

## การปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารและการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งหลอดรังสี UVC ในอาคารสำนักงาน

### IMPROVEMENT OF INDOOR AIR QUALITY AND ECONOMIC ANALYSIS OF THE INSTALLED UVC LAMPS IN THE AIR-CONDITIONING SYSTEM IN OFFICE BUILDINGS

ศิริกัญญา ทราฤทธิ์<sup>1</sup>  
ผศ.ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์<sup>2</sup>

#### บทคัดย่อ

คุณภาพอากาศภายในอาคารนั้นส่งผลโดยตรงต่อความเป็นอยู่ที่ดีและการเจ็บป่วยของผู้ใช้อาคาร ในอาคารสำนักงานนั้นผู้ใช้อาคารต้องอยู่ภายในอาคารเป็นเวลานานสำหรับกิจกรรมต่าง ๆ อาคารส่วนใหญ่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศและระบายอากาศเพื่อจัดการกับคุณภาพของอากาศภายในอาคาร การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการวิเคราะห์สมรรถนะและเศรษฐศาสตร์ของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งหลอดรังสี UVC ในการลดการแพร่เชื้อโรคภายในอาคาร การศึกษานี้ใช้หลอดรังสี UVC ปลดปล่อยรังสีความยาวคลื่น 253.7 nm เป็นคลื่นระยะสั้นและคงที่ตลอดอายุการใช้งาน 18,000 ชั่วโมง โดยทำการติดตั้งบนพื้นที่คอยล์จำนวน 33,972.50 cm<sup>2</sup> กำหนดให้แต่ละหลอดอยู่ในระยะห่าง 80 cm หน้าผิวคอยล์ ผลการศึกษาแสดงการทดสอบ Swab Test ก่อนและหลังติดตั้งพบว่า ในช่วงก่อนทำการติดตั้ง UVC มีปริมาณเชื้อ 2.6 x 10<sup>5</sup> CFU/swab และ หลังทำการติดตั้งหลอด UVC มีปริมาณเชื้ออยู่ที่ 0.69 x 10<sup>2</sup> CFU/swab ซึ่งสามารถลดปริมาณเชื้อได้อยู่ที่ 99.96% การติดตั้งหลอดรังสี UVC ในระบบปรับอากาศมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 3 ปี 6 เดือน นอกจากนั้นแล้วการติดตั้งหลอดรังสี UVC ยังช่วยเพิ่มการป้องกันและควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อโรคในระบบปรับอากาศได้รวมถึงควบคุมการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19

**คำสำคัญ:** หลอดรังสี UVC, โควิด-19, อาคารสำนักงาน, คุณภาพอากาศภายในอาคาร

<sup>1</sup> นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทางวิศวกรรม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

<sup>2</sup> ที่ปรึกษาการศึกษาวิจัยบุคคลหลัก

## ABSTRACT

Indoor air quality (IAQ) is directly affected by the well-being and sick building syndrome of the occupants. In office buildings, the occupants usually spend a long time on various activities. The air-conditioning and ventilation systems are installed in most buildings to manage the IAQ. The objective of this research is to analyze the performance and economics of the installed UVC lamps in air-conditioners to reduce the contaminants inside the building. The study used UVC lamps emitting a wavelength of 253.7 nm, which is a short wavelength and constant throughout the lifetime of 18,000 hours. The installation is on a cooling coil with 33,972.50 cm<sup>3</sup>. Each UVC lamp is set at a distance of 80 cm in front of the cooling coil. Results of the swab test showed that before and after the installation of UVC lamps, the infections were  $2.6 \times 10^5$  CFU/swab and  $0.69 \times 10^2$  CFU/swab, which reduced 99.96%. The installation of UVC lamps has a payback period of 3 years and 6 months. Furthermore, the installation of UVC lamps would help prevent and control the spread of contaminants in the air-conditioning system, including controlling of the covid-19.

