

การออกแบบและพัฒนาเครื่องมือช่วยจัดเก็บสายส่งน้ำดับเพลิงเพื่อลดปัจจัยเสี่ยงทางด้าน

การยศาสตร์: กรณีศึกษาเจ้าหน้าที่สถานีดับเพลิงแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A PORTABLE FIRE HOSE ROLLING DEVICE TO REDUCE ERGONOMIC RISK: A CASE STUDY OF FIREFIGHTERS IN BANGKOK

นันทิรา วรกาญจนบุญ*, เอกรินทร์ เอี่ยมพ่อกำ, เจษฎา สุกุลเขียว, สุภาพร พูนมาก, วัฒนชัยโชติ กงสะกาง, สาโรจน์ เจริญสุข,
ทิพรัตน์ นาคมอญ, ชนกฤต ปวรชัยรัช และสุนทร พูนพิพัฒน์

Nantira Vorakarnchanabun*, Aekarin Aiamporka, Jedsada Sakulkioe, Supapron Phoonmak,
Wattanachaichot Gongsagang, Saroj Charoensuk, Thippharat Nakmon, Thanakit Borvornchairat
and Sunthorn Poolpipatana

คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันสารสาสน์เทคโนโลยีแห่งสุวรรณภูมิ สมุทรปราการ ประเทศไทย
School of Engineering, Science and Technology, Sarasas Suvarnabhumi Institute of Technology, Samut Prakan Province,
Thailand

*Corresponding Author, Email: nantira.von@svit.ac.th

(Received: 19 November 2025; Revised: 2 June 2026; Accepted: 20 June 2026)

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องมือม้วนสายดับเพลิง เพื่อลดการใช้แรงงาน ลดความเสี่ยงทางการยศาสตร์ และลดระยะเวลาในการทำงาน โดยการศึกษาท่าทางการทำงานและประเมินความเสี่ยงด้วยแบบประเมิน Rapid Entire Body Assessment (REBA) เพื่อเปรียบเทียบการม้วนเก็บสายดับเพลิงแบบใช้แรงงานคนกับการม้วนเก็บสายดับเพลิงโดยใช้เครื่องช่วยม้วนสายดับเพลิงผลการทดสอบกลุ่มตัวอย่างจำนวน 18 คน พบว่าเครื่องช่วยม้วนสายดับเพลิงสามารถลดจำนวนผู้ปฏิบัติงานจาก 2 คน เหลือ 1 คน ลดกำลังแรงงานได้ 50% และลดระยะเวลาเฉลี่ยจาก 1.50 นาที เหลือ 1.38 นาทีต่อการม้วนสายดับเพลิง 1 เส้น หรือคิดเป็นการลดระยะเวลาเฉลี่ย 8% เมื่อเทียบกับวิธีการม้วนสายด้วยแรงงานคน ผลการประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์โดยใช้แบบประเมิน REBA พบว่าการม้วนสายดับเพลิงแบบเดิมมีคะแนนเฉลี่ย 9.5 ± 1.3 คะแนน จัดอยู่ในระดับความเสี่ยงสูง ขณะที่การใช้เครื่องช่วยม้วนสายดับเพลิงมีคะแนนเฉลี่ย 4.8 ± 1.0 คะแนน จัดอยู่ในระดับความเสี่ยงปานกลาง ซึ่งความเสี่ยงทางการยศาสตร์ลดลงประมาณ 50.2% จากการสังเกตและความคิดเห็นของผู้ใช้งาน พบว่าเครื่องช่วยม้วนสายดับเพลิงสามารถช่วยลดแรงยก ลดการก้มตัว และส่งเสริมให้ผู้ปฏิบัติงานอยู่ในท่าทางที่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ ซึ่งมีแนวโน้มที่จะช่วยลดอาการเมื่อยล้าและอาการปวดกล้ามเนื้อ อีกทั้งยังอาจช่วยลดโอกาสการบาดเจ็บจากการทำงาน และส่งเสริมสุขภาวะความปลอดภัย รวมถึงเพิ่มความสะดวกสบายในการปฏิบัติงาน

คำสำคัญ: การประเมินท่าทางการทำงาน / การยศาสตร์ / ความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ดับเพลิง / เครื่องม้วนสายดับเพลิง

Abstract

This research aimed to design and develop a fire hose rolling device to reduce labor requirements, ergonomic risks during operation and task completion time. The study involved analyzing working postures and assessing ergonomic risks using the Rapid Entire Body Assessment (REBA) method. A comparison was conducted between manual

hose rolling and the use of the developed rolling device. The results from a sample group of 18 participants indicated that the fire hose winding device reduced the number of operators from two to one person, representing a 50% reduction in manpower. The average operation time decreased from 1.50 minutes to 1.38 minutes per hose, equivalent to an 8% reduction compared with manual hose rolling. Ergonomic risk assessment using REBA revealed that the traditional manual method had an average score of 9.5 ± 1.3 , indicating a high-risk level. In contrast, the use of the developed device resulted in an average score of 4.8 ± 1.0 , indicating a medium-risk level. This corresponds to an approximate 50.2% reduction in ergonomic risk. Observations and user feedback demonstrated that the developed prototype helped reduce lifting force and bending posture, while promoting proper ergonomic working positions. These improvements are likely to reduce muscle fatigue and discomfort, and may also decrease the risk of work-related injuries. Furthermore, the device contributes to improved occupational safety and enhances user comfort during operation.

