บทความวิจัย (Research Article)

ระดับความร้อนของการทำงานในอู่ซ่อมรถยนต์เขตเทศบาลอำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์

Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) of Work in The Car Garage, Somdet Municipality, Kalasin Province

อนุรักษ์ ปิ่นทอง[1] และ ชัยรัตน์ ศรีบุญจันทร์[1*]

Anurak Pintong[1] and Chairat Sriboonjan[1*]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสุขภาพ มหาวิทยาลัยกาสินธุ์

[1]Faculty of Science and Health Technology, Kalasin University

[*]Corresponding author: Chairat.sriboonjan@gmail.com

วันที่รับบทความ (Received)	วันที่ได้รับบทความฉบับแก้ไข (Revised)	วันที่ตอบรับบทความ (Accepted)
26 พฤศจิกายน 2568	14 มกราคม 2569	17 มกราคม 2569

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจวัดและประเมินระดับความร้อน ดัชนีความร้อนและภาระงานของการทำงานภายในอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดใหญ่และขนาดเล็ก โดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน เปรียบเทียบระดับความร้อนของการทำงานของอู่ซ่อมรถยนต์ทั้ง 2 แห่ง และผลกระทบของความร้อนของการทำงานต่อผู้ปฏิบัติงานงานภายในอู่ซ่อมรถยนต์ โดยใช้วิธีการตรวจวัดระดับความร้อนของการทำงานตามมาตรฐานของกฎกระทรวงในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่างและเสียง พ.ศ. 2559 ซึ่งทำการตรวจวัดในระหว่างช่วงตุลาคม - พฤศจิกายน พ.ศ. 2561 ผลการศึกษา พบว่า อู่ซ่อมรถยนต์ขนาดใหญ่และขนาดเล็กมีค่าระดับความร้อนของการทำงาน เท่ากับ 28.68 ± 0.70 และ 29.76 ± 1.02 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และค่าดัชนีความร้อน เท่ากับ 34.68 ± 1.08 และ 37.32 ± 1.47 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ภาระงานของผู้ปฏิบัติงานในอู่ซ่อมรถยนต์ทั้ง 2 แห่ง พบว่า ผู้ปฏิบัติงานฝ่ายซ่อมบำรุงเครื่องยนต์และเปลี่ยนอะไหล่และฝ่ายเจียร์อะไหล่รถยนต์และประกอบมีภาระงานปานกลาง และผู้ปฏิบัติงานฝ่ายเคาะและทุบอะไหล่ส่วนต่าง ๆ ของรถยนต์มีภาระงานหนัก ซึ่งผู้ปฏิบัติงานของทุกฝ่ายของอู่ซ่อมรถยนต์ทั้ง 2 แห่ง ได้รับความร้อนของการทำงานไม่เกินค่ามาตรฐาน การเปรียบเทียบระดับความร้อนของการทำงานอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดเล็กมีค่าระดับความร้อนของการทำงานมากกว่าอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดใหญ่ ($p\text{-value} < 0.05$) และระดับความร้อนจากการทำงานมีผลกระทบต่อสุขภาพร่างกายและสภาพจิตใจต่อผู้ปฏิบัติงาน

คำสำคัญ : ระดับความร้อน, อู่ซ่อมรถยนต์, ภาระงาน

Abstract

This research was a cross – sectional study. The objectives were to measure and assess the wet bulb globe temperature (WBGT), heat index and workload in car garages by comparing them with standards, to compare WBGT between large and small car garages, and to study the effects of heat stress in the

workplace on employees in car garages. Heat stress in the workplace was measured using a WBGT meter, with measurement methods in accordance with the standards of the management of occupational safety, health, and working environment concerning heat, lighting, and sound (B.E. 2559). The study was conducted during October to November 2018. The results showed that the large and small car garages had WBGT values of 28.68±0.70 °C and 29.76±1.02 °C respectively and heat index values of 34.68±1.08 °C and 37.32±1.47 °C respectively. The workload of employees in both car garage showed that the staff involved with engine maintenance and replacement of spare parts, car parts and assemblies had moderate workloads and the staff involved in knocking and breaking car parts had heavy workloads. The comparison of WBGT with the standard showed that the employees in all departments received WBGT levels not exceeding the standard. Comparison between garages showed that the small car garage had significantly higher WBGT than the large car garage (p-value < 0.05). Heat stress in the workplace affected both physical and psychological aspects of employees.

Keywords : Wet Bulb Globe Temperature (WBGT), Car Garage, Workloads

บทนำ

ความร้อนเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทั้งในชีวิตประจำวันและในการทำงาน โดยความร้อนเป็นอันตรายทางกายภาพที่สำคัญอย่างหนึ่งในสถานประกอบการและโรงงานอุตสาหกรรม ผู้ปฏิบัติงานต้องประสบปัญหาความร้อนจากอุณหภูมิของกระบวนการผลิตหรือการทำงานของเครื่องจักรกล การทำงานในสถานประกอบการและโรงงานอุตสาหกรรม ร่างกายจะได้รับความร้อนจากแหล่งความร้อนหรือแหล่งพลังงานความร้อน 2 แหล่ง คือ ความร้อนจากภายในร่างกาย โดยได้จากกระบวนการเผาผลาญสารอาหารในร่างกาย (Metabolism) และความร้อนจากภายนอกร่างกาย โดยได้รับความร้อนจากสิ่งแวดล้อม (Environmental Heat) เช่น จากสภาพการทำงาน กระบวนการทำงานจากเครื่องจักรกล ซึ่งความร้อนที่สามารถถ่ายเทระหว่างคนและสิ่งแวดล้อมในรูปของการนำความร้อน (Conduction) การพาความร้อน (Convection) การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) และการระเหย (Evaporation) [1, 2] ผลกระทบของความร้อนจากการทำงานที่มีต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน โดยร่างกายจะได้รับหรือสูญเสียความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อมโดยการถ่ายเทความร้อนเพื่อให้เกิดสมดุลความร้อนในร่างกาย แต่ถ้าร่างกายยังคงมีความร้อนสะสมต่อเนื่อง ร่างกายตอบสนองเพื่อควบคุมอุณหภูมิแกนให้คงที่โดยการขับเหงื่อและเพิ่มอัตราการไหลเวียนเลือดมาที่ผิว อาจเป็นผลให้ร่างกายขาดน้ำ เสียสมดุลของเกลือแร่ หัวใจเต้นเร็วขึ้น การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยานี้จึงถูกใช้เป็นดัชนีความร้อน (Heat Index, HI) เป็นดัชนีที่คำนวณจากสมการถดถอยบนพื้นฐานของข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ สามารถประยุกต์ใช้ได้ดีกับสภาพอากาศของประเทศไทยที่มีค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 26 องศาเซลเซียส และ 39 เปอร์เซ็นต์ ดัชนีความร้อนรายปีทั่วทุกภาคของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในอัตรา 0.17 - 0.93 องศาเซลเซียสต่อทศวรรษ โดยที่ดัชนีความร้อนรายปีมีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดในช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายน ในขณะที่ดัชนีความร้อนในภาพรวมของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ p-value น้อยกว่า 0.01 ในอัตรา 0.34 องศาเซลเซียสต่อทศวรรษ หรือ 1.50 องศาเซลเซียสในรอบ 44 ปีที่ผ่านมา [3] อาการแสดงหรือความเจ็บป่วยจากความร้อน ได้แก่ โรคลมแดด (Heat Stroke) ตะคริวเนื่องจากความร้อน (Heat Cramp) เหนื่อยล้าเนื่องจากความร้อน (Heat Exhaustion) การหมดสติชั่วคราว (Heat Syncope) ผดผื่นจากความร้อน (Heat Rash) การบวมน้ำจากความร้อน (Heat Edema) การชักเกร็งจากความร้อน (Heat Tetany) โรคลมร้อน (Heat Stroke) และอาจเป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตได้ มักเกิดกับผู้ที่ปฏิบัติงานในพื้นที่ที่มีความร้อนและความชื้นสูง ทำให้ร่างกาย

