



OAIC

OSH Avenue  
International  
Conference  
2 0 2 6

# “Establishing a Sustainable Safety Culture” E-Proceedings

## The 5<sup>th</sup> OSH Avenue International Conference 2026 (OAIC 2026)

August 28<sup>th</sup> - 29<sup>th</sup>, 2026

At Grand Hall, True Digital Park West, Bangkok



# PROCEEDINGS

The 5<sup>th</sup> OSH Avenue International Conference (OAIC 2026)  
“Establishing a Sustainable Safety Culture”



August 28<sup>th</sup> – 29<sup>th</sup>, 2026  
Grand Hall, True Digital Park, Bangkok, Thailand

## Editor

Thanawan Ritthichai, Ph.D.  
Thailand Institute of Occupational Safety and Health (Public Organization)



## Organized by

Thailand Institute of Occupational Safety and Health (Public Organization)

All Publication decisions are made by the editor on the basis of the third-party reviews provided.

This publication is copyright. Apart from any fair dealing for the purpose of private study, research, criticism or review as permitted under the copyright act, no part may be reproduced by any process without the written permission of the publisher.

Responsibility for the content of these article rests upon the authors and not the publisher. The views expressed in this publication are those of the author(s) and do not necessarily reflect the views or policies of editors and T-OSH. Data presented and conclusions developed by the authors are for information only and are intended for use without independent substantiating investigations on the part of the potential user.

**Copyright © 2026** by Thailand Institute of Occupational Safety and Health (Public organization)  
Proceedings of the 5<sup>th</sup> OSH Avenue International Conference (OAIC 2026) “Establishing a Sustainable Safety Culture”  
Editor: Thanawan Ritthichai, Ph.D.

Published by  
Thailand Institute of Occupational Safety and Health (Public organization)  
18 Boromratchachonnanee Rd., Talingchan, Bangkok 10170 Thailand  
Website: <https://www.tosh.or.th> / Email: [oaicth@tosh.or.th](mailto:oaicth@tosh.or.th) Conference website: [www.oacithai.com](http://www.oacithai.com)

National Library of Thailand Catalog in Publication Data

The Proceedings of the 5<sup>th</sup> OSH Avenue International Conference (OAIC 2026) “Establishing a Sustainable Safety Culture; Technology Enhances a Safety Culture”.—

Bangkok : Thailand Institute of Occupational Safety and Health (Public organization), 2026. 142 p.

1. Occupational health. 2. Industrial hygiene. I. Title.

ISBN (e-book) - 978-616-8026-48-9

# Editorial Board

## Advisory Board

Nuntachai Punyasurarit  
Bancha Srithanauthaikorn  
Kanthawut Boonmee, Ph.D.

Director of Thailand Institute of Occupational Safety and Health  
Deputy Director of Thailand Institute of Occupational Safety and Health  
Director of Research and Development Division, Thailand Institute of Occupational Safety and Health

## Editor-in-Chief

Thanawan Ritthichai, Ph.D.

Thailand Institute of Occupational Safety and Health (Public organization)

## Assistant Editor-in-Chief

Suparat Khata  
Paritthipong Samsang  
Rinrada Thiamthet

Thailand Institute of Occupational Safety and Health (Public organization)  
Thailand Institute of Occupational Safety and Health (Public organization)  
Thailand Institute of Occupational Safety and Health (Public organization)

## Editorial Team

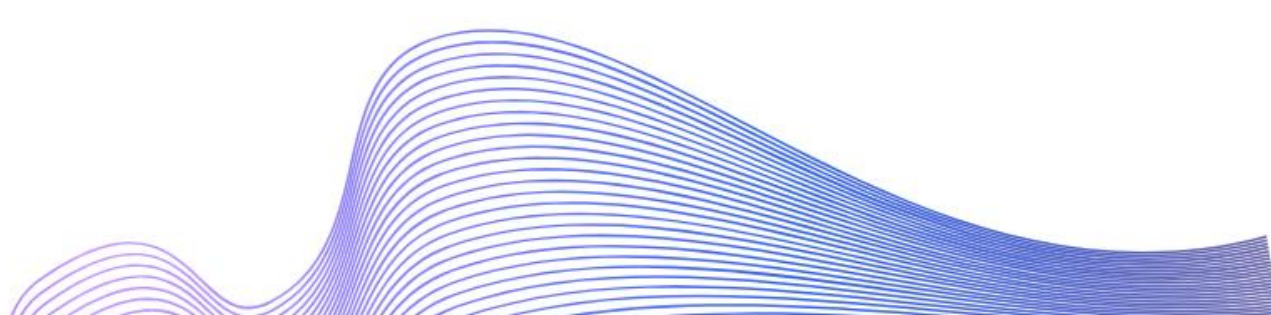
Distinguished Professor Mark Gregory Robson, Ph.D.  
Professor Emeritus Matthew Keifer, MD  
Professor Tirayut Vilaivan, Ph.D.  
Professor Sunisa Chaiklieng, Ph.D.  
Associate Professor Dung Phung, Ph.D.  
Associate Professor Kouji Harada, Ph.D.  
Associate Professor Wattasit Siriwong, Ph.D.  
Associate Professor Petcharatana Bhuanantanondh, Ph.D.  
Associate Professor Arroon Ketsakorn, Ph.D.  
Associate Professor Laksana Laokiat, Ph.D.  
Associate Professor Nantaporn Phatrabuddha, Ph.D.  
Associate Professor Parvena Meepradit, Ph.D.  
Associate Professor Goontalee Bangkadanara, Ph.D.  
Assistant Professor Apiradee Sriopas, Ph.D.  
Assistant Professor Phayong Thepakorn, Ph.D.  
Assistant Professor Teeraphun Kaewdok, Ph.D.  
Assistant Professor Aekkarat Sombatsawat, Ph.D.  
Assistant Professor Chatchai Thanachoksawang, Ph.D.  
Assistant Professor Densak Yogyon, Ph.D.  
Wisanti Laohaudomchok, Ph.D.  
Juthasiri Rohitrattana, Ph.D.  
Aaron Bach, Ph.D.

Rutgers, the State University of New Jersey, USA  
University of Washington, USA  
Chulalongkorn University  
Khonkaen University  
University of Queensland, Australia  
Kyoto University, Japan  
Chulalongkorn University  
Mahidol University  
Thammasat University  
Thammasat University  
Burapha University  
Burapha University  
Sukhothai Thammathirat Open University  
Sukhothai Thammathirat Open University  
Praboromajchanok Institute  
Thammasat University  
Thammasat University  
Mahidol University  
Mahidol University  
Mahidol University  
Chulalongkorn University  
Griffith University

## Managing Team

Paveenuch Khannguen  
Natpichamat Sujarit

Thailand Institute of Occupational Safety and Health (Public organization)  
Thailand Institute of Occupational Safety and Health (Public organization)



# OAIC's Committee

## OAIC's Academic Committee

Kanthawut Boonmee, Ph.D.  
Prof. Tirayut Vilaivan, Ph.D.  
Assoc. Prof. Wattasit Siriwong, Ph.D.  
Assoc. Prof. Arroon Ketsakorn, Ph.D.  
Asst. Prof. Phayong Thepaksorn, Ph.D.  
Juthasiri Rohitrattana, Ph.D.  
Kanthawut Boonmee, Ph.D.  
Thanawan Ritthichai, Ph.D.  
Miss Suparat Khata  
Miss Rinrada Thiemthet  
Miss Natphichamat Sujarit

Academic Committee  
Academic Committee  
Academic Committee  
Academic Committee  
Academic Committee  
Academic Committee  
Academic Committee  
Academic Committee and Secretariat  
Secretariat  
Secretariat  
Secretariat

## Sponsors

### Platinum Sponsor



### Gold Sponsors



# The 5<sup>th</sup> OSH Avenue International Conference 2026

**Grand Hall**  
True Digital Park

**28 AUGUST 2026**  
09.30 AM - 04.30 PM



**01.00 - 01.45 PM** Opening Ceremony / Awards Ceremony

**Special Executive Keynote Speakers**

**01.45** **Transforming Thai Labour: Redefining Safety, Social Security, and Competency from Domestic Hubs to Global Markets**  
- 02.00 PM Mr. Julapun Amornvivat, Labour Minister, Thailand

**9.45**

- 10.00 AM

**Sustainable Preventive Safety Management System for PM 2.5 Impacts in Educational Institutions**

Suan Dusit University

**10.00**

- 10.15 AM

**From Workplace Safety to Total Worker Health: Embracing Holistic Well-being and Mental Resilience in a Changing World**

Dr. Olivia Nieveras, Senior Public Health Specialist, World Health Organization (WHO)



**10.15**

- 10.30 AM

**Ergo Hand Truck**

Faculty of Public Health, Narasuan University

**10.30**

- 10.45 AM

**Navigating Polycrisis: Megatrends, Geopolitics, and the Future of Occupational Safety and Health**

Kritdikorn Wongswangpanich, Ph.D.  
Advisor to the Minister of Labour



**10.45**

- 11.00 AM

**Setting Indoor Air Quality (IAQ) Standards in the Philippines: Advancing Evidence-Based Policy for a Sustainable Safety Culture**

MS. CHARLENE S. PARAFINA, Supervising Industrial Hygienist,  
Environment Control Division, Occupational Safety and Health Center, Department of Labor and Employment, The Philippines



**11.00**

- 11.15 AM

**CERA (Computer Ergonomic Risk Assessment Tool)**

School of Public Health, Walailak University

**11.15**

- 11.30 AM

**Smart Manhole Cover Opener (SMCO)**

Provincial Waterworks Authority

**11.30**

- 11.45 AM

**Safety Culture in The Age of Autonomy: Orchestrating Human-Machine Synergy for Zero Harm**

Dr. Chatchalee Ruktanonchai, Deputy Managing Director,  
NPC Safety and Environmental Service Co., Ltd.



# The 5<sup>th</sup> OSH Avenue International Conference 2026

**Grand Hall**  
True Digital Park

**28 AUGUST 2026**  
09.00 AM - 04.30 PM



**01.00 - 01.45 PM** Opening Ceremony / Awards Ceremony

**Special Executive Keynote Speakers**

**01.45** **Transforming Thai Labour: Redefining Safety, Social Security, and Competency from Domestic Hubs to Global Markets**  
- 02.00 PM Mr. Julapun Amornvivat, Labour Minister, Thailand

**2.30**  
- 2.45 PM

**Application of Job Safety Analysis for Occupational Health Risk Assessment and Safety Improvement in a Plastic Manufacturing Factory in Samut Sakhon Province, Thailand**

Narathip Chodsapthawee, School of Health Sciences, Sukhothai Thammathirat Open University

**2.45**  
- 3.00 PM

**Smart Stretch Game (Office Syndrome Prevention)**

Western Digital (Thailand) Ltd.

**3.00**  
- 3.15 PM

**Johnny Safety TSH (Digital Safety Ecosystem)**

Thai Submit Harness Public Company Limited

**3.15**  
- 3.30 PM

**Safeguarding Platform Workers through Policy & Partnership and Platform Workers**

Mr. Christopher Koh Mei-Hung, General Manager, The Workplace Safety and Health Council (WSHC), Singapore



**3.30**  
- 3.45 PM

**15-kg Liquefied Petroleum Gas (LPG) Cylinder Valve Shut-off Device**

Rajamangala University of Technology Thanyaburi

**3.45**  
- 4.00 PM

**ErgoVision AI: An Intelligent Computer Vision System for Automated Ergonomic Risk Assessment**

Western Digital (Thailand) Ltd.

**4.00**  
- 4.15 PM

**The SHIELD Framework: A Safe-by-Design Remote Sensing Intervention for Mitigating Individual Occupational Health Liabilities in Bridge Maintenance**

Wipaporn Kitthiphovanonth, Expressway Authority of Thailand

**4.15**  
- 4.30 PM

**Occupational Injuries with Psychological Impacts, and Work-Related Mental and Behavioral Disorders**

Parit Phongam, Charubongse Brohmwitak, M.D.,  
Samitivej Sukhumvit Hospital

# The 5<sup>th</sup> OSH Avenue International Conference 2026

**Grand Hall**  
True Digital Park

**29 AUGUST 2026**

**09.30 AM- 04.30 PM**



**10.00 - 10.20 AM** Awards Ceremony

**Special Executive Keynote Speakers**

**10.20**

**Key Success for Sustainable Safety**

**- 10.35 PM**

Dr. Nuntachai Punyasurarit

Executive Director of Thailand Institute of Occupational Safety and Health

**9.15**

**- 9.30 AM**

**Event Safety Management: A Systematic, Tech-Driven Approach**

Teeraphat Meedech, Ph.D, Founder & CEO, One2Event.com



**9.30**

**- 9.45 AM**

**Leak Alert Magnet: LAM**

Provincial Electricity Authority Phangnga Province

**9.45**

**- 10.00 AM**

**The Relationship between Generation Gap Perception and Intragroup Conflict:  
The Moderating Role of Psychological Safety**

Miss Wilasinee Keauoon, Chulalongkorn University

**10.45**

**- 11.00 AM**

**PHMU Safe Map**

Faculty of Public Health, Mahidol University

**11.00**

**- 11.15 AM**

**The Importance of Workplace Health and Safety for  
Sustainable Development**

Keith H Roddan, Regulatory and Standards Specialist, 3M Thailand

**3M** Science.  
Applied to Life



**11.15**

**- 11.30 AM**

**A Study on the Impact of Ventilation Patterns on Indoor Air Quality in Air-  
Conditioned Buildings**

Kanat Wiangbunpot, Ninnart Rachpradit, Faculty of Engineering, Naresuan University

**11.30**

**- 11.45 AM**

**Safety as a Strategic Assest: Driving ESG Performance throuh  
Worker Protection**

Suraphol Buphakposum, Vice President, Sustainability Service Development Dept., SET

**SET**



**11.45**

**- 12.00 AM**

**Safety Culture Assessment Tool for Thailand (SCAT-TH)**

Faculty of Public Health, Bangkokthonburi University

**Start  
1.00 AM**

**Poster Presentation**

PS01 - PS12



Registration

# The 5<sup>th</sup> OSH Avenue International Conference 2026

**Grand Hall**  
True Digital Park

**29 AUGUST 2026**  
09.30 AM - 04.30 PM



**10.00 - 10.20 AM** Awards Ceremony

**Special Executive Keynote Speakers**

**10.20**

**Key Success for Sustainable Safety**

- 10.35 PM

Dr. Nuntachai Punyasurarit  
Executive Director of Thailand Institute of Occupational Safety and Health

**1.30**

- 2.00 PM

**Weather Forecast-Integrated PPE Calendar: An Innovative Approach to Strengthening Occupational Safety Among Indonesia Tobacco Farmers**

Rr. Chiara Fathiyannisa Citra Aisyah, Faculty of Public Health, Jember University, Indonesia

**2.00**

- 2.15 PM

**The Working Situation of Domestic Labor Exposed to Occupational Vibration and the Development of a Vibration Work Assessment Tool**

Prof. Sunisa Chaiklieng Ph.D., Khon Kaen University



**2.15**

- 2.30 PM

**Association Between Fish Consumption and Hair Mercury Concentrations Among U.S. University Students**

Miss Pemika Sumpoathon, Suan Dusit University

**2.45**

- 3.00 PM

**Leadership Walk Round AI App**

Phyathai Sriracha Hospital

**3.00**

- 3.15 PM

**Revolutionizing OSH through Proactive Innovation: Digital Health Lessons from the Ratchaphiphat Model**

Puritat Sangtongpanichakul, M.D., Executive Director of Ratchaphiphat Hospital



**3.15**

- 3.30 PM

**Personal Factors, Health Behaviors, and Psychological States Associated with Shift Work Fatigue among Chemical Industrial Workers**

Wanchai Saleekongchai, Nantaporn Phatrabuddha, Faculty of Public Health, Burapha University

**3.30**

- 3.45 PM

**Safety as a Human Right: Eradicating Exploitation for a Sustainable Future**

Dr.Yuka Ujita, Senior Specialist on Occupational Safety and Health,  
International Labour Organization (ILO)



International  
Labour  
Organization



**3.45**

- 4.00 PM

**Surveillance and Quality Assurance System for Steam Sterilization Utilizing Rapid-Read Biological Indicators Combined with Recyclable Process Challenge Devices Under Green Hospital Guidelines**

Faculty of Public Health, Siam University



Registration

# Editorial Statement

## Message from the Executive Director of T-OSH

Welcome to this latest publication from the Thailand Institute of Occupational Safety and Health (T-OSH). In an increasingly interconnected world, ensuring workforce well-being demands both creative thinking and unified action. At T-OSH, we firmly believe that the future of occupational safety lies at the intersection of **cutting-edge innovation** and **strategic global collaboration**. Integrating digital tools, smart technologies, and modern management practices into daily safety operations is no longer optional—it is essential for building sustainable workplaces.

No single organization or nation holds all the answers. Raising safety standards requires active **cross-border knowledge sharing and experience exchange**. By learning from the successes, policies, and practical frameworks of our international partners, we refine our own strategies while contributing our unique insights to the global OSH community.

T-OSH remains deeply committed to serving as a bridge for international cooperation. Together, through shared knowledge, innovative solutions, and mutual commitment, we can drive meaningful change and ensure that every worker returns home safely every day.

Thank you for your continued partnership and dedication to advancing occupational safety and health worldwide.

**Dr.Nuntachai Punyasurarit**

**Executive Director**

Thailand Institute of Occupational Safety and Health (Public Organization)

# Editorial Statement

## Message from the Editor

### ESG for Sustainability Safety Culture: Innovation, Cooperation, and Global Knowledge Exchange

In today's rapidly changing global landscape, Environmental, Social, and Governance (ESG) principles have moved from corporate compliance to core strategic priorities. Within this framework, Occupational Safety and Health (OSH) forms the backbone of the "Social" pillar. This edition focuses on building a resilient "ESG for Sustainability Safety Culture"—a holistic approach where protecting human life drives long-term organizational sustainability and workforce well-being.

Achieving this vision relies heavily on continuous safety innovation. Modern workplaces demand smart technologies, predictive risk assessments, and adaptive safety systems to address emerging risks proactively. However, technological advancements alone are not enough; driving systemic change requires strong international cooperation. Working across borders lets nations align sustainability metrics, raise regulatory standards, and address shared global challenges collectively.

Central to this effort is a commitment to exchanging knowledge and experience. By sharing best practices, regulatory frameworks, and practical lessons across countries, we accelerate mutual progress toward safer industries. Through this publication, we aim to spark cross-border dialogue, showcasing how integrating ESG principles into daily safety practices fosters a durable safety culture that protects workers and secures sustainable industrial growth globally.

**Dr. Thanawan Ritthichai**

Editor

Thailand Institute of Occupational Safety and Health (Public Organization)



Occupational Safety, Health and Environment ACT B.E. 2554 (A.D. 2011) dated January 17, 2554, which was effective from July 16, 2011 results in rapid activities to be proceeded and establishment of the system to cover various regulations. Especially the clause 52 of this act enforces to establish the Institute of Occupational Safety and Health within one year. The Institute for the purpose of promoting occupational safety, health and environment shall have powers and duties as follows:

(1) To promote solutions related to safety, occupational health, and the working environment.

(2) Develop and support the establishment of standards to enhance safety, occupational health, and the working environment.

(3) Facilitate, support, and collaborate with governmental and private sector agencies in safety, occupational health, and working environment initiatives.

(4) Conduct research on promoting safety, occupational health, and the working environment, focusing on both personnel development and academic aspects.

(5) Develop and create knowledge and innovations related to safety, occupational health, and the working environment.

(6) Provide academic services and transfer technology related to safety, occupational health, and the working environment based on needs and practical applications. This includes the production of educational materials for dissemination and public awareness.

# Contents

|                                                                                                                                           | Page      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Editorial Board                                                                                                                           | I         |
| OAIC's Committee                                                                                                                          | II        |
| Sponsors                                                                                                                                  | III       |
| Agenda                                                                                                                                    | IV        |
| Editorial Statements                                                                                                                      | VIII      |
| Message from Executive Directors of T-OSH                                                                                                 | VIII      |
| Message from Editor                                                                                                                       | IXI       |
| About T-OSH                                                                                                                               | X         |
| Contents                                                                                                                                  | XI        |
| <b>Session of Inspire: Keynote Speakers</b>                                                                                               | <b>1</b>  |
| <b>1. Thailand Transforming Thai Labour: Redefining Safety, Social Security, and Competency from Domestic Hubs to Global Markets</b>      | <b>2</b>  |
| H.E.Mr. Julapun Amornvivat, Minister of Labour                                                                                            |           |
| <b>2. From Workplace Safety to Total Worker Health: Embracing Holistic Well-being and Mental Resilience in a Changing World</b>           | <b>3</b>  |
| Dr. Olivia Nieveras, Senior Public Health Specialist, World Health Organization (WHO)                                                     |           |
| <b>3. Navigating Polycrisis : Megatrends, Geopolitics, and the Future of Occupational Safety and Health</b>                               | <b>5</b>  |
| Kritdikorn Wongswangpanich, Ph.D., Advisor to the minister of Labour                                                                      |           |
| <b>4. Setting Indoor Air Quality (IAQ) Standards in the Philippines: Advancing Evidence-Based Policy for a Sustainable Safety Culture</b> | <b>6</b>  |
| Ms.Charlene S. Parafina, Supervising Industrial Hygienist, Occupational Safety and Health Center (OSHC), The Philippines                  |           |
| <b>5. Safety Culture in The Age of Autonomy: Orchestrating Human-Machine Synergy for Zero Harm</b>                                        | <b>8</b>  |
| Dr. Chatchalee Ruktanonchai, Deputy Managing Director, NPC Safety and Environmental Service Co., Ltd.                                     |           |
| <b>6. Safeguarding Platform Workers through Policy &amp; Partnership and Platform Workers</b>                                             | <b>10</b> |
| Mr.Christopher Koh Mei-Hung, General Manager, Workplace Safety & Health Council, Singapore                                                |           |
| <b>7. Events Safety Management: A Systematic, Tech-Driven Approach</b>                                                                    | <b>11</b> |
| Teeraphat Meedech, Ph.D., Founder and CEO, One2Event.com                                                                                  |           |
| <b>8. The Importance of Workplace Health and Safety for Sustainable Development</b>                                                       | <b>12</b> |
| Keith H Roddan, Regulatory and Standards Specialists, 3M Thailand                                                                         |           |
| <b>9. Safety as a Strategic Assest : Driving ESG Performance through Worker Protection</b>                                                | <b>14</b> |
| Suraphol Buphakposum, Vice President, Sustainability Service Development Dept., SET                                                       |           |

|                                                                                                                                              | Page      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>10. The Working Situation of Domestic Labor Exposed to Occupational Vibration and the Development of a Vibration Work Assessment Tool</b> | <b>15</b> |
| Prof. Sunisa Chaiklieng Ph.D., Khon Kaen University                                                                                          |           |
| <b>11. Revolutionizing OSH through Proactive Innovation: Digital Health Lessons from the Ratchaphiphat Model</b>                             | <b>17</b> |
| Puritat Sangtongpanichakul, M.D., Executive Director of Ratchaphiphat Hospital                                                               |           |
| <b>12. Safety as a Human Right: Eradicating Exploitation for a Sustainable Future</b>                                                        | <b>19</b> |
| <b>A Safety and Healthy working environment is a fundamental principle and right at work</b>                                                 |           |
| Yuka Ujita M.D. Ph.D., Senior OSH Specialist ILO DWT/CO-Bangkok                                                                              |           |
| <b>13. OAIC Summarize Speech: Key Success for a Sustainable Safety Culture</b>                                                               | <b>21</b> |
| Dr.Nuntachai Punyasurarit, Executive Director of T-OSH                                                                                       |           |
| <b>Innovation Performance</b>                                                                                                                | <b>22</b> |
| <b>1. Sustainable Preventive Safety Management System for PM 2.5 Impacts in Educational Institutions</b>                                     | <b>23</b> |
| Suan Dusit University                                                                                                                        |           |
| <b>2. Ergo Hand Truck</b>                                                                                                                    | <b>25</b> |
| Faculty of Public Health, Narasuan University                                                                                                |           |
| <b>3. CERA (Computer Ergonomic Risk Assessment Tool)</b>                                                                                     | <b>28</b> |
| School of Public Health, Walailak University                                                                                                 |           |
| <b>4. Smart Stretch Game (Office Syndrome Prevention)</b>                                                                                    | <b>31</b> |
| Western Digital (Thailand) Ltd.                                                                                                              |           |
| <b>5. Johnny Safety TSH (Digital Safety Ecosystem)</b>                                                                                       | <b>32</b> |
| Thai Submit Harness Public Company Limited.                                                                                                  |           |
| <b>6. 15-kg Liquefied Petroleum Gas (LPG)</b>                                                                                                | <b>34</b> |
| Rajamangala University of Technology Thanyaburi                                                                                              |           |
| <b>7. ErgoVision AI: An Intelligent Computer Vision System for Automated Ergonomic Risk Assessment</b>                                       | <b>36</b> |
| Western Digital (Thailand) Ltd.                                                                                                              |           |
| <b>8. Leak Alert Magnet: LAM</b>                                                                                                             | <b>38</b> |
| Provincial Electricity Authority Phangnga Province                                                                                           |           |
| <b>9. Smart Manhole Cover Opener (SMCO)</b>                                                                                                  | <b>40</b> |
| Provincial Waterworks Authority                                                                                                              |           |
| <b>10. PHMU Safe Map</b>                                                                                                                     | <b>42</b> |
| Faculty of Public Health, Mahidol University                                                                                                 |           |
| <b>11. Leadership Walk Round AI App</b>                                                                                                      | <b>44</b> |
| Phyathai Sriracha Hospital                                                                                                                   |           |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Page |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>12. Surveillance and Quality Assurance System for Steam Sterilization Utilizing Rapid-Read Biological Indicators Combined with Recyclable Process Challenge Devices Under Green Hospital Guidelines</b><br>Faculty of Public Health, Siam University                                                                                             | 46   |
| <b>Session of Insight: Oral Presentation</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 49   |
| <b>Occupational Injuries with Psychological Impacts, and Work-Related Mental and Behavioral Disorders</b><br>Parit Phongam, Charubongse Brohmwitak, M.D., Samitivej Sukhumvit Hospital                                                                                                                                                              | 50   |
| <b>2. The Relationship Between Generation Gap Perception and Intragroup Conflict:</b>                                                                                                                                                                                                                                                               | 51   |
| <b>1. The Moderating Role of Psychological Safety</b><br>Wilasinee Keauoon, Faculty of Psychology, Chulalongkorn University                                                                                                                                                                                                                         |      |
| <b>3. Application of Job Safety Analysis for Occupational Health Risk Assessment and Safety Improvement in a Plastic Manufacturing Factory in Samut Sakhon Province, Thailand</b><br>Narathip Chodsapthawee, School of Health Sciences, Sukhothai Thammathirat Open University and Pattawee Sudasna, Faculty of Public Health, Thammasat University | 60   |
| <b>4. The SHIELD Framework: A Safe-by-Design Remote Sensing Intervention for Mitigating Individual Occupational Health Liabilities in Bridge Maintenance Expressway Authority of Thailand</b>                                                                                                                                                       | 67   |
| <b>5. A Study on the Impact of Ventilation Patterns on Indoor Air Quality in Air-Conditioned Buildings</b><br>Kanat Wiangbunpot, Ninnart Rachpradit, Natthaphong Khiaonoi Faculty of Engineering, Naresuan University                                                                                                                               | 74   |
| <b>6. Weather Forecast-Integrated PPE Calendar: An Innovative Approach to Strengthening Occupational Safety Among Indonesia Tobacco Farmers</b><br>Faculty of Public Health, Jember University, Indonesia                                                                                                                                           | 81   |
| <b>7. Association Between Fish Consumption and Hair Mercury Concentrations Among U.S. University Students</b><br>Pemika Sumpoathon, Dr. Sarah Rothenberg, Suan Dusit University                                                                                                                                                                     | 82   |
| <b>8. Personal Factors, Health Behaviors, and Psychological States Associated with Shift Work Fatigue among Chemical Industrial Workers</b><br>Wanchai Saleekongchai, Nantaporn Phatrabuddha, Faculty of Public Health, Burapha University                                                                                                          | 83   |
| <b>Session: Knowledge Sharing - Poster Presentation</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 88   |
| <b>1. The Study of microplastic contamination in brackish water fish a case study of Mahachai Pier, Samut Sakhon Province</b><br>Occupational Health and Safety, Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University                                                                                                                           | 89   |
| <b>2. Prevalence and Factors Associated with Upper Limb Musculoskeletal Disorders among Office Workers: A Case Study of a Rajabhat University Campus in Southern Thailand</b>                                                                                                                                                                       | 90   |

|                                                                                                                                                                               | Page       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Faculty of Science and Industrial Technology, Prince of Songkhla University, Surat Thani Cam-pus                                                                              |            |
| <b>3. Evaluating Occupational Safety Cognition, Dispositions, and Mitigative Practices in Mass Transit Construction: A Strategic Framework for Sustainable Safety Culture</b> | <b>91</b>  |
| Occupational Health and Safety Program, Faculty of Science and Technology: Suan Dusit University                                                                              |            |
| <b>4. Risk Factors Associated with Road Traffic Accidents Among Residents in Makham Tia Subdistrict, Mueang Surat Thani District, Surat Thani Province</b>                    | <b>92</b>  |
| Faculty of Science and Industrial Technology, Prince of Songkla University, Surat Thani Campus                                                                                |            |
| <b>5. Legal Compliance and Environmental Impact Assessment: A Case Study of an Industrial Landfill Site in Prachinburi Province</b>                                           | <b>93</b>  |
| Faculty of Engineering, Ramkhamhaeng University                                                                                                                               |            |
| <b>6. SIIMS: An Automated Digital Surveillance System for Occupational Safety and Labour Protection in Government Operations</b>                                              | <b>100</b> |
| Department of Occupational Health and Safety, Faculty of Public Health, Mahidol University                                                                                    |            |
| <b>7. Ergonomic Risk Assessment and Musculoskeletal Discomfort among Hospital Nutrition Department Workers: A Cross-Sectional Study</b>                                       | <b>101</b> |
| Department of Occupational Health and Safety, Faculty of Public Health, Mahidol University                                                                                    |            |
| <b>8. Factors Affecting Safety Behaviors of Production Workers: A Case Study of an Automotive Parts Manufacturing Company, Phra Nakhon Si Ayutthaya Province</b>              | <b>102</b> |
| Faculty of Science and Industrial Technology, Prince of Songkla University, Surat Thani Campus                                                                                |            |
| <b>9. Development of Accident Prevention Guidelines for Freight Transportation by Trucks</b>                                                                                  | <b>103</b> |
| Faculty of Engineering, Ramkhamhaeng University                                                                                                                               |            |
| <b>10. A Glove Management System for Enhancing Workplace Safety, Reducing Waste, and Optimizing PPE Utilization</b>                                                           | <b>108</b> |
| Department of Occupational Health and Safety, Faculty of Public Health, Mahidol University                                                                                    |            |
| <b>11. Development and Implementation of a Smart Work Permit System and Centralized Database for Construction Safety Management</b>                                           | <b>109</b> |
| Occupational Health and Safety Program, Faculty of Public Health, Mahasarakham University                                                                                     |            |
| <b>12. The Effects of Physical Activity on Reducing Work – Related Fatigue among Employees: A Case Study of a Company</b>                                                     | <b>110</b> |
| Industrial Management Program, Faculty of Science and Technology, Bangkok Suvarnabhumi University                                                                             |            |

|                                                                                                                | <b>Page</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>13. Accumulation of Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) in Classrooms and Its Effects on Learning</b>           | <b>111</b>  |
| <b>Performance among Third-Year Occupational Health and Safety Students</b>                                    |             |
| Faculty of Science and Industrial Technology, Prince of Songkla University, Surat Thani Campus                 |             |
| <b>14. Smartphone Usage Behavior and Digital eye strain among University Students: A Cross-Sectional Study</b> | <b>116</b>  |
| Faculty of Science and Industrial Technology, Prince of Songkla University, Surat Thani Campus                 |             |

# แอปบริหารความปลอดภัยสำหรับ จป.

เครื่องมือจป. ยุคใหม่ ปรับระบบจัดการให้ยืดหยุ่น  
ลดภาระงานรูทีน เพิ่มเวลาพัฒนาความปลอดภัยเชิงรุก

## 1 จัดการใบอนุญาตผู้รับเหมาออนไลน์

- ฐานข้อมูลรายชื่อผู้รับเหมา
- เขียนและอนุมัติ
- ออกบัตรผู้รับเหมา
- ประเมินงาน



## 2 จัดการการอบรม

- สร้างคอร์สอบรม
- ผู้รับเหมาจองวัน
- แบบเอกสาร
- ทำข้อสอบออนไลน์



## 3 ตรวจสอบงานความปลอดภัย

- ตรวจสอบอุปกรณ์
- ESS ตรวจสอบสภาพการณ์
- BBS ตรวจสอบพฤติกรรม



## 4 พังทซ์ชันใหม่

- ลงทะเบียนคนภาพนอก
- ควบคุมสินทรัพย์/อุปกรณ์
- ขออนุญาตทำงานนอกบริษัท



**130,000+**  
Users



**90+**  
Leading Factories



ISO 27001  
Certification

&



ISO 29110  
Certification

SMART SAFETY FOR WORKPLACE

AI วิเคราะห์ภาพ ตรวจสอบเหตุการณ์แบบ Real-time 24/7

myBOX Monitor AI เป็นระบบ ที่ประมวลผล (Edge) เพื่อแจ้งเตือนภัยอันตรายได้ทันที  
 วิเคราะห์ภาพด้วย AI กว่า 200+ อัลกอริทึม เพื่อเตือนภัยเมื่อเกิดเหตุการณ์ผิดปกติ

200+

AI Algorithms พร้อมใช้

30+

อุตสาหกรรมก่อสร้าง

5,000+

Case Studies ทั่วโลก

24/7

ตรวจสอบภัย 24/7



เหตุการณ์ในที่ทำงานที่ AI ตรวจสอบได้

PPE & อุปกรณ์ความปลอดภัย

ไม่สวมหมวกกันน็อก / ไม่ใส่หน้ากาก  
 ไม่สวมเสื้อสะท้อนแสง  
 ไม่ใส่ถุงมือ / สวมรองเท้า

พฤติกรรมพนักงานขณะปฏิบัติงาน

- ไม่สวมหมวกกันน็อก / ไม่ใส่หน้ากาก  
 - ไม่สวมเสื้อสะท้อนแสง / ไม่ใส่ถุงมือ  
 - ไม่สวมรองเท้า

สภาพแวดล้อมอันตราย

- ตรวจสอบควันไฟ / ไฟไหม้  
 - ตรวจสอบรั่วไหลของแก๊สพิษ  
 - ตรวจสอบไฟฟ้าตก

การแจ้งเตือนความปลอดภัยในที่

- ภูเขาไฟ / ภูเขาไฟ / Restricted Zone  
 - เขตความปลอดภัย / เขตอันตราย  
 - เขตอันตราย / เขตอันตราย

ความปลอดภัยของสิ่งของ

- วัสดุอันตราย / วัสดุอันตราย  
 - วัสดุอันตราย / วัสดุอันตราย  
 - วัสดุอันตราย / วัสดุอันตราย

อุบัติเหตุและเหตุการณ์

- คนล้ม / คนล้ม / คนล้ม  
 - คนล้ม / คนล้ม / คนล้ม  
 - คนล้ม / คนล้ม / คนล้ม

ระบบเดิม VS myBOX AI

ระบบเดิม

- พนักงานต้องคอยตรวจสอบภาพ ไม่แม่นยำ  
 - ตรวจสอบด้วยสายตา ไม่สามารถแจ้งเตือน  
 - ตรวจสอบด้วยสายตา ไม่สามารถแจ้งเตือน

myBOX AI

- AI วิเคราะห์ภาพด้วย AI แบบ Real-time 24/7  
 - ตรวจสอบด้วยสายตา ไม่สามารถแจ้งเตือน  
 - ตรวจสอบด้วยสายตา ไม่สามารถแจ้งเตือน

แจ้งเตือนภัยด้วย myBOX AI

เมื่อ myBOX ตรวจสอบพบเหตุการณ์ผิดปกติ ระบบจะแจ้งเตือนภัยทันที

แจ้งเตือนเหตุฉุกเฉินได้ทันที

ผ่านมือถือของทุกคนในองค์กร

" แจ้งเร็ว รับรู้พร้อมกัน รับมือได้ทันทั่วทั้ง "

Push Notification แจ้งเตือนภัยแบบ Real-time

แจ้งเตือนผ่านมือถือผ่านแอป mysos

ดูประวัติเหตุการณ์แบบ Real-time

Cloud-based บันทึกข้อมูล 24/7

ทำไมองค์กรของคุณต้องมี mysos?