**Keywords:** UVC lamps, Covid-19, Office building, Indoor air quality

## บทนำ

ในการดำรงชีวิตแต่ละวันของคนส่วนใหญ่ที่ทำงานในเมืองใช้เวลาในการทำงานภายในอาคารมากถึงร้อยละ 80 จากการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในปัจจุบันทำให้มีการก่อสร้างอาคารเพิ่มมากขึ้นและมีที่ตั้งอยู่ในย่านธุรกิจที่มีประชากรหนาแน่นและการจราจรติดขัด ทำให้มีโอกาสที่จะได้รับมลพิษที่มาจากอากาศทั้งภายนอกและภายในอาคารได้ตลอดเวลา คนส่วนใหญ่มักคิดว่าการอาศัยอยู่ภายใต้อาคารจะปลอดภัยและช่วยหลีกเลี่ยงมลพิษต่างๆ และไม่ส่งผลต่อสุขภาพตนเอง แต่อากาศที่ใช้ภายในอาคารจะมีการหมุนเวียนมาใช้อย่างต่อเนื่องซึ่งทำให้เกิดโอกาสที่อากาศในอาคารนั้นๆ อาจมีการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อมได้ตลอดเวลา (มธุรส ประสมวงศ์ และคณะ, 2561) ผลที่ตามมาคือผู้ที่อาศัยในอาคารนั้นจะเกิดความผิดปกติของร่างกายที่เกิดจากอากาศภายในอาคาร ซึ่งเป็นการเจ็บป่วยของผู้ที่ทำงานภายในอาคารหรือเรียกว่า Sick Building Syndrome (SBS) ได้แก่ มีเจ็บตา หรือเจ็บคอ แสบร้อนในจมูก มีน้ำมูก หนาว เป็นไข้ ผิวงแดงเป็นผื่น อ่อนเพลีย หงุดหงิด ปวดหัว ปวดท้อง ปวดเมื่อยตามร่างกาย หายใจไม่สะดวก เมื่ออยู่ภายในอาคารเหล่านี้ติดต่อกันเป็นเวลานานๆ ย่อมส่งผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานที่ลดลงและอาจก่อให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพต่างๆ ตามมาได้

สถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 ตั้งแต่ปี พ.ศ 2563 ถึงปัจจุบัน ส่งผลให้โอกาสในการใช้ชีวิตที่จะพบมลพิษทางอากาศหรือเชื้อโรคต่างๆ ที่เป็นอันตรายต่อร่างกายนั้นเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงได้ยากสำหรับคนที่ต้องออกไปทำงานนอกบ้านในสำนักงานต่าง ๆ ในปัจจุบันมีพนักงานที่ทำงานในสำนักงานเฉลี่ย 40 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ และใช้เวลาอยู่ในอาคารที่ปิดสนิท มีอากาศในระบบหมุนเวียนอากาศเบาบาง ส่งผลให้พนักงานที่ทำงานในสำนักงานจำนวนไม่น้อย มีอาการผื่นผดผื่นหรือเจ็บป่วยด้วยโรคที่มีสาเหตุมาจากมลพิษทางอากาศภายในอาคารทำให้เห็นได้ว่ามลพิษต่าง ๆ สามารถเข้าสู่ภายในอาคารได้จากหลายทาง อาทิ การเติมอากาศผ่านท่อลมรวมถึงการเปิดประตูและหน้าต่าง ผู้ป่วยที่ติดเชื้อไวรัสโควิด-19 เข้ามาภายในอาคารก็มีโอกาสในการแพร่กระจายเชื้อโรคสู่ผู้อื่นที่อยู่อาศัยร่วมกันภายในอาคารได้เช่นกัน ดังนั้นสาเหตุหลักที่ทำให้คุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality: IAQ) มีคุณภาพต่ำ ได้แก่ ไบโอฟิล์ม (Biofilm), เชื้อราและแบคทีเรีย รวมถึงเชื้อโรคที่อุบัติขึ้นใหม่อย่างโรคเชื้อไวรัสโควิด-19 ซึ่งสามารถเจริญเติบโตอยู่ในระบบปรับอากาศ โดยเฉพาะที่หน้าคอยล์เย็น ซึ่งเครื่องปรับอากาศมีการติดตั้งที่อยู่ทุกพื้นที่ภายในอาคาร ทำให้การหลีกเลี่ยงที่จะไม่สัมผัสกับอากาศที่อาจมีการปนเปื้อนสำหรับคนที่ต้องทำงานหรือผู้มาติดต่อเป็นเรื่องยาก จึงเป็นเรื่องที่ผู้บริหารเกี่ยวกับธุรกิจอาคารสำนักงานต่างๆ ต้องให้ความสำคัญและมีการแก้ไขปัญหาเพื่อสร้างมาตรฐานคุณภาพอากาศที่ดีในอาคารสำนักงาน อีกทั้งสร้างความมั่นใจให้กับผู้เช่าและผู้ที่มาติดต่อในอนาคต