ไม่สามารถควบคุมความร้อนได้ [4, 5] ดังนั้นการประเมินระดับความร้อนในการทำงาน ตามประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง หลักเกณฑ์วิธีดำเนินการตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับระดับความร้อน แสงสว่างหรือเสียงภายในสถานประกอบกิจการ ระยะเวลา และประเภทกิจการที่ต้องดำเนินการ [6] กำหนดให้ใช้ “อุณหภูมิเวตบัลบโกลบ” (Wet Bulb Globe Temperature, WBGT) โดยได้นำปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความร้อนที่สะสมในร่างกายมาพิจารณา ได้แก่ ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในร่างกายขณะทำงานและความร้อนจากสิ่งแวดล้อมการทำงาน การประเมินระดับความร้อนในสถานประกอบกิจการที่ผู้ปฏิบัติงานมีการสัมผัสกับความร้อนในการทำงานจะดำเนินการอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง หรือกรณีที่มีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงเครื่องจักรอุปกรณ์ กระบวนการผลิต วิธีการทำงานหรือการดำเนินการใด ๆ ที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความร้อน ให้ดำเนินการโดยตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะการทำบริเวณพื้นที่หรือบุคคลที่อาจได้รับผลกระทบภายใน 90 วันนับจากวันที่มีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลง [7]

ตามพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 [8, 9] กำหนดให้อู่ซ่อมรถยนต์เป็นโรงงานลำดับ 95 คือ โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับยานที่ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์รถพ่วง จักรยานสามล้อ จักรยานสองล้อ หรือส่วนประกอบของยานดังกล่าวอย่างหนึ่งอย่างใด (1) การซ่อมแซมยานที่ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์หรือส่วนประกอบของยานดังกล่าวเป็นโรงงานจำพวกที่ 3 ที่ต้องขอใบอนุญาตประกอบกิจการ โดยมีเงื่อนไขสำคัญคือเครื่องจักรที่ใช้ต้องมีกำลังแรงม้าเกิน 50 แรงม้า หรือหากเครื่องจักรน้อยกว่า 50 แรงม้า แต่เป็นโรงงานที่ถูกประกาศกำหนดโดยรัฐมนตรี ถือว่าเป็นโรงงานประเภทที่ 3 ที่ต้องขอใบอนุญาตเช่นกัน ซึ่งกระทรวงสาธารณสุขได้กำหนดให้อู่ซ่อมรถยนต์เป็นกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ [10] สุณัฏฐา โน้ตสุภา และ อุไรวรรณ อินทร์ม่วง (2555) [11] ได้ศึกษาสภาพปัญหาด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมของอู่ซ่อมรถยนต์ และอู่เคาะพ่นสีรถยนต์ในเขตเทศบาลเมืองสกลนคร พบว่า มีการดำเนินการไม่ได้มาตรฐานด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม ร้อยละ 71.40 โดยมีการจัดการเรื่องอุณหภูมิหรือความร้อนภายในอู่ซ่อมรถยนต์ ร้อยละ 38.78 กิจกรรมในการทำงานของอู่ซ่อมรถยนต์ ได้แก่ การซ่อมแซมและบำรุงรักษารถยนต์ เช่น การเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่อง การซ่อมระบบเบรกและแอร์ การตรวจเช็ครถยนต์ครบวงจร การเจียร์ อะไหล่รถยนต์ การตัดและการเชื่อมโลหะ ประกอบอะไหล่ การเคาะและทุบอะไหล่ส่วนต่าง ๆ ของรถยนต์ ทำให้เกิดความร้อนในการทำงานของเครื่องจักร หากผู้ปฏิบัติงานได้รับสัมผัสความร้อนจากเครื่องจักรหรือทำงานเป็นเวลานานอาจส่งผลต่อสุขภาพ

ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจวัดและประเมินระดับความร้อน ดัชนีความร้อนและภาระงานของผู้ปฏิบัติงานภายในอู่ซ่อมรถยนต์ทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็กโดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน เปรียบเทียบระดับความร้อนของการทำงานของอู่ซ่อมรถยนต์ทั้ง 2 แห่ง และผลกระทบของความร้อนของการทำงานต่อผู้ปฏิบัติงานงานภายในอู่ซ่อมรถยนต์ โดยผลการศึกษาสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงและป้องกันอันตรายจากความร้อนจากการทำงานแก่ผู้ปฏิบัติงานในอู่ซ่อมรถยนต์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อตรวจวัดและประเมินระดับความร้อน ดัชนีความร้อนและภาระงานของผู้ปฏิบัติงานภายในอู่ซ่อมรถยนต์ เขตเทศบาลอำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์
2. เพื่อเปรียบเทียบระดับความร้อนของการทำงานภายในอู่ซ่อมรถยนต์ เขตเทศบาลอำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์กับค่ามาตรฐาน
3. เพื่อเปรียบเทียบระดับความร้อนของการทำงานในอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดใหญ่และขนาดเล็ก เขตเทศบาลอำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์
4. เพื่อศึกษาผลกระทบของความร้อนของการทำงานต่อผู้ปฏิบัติงานภายในอู่ซ่อมรถยนต์ เขตเทศบาลอำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง (Cross – sectional study)

สถานที่ศึกษา

อู่ซ่อมรถยนต์ขนาดใหญ่และอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดเล็กในเขตเทศบาลอำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์

ระยะเวลา

ระยะเวลาการตรวจวัดระดับความร้อนของการทำงาน 2 ชั่วโมง ช่วงเวลา 13.00 – 15.00 น. จำนวน 12 ครั้ง (2 สัปดาห์ เวลาทำการ ตั้งแต่วันจันทร์ - วันเสาร์) โดยทำการตรวจวัดในช่วงเดือนตุลาคม ถึง พฤศจิกายน พ.ศ. 2561

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องวัดความร้อน WBGT รุ่น Quest Temp 36 ยี่ห้อ 3M ได้มาตรฐาน ISO7243

การดำเนินการวิจัย

1. การตรวจวัดระดับความร้อนเป็นไปตามประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีการตรวจวัด และการวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับระดับความร้อน แสงสว่าง หรือเสียง รวมทั้งระยะเวลาและประเภทกิจการที่ต้องดำเนินการ [6, 12] โดยทำการตรวจวัด

1) อุณหภูมิกระเปาะเปียก

2) อุณหภูมิกระเปาะแห้ง

3) อุณหภูมิโกลบ

4) ค่าระดับความร้อน (Wet Bulb Globe Temperature, WBGT) แบบภายในอาคาร

5) ความชื้นสัมพัทธ์

6) ความเร็วลม

กำหนดจุดตรวจวัด อู่ซ่อมรถยนต์ทั้ง 2 แห่ง ซึ่งเป็นอาคารพื้นที่โล่ง ทุกฝ่ายทำงานในพื้นที่เดียวกัน จำนวน 1 จุด

2. การประเมินภาระงานของผู้ปฏิบัติงานเป็นตามมาตรฐานกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2559 [13, 14] ดังนี้

2.1 การประเมินภาระงานเป็นการหาอัตราการเผาผลาญอาหารเฉลี่ยในร่างกายของคนงานขณะทำงานในกิจกรรมต่าง ๆ จำนวน 2 ชั่วโมง โดยหาพลังงานที่ใช้ทำงานได้ดังนี้

1) ท่าทางการเคลื่อนไหวของร่างกาย

2) กิจกรรม/การปฏิบัติงาน

3) เมตาโบลิสม์พื้นฐานของร่างกาย

2.2 ประเภทภาระงานและมาตรฐานระดับความร้อน

1) งานเบา คือ ลักษณะงานที่ใช้แรงน้อยหรือใช้กำลังงานที่ทำให้เกิดการเผาผลาญอาหารในร่างกายไม่เกิน 200 กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง โดยมาตรฐานระดับความร้อนไม่เกินค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเวตบัลบ์โกลบ 34 องศาเซลเซียส

2) งานปานกลาง คือ ลักษณะงานที่ใช้แรงปานกลางหรือใช้กำลังงานที่ทำให้เกิดการเผาผลาญอาหารในร่างกายเกิน 200 กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง ถึง 350 กิโลแคลอรีต่อต่อชั่วโมง โดยมาตรฐานระดับความร้อนไม่เกินค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเวตบัลบ์โกลบ 32 องศาเซลเซียส

3) งานหนัก คือ ลักษณะงานที่ใช้แรงมากหรือใช้กำลังงานที่ทำให้เกิดการเผาผลาญอาหารในร่างกายเกิน 350 กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง โดยมาตรฐานระดับความร้อนไม่เกินค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเวตบัลบ์โกลบ 30 องศาเซลเซียส

2.3 การศึกษาภาระงานของผู้ปฏิบัติงานในอู่ซ่อมรถยนต์ทั้งหมด 3 ฝ่าย ได้แก่

1) ฝ่ายซ่อมบำรุงเครื่องยนต์และเปลี่ยนอะไหล่ (ER)

2) ฝ่ายเจียร์อะไหล่รถยนต์และประกอบอะไหล่ (CA)

3) ฝ่ายเคาะและทุบอะไหล่ส่วนต่างๆของรถยนต์ (KB)

