแยกที่โต๊ะงานส่งไปยังชุดกรองฝุ่น




จากภาพแสดงให้เห็นถึงระบบที่ถูกออกแบบและซ่อนไว้ที่ใต้โต๊ะตกแต่งฟันปลอม โดยมีท่อแยกขนาด ø 2 นิ้ว ที่เชื่อมมาจากท่อส่งลม โดยท่อแยกนี้จะต่อเข้ากับท่อย่นอะแดปเตอร์ ขนาด ø 2 นิ้ว และต่อเข้ากับท่อสแตนเลทขนาด ø 2 นิ้ว ที่เชื่อมต่ออยู่กับหัวดูดฝุ่นที่ใช้สำหรับดูดฝุ่นจากการตกแต่งฟันปลอมบนโต๊ะตกแต่งฟันปลอม




**ภาพที่3** ชุดตู้โบลเวอร์และชุดเครื่องกรองฝุ่น

จากภาพแสดงให้เห็นถึงระบบชุดกรองฝุ่น ได้เลือกใช้โบลเวอร์ขนาดใบพัดเส้นผ่าศูนย์กลาง 14 นิ้ว มอเตอร์ขนาด 5 HP 380 V. 50/60 Hz. ถุงกรองฝุ่น Bag

Filter ขนาด 30x60 CM. สำหรับกรองฝุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่า 10 ไมครอน และชุดมอเตอร์สำหรับเขย่าฝุ่น ขนาด 1 HP 1450 รอบ/นาที AC 380 V. 50HZ. มี Timer ตั้งเวลา และถังเก็บฝุ่นที่ใช้ในการเก็บฝุ่นทีเกิดจากการเขย่าของชุดกรองฝุ่น

## 4. ผลการวิจัย (Results)

จากการตรวจวัดปริมาณฝุ่นที่เกิดขึ้นภายในห้องปฏิบัติงานทางทันตกรรมเบื้องต้น เพื่อศึกษาปัญหาและปริมาณของฝุ่นละอองที่เป็นมลพิษ โดยทำการตรวจวัดปริมาณฝุ่นด้วยเครื่องมือวัดฝุ่น Particle Counter รุ่น DT-96 ตลอดระยะเวลา 10 วัน ก่อนที่จะทำการติดตั้งระบบดูดฝุ่น พบว่าค่าปริมาณการเกิดของฝุ่น PM 10 และ PM 2.5 เกินค่ามาตรฐานที่องค์กรอนามัยโลกกำหนดไว้โดยค่ามาตรฐานฝุ่น PM 10 ไม่ควรเกิน 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ PM 2.5 ไม่ควรเกิน 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ใน 24 ชั่วโมง

ระยะเวลา 10 วัน ก่อนที่จะทำการติดตั้งระบบดูดฝุ่น พบว่าค่าปริมาณการเกิดของฝุ่น PM 10 และ PM 2.5 เกินค่ามาตรฐานที่องค์กรอนามัยโลกกำหนดไว้โดยค่ามาตรฐานฝุ่น PM 10 ไม่ควรเกิน 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ PM 2.5 ไม่ควรเกิน 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ใน 24 ชั่วโมง

**ตารางที่ 2** ค่าฝุ่นละออง PM 10 และ PM 2.5 ที่วัดได้ ก่อนติดตั้งระบบดูดฝุ่น

| วันที่วัดค่าฝุ่นละออง | ค่าฝุ่นที่วัดได้ mg /m³ | | ค่ามาตรฐานฝุ่น PM.10/ 24 ชม. | ค่ามาตรฐานฝุ่น PM 2.5 / 24 ชม. |
|---|---|---|---|---|
| | PM 10 | PM 2.5 | | |
| 15 ก.พ 64 | 0.091 | 0.070 | | |
| 16 ก.พ 64 | 0.095 | 0.073 | | |
| 17 ก.พ 64 | 0.094 | 0.068 | | |
| 18 ก.พ 64 | 0.089 | 0.065 | | |
| 19 ก.พ 64 | 0.092 | 0.069 | 0.050 mg /m³ | 0.025 mg /m³ |
| 22 ก.พ 64 | 0.097 | 0.071 | | |
| 23 ก.พ 64 | 0.095 | 0.073 | | |
| 24 ก.พ 64 | 0.094 | 0.072 | | |
| 25 ก.พ 64 | 0.096 | 0.077 | | |
| 26 ก.พ 64 | 0.093 | 0.071 | | |
| **ค่าเฉลี่ยอัตราการเกิดฝุ่นต่อวัน** | **0.094** | **0.071** | | |