## วัตถุประสงค์

เพื่อวิเคราะห์สมรรถนะและเศรษฐศาสตร์ของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งหลอดรังสี UVC ในการลดการแพร่เชื้อโรคภายในอาคาร

## ระเบียบวิธีวิจัย

อาคารที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ ได้แก่อาคารสำนักงาน ABC เกรดเอ ชั้น 15 มีพื้นที่ทั้งหมดจำนวน 1,353.54 ตารางเมตร งานวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ เพื่อประกอบการศึกษาโดยและเพื่อการวิเคราะห์ฟิล์มชีวภาพของคอยล์ และ เชิงกลของระบบปรับอากาศ ตลอดจนวิเคราะห์การใช้พลังงานของระบบปรับอากาศและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาโดยมีขั้นตอนการทำวิจัย (ภาพที่ 1) ดังนี้

- 1) รวบรวมข้อมูลศึกษาค้นคว้าของอาคาร ABC ชั้น 15 เช่น ข้อมูลลักษณะทางกายภาพและข้อมูลการใช้หลอดไฟ
- 2) รวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์และกำหนดแนวทางการวิเคราะห์ตรวจวัดหาค่าเชื้อจากผลการทดลองติดตั้งหลอดรังสี UVC

3) กำหนดมาตรการออกแบบและติดตั้งระบบ UVGI (Ultraviolet Germicidal Irradiation) ในเครื่องปรับอากาศ

4) เปรียบเทียบประสิทธิภาพความแตกต่างหลังการติดตั้งและ Swab Test

5) สรุปแนวทางการศึกษา ผลการประเมินหลังจากการติดตั้งหลอดรังสี UVC และทางเลือกในโครงการในการศึกษาวิเคราะห์ผลผู้ทำการศึกษาได้นำเสนอวิเคราะห์ผลการทดลองโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ (1) การวัดประสิทธิภาพก่อนหลังการติดตั้ง จากการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตเพื่อการฆ่าเชื้อ และ (2) การ Swab Test เชื้อที่หน้าฟิวคอล์ก่อนและหลังการติดตั้ง