3. สัมภาษณ์แบบเชิงลึกถึงผลกระทบของความร้อนต่อผู้ปฏิบัติงานในอู่ซ่อมรถยนต์ โดยใช้แบบสัมภาษณ์ลักษณะกึ่งโครงสร้างเกี่ยวกับผลกระทบความร้อนที่ส่งผลต่อผู้ปฏิบัติงาน แบบสัมภาษณ์ประกอบด้วย 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

ตอนที่ 2 ผลกระทบของความร้อนต่อสุขภาพ

ตอนที่ 3 แนวทางป้องกันอันตรายจากความร้อน

โดยประชากรที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ผู้ปฏิบัติงานในอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดใหญ่ จำนวน 3 คน และผู้ปฏิบัติงานในอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดเล็ก จำนวน 6 คน

การประมวลผล

1. ประมวลผลข้อมูลระดับความร้อนของการทำงานและภาระงานโดยใช้วิธีดำเนินการตามมาตรฐานกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2559 [13, 14]

2. ประเมินค่าดัชนีความร้อน (Heat Index, HI) ใช้สมการของ Lans P. Rothfusz [15]

ค่าดัชนีความร้อน (HI) $= -42.379 + 2.04901523T + 10.14333127RH - 0.22475541TRH - 0.00683783T^2 - 0.05481717RH^2 + 0.00122874T^2RH + 0.00085282TRH^2 - 0.00000199T^2RH^2$

T = อุณหภูมิอากาศ (°F)

RH = ความชื้นสัมพัทธ์ (%)

การประเมินและแปลผลค่าดัชนีความร้อนตามประกาศกรมอนามัยเรื่อง ค่าเฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพจากค่าดัชนีความร้อน (Heat Index) พ.ศ. 2567 [16]

สถิติที่ใช้ในการศึกษา

1. สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

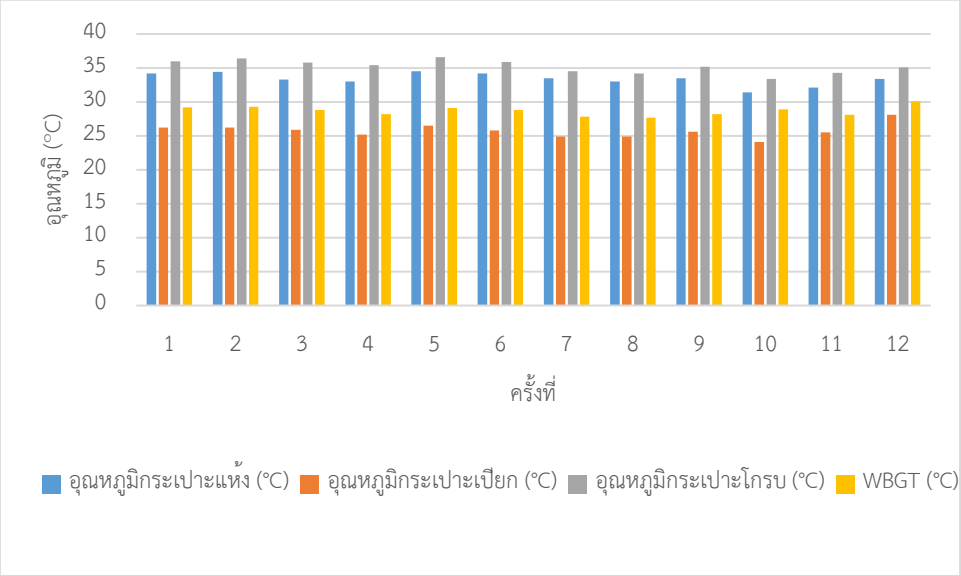
2. สถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ Independent Samples t-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในการเปรียบเทียบค่าระดับความร้อนของการทำงานระหว่างอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดใหญ่และขนาดเล็ก

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ระดับความร้อนของการทำงานในอู่ซ่อมรถยนต์

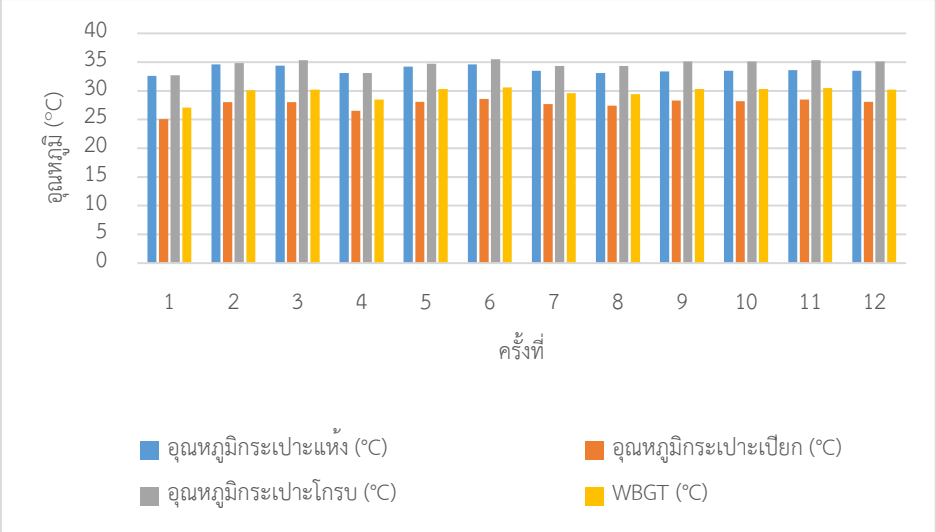
อู่ซ่อมรถยนต์ขนาดใหญ่เป็นอาคารแบบปิดมีพื้นที่ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน 525 ตารางเมตร มีความสูง 5 เมตร จำนวนช่องซ่อม 4 ช่อง มีเครื่องปั๊มลม จำนวน 2 เครื่อง เครื่องยกเครื่องยนต์ จำนวน 2 เครื่อง ขาตั้งซ่อมเครื่องยนต์ จำนวน 2 เครื่อง แท่นอัดไฮโดริก จำนวน 2 เครื่อง เครื่องถอดน็อต จำนวน 2 เครื่อง เครื่องเจียร์ จำนวน 2 เครื่อง และลิฟท์ยกรถยนต์ จำนวน 4 เครื่อง ซึ่งลักษณะงานที่ใช้เครื่องจักรและวัสดุอุปกรณ์ในการทำงานซ่อมแซมบำรุงรักษารถยนต์ ซึ่งทำให้เกิดความร้อนตลอดเวลาของการทำงาน ผลการศึกษา พบว่า อู่ซ่อมรถยนต์ขนาดใหญ่มีอุณหภูมิกระเปาะแห้ง เท่ากับ 33.38 ± 0.93 องศา

เซลเซียส อุณหภูมิกระเปาะเปียก เท่ากับ 25.74±1.00 องศาเซลเซียส อุณหภูมิกระเปาะโกลบ เท่ากับ 35.23±0.98 องศาเซลเซียส ระดับความร้อนของการทำงาน เท่ากับ 28.68±0.70 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 1 กราฟแสดงระดับความร้อนของการทำงานในอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดใหญ่

อู่ซ่อมรถยนต์ขนาดเล็กเป็นอาคารแบบกึ่งเปิด 1 ด้าน มีพื้นที่ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน 200 ตารางเมตร มีความสูง 5 เมตร จำนวนช่องซ่อม 2 ช่อง มีเครื่องปั๊มลม จำนวน 1 เครื่อง เครื่องยกเครื่องยนต์ จำนวน 2 เครื่อง ขาตั้งซ่อมเครื่องยนต์ จำนวน 2 เครื่อง แท่นอัดไฮโดริก จำนวน 1 เครื่อง เครื่องถอดน็อต จำนวน 1 เครื่อง เครื่องเจียร์ จำนวน 1 เครื่อง และลิฟท์ยกรถยนต์ จำนวน 2 เครื่อง ซึ่งลักษณะงานที่ใช้เครื่องจักรและวัสดุอุปกรณ์ในการทำงานซ่อมแซมบำรุงรักษารถยนต์ ซึ่งทำให้เกิดความร้อนตลอดเวลาของการทำงาน ผลการศึกษา พบว่า อู่ซ่อมรถยนต์ขนาดเล็กมีอุณหภูมิกระเปาะแห้ง เท่ากับ 33.67±0.63 องศาเซลเซียส อุณหภูมิกระเปาะเปียก เท่ากับ 27.71±0.99 องศาเซลเซียส อุณหภูมิกระเปาะโกลบ เท่ากับ 34.61±0.89 องศาเซลเซียส ระดับความร้อนของการทำงาน เท่ากับ 29.76±1.02 องศาเซลเซียส