จากตารางที่ 2 เป็นตารางแสดงค่าปริมาณการเกิดฝุ่น PM 10 และ PM 2.5 ในแต่ละวันที่ได้เข้าทำการตรวจวัด จากการตรวจวัดพบค่าเฉลี่ยอัตราการเกิดฝุ่น PM 10 ต่อวันเท่ากับ 0.094 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ PM 2.5 เท่ากับ 0.071 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งถือว่าเกินกว่าค่ามาตรฐานฝุ่นละอองขนาดเล็กขององค์การอนามัยโลกกำหนดไว้

จากการติดตั้งระบบดูดฝุ่นสามารถคำนวณผลต่างๆ ในการออกแบบได้ดังนี้

**หาค่าต่างๆ จากสมการ**

- หาความดันจลน์ในระบบ จากสมการ

  $VP = \left(\frac{V}{4{,}005}\right)^2$ หรือ $V = 4{,}005\sqrt{VP}$

- หาหาค่าความดันรวมทั้งหมดของระบบจากสมการ

  $TP = SP + VP$

- หาแฟกเตอร์ความเสียดทาน ($H_f$ ) ภายในท่อตรง จากสมการ

  $H_f = 12\frac{f}{D}$ หรือ $= \frac{a\,V^b}{Q^c}$

- หาความดันสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานในท่อ ($h_{L1}$) ยาว 3 เมตร จากสมการ

  $h_L = \left(12\frac{f}{D}\right) L\,VP$ หรือ $= H_f \times L \times VP$

- ความดันสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานในท่อเลี้ยวทั้งหมดจำนวน 3 โค้ง ($h_{L2}$ ) จากสมการ

  $H_L = F\,VP$

- หาความดันจลน์ของท่อแยก เมื่อ V = 1,800 fpm จากสมการ

  $VP = \left(\frac{V}{4{,}005}\right)^2$ หรือ $V = 4{,}005\sqrt{VP}$

- หาความดันรวมของท่อแยกจากสมการ

  $TP = SP + VP$

- หาแฟกเตอร์ความเสียดทาน ($H_f$ ) ที่ท่อแยก จากสมการ

  $H_f = 12\frac{f}{D}$ หรือ $= \frac{a\,V^b}{Q^c}$

- ความดันสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานในท่อแยก($h_{L3}$) ยาว 20 เซนติเมตร จากสมการ

  $h_L = \left(12\frac{f}{D}\right) L\,VP$ หรือ $= H_f \times L \times VP$

ความดันสูญเสียในท่อแยกเนื่องจากความเสียดทานในท่อเลี้ยว ($h_{L4}$ ) ทั้งหมดจำนวน 2 โค้ง จากสมการ

$$H_L = F\,VP$$

**ตารางที่ 3** ผลการคำนวณระบบท่อตรง

| ลำดับ | รายการคำนวณ | หน่วย | 1-A 8 ม. | 2-A 10 ม. | 3-B 6 ม. | 4-C 2 ม. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | อัตราการไหลของอากาศ (Q) | cfm | 2016 | 2016 | 2016 | 2016 |
| 2 | ความเร็วจริงของอากาศภายในท่อขนาด 10 นิ้ว (V) | fpm | 3600 | 3600 | 3600 | 3600 |
| 3 | พื้นที่หน้าตัดหัวดูด (A) Ø2 นิ้ว | ft2 | 0.0218 | 0.022 | 0.022 | 0.022 |
| 4 | ความดันสถิต (SP ) | $inch^2$ | 1.54 | 1.54 | 1.54 | 1.54 |
| 5 | ความดันจลน์ในระบบ (VP) | in.wg | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 6 | ความดันรวมทั้งหมดของระบบ (TP) | in.wg | 2.34 | 2.34 | 2.34 | 2.34 |
| 7 | แฟกเตอร์ความเสียดทาน ($H_f$ ) | | 0.0229 | 0.023 | 0.023 | 0.023 |
| 8 | ความดันสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานในท่อ($h_{L4}$) | in.wg | 0.18 | 0.18 | 0.18 | 0.18 |
| 9 | ความดันสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานในท่อโค้ง 5 โค้ง ($h_{L2}$ ) | in.wg | 0.76 | 0.76 | 0.76 | 0.76 |