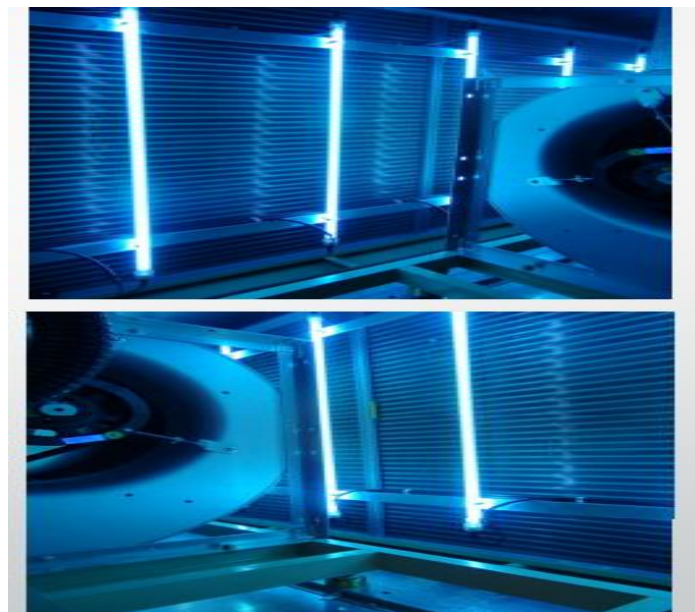


ภาพที่ 1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานวิจัยผลการศึกษา

ภาพที่ 2 แสดงพื้นที่ของอาคารกรณีศึกษา ในการศึกษานี้ผู้วิจัยใช้หลอดไฟ UV Lamp เป็นหลอดแบบ Ballast Electronic ปลั๊กขั้วสีความยาวคลื่น 253.7 นาโนเมตร เป็นคลื่นระยะสั้นและคงที่ตลอดอายุการใช้งาน โดยมีอายุการใช้งาน 18,000 ชั่วโมง มีกระจกกรองแสง 185 mm จำนวน 5 หลอด ตัวที่ 1 และ 2 ซึ่งมีพื้นที่คอยล์ จำนวน 33,972.50 cm<sup>2</sup> จะใช้หลอดรังสี UVC 36W มีความยาว 119.94 cm รัศมี 1.40 cm เท่ากัน กำหนดให้แต่ละหลอดอยู่ในระยะห่าง 80 cm หน้าผิวคอยล์โดยระยะหลอดถึงมุมคอยล์และค่ารังสีตกกระทบจากการคำนวณของหลอดรังสี UVC มีค่ารังสีตกกระทบจากการคำนวณ ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ) หลอดรังสี UVC ทั้ง 5 หลอดจะมีค่ารังสีตกกระทบที่แตกต่างกัน และทำการ Swab Test แผงคอยล์เย็นตัว AHU No.A-15-2



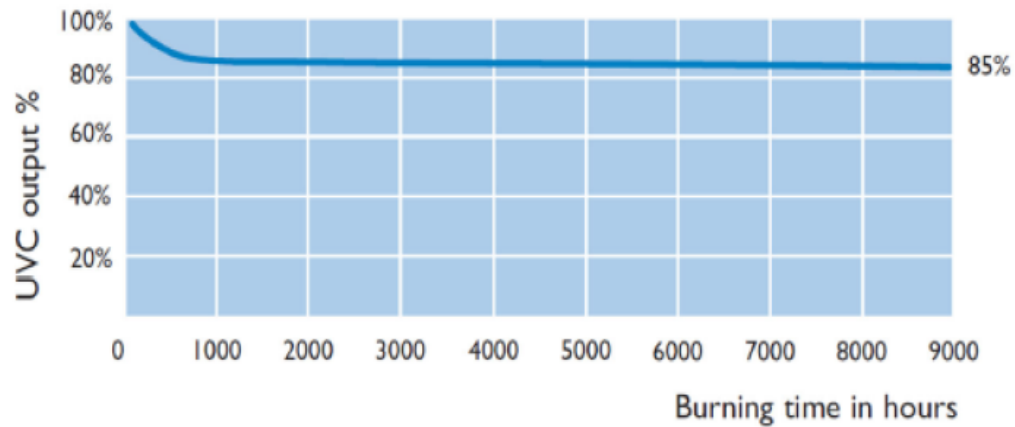
ภาพที่ 2 แผนภาพพื้นที่อาคารสำนักงาน ABC ชั้น 15 ที่ทำการศึกษา



ภาพที่ 3 การติดตั้งหลอดรังสี UVC หน้าคอยล์เย็น

## ผลการศึกษา

ผลการทดลองโดยใช้การวัดค่า 2 แบบ ได้แก่ การวัดประสิทธิภาพก่อนและหลังการติดตั้ง จากการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตเพื่อการฆ่าเชื้อหรือ UVC โดยวัดความเข้มแสงจึงได้ค่าอยู่ที่ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงการวัดประสิทธิภาพหลังการติดตั้ง

จำนวนการลดลงของเชื้อไบโอฟิล์ม โดยการ Swab Test เชื้อที่หน้าผิวคอยล์ก่อนและหลังติดตั้ง โดยใช้วิธีการเก็บตัวอย่างหน้าผิวคอยล์เพื่อส่งให้ทีมตรวจสอบทางจุลชีววิทยาเพาะเชื้อในห้องปฏิบัติการเพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบกับค่าคุณภาพทางจุลวิทยาของน้ำบริโภค ดังภาพที่ 5 ก่อนการติดตั้งเครื่องต้นแบบและดังภาพที่ 6 หลังการติดตั้งระบบฆ่าเชื้อ UVC