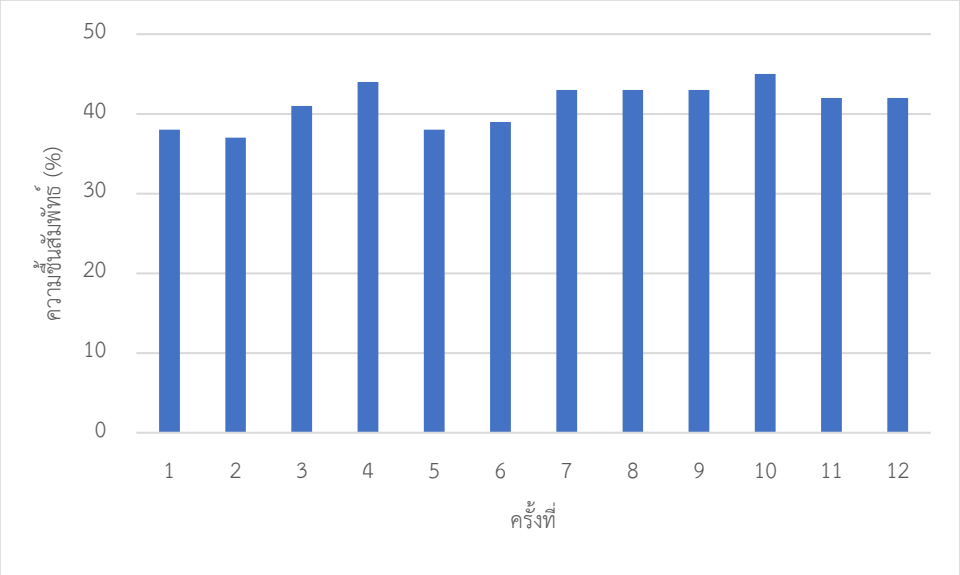
ภาพที่ 2 กราฟแสดงระดับความร้อนของการทำงานในอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดเล็ก

ความร้อนในอู่ซ่อมรถยนต์มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 27.70 - 30.60 °C [17] โดยลักษณะของความร้อนในการทำงานแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ความร้อนแห้งเป็นความร้อนที่หลุดจากอุปกรณ์ในกรรมวิธีการผลิตที่ร้อน ซึ่งมักจะอยู่รอบ ๆ บริเวณที่ทำงาน และความร้อนชื้นเป็นสภาพที่มีไอน้ำเพื่อเพิ่มความชื้นในอากาศ ซึ่งเกิดจากกรรมวิธีผลิตแบบเปียกแหล่งกำเนิดความร้อนในอุตสาหกรรมมักเกิดมาจากเตาหลอม เตาเผา เตาอบหม้อไอน้ำ และบางครั้งเกิดจากในขบวนการผลิตซึ่งมีผลต่อผู้ปฏิบัติงานหรือคนงานที่ต้องทำงานในบริเวณใกล้เคียง [2] สุณัฏฐา โน้ตสุภา และ อุไรวรรณ อินทร์ม่วง (2555) [11] ได้อธิบายถึงผู้ที่ปฏิบัติงานในอู่ซ่อมรถยนต์และอู่เคาะพ่นสีรถยนต์สามารถสัมผัสความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อนของเครื่องจักรและการพาความร้อนของอุณหภูมิของอากาศ เมื่อผู้ปฏิบัติงานสัมผัสความร้อนจากเครื่องจักรหรือทำงานเป็นเวลานานอาจส่งผลต่อสุขภาพได้ ในการตรวจวัดระดับความร้อนที่มีผลต่อสุขภาพมีปัจจัยเกี่ยวข้องหลายอย่าง เช่น อัตราเมตาบอลิซึมในร่างกาย ระดับความร้อนในอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ซึ่งลมธรรมชาติสามารถช่วยในการระเหยของเหงื่อจึงช่วยในการลดอุณหภูมิของร่างกาย [18]

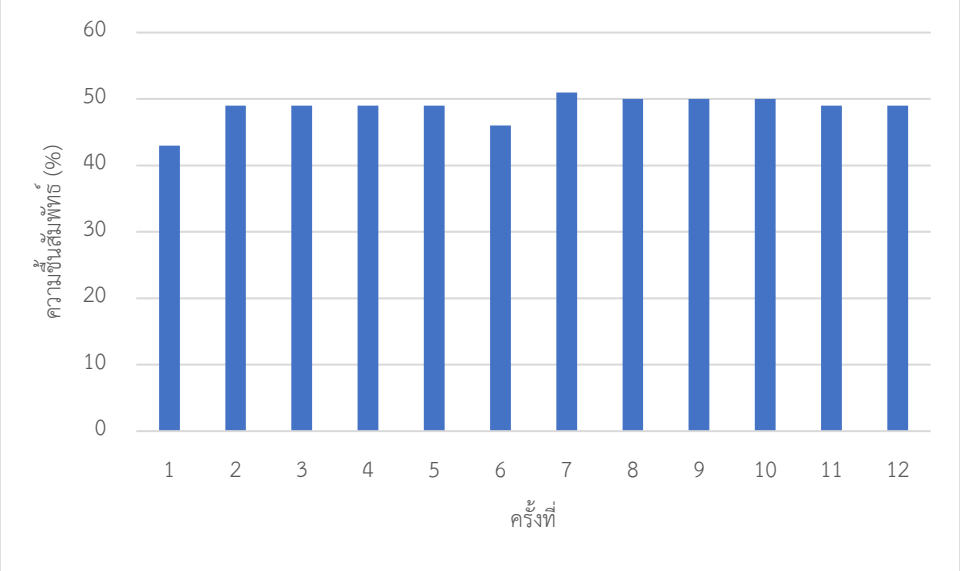
2. ค่าดัชนีความร้อนในอู่ซ่อมรถยนต์

ความชื้นสัมพัทธ์ในอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดใหญ่และขนาดเล็ก เท่ากับ 41.25$\pm$2.63 เปอร์เซ็นต์ และ 48.67$\pm$2.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ความเร็วลม เท่ากับ 0.97$\pm$0.43 เมตร/วินาที และ 0.72$\pm$0.17 เมตร/วินาที ตามลำดับ และค่าดัชนีความร้อน เท่ากับ 34.68$\pm$1.08 องศาเซลเซียส และ 37.32$\pm$1.47 องศาเซลเซียส ตามลำดับ พบว่า อยู่ในระดับเตือนภัยที่กำหนดค่าดัชนีความร้อน 33.00 – 41.90 องศาเซลเซียส ซึ่งผลกระทบของค่าดัชนีความร้อนในระดับเตือนภัย คือ เมื่อสัมผัสความร้อนเป็นเวลานาน อาจมีความเสี่ยงที่จะเป็นตะคริวจากความร้อน เกิดโรคเพลียแดดจากความร้อนได้และอาจส่งผลให้เกิดโรคลมร้อนหรือฮีทสโตรก [16] ซึ่งค่าดัชนีความร้อนในประเทศไทยมีการใช้ตัวแปรพื้นฐาน คือ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ [19] ในการคำนวณตามสมการของ Lans P. Rothfusz [15] โดยค่าเฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพจากค่าดัชนีความร้อนมี 4 ระดับ คือ ระดับเฝ้าระวัง (Caution) ระดับเตือนภัย (Extreme Caution) ระดับอันตราย (Danger) และระดับอันตรายมาก (Extreme danger) ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อค่าดัชนีความร้อน ได้แก่ 1) อุณหภูมิอากาศเป็นตัวแปรหลักของค่าดัชนีความร้อน ยิ่งอุณหภูมิอากาศสูงจะยิ่งรู้สึกร้อน 2) ความชื้นสัมพัทธ์ เพราะความชื้นสัมพัทธ์เกี่ยวข้องกับการระเหยของเหงื่อ