Keyword: Ergonomics / Fire hose rolling device / Firefighter safety / REBA

บทนำ

สายส่งน้ำดับเพลิงเป็นอุปกรณ์สำคัญที่มีบทบาทโดยตรงในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ดับเพลิง หน่วยกู้ภัย และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย โดยมีหน้าที่ลำเลียงน้ำจากแหล่งน้ำหรือรถดับเพลิงไปยังจุดเกิดเพลิงไหม้ด้วยแรงดันสูง วัสดุที่ใช้ผลิตสายดับเพลิงส่วนใหญ่เป็นยางสังเคราะห์ ผ้าใยโพลีเอสเตอร์ หรือวัสดุผสมโลหะ ซึ่งมีคุณสมบัติทนต่อแรงดันและอุณหภูมิสูงได้ดี¹ โดยทั่วไปสายดับเพลิงหนึ่งเส้นมีความยาวเฉลี่ยประมาณ 30 เมตร และมีน้ำหนักมากกว่า 10–20 กิโลกรัมเมื่อเป็ยก² การเคลื่อนย้ายและม้วนเก็บสายดับเพลิงจึงเป็นภารกิจที่ต้องใช้แรงงานจำนวนมากและมีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บจากการทำงานซ้ำ (Repetitive Strain Injury) นอกจากนี้ ยังมีปัจจัยเสี่ยงทางกายศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การใช้แรงยกและแรงดึงในระดับสูง การทำงานในท่าทางที่ไม่เหมาะสม การปฏิบัติงานอย่างต่อเนื่องโดยขาดช่วงพักที่เพียงพอ รวมถึงปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมและการออกแบบสถานที่ทำงาน เช่น พื้นลื่นหรือพื้นที่คับแคบ ปัจจัยเหล่านี้ล้วนส่งผลต่อระบบกล้ามเนื้อและกระดูกของผู้ปฏิบัติงาน ทำให้เกิดการบาดเจ็บทั้งแบบเฉียบพลันและเรื้อรัง เช่น อาการปวดหลังและหมอนรองกระดูกเคลื่อน นอกจากนี้ การสัมผัสแรงสั่นสะเทือนจากอุปกรณ์ การทำงานภายใต้สภาวะเร่งรีบ ตลอดจนความเครียดจากการปฏิบัติงาน ยังเป็นปัจจัยเสริมที่เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุและความผิดปกติทางสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานอีกด้วย ข้อมูลจากกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ปี 2566³ ระบุว่า เจ้าหน้าที่ดับเพลิงในประเทศไทยมีอัตราการบาดเจ็บจากการทำงานเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 12 ต่อปี โดยสาเหตุ

สำคัญมาจากการยกของหนัก การใช้แรงซ้ำ และท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม โดยเฉพาะขั้นตอนการม้วนเก็บสายดับเพลิง ซึ่งต้อง

ใช้เจ้าหน้าที่อย่างน้อย 2–3 คนต่อสายหนึ่งเส้น และใช้แรงดึงหมุนต่อเนื่องเป็นเวลานาน ส่งผลให้เกิดความเมื่อยล้าและการบาดเจ็บของระบบกล้ามเนื้อและกระดูก โดยเฉพาะบริเวณหลัง แขน และไหล่⁴ สถานการณ์ดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานในต่างประเทศ^{5,6} พบว่า ความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและกระดูก (Musculoskeletal Disorders: MSDs) เป็นสาเหตุสำคัญของการบาดเจ็บในเจ้าหน้าที่ดับเพลิง โดยคิดเป็นสัดส่วนมากกว่า 45% ของการบาดเจ็บทั้งหมด ซึ่งมีความสัมพันธ์กับกิจกรรมการยกเคลื่อนย้าย และจัดเก็บอุปกรณ์ดับเพลิง ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาเครื่องมือที่ช่วยลดภาระทางกายภาพและความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ดับเพลิง

ในปัจจุบัน การปฏิบัติงานภาคสนามของเจ้าหน้าที่ดับเพลิง โดยเฉพาะในขั้นตอนการเคลื่อนย้ายและม้วนเก็บสายส่งน้ำดับเพลิง ยังคงอาศัยแรงงานคนเป็นหลัก โดยทั่วไปต้องใช้เจ้าหน้าที่อย่างน้อย 2 คน ทำงานร่วมกันในการจับปลายสายทั้งสองด้าน ดึงสายให้ตึง ยกเพื่อรีดน้ำออก และม้วนเก็บสายด้วยลักษณะการเคลื่อนไหวที่ต้องก้ม ยก และบิดลำตัวซ้ำ ๆ ก่อนยกสายขึ้นพาดบ่าเพื่อเคลื่อนย้าย ซึ่งเป็นกระบวนการที่ต้องใช้แรงงานสูงและมีความซับซ้อนทางการเคลื่อนไหวของร่างกาย ลักษณะการทำงานดังกล่าวก่อให้เกิดภาระต่อระบบกล้ามเนื้อและกระดูกอย่างมีนัยสำคัญ และเพิ่มความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บจากการทำงาน โดยเฉพาะเมื่อมีการใช้แรงยกสูงร่วมกับท่าทางที่ไม่เหมาะสมและการเคลื่อนไหวซ้ำ ๆ แม้ว่าจะมีการศึกษาความเสี่ยงทางการ