ก่อนใช้ mysos

- ตรวจสอบด้วยสายตา ไม่แม่นยำ  
 - ตรวจสอบด้วยสายตา ไม่สามารถแจ้งเตือน  
 - ตรวจสอบด้วยสายตา ไม่สามารถแจ้งเตือน

หลังใช้ mysos

- ตรวจสอบด้วยสายตา ไม่แม่นยำ  
 - ตรวจสอบด้วยสายตา ไม่สามารถแจ้งเตือน  
 - ตรวจสอบด้วยสายตา ไม่สามารถแจ้งเตือน

ขั้นตอนการทำงาน เมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน

1

แจ้งเตือน

พนักงานแจ้งเตือนผ่านแอป mysos

2

แจ้งเตือน & การแจ้งเตือน

แจ้งเตือนผ่านแอป mysos

3

ติดตามสถานการณ์

ติดตามสถานการณ์ผ่านแอป mysos

เหมาะสำหรับองค์กรทุกประเภท

โรงงานอุตสาหกรรม

โรงพยาบาล

อาคารสำนักงาน

ศูนย์การค้า

ท่าอากาศยาน

โรงเรียน / มหาวิทยาลัย

STANDARD SOLUTION PROFESSION

มีความเป็นมืออาชีพ ตามมาตรฐานหรือหลักเกณฑ์ที่กำหนด

มีความตั้งใจ ซื่อสัตย์ โปร่งใส และมีความรับผิดชอบ

เพื่อให้ได้ผลงานที่มีคุณภาพและสนองตอบความต้องการของลูกค้า

NPC SAFETY AND ENVIRONMENTAL SERVICE

TRAINING  
 MANPOWER SUPPLY  
 CONSULTING  
 SAFETY EQUIPMENT  
 EMERGENCY  
 LEGAL SERVICE  
 NET ZERO

250+

หลักสูตรฝึกอบรม

150+

วิทยากรผู้เชี่ยวชาญ

28,000+

ผู้เข้าอบรม / ปี

4,900+

องค์กรลูกค้า

50+

ใบรับรอง / ใบอนุญาต

ฝึกอบรม TRAINING

• ดับเพลิง • กู้ภัย • ที่อัคคีภัย • จป.  
 • PSM • ก๊าซ/LPG • พลังงาน • สิ่งแวดล้อม  
 • สนามฝึกจริง • ห้องสัมมนา

จัดหาบุคลากร MANPOWER SUPPLY

• จป. วิชาชีพ • ผู้จัดการความปลอดภัย  
 • เจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย 864 คน  
 • ให้บริการต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2553

ที่ปรึกษา CONSULTING

• ISO 45001 / 14001 / 9001 • 22301  
 • BEST ปรับปรุงกระบวนการความปลอดภัย (BBS)  
 • PSM • Inspection Body (มอก.)

อุปกรณ์ความปลอดภัย SAFETY EQUIPMENT

• PPE • ชุด FR • SCBA • Gas Detector  
 • Fall Protection • อุปกรณ์กู้ภัย  
 • 3M, MSA, ISC, Lakeland

ตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน EMERGENCY

• ศูนย์ควบคุม ECC สั่งการ 24 ชั่วโมง  
 • 11 สถานีดับเพลิง • รถดับเพลิง 31 คัน  
 • นักดับเพลิง • กู้ภัย 223 คน

ขับเคลื่อนสู่ Net Zero NET ZERO

• ที่ปรึกษา การประเมินพลังงานองค์กรและผลิตภัณฑ์  
 • CFO • CFP  
 • T-VER • CE • ESG

สแกนดูบริการทั้งหมด

www.npc-se.co.th

สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม

Ins. 038-977700

อีเมล :

sales@npc-se.co.th

เว็บไซต์ :

www.npc-se.co.th

# ชุดตรวจงานอาชีพอนามัย



ระบบตรวจการได้ยินอัตโนมัติ เพิ่มประสิทธิภาพงานตรวจสอบภาพประจำปี

เครื่องมือตรวจการได้ยิน สำหรับงานอาชีพอนามัย



AMTAS™  
ตรวจอัตโนมัติ ไม่ต้องใช้ผู้ควบคุมโดยตรง



ใช้งานร่วมกับ คอมพิวเตอร์ และ Tablet

มีความแม่นยำสูง



ตู้สำหรับใช้ในการตรวจการได้ยิน

จุดเด่นของชุดตรวจอาชีพอนามัย

- ★ ประหยัดพื้นที่ เคลื่อนย้ายสะดวก
- ★ ใช้งานง่าย
- ★ ตรวจได้รวดเร็ว
- ★ รองรับการทำงานจำนวนมาก

รองรับทั้งเครื่องขนาดเล็กและขนาดใหญ่



ติดต่อสอบถาม โทร. 081-849-9880 (คุณเทวี)



สถาบันส่งเสริมความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน (องค์การมหาชน)

พร้อมเซฟ  
ReadySafe SME

สร้างวัฒนธรรมความปลอดภัย เสริมพลัง SME ไทย

รับสิทธิ์โล่รางวัล  
500 โล่แรก

ภายใน 30 กันยายน 2569

เงื่อนไขการรับโล่รางวัล

พนักงานผ่านอบรมสำเร็จ (ได้รับวุฒิบัตร อย่างน้อย 1 หลักสูตร)  
90% ของจำนวนพนักงานในบริษัททั้งหมด  
กรณีสิทธิ์โล่รางวัลครบตามจำนวนที่กำหนด จะเป็นการมอบประกาศนียบัตรทดแทน

สมัครเข้าร่วม

เพิ่มผู้เรียน

ติดตามสถานะผู้เรียน



QR เพื่อสมัครของเจ้าหน้าที่ฝ่ายบุคคล (HR) หรือตัวแทนสถานประกอบการ

Safe People  
Stronger Business

หลักสูตรออนไลน์เพื่อความปลอดภัยในการทำงานของ SME

# Section of Inspire:

keynote speakers

keynote speakers



# Transforming Thai Labour: Redefining Safety, Social Security, and Competency from Domestic Hubs to Global Markets

**H.E. Mr. Julapun Amornvivat**  
Labour Minister, Thailand

## Global Role and Context of Safety

Thailand has been one of the founding members of the International Labour Organization (ILO) for more than 100 years and currently holds the position of Chair of the meeting of the International Labour Ministers.

The global priority concerning occupational safety and health is that worldwide trends place a strong emphasis on them, so that they become a main subject in international discussions.

## Building TOSH's Collaborative Network

The Thailand Institute of Occupational Safety and Health (TOSH) has a wide and important responsibility even though it is suffering from limitations in both personnel and funds.

Making progress in the field of occupational safety and health demands close cooperation among the public sector, private enterprises, academic institutions, and international organizations.

## Safety and Productivity (Tripartite Collaboration: Employers, Employees, & Government)

Peace of mind is achieved since solid safety precautions are taken, which means that employees can return home safely to their families each day.

Because the working environment is secure, employees can use their entire intellectual and physical energy, which in turn leads to greater productivity, all without the need for private businesses to increase their fixed costs or to buy new machinery.

## Strategic Policy Recommendations

### Strategic Drive Implementation Guidelines

Promote the adoption of modern technology (such as exoskeleton suits and protective gear) by making use of tax incentives, subsidies, and public procurement to establish Thailand as an international manufacturing center for safety equipment.

Raise occupational safety and health laws and regulations to make them transparent, clear, and aligned with international standards—thus avoiding safety concerns being used as non-tariff trade barriers.

Move from giving out annual honorary awards to obtaining an internationally recognized standards certification (Stamp/Certification) to establish global value-added (Value Added) equity for Thai products and businesses.

# From Workplace Safety to Total Worker Health: Embracing Holistic Well-being and Mental Resilience in a Changing World

**Dr. Olivia Nieveras**  
**Senior Public Health Specialist,**  
**World Health Organization (WHO)**

The occupational health must move beyond preventing physical accidents toward creating workplaces in which employees can remain physically, mentally, and socially well. Mental health and psychosocial risks should therefore be treated as core workplace health and safety issues, not merely as personal problems.

The scale of the issue is substantial. The presentation states that nearly 3 million workers die each year, with approximately 2.6 million deaths linked to work-related diseases. It also cites 395 million non-fatal occupational injuries, 45 million healthy life-years lost, and approximately US\$1 trillion in annual productivity losses associated with depression and anxiety.

Mental health at work affects a large proportion of the global workforce. Around 60% of the world's population is at work, while 15% of working-age adults were living with a mental disorder in 2019. Depression and anxiety are associated with the loss of approximately 12 billion working days each year.

A central message is the need to reframe workplace safety. Instead of asking only, *"Did nobody get hurt today?"*, organizations should also ask, *"Can people be well here?"* The healthy workplace model therefore includes the physical work environment, psychosocial conditions, personal health resources, community involvement, leadership, worker participation, rights, equity and continual improvement.

The keynote identifies major psychosocial risks, including excessive workloads, understaffing, long or inflexible hours, lack of control, unsafe working conditions, poor organizational culture, authoritarian supervision, limited colleague support, bullying, harassment, discrimination, unclear roles, job insecurity, inadequate pay and conflicts between work and home responsibilities.





The WHO-ILO framework proposes three connected areas of action:

1. **Prevent psychosocial risks** by improving work design, workload, resources, autonomy, role clarity, leadership and working arrangements.
2. **Protect and promote mental health** through supportive environments, management capability, mental-health literacy, work-life balance and continual evaluation.
3. **Support workers with mental health conditions** through early and confidential assistance, reasonable adjustments, return-to-work support, inclusion and protection of privacy and dignity.

Worker participation and respect for rights provide the foundation across all three areas.



# Navigating Polycrisis: Megatrends, Geopolitics, and the Future of Occupational Safety and Health

**Kritdikorn Wongswangpanich, Ph.D.**  
Advisor to the Minister of Labour

Global economic and geopolitical shifts have placed Occupational Safety and Health (OSH) at a critical juncture, where systemic failures threaten human capital long before appearing in economic forecasts. Evaluating modern workplace risk requires examining four interconnected forces reshaping labor environments globally.

## 1. Environmental Disruption

**Atmospheric Hazards:** Anthropocene climate events shift OSH risks from controlled factory floors to uncontained atmospheric exposure.

**Regional Vulnerabilities:** In the Asia-Pacific region, the ILO estimates that 71% of the workforce is exposed to excessive heat, driving 23 million injuries and nearly 19,000 deaths annually.

**Geopolitical Finance Gap:** International climate adaptation funding falls 10 to 18 times short of needs in developing nations, requiring equitable global protection financing proportional to historical contribution and capacity.

## 2. Demographic Shifts & Aging Workforces

**Demographic Contraction:** Using Thailand as a model, a 1.4 fertility rate will contract the working-age population from 43 million (2020) to under 37 million by 2040.

**Structural Safety Risks:** Inadequate pension systems function as indirect occupational hazards by forcing elderly populations into unregulated, uninsured informal labor.

**Inclusive Workplace Engineering:** Workspaces must adapt to aging physiology by deploying assistive technologies (exoskeletons, cobots, strain sensors) to extend dignified work capacity.

## 3. AI and Technological Disruption

**The "Good Jobs" Imperative:** Industrial policy must prioritize creating quality employment over mere displacement management.

**Automation vs. Exploitation:** Deploying robotics for high-hazard tasks (chemical tanks, mining, sewers) only reduces exploitation if gains are equitably shared via portable entitlements and worker governance.

**Psychosocial Dynamics:** Algorithmic management and data-driven metrics frequently replace physical machinery dangers with work intensification and psychological strain.

## 4. Decoupling Global Supply Chains

**Interdependence Fractures:** Supply chain fragmentation creates market volatility and threatens a race-to-the-bottom in labor standards.

**Economic Realignment:** Industrial shifts present high-value opportunities for catch-up economies, evidenced by Thailand attracting over 700 billion Baht in data center and semiconductor investments.

**Human Costs of Compression:** Accelerated production timelines transfer corporate financial risks directly onto workers via excessive overtime, multi-tiered subcontracting, and precarious migrant labor.

Geopolitics now runs through every physical, intangible, and digital domain of work. Measuring progress solely through Gross Domestic Product (GDP) creates a critical trap: growth statistics can continue to rise while workers are damaged, as economic indicators remain indifferent to how that growth was obtained. Ultimately, *"a country can run and still lose if what it spends to run is its people."*

Occupational safety and health can no longer mean physical safety alone. Across a working life that is now decades longer, modern OSH frameworks must expand to encompass economic security, employment security, and psychosocial safety.

In 100 years, future generations evaluating this decade will not look at growth rates. Instead, they will measure institutional success by a far simpler and more profound question: *"Did the workers come home?"*

# Setting Indoor Air Quality (IAQ) Standards in the Philippines: Advancing Evidence-Based Policy for a Sustainable Safety Culture



**Ms. Charlene S. Parafina**

Supervising Industrial Hygienist, Occupational Safety and Health Center (OSHC), The Philippines



Filipino employees in the office, business process outsourcing (BPO), healthcare and education sectors spend most of their working time indoors in air-conditioned buildings. Poor indoor air quality directly leads to sick building syndrome, respiratory illness, cognitive fatigue and reduced worker productivity. Although the existing Philippine regulations (such as Republic Act 11058 and OSH Rule 1070) include provisions on general ventilation and industrial chemical hazards, they do not contain specific, up-to-date technical IAQ limits for non-industrial environments.

## Key technical and research findings

**Beyond CO<sub>2</sub> monitoring:** While carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) is a useful indicator of ventilation level and occupancy density, a low CO<sub>2</sub> level does not ensure protection against off-gassing chemicals, molds or particulates; tests should therefore include measurements of TVOCs, formaldehyde, PM2.5 and assessment of thermal comfort. **International adaptation:** Instead of starting from scratch, the Philippines can use international frameworks (such as those from the WHO, ISO, ASHRAE and Singapore's SS 554) as a basis and then modify them to suit the feasibility of the local tropical climate. **A shift to a proactive approach:** Management should move from a reactive approach (which involves investigating complaints on an ad hoc basis) to a proactive one based on risk assessments, engineering controls, source control and ongoing quality assurance and quality control. The pillars of operational infrastructure

In order that the standards may be practical and enforceable, the framework identifies six essential capacity pillars: **Certified IAQ Officers:** Providing formal certification and competency routes for personnel in the workplace. **Specialized Training:** Offering training to OSH inspectors and health physicians in IAQ risk assessment. **Accredited Laboratories:** Assigning to occupational hygiene testing laboratories methods of analysis that have been validated. **Standardized QA/QC:** Establishing standardized procedures for instrument calibration and for the reporting of quality control. **Sampling Protocols:** Setting out standardized national testing guidelines suitable for indoor workspaces. **SME Toolkits:** Making available guidance and compliance toolkits for small and medium enterprises.

## Four-Phase Phased Roadmap Phase Strategic Focus Primary Deliverables

- **Phase 1** Policy Foundation Form an inter-agency Technical Working Group (comprising DOLE, DOH, DENR and academia) and publish interim guidance limits.
- **Phase 2** Technical Capacity Accredite the testing laboratories, train the inspectors, and standardize the testing methods.
- **Phase 3** Phased Rollout Issue statutory standards together with targeted compliance deadlines for high-density sectors (for example, BPOs).
- **Phase 4** Review & Refine Keep monitoring nationwide health and environmental data to fully integrate the standards into the updated OSH policy. Strategic Direction

**The framework aims at three major changes:** shifting from a reactive approach to one based on prevention by means of proactive monitoring, changing from isolation to integration among health, labor, and building administrators, and moving from a state of impasse to one of progress by eliminating the regulatory ambiguities and introducing enforceable, tropicalized IAQ standards.

## Use Existing Standards Strategically

An IAQ standard is a technical reference tool, not a simple checklist requirement.

- **Technical Reference Block:** Use recognized international standards as foundational engineering reference criteria.
- **Adopt vs. Adapt:** Define clearly which standards are legally adopted, adapted for local climate, or used solely as guidance.
- **Climate Considerations:** Avoid quick-fix standards without ethical adjustments for Philippine humidity and building designs.
- **Harmonized Policy:** Align IAQ requirements across OSH, public health, and National Building Codes.



[https://cdn.prod.website-files.com/6681cf21216d3ea98d4f03a9/66abe937c506466b8d4141e\\_642ae683e98d3a569cf4151c\\_Air%2520Quality%2520Monitor%2520in%2520Office.webp](https://cdn.prod.website-files.com/6681cf21216d3ea98d4f03a9/66abe937c506466b8d4141e_642ae683e98d3a569cf4151c_Air%2520Quality%2520Monitor%2520in%2520Office.webp)

Source: [www.sanalifeenergy.com](http://www.sanalifeenergy.com)

## Five Core Policy Commitments

Strategic imperatives for building sustainable national indoor environmental quality.

- 1 PUT HEALTH OUTCOMES AT THE CENTER OF IAQ REGULATION 
- 2 MAKE IAQ MEASUREMENT SCIENTIFICALLY DEFENDABLE AND VALIDATED 
- 3 INTEGRATE IAQ WITH VENTILATION, FILTRATION, AND SOURCE CONTROL 
- 4 BUILD WORKFORCE CAPACITY AND INSTITUTIONAL CAPABILITY NATIONWIDE 
- 5 TURN IAQ INTO A CONTINUOUS EVERYDAY SAFETY CULTURE PRACTICE 

## Proposed National Governance Model

Multi-Sectoral Technical Working Group (TWG) Orchestration

STAKEHOLDERS: DOLE, DOH, DENR, ACADEMIA, PROFESSIONAL ORGANIZATIONS, BUILDING OWNERS, WORKERS, ETC.

### Standard Setting

Develop, review, and update Philippine statutory IAQ exposure standards and guidance limits.

### Research & Validation

Validate sampling protocols suitable for tropical building envelopes and local climate conditions.

### Competency

Establish accreditation and training programs for industrial hygienists and OSH personnel.

### Guidance & Audit

Issue technical guidance, compliance inspection protocols, and outbreak investigation toolkits.

# Safety Culture in The Age of Autonomy: Orchestrating Human-Machine Synergy for Zero Harm

**Dr.Chatchalee Ruktanonchai**

Deputy Managing Director, NPC Safety and Environmental  
Service Co., Ltd.



Even though artificial intelligence and automated systems are advancing quickly, human involvement is still necessary when it comes to managing changing operational environments. If we compare the situation to navigation aids, self-driving cars, and the autopilots used in commercial aviation, automated systems only function reliably within very clearly set limits. In the field of occupational safety and health, technology cannot take the place of human judgment. To achieve sustainable safety, it is necessary to combine automated tools with human oversight and a well-established safety culture.

## Key Findings & Perspectives



The operational limits of automation are shown by examples such as navigation applications, autonomous vehicles, and traditional aviation autopilots, all of which only work effectively within their defined design parameters.

The need for contextual decision-making lies in the fact that AI and automation cannot consider unmodelled, real-time external factors, for example, changing weather conditions, shifts in traffic, or unexpected changes to the schedule—thus necessitating human operators to intervene.

In the field of hazard management, safety officers employed in industrial settings have to establish the boundaries of operations, spot hazardous areas, and assess complicated situational risks since algorithms are unable to carry out such evaluations on their own.

When it comes to narrow performance, modern robotics and AI can exceed humans in specialized and isolated tasks, but they do not possess the kind of multi-variable reasoning needed for complex risk assessment.

The importance of having a safety culture lies in the fact that when organizations buy advanced technologies such as AI cameras or automated monitoring systems, these will offer only limited value if the organizations do not focus on integrating the technologies in a way that is centered on people and instead develop a lasting safety culture.

Automation should act as a supportive tool rather than as a full replacement for human decision-making in high-stakes situations, and sound risk management depends on having continuous human oversight together with flexible governance to effectively deal with changing workplace hazards.



## Leadership Roadmap for Zero Harm in an Autonomous Workplace

Leaders shape whether autonomy strengthens safety culture—or erodes it behind technical performance.



Revisit the four pillars whenever tools, operating conditions, or risk profiles change.



Measure learning, reporting quality, and recovery—not only efficiency and uptime.

# Safeguarding Platform Workers through Policy & Partnership and Platform Workers



**Mr. Christopher Koh Mei-Hung**  
General Manager,  
Workplace Safety & Health Council, Singapore



Singapore updated its labor laws to protect you when you drive or deliver for gig apps. Because platform companies dictate your pay and assign your jobs, you fall into a special category between an employee and an independent contractor. Under these rules, platforms like Grab and Food panda must pay your medical bills and replace your lost earnings if a crash injures you on a run. The Singapore Workplace Safety and Health Council enforces these protections under the WSH Act, allowing the government to prosecute platform companies if they put you in unsafe conditions. Companies must also report every serious injury to the Ministry of Manpower. That way, you can file an injury report without worrying that the app will punish you with fewer jobs.

Working on the road carries severe risks. In 2025, platform workers suffered 85 major injuries or deaths for every 100,000 workers. That rate makes gig delivery 4.5 times more dangerous than the average Singapore job and 3 times riskier than construction work. Riding a motorcycle or personal mobility device increases your danger significantly. Traffic police records show that motorcyclists account for more than half of all road deaths, even though motorcycles make up just 15% of vehicles on the road.

To cut down on these injuries, government agencies and app companies created concrete operational changes. Food panda added a feature letting you take a five-minute break every hour without losing your bonus pay. Grab stopped offering fast-delivery bonuses and cut penalties for late drop-offs, removing the pressure to speed. However, other drivers cause about half of all delivery crashes. If you order food or ride through these apps, your behavior matters directly. Demanding speed or threatening bad reviews forces riders to take deadly risks on the road. Accepting a small delay keeps riders alive.

## Partnership has helped WSH Council develop various resources to raise WSH awareness among PWs



**Series of Infographics** to provide guidance to PWs on topical areas of the ACOP

1. Things to Note to Stay Safe as a PW
2. Safety Tips on Riding in Heavy Rain & Storms
3. Safety Tips on Driving in Heavy Rain & Storms
4. Safety Tips on Riding in the Heat
5. Safety Tips on Riding while Handling Heavy Loads
6. What PWs Can Do When Faced With An Emergency



**Video on 5 Essential Safety Tips for PWs on the Job**

>596K

**Infographics on Tips on Safer Deliveries Using Bicycles or PABs based on a study conducted**





# Event Safety Management: A Systematic, Tech-Driven Approach



**Dr. Teeraphat Meedeche**  
Founder & CEO, One2Event.com

Safety determines whether your event succeeds or shuts down your business. Events and tourism pull massive revenue into Thailand, but a single deadly accident will wipe out public trust instantly.

You must build safety protocols long before opening the gates. Your process covers venue design, risk planning, site prep, equipment installation, live operations, teardown, and post-event debriefs.

## Core Risk Framework

- **4 Risk Levels:** Low, medium, high, and critical. Assign clear authority to a manager who can stop the event immediately when risk hits critical levels.
- **7 Stakeholder Groups:** Organizers, volunteers, vendors, contractors, performers, attendees, and vulnerable guests. Give each group explicit safety duties and emergency protocols.
- **10 Operational Areas:** Stage structure checks, electrical safety, crowd control, fire prevention, physical security, medical teams, site logistics, food safety, evacuation routes, and contingency plans.

## Global Lessons and Local Gaps

Poor planning causes mass casualties. A crowd crush in South Korea killed 153 people. A similar crowd surge during the Hajj in Saudi Arabia killed 769 pilgrims. In Thailand, indoor pyrotechnics ignited the fatal Santika Pub fire.

Thailand enforces the Occupational Safety, Health and Environment Act B.E. 2554 alongside local building codes. However, temporary event sites often slip through regulatory gaps. Uncertified contractors regularly build complex stages without engineering approvals. If local event staff do not upgrade their technical skills and language abilities, foreign crews will step in to run high-value operations. That leaves local workers with low-wage labor and site cleanup.

## Real-Time Data Management

Do not rely on gut feelings during a crisis. Use real-time tracking like QR code ticket scans to monitor exact attendance numbers.

If your venue capacity is 300 people and your system registers 400 active scans, block further entry at the gates immediately. Tracking live data stops crowd crashes before they happen.

Consider the economic scale of professional event management. The South Korean group BTS sells 4.5 million concert tickets per year. At an average ticket price of 2,000 THB, ticket sales alone bring in 9 billion THB annually. Strict safety standards protect live audiences and secure these massive economic returns.

# The Importance of Workplace Health and Safety for Sustainable Development

**Keith H Roddan**  
Regulatory and Standards Specialist, 3M Thailand



Ignoring workplace health and safety drains profit margins while destroying human lives, making occupational health and safety (OHS) an imperative for both ethics and economic survival. Every day, roughly 7,500 people die worldwide from work-related causes—1,000 from physical accidents and 6,500 from long-term exposures to chronic hazards like silica, coal dust, and asbestos. Today, over 50 million people live with chronic occupational lung diseases simply because their workplaces failed to protect them.

## The Hidden Financial Costs of Inaction

Skipping safety investments forces companies to absorb massive hidden operational costs. Globally, about 70% of workers lack health insurance, leaving them to pay medical bills out of pocket and burdening local communities. For employers, financial damage manifests through lost productivity and high turnover:

- **Employee Turnover:** Replacing even a low-wage employee in the United States costs a business approximately 16% of that worker's annual salary.
- **Severe Liability:** Treating a single worker exposed to coal dust in China costs between \$265,000 and \$290,000 USD, while European workplace injuries cost businesses between €38,000 and €73,000 per incident.
- **Proven ROI:** Investing in safety generates measurable financial gains; European research shows that every euro spent on workplace safety returns €2.20 in higher productivity and output.

## Improving OHS has Economic Benefits

Increased compliance with labour standards results in

- Better working conditions
- Higher worker productivity
- Increased profitability
- Increased order sizes

European estimations  
are for every €1 invested  
in OSH generates a return  
of €2.2.



**“Increased compliance has significantly upgraded working conditions while advancing productivity and profitability.”**

## Direct Operational Actions for Leadership

Transforming safety from a corporate liability into a productivity driver requires concrete operational changes:

- **Prioritize the Agenda:** Put health and safety at the top of every meeting agenda before reviewing production targets or operating costs.
- **Adapt to Modern Hazards:** Update company policies to address evolving workplace risks, including worker mental health.
- **Enforce Supply Chain Standards:** Require second- and third-tier suppliers to meet strict safety standards as an explicit condition of doing business.
- **Commitment to Continuous Training:** While advanced equipment and safety tools help, clear management expectations and regular workforce training deliver the most lasting safety improvements.

## **Actions: Build a Preventative OHS Culture at the Enterprise Level for Inclusive Business Growth**



### **OHS Culture**

The shared commitment of management and employees toward ensuring a safe and health work environment.

### **Inclusive Business Growth**

Characterized by a focus on innovation (product and process), human development (regarding welfare, wage and skill) and distributed gains from business growth.

# Safety as a Strategic Asset: Driving ESG Performance through Worker Protection

**Suraphol Buphakposum**

Vice President, Sustainability Service Development Dept., SET



## Shift Toward ESG & Sustainability

- **Redefining Business Sustainability:** Corporate sustainability goes beyond financial metrics like revenue and profit to encompass ESG factors, which pose rapid, high-impact risks to enterprise value.
- **Internal Focus of the Social (S) Pillar:** Social sustainability is not just external CSR or charity. Its core focus is internal workforce well-being—especially workplace safety, which directly impacts morale, retention, and talent acquisition.

## The Investor Lens on Safety

- **Financial Materiality:** Major institutional investors (e.g., BlackRock, Kasikorn Asset Management) evaluate safety as a financial metric rather than an act of goodwill. Frequent workplace accidents lead to lost revenue, regulatory fines, higher discount rates, and lower valuation.
- **Market Consequences:** Neglecting safety can lead to exclusion from supply chains, removal from sustainability indices, or negative proxy voting against corporate directors by fund managers.

## Evaluation Frameworks & Metrics (e.g., FTSE Russell ESG)

- **Governance & Processes:** Assesses board/executive oversight, explicit safety policies, risk assessments, employee engagement, and third-party data verification.
- **Quantitative Indicators:** Measures ISO 45001 site certifications, safety training hours, Lost Time Injury Rate (LTIR), and fatality rates for both direct employees and contractors.

## Key Takeaway for Businesses

- Occupational safety is an investment in vital human capital, not an unnecessary expense. It represents a mandatory baseline standard for publicly listed companies and firms preparing for capital market entry.



# The Working Situation of Domestic Labor Exposed to Occupational Vibration and the Development of a Vibration Work Assessment Tool

**Prof. Sunisa Chaiklieng, Ph.D.**  
Khon Kaen University



## The Hidden Hazard of Workplace Vibration in Thailand

Workers across Thailand face severe health risks from daily exposure to high vibration levels caused by power tools and heavy machinery. Research across Thai industries reveals that both hand-arm vibration from handheld tools and whole-body vibration from operating heavy vehicles routinely surpass international safety limits. Without effective routine monitoring, this continuous physical shaking significantly increases the risk of nerve damage, circulation problems, and long-term joint pain among vulnerable groups like farmers, construction workers, and informal craftspeople.

**ความสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย (Whole-body vibration exposure, WBV):**

**WBV Measurement:**

เกิดจากแรงสั่นสะเทือนที่ส่งผ่านจากพื้น  
หรือโครงสร้างมายังร่างกายทั้งหมด

การวัดความสั่นสะเทือนทั้งร่างกายจะมีการติดตั้งอุปกรณ์วัดความสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย  
ที่เบาะนั่งของอาสาสมัครขณะนั่งบนรถแทรกเตอร์หรือรถโฟล์คลิฟต์

อุปกรณ์วัดความสั่นสะเทือน



ISO8041 : Vibration- measuring  
instrumentation standard



เบาะรถโฟล์คลิฟท์

Evaluation Standard by  
ISO 2631

เบาะรถแทรกเตอร์

## How Vibration Impacts Different Workers

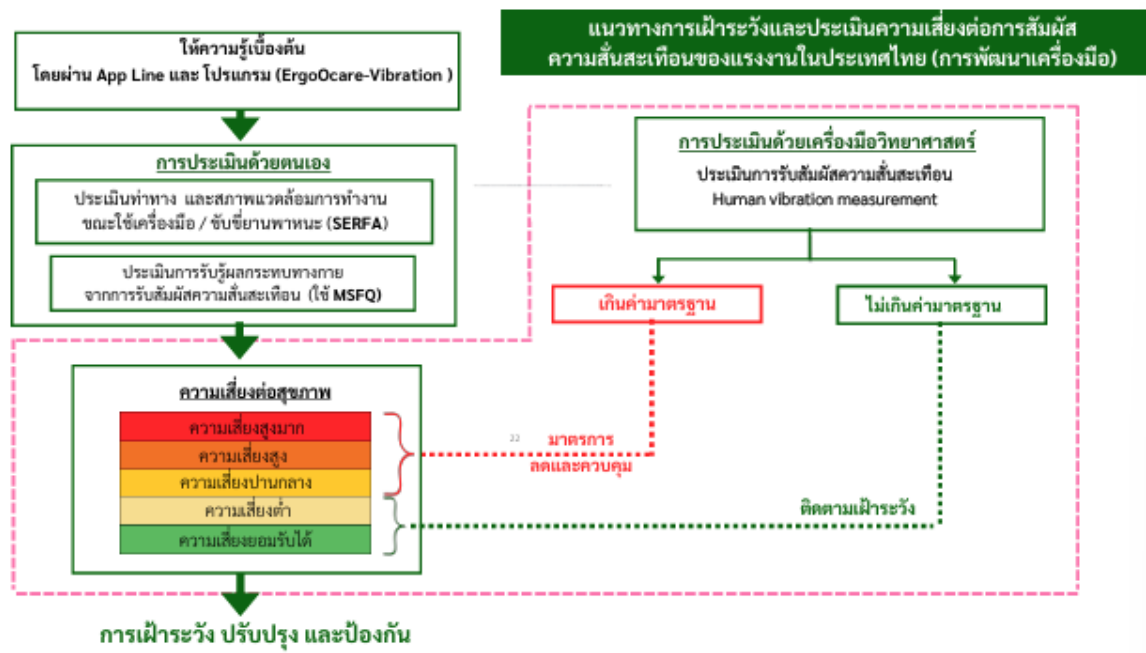
Vibration hazards fall into two main categories: hand-arm vibration and whole-body vibration. Handheld tools like drills, saws, and grinders transmit vibration directly into workers' hands and arms, with Thai laborers experiencing an average daily exposure of  $5.17 \text{ m/s}^2$ . This exceeds the global safety limit of  $5.0 \text{ m/s}^2$ , putting over 81% of exposed workers above safe action thresholds. Meanwhile, drivers of heavy machinery absorb whole-body vibration through their seats at an average rate of  $2.27 \text{ m/s}^2$ —nearly double the international safety limit of  $1.15 \text{ m/s}^2$ . Agricultural tractor drivers experience the highest risks ( $2.66 \text{ m/s}^2$ ), with over 46% suffering from significant lower back pain alongside neck and knee discomfort.

## A Digital Solution: The Ergo O'care App

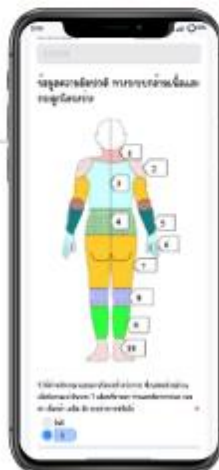
To make health monitoring accessible without needing immediate, expensive measuring equipment, researchers created Ergo O'care—a digital mobile application designed for quick workplace screening. The app combines self-reported muscle pain assessments with simple body posture reviews to categorize worker health risks from low to very high. In field tests with tractor and forklift drivers, the app demonstrated an impressive 84.2% overall accuracy and an 88.1% sensitivity rate in catching dangerous vibration exposures when verified against physical vibration meters.

## Moving Toward Safer Workplaces

Because Thailand currently lacks formal national regulations for workplace vibration, establishing statutory exposure limits based on international guidelines ( $5.0 \text{ m/s}^2$  for hands/arms and  $1.15 \text{ m/s}^2$  for the whole body) is a vital policy goal. Expanding digital screening tools like Ergo O'care across high-risk industries allows employers to identify vulnerable workers early, prevent lifelong occupational injuries, and build a safer environment for Thailand's workforce.



## เลือกประเมินเกษตรกรหรือพนักงานโรงงาน



# Revolutionizing OSH through Proactive Innovation: Digital Health Lessons from the Ratchaphiphat Model

**Dr. Phuritath Saengthongpanitkul**  
Executive Director of Ratchaphiphat Hospital



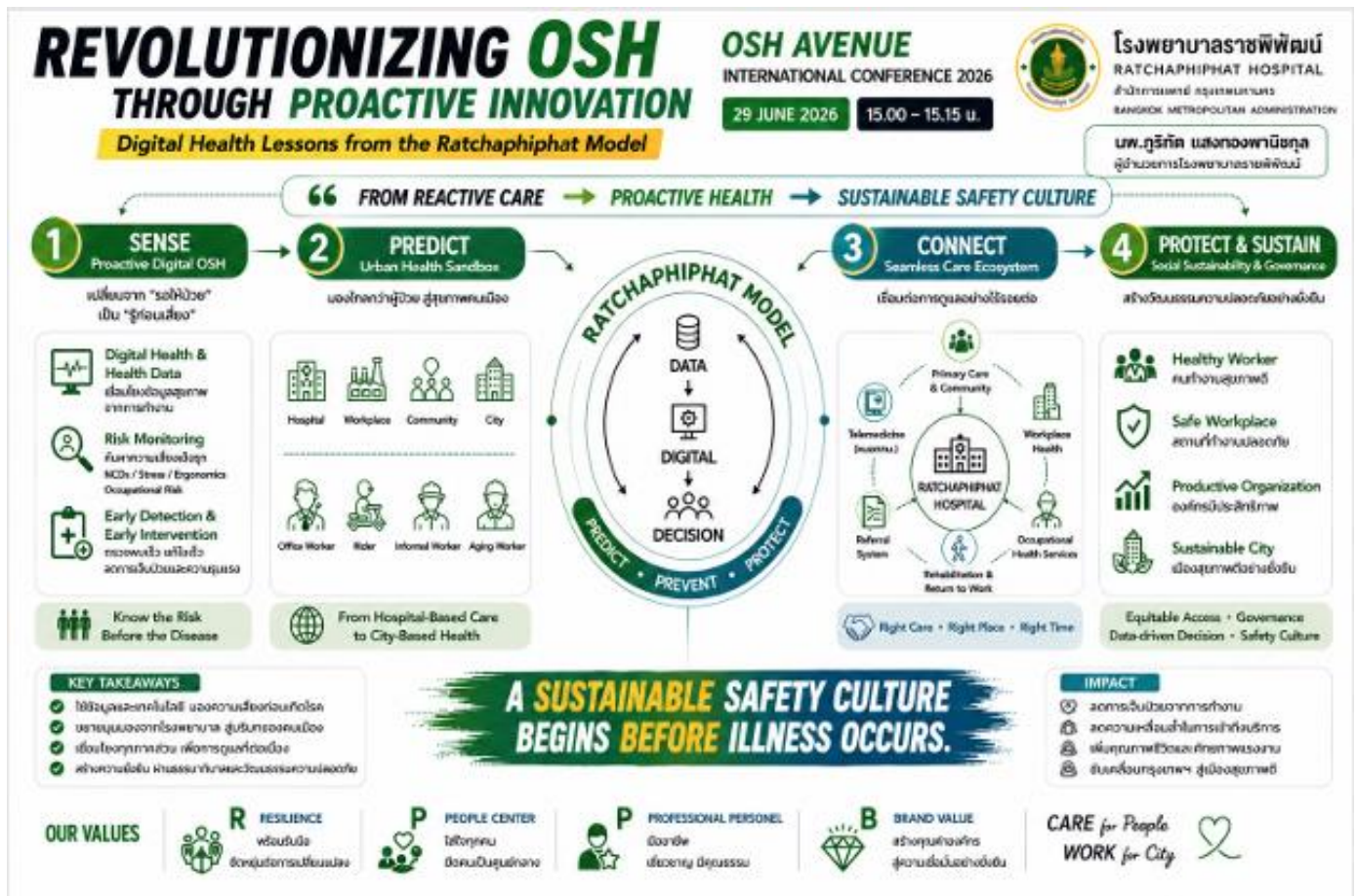
Occupational health and safety development still lacks a structural understanding from policy-level executives. The Bangkok Metropolitan Administration's (BMA) proactive health screening initiatives and digital technology adoption serve as a crucial starting point in shifting from a mindset of "repairing damage after the fact" to building a sustainable "culture of prevention."