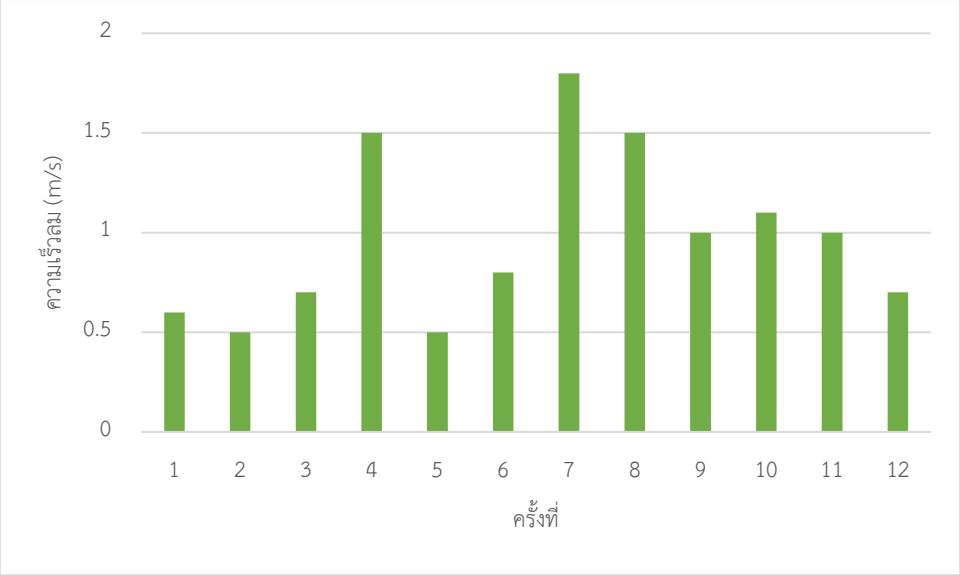
ความชื้นสัมพัทธ์สูงจะขัดขวางการระเหยของเหงื่อ ซึ่งเป็นกลไกหลักในการระบายความร้อนของร่างกาย และ 3) ความเร็วลม เพราะลมช่วยพัดพาเหงื่อให้ระเหยเร็วขึ้น ทำให้รู้สึกเย็นลงและช่วยลดผลกระทบของความชื้นสูงได้ [16, 19]



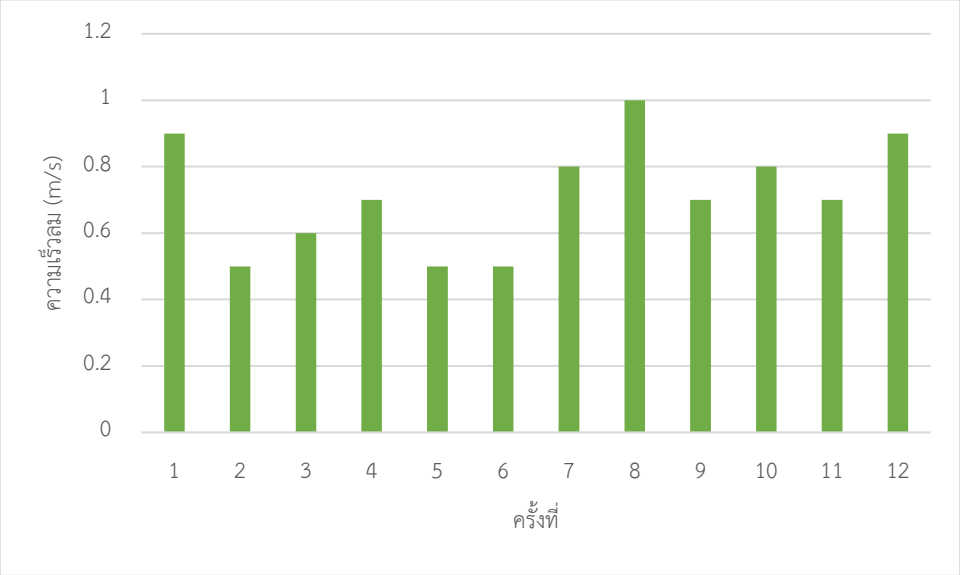
ภาพที่ 3 กราฟแสดงความชื้นสัมพัทธ์ของการทำงานในอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดใหญ่



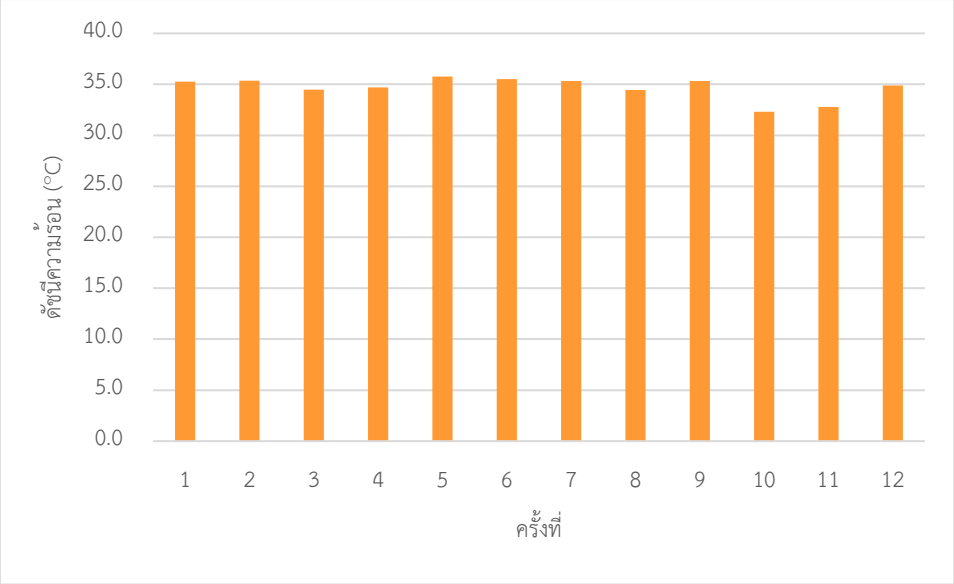
ภาพที่ 4 กราฟแสดงความชื้นสัมพัทธ์ของการทำงานในอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดเล็ก



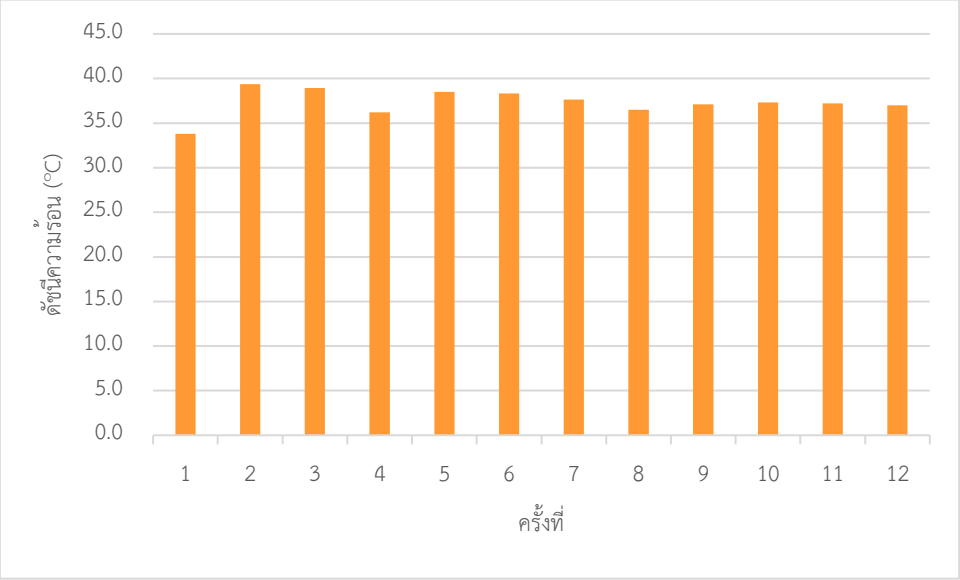
ภาพที่ 5 กราฟแสดงความเร็วลมของการทำงานในอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดใหญ่



ภาพที่ 6 กราฟแสดงความเร็วลมของการทำงานในอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดเล็ก



ภาพที่ 7 กราฟแสดงดัชนีความร้อนของการทำงานในอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดใหญ่

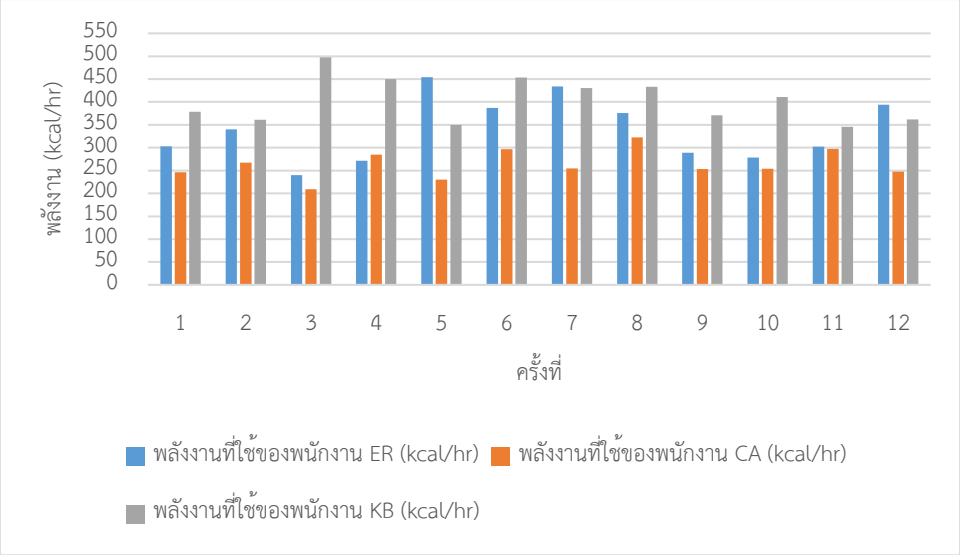


ภาพที่ 8 กราฟแสดงดัชนีความร้อนของการทำงานในอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดเล็ก