ภาพที่ 5 ก่อนการติดตั้งเครื่องต้นแบบ

จากการติดตั้งเครื่องต้นแบบ จำนวน 1 เครื่องกำหนดการติดตั้งจริงนั้น ได้มีการติดตั้งระบบฆ่าเชื้อด้วยรังสี UVC ภายในเครื่องส่งลมเย็นต้นแบบได้ทำการเก็บเชื้อก่อนการติดตั้งด้วยการ Swab Test ก่อนการติดตั้งระบบฆ่าเชื้อ UVC ภายใน พบว่าผลการทดสอบแสดงได้ดังตารางที่ 1 และพบว่าเชื้อตอนเริ่มต้นมีน้อยมากซึ่งก่อนการเปิดใช้งานหลอด UVC ตรวจพบเชื้อ 5.0 CFU/swab ซึ่งถึงว่าน้อยมาก (ไม่เกิน 500 CFU) โดยหลังจากการใช้งาน 6 เดือน จะมีการ swab Test แผงคอยล์เย็นตัว AHU No.A-15-2



ภาพที่ 6 หลังการติดตั้งเครื่องต้นแบบ

ตารางที่ 1 แสดงทดสอบ Swab Test ก่อน-หลัง การติดตั้ง

| ผลการทดสอบปริมาณเชื้อ (CFU /swab) |                    | % การลดลงของเชื้อ |
|-----------------------------------|--------------------|-------------------|
| ก่อน                              | หลัง               |                   |
| $2.6 \times 10^5$                 | $0.69 \times 10^2$ | 99.96 %           |

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่เกี่ยวข้องสำหรับโครงการผลการประมาณการต้นทุนโครงการ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (Investment Coast) เป็นค่าใช้จ่ายในการติดตั้งหลอดรังสี UVC รวมถึงค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการ โดยจะไม่ลงทุนเพิ่มตลอดอายุของโครงการ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบต้นทุนในการติดตั้งและไม่ติดตั้ง UVC

| รายการ                                                |        | โครงการติดตั้ง<br>หลอดรังสี UVC | โครงการไม่ติดตั้ง<br>หลอดรังสี UVC | ข้อสังเกต                                      |
|-------------------------------------------------------|--------|---------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------|
| เคมี                                                  | บาทปี/ | 20,000.00                       | -                                  | ประมาณการสารเคมี 500 บาทหน่วย/ และ 4 ครั้งปี/  |
| แรงงาน                                                | บาทปี/ | 4,000.00                        | 2,000.00                           | ประมาณการแรงงาน 1,000 บาทหน่วย/ และ 4 ครั้งปี/ |
| ต้นทุนพลังงาน<br>ที่เพิ่มขึ้น<br>คอยล์เย็น)<br>(สกปรก | บาทปี/ | 2,798.87                        | -                                  | ประมาณการพลังงาน AHU พลังงานเพิ่มขึ้น 15)% (   |
| ต้นทุนการ<br>ลงทุน                                    | บาทปี/ | -                               | 19,000.00                          |                                                |
| ประหยัด                                               | บาทปี/ | 8,798.87                        | 21,000.00                          | Simple payback: 2.39 Years                     |

ตารางที่ 3 แสดงผลตอบแทนการติดตั้งหลอดรังสี UVC และไม่มีการติดตั้งหลอดรังสี UVC โครงการติดตั้ง UVC มีระยะเวลาคืนทุน = 3 ปี 6 เดือน จากการคำนวณหาค่า IRR เพื่อหาผลตอบแทนภายในโครงการในการดำเนินโครงการติดตั้ง UVC 3 ปีจะได้ IRR เท่ากับ 2.31% ซึ่งมากกว่าอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ต้องการ แสดงว่าความเป็นไปได้ทางการเงิน ดังนั้นจึงยอมรับโครงการ