## BMA Health Policies and Innovations

- Driving the "Good Health, Good Safety" policy through a 1-million-person health screening campaign, focusing on personalized risk analysis based on age, gender, and urban lifestyle factors (e.g., NCDs, high blood cholesterol, sleep routine issues).
- Connecting citizens to health services via digital innovations like the Bangkok Health Map and the LINE Official Account (@TRPP), enabling health communications that cover over 200,000 residents in the designated service area.

## Shifting Occupational Health Mindsets

- Expanding the definition of "workers" to cover all occupational groups beyond formal insured employees, including delivery riders, freelancers, and performers.
- Upgrading screening measures from basic tests (e.g., finger-prick blood sugar checks) to in-depth risk assessments aimed at preventing coronary and cerebrovascular artery diseases before symptoms appear.



#### Current Challenges and Losses

- Workplace accidents and fires (such as factory or venue blazes) cause permanent physical and human losses that cannot simply be repaired.
- Some business operators remain concerned about the cost of upgrading safety infrastructure, leading to a reluctance to accept workplace walk-through surveys conducted by occupational medicine physicians.

#### Future Structural Development Approaches

- Integrating "Safety Culture" knowledge into the education system starting from the primary school level.
- Fostering collaboration among academics, civil servants, and politicians to realign laws, regulations, and public policies.
- Cultivating shared social awareness and responsibility so that both workers and employers actively mitigate risks before accidents occur.

# Safety as a Human Right: Eradicating Exploitation for a Sustainable Future



## Dr. Yuka Ujita

Senior Specialist on Occupational Safety and Health,  
International Labor Organization (ILO)

Fundamental Right at Work: Occupational Safety and Health (OSH) were added in 2022 as the fifth pillar of the ILO Declaration on Fundamental Principles and Rights at Work, alongside freedom of association, the elimination of forced and child labor, and non-discrimination.

### Global & Local Impact:

- Globally, nearly 3 million workers die annually from work-related causes. Over 85% of these fatalities stem from work-related diseases rather than acute accidents, while another 395 million workers suffer non-fatal injuries.
- In Thailand, approximately 20,000 work-related deaths occur each year.

Standards and Policy Frameworks: Thailand has ratified ILO Fundamental Conventions No. 155 (Occupational Safety and Health) and No. 187 (Promotional Framework for OSH), committing to systematic workplace prevention and tripartism involving government, employers, and workers.

Addressing Emerging Hazards: Through the Japan-funded "Safety + Health for All" project (2024–2027), the ILO collaborates with TOSH to address critical emerging risks in Thailand and Cambodia, focusing specifically on heat stress prevention and workplace mental health.

OSH as a Gateway Right: Safe working conditions act as an accessible entry point to strengthen broader labor rights—preventing child labor by keeping adult breadwinners safe, encouraging worker-employer dialogue via joint OSH committees, and mitigating workplace violence and harassment.



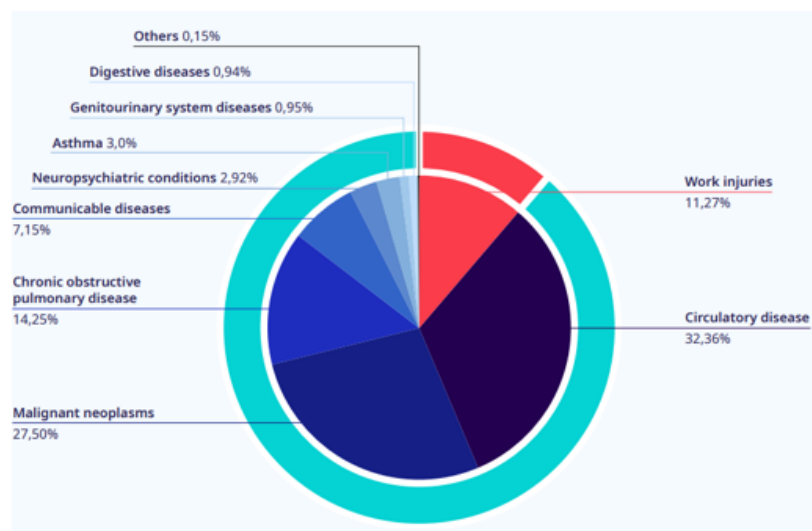
International  
Labour  
Organization

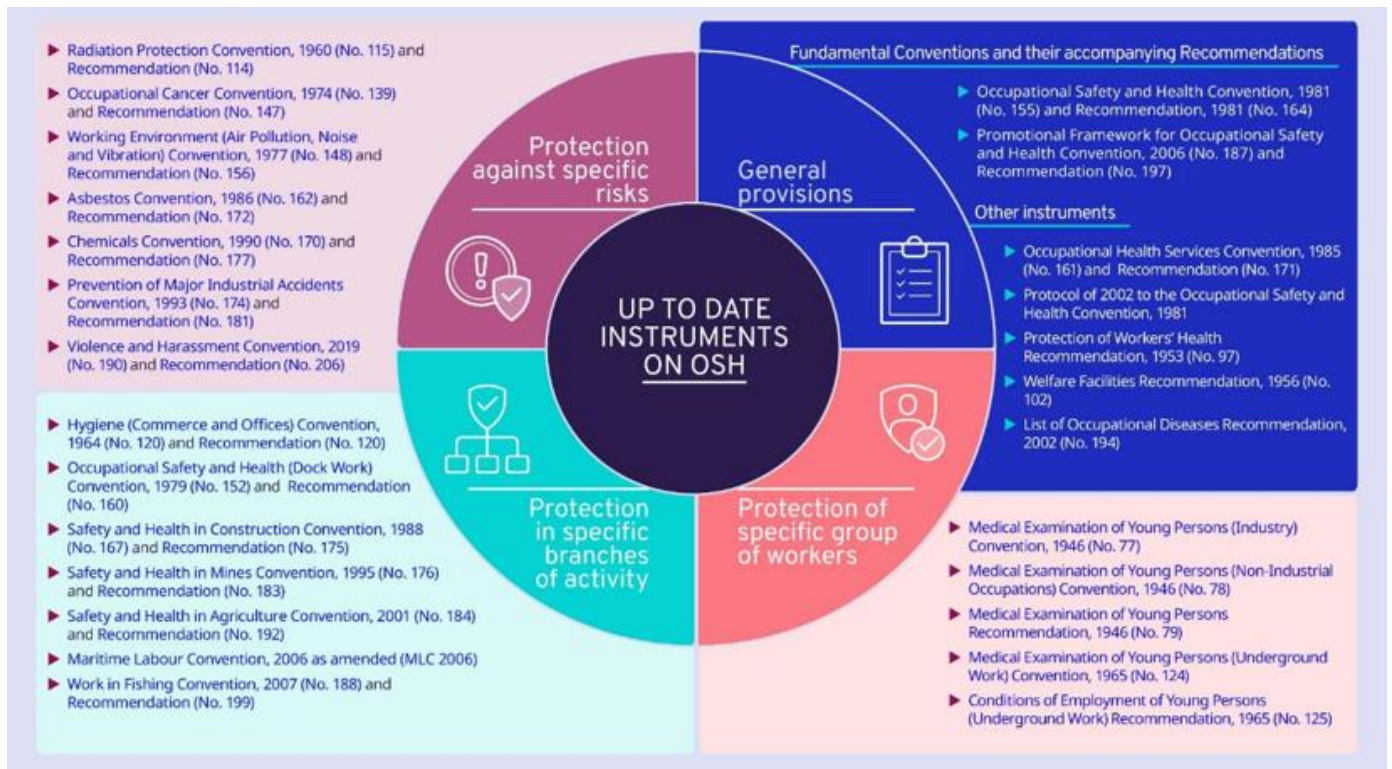
## ► Nearly 3 million people die of work-related accidents and diseases

► **2.6 million**  
**deaths** from work-related  
diseases globally

► **395 million**  
**non-fatal occupational**  
**injuries** globally

| Thailand 2016 |           |
|---------------|-----------|
| Death         | 19,559    |
| DALY          | 1,104,180 |







# Key Success for Sustainability Safety

**Dr. Nuntachai Punyasurarit**  
Executive Director of T-OSH

The Thailand Institute of Occupational Safety and Health (T-OSH) drives sustainable workplace safety through direct action and a proactive culture.

## Key Actions and Proactive Measures

- T-OSH assesses safety risks and trains venue staff at places like Tawandang Brewery to prevent fire incidents.
- They push for safety equipment such as glow-in-the-dark exit signs that direct people out immediately during power outages or dense smoke.
- They set three main rules for construction sites: inspect heavy equipment like cranes and forklifts, install proper lighting for night shifts, and coordinate traffic detours with local police.
- They trained over 2,000 Thai workers heading overseas and migrant workers working inside Thailand.
- They distributed personal protective equipment (PPE) and set up safety booths for more than 1,000 delivery riders and motorcycle taxi drivers.
- They signed agreements with over 20 universities under the "New-Gen Safety Officer" program (Jorpor Pun Mai) to prepare students before they enter the workforce using the motto "Anticipate, Act, Communicate".

## Four Pillars for Sustainable Safety

- Turn basic compliance into proactive habits: Create psychological safety in your organization so workers at all levels feel safe pointing out hazards, using their power to stop unsafe work immediately, and fixing problems before accidents happen.
- Use practical, human-focused innovation: Choose tools and technology that reduce physical strain, limit human error, and analyze risks in real time.
- Maintain strict operational discipline: Enforce safety barriers, strictly control system changes, and inspect equipment regularly to close critical safety gaps.
- Treat safety as a strategic investment: Shift your executive mindset from viewing safety as a business cost to seeing it as an investment in business continuity and partner trust.

**Key Success for Sustainable Safety**

- From Compliance to Proactive DNA**  
(เปลี่ยนการปฏิบัติตามกฎ สู่วัฒนธรรมเชิงรุก)
- Purpose-Driven & Human-Centric Innovation**  
(นวัตกรรมที่ใส่ใจคนและแก้ปัญหาดังจุด)
- Operational Discipline in Process Safety**  
(วินัยเคร่งครัดในกระบวนการผลิต)
- Safety as a Strategic Investment**  
(มองความปลอดภัยเป็นการลงทุนเชิงกลยุทธ์)

# Innovation

[OR01]

## ชื่อผลงาน ระบบการจัดการความปลอดภัยเชิงป้องกันผลกระทบจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM<sub>2.5</sub>) อย่างยั่งยืนในสถานศึกษา

ดร. สุวิทย์ นันทาว, มณฑล สุวรรณประภา, ดารากอน มณีศรี และณัฐชญา แยมบุบผา

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

### ที่มาและความสำคัญ:

ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM<sub>2.5</sub>) เป็นปัญหามลพิษทางอากาศที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนอย่างรุนแรง โดยเฉพาะต่อระบบทางเดินหายใจ (World Health Organization, 2021) ซึ่งกลุ่มเด็ก เยาวชน นักเรียน นักศึกษา และบุคลากรในสถานศึกษา จัดเป็นกลุ่มเปราะบางที่มีความเสี่ยงสูงต่อการได้รับผลกระทบจากฝุ่น PM<sub>2.5</sub> เนื่องจากต้องใช้เวลาอยู่ภายในพื้นที่สถานศึกษาเป็นเวลานานอย่างต่อเนื่อง (U.S. Environmental Protection Agency, 2025) ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา สถานการณ์ค่าฝุ่น PM<sub>2.5</sub> ในหลายพื้นที่ของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เกิดอาการเจ็บป่วย เช่น ระคายเคืองระบบทางเดินหายใจ ภูมิแพ้ หอบหืด และโรคระบบทางเดินหายใจเรื้อรัง ซึ่งไม่เพียงส่งผลกระทบต่อสุขภาพของบุคลากรและนักศึกษาเท่านั้น แต่ยังส่งผลกระทบต่อคุณภาพการเรียนรู้ ประสิทธิภาพการทำงาน และภาพลักษณ์ของสถานศึกษาในระยะยาว (UNICEF Thailand, 2025)

ดังนั้น การพัฒนาระบบการจัดการความปลอดภัยเชิงป้องกันผลกระทบจากฝุ่น PM<sub>2.5</sub> อย่างเป็นระบบและยั่งยืน จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง โดยต้องบูรณาการแนวคิดด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน เข้ากับหลักการพัฒนาที่ยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อม สังคม และธรรมาภิบาล (Environmental, Social and Governance: ESG) เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ปลอดภัย ให้มีคุณภาพ และเกิดความยั่งยืนอย่างแท้จริง

### แนวคิดอ้างอิงตามหลักวิชาการ:

ผลงานนวัตกรรมนี้พัฒนาขึ้นบนแนวคิด การจัดการความเสี่ยงเชิงป้องกัน (Preventive Risk Management) โดยมุ่งเน้นการป้องกันผลกระทบก่อนเกิดอันตราย มากกว่าการแก้ไขปัญหาภายหลัง ผสานกับหลักการบริหารจัดการความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานอย่างเป็นระบบ ความเป็นนวัตกรรมของผลงาน คือ การบูรณาการองค์ประกอบ 5 ด้าน ซึ่งประกอบด้วย

1. การตรวจวัดและติดตามข้อมูลด้านคุณภาพอากาศ มีการตรวจวัดค่าปริมาณฝุ่น PM<sub>2.5</sub> แบบเรียลไทม์ โดยศูนย์สิ่งแวดล้อมของมหาวิทยาลัย ทำการประเมิน วิเคราะห์ค่าความเข้มข้นฝุ่น PM<sub>2.5</sub> และประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของบุคลากรในมหาวิทยาลัย
2. กำหนดมาตรการควบคุมความเสี่ยง การควบคุมมลพิษทางอากาศ ระบบระบายอากาศ การกำหนดนโยบาย เชิงป้องกันโดยยึดตามหลักความปลอดภัย การเปิด/ปิด หรือกำหนดให้มีการปรับเปลี่ยนการเรียนการสอนแบบ online หรือ Work from home
3. ระบบการสื่อสารแจ้งเตือน เมื่อพบค่าปริมาณความเข้มข้นฝุ่น PM<sub>2.5</sub> หรือค่าดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศในภาพรวม (Air Quality Index: AQI) เกินเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัย
4. การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ได้แก่ บุคลากร นักศึกษา นักเรียน ผู้ปกครอง และชุมชนโดยรอบมหาวิทยาลัย
5. ระบบกำกับติดตามผล ผลการดำเนินงาน การตรวจสอบข้อมูลความเข้มข้นฝุ่นเปรียบเทียบกับข้อมูลของกรุงเทพมหานครและกรมควบคุมมลพิษ เพื่อความน่าเชื่อถือและตามถูกต้องของข้อมูลค่าความเข้มข้นฝุ่น PM<sub>2.5</sub> หรือค่าดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศในภาพรวม (Air Quality Index: AQI)



โดยมีการบูรณาการองค์ประกอบทั้ง 5 ด้านข้างต้นเข้าด้วยกัน เป็นรูปแบบ “ระบบการจัดการความปลอดภัยเชิงป้องกันฝุ่น PM<sub>2.5</sub> ในสถานศึกษา” ที่สามารถนำไปใช้ได้จริงในบริบทของสถานศึกษา และสามารถขยายผลได้อย่างยั่งยืน

### วัตถุประสงค์:

1. เพื่อพัฒนานวัตกรรมเชิงนโยบาย ระบบการจัดการความปลอดภัยเชิงป้องกันผลกระทบจากฝุ่น PM<sub>2.5</sub> ทางระบบทางเดินหายใจในสถานศึกษา
2. เพื่อลดความเสี่ยงต่อสุขภาพของนักเรียน นักศึกษา และบุคลากรในสถานศึกษา
3. เพื่อเสริมสร้างการมีส่วนร่วมและความตระหนักรู้ด้านความปลอดภัยและสุขภาพ
4. เพื่อสนับสนุนการพัฒนาที่ยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อม สังคม และธรรมาภิบาล (ESG) ในสถานศึกษา

### ขั้นตอนการดำเนินงาน:

รายละเอียดนวัตกรรมและขั้นตอนการดำเนินงาน

1. การประเมินความเสี่ยงจากฝุ่น PM<sub>2.5</sub>
  - สำรวจพื้นที่เสี่ยงภายในมหาวิทยาลัย โดยเฉพาะบริเวณที่มีการทำงานหรือการเรียนการสอนหนาแน่น จัดลำดับความสำคัญของพื้นที่และกลุ่มเสี่ยง
  - วิเคราะห์ระดับการสัมผัสฝุ่นของนักเรียน นักศึกษา และบุคลากร โดยการติดตั้งเครื่องตรวจวัดค่าฝุ่น PM<sub>2.5</sub> และค่าคุณภาพอากาศแบบเรียลไทม์
2. การออกแบบระบบการจัดการความปลอดภัย
  - จัดทำแบบปฏิบัติเมื่อค่าฝุ่น PM<sub>2.5</sub> เกินมาตรฐาน
  - กำหนดมาตรการควบคุมตามลำดับขั้น (ด้านวิศวกรรม การบริหาร และพฤติกรรม)

- จัดทำระบบสื่อสารและแจ้งเตือนความเสี่ยง ได้แก่ การแจ้งในกลุ่มไลน์บุคลากร แจ้งข้อมูลใน Website ของมหาวิทยาลัย การติดตั้งจอ LED แสดงค่าความเข้มข้นฝุ่น  $PM_{2.5}$  ในบริเวณต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัยและโรงเรียนสาธิตฯ
3. การดำเนินมาตรการป้องกัน
- ปรับปรุงสภาพแวดล้อมการเรียนและการทำงาน การทำความสะอาด การติดตั้งระบบระบายอากาศ การติดตั้งระบบสปริงเกอร์พ่นไอน้ำหมอกบริเวณถนนที่มีการจราจรหนาแน่นหรือในวันที่มีค่าความเข้มข้นฝุ่นสูง
  - กำหนดแนวทางการจัดกิจกรรมเมื่อค่าฝุ่นสูง
  - ส่งเสริมการใช้อุปกรณ์ป้องกันที่เหมาะสม มีการจัดเตรียมหน้ากากอนามัยสำรองในห้องพยาบาลของมหาวิทยาลัย
4. การอบรมและสร้างความตระหนัก
- ให้ความรู้ด้านผลกระทบของฝุ่น  $PM_{2.5}$  ต่อสุขภาพ รวมทั้งการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของนักเรียน นักศึกษา และบุคลากรในมหาวิทยาลัย
  - การสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัยในสถานศึกษา การรณรงค์การใส่หน้ากากอนามัยให้เป็นปกตินิสัย
5. การติดตาม ประเมินผล และปรับปรุงระบบ
- ติดตามผลด้านสุขภาพ สดุดีการเจ็บป่วยและพฤติกรรมเสี่ยงต่าง ๆ จากห้องพยาบาลของมหาวิทยาลัยและโรงเรียนสาธิตฯ
  - ประเมินประสิทธิภาพของมาตรการที่ได้ดำเนินการและปรับปรุงระบบอย่างต่อเนื่องเพื่อความยั่งยืนของโครงการ

#### **แนวทาง/ผลการทดสอบการใช้งาน:**

นวัตกรรมระบบการจัดการความปลอดภัยเชิงป้องกันนี้ สามารถดำเนินการได้อย่างต่อเนื่องโดยบูรณาการเข้ากับนโยบายและแผนพัฒนาของสถานศึกษา และสามารถถ่ายทอดองค์ความรู้ไปยังเครือข่ายสถานศึกษาอื่น ส่งเสริมการพัฒนาที่ยั่งยืนด้าน ESG ในระดับที่กว้างมากขึ้นได้

#### **แนวทางการนำไปเผยแพร่หรือพัฒนาและความยั่งยืนในการลดอัตราการประสบอันตราย:**

ผลงานนวัตกรรมนี้เป็นการพัฒนาระบบการจัดการความปลอดภัยเชิงป้องกันที่ตอบโจทย์ปัญหาสำคัญด้านสุขภาพจากฝุ่น  $PM_{2.5}$  โดยบูรณาการหลักทางด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และ ESG อย่างเป็นระบบ ช่วยยกระดับคุณภาพชีวิต สร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ปลอดภัย และสนับสนุนการพัฒนาที่ยั่งยืนของสถานศึกษาอย่างแท้จริง

#### **คำค้นหา (Keywords) :**

นวัตกรรมความปลอดภัย ฝุ่นละอองขนาดเล็ก ( $PM_{2.5}$ ) ระบบการจัดการความปลอดภัย

[OR03]

## ชื่อผลงาน Ergo Hand Trucks: รถเข็นช่วยยกเคลื่อนย้ายเพื่อลดปัจจัยเสี่ยงทางด้านการยศาสตร์

ผศ.ดร.กศพล บุตรมี, ทนกวรธรณ คำเปลี่ยนวงษ์, ทชกร จันทร์คง และสุริดา จันทร์ตา

คณะสาธารณสุขศาสตร์ ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

### ที่มาและความสำคัญ:

โรคมะเร็งกระดูกและกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นเนื่องจากการทำงาน (Work – related musculoskeletal disorders – WMSDs) เป็นกลุ่มอาการความผิดปกติจากการเจ็บปวดของกล้ามเนื้อ เอ็น หรือเส้นประสาท ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการทำงาน โดยมีปัจจัยเสี่ยงทางด้านการประกอบและกล้ามเนื้อ ได้แก่ การทำงานในท่าทางที่ไม่เหมาะสม การยกหรือใช้แรงเกินกำลัง การทำงานซ้ำ ๆ เป็นเวลานานรวมถึงสภาพแวดล้อมและการจัดงานที่ไม่เหมาะสมตามหลักยศาสตร์ที่ทำให้เกิดโรค (กรมควบคุมโรค, 2559) ปี ค.ศ. 2020 สำนักงานสถิติกระทรวงแรงงานประเทศสหรัฐอเมริกา รายงานการบาดเจ็บและการเจ็บป่วยจากการทำงานที่ส่งผลให้เกิดความผิดปกติของโรคระบบกระดูกและกล้ามเนื้อในปี ค.ศ. 2018 กลุ่มอาชีพ 10 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 40 ของผู้ป่วยโรคมะเร็งกระดูกและกล้ามเนื้อทั้งหมดในภาคเอกชน โดยอาชีพที่มีการเกิดโรคมากที่สุด คือกลุ่มพนักงานเคลื่อนย้ายสินค้า มีจำนวนผู้ป่วย 25,110 คน (U.S. Bureau of Labor Statistics, 2020) และการชนขย่ายวัสดุด้วยมือส่งผลกระทบต่อกล้ามเนื้อและกระดูกมากที่สุด อาการปวดหลังจากการทำงานพบได้บ่อยในงานที่มีการขนย้ายวัสดุ (Behnam Moradi และ Samira Barkat, 2020) จากสถิติของ Health and Safety Executive พบว่า พนักงานส่วนใหญ่ที่ได้รับการรักษาจากแพทย์ พบอาการผิดปกติที่สัมพันธ์กับอาการปวดหลังส่วนล่างจากการทำงานในปี 2561-2562 คิดเป็นร้อยละ 29 (Health and Safety Executive, 2019) และผลการศึกษาของ Asadi และคณะ ได้ระบุไว้ว่าการทำงานที่มีการขนย้ายวัสดุด้วยมือ ทำให้เกิดอาการผิดปกติได้ (Asadi และคณะ, 2020) ส่งผลให้เกิดอาการปวดเมื่อยโครงร่างและกล้ามเนื้อจากการทำงาน (Musculoskeletal disorders; MSDs) และส่วนมากจะพบในกลุ่มอาชีพที่มีลักษณะการทำงานโดยใช้แรง เช่น ช่างยก แบก หาม และมีการเคลื่อนไหวซ้ำ ๆ หรืออยู่กับที่เป็นเวลานาน และพบข้อมูลการสำรวจความชุกของอาการปวดข้อและกล้ามเนื้อเฉียบพลันที่บริเวณหลังส่วนล่างบ่อยที่สุด (ยุพพงษ์ ห่มกิ้ง และคณะ, 2561)

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่าอาการยกและเคลื่อนย้ายวัตถุที่มีน้ำหนักมาก เป็นปัจจัยทางด้านการยศาสตร์ที่สำคัญ ที่ส่งผลต่อการเกิดโรค ระบบกระดูกและกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นเนื่องจากการทำงาน (Work – related musculoskeletal disorders – WMSDs) โดยลักษณะการปฏิบัติงานยกและเคลื่อนย้ายวัสดุด้วยแรงกาย เป็นกิจกรรมเชิงกายภาพที่พบได้ทั่วไปในสถานประกอบการหลายแห่ง ไม่ว่าจะเป็นโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก กลาง ใหญ่ รวมถึงสำนักงาน ศูนย์กระจายสินค้า หรือสถานที่ให้บริการต่าง ๆ แท้ทุกคำ (สืบศักดิ์ นันทวานิช และคณะ, 2562) พบว่าปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดโรคทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ คือภาระงานทางกายภาพ (Physical workload) การทำงานที่ใช้การออกแรงพร้อมกับการเคลื่อนไหวร่างกาย โดยมีการยก แบก ผลักหรือดึงสิ่งของทำให้กล้ามเนื้อได้รับผลกระทบมีแรงกดต่อร่างกายมากขึ้น ทำให้ภาระงานทางกายภาพมีผลต่อระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ (ชญาณิศพร อินใจวงศ์ และคณะ, 2560) จากรายงานการสำรวจพบว่าในปี 2561 พบผู้ป่วยโรคทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อจำนวนมากที่สุดเป็นอันดับ 4 จากสาเหตุ 21 กลุ่มโรคผู้ป่วยนอก (วิภาดา คงทรง และคณะ, 2564) ในงานที่มีการขนย้าย หรือเคลื่อนย้ายของปัจจัยทางด้านการยศาสตร์ที่เห็นได้ชัดเจนจะมีน้ำหนักของที่มีมากเกินไป การยกของที่มีน้ำหนักมาก และมีความถี่มาก หรือการยกของในลักษณะท่าทางซ้ำ ๆ และท่าทางการยกของที่ไม่ถูกต้อง มีการบิดเอี้ยวลำตัวที่มากเกินไป ต่อแนวโน้มให้เกิดการบาดเจ็บได้ง่าย มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยกของหนักได้มีการศึกษาเพื่อหาวิธีในการยกของหนักแทนโดยไม่ใช้แรงคนในการขนย้าย จึงมีการคิดค้นประดิษฐ์อุปกรณ์ประสาศในการย้ายสิ่งของ ที่มีความสะดวกและปลอดภัย รวมถึงลดระยะเวลาการทำงานให้น้อยลงกว่าเดิม และสามารถขึ้น-ลงบันไดโดยใช้มอเตอร์ (วีรชัย มัญญารักษ์ และคณะ, 2567) รถเข็นสามารถช่วยลดปัจจัยเสี่ยงทางด้านการยศาสตร์ แต่ปัญหาก็พบในการขนย้าย อีกปัญหาคือการขนย้ายวัตถุขึ้นลงบันได ซึ่งโดยปกติรถเข็นไม่สามารถใช้ขึ้นบันไดได้ ต้องมีการขนของลงจากรถเข็นและยกของขึ้นบันไดด้วยมือเปล่า จากงานวิจัยข้างต้น ได้มีการใช้มอเตอร์เข้าช่วยในการเป็นกำลังส่งให้รถเข็นขึ้น-ลงบันได แต่จากการศึกษาข้อมูลพบงานวิจัยที่มีการพัฒนาขึ้นให้สามารถขึ้น-ลงบันไดได้โดยไม่ต้องมีมอเตอร์ เป็นการพัฒนาล้อรถเข็นจาก 2 ล้อเป็น 3 ล้อ ที่สามารถขึ้น-ลงบันไดได้ (เมธินี สุภาสดี และคณะ, 2565) ปัญหาของการยกของหนักที่สูงมาจากรถเข็นยังคงมีอยู่ เช่น ในการขนส่งสิ่งของมีการใช้รถเข็นในการขนย้ายของ เมื่อต้องขนของลงจากรถเข็นต้องใช้แรงยกเพื่อนำของมาสู่รถเข็น ถือว่ายังเป็นปัญหาในการยกที่ไม่ได้รับการแก้ไข

จากการทบทวนวรรณกรรมพบวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้หลักการ คาราคุริ โคเซ็น (Karakuri kaizen) ที่เกี่ยวข้องกับอัตโนมัติที่ใช้วิธีการทางกลศาสตร์ เน้นใช้พลังงานเชิงกลเข้ามาช่วยในการปรับปรุงกระบวนการทำงาน กลไกพื้นฐานของคาราคุริ โคเซ็น ได้แก่ คาน รอก การถ่วงน้ำหนัก สปริง แร่งโน้มถ่วง การเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ ของไหล/ก๊าซ เป็นต้น เป็นกลไกที่มุ่งไปที่ทรัพยากรธรรมชาติ ไม่เป็นอันตรายกับสิ่งแวดล้อม มีต้นทุนต่ำ ราคาถูก ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการของรถเข็นที่ต้องการปรับปรุงการทำงานที่มีการลำเลียงของจากที่สูงมายังรถเข็นได้โดยไม่ต้องออกแรงยกช่วยผ่อนแรงในการยก (พิชญ์วดี กิตติปัญญาน และคณะ, 2567 ; ชัยวัฒน์ กิตติเดชา และคณะ, 2567) นำมาปรับปรุงรถเข็นรวมกับการใช้ล้อ 3 ล้อในการขึ้น-ลงบันไดโดยไม่ต้องใช้มอเตอร์ เป็นการลดต้นทุนให้กับรถเข็น แต่ยังคงสามารถช่วยลดปัจจัยเสี่ยงทางด้านการยศาสตร์ได้

รถเข็นของที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เป็นรถเข็นแบบสองล้อ ไม่สามารถขึ้นและลงบันไดได้ โดยเฉพาะในหอพักอาศัย อาคารสาธารณะ ที่ไม่มีลิฟท์ในตัวอาคาร ทำให้การขนของขึ้นลงบันไดนั้นยากลำบาก รวมถึงการยกของจากพื้นที่ต่างระดับที่มีความสูงลงมายังรถเข็น มีการก้มลำตัวที่มากกว่าปกติด้วยท่าทางที่ไม่เหมาะสม และใช้แรงในการยกของที่มีน้ำหนักไปยังรถเข็น ทำให้เกิดความเครียดระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ จากบทความวิจัย (Steven A. Lavender และคณะ, 2023) การบาดเจ็บ ในการใช้รถเข็นของที่มีการออกแรงมากเกินไป พบว่ามีการปวดหลังส่วนล่าง ในช่วง 12 เดือนที่ผ่านมา และรวมถึงปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม เช่น ทางลาดทางชัน บันได ยังพบอีกว่าการใช้รถเข็นในคนที่ส่งของเป็นที่มาของความไม่สบายกาย

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาประสิทธิภาพของรถเข็นช่วยยกและเคลื่อนย้ายวัสดุ ที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมมาปรับใช้กับรถเข็น มีการเพิ่มความสามารถในการขึ้น-ลงบันได โดยใช้การพัฒนาล้อรถเข็นจาก 2 ล้อเป็น 3 ล้อ เพื่อให้สามารถขึ้นลงบันไดได้โดยไม่ต้องใช้มอเตอร์ และการปรับระดับของฐานรถเข็นที่นำหลักการของ คาราคุริ โคเซ็น (Karakuri kaizen) มาปรับใช้ให้สามารถลำเลียงของจากที่สูงลงมายังรถเข็นได้ ช่วยผ่อนแรงในการยกเป็นระบบที่ใช้ต้นทุนต่ำ โดยใช้ทรัพยากรธรรมชาติเป็นหลัก มีการวางแผนกลไกการทำงานที่ซับซ้อนและไม่สร้างผลกระทบให้กับสิ่งแวดล้อม คาดหวังว่าจะสามารถช่วยลดปัจจัยเสี่ยงด้านการยศาสตร์ ที่ช่วยลดการออกแรงในการยกและเคลื่อนย้ายวัตถุที่มีน้ำหนักมา ลดภาระงานทางกายภาพ (Physical workload) ลดความเสี่ยงท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสมในทางกายศาสตร์ และช่วยลดระยะเวลาในการทำงานให้กับผู้ปฏิบัติงานได้

### แนวคิดอ้างอิงตามหลักวิชาการ:

#### 1. การออกแบบกลไกการยกของรถเข็น

ในการปรับปรุงกระบวนการทำงานเพื่อลดความเสี่ยงทางกายศาสตร์ หนึ่งในแนวทางที่ได้รับความนิยมมากในภาคอุตสาหกรรม คือ การนำหลักการคาราคุริ โคเซ็น (Karakuri Kaizen) มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบอุปกรณ์หรือกลไกช่วยผ่อนแรง โดยมุ่งเน้นการใช้พลังงานเชิงกลตามธรรมชาติ เช่น แร่งโน้มถ่วง คาน รอก หรือการถ่วงน้ำหนัก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานโดยไม่ต้องพึ่งพาพลังงานไฟฟ้าหรือระบบมอเตอร์ที่มีต้นทุนสูง



การศึกษาในครั้งนี้ได้มีการนำแนวคิดการวิเคราะห์เชิงกลศาสตร์มาปรับใช้กับการออกแบบรถเข็นช่วยยก โดยเฉพาะการนำกลไก รอก (pulley) มาใช้เพื่อลดแรงที่ผู้ปฏิบัติงานต้องออกในการยกของจากที่สูงลงสู่ระดับพื้น ทำให้สามารถผ่อนแรงขณะยก ลดการก้มและลดแรงกดต่อระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ กลไกรอกที่นำมาใช้ในงานนี้อาศัยหลักการผ่อนแรงด้วยการใช้รอก ช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถยกวัตถุที่มีน้ำหนักมากโดยใช้แรงน้อยกว่าการยกด้วยมือโดยตรง

การพัฒนาและประยุกต์ใช้กลไกตามหลักการวิเคราะห์เชิงกลศาสตร์ในการปรับปรุงงานยกในสถานประกอบการ เนื่องจากเป็นระบบที่มี ต้นทุนต่ำ ใช้วัสดุทั่วไป หาได้ง่าย ซ่อมบำรุงง่าย และไม่สร้างภาระต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังช่วยลดปัจจัยเสี่ยงด้านการยก เช่น ท่าทางการก้ม การบิดเอี้ยวลำตัว การออกแรงเกินขีดจำกัด และช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคระบบกระดูกและกล้ามเนื้อที่พบได้บ่อยในงานยกและเคลื่อนย้ายวัสดุ

ดังนั้น ในบทนี้ผู้วิจัยจึงได้ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหลักการยกของของกลไก เช่น รอก การเคลื่อนที่เชิงเส้น ตลอดจนแนวคิดทางกายศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการยกของ เพื่อรองรับแนวคิดและกรอบทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบและประเมินประสิทธิภาพของรถเข็นช่วยยกในงานวิจัยครั้งนี้

## 2. การประเมินความเสี่ยงจากท่าทางการทำงานด้วยวิธี REBA (Rapid Entire Body Assessment)

REBA หรือ Rapid Entire Body Assessment คือเครื่องมือที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย Hignett และ McAtamney ซึ่งมีพื้นฐานมาจากหลักการของ RULA (Rapid Upper Limb Assessment) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการประเมินความเสี่ยงของการเกิดโรคระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ (Musculoskeletal Disorders) ที่อาจเกิดขึ้นจากท่าทางการทำงาน โดยเฉพาะในลักษณะงานที่มีการเคลื่อนไหวร่างกายหลายส่วน ไม่ว่าจะเป็นงานที่ต้องเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่อง หรือแม้แต่ในลักษณะของงานที่หยุดนิ่งหรืออยู่กับที่ การประเมินด้วย REBA เหมาะสำหรับการประเมินลักษณะท่าทางของร่างกายทั้งส่วนบนและส่วนล่าง พร้อมกับการวิเคราะห์ลักษณะการใช้แรงของกล้ามเนื้อในสภาพแวดล้อมการทำงานจริง โดยมีปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณาร่วมกัน 4 ด้าน ได้แก่