3. ภาระงานขณะการทำงานของผู้ปฏิบัติงานในอู่ซ่อมรถยนต์

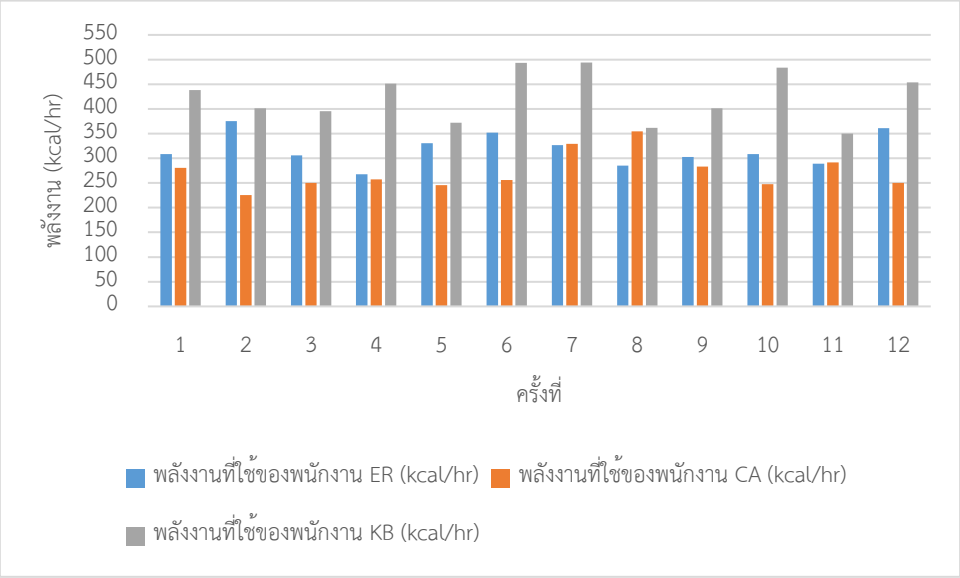
ภาระงานของผู้ปฏิบัติงานในอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดใหญ่และขนาดเล็ก โดยทำการศึกษาภาระงานทั้งหมด 3 ฝ่าย ได้แก่ 1) ฝ่ายซ่อมบำรุงเครื่องยนต์และเปลี่ยนอะไหล่ 2) ฝ่ายเจียร์อะไหล่รถยนต์และประกอบอะไหล่ และ 3) ฝ่ายเคาะและทุบอะไหล่ส่วนต่าง ๆ ของรถยนต์

พลังงานที่ใช้ของผู้ปฏิบัติงานในอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดใหญ่ ฝ่ายซ่อมบำรุงเครื่องยนต์และเปลี่ยนอะไหล่ เท่ากับ 339.20$\pm$68.80 กิโลแคลอรี่/ชั่วโมง เป็นภาระงานปานกลาง ฝ่ายเจียร์อะไหล่รถยนต์และประกอบ เท่ากับ 263.60$\pm$31.70 กิโลแคลอรี่/ชั่วโมง เป็นภาระงานปานกลาง และฝ่ายเคาะและทุบอะไหล่ส่วนต่าง ๆ ของรถยนต์ เท่ากับ 403.60$\pm$49.20 กิโลแคลอรี่/ชั่วโมง เป็นภาระงานหนัก



ภาพที่ 9 กราฟแสดงพลังงานที่ใช้ของผู้ปฏิบัติงานในอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดใหญ่

พลังงานที่ใช้ของผู้ปฏิบัติงานในอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดเล็ก ฝ่ายซ่อมบำรุงเครื่องยนต์และเปลี่ยนอะไหล่ เท่ากับ 317.80±32.30 กิโลแคลอรี่/ชั่วโมง เป็นภาระงานปานกลาง ฝ่ายเจียร์อะไหล่รถยนต์และประกอบ เท่ากับ 272.70±37.50 กิโลแคลอรี่/ชั่วโมง เป็นภาระงานปานกลาง และฝ่ายเคาะและทุบอะไหล่ส่วนต่าง ๆ ของรถยนต์ เท่ากับ 424.60±51.30 กิโลแคลอรี่/ชั่วโมง เป็นภาระงานหนัก



ภาพที่ 10 กราฟแสดงพลังงานที่ใช้ของผู้ปฏิบัติงานในอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดเล็ก

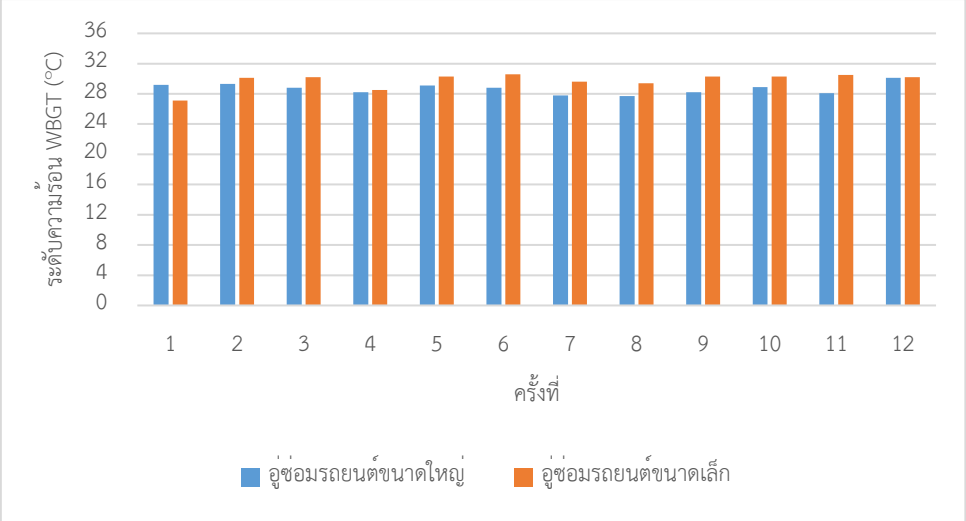
4. การเปรียบเทียบระดับความร้อนของการทำงานกับค่ามาตรฐาน

การเปรียบเทียบระดับความร้อนของการทำงานในอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดใหญ่และขนาดเล็กกับค่ามาตรฐานของกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อม

ในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2559 [13] ซึ่งระดับความร้อนของอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดใหญ่ เท่ากับ 28.68±0.70 องศาเซลเซียส และอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดเล็ก เท่ากับ 29.76±1.02 องศาเซลเซียส พบว่า ผู้ปฏิบัติงานฝ่ายซ่อมบำรุงเครื่องยนต์และเปลี่ยนอะไหล่และฝ่ายเจียร์อะไหล่รถยนต์และประกอบอะไหล่ของอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดใหญ่และขนาดเล็กมีภาระงานปานกลาง โดยมาตรฐานกำหนดไว้ว่าลูกจ้างทำในลักษณะงานปานกลางต้องมีมาตรฐานระดับความร้อนไม่เกินค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเวตบัลป์โกลบ 32 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่เกินมาตรฐาน และผู้ปฏิบัติงานฝ่ายเคาะและทุบอะไหล่ส่วนต่าง ๆ ของรถยนต์ของอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดใหญ่และขนาดเล็กมีภาระงานหนัก โดยมาตรฐานกำหนดไว้ว่าลูกจ้างทำในลักษณะงานหนักต้องมีมาตรฐานระดับความร้อนไม่เกินค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเวตบัลป์โกลบ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่เกินมาตรฐาน ตามมาตรฐานกฎกระทรวงในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2559 [13] ได้กำหนดภาระงานหรือความหนักเบาของการทำงาน เป็น 3 ลักษณะ คือ งานเบา งานปานกลางและงานหนัก ตามพลังงานที่เกิดขึ้นของผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งผู้ปฏิบัติงานทั้ง 3 ฝ่ายของอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดใหญ่และขนาดเล็กมีภาระงานเหมือนกัน คือ ฝ่ายซ่อมบำรุงเครื่องยนต์และเปลี่ยนอะไหล่มีภาระงานปานกลาง ฝ่ายเจียร์อะไหล่รถยนต์และประกอบอะไหล่มีภาระงานปานกลาง และฝ่ายเคาะและทุบอะไหล่ส่วนต่าง ๆ ของรถยนต์มีภาระงานหนัก ซึ่งภาระงานหรือความหนักเบาของการทำงานขึ้นอยู่กับลักษณะการทำงานของผู้ปฏิบัติงานนั้น ๆ เมื่อเปรียบเทียบระดับความร้อนของการทำงานกับค่ามาตรฐาน พบว่า ผู้ปฏิบัติงานทั้ง 3 ฝ่ายของอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดใหญ่และขนาดเล็กทำงานในพื้นที่ที่มีระดับความร้อนไม่เกินค่ามาตรฐาน สอดคล้องกับงานวิจัยของวิทชย เพชรเลียบ และคณะ (2563) [17] ที่ตรวจวัดระดับความร้อนในอู่ซ่อมรถยนต์ 8 แห่งในอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา อยู่ในช่วง 27.70 - 30.60 องศาเซลเซียส ซึ่งภาระงานของผู้ปฏิบัติงานในอู่ซ่อมรถยนต์เป็นงานปานกลาง โดยทำงานในพื้นที่ที่มีระดับความร้อนไม่เกินค่ามาตรฐาน ที่มาตรฐานกำหนดไว้ไม่เกิน 32 องศาเซลเซียส