ศาสตร์ในงานดับเพลิงในมิติอื่นอย่างต่อเนื่อง แต่ยังพบว่าการศึกษาที่มุ่งเน้นการออกแบบและพัฒนาเครื่องมือช่วยม้วนและจัดเก็บสายส่งน้ำดับเพลิงโดยเฉพาะยังมีอยู่อย่างจำกัด และแม้ว่าจะมีอุปกรณ์ช่วยม้วนสายดับเพลิง เช่น Fire Hose Reel และ Hose Rack System ที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ แต่ส่วนใหญ่เป็นระบบกึ่งอัตโนมัติที่ยังต้องอาศัยแรงคนช่วยหมุน หรือมีขนาดใหญ่และมีต้นทุนสูง เหมาะสำหรับการติดตั้งแบบประจำที่ จึงไม่สอดคล้องกับบริบทการใช้งานภาคสนามของเจ้าหน้าที่ดับเพลิงในประเทศไทย ซึ่งต้องการอุปกรณ์ที่มีความคล่องตัว น้ำหนักเบา ประหยัด และสะดวกต่อการเคลื่อนย้าย

ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องมือช่วยม้วนสายส่งน้ำดับเพลิงที่เหมาะสมกับการใช้งานภาคสนาม โดยประเมินประสิทธิภาพการทำงานจากระยะเวลาในการม้วนสายดับเพลิงต่อเส้น จำนวนผู้ปฏิบัติงานต่อภารกิจ รวมทั้งประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์จากคะแนน REBA เพื่อสนับสนุนการปฏิบัติงานให้มีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น และส่งเสริมสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในระยะยาว

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ สร้าง และทดสอบเครื่องมือช่วยจัดเก็บสายส่งน้ำดับเพลิงที่สามารถลดความเสี่ยงทางการยศาสตร์ของเจ้าหน้าที่ดับเพลิง โดยอาศัยแนวคิดเชิงวิศวกรรมการออกแบบ ร่วมกับหลักการยศาสตร์ เพื่อทดสอบความสะดวกจากการใช้งานจริงที่สถานีดับเพลิง รวมทั้งเปรียบเทียบกำลังคน ระยะเวลาในการม้วน และระดับความเสี่ยงด้านยศาสตร์ของการปฏิบัติงานก่อนและหลังการใช้เครื่องมือที่พัฒนาใช้เก็บสายส่งน้ำดับเพลิง

สถานที่ดำเนินการ ณ สถานีดับเพลิงและกู้ภัยแห่งหนึ่งในเขตกรุงเทพมหานคร และระยะเวลา ดำเนินการวิจัยตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2567 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2568 รวมระยะเวลา 12 เดือน การดำเนินการแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ ระยะที่ 1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐานและวิเคราะห์ปัญหาการม้วนเก็บสายดับเพลิงในสถานีดับเพลิงจริง ระยะที่ 2 การออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องช่วยม้วนสายดับเพลิงโดยใช้โปรแกรม SolidWorks และระยะที่ 3 การทดสอบต้นแบบในภาคสนาม ทดสอบการใช้งานและ

ประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ด้วยแบบประเมิน Rapid Entire Body Assessment (REBA)

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง/Population and Sample

ประชากรของการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ เจ้าหน้าที่ดับเพลิงที่ปฏิบัติงานในสถานีดับเพลิงและกู้ภัยทั้งหมด 20 คน การศึกษาในสภาพแวดล้อมการทำงานจริง (Field study) โดยใช้วิธีการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง เพื่อคัดเลือกผู้ที่มีหน้าที่ปฏิบัติงานจริงในขั้นตอนการม้วนและจัดเก็บสายส่งน้ำดับเพลิง และยินยอมเข้าร่วมการทดลองโดยสมัครใจ กลุ่มตัวอย่างจำนวน 18 คน โดยกำหนดเกณฑ์การคัดเลือกเข้าศึกษา ได้แก่ ผู้ที่มีประสบการณ์การทำงานในด้านดับเพลิงไม่น้อยกว่า 1 ปี และไม่มีประวัติโรคหรือการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและกระดูกในช่วง 6 เดือนก่อนการศึกษา งานวิจัยนี้ได้รับความเห็นชอบจาก คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สถาบันสารสนเทศเทคโนโลยีแห่งสุวรรณภูมิ รหัสรับรองจริยธรรมเลขที่ SSVIT.IRB 007/2568

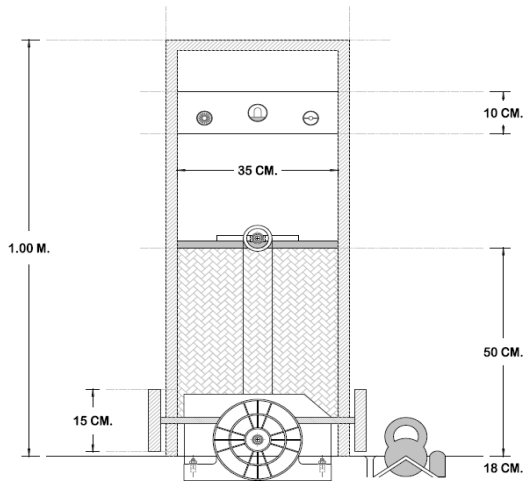
2. การออกแบบและพัฒนาเครื่องมือ/Design and Development Process

การออกแบบเครื่องช่วยม้วนสายดับเพลิงดำเนินการตามขั้นตอนของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม โดยศึกษาปัญหาและความต้องการ โดยการสังเกตและสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ดับเพลิงระหว่างการม้วนสายดับเพลิง วิเคราะห์ลักษณะการเคลื่อนไหว ประเมินความเสี่ยงทางด้านการยศาสตร์ด้วยแบบฟอร์ม REBA และเวลาที่ใช้ จากนั้นนำข้อมูลมาออกแบบโครงสร้างและกลไกการม้วนโดยใช้ SolidWorks ดังภาพที่ 1 พิจารณาการเลือกวัสดุ เช่น เหล็กกล้าและอลูมิเนียม เพื่อให้มีความแข็งแรงและน้ำหนักเบา จากนั้นสร้างต้นแบบเครื่องม้วนสายน้ำดับเพลิงแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยใช้ระบบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor 24 V) ติดตั้งล้อเลื่อนเพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย แล้วทดสอบประสิทธิภาพ โดยทดสอบกับสายดับเพลิง 2 ขนาด คือ 1.5 นิ้ว และ 2.5 นิ้ว ประเมินความเร็วในการม้วน คนและแรงที่ใช้ความสะดวกในการใช้งานและประเมินความเสี่ยงทางด้านการยศาสตร์ด้วยแบบฟอร์ม REBA