- ท่าทางของร่างกายขณะทำงาน เช่น การก้มหลัง งอเข่า หรือยกแขน
- ลักษณะการทำงานของกล้ามเนื้อ เช่น ไม่จำเป็นการทำงานแบบค้างท่า (static) หรือการทำงานแบบซ้ำ ๆ (repetitive)
- ระดับของแรงที่ใช้ เช่น การยกของหนัก การออกแรงดัน
- การจับหรือยึดถือวัตถุคือ ลักษณะของการจับถือชิ้นงานหรือเครื่องมือระหว่างการทำงาน

กระบวนการประเมินจะเริ่มขึ้นจากการสังเกตการณ์และวิเคราะห์ลักษณะงาน (Job Analysis) เพื่อทำความเข้าใจขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียด จากนั้นจึงเลือกท่าทางที่มีโอกาสเกิดบ่อยครั้งที่สุด หรือเป็นท่าทางที่เสี่ยงต่อการบาดเจ็บมากที่สุด มาทำการประเมินโดยใช้แบบฟอร์ม REBA

## 3. การประเมินภาระงานทางกาย (Physical workload)

นิยามภาระงานทางกายภาพ (Physical workload) (เจ็น เซ็น และคณะ, 2564) คือ ภาระที่ได้รับจากการทำกิจกรรม หรือความตึงเครียดที่เกิดขึ้นกับระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูกของร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอว (lumbar spine) ซึ่งมักได้รับผลกระทบจากลักษณะท่าทางในการทำงานที่ไม่เหมาะสม เช่น การก้ม ยกของหนัก การบิดตัว หรือการคงอยู่ในท่าใดท่าหนึ่งเป็นเวลานาน รวมถึงการออกแรงทางกายภาพในระดับที่สูงเกินความสามารถของร่างกาย ภาระงานในลักษณะดังกล่าวสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพทางกาย ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว เช่น อาการปวดกล้ามเนื้อ ความเมื่อยล้า ปวดกล้ามเนื้ออักเสบ หรือความผิดปกติของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ (Musculoskeletal Disorders: MSDs) ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการทำงาน และคุณภาพชีวิตของผู้ปฏิบัติงานได้ในระยะยาว

อัตราการเต้นของหัวใจสำรอง (Heart Rate Reserve: HRR) คือ ผลต่างระหว่างอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (Maximum Heart Rate: MHR) และอัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (Resting Heart Rate: RHR) ของบุคคลนั้น ๆ

ร้อยละอัตราการเต้นของหัวใจสัมพันธ์กับงาน (relative heart rate at work : %HRR) เป็น ค่าที่ใช้บอกระดับภาระงานทางกายภาพเมื่อเปรียบเทียบกับ ค่ามาตรฐานโดยใช้สูตร

$$\%HRR = \frac{([HR]_{w} - [HR]_{r})}{([HR]_{max} - [HR]_{r})} \times 100$$

[HR]<sub>w</sub> คือ อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยขณะทำงาน (ครั้งต่อนาที)

[HR]<sub>r</sub> คือ อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้งต่อนาที)

[HR]<sub>max</sub> คือ อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ค่าที่ได้จาก 220-อายุ (ครั้งต่อนาที)

(Yilmaz, 2013) ได้ให้คะแนนโดยการแบ่งระดับภาระงานทางกายภาพ ดังนี้

ระดับเบา 0 - 36 %

ระดับปานกลาง 36 - 78 %

ระดับหนัก 78 - 114 %

ระดับหนักมาก 114 - 150 %

ระดับมีน้ำหนักมากเกินไป > 150 %

## 4. แบบประเมินความเสี่ยงที่ใช้ในงานยกของ NIOSH lifting equation

แบบประเมินความเสี่ยงทางกายศาสตร์ที่ใช้ในงานยกของ เพื่อวิเคราะห์ห้าน้ำหนักที่แนะนำ (RWL : Recommended weight limit) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายสิ่งของ โดยสามารถคำนวณค่า RWL ได้จากสมการ

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$$

นำค่าทั้งหมดแทนในสูตร ได้ค่า RWL (Recommended Weight Limit) เป็นค่าแนะนำสำหรับการยกที่ผู้ปฏิบัติงานส่วนใหญ่ปฏิบัติงานได้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อร่างกาย

ต่อไปการวัดค่า ดัชนีชี้การยก LI ( Lifting index ) เป็นการประเมินการวิเคราะห์การสัมพันธ์ของระดับความเครียดที่เกี่ยวข้องกับการทำงานยกของด้วยมือ โดยหาจากสูตร ดังนี้

$$LI = \frac{\text{Load Weight}}{\text{Recommended weight Limit}} = L / RWL$$

L คือ ค่าน้ำหนักของวัสดุที่ยก หน่วย ปอนด์ หรือ กิโลกรัม

RWL คือ ขีดจำกัดแนะนำสำหรับการยก

เกณฑ์การแบ่งระดับความเสี่ยงจากการยกโดยใช้ค่า LI แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

กรณีที่ 1 ค่า LI น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 ถือว่าน้ำหนัก หรือวิธีการยกในปัจจุบันนั้น อาจจะไม่ส่งผล กระตุ้นต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน

กรณีที่ 2 ค่า LI มากกว่า 1 แต่ไม่เกิน 3 แสดงว่าการยกนั้นมีควาเสี่ยงต่อการทำให้เกิดอาการปวด ของหลังส่วนล่าง (Low Back Pain; LBP)

กรณีที่ 3 ค่า LI มากกว่า 3 ถือว่างานยกนั้นมีควาเสี่ยงสูงมากที่จะให้เกิดอันตรายต่อหลังส่วนล่าง

## วัตถุประสงค์:

1. เพื่อเปรียบเทียบคะแนนท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสมระหว่างการใช้รถเข็นแบบเดิม กับการใช้รถเข็นช่วยยกที่ออกแบบใหม่
2. เพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการทำงานระหว่างการใช้รถเข็นแบบเดิม กับการใช้รถเข็นช่วยยกที่ออกแบบใหม่
3. เพื่อเปรียบเทียบค่าดัชนีการยกระหว่างการใช้รถเข็นแบบเดิม กับการใช้รถเข็นช่วยยกที่ออกแบบใหม่
4. เพื่อเปรียบเทียบภาระงานทางกายภาพระหว่างการใช้รถเข็นแบบเดิม กับการใช้รถเข็นช่วยยกที่ออกแบบใหม่

#### ขั้นตอนการดำเนินงาน:

1. ได้มีการนำหลักการที่เกี่ยวข้องมาช่วย คือ รถเข็นสามล้อ และ หลักการของ คาราคุริ ไคเซ็น (Karakuri kaizen) เพื่อลดปัจจัยเสี่ยงทางด้านการศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์  
  - เพื่อลดภาระงานทางกายภาพของผู้ปฏิบัติงานยกของ
  - เพื่อลดท่าทางการทำงานและความเสี่ยงจากการยกของผู้ปฏิบัติงาน
  - เพื่อลดระยะเวลาในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานยกของ
2. ผู้วิจัยออกแบบรถเข็นช่วยยก โดยใช้หลักการ รถ เข็น 3 ล้อ และคาราคุริ ไคเซ็น ทำการปรับท่าทางที่สร้างรถเข็นช่วยยกเป็นระยะ ๆ รวมถึงอาจารย์ที่มีความรู้ในด้านวิศวกรรม และ ทำการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะจากช่างและอาจารย์
3. ทำการสร้างรถเข็นช่วยยกเพื่อนำมาใช้ในการทดลอง และเก็บข้อมูลในการวิจัย

#### แนวทาง/ผลการทดสอบการใช้งาน:

1. ผลการเปรียบเทียบท่าทางการทำงาน (REBA) และความเสียหายจากการยก (NIOSH LI)

ผลการเปรียบเทียบท่าทางการทำงาน โดยลักษณะการทำงานเคลื่อนย้ายวัตถุ พบว่า การทำงานส่วนใหญ่จะการยกของในลักษณะท่าทางซ้ำ ๆ และท่าทางการยกของที่ไม่ถูกต้อง มีการบิดเอี้ยวลำตัวมากเกินไป ซึ่งท่าทางการทำงาน 2 กลุ่มแตกต่างกัน จากผลการประเมินท่าทางการปฏิบัติงานโดยใช้วิธีการประเมินทั่วทั้งร่างกาย REBA กลุ่มควบคุมมีระดับความเสี่ยงสูง แต่กลุ่มทดลองมีระดับความเสี่ยงปานกลาง กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\text{-value} = 0.001$ ) จากผลการประเมินลักษณะการทำงานยกขนย้ายวัตถุด้วยแรง NIOSH lifting equation กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\text{-value} = 0.001$ )

2. ผลการเปรียบเทียบภาระงานทางกายภาพ

ผลการเปรียบเทียบภาระงานทางกายภาพของทั้ง 2 กลุ่ม โดยกลุ่มทดลองมีค่าอันดับเฉลี่ยภาระงานทางกายภาพสูงกว่ากลุ่มควบคุม แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มว่าภาระงานทางกายภาพเพิ่มขึ้น แต่เมื่อพิจารณาค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ ( $p = 0.425 > 0.05$ ) พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองในด้านภาระงานทางกายภาพ เนื่องจากขั้นตอนการลงพื้นที่เก็บตัวอย่าง ทางกลุ่มตัวอย่าง ส่วนใหญ่ไม่มีการใช้รถเข็นในระยะเวลาอันยาวนานอย่างต่อเนื่อง และมีการเข้าไปเก็บตัวอย่างขณะที่กลุ่มตัวอย่างกำลังพัก ทั้งในกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

3. ผลการเปรียบเทียบระยะเวลาในการทำงาน

ผลการเปรียบเทียบระยะเวลาในการทำงาน พบว่ากลุ่มทดลองใช้รถเข็นช่วยยก โดยค่าอันดับเฉลี่ยในการเคลื่อนย้ายวัตถุมากกว่ากลุ่มควบคุมที่ใช้รถเข็นสองล้อทั่วไป โดยแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มว่าระยะเวลาในการเคลื่อนย้ายวัตถุเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ ( $p = 0.064 > 0.05$ ) พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมในด้านเวลาในการเคลื่อนย้ายวัตถุ เนื่องจากทางกลุ่มทดลองไม่คุ้นชินการใช้รถเข็นในการช่วยยก และตอนที่ทำการหมุนรถมีการสับสนทิศทางการหมุนขึ้นลง

4. ระดับความพึงพอใจเกี่ยวกับการใช้งานรถเข็น

ผลระดับความพึงพอใจเกี่ยวกับการใช้งานรถเข็นในกลุ่มทดลอง พบว่า การใช้รถเข็นช่วยยกมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ได้แก่ ด้านสามารถนำไปใช้งานได้จริง (Mean=4.24) ด้านความแข็งแรง (Mean=4.24) ด้านการออกแบบมีความทันสมัย นำใช้งาน (Mean=4.29) และการใช้รถเข็นช่วยยกมีความพึงพอใจในระดับมาก ได้แก่ ด้านการใช้งานได้ในหลายสภาพพื้นที่ (Mean=4.19) ด้านความพึงพอใจในภาพรวมต่อรถเข็น (Mean=4.16) ด้านความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน (Mean=4.14) ด้านขนาดของรถเข็นมีความเหมาะสมกับการใช้งาน (Mean=4.10) ด้านการเลือกระดับเพื่อยกวัตถุขึ้น-ลงได้ (Mean=4.05) ด้านความสะดวกในการใช้งาน (Mean=3.95) ด้านการกันโคลงของรถเข็นสามารถใช้งานได้จริง (Mean=3.86) และด้านความน้ำหนักของรถเข็นมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน (Mean=3.38) โดยกลุ่มทดลองมีความพึงพอใจต่อการนำรถเข็นช่วยยกมีคะแนนเฉลี่ยรวมเท่ากับ 44.60 อยู่ในระดับมากที่สุด โดยคิดเป็นร้อยละ 81.09

#### แนวทางการปรับปรุงพัฒนาผลงาน:

1. ในการประเมินภาระงานทางกายภาพให้มีการทำงานที่นานมากกว่าเดิมเพื่อให้ได้ผลที่ชัดเจนขึ้น
2. ปรับเปลี่ยนวัสดุที่ใช้ทำรถเข็นให้มีน้ำหนักที่เบามากกว่าเดิม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพรถเข็น
3. มีการทดสอบการใช้รถเข็นระยะยาวเพื่อดูผลของการใช้ระยะยาวว่ายังคงมีประสิทธิภาพเหมือนกับใช้ระยะสั้นหรือไม่
4. มีการเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างเพื่อให้ผลการวิเคราะห์ทางสถิติมีความแม่นยำและสามารถสรุปผลในภาพรวมของกลุ่มตัวอย่าง
5. มีการเปรียบเทียบรูปแบบกลไกช่วยยกอื่น ๆ เช่น ระบบไฟฟ้าหรือไฮดรอลิก เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับกลไกรถเข็นแบบมือหมุน
6. มีการติดตามผลการใช้งานรถเข็นช่วยยกในระยะยาว เพื่อประเมินความคงทน ความสะดวกในการใช้งานของรถเข็นช่วยยก และผลที่เกิดขึ้นต่อสุขภาพของผู้ใช้งาน

#### ผล/ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ:

1. เพื่อลดปัจจัยเสี่ยงทางด้านการศาสตร์จากการทำงาน
2. เพื่อลดการบาดเจ็บและป้องกันการเกิดโรคทางด้านโครงสร้างกล้ามเนื้อและกระดูกจากการทำงาน (WMSDs)

#### คำค้นหา (Keywords) :

การศาสตร์ รถเข็นช่วยยกเคลื่อนย้าย คาราคุริ ไคเซ็น

[OR04]

## ชื่อผลงาน CERA (Computer Ergonomic Risk Assessment Tool) เครื่องมือประเมินความเสี่ยง ทางกายศาสตร์ในงานคอมพิวเตอร์แบบครบวงจร

อ.ดร.ทัศนีย์ เรืองสุวรรณ, ณัฐธิดา จินา, จันทกานต์ ขุนศรี และ กาญจนา สิริสังข์

คณะสาธารณสุขศาสตร์ ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

### ที่มาและความสำคัญ:

ปัจจุบันรูปแบบการทำงานในยุคดิจิทัลมีการใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือหลักในเกือบทุกภาคส่วน ไม่ว่าจะเป็นหน่วยงานราชการ สถานศึกษา ภาคเอกชน หรือองค์กรอุตสาหกรรม ส่งผลให้พนักงานและบุคลากรจำนวนมากต้องปฏิบัติงานหน้าจอกับคอมพิวเตอร์เป็นเวลานานต่อเนื่องในแต่ละวัน ซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อปัญหาสุขภาพจากการทำงาน โดยเฉพาะ กลุ่มอาการทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก (Musculoskeletal Disorders: MSDs) และ กลุ่มอาการทางสายตาจากการใช้คอมพิวเตอร์ (Computer Vision Syndrome: CVS) ซึ่งพบได้บ่อยในผู้ปฏิบัติงานที่ใช้คอมพิวเตอร์อย่างต่อเนื่องทั้งในบริษัทเอกชนและต่างประเทศ

งานวิจัยหลายชิ้นชี้ให้เห็นว่า ความเสี่ยงต่อระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูกในผู้ใช้คอมพิวเตอร์มีอัตราการศึกษาที่สูง เช่น งานศึกษาปัจจัยเสี่ยงต่อ MSDs ในผู้ใช้คอมพิวเตอร์ พบว่าปัจจัยด้านสถานทำงานและท่าทางทำงานสัมพันธ์กับระดับอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้ออย่างชัดเจน นอกจากนี้ รายงานการสำรวจอาการ CVS ในพนักงานสำนักงานยังพบความชุกของอาการทางสายตาอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพการทำงานและสุขภาพโดยรวมของผู้ปฏิบัติงาน

อย่างไรก็ตาม เครื่องมือประเมินความเสี่ยงทางกายศาสตร์ที่มีอยู่ในปัจจุบันยังมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น การประเมินบางด้านไม่ครอบคลุมทั้งท่าทาง อุปกรณ์ และผลกระทบต่อสุขภาพพร้อมกัน หรือไม่สามารถจัดลำดับความรุนแรงของความเสี่ยงได้อย่างเป็นระบบ ทำให้การบริหารจัดการและการวางแผนควบคุมความเสี่ยงยังไม่สมบูรณ์

เพื่อตอบโจทย์ปัญหาเหล่านี้ โครงการ CERA (Computer Ergonomic Risk Assessment) จึงได้รับการพัฒนาเป็นเครื่องมือประเมินความเสี่ยงทางกายศาสตร์สำหรับงานคอมพิวเตอร์แบบบูรณาการ โดยคำนึงถึงปัจจัยเสี่ยงของสถานทำงานคอมพิวเตอร์ 5 ด้าน ได้แก่ เก้าอี้ โต๊ะและระยะเอื้อม จอภาพ แป้นพิมพ์ และเมาส์ พร้อมทั้งประเมินระยะเวลาการทำงาน ปัจจัยด้านสายตา และพฤติกรรมการทำงาน โดยเชื่อมโยงกับการประเมินอาการและผลกระทบต่อสุขภาพอย่างเป็นระบบ

ความสำคัญของนวัตกรรมนี้คือการเชื่อมโยง “ปัจจัยเสี่ยง” เข้ากับ “ผลกระทบต่อสุขภาพ” ผ่านระบบการให้คะแนนแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Risk Score) และเมทริกซ์ความเสี่ยง (Risk Matrix) ที่ช่วยให้สามารถจำแนกระดับความเสี่ยงตั้งแต่ระดับยอมรับได้ไปจนถึงระดับสูงมาก พร้อมแนวทางควบคุมความเสี่ยงที่เหมาะสมตามลำดับความรุนแรง ซึ่งจะช่วยให้องค์กรหรือหน่วยงานสามารถวางแผนควบคุมและปรับปรุงสถานทำงานได้อย่างเหมาะสมและยั่งยืน

นอกจากนี้ยังมีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้ทั้งในสถานศึกษา สำนักงาน และสถานประกอบการทั่วไป ตลอดจนสามารถพัฒนาต่อยอดเป็นระบบดิจิทัลหรือแอปพลิเคชัน เพื่อยกระดับการเฝ้าระวังด้านสุขภาพและความปลอดภัยในการทำงานอย่างเป็นรูปธรรมในระดับองค์กรและระดับประเทศ

### แนวคิดอ้างอิงตามหลักวิชาการ:

การประเมินความเสี่ยงด้านกายศาสตร์สำหรับงานคอมพิวเตอร์มีรากฐานทางวิชาการจากแนวคิดด้านความสัมพันธ์ระหว่าง “ปัจจัยเสี่ยงทางกายภาพ” กับ “ผลกระทบต่อระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก (Musculoskeletal Disorders: MSDs)” ซึ่งได้รับการยืนยันจากงานวิจัยเชิงระบาดวิทยาและการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ โดย Wahlström (2005) รายงานว่าการทำงานหน้าคอมพิวเตอร์เป็นเวลานาน โดยเฉพาะในท่าทางคงที่ (static posture) และมีการเคลื่อนไหวซ้ำ ๆ (repetitive movement) มีความสัมพันธ์กับอาการปวดคอ บ่า ไหล่ และหลังส่วนบนอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Ranasinghe et al. (2016) ที่พบความชุกของ MSDs ในพนักงานสำนักงานมากกว่าร้อยละ 50 โดยปัจจัยเสี่ยงสำคัญ ได้แก่ ความสูงโต๊ะไม่เหมาะสม การวางจอภาพผิดระดับสายตา และการขาดช่วงพักระหว่างการทำงาน

ในด้านการประเมินความเสี่ยง เครื่องมือที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล เช่น RULA (Rapid Upper Limb Assessment) และ ROSA (Rapid Office Strain Assessment) ได้รับการพัฒนาเพื่อวิเคราะห์ท่าทางและองค์ประกอบของสถานทำงานสำนักงาน โดย David (2005) ชี้ให้เห็นว่าการใช้เครื่องมือประเมินที่มีโครงสร้างคะแนนและเกณฑ์การจัดระดับความรุนแรง ช่วยให้การวัดระดับความเสี่ยงของการปรับปรุงสถานทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะที่ Sonne et al. (2012) รายงานว่า ROSA สามารถสะท้อนความเสี่ยงของสถานทำงานคอมพิวเตอร์และมีความสัมพันธ์กับระดับอาการปวดของผู้ปฏิบัติงาน อย่างไรก็ตาม เครื่องมือหลายชนิดมุ่งเน้นเฉพาะท่าทางหรือองค์ประกอบทางกายภาพ และยังไม่ครอบคลุมการประเมินอาการทางสายตา (Computer Vision Syndrome: CVS) และพฤติกรรมการทำงานร่วมด้วย

นอกจากนี้ องค์การแรงงานระหว่างประเทศ (ILO) และองค์การอนามัยโลก (WHO) ได้เน้นย้ำถึงความสำคัญของการจัดการความเสี่ยงตามแนวคิด “Hazard-Exposure-Outcome Model” ซึ่งเชื่อมโยงอันตราย (Hazard) ระดับการสัมผัส (Exposure) และผลลัพธ์ด้านสุขภาพ (Health Outcome) เข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ แนวคิดดังกล่าวสนับสนุนการพัฒนาเครื่องมือที่สามารถประเมินทั้งปัจจัยเสี่ยงของสถานทำงาน ระยะเวลาการสัมผัส และระดับผลกระทบต่อสุขภาพ เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการวางแผนควบคุมและป้องกันโรคจากการทำงาน ดังนั้น การพัฒนา CERA (Computer Ergonomic Risk Assessment) จึงอ้างอิงกรอบแนวคิดดังกล่าว โดยบูรณาการการประเมินองค์ประกอบสถานทำงาน 5 ด้าน ระยะเวลาการทำงาน พฤติกรรมพักสายตา และอาการ MSDs/ CVS เข้ากับระบบการให้คะแนนแบบถ่วงน้ำหนักและเมทริกซ์ความเสี่ยง เพื่อให้สอดคล้องกับหลักฐานเชิงประจักษ์และแนวทางการจัดการความเสี่ยงตามมาตรฐานสากล

### วัตถุประสงค์:

1. เพื่อพัฒนาเครื่องมือประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์สำหรับงานคอมพิวเตอร์ (Computer Ergonomic Risk Assessment: CERA) ที่มีครอบคลุมปัจจัยเสี่ยงของสถานทำงานคอมพิวเตอร์ทั้งด้านอุปกรณ์ ท่าทางการทำงาน ระยะเวลาการทำงาน และพฤติกรรมการทำงาน
2. เพื่อกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนและการจัดระดับความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ยอมรับได้ ต่ำ ปานกลาง สูง และสูงมาก โดยเชื่อมโยงปัจจัยเสี่ยงกับระดับผลกระทบต่อระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก (MSDs) และอาการทางสายตาจากการใช้คอมพิวเตอร์ (CVS)
3. เพื่อทดสอบความเหมาะสม ความเป็นไปได้ และความสอดคล้องของเครื่องมือ CERA ในการนำไปใช้ประเมินสถานทำงานคอมพิวเตอร์ในสถานศึกษา สำนักงาน หรือสถานประกอบการ
4. เพื่อใช้ผลการประเมินเป็นข้อมูลในการวางแผนควบคุม ปรับปรุง และป้องกันความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ในงานคอมพิวเตอร์อย่างเป็นระบบและมีลำดับความสำคัญ
5. เพื่อสนับสนุนการยกระดับระบบเฝ้าระวังสุขภาพและความปลอดภัยในการทำงานในยุคดิจิทัล โดยส่งเสริมการประยุกต์ใช้เครื่องมือประเมินความเสี่ยงที่มีหลักฐานเชิงประจักษ์รองรับ

### ขั้นตอนการดำเนินงาน:

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณแบบกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องมือ CERA (Computer Ergonomic Risk Assessment) กับเครื่องมือมาตรฐาน ROSA โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

#### 1. การพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

ผู้วิจัยศึกษาทบทวนวรรณกรรม แนวคิด และเครื่องมือมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์สำหรับสถานทำงานคอมพิวเตอร์ เพื่อนำมาใช้เป็นกรอบแนวคิดในการพัฒนาเครื่องมือ CERA ให้มีลักษณะใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน และครอบคลุมทั้งท่าทางการทำงาน อุปกรณ์ และสภาพแวดล้อมในการทำงาน จากนั้น

นำเครื่องมือไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการยศาสตร์ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ ก่อนทดสอบความเชื่อมั่นด้วยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha) และทดสอบความคงที่ของการวัดซ้ำ (Test-Retest Reliability) ด้วยค่า Intraclass Correlation Coefficient (ICC)

## 2. การเตรียมกลุ่มตัวอย่างและขอจริยธรรมการวิจัย

ดำเนินการขออนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ และคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 3 กลุ่ม กลุ่มละ 10 คน รวมทั้งสิ้น 30 คน ได้แก่

2.1 กลุ่มผู้ใช้งานจริงที่ปฏิบัติงานผ่าน Desktop Computer, Notebook และ iPad/Tablet ภายในมหาวิทยาลัย

วลัยลักษณ์

2.2 กลุ่มควบคุมระดับนักศึกษา คือ นักศึกษาชั้นปีที่ 3 สาขาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย

2.3 กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ คือ อาจารย์ด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย

ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนจะได้รับการชี้แจงรายละเอียดโครงการและลงนามในหนังสือยินยอมก่อนเข้าร่วมการศึกษา

## 3. การเก็บรวบรวมข้อมูลและการประเมิน

ในกลุ่มผู้ใช้งานจริง จะมีการบันทึกวิดีโอการทำงานจริงเป็นเวลา 3 นาที เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการประเมิน จากนั้นผู้เข้าร่วมจะประเมินความเสี่ยงด้วยเครื่องมือ CERA (พร้อมจับเวลาระยะเวลาที่ใช้ประเมิน) และประเมินซ้ำด้วยเครื่องมือมาตรฐาน ROSA

สำหรับกลุ่มนักศึกษาและกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ จะทำการประเมินจากวิดีโอชุดเดียวกัน โดยใช้ทั้ง CERA และ ROSA เพื่อเปรียบเทียบความสอดคล้องของคะแนน และใช้ผลการประเมินจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญเป็นเกณฑ์อ้างอิงในการตรวจสอบความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ (Criterion-related validity) ของ CERA

นอกจากนี้ ผู้เข้าร่วมจะตอบแบบประเมินความง่าย ความสะดวก และความพึงพอใจในการใช้งานเครื่องมือ CERA

## 4. การวิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบผล

นำข้อมูลคะแนนจากทั้งสามกลุ่มมาวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้สถิติอนุมานเพื่อทดสอบสมมติฐาน ได้แก่

Spearman's Rank Correlation เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างคะแนน CERA และ ROSA

Intraclass Correlation Coefficient (ICC) เพื่อทดสอบความคงที่ของการวัด

การทดสอบความแตกต่างของคะแนนและระยะเวลาในการประเมินระหว่างกลุ่มด้วยสถิติที่เหมาะสม (เช่น Paired Samples t-test หรือการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม)

## 5. การสรุปผลและจัดทำรายงาน

สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ความสอดคล้อง ความง่ายในการใช้งาน และระยะเวลาที่ใช้ในการประเมินของเครื่องมือ CERA พร้อมอภิปรายผลการทบทวนแนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และจัดทำรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เพื่อเผยแพร่และพัฒนาต่อยอดในอนาคต

## แนวทาง/ผลการทดสอบการใช้งาน:

### 1. แนวทางการทดสอบการใช้งานเครื่องมือ CERA

การทดสอบการใช้งานของเครื่องมือ CERA (Computer Ergonomic Risk Assessment) ดำเนินการในลักษณะการประเมินเชิงเปรียบเทียบกับเครื่องมือมาตรฐาน ROSA โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 10 คน รวม 30 คน ได้แก่ กลุ่มผู้ใช้งานจริง กลุ่มนักศึกษาสาขาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย และกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย

ขั้นตอนการทดสอบประกอบด้วย

- 1) ให้กลุ่มผู้ใช้งานจริงบันทึกวิดีโอการทำงานจริงเป็นเวลา 3 นาที
- 2) ให้ผู้เข้าร่วมประเมินความเสี่ยงด้วย CERA (พร้อมจับเวลาการประเมิน)
- 3) ประเมินซ้ำด้วยเครื่องมือ ROSA
- 4) กลุ่มนักศึกษาและกลุ่มผู้เชี่ยวชาญประเมินจากวิดีโอชุดเดียวกัน
- 5) ผู้เข้าร่วมตอบแบบประเมินความง่าย ความชัดเจน ความสะดวก และความพึงพอใจในการใช้งาน

การประเมินประสิทธิภาพครอบคลุม 4 ด้าน ได้แก่

- 1) ความสอดคล้องของคะแนนกับเครื่องมือมาตรฐาน (Criterion-related validity)
- 2) ความคงที่ของการวัด (Test-Retest Reliability)
- 3) ระยะเวลาในการประเมิน
- 4) ความง่ายและความพึงพอใจในการใช้งาน

### 2. ผลการทดสอบการใช้งาน (สรุปเชิงผลลัพธ์)

ผลการทดสอบพบว่า เครื่องมือ CERA มีความสอดคล้องกับคะแนนจาก ROSA ในระดับเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สะท้อนว่า CERA สามารถจำแนกระดับความเสี่ยงได้ใกล้เคียงกับเครื่องมือมาตรฐาน

ในด้านความคงที่ของการวัดซ้ำ ค่า Intraclass Correlation Coefficient (ICC) อยู่ในระดับดี แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือมีความเสถียรในการวัด ไม่แปรปรวนตามช่วงเวลา

ด้านประสิทธิภาพการใช้งาน พบว่า ระยะเวลาเฉลี่ยในการประเมินด้วย CERA สั้นกว่า ROSA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือใหม่ช่วยลดขั้นตอนและความซับซ้อนในการคำนวณคะแนน

ในด้านความพึงพอใจ ผู้ใช้งานส่วนใหญ่ประเมินว่า CERA มีความเข้าใจง่าย เกณฑ์คะแนนชัดเจน และสามารถนำผลลัพธ์ไปใช้ปรับปรุงสถานงานได้ทันที โดยเฉพาะการแปลงคะแนนเป็นคำแนะนำเชิงปฏิบัติ ซึ่งเป็นจุดเด่นที่แตกต่างจากเครื่องมือมาตรฐาน

**แบบประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ในการใช้คอมพิวเตอร์ (COMPUTER ERGONOMIC RISK ASSESSMENT: CERA)**

**ส่วนที่ 1: ปัจจัยเสี่ยงด้านการยศาสตร์และการได้รับสัมผัส (RISK FACTORS & EXPOSURE)**

ส่วนที่ 1A: การประเมินสถานการณ์และปัจจัยเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับการทำงานและท่าทางเมื่อใช้คอมพิวเตอร์ (MSDs)

| ปัจจัยเสี่ยง (Risk Factor) | ระดับความเสี่ยง (Risk Level)          | น้ำหนัก (Weight) | จำนวนครั้ง (Frequency) | ระยะเวลา (Duration) | รวม (Total) |
|----------------------------|---------------------------------------|------------------|------------------------|---------------------|-------------|
| 1.1 ท่าทาง (Posture)       | 1.1.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)   | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 1.2 ท่าทาง (Posture)       | 1.2.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)   | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 1.3 ท่าทาง (Posture)       | 1.3.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)   | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 1.4 ท่าทาง (Posture)       | 1.4.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)   | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 2.1 ท่าทาง (Posture)       | 2.1.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)   | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 2.2 ท่าทาง (Posture)       | 2.2.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)   | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 2.3 ท่าทาง (Posture)       | 2.3.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)   | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.1 ท่าทาง (Posture)       | 3.1.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)   | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.2 ท่าทาง (Posture)       | 3.2.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)   | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.3 ท่าทาง (Posture)       | 3.3.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)   | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.4 ท่าทาง (Posture)       | 3.4.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)   | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.5 ท่าทาง (Posture)       | 3.5.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)   | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.6 ท่าทาง (Posture)       | 3.6.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)   | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.7 ท่าทาง (Posture)       | 3.7.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)   | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.8 ท่าทาง (Posture)       | 3.8.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)   | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.9 ท่าทาง (Posture)       | 3.9.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)   | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.10 ท่าทาง (Posture)      | 3.10.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.11 ท่าทาง (Posture)      | 3.11.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.12 ท่าทาง (Posture)      | 3.12.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.13 ท่าทาง (Posture)      | 3.13.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.14 ท่าทาง (Posture)      | 3.14.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.15 ท่าทาง (Posture)      | 3.15.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.16 ท่าทาง (Posture)      | 3.16.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.17 ท่าทาง (Posture)      | 3.17.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.18 ท่าทาง (Posture)      | 3.18.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.19 ท่าทาง (Posture)      | 3.19.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.20 ท่าทาง (Posture)      | 3.20.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.21 ท่าทาง (Posture)      | 3.21.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.22 ท่าทาง (Posture)      | 3.22.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.23 ท่าทาง (Posture)      | 3.23.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.24 ท่าทาง (Posture)      | 3.24.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.25 ท่าทาง (Posture)      | 3.25.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.26 ท่าทาง (Posture)      | 3.26.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.27 ท่าทาง (Posture)      | 3.27.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.28 ท่าทาง (Posture)      | 3.28.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.29 ท่าทาง (Posture)      | 3.29.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.30 ท่าทาง (Posture)      | 3.30.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.31 ท่าทาง (Posture)      | 3.31.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.32 ท่าทาง (Posture)      | 3.32.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.33 ท่าทาง (Posture)      | 3.33.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.34 ท่าทาง (Posture)      | 3.34.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.35 ท่าทาง (Posture)      | 3.35.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.36 ท่าทาง (Posture)      | 3.36.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.37 ท่าทาง (Posture)      | 3.37.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.38 ท่าทาง (Posture)      | 3.38.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.39 ท่าทาง (Posture)      | 3.39.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.40 ท่าทาง (Posture)      | 3.40.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.41 ท่าทาง (Posture)      | 3.41.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.42 ท่าทาง (Posture)      | 3.42.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.43 ท่าทาง (Posture)      | 3.43.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.44 ท่าทาง (Posture)      | 3.44.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.45 ท่าทาง (Posture)      | 3.45.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.46 ท่าทาง (Posture)      | 3.46.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.47 ท่าทาง (Posture)      | 3.47.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.48 ท่าทาง (Posture)      | 3.48.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.49 ท่าทาง (Posture)      | 3.49.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.50 ท่าทาง (Posture)      | 3.50.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.51 ท่าทาง (Posture)      | 3.51.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.52 ท่าทาง (Posture)      | 3.52.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.53 ท่าทาง (Posture)      | 3.53.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.54 ท่าทาง (Posture)      | 3.54.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.55 ท่าทาง (Posture)      | 3.55.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.56 ท่าทาง (Posture)      | 3.56.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.57 ท่าทาง (Posture)      | 3.57.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.58 ท่าทาง (Posture)      | 3.58.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.59 ท่าทาง (Posture)      | 3.59.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.60 ท่าทาง (Posture)      | 3.60.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.61 ท่าทาง (Posture)      | 3.61.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.62 ท่าทาง (Posture)      | 3.62.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.63 ท่าทาง (Posture)      | 3.63.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.64 ท่าทาง (Posture)      | 3.64.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.65 ท่าทาง (Posture)      | 3.65.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.66 ท่าทาง (Posture)      | 3.66.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.67 ท่าทาง (Posture)      | 3.67.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.68 ท่าทาง (Posture)      | 3.68.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.69 ท่าทาง (Posture)      | 3.69.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.70 ท่าทาง (Posture)      | 3.70.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.71 ท่าทาง (Posture)      | 3.71.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.72 ท่าทาง (Posture)      | 3.72.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.73 ท่าทาง (Posture)      | 3.73.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.74 ท่าทาง (Posture)      | 3.74.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.75 ท่าทาง (Posture)      | 3.75.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.76 ท่าทาง (Posture)      | 3.76.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.77 ท่าทาง (Posture)      | 3.77.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.78 ท่าทาง (Posture)      | 3.78.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.79 ท่าทาง (Posture)      | 3.79.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.80 ท่าทาง (Posture)      | 3.80.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.81 ท่าทาง (Posture)      | 3.81.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.82 ท่าทาง (Posture)      | 3.82.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.83 ท่าทาง (Posture)      | 3.83.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.84 ท่าทาง (Posture)      | 3.84.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.85 ท่าทาง (Posture)      | 3.85.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.86 ท่าทาง (Posture)      | 3.86.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.87 ท่าทาง (Posture)      | 3.87.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.88 ท่าทาง (Posture)      | 3.88.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.89 ท่าทาง (Posture)      | 3.89.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.90 ท่าทาง (Posture)      | 3.90.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.91 ท่าทาง (Posture)      | 3.91.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.92 ท่าทาง (Posture)      | 3.92.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.93 ท่าทาง (Posture)      | 3.93.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.94 ท่าทาง (Posture)      | 3.94.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.95 ท่าทาง (Posture)      | 3.95.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.96 ท่าทาง (Posture)      | 3.96.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.97 ท่าทาง (Posture)      | 3.97.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.98 ท่าทาง (Posture)      | 3.98.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.99 ท่าทาง (Posture)      | 3.99.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture)  | 2                | 1                      | 1                   | 2           |
| 3.100 ท่าทาง (Posture)     | 3.100.1 ท่าทางที่ไม่ดี (Poor Posture) | 2                | 1                      | 1                   | 2           |