5. การเปรียบเทียบระดับความร้อนของการทำงานระหว่างสถานประกอบการ

การเปรียบเทียบระดับความร้อนของการทำงานระหว่างอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดใหญ่และขนาดเล็ก พบว่า ค่า p-value เท่ากับ 0.007 ค่าระดับความร้อนของการทำงาน ทั้ง 2 สถานประกอบการมีความแตกต่างกัน อู่ซ่อมรถยนต์ขนาดเล็กมีค่าระดับความร้อนของการทำงาน (29.76±1.02 องศาเซลเซียส) มากกว่าอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดใหญ่ (28.68±0.70 องศาเซลเซียส) เนื่องจากอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดเล็กมีพื้นที่ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน 200 ตารางเมตร มีความสูง 5 เมตร ซึ่งมีพื้นที่ในการปฏิบัติงานน้อยกว่าและการจัดวางเครื่องจักรในการปฏิบัติงานอยู่ชิดติดกัน อีกทั้งพื้นที่ในการปฏิบัติงานเป็นอาคารแบบกึ่งเปิด 1 ด้าน จึงทำให้มีการระบายอากาศได้ค่อนข้างน้อย โดยมีระดับความเร็วลม เท่ากับ 0.72±0.17 เมตร/วินาที จึงทำให้พื้นที่ปฏิบัติงานมีการสะสมความร้อนมากกว่า และอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดใหญ่มีพื้นที่ที่ใช้ในการปฏิบัติงานทั้งหมด 525 ตารางเมตร มีความสูง 5 เมตร ซึ่งมีพื้นที่ในการใช้ในการปฏิบัติงานมากกว่าและการจัดวางเครื่องจักรในการปฏิบัติงานอยู่ห่างกัน อีกทั้งพื้นที่ในการปฏิบัติงานเป็นลักษณะพื้นที่เปิดจึงทำให้มีการระบายอากาศได้มากกว่า โดยมีระดับความเร็วลม เท่ากับ 0.97±0.43 เมตร/วินาที ทำให้พื้นที่ปฏิบัติงานมีการสะสมความร้อนได้น้อยกว่า ซึ่งอากาศสามารถถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อน จึงทำให้สามารถระบายความร้อนได้ [20]



ภาพที่ 11 กราฟแสดงระดับความร้อนของการทำงานของอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดใหญ่และขนาดเล็ก

6. ผลกระทบของระดับความร้อนต่อผู้ปฏิบัติงาน

ผลกระทบของระดับความร้อนต่อผู้ปฏิบัติงานในอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดใหญ่และขนาดเล็ก พบว่า ผลกระทบต่อสุขภาพร่างกายและจิตใจทำให้เกิดอาการกระหายน้ำ เหนื่อยล้า เป็นตะคริว มือชาและหงุดหงิด เมื่อร่างกายได้รับความร้อนหรือสร้างความร้อนขึ้นจึงจำเป็นต้องถ่ายเทความร้อนออกไป โดยร่างกายจะพยายามรักษาสมดุลของอุณหภูมิให้คงที่ 37.00±1.00 องศาเซลเซียส เพื่อให้อวัยวะต่าง ๆ ภายในร่างกายทำงานได้ปกติ หากร่างกายไม่สามารถรักษาสมดุลความร้อนได้จะมีผลกระทบทั้งด้านจิตใจ (Psychological Effects) เช่น หงุดหงิด อ่อนเพลีย กระสับกระส่าย ไม่มีสมาธิ [5] เมื่อร่างกายได้รับความร้อนหรือสร้างความร้อนขึ้นจะต้องถ่ายเทความร้อนออกไป เพื่อรักษาสมดุลของอุณหภูมิร่างกาย หากร่างกายไม่สามารถรักษาสมดุลของระบบควบคุมความร้อนได้ จะทำให้ร่างกายเกิดอาการผิดปกติหรืออาการเจ็บป่วย (Physical Effects) ได้แก่ การมีไข้ ตะคริวเนื่องจากความร้อน เป็นลมเนื่องจากความร้อนในร่างกายสูง อ่อนเพลียเนื่องจากความร้อน ผดผื่นขึ้นตามบริเวณผิวหนัง อาการการขาดน้ำ การหมดสติชั่วคราวจากความร้อน บวมน้ำจากความร้อน ชักเกร็งจากความร้อนและโรคจิตประสาทเนื่องจากความร้อนที่เกิดจากการสัมผัสความร้อนสูงจัดเป็นเวลานาน ทำให้เกิดอาการวิตกกังวล ไม่มีสมาธิในการทำงาน ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง ส่งผลทำให้นอน ไม่หลับและมักเป็นต้นเหตุให้เกิดอุบัติเหตุในการทำงาน [2, 5, 21] ซึ่งอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดใหญ่และขนาดเล็กไม่มีอุปกรณ์ป้องกันความร้อนสำหรับผู้ปฏิบัติงาน และผู้ปฏิบัติงานมีวิธีป้องกันความร้อน คือ การใช้พัดลมในการระบายความร้อน การดื่มน้ำเย็นเพื่อช่วยคลายร้อนและพยายามใช้เวลาในการทำงานกับเครื่องจักรให้น้อยที่สุด

สำหรับแนวทางป้องกันและควบคุมอันตรายในการทำงานที่ต้องสัมผัสความร้อน โดยใช้หลักการการควบคุมตามลำดับชั้น (Hierarchy of Controls) โดยจัดลำดับมาตรการควบคุมอันตรายในที่ทำงาน เริ่มจากวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงสุดไปจนถึงวิธีที่มีประสิทธิภาพน้อยที่สุด เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัยตั้งแต่ต้นทาง [2, 7, 21, 22] ซึ่งสามารถดำเนินการได้ดังนี้

1) การใช้แผ่นกันความร้อนหรือการใช้ฉนวนโดยหุ้มแหล่งกระจายความร้อน ซึ่งเป็นการลดการแผ่รังสีความร้อนและการพาความร้อน

2) การออกแบบและปรับปรุงระบบระบายอากาศให้สามารถถ่ายเทความร้อนระหว่างภายในและภายนอกอาคาร

3) การตั้งติดพัดลมระบายอากาศ ทำให้อากาศมีการไหลเวียนจะช่วยระบายเหงื่อของผู้ปฏิบัติงาน

4) การลดระยะเวลาการทำงาน เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานไม่ต้องสัมผัสกับความร้อนนานเกินไป

5) การให้ความรู้ สร้างเจตคติและพฤติกรรมความปลอดภัยให้กับผู้ปฏิบัติงานในการทำงาน

6) การจัดน้ำดื่มและน้ำเกลือแร่ให้ผู้ปฏิบัติงาน

7) ตรวจสุขภาพประจำปี

8) การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่เกี่ยวข้องกับความร้อน