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย/Research instruments

3.1 นาฬิกาจับเวลา

3.2 แบบประเมินความเสี่ยงทางด้านการยศาสตร์ด้วยแบบฟอร์ม REBA



ภาพที่ 1 แบบจำลองเครื่องช่วยม้วนสายดับเพลิง

4. วิธีการเก็บข้อมูลและการประเมินผล/Data Collection and Evaluation

4.1 เปรียบเทียบจำนวนแรงงานคนและระยะเวลาในการม้วน รวมทั้งความสะดวกจากการใช้งานจริงโดยรวม

4.2 การประเมินท่าทางการทำงาน ใช้แบบประเมิน REBA ด้วยการถ่ายวิดีโอ เพื่อวิเคราะห์ท่าทางของร่างกายส่วนต่างๆ ได้แก่ คอ ลำตัว แขน ขา และข้อมือ โดยบันทึกภาพเคลื่อนไหวในระหว่างการปฏิบัติงาน 2 กรณี ได้แก่ กรณีการม้วนเก็บสายดับเพลิงแบบใช้แรงงานคน และกรณีการม้วนเก็บสายดับเพลิงโดยเครื่องม้วน จำนวนทั้งสิ้น 18 คน ดำเนินการให้คะแนนตามตารางเกณฑ์ REBA⁷ และจัดระดับความเสี่ยง 5 ระดับ ได้แก่ ความเสี่ยงเล็กน้อยมาก (Negligible) ความเสี่ยงระดับต่ำ (Low) ความเสี่ยงระดับปานกลาง (Medium) ความเสี่ยงระดับสูง (High) และ ความเสี่ยงระดับสูงมาก (Very High)

5. การวิเคราะห์ข้อมูล/Data Analysis

ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยใช้สถิติพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และร้อยละ (%) เปรียบเทียบคะแนน REBA ก่อนและหลังการใช้เครื่องมือม้วนจัดเก็บสายส่งน้ำดับเพลิงที่ออกแบบใหม่กับการทำงานแบบเดิม

ข้อมูลเชิงคุณภาพ จากการสังเกตและสัมภาษณ์ เพื่อสรุปประเด็นเชิงพฤติกรรมและความคิดเห็นของผู้ปฏิบัติงาน

ผลการศึกษา

การดำเนินการออกแบบและพัฒนาเครื่องมือช่วยม้วนสายดับเพลิงตามกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม และทดสอบ

การใช้งาน รวมทั้งประเมินความเสี่ยงทางด้านการยศาสตร์ ผลการศึกษาพบดังนี้

จากการสังเกตและสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ดับเพลิงของสถานีดับเพลิงพระโขนง พบว่ากระบวนการม้วนเก็บสายดับเพลิงแบบเดิมเป็นงานที่ใช้แรงงานมาก ต้องใช้เจ้าหน้าที่อย่างน้อย 2 คน ต่อสายหนึ่งเส้น โดยเฉลี่ยสายดับเพลิงมีน้ำหนักมากกว่า 10-20 กิโลกรัมเมื่อเปียกน้ำ โดยการปฏิบัติงานในการเก็บม้วนสายดับเพลิงในแต่ละครั้ง ใช้สายดับเพลิงประมาณ 10 เส้น ผลจากการวิเคราะห์เชิงการยศาสตร์ พบว่าท่าทางหลักที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงคือ การก้มตัวและบิดลำตัวขณะหมุนสาย ซึ่งทำให้เกิดแรงกดเชิงกลต่อกระดูกสันหลังมากกว่าค่ามาตรฐานที่แนะนำโดย OSHA⁸ และแนวทางการยศาสตร์ของสถาบันความปลอดภัยในการทำงาน⁴ จากข้อมูลข้างต้นจึงนำการออกแบบโครงสร้างและกลไกของเครื่องช่วยม้วนสายดับเพลิงได้ดำเนินการโดยใช้โปรแกรม SolidWorks เพื่อสร้างแบบจำลองสามมิติ โดยพิจารณาปัจจัยด้านความแข็งแรง ความมั่นคง และความสะดวกในการใช้งาน วัสดุโครงสร้างหลักใช้เหล็กกล้า สำหรับส่วนฐานและโครงรองรับ และใช้อลูมิเนียมสำหรับส่วนของแกนหมุนและตัวครอบ เพื่อให้มีน้ำหนักเบาและป้องกันการกัดกร่อน กลไกการทำงาน ออกแบบระบบหมุนเก็บแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยใช้ชุดขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ควบคุมความเร็วการหมุนผ่านตัวปรับรอบ ระบบขับเคลื่อนและเคลื่อนย้าย ติดตั้งล้อเลื่อนขนาด 4 นิ้ว พร้อมระบบล็อกเพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและใช้งานในภาคสนาม และการออกแบบด้านการยศาสตร์ กำหนดความสูงของแกนหมุนให้สอดคล้องกับระดับช่วงความสูงเอวของผู้ปฏิบัติงานเฉลี่ย ประมาณ 90 เซนติเมตร เพื่อลดการก้มตัว และติดตั้งที่จับด้านข้างเพื่อช่วยในการควบคุมเครื่องโดยไม่ต้องออกแรงมาก ภาพที่ 1 แบบจำลองในโปรแกรม SolidWorks ได้ต้นแบบเครื่องช่วยม้วนสายดับเพลิงที่มีขนาดกะทัดรัดและสามารถใช้งานได้สะดวกในภาคสนาม ตัวเครื่องมีความสูงรวมประมาณ 1.00 เมตร ความกว้าง 35 เซนติเมตร และความยาวฐาน 50 เซนติเมตร โดยออกแบบให้มีศูนย์ถ่วงต่ำเพื่อเพิ่มความมั่นคงขณะใช้งาน ระบบขับเคลื่อนใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ เชื่อมต่อกับแกนหมุนเก็บสายผ่านชุดเฟืองทดรอบ ซึ่งช่วยให้สามารถควบคุมความเร็วการหมุนได้อย่างต่อเนื่อง บริเวณฐานของเครื่องติดตั้งล้อเลื่อนขนาด 4 นิ้ว พร้อมระบบล็อก เพื่อให้เคลื่อนย้ายได้ง่ายและปลอดภัย ส่วนความสูงของแกนหมุนอยู่ที่ระดับ 90-100 เซนติเมตรจากพื้น ซึ่งเป็นระดับที่สอดคล้องกับช่วงเอวของผู้ใช้งานตามหลักการยศาสตร์ ช่วยลดการก้มตัวและแรงบิด