รวมทั้งหมด (Total) = 100

ส่วนที่ 1B: การประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์และการได้รับสัมผัส (RISK FACTORS & EXPOSURE)

ส่วนที่ 1C: การประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์และการได้รับสัมผัส (RISK FACTORS & EXPOSURE)

ส่วนที่ 1D: การประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์และการได้รับสัมผัส (RISK FACTORS & EXPOSURE)

ส่วนที่ 1E: การประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์และการได้รับสัมผัส (RISK FACTORS & EXPOSURE)

ส่วนที่ 1F: การประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์และการได้รับสัมผัส (RISK FACTORS & EXPOSURE)

ส่วนที่ 1G: การประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์และการได้รับสัมผัส (RISK FACTORS & EXPOSURE)

ส่วนที่ 1H: การประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์และการได้รับสัมผัส (RISK FACTORS & EXPOSURE)

ส่วนที่ 1I: การประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์และการได้รับสัมผัส (RISK FACTORS & EXPOSURE)

ส่วนที่ 1J: การประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์และการได้รับสัมผัส (RISK FACTORS & EXPOSURE)

ส่วนที่ 1K: การประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์และการได้รับสัมผัส (RISK FACTORS & EXPOSURE)

ส่วนที่ 1L: การประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์และการได้รับสัมผัส (RISK FACTORS & EXPOSURE)

ส่วนที่ 1M: การประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์และการได้รับสัมผัส (RISK FACTORS & EXPOSURE)

ส่วนที่ 1N: การประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์และการได้รับสัมผัส (RISK FACTORS & EXPOSURE)

ส่วนที่ 1O: การประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์และการได้รับสัมผัส (RISK FACTORS & EXPOSURE)

ส่วนที่ 1P: การประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์และการได้รับสัมผัส (RISK FACTORS & EXPOSURE)

ส่วนที่ 1Q: การประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์และการได้รับสัมผัส (RISK FACTORS & EXPOSURE)

ส่วนที่ 1R: การประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์และการได้รับสัมผัส (RISK FACTORS & EXPOSURE)

ส่วนที่ 1S: การประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์และการได้รับสัมผัส (RISK FACTORS & EXPOSURE)

ส่วนที่ 1T: การประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์และการได้รับสัมผัส (RISK FACTORS & EXPOSURE)

ส่วนที่ 1U: การประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์และการได้รับสัมผัส (RISK FACTORS & EXPOSURE)

ส่วนที่ 1V: การประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์และการได้รับสัมผัส (RISK FACTORS & EXPOSURE)

ส่วนที่ 1W: การประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์และการได้รับสัมผัส (RISK FACTORS & EXPOSURE)

ส่วนที่ 1X: การประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์และการได้รับสัมผัส (RISK FACTORS & EXPOSURE)

ส่วนที่ 1Y: การประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์และการได้รับสัมผัส (RISK FACTORS & EXPOSURE)

ส่วนที่ 1Z: การประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์และการได้รับสัมผัส (RISK FACTORS & EXPOSURE)

## แนวทางการปรับปรุงพัฒนาผลงาน

จากผลการทดสอบ เครื่องมือ CERA มีศักยภาพในการนำไปใช้ ในบริษัทสถานศึกษาและองค์กรที่มีงานสำนักงานจำนวนมาก โดยสามารถใช้เป็นเครื่องมือประเมินตนเองเบื้องต้น (Self-Assessment Tool) เพื่อเฝ้าระวังความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ และใช้เป็นฐานข้อมูลในการวางแผนปรับปรุงสถานงาน

ในอนาคตสามารถพัฒนาเป็นรูปแบบดิจิทัล เช่น Web-based Application หรือ Mobile Application เพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้งาน การเก็บข้อมูล และการวิเคราะห์แนวโน้มความเสี่ยงในระดับองค์กร

## ผล/ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ:

1. ได้เครื่องมือประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ที่มีความเหมาะสมกับผู้ใช้งานทั่วไป
2. โครงการนี้จะทำให้ได้เครื่องมือ CERA (Computer Ergonomic Risk Assessment) ซึ่งมีรูปแบบการใช้งานที่เข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน และสามารถประเมินได้ด้วยตนเอง โดยครอบคลุมทั้งท่าทางการทำงาน อุปกรณ์ และสภาพแวดล้อมในการทำงาน แตกต่างจากเครื่องมือมาตรฐานที่มีขั้นตอนการคำนวณหลายลำดับ
3. เพิ่มประสิทธิภาพในการคัดกรองและจัดลำดับความเสี่ยง
4. CERA สามารถจำแนกระดับความเสี่ยงออกเป็น 5 ระดับอย่างชัดเจน พร้อมแนวทางการปรับปรุงที่สอดคล้องกับระดับความรุนแรง ทำให้องค์กรสามารถวางแผนควบคุมและแก้ไขปัญหาดังกล่าวอย่างเป็นระบบ และจัดลำดับความสำคัญในการปรับปรุงสถานงานได้อย่างเหมาะสม
5. ลดระยะเวลาและความซับซ้อนในการประเมิน
6. จากการออกแบบให้มีเกณฑ์คะแนนที่ชัดเจนและขั้นตอนการประเมินที่กระชับ คาดว่า CERA จะช่วยลดระยะเวลาในการประเมินเมื่อเทียบกับเครื่องมือมาตรฐาน ส่งผลให้สามารถนำไปใช้ในวงกว้างได้ง่ายขึ้น ทั้งในสถานศึกษาและสถานประกอบการ
7. ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้ปฏิบัติงานในการดูแลสภาพตนเอง

เนื่องจาก CERA เป็นเครื่องมือที่สามารถประเมินตนเอง

ได้ (Self-Assessment) ผู้ใช้งานจะมีความตระหนักถึงปัจจัยเสี่ยงของตนเองมากขึ้น และสามารถปรับพฤติกรรมหรือปรับปรุงสถานงานได้ทันที เป็นการส่งเสริมวัฒนธรรมความปลอดภัยและสุขภาพในการทำงานเชิงรุก

## 5. สนับสนุนระบบเฝ้าระวังโรคจากการทำงานในยุคดิจิทัล

ผลการประเมินจาก CERA สามารถนำไปใช้เป็นฐานข้อมูลในการเฝ้าระวังปัญหา Musculoskeletal Disorders (MSDs) และ Computer Vision Syndrome (CVS) ในกลุ่มผู้ใช้งานคอมพิวเตอร์ ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคจากการทำงานในระยะยาว

## 6. ศักยภาพในการพัฒนาต่อยอดเชิงนวัตกรรม

เครื่องมือ CERA สามารถพัฒนาเป็นระบบดิจิทัลหรือแอปพลิเคชันออนไลน์ เพื่อรองรับการใช้งานในระดับองค์กรหรือระดับประเทศ รวมถึงสามารถใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนาเครื่องมือประเมินความเสี่ยงสำหรับลักษณะงานอื่น ๆ ต่อไปในอนาคต

## แนวทางการนำไปเผยแพร่หรือพัฒนาและความยั่งยืนในการลดอัตราการประสบอันตราย:

ภายหลังสิ้นสุดโครงการ เครื่องมือ CERA (Computer Ergonomic Risk Assessment) จะถูกนำไปใช้เป็นเครื่องมือคัดกรองความเสี่ยงด้านการยศาสตร์เบื้องต้นในหน่วยงานภายในมหาวิทยาลัย และสามารถขยายผลสู่สถานศึกษาและสถานประกอบการที่มีลักษณะงานสำนักงาน โดยบูรณาการเข้าในกระบวนการตรวจประเมินความปลอดภัยประจำปี การประชุมทบทวนงานใหม่ และกิจกรรมส่งเสริมสุขภาพในองค์กร พร้อมจัดทำคู่มือการใช้งานและสื่ออินโฟกราฟิกเพื่อเผยแพร่ผ่านเว็บไซต์ หน่วยงานวิชาการ และการประชุมวิชาการด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย

ในด้านการพัฒนาและต่อยอด มีแนวทางปรับปรุงแบบ CERA ให้เป็นระบบดิจิทัล (Web-based หรือ Mobile Application) เพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้งาน การจัดเก็บข้อมูล และการวิเคราะห์แนวโน้มความเสี่ยงในระดับองค์กร ซึ่งจะช่วยให้สามารถติดตามผลการปรับปรุงสถานงานได้อย่างต่อเนื่อง และสร้างฐานข้อมูลสำหรับการเฝ้าระวังปัญหา Musculoskeletal Disorders (MSDs) และ Computer Vision Syndrome (CVS) อย่างเป็นระบบ

ในมิติความยั่งยืน เครื่องมือ CERA จะช่วยลดอัตราการประสบอันตรายและปัญหาสุขภาพจากการทำงานหน้าคอมพิวเตอร์ได้ในระยะยาว ผ่านกลไกการประเมินตนเอง (Self-Assessment) ที่ส่งเสริมให้ผู้ปฏิบัติงานตระหนักถึง ปรับพฤติกรรม และปรับปรุงสถานงานได้ทันที โดยองค์กรสามารถใช้ผลการประเมินเพื่อกำหนดมาตรการควบคุมเชิงป้องกันก่อนเกิดอาการบาดเจ็บจริง ซึ่งจะนำไปสู่การลดการลาป่วย ลดค่าใช้จ่ายด้านการรักษาพยาบาล และสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัยในการทำงานอย่างยั่งยืน

## คำค้นหา (Keywords) :

การยศาสตร์ ประเมินความเสี่ยง งานคอมพิวเตอร์

[OR07]

## ชื่อผลงาน Smart Stretch Game (Office Syndrome Prevention)

สาคร นิลจันทร์

บริษัท เวสเทิร์น ดิจิตอล สตอเรจ เทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัด สาขาปราชญ์บุรี

ที่มาและความสำคัญ :

นวัตกรรม Smart Stretch Game มีที่มาจากข้อมูลห้องพยาบาลที่พบแนวโน้มการใช้ยาลดความดันโลหิตเพิ่มสูงขึ้น สะท้อนปัญหา Office Syndrome ในกลุ่มพนักงานสำนักงาน จึงพัฒนาเกมออนไลน์เพื่อส่งเสริมการยืดเหยียดอย่างถูกวิธีในรูปแบบที่สนุกและเข้าถึงง่าย โปรแกรมสามารถตรวจจับท่าทางและแจ้งเตือนเมื่อพบท่าทางที่ไม่ถูกต้อง พร้อมกำหนดการพักกายบริหาร 8 ท่าให้ผู้เล่นทำเพื่อสะสมคะแนน เป้าหมายเพื่อป้องกันและลดอาการปวดจากการทำงานท่าทางซ้ำ ๆ และสร้างวัฒนธรรมสุขภาพเชิงป้องกันในองค์กร ผลที่คาดว่าจะได้รับการลดอัตราโรคระบบกล้ามเนื้อและโครงร่าง ลดการขาดงาน เพิ่มความพึงพอใจและประสิทธิภาพการทำงาน พร้อมต่อยอดสู่โครงการสุขภาพด้วย AI ในอนาคต ภายใต้แนวคิด “ไม่ใช่แค่ให้ยืดเหยียด แต่ทำให้ยืดถูก และอยากยืดทุกวัน”

วัตถุประสงค์:

1. ลดความเมื่อยล้าในระหว่างการทำงาน ด้วยโปรแกรมยืดเหยียดที่เพิ่มความน่าสนใจด้วยรูปแบบของเกมส์
2. พัฒนาระบบ AI ที่สามารถตรวจจับได้ทันทีและสามารถ Feedback ผู้ใช้งานได้แบบเรียลไทม์
3. ช่วยส่งเสริมสุขภาพและป้องกันปัญหาสุขภาพจากการนั่งทำงานเป็นเวลานาน

โครงการ Smart Stretch Game ประสบความสำเร็จในการผสมผสานเทคโนโลยี AI Computer Vision เข้ากับหลัก การยศาสตร์และเกมมิฟิเคชัน สามารถเปลี่ยนการยืดเหยียดที่น่าเบื่อให้กลายเป็นกิจกรรมที่สนุก มีปฏิสัมพันธ์ และสามารถตรวจวัดความถูกต้องได้แบบเรียลไทม์ ผลการทดสอบเชิงประจักษ์ยืนยันว่าระบบช่วยลดระดับความเจ็บปวดของพนักงานได้ถึง 71.6% ภายใน 1 เดือน พร้อมสร้างแรงจูงใจและความพึงพอใจในระดับสูง (91%) นับเป็นนวัตกรรมต้นแบบที่ช่วยยกระดับสุขภาพของพนักงาน (Employee Wellness) เพิ่มผลิตภาพขององค์กร และสร้างคามยั่งยืนด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยอย่างแท้จริง



คำค้นหา (Keywords) :

Office Syndrome ยืด เหยียด กายบริหาร

[OR08]

## ชื่อผลงาน Johnny Safety TSH (digital safety ecosystem)

สัตยา วงศ์ชมภู

ฝ่ายความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม (SHE) บมจ. ไทยซัมมิท อาร์ทเนส (สำนักงานใหญ่)

### ที่มาและความสำคัญ:

ในยุคอุตสาหกรรม 4.0 การบริหารจัดการความปลอดภัย (Safety Management) แบบดั้งเดิมที่พึ่งพาเอกสารกระดาษ ส่งผลให้เกิดปัญหาความล่าช้าในการรายงานข้อมูล (Logging Indicators) การจัดเก็บข้อมูลที่ไม่เป็นระบบ และขาดเครื่องมือวิเคราะห์ความเสี่ยงที่แม่นยำ นอกจากนี้ การสื่อสารด้านความปลอดภัยมักเป็นแบบทางเดียว ขาดแรงจูงใจให้พนักงานเข้ามามีส่วนร่วม เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว คณะผู้จัดทำจึงได้พัฒนา “Johnny Safety TSH” ระบบนิเวศความปลอดภัยอัจฉริยะที่ผสมผสานเทคโนโลยี AI, Cloud Computing และ Gamification เข้าด้วยกัน เพื่อสร้างระบบการทำงานที่รวดเร็ว โปร่งใส และเข้าถึงง่ายสำหรับพนักงานทุกคน

### แนวคิดอ้างอิงตามหลักวิชาการ:

1. ปัญญาประดิษฐ์และระบบแชทบอท (Artificial Intelligence and Chatbot Systems)

ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) คือเทคโนโลยีที่ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถเรียนรู้ วิเคราะห์ และตัดสินใจเลียนแบบมนุษย์ได้ (Russell & Norvig, 2021) โดยเฉพาะเทคนิค Natural Language Processing (NLP) ที่ช่วยให้ระบบเข้าใจภาษาธรรมชาติของมนุษย์ แชทบอท (Chatbot) เป็นหนึ่งในรูปแบบการประยุกต์ใช้ AI เพื่อสื่อสารกับผู้ใช้ผ่านข้อความแบบโต้ตอบ งานวิจัยของ Følstad และ Brandtzaeg (2017) พบว่า Chatbot สามารถเพิ่มความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูล และลดภาระงานของบุคลากรในองค์กรได้อย่างมีนัยสำคัญ

2. แนวคิด Gamification ในองค์กร (Gamification in Organizational Context)

Gamification คือการนำองค์ประกอบของเกม เช่น คะแนน (Points), เหรียญ (Coins), ระดับ (Levels), และรางวัล (Rewards) มาประยุกต์ใช้ในระบบที่ไม่ใช่เกม (Deterring et al., 2011) Hamari, Koivisto และ Sarsa (2014) พบว่า Gamification สามารถเพิ่มแรงจูงใจและการมีส่วนร่วม (Engagement) ของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะเมื่อมีระบบสะสมแต้มและรางวัล

3. ทฤษฎีแรงจูงใจและระบบรางวัล (Motivation and Reward Theory)

ทฤษฎีแรงจูงใจของ Herzberg (1959) อธิบายว่า “ปัจจัยจูงใจ” (Motivators) เช่น การยอมรับและรางวัล สามารถเพิ่มความพึงพอใจและประสิทธิภาพการทำงาน นอกจากนี้ Self-Determination Theory (Deci & Ryan, 2000) ระบุว่าการให้รางวัลที่เหมาะสมสามารถส่งเสริมแรงจูงใจภายใน (Intrinsic Motivation) ได้ แนวคิด “Turn Safety into Rewards” ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีดังกล่าว โดยใช้ระบบสะสมแต้มและรางวัลเป็นเครื่องมือกระตุ้นการมีส่วนร่วมด้านความปลอดภัย

4. วัฒนธรรมความปลอดภัย (Safety Culture)

Safety Culture หมายถึง ค่านิยม ความเชื่อ และพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยในองค์กร (Cooper, 2000) Reason (1997) อธิบายว่าองค์กรที่มีวัฒนธรรมความปลอดภัยที่เข้มแข็ง จะมีอัตราอุบัติเหตุต่ำกว่า และสามารถป้องกันความเสี่ยงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบ Johnny Safety TSH และ Safety Royal Point มีเป้าหมายเพื่อสร้าง Safety Culture ผ่านการเข้าถึงข้อมูลแบบ Real-time การมีส่วนร่วมผ่านเกม และการให้รางวัลพฤติกรรมปลอดภัย

5. Digital Transformation และ Data-Driven Organization

Digital Transformation คือการนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาเปลี่ยนกระบวนการทำงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ (Vial, 2019) แนวคิด Data-Driven Organization เน้นการใช้ข้อมูลในการตัดสินใจ (Provost & Fawcett, 2013) การพัฒนา PPE Commander Dashboard ผ่าน Looker Studio และ Cloud Database (Supabase) สอดคล้องกับแนวคิดดังกล่าว โดยช่วยให้การบริหารความปลอดภัยมีความแม่นยำและโปร่งใสมากขึ้น

6. ระบบสารสนเทศแบบ Real-time และ Cloud Computing

Cloud Computing ช่วยให้ระบบสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ทุกที่ ทุกเวลา และมีความปลอดภัยสูง (Mell & Grance, 2011) ระบบที่พัฒนามาในโครงการนี้ใช้ Cloud Database และ Messaging API เพื่อรองรับการทำงานแบบ Real-time ซึ่งลดความล่าช้าและความผิดพลาดจากระบบ Manual

ดังนั้น โครงการ Johnny Safety TSH จึงมีรากฐานเชิงวิชาการที่สนับสนุนแนวคิดและการออกแบบระบบอย่างชัดเจน โครงการนี้เป็นการปฏิรูประบบบริหารจัดการความปลอดภัย (SHE) จากรูปแบบเอกสารกระดาษสู่ระบบดิจิทัล (Digital Transformation) โดยพัฒนาเป็นแพลตฟอร์มบน LINE OA ที่ใช้งานง่าย ไม่ต้องติดตั้งแอปพลิเคชันเพิ่ม ภายใต้แนวคิด “Turn Safety into Rewards” เพื่อสร้างแรงจูงใจในการมีส่วนร่วมของพนักงาน

### นวัตกรรมและเทคโนโลยีที่ใช้:

1. AI-Powered Intelligence: ใช้ Google Gemini AI ในการวิเคราะห์รูปภาพจุดเสี่ยง (AI Safety Vision) และให้คำแนะนำแก้ไขเบื้องต้นแบบ Real-time
2. Modern Tech Stack พัฒนาด้วยสถาปัตยกรรม Serverless เชื่อมต่อฐานข้อมูล Supabase และจัดการระบบผ่าน GitHub, Vender และ Render
3. Data Visualization จัดเก็บข้อมูลเป็นระบบและแสดงผลผ่าน Looker Studio เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มอุบัติเหตุเชิงรุก



- 5 โมดูลหลักของระบบ
- 1) AI Safety Vision ระบบรายงานและวิเคราะห์จุดเสี่ยงด้วยปัญญาประดิษฐ์
- 2) Digital Safety Card บัตรสถิติความปลอดภัยและประวัติการอบรมรายบุคคล
- 3) Safety Royal Point & Gamification ระบบสะสมแต้มจากการทำกิจกรรมความปลอดภัยเพื่อแลกรางวัล
- 4) Slipper Permit Digital ระบบขออนุญาตปฏิบัติงานออนไลน์แบบไร้กระดาษ
- 5) Asset & PPE Management ระบบตรวจสอบอุปกรณ์และติดสติ๊กเกอร์ PPE ผ่าน QR Code

**ผลสำเร็จของโครงการ:**

1. ด้านความคุ้มค่า ใช้งบประมาณดำเนินการ 0 บาท เนื่องจากใช้ทรัพยากรภายในและแพลตฟอร์ม Freemium
2. ด้านประสิทธิภาพ ลดภาระงานเอกสารได้ 100% และลดระยะเวลาในกระบวนการขออนุญาตหรือตรวจสอบอุปกรณ์ได้มากกว่า 60%
3. ด้านความแม่นยำ AI สามารถระบุความเสี่ยงได้ถูกต้องแม่นยำกว่า 90%
4. ด้านการยอมรับ พนักงานมีความพึงพอใจต่อการใช้งานสูงถึง 93.53%

**คำค้นหา (Keywords) :**

---

Chat bot Safety AI Johnny Safety TSH

## [OR09]

### ชื่อผลงาน อุปกรณ์ปิดวาล์วถังบรรจุแก๊สหุงต้ม ขนาด 15 กิโลกรัม

ผศ. ชัยรัตน์ หงษ์ทอง, รุ่งทิศา แสงจันทร์ และกลวัชร ใจงาม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

#### ที่มาและความสำคัญ:

จากสถานการณ์การใช้แก๊สหุงต้ม สมาคมผู้บริโภคน้ำมันแก๊สปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย สำนักงานประจำจังหวัดสงขลา สมาพันธ์ผู้บริโภคจังหวัดสงขลา จัดเวทีสืบข้อมูลการสำรวจถังแก๊สหมดอายุในครัวเรือน ณ ห้องประชุมโรงแรมคริสตจักรหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา โดยมีผู้เข้าร่วมดังนี้ เครือข่ายผู้บริโภค 16 อำเภอ จำนวน 30 คน เจ้าหน้าที่พลังงานจังหวัด เจ้าหน้าที่ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย เขต 12 สงขลา เจ้าหน้าที่ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย จังหวัดสงขลา เจ้าหน้าที่ สคบ.จังหวัดสงขลา และคณะทำงานสมาคมผู้บริโภคน้ำมันแก๊สปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย ซึ่งการนำเสนอข้อมูลในวันที่ 27 มิถุนายน 2569 เป็นการประมวลผลข้อมูลจากการสำรวจในพื้นที่จังหวัดสงขลา จำนวน 320 ครัวเรือน พบว่าครัวเรือนละ 17.16 สภาพไม่เหมาะต่อการใช้งานร้อยละ 19.82 ไม่พบข้อความระบุถังหมดอายุถึงร้อยละ 20.41 พฤติกรรมการเลือกซื้อและเปลี่ยนถังรวมถึงการบรรจุแก๊ส (เต็มเอง) พบว่าร้อยละ 87.60 เลือกซื้อถังบ้านจัดจำหน่ายแก๊สหุงต้มที่เป็นการเปลี่ยนถังใหม่ มากกว่าการนำถังแก๊สหุงต้มเดิมไปบรรจุแก๊สใหม่ที่โรงบรรจุ (ร้อยละ 12.40) ในการซื้อแก๊สหุงต้มพบว่า ร้อยละ 77.22 เลือกซื้อถังบ้านจัดจำหน่ายแก๊สหุงต้มและพบปัญหาสำคัญ ได้แก่ สภาพของถังแก๊สที่ไม่สมบูรณ์ มีสนิมหรือรอยร้าวออกมาจนเกินไป รวมถึงปัญหาถังแก๊สหุงต้มหมดอายุ หรือข้อความที่ระบุถึงวันหมดอายุไม่ชัดเจน ทำให้ผู้ใช้ถังเกิดความกังวลในการใช้งานและเมื่อเกิดปัญหาดังแก๊สหมดอายุนั้น พบว่าบางส่วนไม่สามารถที่จะขอเปลี่ยนถังใหม่กับร้านค้าได้

โดยการประกอบอาหารในปัจจุบันไม่ว่าจะเป็นตามบ้านเรือน ร้านประกอบอาหารจำหน่ายและร้านอาหาร จะมีการนำแก๊สธรรมชาติมาใช้กันอย่างแพร่หลาย นั่นคือ แก๊สหุงต้มหรือแก๊สปิโตรเลียมเหลวที่บรรจุลงในภาชนะที่เน้นเป็นถัง นั้นมีหลายขนาด เช่น 5, 15 และ 48 กิโลกรัม ซึ่งตามบ้านเรือนและร้านประกอบอาหารจำหน่ายส่วนมากจะใช้ถัง ขนาด 15 กิโลกรัม ซึ่งในบางครั้งจะเกิดอุบัติเหตุการรั่วไหลของแก๊สหรือเกิดเพลิงไหม้ขึ้น การระงับเหตุโดยการปิดวาล์วแก๊ส โดยผู้เชี่ยวชาญจะทำการอบรมให้เข้าไปปิดวาล์วแก๊สด้วยการใช้มือ จากภาวะการเกิดเหตุที่เกิดจากถังแก๊สทำให้เกิดการสืบค้นถึง ด้านใดเปิดหรือปิด และหากเป็นผู้สูงอายุการตกใจกลัวถึงการระบิดจึงทำให้ไม่กล้าเข้าไปปิดวาล์วแก๊ส ดังนั้นคณะวิจัยจึงเกิดแนวคิดสร้างอุปกรณ์ปิดวาล์วถังแก๊สขนาด 15 กิโลกรัม

#### แนวคิดอ้างอิงตามหลักวิชาการ:

หลักการออกแบบการส่งถ่ายกำลังและเปลี่ยนทิศทางการหมุน 90°

การส่งถ่ายกำลัง คือ กระบวนการถ่ายทอดพลังงานกลหรือแรงบิดจากการหมุน จากแหล่งต้นกำลัง ไปยังอุปกรณ์ปลายทางเพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่หรือการทำงาน โดยผ่านองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น คลัตช์ เกียร์เพลา สายพาน หรือโซ่ เพื่อเปลี่ยนความเร็วและแรงบิดให้เหมาะสม

หลักการทางกายศาสตร์ การบิดของมือและนิ้ว

การประยุกต์ใช้การยศาสตร์เพื่อการออกแบบ สร้าง และปรับปรุงระบบงานการยศาสตร์มือ (Hand Ergonomics) มุ่งเน้นการจัดท่าทางและการใช้อุปกรณ์ที่ลดความเครียดต่อข้อต่อ นิ้วมือ และแขน เพื่อป้องกันโรคกระดูกและกล้ามเนื้อ เช่น ข้อนิ้วอักเสบ (CTS) โดยแนะนำให้ทำงานในท่าธรรมชาติ (Neutral Position) หลีกเลี่ยงการงอหรือบิดข้อนิ้วมือรุนแรง ใช้อุปกรณ์ที่จับถนัดมือ ลดแรงสั่นสะเทือน และพักกล้ามเนื้อเป็นระยะ ดังนั้น อุปกรณ์ปิดวาล์วถังบรรจุแก๊สหุงต้ม จึงมีลักษณะการทำงานที่คล้ายคลึงการปิดวาล์วแก๊สด้วยมือ

#### วัตถุประสงค์:

1. เพื่อสร้างอุปกรณ์ปิดวาล์วถังบรรจุแก๊สหุงต้ม ขนาด 15 กิโลกรัม
2. เพื่อหาประสิทธิภาพอุปกรณ์ปิดวาล์วถังบรรจุแก๊สหุงต้ม ขนาด 15 กิโลกรัม

#### ขั้นตอนการดำเนินงาน:

1. ออกแบบอุปกรณ์ปิดวาล์วถังบรรจุแก๊สหุงต้ม ขนาด 15 กิโลกรัม
2. จัดหาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบกระบวนการผลิต
3. ดำเนินการสร้างอุปกรณ์ปิดวาล์วถังบรรจุแก๊สหุงต้ม ขนาด 15 กิโลกรัม มี 3 ส่วน ดังนี้ 1. ชุดหัวจับ ส่วนที่ 2. ชุดเปลี่ยนทิศทางการหมุน และ 3. ชุดด้ามจับ

**ชุดหัวจับ** ผลิตจากแป้นโลหะขนาด ๑ 78.6 มิลลิเมตรหนา 5 มิลลิเมตร ด้านหน้าของแป้นโลหะเจาะรู ๑ 8 มิลลิเมตร จำนวน 4 รู เพื่อทำการใส่ โบลท์และน๊อต ขนาด 6 x20 ความยาว 1 1/2 นิ้ว จำนวน 4 ตัว, บุกดชุดจานหมุน ขนาด ๑ 25.4 มิลลิเมตร กลึงปลอกทำบ่า ขนาด ๑ 18.40 มิลลิเมตร ยาว 11.28 มิลลิเมตร เจาะรูขนาด ๑ 10 มิลลิเมตร ลึก 58.8 มิลลิเมตร เจาะรูที่ด้านท้าย ขนาด ๑ 19.40 มิลลิเมตร และบุกด ขนาด ๑ 30.7 มิลลิเมตรหนา 20.2 มิลลิเมตร พร้อมสลักลูกปืน ขนาด ๑ 1 นิ้วหนา 9.5 มิลลิเมตร

**ชุดส่งถ่ายกำลังเปลี่ยนทิศทางการหมุน** ประกอบไปด้วย ก้านเหล็กเพลา ขนาด ๑ 9.9 มิลลิเมตร ยาว 94.8 มิลลิเมตร และเหล็กเพลา ขนาด ๑ 9.9 มิลลิเมตร ยาว 170 มิลลิเมตร เพื่อประกอบเข้ากับเฟืองดอกจอก ขนาด ๑ 1 นิ้ว รูเพลา ขนาด 10 มิลลิเมตร จำนวน 16 ฟัน จำนวน 2 ตัว เจาะรูด้านข้าง ทำเกลียว ขนาด M5 พร้อมด้วยน๊อตหัวฝัง ขนาด M 5 จำนวน 2 รู, บุกดกลาง ขนาด ๑ 39.30 มิลลิเมตรหนา 11.30 มิลลิเมตร ประกอบกับลูกปืน ขนาด ๑ 1 นิ้วหนา 9.5 มิลลิเมตร, บุกดสำหรับใส่ด้านต่อ ตัวที่ 1 ขนาด ๑ 31.4 มิลลิเมตร กลึงทำบ่า ให้มีขนาด ๑ 30.73 มิลลิเมตร ยาว 16.12 มิลลิเมตร ที่ด้านล่าง เจาะรู ขนาด ๑ ๓ 25.76 มิลลิเมตร ลึก 16.60 มิลลิเมตร ด้านข้างเจาะรูด้านปลอกเกลียว ขนาด M 5 ส่วนที่ 2 จะถูกบรรจุอยู่ในกล่องที่มีฝาปิด - ปิดได้

**ชุดด้ามจับ** มีส่วนประกอบ ดังนี้ บุกดด้าน ตัวที่ 2 ขนาด ๑ 25.60 มิลลิเมตร กลึงปลอกทำบ่า ขนาด ๑ 23.34 มิลลิเมตร ยาว 41.60 มิลลิเมตร เจาะรูที่ด้านบน ขนาด ๑ 10 มิลลิเมตร ลึก 50 มิลลิเมตร ด้านข้างเจาะรู ด้านปลอกเกลียวขนาด M 5 จำนวน 3 รู ด้านข้างเจาะรูขนาด 3 มิลลิเมตร ด้านใช้เหล็กกล้าไร้สนิม ขนาด ๑ 1 นิ้วหนา 1.6 มิลลิเมตร ยาว 2 เมตร

#### ผลการทดลอง:

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปิดวาล์วถังแก๊สหุงต้ม โดยพิจารณาจำนวนรอบการหมุนวาล์วที่ 1 รอบ และ 2 รอบ ซึ่งตามหลักการใช้งาน วาล์วแบบหมุนซ้ายเพื่อปิดไม่ควรหมุนเกิน 2 รอบ การทดลองดำเนินการวัดเวลาในการเปิดวาล์ว (หน่วยวินาที) อย่างละ 10 ครั้งต่อเงื่อนไข

ผลการทดลองพบว่า การเปิดวาล์วที่ 1 รอบ ใช้เวลาอยู่ในช่วง 2.29–3.42 วินาที มีค่าเฉลี่ย 2.80 วินาที ขณะที่การเปิดวาล์วที่ 2 รอบ ใช้เวลาอยู่ในช่วง 4.27–6.02 วินาที มีค่าเฉลี่ย 5.09 วินาที



จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า จำนวนรอบการหมุนวาล์วที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ระยะเวลาในการเปิดวาล์วเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยการหมุน 2 รอบใช้เวลาเฉลี่ยมากกว่าการหมุน 1 รอบประมาณ 2.29 วินาที

**แนวทางการปรับปรุงพัฒนาผลงาน:**

1. จัดทำคู่มือการใช้งานอุปกรณ์ปิดวาล์วตั้งบรรจุแก๊สสูงดัน ขนาด 15 กิโลกรัม จัดฝึกอบรมเพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ในการใช้งานให้เกิดประสิทธิภาพ
2. ได้อุปกรณ์ปิดวาล์วตั้งบรรจุแก๊สสูงดัน ที่สามารถนำไปใช้งานในสภาวะเหตุการณ์ฉุกเฉินที่เกิดการรั่วไหลของแก๊สและการเกิดอัคคีภัยที่จำเป็นต้องทำการปิดวาล์วแก๊ส

**คำค้นหา (Keywords):**

---

ความปลอดภัยจากแก๊สสูงดัน อุปกรณ์ปิดวาล์วตั้งแก๊ส การป้องกันอัคคีภัย

## [OR10]

### ชื่อผลงาน ErgoVision AI: ระบบประเมินความเสี่ยงทางสรีรศาสตร์ด้วยปัญญาประดิษฐ์

จารึก คิธรอบ, ธนภัทร์ สรรพกิจจานนท์, นิศานาถ เลอเกียรติ และปิยะรัตน์ สีเขียว

บริษัท เวสเทิร์น ดิจิตอล สตอเรจ เทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัด

#### ที่มาและความสำคัญ:

การบาดเจ็บจากการทำงานที่เกี่ยวข้องกับระบบกล้ามเนื้อและกระดูก (Musculoskeletal Disorders: MSDs) เป็นหนึ่งในปัญหาด้านอาชีวอนามัยที่พบบ่อยมากที่สุดในสถานประกอบการทั่วโลก และเป็นสาเหตุสำคัญของการลาป่วย การสูญเสียประสิทธิภาพการทำงาน และต้นทุนทางอ้อมขององค์กร โดยเฉพาะในงานที่มีลักษณะการยก เคลื่อนย้ายวัสดุ การทำงานซ้ำ ๆ และการทำงานในท่าทางที่ไม่เหมาะสมเป็นระยะเวลานาน

#### ข้อมูลและสถิติ:

จากการสำรวจข้อมูลภายในองค์กร พบว่ามีพนักงานกลุ่มเสี่ยงสูงที่มีความเมื่อยล้าในระดับ - Pain Level 4 จำนวน 172 คน ซึ่งมีแนวโน้มต้องเข้ารับการรักษายาอย่างน้อย 6 ครั้งต่อปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านการรักษาประมาณ 2.2 ล้านบาทต่อปี (คำนวณจากค่ารักษาเฉลี่ย 1,600 บาทต่อครั้ง ตามข้อมูล TPA) นอกจากนี้ การประเมินความเสี่ยงทางสรีรศาสตร์ในปัจจุบันยังมีข้อจำกัดสำคัญดังนี้:

- ใช้เวลานาน 30-45 นาทีต่อการประเมิน 1 ครั้ง
- ต้องอาศัยความเชี่ยวชาญของผู้ประเมิน
- ประเมินเป็นครั้งคราว ไม่ต่อเนื่อง
- เป็นการบริหารจัดการเชิงรับ (Reactive) ไม่ใช่เชิงรุก (Proactive)

#### แนวทางการแก้ไข:

ผลงาน “จากกล่องสู่การป้องกัน: AI-Powered Ergonomic Assessment” (ErgoVision AI) ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดยนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) และการวิเคราะห์ภาพจากกล้องมาประยุกต์ใช้ในการประเมินท่าทางการทำงานของผู้ปฏิบัติงานอย่างต่อเนื่องและเป็นรูปแบบระบบที่เปลี่ยนบทบาทของการประเมินแบบ manual ไปสู่เครื่องมือสำคัญในการตรวจจับและป้องกันความเสี่ยงทางสรีรศาสตร์เชิงรุก สนับสนุนการตัดสินใจในการปรับปรุงสภาพงานได้อย่างตรงจุด และส่งเสริมวัฒนธรรมความปลอดภัยที่มุ่งเน้นการป้องกันก่อนเกิดการบาดเจ็บ

#### ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ:

1. ยกระดับการจัดการ Ergonomics จากการประเมินเชิงประสบการณ์ไปสู่การบริหารจัดการด้วยข้อมูล (Data-Driven)
2. เพิ่มความแม่นยำและความต่อเนื่องในการประเมิน
3. ลดความเสี่ยงในการเกิดความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและกระดูก (Musculoskeletal Disorders: MSDs)
4. ลดต้นทุนด้านการรักษาและการสูญเสียประสิทธิภาพการทำงาน
5. นำไปสู่ความปลอดภัย คุณภาพชีวิตการทำงานที่ดีขึ้น และความยั่งยืนขององค์กร

#### จุดเด่นสำคัญของระบบ:

ระบบถูกออกแบบโดยใช้เทคโนโลยี MediaPipe บนเบราว์เซอร์ ซึ่งโมเดลตรวจจับท่าทาง (Pose Detection) สามารถประมวลผลได้โดยตรงบนอุปกรณ์ของผู้ใช้งาน โดยไม่มีการส่งข้อมูลวิดีโอออกนอกเครื่อง ช่วยปกป้องข้อมูลส่วนบุคคลของพนักงานตามหลัก Privacy-by-Design และลดความกังวลด้าน Data Security

นอกจากนี้ ระบบยังใช้ GPU Acceleration จากอุปกรณ์ของผู้ใช้งานเพื่อเพิ่มความเร็วในการประมวลผล ทำให้สามารถวิเคราะห์ท่าทางได้แบบ Real-time โดยไม่ต้องพึ่งพาการประมวลผลบน Cloud Server ลดระยะเวลารอคอย และเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานจริงหน้างาน

ด้วยแนวทางดังกล่าว ระบบสามารถลดภาระการประมวลผลบน Cloud ได้อย่างมีนัยสำคัญ ช่วยลดต้นทุนโครงสร้างพื้นฐานด้านพร้อมทั้งเพิ่มระดับความปลอดภัยของข้อมูลพนักงาน และสนับสนุนการบริหารจัดการข้อมูลอย่างยั่งยืน

Multi-Mode Assessment รองรับการประเมินหลายรูปแบบในระบบเดียว ระบบได้รับการออกแบบให้ยืดหยุ่น รองรับรูปแบบการประเมินใช้งานจริงในหลายสถานการณ์ โหมดการประเมินที่รองรับ

- Video Upload (REBA) ประเมินท่าทางร่างกายทั้งตัว พร้อมสร้างไฟล์รายงาน Excel และข้อเสนอแนะอัตโนมัติ
- Webcam Mode ประเมินแบบ Real-time โดยไม่ต้องอัปโหลดไฟล์
- Excel Import รองรับข้อมูลท่าทางที่บันทึกไว้ล่วงหน้า

#### วัตถุประสงค์:

1. พัฒนาระบบประเมินสรีรศาสตร์ด้วย AI จากภาพกล้องให้เป็นระบบอัตโนมัติและเชื่อถือได้
2. ประเมินความเสี่ยงทางสรีรศาสตร์ด้วยเครื่องมือมาตรฐานสากล (RULA/REBA)
3. ลดระยะเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพของงานประเมินโดยใช้ AI แทน Manual



4. ยกระดับกระบวนการบริหารจัดการความเสี่ยงศาสตร์ให้เป็น Data-Driven
5. สนับสนุนการพัฒนาองค์กรสู่ Smart Factory ด้วยระบบความปลอดภัยอัจฉริยะ"

#### **แนวทาง/ผลการทดสอบการใช้งาน:**

ทำให้กระบวนการทั้งหมด ตั้งแต่การบันทึกภาพจนถึงการแสดงผลสรุป ใช้เวลาเพียง 1.5 ชั่วโมง

สรุปผลลัพธ์จากการใช้ AI ในการประเมินงาน (Ergonomics Assessment)

1. ลดเวลาในการประเมินงานอย่างมีนัยสำคัญ

การนำระบบ ErgoVision AI มาใช้ในการประเมินศาสตร์ช่วยลดเวลาในการทำงานอย่างเป็นรูปธรรม โดยเปลี่ยนกระบวนการประเมินจากแบบดั้งเดิมที่ใช้เวลานาน ให้เป็นระบบอัตโนมัติที่สามารถประมวลผลได้ภายในเวลาเพียงไม่กี่นาที ส่งผลให้ประสิทธิภาพของงานประเมินเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ดังนี้

##### **1.1 ประสิทธิภาพด้านเวลา (Time Efficiency)**

- ระบบสามารถ ลดเวลาในการประเมินได้ถึง 83%
- ปรับลดเวลาต่อหนึ่งจุดประเมินจาก 60 นาที เหลือเพียง 10 นาที
- ส่งผลให้การประเมินเร็วขึ้นมากกว่า 6 เท่า เมื่อเทียบกับวิธีเดิม
- ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถประเมินได้มากขึ้นในเวลาเท่าเดิม และลดภาระงานซ้ำซ้อนจากกระบวนการ Manual

##### **1.2 การเปรียบเทียบเวลาการประเมิน (Assessment Time Comparison)**

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการประเมินจำนวน 60 จุด พบว่า การใช้วิธีเดิมต้องใช้เวลารวมประมาณ 60 ชั่วโมง ในขณะที่ระบบ ErgoVision AI สามารถดำเนินการประเมินได้ภายใน 10 ชั่วโมง ช่วยประหยัดเวลาได้มากถึง 50 ชั่วโมงต่อการประเมิน ซึ่งถือเป็นการลดภาระงานและเพิ่มประสิทธิภาพอย่างมีนัยสำคัญ

##### **2. การเพิ่มความแม่นยำในการตรวจพบท่าทางเสี่ยง**

การนำระบบ ErgoVision AI มาใช้ในการประเมินท่าทางการทำงาน ส่งผลให้การตรวจพบพฤติกรรมเสี่ยงมีความครอบคลุมและแม่นยำกว่าวิธีการประเมินแบบเดิมอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากระบบสามารถประมวลผลจากทุกเฟรมของวิดีโออย่างต่อเนื่อง แตกต่างจากการประเมินด้วยสายตาที่ทำได้ในช่วงเวลาจำกัด จึงช่วยให้สามารถมองเห็นความเสี่ยงที่อาจถูกมองข้ามได้อย่างครบถ้วน

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพความสามารถในการตรวจพบท่าทางเสี่ยงจำนวน 149 จุด ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการตรวจพบท่าทางเสี่ยงได้มากกว่าเดิมถึง 25.8 เท่า ส่งผลให้ผู้ใช้งานสามารถมองเห็นความเสี่ยงได้ครอบคลุมและลึกยิ่งขึ้น ลดความเป็นไปได้ของการมองข้ามปัจจัยเสี่ยง และสนับสนุนการป้องกันการบาดเจ็บเชิงรุกอย่างมีประสิทธิภาพ

#### **สรุปภาพรวมผลลัพธ์:**

ErgoVision AI ช่วยยกระดับประสิทธิภาพและความแม่นยำของการประเมินศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญ ประหยัดเวลาในการประเมินได้ถึง 83% ระยะเวลาการประเมินลดลงจาก 60 นาที เหลือเพียง 10 นาทีต่อจุด คิดเป็นความเร็วที่เพิ่มขึ้น 6 เท่า เมื่อเทียบกับวิธีการประเมินแบบเดิม ทำให้รองรับจำนวนการประเมินได้มากขึ้นภายในเวลาเท่ากัน และลดภาระงานของเจ้าหน้าที่อย่างชัดเจน อีกทั้งยังเพิ่มความแม่นยำในการตรวจพบท่าทางเสี่ยงถึง 2,483% จำนวนท่าทางเสี่ยงที่สามารถตรวจพบเพิ่มขึ้นจาก 6 จุด เป็น 155 จุด ส่งผลให้อัตราการตรวจพบมีความแม่นยำมากกว่าเดิมถึง 25.8 เท่า ช่วยให้เห็นความเสี่ยงเชิงลึกที่วิธีเดิมนักมองข้าม ส่งผลเสริมการป้องกันเชิงรุกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

#### **คำค้นหา (Keywords) :**

การยศาสตร์ Ergonomics ErgoVision AI ช่วยลดความเสี่ยงการเกิด MSDs

## [OR13]

### ชื่อผลงาน แม่เหล็กแจ้งเตือนไฟรั่ว

อานนท์ วีระสกุล, อรณภา สารวงษา, ปุณณิศา มีลำเอียง และ ธีรศานต์ สิกขะโต  
การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัดพังงา

#### ที่มาและความสำคัญ:

ผู้ใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ไม่สามารถรับรู้ได้ว่าเกิดไฟรั่ว จนกระทั่งเกิดเหตุร้ายแรง เช่น ไฟไหม้หรือมีผู้ถูกไฟดูด แม้จะมีอุปกรณ์ตัดไฟรั่ว แต่ผู้ใช้งานไม่ทราบล่วงหน้าว่าระบบเริ่มมีความผิดปกติ จึงไม่มีการแก้ไขเชิงป้องกัน อุปกรณ์แม่เหล็กแจ้งเตือนไฟรั่วเป็นอุปกรณ์ตรวจจับความผิดปกติของกระแสไฟฟ้าผ่านแผงวงจรไฟฟ้า หากเกิดกระแสรั่ว จะทำให้แผงวงจรประมวลผลและส่งสัญญาณเตือนได้ คุณสมบัติหลักคือ ตรวจจับความผิดปกติได้รวดเร็ว แจ้งเตือนก่อนเกิดเหตุร้ายแรง ติดตั้งง่าย ระบบป้องกันเดิม เช่น RCD ซึ่งปัจจุบันเมื่อโอกาสเกิดบางกรณีจะไม่สูงมาก แต่ความรุนแรงอยู่ในระดับร้ายแรงถึงตายมาก ทำให้ความเสียหายโดยรวมอยู่ในระดับ “สูง” จำเป็นต้องมีมาตรการป้องกันเพิ่มเติม เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน ป้องกันเหตุล่วงหน้าเพื่อเสริมระบบตัดไฟที่มีอยู่ และพัฒนาอุปกรณ์ต้นกุนต่ำที่ประชาชนเข้าถึงได้เพื่อลดสถิติการเกิดไฟไหม้จากไฟรั่ว

#### แนวคิดอ้างอิงตามหลักวิชาการ:

การพัฒนาแม่เหล็กแจ้งเตือนไฟรั่วมีพื้นฐานจาก กฎหมายแม่เหล็กไฟฟ้า และหลักการตรวจจับกระแสรั่วของ RCD รวมทั้งยังมีการบริหารจัดการความเสี่ยง ซึ่งมีแนวคิดระบบเตือนภัยล่วงหน้า วรรณกรรมเชิงประจักษ์สนับสนุนได้ว่า อุบัติเหตุจากไฟรั่วมีผลกระทบรุนแรง และอุปกรณ์ตรวจจับกระแสรั่วช่วยลดความสูญเสียได้จริง การแจ้งเตือนล่วงหน้าเพิ่มประสิทธิภาพด้านความปลอดภัย

#### วัตถุประสงค์:

1. เพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดไฟดูดและไฟไหม้จากไฟรั่ว
2. เพื่อช่วยแจ้งเตือนก่อนเกิดเหตุร้ายแรง
3. เพื่อพัฒนาอุปกรณ์แจ้งเตือนไฟรั่วขนาดเล็ก ติดตั้งง่าย เคลื่อนย้ายได้
4. เพื่อเพิ่มความมั่นใจให้ผู้ใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้า
5. เพื่อเพิ่มทางเลือกด้านความปลอดภัยที่มีต้นทุนต่ำและเข้าถึงได้สำหรับครัวเรือนทั่วไปงบประมาณในการดำเนินการ



#### ขั้นตอนการดำเนินงาน:

การดำเนินงานเริ่มจากการศึกษาความเป็นไปได้และวิเคราะห์ปัญหาไฟรั่ว เพื่อนำมาพัฒนาแนวคิดและกำหนดคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ จากนั้นดำเนินการออกแบบตัวเรือนและวงจรตรวจจับไฟรั่ว พร้อมจัดทำต้นแบบเพื่อทดสอบประสิทธิภาพและความปลอดภัย เมื่อปรับปรุงต้นแบบจนสมบูรณ์แล้ว จะเสนอขอความเห็นชอบจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตทดลอง จัดทำบรรจุภัณฑ์และสื่อประชาสัมพันธ์ และเปิดจำหน่ายผ่านช่องทางออนไลน์หรือแจกจ่ายในกิจกรรมขององค์กร และมีการติดตามประเมินผลการใช้งาน เพื่อนำข้อมูลไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ในระยะต่อไป

#### แนวทาง/ผลการทดสอบการใช้งาน:

การทดสอบนวัตกรรมแม่เหล็กแจ้งเตือนไฟรั่ว LAM กำหนดให้ดำเนินการอย่างเป็นระบบ แบ่งออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

##### 1. การทดสอบในห้องปฏิบัติการ (Laboratory Test)

ดำเนินการทดสอบกับแหล่งจ่ายไฟจำลองที่สามารถสร้างสภาวะไฟรั่วในระดับต่าง ๆ เพื่อประเมินความไวและความแม่นยำของเซนเซอร์ รวมถึงตรวจสอบประสิทธิภาพการแสดงผลสัญญาณเตือนทั้งแสงและเสียง ตลอดจนทดสอบความเสถียรของวงจรและความปลอดภัยของอุปกรณ์ก่อนนำไปใช้งานจริง

##### 2. การทดสอบภาคสนาม (Field Test)

นำอุปกรณ์ไปทดลองใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้าจริง เช่น โกรกสัน ตู้เย็น กาต้มน้ำ และเครื่องทำน้ำอุ่น ในสถานที่ใช้งานจริง เช่น สำนักงาน บ้านพักอาศัย หรือสถานศึกษา พร้อมเปรียบเทียบผลการตรวจจับกับเครื่องมือวัดมาตรฐานของช่างไฟฟ้า เพื่อประเมินความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์

##### 3. การทดสอบโดยผู้ใช้งานทั่วไป (User Acceptance Test)

ให้ผู้คลากรหรือประชาชนทดลองใช้งาน เพื่อประเมินความสะดวก ความเข้าใจง่าย และความชัดเจนของสัญญาณเตือน รวมถึงรวบรวมข้อเสนอแนะเพื่อนำมาปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมต่อการใช้งานในวงกว้าง

#### แนวทางการปรับปรุงพัฒนาผลงาน:

จากผลการทดสอบการใช้งานทั้งในห้องปฏิบัติการ ภาคสนาม และการทดลองโดยผู้ใช้ทั่วไป พบประเด็นที่สามารถนำมาปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยกำหนดแนวทางการพัฒนา ดังนี้

1. การปรับปรุงด้านความแม่นยำและเสถียรภาพของระบบตรวจจับ ปรับค่าความไว (Sensitivity) ของเซนเซอร์ให้เหมาะสมกับระดับกระแสไฟฟ้ารั่วที่อาจเป็นอันตราย เพิ่มระบบกรองสัญญาณรบกวน (Noise Filter) เพื่อลดการแจ้งเตือนผิดพลาด ปรับปรุงวงจรให้มีความเสถียร รองรับการใช้งานต่อเนื่องได้ยาวนาน
2. การพัฒนาด้านความปลอดภัยของอุปกรณ์ เสริมฉนวนป้องกันกระแสไฟฟ้าภายในตัวเครื่องปรับโครงสร้างตัวเรือนให้แข็งแรง ทนทานต่อแรงกระแทก ตรวจสอบให้เป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัยที่เกี่ยวข้อง
3. การปรับปรุงด้านการใช้งาน (User Experience) เพิ่มความชัดเจนของสัญญาณไฟและเสียงเตือน

4. การพัฒนาด้านการออกแบบและภาพลักษณ์ ปรับปรุงทรงให้เหมาะสมต่อการจับถือและพกพา ใช้โมเดลตัวการ์ตูนขององค์กรเพื่อสร้างการจดจำ ปรับบรรจุภัณฑ์ให้มีข้อมูลด้านความปลอดภัยชัดเจน

**ผล/ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ:**

- ลดจำนวนอุบัติเหตุจากไฟฟ้ารั่วอย่างมีนัยสำคัญ
- ลดค่าใช้จ่ายด้านการรักษาพยาบาลและความเสียหายทรัพย์สิน
- เพิ่มระดับความปลอดภัยในองค์กร/ชุมชน
- เสริมภาพลักษณ์องค์กรด้านความรับผิดชอบต่อสังคม
- สร้างวัฒนธรรมการป้องกันก่อนเกิดเหตุ (Preventive Safety Culture)

**แนวทางการนำไปเผยแพร่หรือพัฒนาและความยั่งยืนในการลดอัตราการประสบอันตราย:**

ภายหลังโครงการแล้วเสร็จ จะดำเนินการเผยแพร่วัฒนธรรมผ่านเว็บไซต์และสื่อประชาสัมพันธ์ขององค์กร พร้อมนำไปใช้ในกิจกรรมรณรงค์ความปลอดภัยไฟฟ้า และแจกจ่ายหรือจำหน่ายให้ประชาชนเพื่อใช้ตรวจสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าเบื้องต้นก่อนใช้งาน ทั้งนี้จะมีการติดตามผลและเก็บสถิติอุบัติเหตุเพื่อนำมาปรับปรุงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ส่งเสริมพฤติกรรม “ตรวจสอบก่อนสัมผัส” ให้เป็นวัฒนธรรมความปลอดภัยที่ยั่งยืนในชุมชน ช่วยลดอัตราการประสบอันตรายจากไฟฟ้าในระยะยาว

**คำค้นหา (Keywords) :**

แม่เหล็ก สัญญาณแจ้งเตือน ไฟรั่ว

[OR14]

## ชื่อผลงาน      อุปกรณ์เปิดฝาท่อระบายน้ำคอนกรีต (Smart Manhole Cover Opener) SMCO

โกวิท แจ่มโกมัย, จรินทร์ รัตนพิมพ์, เอนก คุณขุนทด และ อัมรินทร์ วงษ์หลวง

การประปาส่วนภูมิภาค

### ที่มาและความสำคัญ:

การสำรวจท่อแตก (Leak Survey) เป็นกระบวนการทำงานย่อยในกระบวนการจ่ายน้ำประปาและควบคุมน้ำสูญเสีย (C4) ส่วนมากท่อประปาจะวางขนานไปกับท่อระบายน้ำ ทำให้หากท่อประปาแตกแล้ว น้ำประปาจะไหลเข้าไปในท่อระบายน้ำ จึงจำเป็นต้องเปิดฝาท่อระบายน้ำ ตลอดแนวท่อต้องสงสัยเพื่อสำรวจด้วยสายตา/การนำตัวอย่างน้ำมาทดสอบหาคลอรีน การนำไฟฟ้า ทปภ.ไม่เคยมีอุปกรณ์ในการช่วยเปิดฝาท่อระบายน้ำมาก่อนทปภ.เขต และทปภ.สาขา จะใช้วิธีจัดฝาท่อกันด้วยเชลและท่อเหล็กกลมมาโดยตลอด ซึ่งจะเปิดได้แค่บางจุดที่เปิดได้ยากเท่านั้นซึ่งท่อระบายน้ำรวมถึงฝาท่อระบายน้ำมีใช้ทรัพยากรของ ทปภ. มาตรฐานของมิติ กว้าง x ยาว x หนา แปรผันไปตามแต่ละพื้นที่ บางฝาท่อหนักจนไม่สามารถเปิดด้วยวิธีปกติ ทปภ. จึงจะมีฝาท่อที่ไม่เคยเปิดสำรวจได้เลยตลอด 40 ปีที่ผ่านมา บางฝาท่อเล็กกว่าขอบบ่อบ่อจึงเสี่ยงที่ฝาท่อจะตกลงไปภายในบ่อ

การเปิดฝาท่อระบายน้ำด้วยวิธีเดิมค่อนข้างอันตราย เนื่องจากมีความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดการบาดเจ็บจากการเปิดฝาท่อและปิดฝาท่อ รวมถึงอุบัติเหตุจากการที่ฝาท่อคอนกรีตหล่นลงไปในบ่อ ก่อให้เกิดทรัพย์สินเสียหาย เสียเวลา และอาจเกิดอุบัติเหตุซ้ำซ้อนแก่ผู้คนที่สัญจรบนทางเท้า จากการสืบค้นอันตรายและประเมินความเสี่ยงงานเปิด-ปิดฝาท่อระบายน้ำวิธีเดิมโดยใช้เชลและท่อเหล็กมาพบว่า มีระดับความเสี่ยงสูง ยอมรับไม่ได้ จากการปฏิบัติงานจริง พบว่าฝาท่อระบายน้ำมักมีเศษดินและหินอุดตันตามร่อง ทำให้การเปิดด้วยวิธีเดิม (ใช้เชลและท่อเหล็ก) ต้องใช้เวลาเฉลี่ยถึง 15 นาทีต่อบ่อ และต้องใช้พนักงานในการดำเนินการช่วยกันหลายคน ซึ่งมีความเสี่ยงสูงต่อการบาดเจ็บที่นิ้วมือ นิ้วเท้าและกระดูกสันหลัง และจากการประเมินท่าทางร่างกายทั้งลำตัว REBA พบว่า มีระดับความเสี่ยงสูงมากควรปรับปรุงทันที ทปภ.จึงคิดค้นอุปกรณ์ในการช่วยเปิดฝาท่อระบายน้ำคอนกรีตเพื่ออำนวยความสะดวกและปลอดภัยให้กับพนักงานและผู้ปฏิบัติงานในลักษณะเดียวกันได้ใช้งานเพื่อลดความเสี่ยงในการทำงานได้

### วัตถุประสงค์:

1. เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับพนักงานในการเปิดและปิดฝาท่อระบายน้ำในการสำรวจน้ำรั่วในท่อระบายน้ำ
2. เพื่อลดความเสี่ยงอันตรายในการทำงานให้กับพนักงาน
3. เพื่อนำนวัตกรรมมาตรฐาน สำหรับสร้างเครือข่ายกับหน่วยงานภายนอกและกิจกรรม CSR รวมถึงมีแผนการให้บริการเชิงพาณิชย์
4. เพื่อลดระยะเวลาในการปฏิบัติงาน จากเดิมประมาณ 15 นาที/บ่อ ให้เหลือเพียง 5 นาที/บ่อ เพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาท่อแตก
5. เพื่อส่งเสริมการทำงานแบบ Ergonomics ให้พนักงานทุกเพศทุกวัยสามารถปฏิบัติงานได้

### แนวทาง/ผลการทดสอบการใช้งาน:

จากการทดสอบใช้งานจริง ณ ทปภ.สาขาพระพุทธรบาทพบผลการเปรียบเทียบ ดังนี้

- 1) วิธีดั้งเดิม (เชลและท่อเหล็ก): ใช้เวลานาน ต้องเขยื้อนดินออกก่อน ต้องใช้คนช่วยจัดและสอดท่อเหล็ก มีความเสี่ยงที่ฝาท่อจะหนีบนิ้วหรือหล่นกับเท้า และทำให้ปวดหลัง
- 2) นวัตกรรมแบบไฮดรอลิก (Hydraulic Lifter): มีประสิทธิภาพสูงสุด ใช้แม่แรงช่วยยก ทำให้ไม่ต้องออกแรงจัดเลย สามารถใช้งานได้ง่ายแม้เป็นพนักงานผู้หญิงหรือผู้ที่มีสรีระเล็ก ก็สามารถยกเปิดฝาท่อและเขยื้อนเศษขยะออกได้อย่างปลอดภัยและนุ่มนวล



### ผลการทดสอบการใช้งาน:

ได้นำชุดอุปกรณ์เปิดฝาท่อแบบไฮดรอลิก (ต้นแบบงบประมาณ 12,000 บาท) ไปทดสอบใช้งานจริงในพื้นที่การประปาส่วนภูมิภาคสาขาพระพุทธรบาท โดยเปรียบเทียบกับการทำงานแบบเดิม (Manual) ในเงื่อนไขการเปิดฝาท่อคอนกรีตมาตรฐานและฝาท่อขนาดใหญ่ที่มีเศษดินอุดตันการใช้แม่แรงไฮดรอลิกในการยกฝาท่อผลการทดสอบพบว่า จากการสืบค้นอันตรายและประเมินความเสี่ยงมีระดับความเสี่ยงลดลงจากระดับ 3 (สูง) ยอมรับไม่ได้ เป็นระดับ 1 (เล็กน้อย) ยอมรับได้ และการประเมินความเสี่ยงท่าทางร่างกายทั้งลำตัว REBA (Rapid Entry Body Assessment) ลดลงจากระดับ 5 มีความเสี่ยงสูงมากเป็นระดับ 3 มีความเสี่ยงปานกลาง จึงปลอดภัยและผ่อนแรงได้ดีที่สุด

#### 1) ผลด้านความปลอดภัย:

ผู้ปฏิบัติงานไม่ต้องสัมผัสฝาท่อโดยตรง ลดความเสี่ยงอุบัติเหตุจากการถูกฝาท่อหนีบหรือทับเท้าได้ 100% และท่าทางการทำงานถูกต้องตามหลักสรีรศาสตร์ (Ergonomics) จากการประเมินด้วย REBA Score พบว่าระดับความเสี่ยงลดลงจากระดับ 11 (High Risk) เหลือเพียงระดับ 2 (Negligible Risk) เนื่องจากพนักงานไม่ต้องก้มตัวจัดและไม่ต้องสัมผัสฝาท่อโดยตรง ลดโอกาสอุบัติเหตุฝาท่อหนีบหรือทับเท้าได้ 100%

#### 2) ด้านประสิทธิภาพ:

สามารถเปิดฝาท่อที่ติดแน่นได้ภายในครั้งเดียว โดยใช้พนักงานเพียง 1 คนในการควบคุมอุปกรณ์ ซึ่งจากเดิมต้องใช้ 3 คนช่วยกันจัด ทำให้พนักงานที่เหลือสามารถแยกไปทำการกิจอื่นขนานกันไปได้ทันที สามารถใช้งานได้ทุกเพศทุกวัย (Universal Design) แม้แต่พนักงานผู้หญิงก็สามารถเปิดฝาท่อและเขยื้อนเศษขยะได้ด้วยคนเดียวโดยไม่ต้องออกแรงจัดใช้จำนวนคนน้อยกว่า

#### แนวทางการปรับปรุงพัฒนาผลงาน:

##### 1) การพัฒนาจากผลการทดสอบ (Product Evolution)

จากการทดสอบพบว่าในพื้นที่ผิวขรุขระ ล้อเลื่อนขนาดเล็กอาจเคลื่อนตัวยาก จึงได้พัฒนาเปลี่ยนเป็นล้อ Polyurethane ขนาดใหญ่ขึ้นที่มีระบบล็อกล้อ (Brake) เพื่อความมั่นคงขณะยกฝาท่อในพื้นที่ลาดเอียง และพัฒนาต่อมาเป็น "รุ่นไฮดรอลิก" ซึ่งช่วยแก้ปัญหาเรื่องการออกแรงได้อย่างสมบูรณ์ การยกฝาท่อมีความนุ่มนวล (Smooth) และควบคุมระดับความสูงได้ง่ายกว่า ป้องกันฝาท่อกระแทกเสียหาย

##### 2) แนวทางการขยายผล (Expansion Plan)

- นำแบบแปลนการสร้างเผยแพร่ให้กับ หน่วยงานอื่นๆ ในเขตพื้นที่ เพื่อนำไปผลิตและใช้งาน เป็นมาตรฐานเดียวกัน (Standardization)
- เก็บข้อมูลความพึงพอใจและปัญหาจากการใช้งานจริงในสภาพพื้นที่ที่แตกต่างกัน (เช่น ขนาดของฝาท่อตำแหน่งลักษณะของรูฝาท่อ ฝาท่อบนพื้นผิวจราจรที่ลาดเอียง) เพื่อนำมาปรับปรุงโครงสร้างฐานล้อให้มีความมั่นคงยิ่งขึ้นในอนาคต

##### 3) ความยั่งยืน :

บุคลากรเข้ากับแผนการตรวจสอบก้นน้ำสูญเสียประจำเดือน โดยกำหนดให้อุปกรณ์นี้เป็นเครื่องมือประจำตรวจสอบน้ำสูญเสีย (ALC) เพื่อลดความเหนื่อยล้าของพนักงานในระยะยาว

#### ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) การเปรียบเทียบระดับความเสี่ยงที่ลดลงหลักจากการใช้งาน โดยการชี้แจงและประเมินความเสี่ยง และประเมินค่าทางร่างกายทั้งส่วนตัว REBA
- 2) เสิ้งเศรษฐกิจศาสตร์และประสิทธิภาพ

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจศาสตร์

- เงินลงทุนเริ่มต้น: 12,000 บาท
- ค่าแรงทีมงาน (3 คน): 450 บาท/ชั่วโมง
- ประหยัดเวลาได้ 1 ชั่วโมง/วัน (จากการเปิด 5 นาที)
- 3) ความถี่ : 1 ครั้ง/สัปดาห์ (ประหยัดได้ 450 บาท/สัปดาห์ หรือ 1,800 บาท/เดือน)

##### 1. การประหยัดเวลาและค่าแรง :

วิธีเดิม : เปิด 5 นาที/วัน ใช้เวลาบ่อละ 15 นาที รวม 1.25 ชม. ค่าแรงทีม (3 คน) = 562.5 บาท/ครั้ง

วิธีใหม่ : เปิด 5 นาที/วัน ใช้เวลาบ่อละ 3 นาที รวม 0.25 ชม. ค่าแรงทีม (3 คน) = 112.5 บาท/ครั้ง

ส่วนต่างประหยัดได้: 450 บาทต่อการปฏิบัติงาน 1 ครั้ง

##### 2. Payback Period :

ปฏิบัติงานสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ประหยัดได้ 1,800 บาท/เดือน

ระยะเวลาคืนทุน =  $12,000 / 1,800 = 6.67$  เดือน

##### 3. ผลตอบแทนการลงทุน (ROI) ปีแรก :

ผลประหยัดสะสม 12 เดือน = 21,600 บาท

คิดเป็นกำไรจากประสิทธิภาพ (ROI) = 80%

##### 4. ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจศาสตร์อื่นๆ : ลดสถิติการบาดเจ็บจากการทำงาน (LTI) ให้เป็นศูนย์

- ลดค่าใช้จ่ายทางอ้อมจากการรักษาพยาบาล (เฉลี่ย 5,100 บาทต่อเหตุการณ์บาดเจ็บ)
- ส่งเสริมภาพลักษณ์นวัตกรรมขององค์กร (Safey Innovation Award 2026)
- คุณภาพ : ลดความสูญเสียน้ำประปาได้รวดเร็วขึ้น เพราะสามารถเปิดสำรวจหาจุดท่อแตกได้เร็ว (Early Detection)
- ลดค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลโรคปวดหลัง (Musculoskeletal Disorders) และอุบัติเหตุจากการทำงาน ซึ่งประเมินมูลค่าไม่ได้ (Intangible Benefit)

#### คำค้นหา (Keywords) :

การยศาสตร์ วัสดุกับนิ้วมือ ระบบกลไกเนื้อและกระดูกจากการทำงาน

[OR15]

## ชื่อผลงาน PHMU Safe Map

จิราภัทร จันทะจิต, อาภาภัทร สัมมาเมข และ สุรัตน์ งามชื่น

คณะสาธารณสุขศาสตร์ ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยมหิดล

### ที่มาและความสำคัญ:

ปัจจุบันการอพยพอาคารในสถานการณ์ฉุกเฉิน เช่น อัคคีภัย หรือการรั่วไหลของสารเคมี ยังคงประสบปัญหาหลายประการ อาทิ ระบบแจ้งเตือนที่มีข้อจำกัด เส้นทางอพยพที่ไม่ชัดเจน และการขาดความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนการอพยพอย่างปลอดภัย ซึ่งอาจนำไปสู่ความสูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สิน

คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เป็นพื้นที่ที่มีการจัดเก็บและใช้งานสารเคมีอันตรายจำนวนมาก อีกทั้งยังตั้งอยู่ใกล้โรงพยาบาลและหน่วยงานสำคัญ หากเกิดเหตุฉุกเฉินอาจส่งผลกระทบต่อคนในวงกว้าง ดังนั้น การมีระบบที่ช่วยให้นักศึกษา และผู้มาติดต่อสามารถเข้าถึงข้อมูลด้านความปลอดภัยได้อย่างรวดเร็วและถูกต้องจึงมีความจำเป็นยิ่ง โครงการ PHMU Safe Map App จึงถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือสนับสนุนการจัดการความปลอดภัย โดยแสดงข้อมูลจุดอพยพ ที่ตั้งการจัดเก็บสารเคมี และเปิดโอกาสให้ผู้ใช้งานรายงานอุปกรณ์ที่ชำรุดหรือมีความเสี่ยง ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรับมือเหตุฉุกเฉิน ลดความเสี่ยง และเสริมสร้างความปลอดภัยภายในคณะอย่างเป็นระบบ

### แนวคิดอ้างอิงตามหลักวิชาการ:

งานวิจัยและแนวทางสากลจำนวนมากชี้ให้เห็นว่า การจัดการเหตุฉุกเฉินภายในอาคาร โดยเฉพาะอาคารที่มีการจัดเก็บสารเคมีอันตราย จำเป็นต้องอาศัยทั้งระบบโครงสร้างพื้นฐานที่เหมาะสมและการเข้าถึงข้อมูลที่ชัดเจนของผู้ใช้งาน องค์การอนามัยโลก (World Health Organization: WHO) ระบุว่า การขาดข้อมูลด้านเส้นทางอพยพและการสื่อสารความเสี่ยงที่มีประสิทธิภาพ เป็นปัจจัยสำคัญที่เพิ่มอัตราการบาดเจ็บและการเสียชีวิตในสถานการณ์ฉุกเฉิน (WHO, 2017)

แนวคิดด้าน Emergency Preparedness และ Evacuation Planning ได้รับการยืนยันจากหลักฐานเชิงประจักษ์ว่า การให้ข้อมูลแผนผังอาคาร จุดรวมพล และเส้นทางหนีภัยที่เข้าใจง่าย ช่วยลดเวลาในการอพยพและลดความตื่นตระหนกของผู้ประสบเหตุได้อย่างมีนัยสำคัญ (Kuligowski et al., 2015) โดยเฉพาะในอาคารสาธารณะและสถานศึกษา ซึ่งมีผู้ใช้บริการหลากหลายกลุ่มและมีระดับความรู้ด้านความปลอดภัยแตกต่างกัน

ในด้านการจัดการความเสี่ยงจากสารเคมี หน่วยงาน Occupational Safety and Health Administration (OSHA) ระบุว่า การเข้าถึงข้อมูลตำแหน่งการจัดเก็บสารเคมีและการสื่อสารอันตราย (Hazard Communication) เป็นองค์ประกอบสำคัญในการลดการสัมผัสสารเคมีและผลกระทบต่อสุขภาพในสถานการณ์ฉุกเฉิน (OSHA, 2012) งานศึกษาหลายชิ้นพบว่า ระบบสารสนเทศที่แสดงตำแหน่งแหล่งกำเนิดอันตรายช่วยให้การตัดสินใจของผู้ปฏิบัติงานและผู้หลบหนีมีความปลอดภัยมากขึ้น

นอกจากนี้ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลและแอปพลิเคชันด้านความปลอดภัย ได้รับการสนับสนุนจากงานวิจัยด้าน Health Information Technology (Health IT) ซึ่งพบว่า ระบบสารสนเทศที่เข้าถึงได้ผ่านอุปกรณ์พกพาสามารถเพิ่มการรับรู้สถานการณ์ (Situational Awareness) และสนับสนุนการตอบสนองต่อเหตุฉุกเฉินได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Zhang et al., 2019) โดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมที่มีความซับซ้อน เช่น อาคารขนาดใหญ่ หรือพื้นที่ที่มีสารเคมีอันตราย

จากการทบทวนวรรณกรรมดังกล่าว แสดงให้เห็นว่า การพัฒนาแอปพลิเคชันที่รวบรวมข้อมูลเส้นทางอพยพ จุดรวมพล และตำแหน่งสารเคมีไว้ในระบบเดียว สอดคล้องกับหลักฐานเชิงประจักษ์ทางวิชาการ และมีศักยภาพในการลดอัตราการบาดเจ็บและความสูญเสียจากเหตุฉุกเฉินได้อย่างยั่งยืน

### วัตถุประสงค์:

1. เพื่อเสริมสร้างความปลอดภัยให้แก่บุคลากร นักเรียน และผู้มาเยือนในระหว่างเหตุฉุกเฉิน
2. เพื่อให้ข้อมูลที่ชัดเจนและทันต่อเหตุการณ์เกี่ยวกับเส้นทางอพยพ จุดรวมพล และตำแหน่งของสารเคมีอันตราย
3. เพื่ออำนวยความสะดวกในการตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่ชำรุด