**ตารางที่ 4** ผลการคำนวณระบบท่อแยก

| ลำดับ | รายการคำนวณ | หน่วย | ค่าที่คำนวณได้ |
|---|---|---|---|
| 1 | อัตราการไหลของอากาศที่ท่อแยก (Q) | cfm | 1008 |
| 2 | ความเร็วจริงของอากาศภายในท่อแยก (V) | fpm | 1800 |
| 3 | ความดันสถิตของท่อแยก(SP ) | in.wg | 0.77 |
| 4 | ความดันจลน์ของท่อแยก(VP) | in.wg | 0.2 |
| 5 | ความดันรวมของท่อแยก TP | in.wg | 0.97 |
| 6 | แฟกเตอร์ความเสียดทาน ($H_f$ ) ที่ท่อแยก | | 0.021 |
| 7 | ความดันสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานในท่อแยก($h_{L4}$) | in.wg | 0.18 |
| 8 | ความดันสูญเสียในท่อแยกเนื่องจากความเสียดทานในท่อเลี้ยว ($h_{L4}$ ) | in.wg | 0.05 |

- ปริมาณลมที่ท่อลมดูด ขนาด Ø 2 นิ้ว ค่าความเร็วลม = 8.2 m/s

$$Q = 35.19\ ft^3/min$$

- ปริมาณอากาศที่ทำการดูดไปต่อ 1 โต๊ะปฏิบัติงาน ติดตั้งท่อดูดอากาศจำนวน 10 ชุด

$$Q = 351.9\ ft^3/min$$

- ปริมาณอากาศที่ดดอออกจากห้องปฏิบัติการทันตกรรมทั้งหมด ภายในห้องมีโต๊ะจำนวน 8 โต๊ะ ติดตั้งชุดดูดจำนวน 10 ตัว ต่อ 1 โต๊ะ

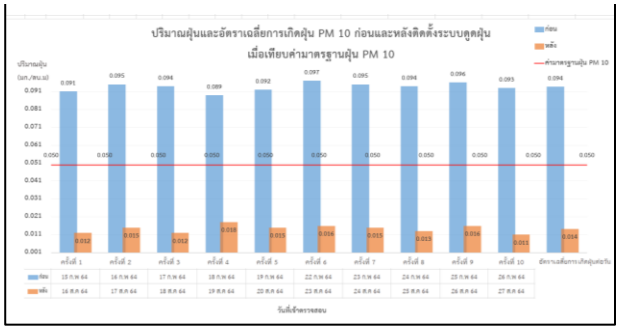
$$Q = 2815.2\ ft^3/min$$

หลังจากติดตั้งระบบดูดฝุ่นภายในห้องปฏิบัติงานทางทันตกรรมเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงได้เข้าทำการ ทดสอบระบบและวัดค่าปริมาณอัตราการเกิดฝุ่นทั้งหมด 10 ครั้ง ในระยะเวลา10 วัน ในขณะเจ้าหน้าที่และนักศึกษาเข้าปฏิบัติงานภายในห้อง