ตารางที่ 3 แสดงผลตอบแทนการติดตั้งและไม่ติดตั้ง UVC ตลอดอายุโครงการ

| ปีที่ | โครงการติดตั้ง UVC | โครงการไม่ติดตั้ง UVC |
|-------|--------------------|-----------------------|
| 0     | 21,000             |                       |
| 1     | 5,760              | 11,597.74             |
| 2     | 5,760              | 11,597.74             |
| 3     | 5,760              | 11,597.74             |

### สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารและการวิเคราะห์เศรษฐกิจของระบบปรับอากาศด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตในอาคารสำนักงาน จากการ Swab Test แผงคอยล์เย็นตัว AHU No.A-15-2 พบว่าพบว่าเชื้อตอนเริ่มต้นมีน้อยมากซึ่งก่อนการเปิดใช้งานหลอด UVC ตรวจพบเชื้อ 5.0 CFU/swab ซึ่งถึงว่าน้อยมาก (ไม่เกิน 500 CFU) จากการวัดประสิทธิภาพก่อนหลังการติดตั้ง จากการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตเพื่อการฆ่าเชื้อ สามารถกำจัดเชื้อไวรัสและแบคทีเรียจากการทดลอง ก่อนติดตั้งอยู่ที่  $2.6 \times 10^5$  CFU/swab และหลังติดตั้งอยู่ที่  $0.69 \times 10^2$  CFU/swab สามารถกำจัดเชื้อไวรัสและแบคทีเรียที่มีการแพร่กระจายในอากาศได้ และผลการคำนวณการหาระยะเวลาคืนทุนของโครงการด้วยวิธี Payback Period มีระยะเวลาคืนทุน 3 ปี 6 เดือน โดยผลการประเมินโครงการด้วยวิธีหาค่าปัจจุบันสุทธิ ได้ค่าเป็นบวกจึงเห็นควรลงทุนในโครงการติดตั้ง UVC จากการคำนวณโครงการนี้มีค่าเป็นบวกจำนวน 20,090.10 บาท และกระแสเงินสดสุทธิที่ได้รับจากโครงการมีค่ามากกว่าเงินลงทุนเริ่มแรกดังนั้นโครงการจึงเป็นที่ยอมรับ

### บรรณานุกรม

- มธุรส ประสมวงศ์ และคณะ. (2565). การประเมินคุณภาพอากาศภายในห้องเรียนของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ณ มหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในจังหวัดปทุมธานี. ,สืบค้น 25 มกราคม 2565  
<https://he01.tci-thaijo.org/index.php/JSH/article/view/249885>
- วรพล หนูขุน. (2564). ชุมชนกับการมีส่วนร่วมในการพัฒนานวัตกรรมเครื่อง ฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงยูวีแบบเคลื่อนที่ปลอดภัย และต้นทุนต่ำ. สืบค้น [http://www2.huso.tsu.ac.th/ncom/csd/csdful\\_pdf/F153.pdf](http://www2.huso.tsu.ac.th/ncom/csd/csdful_pdf/F153.pdf) 27 มกราคม 2565

ผกากรอง วนไพศาล. (2563). การฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวี (UVC). สืบค้น

<http://www.tcels.or.th/getattachment/Mini-Site/COVID-> 3 กุมภาพันธ์ 2565

ทิพานัน พงษ์สุวรรณ. (2565). นวัตกรรมฆ่าเชื้อสำหรับระบบปรับอากาศในอาคารด้วย UVC. สืบค้น 10

กุมภาพันธ์ 2565 [https://pulinet2021.pulinet.org/uploads\\_file\\_completely/2020-12-30/pulinet322-OM.pdf](https://pulinet2021.pulinet.org/uploads_file_completely/2020-12-30/pulinet322-OM.pdf)

Timothy Leach, Graham Taylor & PE. (2017). การคืนสมรรถนะให้ระบบปรับอากาศด้วยการฉายรังสี

อัลตราไวโอเลตฆ่าเชื้อโรคบนคอยล์เย็น. สืบค้นวันที่ 25 มกราคม 2565 <https://leafpower.co.th/>