### ขั้นตอนการดำเนินงาน:

- ศึกษาปัญหาและความต้องการด้านความปลอดภัยในการอพยพอาคารของคณะสาธารณสุขศาสตร์ โดยวิเคราะห์ความเสี่ยงจากสารเคมี ระบบแจ้งเตือน และเส้นทางอพยพ
- รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ แผนผังอาคาร จุดอพยพ ที่ตั้งการจัดเก็บสารเคมี และอุปกรณ์ด้านความปลอดภัย
- ออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชัน PHMU Safe Map ให้สามารถแสดงข้อมูลจุดอพยพ และพื้นที่เสี่ยงได้อย่างชัดเจน
- พัฒนาฟังก์ชันการแจ้งเตือนและการรายงานอุปกรณ์ชำรุด เพื่อให้สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็ว
- ทดสอบการใช้งานแอปพลิเคชันและปรับปรุงระบบตามข้อเสนอแนะของผู้ใช้งาน
- นำแอปพลิเคชันไปใช้งานจริง พร้อมให้คำแนะนำและประชาสัมพันธ์แก่บุคลากรและนักศึกษา

### แนวทางการทดสอบการใช้งาน:

ดำเนินการทดสอบแอปพลิเคชัน PHMU Safe Map โดยให้กลุ่มตัวอย่างซึ่งประกอบด้วยบุคลากรและนักศึกษาภายในคณะสาธารณสุขศาสตร์ทดลองใช้งานจริงในสถานการณ์จำลอง โดยเน้นการทดสอบฟังก์ชันหลัก ได้แก่ การค้นหาจุดอพยพ การดูตำแหน่งการจัดเก็บสารเคมี การเข้าถึงเส้นทางอพยพ และการรายงานอุปกรณ์ที่ชำรุด พร้อมทั้งเก็บข้อเสนอแนะด้านความสะดวกในการใช้งาน ความถูกต้องของข้อมูล และความชัดเจนของการแสดงผล

### ผลการทดสอบการใช้งาน:

ผลการทดสอบพบว่า ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลจุดอพยพและพื้นที่เสี่ยงได้อย่างรวดเร็วและเข้าใจง่าย แอปพลิเคชันช่วยเพิ่มความตระหนักรู้ด้านความปลอดภัยและสนับสนุนการตัดสินใจในสถานการณ์ฉุกเฉินได้อย่างมีประสิทธิภาพ ฟังก์ชันการรายงานอุปกรณ์ชำรุดสามารถส่งข้อมูลไปยังผู้รับผิดชอบได้อย่างสะดวก อย่างไรก็ตาม มีข้อเสนอแนะให้ปรับปรุงความละเอียดของแผนผังอาคารและเพิ่มคำอธิบายสัญลักษณ์บางส่วน เพื่อให้การใช้งานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

**แนวทางการปรับปรุงพัฒนาผลงาน:**

- พัฒนาโหมดออฟไลน์ที่ช่วยให้ผู้ใช้บันทึกข้อมูลเบื้องต้นได้โดยไม่ต้องเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต และซิงค์ข้อมูลโดยอัตโนมัติเมื่ออุปกรณ์เชื่อมต่อออนไลน์อีกครั้ง
- ปรับปรุงแอปให้รองรับการติดตามตำแหน่งอัตโนมัติด้วย GPS เพื่อให้ผู้ใช้สามารถระบุพื้นที่เกิดเหตุหรือพื้นที่เสี่ยงได้อย่างแม่นยำยิ่งขึ้น โดยไม่ต้องพึ่งพาการสแกนคิวอาร์โค้ดเพียงอย่างเดียว

**ผล/ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ:**

- บุคลากร นักศึกษา และผู้มาติดต่อสามารถเข้าถึงข้อมูลจุดอพยพและเส้นทางหนีภัยได้อย่างรวดเร็วและถูกต้องในสถานการณ์ฉุกเฉิน
- เพิ่มความรู้และความตระหนักด้านความปลอดภัย โดยเฉพาะการจัดการความเสี่ยงจากสารเคมี
- ลดความสับสนและความเสี่ยงในการอพยพอาคารเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน เช่น อัคคีภัยหรือการรั่วไหลของสารเคมี
- สนับสนุนการแจ้งเหตุและการรายงานอุปกรณ์ด้านความปลอดภัยที่ชำรุดได้อย่างเป็นระบบและรวดเร็ว
- ช่วยให้หน่วยงานสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการวางแผน ปรับปรุงระบบความปลอดภัย และบริหารจัดการเหตุฉุกเฉินได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- เป็นต้นแบบในการพัฒนาแอปพลิเคชันด้านความปลอดภัยที่สามารถขยายผลไปยังอาคารหรือหน่วยงานอื่นได้ในอนาคต

**คำค้นหา (Keywords):**

---

PHMU Safe Map Safety innovation

[OR20]

## ชื่อผลงาน Leadership Walk Round AI App

ศรีแพรว สรวงโก พัสตราภรณ์ กอบจิตติ และ ณัฐวุฒิ อัมพรบรรจง

แผนกความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม โรงพยาบาลพญาไทศรีราชา จังหวัดชลบุรี

### ที่มาและความสำคัญ:

1. บริบทและความสำคัญของความปลอดภัยเชิงรุก

ในโรงพยาบาลยุคปัจจุบัน การป้องกันอุบัติเหตุไม่ได้จำกัดอยู่เพียงแค่การทำตามกฎระเบียบ แต่คือการสร้าง "วัฒนธรรมความปลอดภัย" (Safety Culture) ซึ่งหนึ่งในเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือ Leadership Walk Round (LWR) หรือการที่ผู้บริหารลงพื้นที่ตรวจสอบความปลอดภัยเพื่อสื่อสารและรับฟังปัญหาจากพนักงานโดยตรง ซึ่งจะช่วยให้เห็นความเสี่ยงที่ระบบเอกสารทั่วไปอาจตรวจไม่พบ

2. ปัญหาและข้อจำกัดของกระบวนการในปัจจุบัน (Pain Points)

แม้ว่าการเดินตรวจโดยผู้นำจะมีประโยชน์ แต่ในทางปฏิบัติมักพบอุปสรรคสำคัญ ดังนี้:

- ความล่าช้า (Latency): การจดบันทึกลงกระดาษหรือการพิมพ์รายงานภายหลังทำให้การแก้ไขปัญหาล่าช้า ไม่ทันต่อเหตุการณ์
- ความไม่คงที่ของการประเมิน (Subjectivity): ผู้บริหารแต่ละท่านอาจมีเกณฑ์การประเมินความเสี่ยงที่ต่างกัน ทำให้ข้อมูลขาดมาตรฐานที่เป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน
- ข้อมูลกระจุกกระจาย (Data Silos): ข้อมูลที่ได้จากการเดินตรวจมักไม่ถูกนำมาวิเคราะห์ในภาพรวมเพื่อหาต้นตอของปัญหา (Root Cause) อย่างเป็นระบบ

3. โอกาสในการใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI Transformation)

ด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยี Computer Vision และ Natural Language Processing (NLP) ทำให้เราสามารถพัฒนาแอปพลิเคชันที่ช่วยให้การตรวจความปลอดภัยเป็นเรื่องง่ายและแม่นยำขึ้น AI สามารถช่วยแยกแยะพฤติกรรมเสี่ยง (Unsafe Acts) และสภาพแวดล้อมที่ไม่ปลอดภัย (Unsafe Conditions) ได้ทันทีจากภาพถ่าย พร้อมทั้งคำนวณระดับความเสี่ยงตามหลักสถิติได้อย่างเป็นกลาง

### แนวคิดอ้างอิงตามหลักวิชาการ:

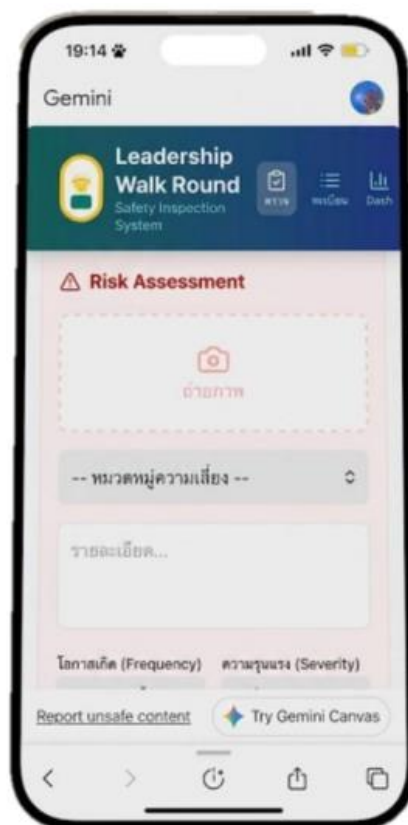
การพัฒนา Leadership Walk Round AI App ตั้งอยู่บนพื้นฐานของแนวคิดสำคัญ 3 ประการ ได้แก่ 1) ทัศนคติวัฒนธรรมความปลอดภัยเชิงรุก (Proactive Safety Culture) Behavior-Based Safety (BBS): อ้างอิงแนวคิดของ E. Scott Geller ที่เน้นการสังเกตพฤติกรรมเพื่อลดอุบัติเหตุ โดย AI จะเข้ามาทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการบันทึกและจำแนกพฤติกรรมเสี่ยง (Unsafe Act) และสภาพการณ์เสี่ยง (Unsafe Condition) อย่างเป็นระบบ Visible Felt Leadership (VFL): แนวคิดที่ว่าความปลอดภัยจะเกิดขึ้นได้จริงเมื่อพนักงาน "รับรู้" และ "สัมผัสได้" ถึงความใส่ใจของผู้นำ การใช้แอปพลิเคชันช่วยให้ผลลัพธ์จากการเดินตรวจของผู้ถูกนำไปแก้ไขอย่างเป็นรูปธรรมและรวดเร็ว 2) หลักการประเมินความเสี่ยงตามมาตรฐานสากล (Risk Assessment Principles) ISO 45001 & ISO 31000: แอปพลิเคชันใช้หลักการบริหารจัดการความเสี่ยง โดยคำนวณจากสูตรพื้นฐานทางวิชาการ (Risk Score) = {Likelihood (โอกาส)}  $\times$  {Severity (ความรุนแรง)} Hierarchy of Controls: แนวคิดการลำดับชั้นการควบคุมอันตราย ซึ่ง AI สามารถช่วยเสนอแนะแนวทางการแก้ไขเบื้องต้นตามลำดับจาก การขจัดอันตราย (Elimination) ไปจนถึงการใช้ PPE 3) ทฤษฎีลำดับเหตุการณ์การเกิดอุบัติเหตุ (Accident Causation Models) Swiss Cheese Model (James Reason): แนวคิดที่ว่าอุบัติเหตุเกิดจากการที่ "รู" ของแผ่นเมชีงตรงกัน การเดินตรวจ (Walk Round) คือการเข้าไปปิดรูเหล่านั้นก่อนที่จะเกิดเหตุ AI จะช่วยวิเคราะห์ว่า "รู" หรือช่องโหว่ตรงไหนที่เกิดขึ้นบ่อยที่สุด (Trend Analysis) Heinrich's Pyramid: ทฤษฎีที่ระบุว่าก่อนจะเกิดอุบัติเหตุร้ายแรง 1 ครั้ง มักเกิดเหตุการณ์เกือบได้รับอันตราย (Near Miss) หรือเหตุการณ์ไม่ปลอดภัยจำนวนมาก แอปนี้จะช่วยตรวจจับเหตุการณ์ที่ฐานพีระมิดได้แม่นยำขึ้น 4) เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์และธรรมาภิบาลข้อมูล (AI & Data Governance) Computer Vision in Safety: การใช้ Deep Learning (เช่น CNN หรือ YOLO Algorithm) ในการวิเคราะห์ภาพถ่ายพนักงานเพื่อบ่งชี้ความเสี่ยงอัตโนมัติ Real-time Data Analytics: แนวคิดการเปลี่ยนข้อมูลดิบ (Big Data) ให้กลายเป็นสารสนเทศที่พร้อมใช้งาน (Actionable Insights) เพื่อให้การตัดสินใจของผู้นำไม่ได้อยู่บนพื้นฐานของความรู้สึก (Intuition) แต่ชัดเจนด้วยข้อมูล (Evidence-based)

### วัตถุประสงค์:

1. เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันปัญญาประดิษฐ์ (AI) ที่สามารถช่วยผู้นำและผู้บริหารในการบ่งชี้ความเป็นอันตราย (Hazard Identification) และประเมินระดับความเสี่ยง (Risk Assessment) ในขณะเดินตรวจหน้างานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. เพื่อสร้างมาตรฐานการประเมินความเสี่ยงที่เป็นระบบ โดยใช้ AI และเกณฑ์ Risk Matrix ตามมาตรฐานสากล ลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากดุลยพินิจส่วนบุคคล (Subjective Judgment) ของผู้ตรวจแต่ละท่าน
3. เพื่อเพิ่มความเร็วในการรายงานและแก้ไขความเสี่ยง (Real-time Reporting) ลดขั้นตอนการทำการเอกสาร และช่วยให้ข้อมูลความเสี่ยงถูกส่งถึงผู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อการแก้ไขได้ทันที
4. เพื่อรวบรวมและวิเคราะห์ฐานข้อมูลความเสี่ยง (Digital Safety Database) สำหรับนำไปใช้ในการวิเคราะห์แนวโน้ม (Trend Analysis) และวางแผนเชิงกลยุทธ์เพื่อป้องกันอุบัติเหตุในระดับองค์กร
5. เพื่อส่งเสริมและยกระดับวัฒนธรรมความปลอดภัยเชิงรุก (Proactive Safety Culture) ผ่านกระบวนการ Leadership Walk Round ที่มีความทันสมัย น่าเชื่อถือ และวัดผลได้อย่างเป็นรูปธรรม

### ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ:

1. ลดภาระงานธุรการ: ลดระยะเวลาในการจัดทำรายงานการเดินตรวจและสรุปผลความปลอดภัยได้มากกว่า [ระบุ % , เช่น 70-80%] ทำให้ผู้บริหารมีเวลาในการสื่อสารกับพนักงานได้มากขึ้น



2. ความรวดเร็วในการแก้ไขปัญหา: ข้อมูลความเสี่ยงถูกส่งต่อถึงผู้รับผิดชอบทันที (Real-time Alert) ช่วยให้เกิดการแก้ไข (Corrective Action) ได้รวดเร็วกว่าระบบกระดาษหรือการแจ้งประสานงานแบบเดิม
3. ฐานข้อมูลดิจิทัล: องค์กรจะมีคลังข้อมูลความปลอดภัย (Safety Big Data) ที่เป็นระเบียบ พร้อมสำหรับการเรียนรู้ ย้อนหลัง หรือนำไปใช้ทำรายงานประจำปีได้ทันที

---

**คำค้นหา (Keywords):**

การเดินตรวจความปลอดภัยโดยผู้นำ การประเมินความเสี่ยง Leadership Walk Round AI App

[OR22]

## ชื่อผลงาน กระบวนการเฝ้าระวังและประกันคุณภาพการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำด้วยตัวบ่งชี้ทางชีวภาพและระบบบันทึกข้อมูลดิจิทัลเพื่อการตรวจสอบย้อนกลับในโรงพยาบาล

ดร.วิทยา ชาญชัย, ปาจารย์ คงสัติย์, กัมปพร สร้อยมาลา, จันทรวดี วงศ์รุจิโรจน์ และ โสภาสินี จิตจรุรัตนเมตต์  
คณะแพทยศาสตร์ ภาควิชาสาธารณสุขศาสตร์ สาขาวิชาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยสยาม

### ที่มาและความสำคัญ:

หน่วยงานเวชภัณฑ์ที่ปราศจากเชื้อ หรือ Central Sterile Supply Department เป็นโครงสร้างพื้นฐานที่กำหนดความปลอดภัยของการรักษาพยาบาลทั้งระบบ เพราะทำหน้าที่เป็นด่านสุดท้ายก่อนเครื่องจะถูกส่งกลับไปใช้กับผู้ป่วยทุกหัตถการ โดยเฉพาะเครื่องมือกลุ่มวิกฤตที่สัมผัสเนื้อเยื่อปราศจากเชื้อหรือกระแสเลือดโดยตรง ความผิดพลาดของกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำแม้เพียงครั้งเดียวสามารถก่อให้เกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ด้านความปลอดภัยผู้ป่วยในระดับสูง ตั้งแต่ความเสี่ยงต่อการติดเชื้อในโรงพยาบาล การเพิ่มภาวะแทรกซ้อน การยืดระยะเวลาอนโรโรงพยาบาล ไปจนถึงผลกระทบต่อคุณภาพบริการ การระงับค่าใช้จ่ายและความเชื่อมั่นขององค์กร ดังนั้นการยกระดับระบบทวนสอบการทำให้ปราศจากเชื้อจึงเป็นหัวใจของ Process Safety ในระบบบริการสุขภาพ

ในแนวปฏิบัติสากล ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (Biological Indicators) และหมอดสอบทำลายกระบวนการ (PCD) เป็นเครื่องมือสำคัญที่สุดในการยืนยันประสิทธิภาพของการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำ เนื่องจากการทดสอบเชิงจุลชีววิทยาที่ตรวจจับความอยู่รอดของสปอร์ที่มีความทนทานสูงได้โดยตรง อย่างไรก็ตามระบบแบบเดิมยังมีข้อจำกัดเชิงกระบวนการที่นำไปสู่ความเสี่ยงเชิงระบบ 4 ประเด็นสำคัญ ได้แก่ ประเด็นแรกคือความล่าช้าในการทราบผลและการตัดสินใจปล่อยไหลระบบอ่านผลแบบเดิมต้องใช้เวลา เช่น 24 นาที่สำหรับการอ่านผลในบริบทการทำงานจริง ทำให้เกิดสภาวะคอคบดในกระบวนการ นำไปสู่การปล่อยเครื่องมือแบบมีเชื้อนัยก่อนทราบผลยืนยันอย่างสมบูรณ์ในบางสถานการณ์ที่มีความเร่งด่วน หากรอบนั้นล้มเหลวจะเกิดความเสี่ยงของการใช้งานเครื่องมือที่ยังไม่ผ่านการยืนยันผลครบถ้วน รวมถึงการเรียกคืนเครื่องมือและการสืบค้นย้อนหลังซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่มีผลกระทบสูงต่อความปลอดภัยผู้ป่วยและการจัดการคุณภาพ ประเด็นที่สองคือความเสี่ยงของผลลบลวงในรอบทำทั้งซึ่งเป็นจุดวิกฤตของกระบวนการด้านความปลอดภัย การทวนสอบที่มีเวลาไม่เพียงพออาจให้ผลลบลวงที่ยังมีสปอร์รอดชีวิตอยู่ส่งผลให้เกิดผลลบลวง ซึ่งเป็นความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ในระบบความปลอดภัยผู้ป่วย จากการทบทวนงานวิจัยเชิงทดลองในหน่วยเวชภัณฑ์ที่ปราศจากเชื้อ โรงพยาบาลรามารับัติจักรีนตบดินทร์ สถาบันการแพทย์จักรีนตบดินทร์ คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล ได้ออกแบบการทดสอบสามระดับเวลา 1 นาที 3 นาที และ 5 นาที เพื่อสะท้อนสภาวะไม่สมบูรณ์ ทั้งที่ และสมบูรณ์ พบว่าตัวบ่งชี้ทางชีวภาพแบบอ่านผลภายใน 5 นาทีมีความไวสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญในรอบทำทั้ง โดยตรวจพบสปอร์ที่รอดชีวิตได้ร้อยละ 95 เทียบกับร้อยละ 85 ของระบบอ่านผล 24 นาที และพบว่าระบบอ่านผล 24 นาทีมีแนวโน้มเกิดผลลบลวงในภาวะทำทั้งมากกว่า ซึ่งเป็นแก่นปัญหาด้าน Process Safety เพราะเป็นช่วงที่ต้องการเครื่องมือทวนสอบที่ไวและเชื่อถือได้สูงสุด

ประเด็นที่สามคือภาระงานและความเสี่ยงด้านชีวอนามัยของบุคลากรในงานเวชภัณฑ์ที่ปราศจากเชื้อ ซึ่งมักถูกมองข้าม บุคลากรต้องทำงานใกล้เครื่องนี้ไอน้ำอุณหภูมิสูงและสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูง ทำงานซ้ำ ๆ และเผชิญแรงกดดันด้านเวลาเพื่อรองรับความต้องการเครื่องมือของห้องผ่าตัดและหน่วยบริการต่าง ๆ ความล่าช้าในการทราบผลทำให้เกิดงานค้าง เพิ่มการเดินงานซ้ำ เพิ่มความตึงเครียดจากความไม่แน่นอน และเพิ่มโอกาสเกิดความผิดพลาดของมนุษย์จากความเหนื่อยล้าและการเร่งรีบ นอกจากนี้หากเกิดการทำให้ปราศจากเชื้อซ้ำจะเพิ่มการสัมผัสความร้อนและการก่อกวนทางกายภาพอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้นการแก้ปัญหาความปลอดภัยกระบวนการต้องแก้ทั้งด้านเทคนิคและด้านปัจจัยมนุษย์ไปพร้อมกัน ประเด็นที่สี่คือผลกระทบสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยในการจัดการของเสียจากอุปกรณ์ทดสอบ โดยเฉพาะ PCD และวัสดุใช้แล้วที่กลายเป็นขยะติดเชื้อที่ต้องกำจัดอย่างเข้มงวด ปริมาณของเสียจากกิจกรรมทวนสอบแม้เป็นชิ้นเล็กแต่ก็เกิดขึ้นในทุกโรงพยาบาล ทำให้สะสมเป็นภาระของระบบกำจัดขยะติดเชื้อ เพิ่มค่าใช้จ่าย เพิ่มคาร์บอนฟุตพริ้นท์ และเพิ่มความเสี่ยงต่อผู้ปฏิบัติงานด้านการจัดการของเสีย หากผลิตภัณฑ์ไม่ถูกออกแบบให้ลดวัสดุหรือเข้าสู่ระบบรีไซเคิลได้ตั้งแต่ต้นน้ำ

จากช่องว่างเชิงระบบดังกล่าว โครงการนี้จึงพัฒนาเป็นนวัตกรรม Process Safety Innovation แบบบูรณาการ ที่ออกแบบเพื่อควบคุมความเสี่ยงของกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อทั้งกระบวนการในการทำงาน ไม่ใช่เพียงปรับปรุงอุปกรณ์ชิ้นเดียว โดยตั้งต้นจากหลักคิดสำคัญสามข้อ ได้แก่ ตรวจสอบความล้มเหลวให้เร็วที่สุด ลดโอกาสผลลบลวงในรอบทำทั้ง และลดภาระงานซ้ำเพื่อยกระดับความปลอดภัยของทั้งผู้ป่วยและผู้ปฏิบัติงาน

หลักฐานสำคัญของการพัฒนาเกิดจากการประเมินเชิงทดลองภาคสนามจำนวน 3,600 รอบการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำ ระหว่างเดือนมกราคมถึงมีนาคม 2568 โดยเปรียบเทียบกับระบบเดิมกับระบบใหม่ที่เป็น BI และ PCD รุ่นใหม่ซึ่งอ่านผลภายใน 5 นาทีและออกแบบวัสดุให้สามารถเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิลได้ การศึกษาประเมินทั้งเวลาอ่านผล ความคล่องตัวในการทำงาน จำนวนรอบนิ่งซ้ำ ปริมาณขยะและเศษวัสดุเหลือทิ้ง และผลการดำเนินงานบุคลากรในบริบทชีวอนามัย

ผลการประเมินภาคสนามชี้ให้เห็นว่า ระบบใหม่ลดระยะเวลาการรออ่านผลจากค่าเฉลี่ย 24 นาทีเหลือ 5 นาที ลดลงประมาณร้อยละ 79.17 ทำให้การตัดสินใจทักหรือปล่อยไหลเกิดขึ้นได้ใกล้รีเลย์ไอน้ำ ลดคอคบดของการทำงาน เพิ่มความสามารถในการหมุนเวียนเครื่องมือกลับคืนสู่การใช้งาน ลดความจำเป็นของการนิ่งซ้ำ และลดการใช้พลังงานรวมของระบบจากการลดงานซ้ำ ผลเชิงกระบวนการนี้มีความหมายต่อความปลอดภัยผู้ป่วยอย่างยิ่ง เพราะลดช่วงเวลาที่เสี่ยงที่เครื่องมืออาจถูกปล่อยก่อนทราบผลยืนยัน และลดความไม่แน่นอนในระบบที่เป็นต้นตอของเหตุการณ์ความผิดพลาดเชิงระบบ

ในมิติสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยของการจัดการของเสีย ระบบ PCD รุ่นใหม่มีผลลัพธ์โดดเด่นโดยลดน้ำหนักขยะต่อรอบจาก 265 กรัม เหลือ 22 กรัม คิดเป็นการลดลงร้อยละ 91.7 และเมื่อนำไปใช้จำนวนรอบมากจะลดภาระขยะติดเชื้ออย่างมีนัยสำคัญ ที่สำคัญวัสดุหลังใช้งานถูกนำไปเข้าสู่กระบวนการทำความสะอาด หลอม และป้อนเป็นเส้นใยโพลีเอสเตอร์จนผลิตเป็นเสื้อผ้าใช้ในโรงพยาบาลได้จริง แสดงศักยภาพของระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนในบริบทอุปกรณ์ควบคุมการติดเชื้อซึ่งพบได้น้อยมากในภาคสุขภาพ ความสามารถในการช่วยลดความเสี่ยงเชิงระบบด้านสิ่งแวดล้อมและเพิ่มความปลอดภัยของห่วงโซาการจัดการขยะ โดยเปลี่ยนวัสดุใช้แล้วจากภาระกำจัดเป็นทรัพยากรที่นำกลับมาใช้ประโยชน์ได้

ในมิติชีวอนามัย ผลลัพธ์สะท้อนการลดภาระงานของบุคลากรอย่างชัดเจน เนื่องจากเวลาผลลบลวง งานค้างลดลง ความเครียดจากการรอผลและการเร่งรีบลดลง และการลดรอบนิ่งซ้ำช่วยลดความถี่ของการทำงานใกล้แหล่งความร้อนและไอน้ำ ลดความเหนื่อยล้าและความเสี่ยงจากความผิดพลาดของมนุษย์ในงานที่ต้องการความแม่นยำสูง นอกจากนี้ระบบใหม่ยังมีความสามารถด้านการบันทึกผลแบบดิจิทัล เช่น PDF, Excel และ JPG ลดการจดบันทึกด้วยมือ ลดความผิดพลาดจากเอกสาร ลดการสูญหายของข้อมูล และเพิ่มความสามารถในการตรวจสอบย้อนกลับ ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของ Process Safety เพราะทำให้การสืบค้น วิเคราะห์ แนวโน้ม และการบริหารความเสี่ยงทำได้อย่างเป็นระบบ

เมื่อบูรณาการหลักฐานทั้งหมด โครงการนี้จึงมีความสำคัญในฐานะนวัตกรรมที่ยกระดับความปลอดภัยของกระบวนการอย่างครบวงจร ครอบคลุม 1 การป้องกันความล้มเหลวและการตรวจจับที่รวดเร็วและไวในรอบทำทั้ง 2 การลดโอกาส false release ที่มีความเสี่ยงวิกฤตต่อผู้ป่วย 3 การลดภาระงานซ้ำและปัจจัยเสี่ยงด้านชีวอนามัยของบุคลากร 4 การลดขยะติดเชื้อและสร้างเส้นทางรีไซเคิลที่พิสูจน์ได้จริง และ 5 การเพิ่ม traceability ด้วยระบบดิจิทัลเพื่อรองรับการพัฒนาคุณภาพอย่างต่อเนื่อง

กล่าวโดยสรุป ที่มาของโครงการนี้ไม่ได้เกิดจากการพัฒนาอุปกรณ์เพียงเพื่อความสะดวก แต่เกิดจากการมองเห็นช่องว่างความเสี่ยงเชิงระบบของกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อ ซึ่งเป็นกระบวนการวิกฤตต่อผู้ป่วยและผู้ปฏิบัติงาน พร้อมกันนี้ยังใช้หลักฐานเชิงทดลองภาคสนามจำนวนมากเพื่อยืนยันผลลัพธ์ที่จับต้องได้ทั้งด้านความปลอดภัยผู้ป่วย ประสิทธิภาพงาน ชีวอนามัย และสิ่งแวดล้อม โครงการนี้จึงมีความพร้อมสูงในการเป็นต้นแบบ Process Safety Innovation สำหรับโรงพยาบาลไทย และมีศักยภาพในการขยายผลเป็นมาตรฐานการทวนสอบแบบรายไหลที่ปลอดภัย ยั่งยืน และตรวจสอบได้ในระดับประเทศ

## แนวคิดอ้างอิงตามหลักวิชาการ:

โครงการนี้ตั้งอยู่บนกรอบแนวคิดด้าน Process Safety ในระบบบริการสุขภาพ ซึ่งมองว่ากระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำในหน่วยเวชภัณฑ์ ปราศจากเชื้อเป็นกระบวนการวิกฤตที่มีผลกระทบต่อผู้ป่วยโดยตรง ความผิดพลาดของกระบวนการแม้เพียงครั้งเดียวสามารถก่อให้เกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ที่มีความรุนแรงสูง ดังนั้นการควบคุมความเสี่ยงจึงต้องดำเนินในระดับกระบวนการ ไม่ใช่เพียงการตรวจสอบปลายทางเป็นครั้งคราว แนวคิด Process Safety เน้นการออกแบบระบบให้สามารถป้องกัน ตรวจจับ และควบคุมความล้มเหลวได้ตั้งแต่ต้นทาง พร้อมมีข้อมูลที่ตรวจสอบย้อนกลับได้เพื่อสนับสนุนการวิเคราะห์สาเหตุรากและ การปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่อง

ในบริบทของการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำ วรรณกรรมด้านการควบคุมการติดเชื้อและมาตรฐานสากล เช่น แนวทางของ AAMI และ CDC ระบุ สอดคล้องกันว่าตัวบ่งชี้ทางชีวภาพเป็นมาตรฐานสูงสุดในการยืนยันประสิทธิภาพของกระบวนการ เนื่องจากเป็นการทดสอบผลลัพธ์เชิงจุลชีววิทยาโดยตรงผ่านการ ใช้สปอร์ของเชื้อที่มีความทนทานสูง เช่น *Geobacillus stearothermophilus* หากไม่พบการเจริญหลังการบ่มเพาะ ย่อมสะท้อนว่ากระบวนการสามารถทำลายจุลชีพที่ ทนทานที่สุดได้สำเร็จ หลักฐานเชิงทฤษฎีนี้ได้รับการสนับสนุนจากเอกสารมาตรฐานด้านตัวชี้วัดทางเคมีและชีวภาพในกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อ ซึ่งยืนยันบทบาท ของ Biological Indicator ในฐานะ gold standard ของการตรวจสอบ อย่างไรก็ตาม วรรณกรรมยังสะท้อนข้อจำกัดของระบบอ่านผลแบบดั้งเดิมที่ต้องใช้ระยะเวลา บ่มเพาะยาวนาน ทำให้เกิดช่วงเวลาที่สร้างความไม่แน่นอนก่อนการยืนยันผลอย่างสมบูรณ์ ในสถานการณ์เร่งด่วนบางกรณีอาจเกิดการปล่อยไหลแบบมีเงื่อนไข หากรอบ นั้นล้มเหลวจะก่อให้เกิดความเสี่ยงเชิงระบบ ทั้งในมิติความปลอดภัยผู้ป่วย การเรียกคืนเครื่องมือ และการสืบค้นย้อนหลัง ปัญหานี้สะท้อนช่องว่างด้าน Process Safety ที่จำเป็นต้องได้รับการแก้ไขด้วยเครื่องมือที่มีความไวสูงและให้ผลรวดเร็ว

หลักฐานเชิงประจักษ์ของโครงการได้ออกแบบการทดลองภายใต้สภาวะไม่สมบูรณ์ ท่าทั้ง และสมบูรณ์ เพื่อประเมินความไวของเครื่องมือตรวจสอบในจุด วิกฤตของกระบวนการ การศึกษาเชิงทดลองจำนวน 600 ตัวอย่างพบว่าในรอบท่าทั้ง ตัวบ่งชี้แบบอ่านผลภายใน 5 นาทีมีความไวร้อยละ 95 ขณะที่ระบบอ่านผล 24 นาทีมีความไวร้อยละ 85 และพบแนวโน้มผลลบลงในระบบ 24 นาทีมากกว่าในภาวะเดียวกัน ผลดังกล่าวมีนัยสำคัญเชิงกระบวนการ เพราะรอบท่าทั้งเป็นช่วงที่การ ล้มเหลวเกิดแบบแฝงและมีโอกาสทำให้เกิด false release ซึ่งเป็นความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ในระบบความปลอดภัยผู้ป่วย หลักฐานนี้สนับสนุนกรอบทฤษฎีว่าเครื่องมือที่ ไวกว่าและรายงานผลได้เร็วกว่า สามารถลดความเสี่ยงเชิงระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษาภาคสนามขนาดใหญ่จำนวน 3,600 รอบในบริบทการทำงานจริงของ หน่วยเวชภัณฑ์ที่ปลอดภัยยืนยันผลในเชิงประสิทธิภาพกระบวนการ โดยพบวาระระบบอ่านผล 5 นาทีสามารถลดระยะเวลาปลอดจากค่าเฉลี่ย 24 นาทีเหลือ 5 นาที ลดลง ประมาณร้อยละ 79.17 ส่งผลให้การตัดสินใจที่ถูกต้องหรือปล่อยไหลเกิดขึ้นได้ใกล้เคียงกับมนุษย์ ลดคอขวดของกระบวนการ ลดจำนวนรอบนิ่งซ้ำ และเพิ่มอัตราการหมุนเวียน เครื่องมือ ผลเชิงประจักษ์นี้สอดคล้องกับทฤษฎีด้าน human factors และความปลอดภัยในระบบงานที่ระบุว่าการลดความล่าช้า งานค้างคั่ง และความเร่งรีบเป็นปัจจัยเพิ่มความ เหนื่อยล้าและความผิดพลาดของมนุษย์ การลดเวลาปลอดจึงมีผลเชิงบวกทั้งต่อประสิทธิภาพและอาชีวอนามัยของบุคลากร

ในมิติสิ่งแวดล้อม วรรณกรรมด้านขยะทางการแพทย์ชี้ให้เห็นแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของขยะติดเชื้อและพลาสติกใช้ครั้งเดียว และเสนอการจัดการปลายทาง เพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอ จำเป็นต้องออกแบบผลิตภัณฑ์ให้ลดของเสียตั้งแต่ต้นทางและรองรับการรีไซเคิลได้ หลักฐานภาคสนามของโครงการแสดงให้เห็นว่า PCD รุ่น ใหม่ที่ออกแบบให้รีไซเคิลได้สามารถลดน้ำหนักขยะต่อรอบจาก 265 กรัมเหลือ 22 กรัม ลดลงร้อยละ 91.7 และวัสดุหลังใช้งานสามารถเข้าสู่กระบวนการทำความสะอาด หลอม และป้อนเส้นใยเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ได้จริง แสดงให้เห็นความเป็นไปได้ของการประยุกต์แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนในบริบทการควบคุมการติดเชื้อ ซึ่งเป็น หลักฐานเชิงปฏิบัติที่เสริมความแข็งแกร่งให้กับกรอบ Green Hospital และ Sustainable Healthcare

นอกจากนี้ แนวคิด Digital Traceability เป็นองค์ประกอบสำคัญของ Process Safety เนื่องจากการควบคุมกระบวนการที่มีความเสี่ยงสูงต้องอาศัย ข้อมูลที่ครบถ้วน ตรวจสอบย้อนกลับได้ และสามารถวิเคราะห์แนวโน้มได้อย่างเป็นระบบ โครงการนี้แสดงหลักฐานว่าการเปลี่ยนจากการบันทึกด้วยมือไปสู่ระบบบันทึก ดิจิทัลที่สามารถสร้างไฟล์มาตรฐาน เช่น PDF และ Excel ช่วยลดความคลาดเคลื่อนของข้อมูล เพิ่มความครบถ้วน และสนับสนุนการทำ root cause analysis เมื่อเกิด เหตุผิดปกติ ซึ่งสอดคล้องกับหลักการบริหารความเสี่ยงในงานวิศวกรรมความปลอดภัยและการจัดการคุณภาพบริการสุขภาพ เมื่อวิเคราะห์จากวรรณกรรมและ หลักฐานเชิงประจักษ์ของโครงการ สามารถอธิบายกลไกผลลัพธ์ได้อย่างเป็นเหตุเป็นผล กล่าวคือ การเพิ่มความไวและลดเวลาปลอดของตัวบ่งชี้ทางชีวภาพนำไปสู่การ ตรวจจับความล้มเหลวได้เร็วขึ้นและลดผลลบลงในรอบท่าทั้ง ส่งผลให้ลดความเสี่ยง false release ต่อผู้ป่วย ขณะเดียวกันการลดเวลาปลอดและลดงานซ้ำช่วยลดภาระ งานและปัจจัยเสี่ยงด้านอาชีวอนามัยของบุคลากร การออกแบบ PCD ให้รีไซเคิลได้ช่วยลดขยะติดเชื้อจำนวนมากและสร้างเส้นทางเศรษฐกิจหมุนเวียนที่พิสูจน์ได้จริง และ ระบบดิจิทัลช่วยเพิ่มความโปร่งใสและความสามารถในการปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่อง