**ตารางที่ 5** ค่าฝุ่นละออง PM 10 และ PM 2.5 ที่วัดได้หลังติดตั้งระบบดูดฝุ่น

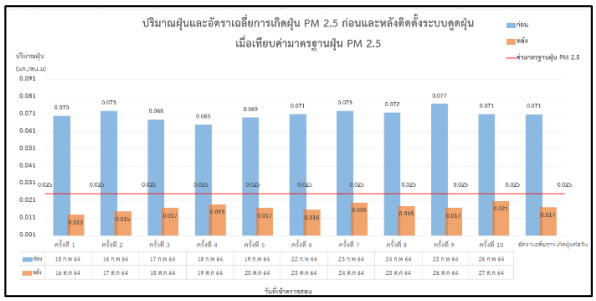
| วันที่วัดค่าฝุ่นละออง | ค่าฝุ่นที่วัดได้ mg /$m^3$ | | ค่ามาตรฐานฝุ่น PM 10/ 24 ชม. | ค่ามาตรฐานฝุ่น PM 2.5 / 24 ชม. |
|---|---|---|---|---|
| | PM 10 | PM 2.5 | | |
| 16 ส.ค 64 | 0.012 | 0.013 | | |
| 17 ส.ค 64 | 0.015 | 0.015 | | |
| 18 ส.ค 64 | 0.012 | 0.017 | | |
| 19 ส.ค 64 | 0.018 | 0.019 | | |
| 20 ส.ค 64 | 0.015 | 0.017 | 0.050 | 0.025 |
| 23 ส.ค 64 | 0.016 | 0.016 | mg /$m^3$ | mg /$m^3$ |
| 24 ส.ค 64 | 0.015 | 0.020 | | |
| 25 ส.ค 64 | 0.013 | 0.018 | | |
| 26 ส.ค 64 | 0.016 | 0.017 | | |
| 27 ส.ค 64 | 0.011 | 0.021 | | |
| ค่าเฉลี่ยอัตราการเกิดฝุ่นต่อวัน | 0.014 | 0.017 | | |

จากตารางที่ 5 เป็นตารางแสดงค่าปริมาณการเกิดฝุ่น PM 10 และ PM 2.5 ในช่วงระยะเวลา 10 วัน หลังจากการติดตั้งระบบดูดฝุ่น จากการตรวจสอบพบว่าปริมาณฝุ่น PM 10 และ PM 2.5 ลดลงโดยค่าเฉลี่ยอัตราการเกิดฝุ่น PM 10 ต่อวันเท่ากับ 0.014 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ PM 2.5 เท่ากับ 0.017 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งพบว่าอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานฝุ่นละอองขนาดเล็กขององค์การอนามัยโลกกำหนดไว้




**ภาพที่ 4** ปริมาณฝุ่นและอัตราเฉลี่ยการเกิดฝุ่น PM 10 ก่อนและหลังติดตั้งระบบดูดฝุ่นเมื่อเทียบค่ามาตรฐานฝุ่น PM 10

จากภาพที่ 4 เป็นกราฟแสดงปริมาณฝุ่นและอัตราเฉลี่ยการเกิดฝุ่น PM 10 ก่อนและหลังติดตั้งระบบดูดฝุ่นเมื่อเทียบค่ามีอัตราเฉลี่ยการเกิดฝุ่นหลังติดตั้งระบบดูดฝุ่นมีค่าเท่ากับ 0.014 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีอัตราเฉลี่ยการเกิดฝุ่น PM 10 ต่อวันลดลง 0.079 คิดเป็นร้อยละ 85 ซึ่งถือว่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานฝุ่น PM 10 โดยมาตรฐานฝุ่น PM 10 ขององค์อนามัยโลกกำหนดไว้ที่ 0.050 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร / 24 ชั่วโมง




**ภาพที่ 5** ปริมาณฝุ่นและอัตราเฉลี่ยการเกิดฝุ่น PM 2.5 ก่อนและหลังติดตั้งระบบดูดฝุ่นเมื่อเทียบค่ามาตรฐานฝุ่น PM 2.5

จากภาพที่ 5 เป็นกราฟแสดงปริมาณฝุ่นและอัตราเฉลี่ยการเกิดฝุ่น PM 2.5 ก่อนและหลังติดตั้งระบบดูดฝุ่นเมื่อเทียบค่ามาตรฐานฝุ่น PM 2.5จากกราฟเมื่อนำค่าปริมาณฝุ่น PM 2.5 ก่อนและหลังติดตั้งมีอัตราเฉลี่ยการเกิดฝุ่นหลังติดตั้งระบบดูดฝุ่นมีค่าเท่ากับ 0.017 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีอัตราเฉลี่ยการเกิดฝุ่น PM 2.5 ต่อวันลดลง 0.054 คิดเป็นร้อยละ 76 ซึ่งถือว่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานฝุ่น PM 2.5 โดยมาตรฐานฝุ่น PM 2.5 ขององค์อนามัยโลกกำหนดไว้ที่ 0.025 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร / 24 ชั่วโมง