ของลำตัวขณะม้วนเก็บสาย ตัวเครื่องออกแบบให้สามารถรองรับสายดับเพลิงได้สองขนาด คือ 1.5 นิ้ว และ 2.5 นิ้ว โดยมีชุดอุปกรณ์รองรับสายและแกนลื่นที่สามารถปรับขนาดได้ และมีระบบรีดน้ำออกจากสายดับเพลิง โดยต้นทุนการผลิตประมาณ 4,500 – 5,500 บาท

ผลการทดสอบการใช้งานจากการทดลองกลุ่มตัวอย่างเจ้าหน้าที่เก็บสายดับเพลิงของสถานีดับเพลิงจำนวน 18 คน และประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ด้วย แบบประเมินท่าทางร่างกายทั้งลำตัว REBA (Rapid Entire Body Assessment) โดยประเมินการให้พนักงานม้วนเก็บสายดับเพลิงโดยใช้แรงงานคน กับวิธีการม้วนเก็บสายดับเพลิงด้วยเครื่อง ได้ผลการทดสอบและประเมินดังนี้

1. การม้วนเก็บสายดับเพลิงโดยใช้แรงงานคน

จากการสังเกต การสัมภาษณ์เชิงลึก และการบันทึกเวลาในการปฏิบัติงานของกลุ่มตัวอย่างเจ้าหน้าที่ดับเพลิงจำนวน 18 คน พบว่า ในกรณีการม้วนเก็บสายดับเพลิงแบบใช้แรงงานคน ต้องใช้เจ้าหน้าที่อย่างน้อย 2 คนต่อการเก็บสายดับเพลิง 1 เส้น โดยใช้เวลาเฉลี่ย 1.50 นาทีต่อเส้น ทั้งนี้การเก็บสายดับเพลิงเป็นขั้นตอนสุดท้ายของภารกิจการดับเพลิง ซึ่งเกิดขึ้นหลังจากการควบคุมเพลิงให้สงบเรียบร้อยแล้ว จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างเจ้าหน้าที่ส่วนใหญ่รายงานว่าในระหว่างและหลังการปฏิบัติงานมีอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะบริเวณหลังส่วนล่าง แขน และไหล่ เนื่องจากต้องอยู่ในท่าก้มและบิดลำตัวเป็นเวลานาน รวมทั้งต้องออกแรงยกและดึงสายดับเพลิงที่มีน้ำหนักมากกว่า 10 กิโลกรัม นอกจากนี้เจ้าหน้าที่หลายรายระบุว่า การม้วนเก็บสายดับเพลิงมักเป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นหลังจากการปฏิบัติงานดับเพลิงที่ใช้พลังงานสูง ทำให้เกิดอาการอ่อนล้าและสูญเสียแรงกายมาก่อนแล้ว ส่งผลให้ระดับความเมื่อยล้าและความเสี่ยงทางยศาสตร์ในขั้นตอนการเก็บสายดับเพลิงเพิ่มสูงขึ้น

ผลการประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ พบคะแนน REBA ของผู้ปฏิบัติงานอยู่ในช่วง 8-12 คะแนน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.5 ± 1.3 คะแนน ซึ่งจัดอยู่ในระดับ ความเสี่ยงสูง (High Risk) ตามเกณฑ์การแปลผลของ Hignett และ McAtamney⁹ ที่กำหนดให้คะแนนช่วง 8-10 หมายถึงระดับความเสี่ยงสูง และคะแนนมากกว่า 11 หมายถึงระดับความเสี่ยงสูงมาก (Very High Risk) เมื่อพิจารณาผลการประเมินรายด้านพบว่า กลุ่ม A (คอ ลำตัว ขา) ได้คะแนนเฉลี่ย 7 คะแนน กลุ่ม B (แขนและข้อมือ) ได้คะแนน

เฉลี่ย 6 คะแนน เมื่อนำคะแนนทั้งสองกลุ่มมารวมกับคะแนนกิจกรรมแล้ว ได้คะแนนรวมเฉลี่ย 9 คะแนน