สรุปผล

อู่ซ่อมรถยนต์ขนาดใหญ่และขนาดเล็กมีค่าระดับความร้อนของการทำงาน เท่ากับ 28.68$\pm$0.70 และ 29.76$\pm$1.02 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดเล็กมีค่าระดับความร้อนของการทำงานมากกว่าอู่ซ่อมรถยนต์ขนาดใหญ่ (p-value < 0.05) ความร้อนในอู่ซ่อมรถยนต์เกิดจากการทำงานของเครื่องจักร ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อระดับความร้อนที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับ ได้แก่ อัตราเมตาบอลิซึมในร่างกาย ระดับความร้อนในอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วลม ภาระงานของผู้ปฏิบัติงานทั้ง 3 ฝ่ายของอู่ซ่อมรถยนต์ทั้ง 2 แห่งมีภาระงานเหมือนกัน คือ ฝ่ายซ่อมบำรุงเครื่องยนต์และเปลี่ยนอะไหล่ และฝ่ายเจียร์อะไหล่รถยนต์และประกอบอะไหล่มีภาระงานปานกลาง ส่วนฝ่ายเคาะและทุบอะไหล่ส่วนต่าง ๆ ของรถยนต์มีภาระงานหนัก ซึ่งผู้ปฏิบัติงานทั้ง 3 ฝ่ายทำงานในพื้นที่ที่มีระดับความร้อนไม่เกินค่ามาตรฐาน และค่าดัชนีความร้อน เท่ากับ 34.68$\pm$1.08 และ 37.32$\pm$1.47 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับเตือนภัย ผลกระทบของระดับความร้อนต่อสุขภาพร่างกายและจิตใจของผู้ปฏิบัติงาน ดังนั้นจึงต้องมีแนวทางป้องกันและควบคุมอันตรายในการทำงานที่ต้องสัมผัสความร้อนและให้ความรู้ สร้างเจตคติและพฤติกรรมความปลอดภัยให้กับผู้ปฏิบัติงานในการทำงาน

เอกสารอ้างอิง

1. วิทยา อยู่สุข. อาชีวอนามัยและความปลอดภัย. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: หจก.เบสท์ กราฟฟิค เพรส; 2552. 252.
2. ชนกานต์ สกุลแถว. ความร้อนกับการทำงาน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2556; 5(1): 21-24. https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/JSTNSRU/article/view/42075/34760
3. อัศมน ลิ่มสกุลม, วุฒิชัย แพงแก้ว และ นิดาลักษณ์ อรุณจันทร. การพัฒนาดัชนีความร้อนและการประยุกต์ใช้ศึกษาคลื่นความร้อนในประเทศไทย. ใน: อนงค์ ชานะมูล. รายงานผลงานวิจัยศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม ปี 2558 – 2560. พิมพ์ครั้งที่ 1. ปทุมธานี: ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อมกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. หน้า 13–24. https://shorturl.asia/BjDHz
4. สุมิตรา ดอกเข็ม, วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์, วรกมล บุณยโยธิน, อรุณรักษ์ คูเปอร์ มีใย และ อริยะ บุญงามชัยรัตน์. ดัชนีชี้วัดการตอบสนองของร่างกายต่อความร้อนที่เหมาะสมสำหรับคนงานในโรงงานหล่อหลอมโลหะ. วารสารความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม. 2560; 26(1): 51–60. https://www.ohswa.or.th/attachments/view/?attach_id=260868
5. ทัศน์พงษ์ ตันติปัญจพรม. ความร้อน: ผลกระทบต่อสุขภาพ การตรวจวัด ค่ามาตรฐานและการปรับตัวให้ทนต่อสถาพความร้อน. วารสารความปลอดภัยและสุขภาพ. 2562; 12(3): 1–16. https://he01.tci-thaijo.org/index.php/JSH/article/view/187302

6. ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีการตรวจวัด และการวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับระดับความร้อน แสงสว่าง หรือเสียง รวมทั้งระยะเวลาและประเภทกิจการที่ต้องดำเนินการ ประกาศในราชกิจจา เล่ม 135 ตอนพิเศษ 57 ง วันที่ 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561
7. อภิรดี ศรีโอภาส. แนวการตรวจวัดความร้อนในสถานประกอบกิจการ. วารสารความปลอดภัยและสุขภาพ. 2558; 8(30): 33–38. https://he01.tci-thaijo.org/index.php/JSH/article/view/136542/101800
8. กฎกระทรวง (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 109 ตอนที่ 37 วันที่ 4 เมษายน 2535
9. กฎกระทรวงกำหนดประเภท ชนิด และขนาดของโรงงาน พ.ศ. 2563 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 137 ตอนที่ 62 ก วันที่ 5 สิงหาคม 2563
10. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง กิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ พ.ศ. 2558 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 132 ตอนพิเศษ 165 ง วันที่ 17 กรกฎาคม 2558
11. สุณัฏฐา โน้ตสุภา และ อุไรวรรณ อินทร์ม่วง. สภาพปัญหาด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมของอู่ซ่อมและอู่เคาะพ่นสีรถยนต์ และแนวทางการแก้ไขปัญหา ในเขตเทศบาลเมืองสกลนคร. วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2555; 5(3): 65–76. https://he01.tci-thaijo.org/index.php/kkujphr/article/view/118246/90744
12. ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีการตรวจวัด และการวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับระดับความร้อน แสงสว่าง หรือเสียง รวมทั้งระยะเวลาและประเภทกิจการที่ต้องดำเนินการ (ฉบับที่ 2) ประกาศในราชกิจจา เล่ม 139 ตอนพิเศษ 7 ง วันที่ 11 มกราคม พ.ศ. 2565
13. กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ.2559 ประกาศในราชกิจจาเล่ม 133 ตอนที่ 91 ก วันที่ 7 ตุลาคม พ.ศ.2559
14. กองความปลอดภัยแรงงาน. แนวทางการตรวจวัดและประเมินสภาพแวดลอมในการทำงานและการดำเนินการตามพระราชบัญญัติความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2554. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: กองความปลอดภัยแรงงาน กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน; 2561. 94.
15. Lans P. Rothfusz. The Heat Index Equation (or, More Than You Ever Wanted to Know About Heat Index) [Internet]. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service, Office of Meteorology, Fort Worth, TX, USA: 2018 [updated 1990 Jan 7; cited 2018 Sep 25]; Available from: https://www.weather.gov/media/ffc/ta_htindx.PDF
16. ประกาศกรมอนามัยเรื่อง ค่าเฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพจากค่าดัชนีความร้อน (Heat Index) พ.ศ. 2567
17. วิทชย เพชรเลียบ, พานิช แก่นกาญจน์ และณัฐวรรณ เลิศภิญโญชัยถาวร. การประเมินสิ่งแวดล้อมการทำงานและภาวะสุขภาพตามความเสี่ยงจากการทำงานของพนักงานในอู่ซ่อมรถยนต์ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา. วารสารสาธารณสุขมหาวิทยาลัยบูรพา. 2563; 15(2):109–120. https://journal.lib.buu.ac.th/index.php/health/article/view/7293
18. จีรนันท์ จะเกร็ง, ฉันทนา ผดุงทศ และ ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุด. ผลกระทบต่อสุขภาพจากการสัมผัสพลังงานความร้อนขณะทำงานในกลุ่มคนทำนาเกลือจังหวัดสมุทรสงคราม. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 2553; 2(1): 10–18. https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/swujournal/article/view/33456/28375

19. กลุ่มวิจัยและพัฒนาสารสนเทศอุตุนิยมวิทยา กองบริการดิจิทัลอุตุนิยมวิทยา. ค่าดัชนีความร้อน (Heat Index, HI). แหล่งข้อมูล : http://www.rnd.tmd.go.th/doc/public/เอกสารเผยแพร่ความรู้_ค่าดัชนีความร้อน (24AUG).pdf สืบค้นวันที่ 2 ตุลาคม 2567
20. สุดาว เลิศวิสุทธิไพบูลย์. การตรวจวัดและประเมินสภาพความร้อนและความเย็น. ใน: อภิรดี ศรีโอภาส. สุขศาสตร์อุตสาหกรรม: การประเมิน หน่วยที่ 6–10. พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. หน้า 6-1-6-95.
21. เกียรติศักดิ์ บัตรสูงเนิน. อาชีวอนามัยและความปลอดภัยพื้นฐาน. พิมพ์ครั้งที่1. นครราชสีมา:สาขาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย สำนักวิชาแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุรนารี; 2557. 235.
22. จุฑามาศ ปิ่นทอง, ธิดารัตน์ อ่อนสุด และ อรวรรณ ชำนาญพุดซา. ความรู้ เจตคติ และพฤติกรรมความปลอดภัยมีความสัมพันธ์ต่ออาการจากการสัมผัสความร้อนของพนักงานฝ่ายผลิตในโรงงานหลอมโลหะแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี. วารสารความปลอดภัยและสุขภาพ. 2565; 15(2): 146–159. https://he01.tci-thaijo.org/index.php/JSH/article/view/252484/175579