## 5. การอภิปราย (Discussion)

จากการออกแบบติดตั้งระบบดูดฝุ่นในห้องปฏิบัติงานทางทันตกรรม เพื่อลดปริมาณฝุ่นละอองที่เกิดจากการขัดตกแต่งฟันปลอม งานวิจัยนี้จึงได้นำทฤษฎีในการออกแบบระบบระบายอากาศเฉพาะที่มาเป็นแนวทางในออกแบบระบบดูดฝุ่นให้ได้ตามมาตรฐานฝุ่นละอองขนาดเล็กขององค์อนามัยโลก หลังจากทำการติดตั้งระบบดูดฝุ่นจึงได้เริ่มทำการทดลองระบบดูดฝุ่น โดยเข้าทำการวัดปริมาณฝุ่นขณะที่เจ้าหน้าที่และนักศึกษาเข้าปฏิบัติงานภายในห้องปฏิบัติงานทางทันตกรรม ในระยะ 10 วัน พบว่าอัตราเฉลี่ยการเกิดฝุ่น PM 10 ต่อวัน เท่ากับ 0.012 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 85 และ PM 2.5 เท่ากับ 0.013 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 76 ซึ่งเมื่อนำค่าเฉลี่ยอัตราการเกิดฝุ่นหลังจากทำการติดตั้งระบบดูดฝุ่นไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานฝุ่นละอองขนาดเล็กองค์อนามัยโลกพบว่าค่าเฉลี่ยอัตราการเกิดฝุ่นที่อยู่ในเกณฑ์ที่องค์การอนามัยโลกกำหนดไว้ทั้งค่ามาตรฐานฝุ่น PM 10 และ PM 2.5 และเมื่อเทียบกับการลดความเสี่ยงจากการปฏิบัติงานจึงสอดคล้องกับระบบมาตรฐาน ISO 45001: 2018 (ระบบมาตรฐานการจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย) ในด้านลดการสัมผัสฝุ่นที่เกิดจากการขัดตกแต่งเจียรฟันปลอม ลดการสูดดมฝุ่นที่เกิดจากการขัดตกแต่งเจียรฟันปลอม ลดความเสี่ยงต่อการเจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจทั้งในระยะสั้นและระยะยาว และลดอาการเจ็บป่วยที่เกิดจากการปฏิบัติงานภายในห้องปฏิบัติงานทางทันตกรรม ซึ่งส่งผลดีต่อสุขภาพกายและใจทำให้ผู้ที่เข้าปฏิบัติงานมีทัศนคติที่ดีต่อห้องปฏิบัติการทางทันตกรรมในระยะยาว ทำให้สอดคล้องกับ ระบบมาตรฐาน ISO14001:2015 (ระบบมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อมในที่ทำงาน) ในด้านความเชื่อมั่นในการลดปัญหาสภาพแวดล้อมในการทำงานเพื่อเพิ่มศักยภาพในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดการปล่อยมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก ทำให้เกิดการบริหารงานด้านสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบ ห้องปฏิบัติการทางทันตกรรมได้รับความเชื่อมั่นและมีความไว้วางใจในเรื่องคุณภาพ ซึ่งเป็นการช่วยส่งเสริมสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้แก่มหาวิทยาลัย

## 6. สรุปผล (Conclusion)

การดำเนินโครการนี้เพื่อออกแบบติดตั้งระบบดูดฝุ่นสำหรับงานขัดตกแต่ง เจียรฟันปลอมในห้องปฏิบัติงานทางทันตกรรม โดยใช้หลักการออกแบบระบบระบายอากาศเฉพาะที่มาออกแบบระบบดูดฝุ่น จากการออกแบบได้เริ่มทำการเข้าเก็บตัวอย่างปริมาณอัตราการเกิดฝุ่นที่เกิดจากการขัดตกแต่งเจียรฟันปลอม และทำการเปรียบเทียบประสิทธิผลของการระบายฝุ่นเพื่อให้สามารถลดปริมาณความเข้มข้นของฝุ่น ซึ่งได้ออกแบบลักษณะหัวดูดให้เป็นหัวดูดฝุ่นแบบปากเรียบขนาด ø 2 นิ้ว ใช้ท่อส่งลมขนาด ø 10 นิ้ว ทำจากเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีเป็นส่วนที่ทำหน้าที่นำอากาศ ส่งต่ออากาศที่รวบรวมโดยหัวดูดผ่านต่อไปในระบบเพื่อเข้าสู่ถุงกรองฝุ่น Bag Filter และถังเก็บฝุ่นต่อไป สำหรับขนาดห้อง 18*18*2.7 เมตร ได้เลือกใช้มอเตอร์ที่ขับโบลเวอร์ขนาด 5 HP. ที่ความถี่ 50/60 Hz ขนาดใบพัดเส้นผ่าศูนย์กลาง 14 นิ้ว หลังจากทำการติดตั้งวัดค่าความเร็วของอากาศบริเวณด้านหน้าหัวดูดได้เท่ากับ 8.2 m/s ซึ่งมีค่าสูงกว่าความเร็วต่ำสุดที่ต้องการ อีกทั้งยังทำให้ความเร็วหน้าฮูดและความเร็วภายในท่อเป็นไปตามค่ามาตรฐานของ ACGIH ซึ่งจะส่งผลให้การดูดฝุ่นในห้องปฏิบัติงานทางทันตกรรมมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