จากการสังเกตลักษณะท่าทางการทำงานดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงภาระทางกายภาพที่เกิดขึ้นจากการใช้แรงงานคนโดยตรง พบว่าเจ้าหน้าที่ดับเพลิงต้องก้มตัวและบิดลำตัวในขณะที่ม้วนสายดับเพลิง รวมทั้งต้องใช้แรงมากในการดึงและยกสายส่งน้ำที่มีน้ำหนักมากกว่า 10 กิโลกรัม ซึ่งทำให้มุมลำตัวและแขนอยู่ในตำแหน่งที่ไม่เหมาะสมต่อสรีระ อีกทั้งผู้ปฏิบัติงานต้องคงท่าก้มเป็นระยะเวลานานกว่า 10 นาทีต่อครั้ง และเพิ่มระดับคะแนนความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ ผลการวิเคราะห์สรุปได้ว่า กลุ่มเจ้าหน้าที่ที่มีค่า REBA สูงสุด คือกลุ่มที่มีภาระยกสายดับเพลิงในท่าก้มและบิดลำตัวพร้อมกัน ซึ่งเป็นท่าทางที่ก่อให้เกิดแรงกดบนกระดูกสันหลังและข้อต่อส่วนล่างมากกว่าปกติ

2. การม้วนเก็บสายดับเพลิงโดยใช้เครื่องมือช่วยม้วนสาย

ผลการทดลองภาคสนามหลังนำเครื่องช่วยม้วนสายดับเพลิงต้นแบบมาใช้งานกับกลุ่มตัวอย่างเจ้าหน้าที่ดับเพลิงจำนวน 18 คน พบว่าการม้วนเก็บสายดับเพลิงสามารถดำเนินการได้โดยใช้เจ้าหน้าที่เพียง 1 คนต่อการเก็บสายดับเพลิง 1 เส้น ใช้เวลาเฉลี่ย 1.38 นาทีต่อเส้น เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีเดิมที่ใช้แรงงานคน 2 คนต่อเส้น ใช้เวลาเฉลี่ย 1.50 นาทีต่อเส้น พบว่า ระยะเวลาในการปฏิบัติงานลดลงประมาณ 8% จากเดิม แม้ความแตกต่างของเวลาเฉลี่ยจะไม่มากนัก แต่ผลที่ได้มีนัยสำคัญเชิงประสิทธิภาพด้านกำลังแรงงาน โดยสามารถลดจำนวนผู้ปฏิบัติงานได้ถึง 50% จาก 2 คนเหลือเพียง 1 คน

ผลการประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ คะแนน REBA ของผู้ปฏิบัติงานหลังการใช้งานเครื่องช่วยม้วนสายดับเพลิงอยู่ในช่วง 3-6 คะแนน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.8 ± 1.0 คะแนน ซึ่งจัดอยู่ในระดับความเสี่ยงปานกลาง (Medium Risk) ตามเกณฑ์การแปลผล REBA ที่กำหนดว่า คะแนนช่วง 4-7 หมายถึง ระดับความเสี่ยงปานกลาง และควรพิจารณาปรับปรุงเพื่อให้เหมาะสมต่อการใช้งานในระยะยาว เมื่อพิจารณาผลการประเมินรายด้าน พบว่า กลุ่ม A (คอ ลำตัว ขา) ได้คะแนนเฉลี่ย 4 คะแนน กลุ่ม B (แขนและข้อมือ) ได้คะแนนเฉลี่ย 3 คะแนน รวมคะแนนกิจกรรม แล้วได้คะแนนเฉลี่ย 5 คะแนน

เมื่อเปรียบเทียบกับค่าก่อนการปรับปรุงที่มีค่าเฉลี่ย 9.5 ± 1.3 คะแนน พบว่าคะแนนลดลงเฉลี่ย 4.8 ± 1.0 คะแนน หรือคิดเป็น 50.2% ของการลดระดับความเสี่ยง จากการสังเกตขณะ

ปฏิบัติงาน พบว่าผู้ปฏิบัติงานไม่จำเป็นต้องก้มตัวหรือบิดลำตัวมากเหมือนเดิม สามารถใช้แรงเพียงเล็กน้อยในการควบคุมการหมุนของแกนเก็บสาย และใช้มือช่วยประคองสายเท่านั้น ทำให้ท่าทางโดยรวมอยู่ในช่วงการเคลื่อนไหวที่เหมาะสมต่อหลักการยศาสตร์ จากการทดสอบเปรียบเทียบระหว่างการม้วนเก็บสายดับเพลิงโดยใช้แรงงานคนและการใช้เครื่องช่วยม้วนสายดับเพลิง สรุปได้ดังตารางที่ 1 พบว่าการใช้เครื่องช่วยม้วนสายดับเพลิงสามารถลด

คะแนนเฉลี่ยการประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ได้จาก 9.5 เหลือ 4.8 คะแนน ซึ่งหมายถึงระดับความเสี่ยงลดลงจาก สูง เหลือปานกลาง หรือคิดเป็นการลดลง 50.2% ของระดับความเสี่ยงโดยรวม เมื่อพิจารณาท่าทางการทำงาน พบว่าผู้ปฏิบัติงานไม่จำเป็นต้องก้มตัว บิดลำตัว หรือออกแรงยกสายดับเพลิงโดยตรงเหมือนการทำงานแบบเดิม

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนการประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ (REBA) ของเจ้าหน้าที่ดับเพลิงการม้วนเก็บสายดับเพลิงโดยใช้แรงงานคนและการใช้เครื่องช่วยม้วนสายดับเพลิง