ผลการเก็บตัวอย่างปริมาณการเกิดฝุ่นก่อนและหลังติดตั้งระบบดูดฝุ่น ก่อนทำการติดตั้งมีค่าอัตราเฉลี่ยการเกิดฝุ่น PM 10 ต่อวันเท่ากับ 0.091 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ PM 2.5 เท่ากับ 0.070 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งเกินค่ามาตรฐานฝุ่นละอองขนาดเล็กขององค์การอนามัยโลก

โดยค่ามาตรฐานของ PM 10 จะอยู่ที่ 0.050 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ PM 2.5 จะอยู่ที่ 0.025 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หลังจากทำการติดตั้งเมื่อทำการเข้าทำการเก็บตัวอย่างปริมาณการเกิดฝุ่นพบว่าปริมาณของฝุ่นที่ยังคงหลงเหลือและลอยปะปนอยู่ในอากาศมีค่าลดลง โดยอัตราเฉลี่ยการเกิดฝุ่น PM 10 ต่อวัน เท่ากับ 0.012 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ PM 2.5 เท่ากับ 0.013 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งถือว่าค่าเฉลี่ยของฝุ่นที่ยังคงหลงเหลือภายในห้องปฏิบัติงานทางทันตกรรมเป็นไปตามมาตรฐานขององค์การอนามัยโลกกำหนด

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการออกแบบระบบดูดฝุ่นในห้องปฏิบัติงานทางทันตกรรม โดยระบบดูดฝุ่นสามารถลดปริมาณฝุ่นที่มีอยู่ในพื้นที่การปฏิบัติงานเป็นการลดความเสี่ยงต่อการเจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจและมีความปลอดภัยจากการปฏิบัติการทำงานทั้งด้านสุขภาพ และจิตใจของเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงาน และนักศึกษา

## 7. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี เนื่องด้วยได้รับความช่วยเหลือและสนับสนุนจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ชานนท์ มูลวรรณ และอาจารย์ธนิต แก้วสุวรรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ซึ่งเป็นผู้คอยชี้แนะ ถ่ายทอดความรู้ประสบการณ์ที่มีความสำคัญตลอดระยะเวลาที่ได้รับการศึกษา ที่เป็นความรู้รากฐานในการดำเนินโครงงาน กลุ่มผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ ที่กรุณาสั่งสอนให้ความรู้ที่มีความสำคัญต่อการดำเนินโครงงานมาตลอดจนปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต ที่ได้ให้ความรู้และสถานที่ดำเนินโครงงาน ทั้งเป็นศูนย์กลางติดต่อประสานงาน ตลอดระยะเวลาในการดำเนินโครงงานจนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ที่ให้โอกาสในการดำเนินโครงงานวิจัย รวมทั้งให้การสนับสนุนด้านสถานที่ในการเก็บข้อมูลและปฏิบัติงานและให้คำปรึกษาที่เกี่ยวข้องกับห้องปฏิบัติการทางทันตกรรม ซึ่งเป็นส่วนสำคัญยิ่งที่ทำให้การออกแบบติดตั้งระบบดูดฝุ่นในห้องปฏิบัติการทางทันตกรรมนี้ดำเนินงานจนเสร็จสมบูรณ์