เงื่อนไขการปฏิบัติงาน	ช่วงคะแนน (Min–Max)	ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean $\pm$ SD)	ระดับความเสี่ยง (Risk Level)	การแปลผลและข้อเสนอแนะ
การม้วนเก็บสายดับเพลิงโดยใช้แรงงานคน	8–12	9.5 $\pm$ 1.3	High Risk	มีความเสี่ยงสูงต่อการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อหลัง แขน และเอว ควรปรับปรุงทันที โดยเฉพาะในท่าก้มและบิดลำตัวซ้ำ ๆ
การม้วนเก็บสายดับเพลิงโดยใช้เครื่องช่วยม้วนสาย	3–6	4.8 $\pm$ 1.0	Medium Risk	ความเสี่ยงลดลงร้อยละ 50.2 เมื่อเทียบกับแบบเดิม ผู้ปฏิบัติงานไม่ต้องก้มตัว ใช้แรงน้อยลง และอยู่ในท่าทางที่เหมาะสมต่อหลักการยศาสตร์

หมายเหตุ: เกณฑ์การแปลผลคะแนน REBA⁹

1–3 = Low Risk, 4–7 = Medium Risk, 8–10 = High Risk, ≥ 11 = Very High Risk

อภิปรายผล

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การใช้เครื่องช่วยม้วนสายดับเพลิงช่วยลดกำลังคนและความเสี่ยงทางการยศาสตร์ได้อย่างชัดเจน ซึ่งจะทำให้ลดภาระงานของเจ้าหน้าที่ดับเพลิงที่ต้องทำงานหนักในการดับเพลิงได้ และยังสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Hignett และ McAtamney⁹ ที่ระบุว่า การใช้เครื่องมือช่วยยกหรือลดแรงตึงในกิจกรรมที่ต้องใช้แรงกล้ามเนื้ออย่างต่อเนื่อง สามารถลดคะแนน REBA ได้มากกว่า 40% การลดลงของคะแนนเฉลี่ยจาก 9.5 เหลือ 4.8 แสดงให้เห็นว่าเครื่องช่วยม้วนสายดับเพลิงสามารถลดแรงกดและแรงบิดที่กระทำต่อกล้ามเนื้อหลัง เอว และแขน ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บมากที่สุดในงานดับเพลิง¹⁰ และสอดคล้องกับการศึกษา Mustapha et al.¹¹ ที่พบว่า การใช้เครื่องม้วนสายดับเพลิงสามารถลดความเสี่ยงทางกายภาพ

เมื่อเทียบกับการใช้แรงงานคนจาก 57.67% เหลือ 27%

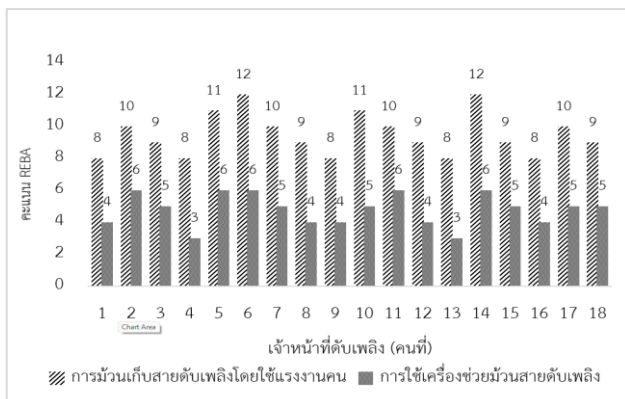
จากผลวิเคราะห์ความเสี่ยง Low Back Disorder (LBD) นอกจากนี้ยังส่งผลให้ผู้ปฏิบัติงานอยู่ในท่าทางที่เป็นกลางของร่างกาย (Neutral posture) ตามหลักการออกแบบตามหลักการยศาสตร์ (Ergonomic Design Principle) ที่เน้นให้แรงกระทำสอดคล้องกับแนวโครงสร้างทางกายวิภาคของมนุษย์ ผลดังกล่าวยังสอดคล้องกับแนวทางของ Sirikasemsuk et al.¹² ระบุว่า การปรับปรุงเครื่องมือให้เหมาะสมกับสรีระของผู้ใช้จะช่วยลดความเสี่ยงจากอาการบาดเจ็บกล้ามเนื้อ (Musculoskeletal Disorders: MSDs) และเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้จริง โดยเฉพาะในงานดับเพลิงซึ่งมีภาระทางกายภาพสูง ดังนั้น การพัฒนาเครื่องช่วยม้วนสายดับเพลิงจึงถือเป็นนวัตกรรมที่สามารถช่วยลดความเสี่ยงทางการยศาสตร์ของเจ้าหน้าที่ดับเพลิงได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้ง

ในด้านกำลังคน สุขภาพ ความปลอดภัย และความยั่งยืนของการปฏิบัติงาน ดังแสดงภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การม้วนเก็บสายดับเพลิงโดยใช้แรงงานคน (ก) และวิธีการม้วนเก็บสายดับเพลิงด้วยเครื่อง (ข)

โดยเครื่องนี้มีต้นทุนการผลิตซึ่งอยู่ในระดับใกล้เคียงหรือต่ำกว่าอุปกรณ์แบบมือหมุนในท้องตลาด และต่ำกว่าอุปกรณ์เชิงอุตสาหกรรม และยังมีการเพิ่มกลไกเฉพาะ เช่น ระบบรีดน้ำออกจากสายดับเพลิง ส่งผลให้มีความคุ้มค่าและเหมาะสมต่อการใช้งานในหน่วยงานดับเพลิงไทย นอกจากนี้ ผลดังกล่าวยังสอดคล้องกับแนวทางของ Occupational Safety and Health Administration⁸ ที่ระบุว่า การนำเครื่องจักรกลช่วยยกหรือช่วยหมุนมาใช้แทนแรงงานคนในงานที่มีการเคลื่อนไหวซ้ำ ๆ สามารถลดแรงกดต่อกระดูกสันหลังและข้อต่อส่วนล่างได้มากกว่า 30-40% ส่งผลให้ลดความเสี่ยงต่อโรคกล้ามเนื้อและกระดูกจากการทำงาน



(MSDs) ได้อย่างมีนัยสำคัญ และลดความเสี่ยงการบาดเจ็บทางกล้ามเนื้อในระยะยาว

ภาพที่ 3 คะแนน REBA การม้วนเก็บสายดับเพลิงโดยใช้แรงงานคนและการใช้เครื่องช่วยม้วนสายดับเพลิง

สรุป

การออกแบบและพัฒนาเครื่องช่วยม้วนสายดับเพลิงในครั้งนี้สะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการประยุกต์ใช้หลักการวิศวกรรมการออกแบบร่วมกับหลักการวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาอุปกรณ์ช่วยทุ่นแรง ซึ่งสามารถลดภาระทางกายภาพ ปรับปรุงท่าทางการทำงานให้เหมาะสม ลดระยะเวลาในการปฏิบัติงาน และลดกำลังแรงงานที่ใช้ในแต่ละภารกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังช่วยลดความเมื่อยล้าและความไม่สบายของกล้ามเนื้อจากการทำงานซ้ำ ๆ ข้อค้นพบดังกล่าวชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของอุปกรณ์ในการยกระดับความปลอดภัย สุขภาวะ และประสิทธิภาพของผู้ปฏิบัติงาน อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ยังมีข้อจำกัดด้านขนาดและความหลากหลายของกลุ่มตัวอย่าง รวมถึงเงื่อนไขการทดสอบและระยะเวลาการศึกษา ซึ่งอาจยังไม่ครอบคลุมการใช้งานในทุกบริบท อีกทั้งการประเมินความเสี่ยงทางกายศาสตร์ที่อาศัยเพียงวิธี REBA อาจยังไม่ครอบคลุมมิติอื่น เช่น ความเมื่อยล้าสะสม ความตึงเครียดของกล้ามเนื้อ และภาระงานทางจิตใจ ดังนั้น ในการวิจัยครั้งต่อไป ควรขยายกลุ่มตัวอย่างและระยะเวลาการศึกษา ทดสอบในสภาพแวดล้อมจริงที่หลากหลาย และใช้เครื่องมือประเมินหลายมิติร่วมกัน รวมถึงศึกษาความทนทานและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อสนับสนุนการนำไปใช้งานในวงกว้าง ทั้งนี้ ผลจากงานวิจัยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในหน่วยงานดับเพลิงและสถานประกอบการที่มีการใช้งานสายดับเพลิงเป็นประจำ เพื่อเพิ่มความปลอดภัย ลดความเสี่ยงจากการทำงาน และพัฒนาแนวทางการออกแบบอุปกรณ์ช่วยปฏิบัติงานประเภทอื่นในอนาคตอย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สถานีดับเพลิงและกู้ภัยพระโขนง กรุงเทพมหานคร ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ อุปกรณ์ และเจ้าหน้าที่ในการร่วมดำเนินการทดลองและประเมินผลการใช้งานเครื่องช่วยม้วนสายดับเพลิงในครั้งนี้ รวมทั้งให้คำแนะนำและข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาเครื่องมืองดังกล่าวจนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. National Fire Protection Association. NFPA 1961: Standard on fire hose. Quincy (MA): Author; 2022. Available from: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=1961>
2. Fire Protection Research Foundation. Firefighter equipment and ergonomics: Weight, balance, and injury risk. Quincy (MA): National Fire Protection Association; 2021.
3. Department of Disaster Prevention and Mitigation. Annual report on injuries and accidents of firefighters, 2023. Bangkok: Ministry of Interior; 2023. (in Thai)
4. Institute for Occupational Safety. Surveillance report on occupational safety among firefighters in Bangkok. Bangkok: Department of Labour Protection and Welfare; 2022. (in Thai)
5. Karter MJ, Molis JL. U.S. firefighter injuries – 2020. Quincy (MA): National Fire Protection Association; 2021. Available from: <https://www.nfpa.org>
6. International Association of Fire Fighters. Firefighter occupational injury and musculoskeletal disorder report 2020. Washington (DC): IAFF; 2020.
7. McAtamney L, Corlett EN. RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Appl Ergon* 1993;24(2):91-9. doi:10.1016/0003-6870(93)90080-S.
8. Occupational Safety and Health Administration. Ergonomics – Overview. Washington (DC): U.S. Department of Labor; 2023. Available from: <https://www.osha.gov/ergonomics>
9. Hignett S, McAtamney L. Rapid entire body assessment (REBA). *Appl Ergon* 2000;31(2):201-5. doi:10.1016/S0003-6870(99)00039-3.
10. Hamza F, Chaikumarn M. Prevalence of musculoskeletal disorders and ergonomic risk factors among firefighters. *Pak J Med Health Sci* 2023;17(7):35–8.
11. Mustapha MLH, Mahmood S, El Bakri HM, Rahman IA. Design of hose roller for firefighter: A fatigue study. In: Proceedings of the 2nd Human Engineering Symposium. Singapore: Springer; 2024. 43–56. doi:10.1007/978-981-99-6890-9_4
12. Kittiwat S, Kittipanya-Ngam P, Luanwiset D, Leerojanaprapa K. Work posture risk comparison of RULA and REBA based on measures of assessment-score variability: A case study of the metal coating industry in Thailand. *Int J Innov Res Sci Stud* 2021;7(3):926–35.