สุดท้ายนี้บุคคลที่ข้าพเจ้ามิอาจจะลืมกล่าวถึงในพระคุณของท่าน คือ บิดา มารดา ผู้ซึ่งเปิดโอกาสให้ข้าพเจ้าได้ศึกษาเล่าเรียนคอยสนับสนุนช่วยเหลือ และให้กำลังใจจนประสบความสำเร็จมาจนกระทั่งบัดนี้

## 8. เอกสารอ้างอิง (References)

[1] WHO Air Quality Guideline (2562, 17 มกราคม) มลพิษทางอากาศ

[2] ISO 45001ระบบมาตรฐานการจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย

[3] ระบบมาตรฐาน ISO14001:2015 การจัดการมาตรฐานสิ่งแวดล้อมในที่ทำงาน

[4] อธิพันธ์ ลอยเมืองกลาง (2561) การปรับปรุงระบบกำจัดฝุ่นไม้ในโรงฝึกงานวิชาอุตสาหกรรมของโรงเรียนแห่งหนึ่งในเขตกรุงเทพมหานคร วิทยานิพนธ์สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

[5] กรมอนามัยและกรมควบคุมโรค(2558 ,มีนาคม) แนวทางการเฝ้าระวังพื้นที่เสี่ยงจากมลพิษทางอากาศ (พิมพ์ครั้งที่ 2) โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์แห่งประเทศทยจำกัด

[6] วีรพล ปานศรีนวล , พงศ์เทพ วีระพงศ์ (2555) ไซโคลนดักฝุ่นจากกระบวนการหัตถกรรมกะลามะพร้าวของกลุ่มคนพิการ ศูนย์การศึกษาประจำจังหวัดนครศรีธรรมราชวิทยานิพนธ์สาขาเทคโนโลยีอุตสาหการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

[7] พรพิมล กองทิพย (2543) สุขศาสตร์อุตสาหกรรม ภาควิชาอาชีวอนามัย กรุงเทพฯ : นำอักษรการพิมพ์

[8] วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์. (2557). การระบายอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม สำหรับนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรม และนักชีวอนามัย (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ภาควิชาอาชีวอนามัยและ ความ

ปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

[9] กฤษณา ศุภจิตรานนท์,นันทิยา หาญศุภลักษณ์ (2554) การควบคุมปริมาณไอระเหยของน้ำมันก๊าดในกระบวนการเตรียมผิวชิ้นงานด้วยระบบระบายอากาศเฉพาะที

[10] เสาวภา เพชรสังฆาต. (2550). การออกแบบระบบระบายอากาศ สำหรับงานเชื่อมโลหะในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ วิทยานิพนธ์สาขาวิศวกรรมความปลอดภัยคณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[11] การระบายอากาศแบบเฉพาะที่ (2557,12 กุมภาพันธ์

[12] ฉัตรชัย นิมมล (2550) ระบบกำจัดฝุ่นและระบายอากาศ พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี : (ญี่ปุ่น-ไทย)

[13] รูปแบบถุงผ้ากรอง Bag filter สืบค้นเมื่อ 24 มกราคม 2565

[14] ปิยะพงษ์ หล้าคำเปียง, วัชรพล กาวิตา และอภิรมณ์ ทิสาระ (2550) การออกแบบและพัฒนาเครื่อง เก็บฝุ่น วิทยานิพนธ์สาขาเทคโนโลยีอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาลำปาง

[15] รศ.ดร.วัสสนัย วรรธนัจฉริยา (2555) การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[16] จงกล สังข์อ่วม,วสุรัตน์ บุญเพ็ง และ ธารทิพย์ ทองมี(2564) การออกแบบระบบระบายอากาศเฉพาะที่ในแผนกทอดอาหารปลา สาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีแห่งสุวรรณภูมิ

[17] อรวรรณ คีรนิล และคณะ(2559) การศึกษาผลกระทบจากฝุ่นละอองขนาดเล็กต่อสุขภาพที่ประชาชนได้รับจากการใช้บริการรถโดยสารประจำทางสาธารณะสาย 84 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

[18] พีระ บุญเปลื้อง (2547) การศึกษาผลกระทบของฝุ่นปูนซีเมนต์ ที่มีผลต่อสมรรถภาพปอด : กรณีศึกษาบริษัท ทีพีไอโพลีน จำกัด (มหาชน) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ/กรุงเทพฯ.