ดังนั้น โครงการนี้จึงมีฐานคิดทางวิชาการที่ชัดเจน ได้รับการสนับสนุนจากมาตรฐานสากลและหลักฐานภาคสนามขนาดใหญ่และสามารถอธิบายความ เชื่อมโยงเชิงเหตุผลระหว่างนวัตกรรม ผลลัพธ์ด้านความปลอดภัยผู้ป่วย อาชีวอนามัยบุคลากร ประสิทธิภาพกระบวนการ และความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อมได้อย่าง ครบถ้วนในกรอบ Process Safety และ Green Hospital อย่างบูรณาการ

## วัตถุประสงค์:

1. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบเฝ้าระวังการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำโดยใช้ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพชนิดอ่านผลรวดเร็ว ในการเพิ่มความไวและลดผลลบลง ของการตรวจจับรอบล้มเหลว
2. เพื่อประเมินผลด้านสิ่งแวดล้อมจากการใช้อุปกรณ์ทำลายกระบวนการที่สามารถรีไซเคิลได้ โดยวัดการลดปริมาณขยะติดเชื้อต่อรอบและศักยภาพการนำวัสดุ กลับมาใช้ประโยชน์
3. เพื่อประเมินความสามารถของระบบบันทึกข้อมูลในการตรวจสอบย้อนกลับและสนับสนุนการพัฒนาคุณภาพอย่างต่อเนื่องภายใต้แนวทางโรงพยาบาลสีเขียว

## ขั้นตอนการดำเนินงาน:

การดำเนินโครงการระบบเฝ้าระวังและประกันคุณภาพการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำโดยใช้ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพชนิดอ่านผลเร็วร่วมกับอุปกรณ์ทำลายกระบวนการ ที่สามารถรีไซเคิลได้ ภายใต้แนวทางโรงพยาบาลสีเขียว ดำเนินการอย่างเป็นระบบตามหลัก Process Safety และการวิจัยเชิงประเมินผลภาคสนาม โดยแบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์สถานการณ์และประเมินความเสี่ยงเชิงกระบวนการ
- ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบระบบและเตรียมความพร้อมอุปกรณ์
- ขั้นตอนที่ 3 การทดลองเชิงควบคุมเพื่อประเมินประสิทธิภาพเชิงจุลชีววิทยา
- ขั้นตอนที่ 4 การทดลองภาคสนามในงานประจำ
- ขั้นตอนที่ 5 การประเมินผลด้านอาชีวอนามัยและปัจจัยมนุษย์
- ขั้นตอนที่ 6 การประเมินผลด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจหมุนเวียน
- ขั้นตอนที่ 7 การวิเคราะห์ข้อมูล สังเคราะห์ผล และพัฒนาแนวปฏิบัติมาตรฐาน

## นวัตกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact): พลิกโฉมเมทริกซ์ประสิทธิภาพ



### ผลการทดสอบเชิงประสิทธิภาพ:

ผลการประเมินเชิงทดลองจำนวน 600 ตัวอย่าง พบว่าในรอบที่ทั้ง ตัวบ่งชี้แบบอ่านผล 5 นาทีมีความไวร้อยละ 95 ขณะที่แบบอ่านผล 24 นาทีมีความไวร้อยละ 85 และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าระบบอ่านผลรวดเร็วสามารถลดความเสี่ยงของผลลบลวงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในรอบสมบูรณ์ทั้งสองระบบมีความจำเพาะร้อยละ 100

ผลการทดสอบภาคสนาม 3,600 รอบ พบว่าสามารถลดระยะเวลาการรออ่านผลจากค่าเฉลี่ย 24 นาทีเหลือ 5 นาที ลดลงประมาณร้อยละ 79.17 ส่งผลให้การตัดสินใจหลีกเลี่ยงข้อผิดพลาดเป็นไปอย่างรวดเร็ว ลดงานค้างค้ำ และลดจำนวนรอบนิ่งซ้ำอย่างชัดเจน

### สรุปผลการทดสอบการใช้งาน:

ผลการทดสอบทั้งเชิงทดลองและภาคสนามยืนยันว่า นวัตกรรมนี้สามารถเพิ่มความไวในการตรวจจับรอบล้มเหลว ลดผลลบลวง ลดระยะเวลาการตัดสินใจลดภาระงานบุคลากร และลดขยะติดเชื้อได้พร้อมกันในระบบเดียว สะท้อนความสำเร็จของการยกระดับความปลอดภัยเชิงกระบวนการในหน่วยเวชภัณฑ์ปลอดเชื้ออย่างมีประสิทธิภาพ และมีศักยภาพในการขยายผลสู่ระดับองค์กรและระดับประเทศต่อไป

### แนวทางการปรับปรุงพัฒนาผลงาน:

แนวทางการปรับปรุงหรือพัฒนาผลงานนวัตกรรมนี้มุ่งเน้นการยกระดับจากการใช้งานในระดับหน่วยงานไปสู่ระบบความปลอดภัยเชิงกระบวนการที่มีความเข้มแข็ง ขยายผลได้ และยั่งยืนในระยะยาว โดยเริ่มจากการพัฒนาด้านประสิทธิภาพเชิงเทคนิคให้ครอบคลุมสถานการณ์จริงที่หลากหลายมากขึ้น เช่น การทดสอบในโรงพยาบาลหลายระดับและหลายบริบทการใช้งาน เพื่อยืนยันความเที่ยงตรงของผลลัพธ์ รวมถึงการประเมินกับเครื่องทำให้อากาศจากเชื้อหลายยี่ห้อหรือหลายรุ่น เพื่อลดข้อจำกัดจากปัจจัยเฉพาะของเครื่องจักร นอกจากนี้ควรต่อยอดการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึก เช่น การวิเคราะห์แนวโน้มเชิงพยากรณ์เพื่อระบุรอบที่มีความเสี่ยงล่วงหน้า และการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์สุขภาพ เพื่อสะท้อนผลลัพธ์เชิงระบบทั้งด้านต้นทุน เวลา และความปลอดภัยที่ลดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ได้อย่างชัดเจน

โดยภาพรวม แนวทางการพัฒนาต่อเนื่องนี้มีเป้าหมายให้ผลงานนวัตกรรมกลายเป็นระบบความปลอดภัยเชิงกระบวนการที่มีหลักฐานรองรับ สามารถตรวจจับความล้มเหลวได้รวดเร็ว ลดความเสี่ยงต่อผู้ป่วย ลดภาระและความเสี่ยงของบุคลากร และสร้างผลลัพธ์ด้านสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน พร้อมรองรับการขยายผลในระดับองค์กรและระดับประเทศอย่างมั่นคง

### ผล/ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ:

ผลงานนวัตกรรมนี้คาดว่าจะก่อให้เกิดประโยชน์อย่างเป็นรูปธรรมทั้งในมิติความปลอดภัยผู้ป่วย ความปลอดภัยในการทำงานของบุคลากร ประสิทธิภาพกระบวนการ และความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อม โดยสามารถสรุปผลที่คาดว่าจะได้รับดังนี้

- ด้านความปลอดภัยผู้ป่วย ระบบตัวบ่งชี้ทางชีวภาพแบบอ่านผลรวดเร็วช่วยเพิ่มความไวในการตรวจจับความล้มเหลวของกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อ โดยเฉพาะในรอบที่ทั้งที่มีความเสี่ยงสูง ลดโอกาสเกิดผลลบลวงและลดความเสี่ยงการปล่อยเชื้อที่ยังไม่ผ่านการยืนยันผลอย่างสมบูรณ์ ส่งผลให้ลดความเสี่ยงต่อการติดเชื้อในโรงพยาบาล และเพิ่มความเชื่อมั่นในระบบควบคุมการติดเชื้อขององค์กร
- ด้านความปลอดภัยและอาชีวอนามัยของบุคลากร การลดระยะเวลาการอ่านผลและลดจำนวนรอบนิ่งซ้ำช่วยลดภาระงาน ลดความเครียดจากการเร่งรีบ และลดการสัมผัสความร้อนและไอน้ำซ้ำ ๆ ในหน่วยเวชภัณฑ์ปลอดเชื้อ ส่งผลให้สภาพแวดล้อมการทำงานมีความปลอดภัยมากขึ้น ลดความเสี่ยงจากความเหนื่อยล้าและความผิดพลาดของมนุษย์
- ด้านประสิทธิภาพกระบวนการและการบริหารจัดการ ระบบอ่านผลภายใน 5 นาทีช่วยลดคอขวดของกระบวนการเพิ่มความรวดเร็วในการตัดสินใจหลีกเลี่ยงข้อผิดพลาด ลดงานค้างค้ำ และเพิ่มอัตราการหมุนเวียนเครื่องมือ ส่งผลให้การให้บริการทางคลินิกมีความต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ระบบบันทึกผลแบบดิจิทัลยังเพิ่มความสามารถในการตรวจสอบย้อนกลับ สนับสนุนการวิเคราะห์แนวโน้มและการพัฒนาคุณภาพอย่างต่อเนื่อง
- ด้านสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน การใช้ PCD ที่ออกแบบให้ใช้วัสดุย่อยสลายได้ช่วยลดปริมาณขยะติดเชื้ออย่างมีนัยสำคัญ ลดภาระการจัดการของเสีย ลดต้นทุนระยะยาว และสนับสนุนแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนในระบบสุขภาพ ส่งเสริมภาพลักษณ์องค์กรในฐานะโรงพยาบาลที่รับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม
- ด้านการขยายผลและนโยบายสาธารณะ นวัตกรรมนี้มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นแบบปฏิบัติมาตรฐานสำหรับการทดสอบแบบรายโหลในหน่วยเวชภัณฑ์ปลอดเชื้อ สามารถถ่ายทอดองค์ความรู้และขยายผลสู่โรงพยาบาลอื่นได้ ตลอดจนสนับสนุนการกำหนดนโยบายด้านความปลอดภัยเชิงกระบวนการในระดับองค์กรและระดับประเทศ

โดยสรุป นวัตกรรมนี้ไม่เพียงเพิ่มประสิทธิภาพของการทำให้ปราศจากเชื้อ แต่ยังสร้างผลลัพธ์เชิงบูรณาการที่ครอบคลุมความปลอดภัยผู้ป่วย ความปลอดภัยในการทำงาน ประสิทธิภาพระบบ และความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อมอย่างสมดุลและยั่งยืน

### แนวทางการนำไปเผยแพร่หรือพัฒนาและความยั่งยืนในการลดอัตราการประสับอันตราย:

การขยายผลและสร้างความยั่งยืนของนวัตกรรมนี้วางอยู่บนหลักการ พัฒนาเชิงระบบ ต่อยอดเชิงมาตรฐาน และต่อยอดเชิงนโยบาย เพื่อให้ผลลัพธ์ด้านความปลอดภัยเชิงกระบวนการไม่หยุดอยู่เพียงหน่วยงานต้นแบบ แต่สามารถขยายผลสู่ระดับองค์กรและระดับประเทศได้อย่างต่อเนื่อง

ในระยะยาว นวัตกรรมนี้มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นต้นแบบระดับประเทศสำหรับการทดสอบกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อแบบรายโหลที่มีความไวสูง ให้ผลรวดเร็ว ตรวจสอบย้อนกลับได้ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยอาศัยกลไกการเผยแพร่เชิงวิชาการ การถ่ายทอดองค์ความรู้ การบูรณาการเข้ากับระบบคุณภาพ และความร่วมมือเชิงเครือข่าย เพื่อสร้างความยั่งยืนทั้งในมิติความปลอดภัยผู้ป่วย อาชีวอนามัยบุคลากร และการพัฒนาระบบสุขภาพอย่างสมดุลในระยะยาว

### คำค้นหา (Keywords):

ความปลอดภัยเชิงกระบวนการ การทำให้ปราศจากเชื้อ โรงพยาบาลสีเขียว



# Section of Insight:

Knowledge sharing :Research



[OR02]

## การประสบอันตรายที่มีผลกระทบแก่จิตใจ กับ การเจ็บป่วยหรือความผิดปกติทางจิตและพฤติกรรมที่เกิดขึ้นเนื่องจากการทำงาน

พริษฐ์ โพธิ์งาม<sup>1\*</sup>, จารุพงษ์ พรหมวิทักษ์<sup>2</sup>

<sup>1</sup>แพทย์อาชีวเวชศาสตร์ โรงพยาบาลสมิติเวช สุขุมวิท; Parit.Ph@bdms.co.th

<sup>2</sup>อนุกรรมการการแพทย์หน่วยที่ 4 และ อนุกรรมการฟื้นฟูสมรรถภาพคนงานภาค 2 กองทุนเงินทดแทน สำนักงานประกันสังคม; charubongse@yahoo.com

\*Corresponding Author E-mail: Parit.Ph@bdms.co.th

โทรศัพท์: 02-022-2222

---

### บทคัดย่อ

#### ความสำคัญ:

พระราชบัญญัติเงินทดแทน พ.ศ. 2537 ลูกจ้างที่ประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงานจะได้รับสิทธิประโยชน์ตามที่กฎหมายกำหนด การวินิจฉัยว่าการประสบอันตรายหรือการเจ็บป่วยนั้นเกิดขึ้นเนื่องจากการทำงานจะนำไปสู่กระบวนการป้องกัน การแจ้งต่อนักงานเจ้าหน้าที่แรงงาน การบันทึกข้อมูล รวมถึงการจ่ายเงินทดแทนต่อไป การประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงานของลูกจ้างนั้นนอกจากจะเกิดขึ้นกับสุขภาพกายแล้วยังสามารถเกิดขึ้นกับสุขภาพจิตได้อีกด้วย

#### วัตถุประสงค์ :

เพื่อศึกษาแนวทางในการวินิจฉัยความเกี่ยวเนื่องกับการทำงาน ของการประสบอันตรายที่มีผลกระทบแก่จิตใจกับการเจ็บป่วยหรือความผิดปกติทางจิตและพฤติกรรมของลูกจ้าง และเพื่อเป็นแนวทางประกอบในการจ่ายเงินทดแทนตามพระราชบัญญัติเงินทดแทน รวมถึงเพื่อเป็นการป้องกันปัญหาสุขภาพจิตแก่ลูกจ้างในสถานประกอบการ

#### วิธีการศึกษา :

ทบทวนองค์ความรู้ทั้งมุมมองด้านกฎหมายและด้านการแพทย์ในระดับประเทศและระดับสากล

#### สรุปผลการศึกษา :

ขั้นตอนการวินิจฉัยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนหลัก คือ 1) การวินิจฉัยโรคหรือการเจ็บป่วยทางการแพทย์ และ 2) การวินิจฉัยความเกี่ยวเนื่องกับการทำงาน โดยที่การประสบอันตราย หมายถึง การที่ลูกจ้างได้รับอันตรายแก่กายหรือผลกระทบแก่จิตใจ หรือถึงแก่ความตาย เนื่องจากการทำงานหรือป้องกันรักษาประโยชน์ให้แก่ตนหรือผู้อื่น หรือการที่ลูกจ้างได้รับอันตรายซึ่งมีลักษณะสำคัญคือ มักจะเกิดขึ้นโดยฉับพลันทันใด และเกิดจากปัจจัยภายนอกร่างกาย ส่วนการเจ็บป่วย หมายถึง การที่ลูกจ้างเจ็บป่วยหรือถึงแก่ความตายด้วยโรคซึ่งเกิดขึ้นตามลักษณะ หรือสภาพของงานหรือเนื่องจากการทำงาน ซึ่งมีลักษณะสำคัญคือ มักจะเกิดขึ้นแบบช้าๆ ค่อยเป็นค่อยไปและเป็นเหตุจากปัจจัยภายในร่างกาย ซึ่งกระทรวงแรงงานได้กำหนดชนิดของการเจ็บป่วยด้วยโรคหรือความผิดปกติทางจิตและพฤติกรรม ไว้ 2 ชนิด คือ 1) โรคเครียดภายหลังเหตุการณ์สะเทือนขวัญ (Post-traumatic stress disorder) และ 2) ความผิดปกติทางจิตหรือพฤติกรรมอื่นให้เป็นไปตามความเห็นของคณะกรรมการการแพทย์ กองทุนเงินทดแทน แต่ในกรณีที่ลูกจ้างได้รับผลกระทบแก่จิตใจจากเหตุการณ์หรืออุบัติเหตุที่เกิดขึ้นเนื่องจากการทำงาน หรือ เกิดขึ้นเพราะการป้องกันรักษาผลประโยชน์ให้แก่ตนหรือผู้อื่น หรือ เกิดขึ้นเพราะลูกจ้างทำตามคำสั่งของนายจ้างนั้นจะเป็นการประสบอันตรายเนื่องจากการทำงาน และในกรณีที่ลักษณะหรือสภาพของการทำงานของลูกจ้างมีความไม่ปลอดภัยต่อสุขภาพจิตหรือลูกจ้างเผชิญกับเหตุการณ์สะเทือนขวัญในสถานที่ทำงาน หรือลูกจ้างได้รับสัมผัสต่อสิ่งคุกคามต่อสุขภาพจิตในสถานที่ทำงาน ก็จะต้องถือว่าเป็นการเจ็บป่วยทางจิตของลูกจ้างนั้นเกิดขึ้นเนื่องจากการทำงาน ซึ่งต้องได้รับการทดแทนเป็นค่ารักษาพยาบาล ค่าฟื้นฟูสมรรถภาพ และค่าทดแทนตามกฎหมาย ดังนั้นแพทย์ผู้รักษาควรมีความรู้และแจ้งข้อมูลถึงการเจ็บป่วยทางจิตหรือการประสบอันตรายทางจิตที่สงสัยว่าจะเกิดขึ้นเนื่องจากการทำงานแก่ลูกจ้าง รวมถึงจัดทำเอกสาร เช่น กก.16/1 เพื่อเป็นการให้ความรู้แก่พนักงานเจ้าหน้าที่ ซึ่งจะได้นำการสอบสวนหาข้อมูล หรือ หลักฐานเพิ่มเติมแล้วนำเข้าสู่กระบวนการพิจารณาออกคำสั่งและจ่ายค่าทดแทนต่างๆอย่างถูกต้องต่อไป ในส่วนของนายจ้างหากพบว่าลูกจ้างได้รับผลกระทบแก่จิตใจควรรีบแจ้งการประสบอันตรายแก่พนักงานเจ้าหน้าที่และส่งตัวลูกจ้างเข้ารับการรักษายาบาลทันทีเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดผลกระทบแก่จิตใจนั้นกลายเป็นผลเสียต่อสุขภาพกายและสุขภาพจิตของลูกจ้างในอนาคต

---

### Keywords:

การประสบอันตรายเนื่องจากการทำงาน; การเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงาน; โรคจากการทำงาน; กองทุนเงินทดแทน; พระราชบัญญัติเงินทดแทน

[OR05]

## The Relationship Between Generation Gap Perception And Intragroup Conflict: The Moderating Role Of Psychological Safety

Wilasinee Keauoon<sup>1\*</sup>, Prapimpa Jarunratanakul<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Psychology, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

\*Corresponding Author E-mail: 6670050138@student.chula.ac.th

---

### Abstract

This study examined the relationship between generation gap perception—comprising four dimensions (values, communication style, work expectation, and interpersonal relationship)—and two forms of intragroup conflict (task conflict and relationship conflict), and tested whether psychological safety moderates these relationships. Data were collected from 133 team-based employees at the head office of an oil and gas company in Thailand using an anonymous online survey and were analyzed using Pearson correlation and hierarchical multiple regression. Contrary to the original hypotheses, three of the four perception dimensions—values, work expectation, and interpersonal relationship—were significantly and positively associated with task conflict ( $\beta = .19-.30, p < .05$ ), whereas communication style showed no significant association with either conflict type. None of the four dimensions was significantly associated with relationship conflict, which is inconsistent with the hypothesis that generation gap perception would be more strongly associated with relationship conflict than with task conflict. Psychological safety exerted a significant negative main effect on both task and relationship conflict, but none of the twelve interaction terms tested reached significance, indicating no support for the hypothesized moderating role of psychological safety. These findings suggest that generation gap perception is associated primarily with disagreement over work content rather than with personal antagonism, and that psychological safety functions as an independent protective resource rather than as a moderator of the relationship between generation gap perception and intragroup conflict. Practical implications include clarifying generational differences in values and work expectations, promoting cross-generational interpersonal support, and strengthening psychological safety, in order to keep task conflict constructive and to prevent its escalation into relationship conflict.

### Keywords:

generation gap perception, intragroup conflict, task conflict, relationship conflict, psychological safety

---

### 1. Introduction

Organizations increasingly comprise employees from multiple generational cohorts who may differ in work values, communication preferences, career expectations, and approaches to workplace relationships [2, 3]. In team-based work settings, such differences may become salient as employees coordinate tasks, exchange information, make decisions, and work toward shared goals. Perceived generational differences may therefore shape how employees interpret the behaviors and expectations of colleagues from other generational groups and may influence the nature of conflict that arises within teams.

Generation gap perception refers to employees' subjective perceptions that colleagues from different generations differ in their attitudes, values, work styles, communication preferences, and expectations [3]. This concept is distinct from objective generational membership because employees may perceive substantial generational differences even when demographic differences are relatively limited. These perceptions matter because they may shape how employees categorize and respond to colleagues from other generational groups. From a social categorization perspective, salient generational distinctions may contribute to in-group and out-group perceptions and increase the likelihood of stereotyping and subgroup formation [4, 5]. Faultline theory further suggests that demographic differences may become consequential when they create salient subgroup boundaries within teams, potentially contributing to fragmentation and coordination difficulties [6].

A potential consequence of perceived generational differences is intragroup conflict. Intragroup conflict refers to disagreement among members of an intact work group and is commonly differentiated into task conflict and relationship conflict [7, 8]. Task conflict involves disagreements concerning the content of work, priorities, processes, or interpretations of goals, whereas relationship conflict involves interpersonal tension, incompatibility, and negative affect among team members [7, 9]. Distinguishing between these forms of conflict is important because they have different implications for team functioning. Relationship conflict is generally associated with negative outcomes, whereas the effects of task conflict are more contingent on the context in which disagreement occurs and how it is managed [10].

Perceived generational differences may be associated with both forms of conflict. Differences in work values and expectations may lead employees to hold different views regarding career progression, rewards, autonomy, work-life balance, organizational commitment, and appropriate ways of performing work [11, 12, 13]. Differences in communication styles and interpersonal approaches may also affect coordination, information exchange, and collaboration across generations [14]. At the same time, social categorization and faultline perspectives suggest that salient generational distinctions may extend beyond task-related differences and contribute to interpersonal tension through in-group and out-group processes [4, 6, 15]. Accordingly, perceived generational differences may be relevant to both task and relationship conflict, although the strength of these relationships may vary across dimensions of generation gap perception.

Psychological safety may also play an important role in how employees respond to perceived generational differences. Psychological safety refers to a shared belief that the team is safe for interpersonal risk-taking, including expressing differing views, asking questions, admitting mistakes, and raising concerns without fear of negative interpersonal consequences [16]. In psychologically safe teams, employees may be more willing to express and discuss differing perspectives, which may help the team manage disagreement. Previous research suggests that psychological safety can shape how teams respond to task conflict and divergent viewpoints [17]. Within the Job

Demands–Resources framework, psychological safety may be viewed as a job resource that helps employees manage interpersonal and cognitive demands associated with workplace differences [18].

Despite growing interest in generational differences in the workplace, several questions remain about how perceived generational differences relate to specific forms of intragroup conflict. Much of the existing literature has treated generational differences broadly or has emphasized identity-based tension between generational groups [19]. However, generation gap perception is multidimensional and may involve perceived differences in values, communication style, work expectations, and interpersonal relationships. Similarly, intragroup conflict consists of conceptually distinct forms, particularly task and relationship conflict. Examining these constructs at the dimensional level may therefore provide a more precise understanding of the specific relationships between perceived generational differences and conflict within teams. In particular, it remains unclear whether specific dimensions of generation gap perception are differentially associated with task versus relationship conflict, and prior research has rarely tested psychological safety as a boundary condition of these relationships at the dimensional level; the present study addresses this gap.

This correlational study examines the relationships between four dimensions of generation gap perception—values, communication style, work expectations, and interpersonal relationships—and two forms of intragroup conflict (task conflict and relationship conflict), with psychological safety as a moderator. The study focuses on employees engaged in team-based work at the head office of an oil and gas company in Thailand, where collaboration across employees with different backgrounds and work experiences is integral to organizational functioning. This setting is theoretically relevant because the oil and gas industry typically pairs long-tenured technical specialists with younger recruits within tightly coupled project teams, making generational differences and the need for effective intergenerational collaboration particularly salient.

### **1.1 Research Objectives**

This study had two objectives. First, it examined the relationships between four dimensions of generation gap perception—values, communication style, work expectations, and interpersonal relationships—and two forms of intragroup conflict: task conflict and relationship conflict, among employees engaged in team-based work in an oil and gas company in Thailand. Second, it examined whether psychological safety moderates the relationships between generation gap perception and intragroup conflict. This dimensional approach addresses a gap in prior research, which has predominantly treated generation gap perception as a unidimensional or composite construct, thereby obscuring which specific perceived differences are most consequential for particular forms of conflict.

By examining generation gap perception and intragroup conflict at the dimensional level, the study aimed to identify whether specific perceived generational differences are associated with particular forms of conflict. This may better inform how we understand and manage conflict in multigenerational work teams. The following sections review the relevant literature, develop the study hypotheses, and describe their empirical examination using hierarchical multiple regression.

## **2. Literature Review and Hypothesis Development**

### **2.1 Generation Gap Perception**

Generation gap perception is defined as an individual's subjective awareness of differences in attitudes, values, work styles, communication preferences, and expectations between generational cohorts within an organizational context [2, 3]. Consistent with a social-categorization perspective on generational identity [5], the present study operationalizes generation gap perception along four dimensions. Generation gap perception is conceptually distinct from objective age diversity (the demographic dispersion of ages within a team), generational identity (self-categorization with a generational cohort), and age-based stereotypes (generalized beliefs about age groups); the present study focuses specifically on individuals' subjective perceptions of generational difference rather than these related but distinct constructs.

**Values** refer to perceived differences in enduring, work-related beliefs and priorities, including attitudes toward job security, career ambition, loyalty, work-life balance, and recognition [20, 21]. Communication style captures differences in how generational cohorts prefer to exchange information, including channel, formality, directness, and feedback pace, with older cohorts generally favoring formal, face-to-face exchange and younger cohorts favoring informal, digital, and immediate communication [14, 22]. Work expectation refers to differing assumptions about career progression, leadership style, rewards, autonomy, and organizational commitment [11, 12, 13]. Interpersonal relationship describes perceived differences in how generational cohorts build trust, demonstrate respect, and engage socially in the workplace, such as an older cohort's preference for hierarchical interaction relative to a younger cohort's preference for informal, collaborative engagement [22, 23].

### **2.2 Intragroup Conflict: Task Conflict and Relationship Conflict**

Intragroup conflict arises within an intact team when members, despite sharing common goals, hold differing viewpoints, work styles, or ideas [7, 24]. Building on Pinkley's [8] multidimensional analysis of conflict framing, Jehn [7] distinguished two forms of intragroup conflict. Task conflict involves disagreement over the content of work—priorities, processes, and interpretation of goals—arising from differing opinions and judgments among individuals who nonetheless share a common overall objective [7, 9]. When managed appropriately, task conflict is frequently constructive, as it can improve decision quality, surface unexamined assumptions, and stimulate debate that improves outcomes [10]. Relationship conflict, in contrast, arises from interpersonal incompatibility—differences in personality, values, or interpersonal style that manifest as tension, animosity, or annoyance unrelated to the task itself [7, 25]. Pelled [26] identified three mechanisms through which relationship conflict undermines performance: it reduces members' cognitive capacity to process task-relevant information from one another, it decreases receptiveness to ideas from disliked colleagues, and it diverts time and energy from task execution toward managing interpersonal friction. Meta-analytic evidence consistently indicates that relationship conflict is detrimental to team functioning and satisfaction, whereas the effect of task conflict is more contingent on how it is managed and on the broader team climate [9, 27]. At the same time, unmanaged task conflict does not necessarily remain contained; several studies indicate that it can escalate into relationship conflict over time, particularly under conditions of low trust [28].

### 2.3 Linking Generation Gap Perception to Intragroup Conflict

Faultline theory [6] offers one theoretical account of why generation gap perception should be associated with intragroup conflict. According to this theory, when demographic and psychological attributes align within a team, they create hypothetical dividing lines that can partition the team into subgroups; generation is one attribute capable of anchoring such a faultline. Once a subgroup boundary becomes psychologically salient, in-group favoritism and out-group stereotyping tend to follow [29, 4, 30], and the resulting in-group/out-group orientation is associated with fragmentation and coordination loss within the team [15]. Consistent with this account, Lyons et al. [19] found that perceived generational differences in values and behavior can generate tension even in the absence of direct interaction, and more recent quantitative research has linked generational diversity to both cognitive-based (task) and affective-based (relationship) conflict in teams. On this basis, the present study proposed the following hypothesis:

**Hypothesis 1:** Perceived generational differences in values, communication style, work expectations, and interpersonal relationships are positively associated with task conflict.

**Hypothesis 2:** Perceived generational differences in values, communication style, work expectations, and interpersonal relationships are positively associated with relationship conflict.

### 2.4 Theoretical Framework

Two theoretical perspectives inform these hypotheses. The Job Demands–Resources (JD-R) model [18, 31] conceptualizes every job as a balance between demands—aspects of work that require sustained effort and carry psychological cost—and resources, which support goal achievement or offset the cost of demands. Within this framework, generation gap perception is conceptualized as a psychological job demand: interpreting a colleague's values or working style as generationally different requires ongoing cognitive and emotional effort and, if left unaddressed, may contribute to strain and conflict. Psychological safety, by contrast, is conceptualized as a job resource, defined as a shared belief that buffers the cost of demands by making it safe to voice disagreement and to correct course before friction escalates [32]. The JD-R buffering hypothesis, which holds that resources most strongly offset the negative effects of demands when those demands are high, provides the formal theoretical basis for the moderation hypotheses below.

**Social Identity Theory (SIT)** [4] provides the mechanism through which generation gap perception is expected to be associated with conflict. SIT holds that individuals categorize themselves and others into social groups and that these categorizations are used, often automatically, to protect self-identity through favorable in-group and out-group comparison. Applied to generational cohorts, when employees strongly perceive generational boundaries, they are more likely to identify with their own cohort and to apply stereotyped judgments to members of other cohorts, thereby increasing the likelihood of conflict. Combined with faultline theory's account of when such categorizations become behaviorally consequential—namely, when a demographic attribute aligns with other salient attributes to form a clear subgroup boundary [6]—SIT provides a theoretically plausible pathway from perception to conflict. Integrating these three perspectives, the JD-R model explains why generation gap perception can be costly (as a demand) and why psychological safety can offset that cost (as a resource); SIT and faultline theory jointly explain the mechanism, in-group/out-group categorization along a salient generational boundary, through which that demand is expected to translate into conflict. Psychological safety is expected to interrupt this pathway in two complementary ways: by reducing the interpersonal threat associated with voicing a differing generational perspective, thereby lowering relationship conflict, while simultaneously making it safer to raise genuine work-related disagreements, which may sustain or even increase constructive task conflict rather than simply suppressing it.

### 2.5 Psychological Safety as a Moderator

Psychological safety is defined as a team's shared belief that the environment is safe for interpersonally risky behavior, including speaking up, asking for help, admitting mistakes, and voicing concerns without fear of punishment [1, 16]. Within the JD-R model, psychological safety functions as a job resource that helps employees meet job demands and buffers the psychological cost that such demands would otherwise impose [18, 32]. Theoretically, psychological safety is well positioned to interrupt the pathway from generation gap perception to conflict: when team members feel safe expressing a differing generational perspective, that difference can be voiced and resolved as a matter of task content rather than left unaddressed or interpreted as a personal slight [17, 1]. Conversely, in psychologically unsafe teams, even a work-related disagreement rooted in generational perspective may be reinterpreted as a personal attack, thereby increasing the likelihood that task conflict escalates into relationship conflict [28]. Bergmann and Schaeppi [33] similarly identify psychological safety as foundational to the effective management of both conflict types. On this basis, the following hypotheses were proposed:

**Hypothesis 3A:** Psychological safety moderates the relationship between generation gap perception and relationship conflict, such that the positive association is weaker when psychological safety is high.

**Hypothesis 3B:** Psychological safety moderates the relationship between generation gap perception and task conflict, such that the positive association is weaker when psychological safety is high.

## 3. Method

### 3.1 Research Design and Participants

This study used an analytical cross-sectional quantitative survey design, as it tested associations and interaction (moderation) effects among variables measured at a single point in time. Participants were employees at the head office of an oil and gas company in Thailand whose primary responsibilities involved team-based work. They were recruited from a cross-functional workforce of approximately 300 employees, including technical personnel such as geologists, geophysicists, and senior petroleum engineers, as well as employees in support functions. The final sample's age distribution (6.8% aged 22–29, 69.9% aged 30–46, and 23.3% aged 47–61) and tenure distribution (41.4% with more than 15 years of tenure) suggest that respondents may skew toward mid-career and long-tenured employees relative to the broader eligible workforce of approximately 300 employees; a formal comparison against source-workforce demographics was not possible because organizational HR records were not accessible for this study, which limits conclusions about the representativeness of the convenience sample.

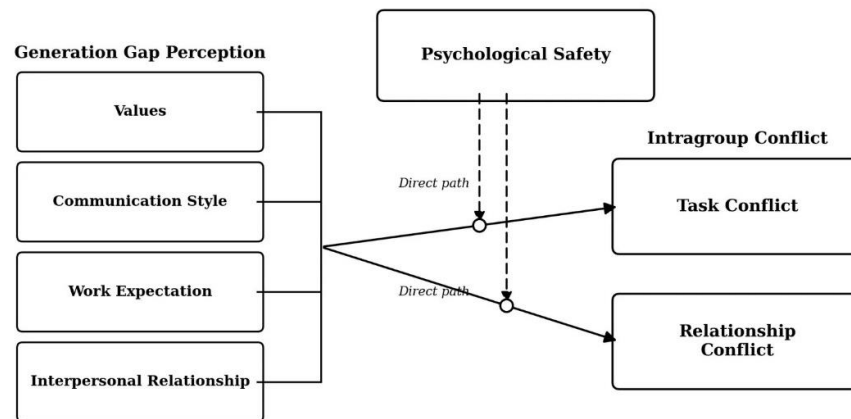


**Figure 1.** Conceptual framework linking generation gap perception, task and relationship conflict, and psychological safety.

A screening question was used to exclude employees whose work was primarily conducted independently, as the study focused on constructs related to team interaction. The study was restricted to team-based employees because the core constructs under examination, namely intragroup conflict and psychological safety, are conceptually and theoretically team-level phenomena that presuppose regular interaction among coworkers. Employees who worked primarily independently would have had limited or no basis for reporting meaningful team conflict or team psychological safety, rendering them an inappropriate population for testing the proposed relationships. The minimum required sample size was determined a priori using G\*Power 3.1.9.7 [34] for hierarchical multiple regression assessing an increase in  $R^2$ , using the F test for a linear multiple regression ( $R^2$  increase, fixed model), with numerator  $df = 1$  (for the interaction term tested at Step 3), a total of three predictors in the full model (the focal generation gap perception dimension, psychological safety, and their interaction), an effect size of  $f^2 = .075$  (a conventional small-to-medium effect; [35]),  $\alpha = .05$ , and statistical power of .80. The analysis indicated a minimum sample size of 107 participants. Data were collected between 1–24 July 2026. The survey link was distributed to approximately 300 eligible employees; 151 employees accessed the survey, of whom 18 were excluded during screening because their work was primarily independent, yielding 133 valid responses (a response rate of approximately 44.3% of the 300 employees invited). Although generation gap perception, psychological safety, and intragroup conflict are conceptualized in the literature as constructs that can operate at the team level, the present analyses were conducted using individual-level survey responses; team identifiers were not collected, which precluded reporting the number of teams represented, testing for clustering, or estimating multilevel models. This level-of-analysis limitation is revisited in Section 5.3. A total of 133 valid responses were obtained and included in the analyses

### 3.2 Procedure

Data was collected using an anonymous, self-administered online questionnaire administered through Microsoft Forms. The survey invitation was distributed through an internal Microsoft Teams channel using a flyer and QR code to maintain respondent anonymity. Prior to data collection, permission to distribute the survey was obtained from the relevant division head and human resources representative. No proprietary or confidential organizational information was collected.

Participation was voluntary, and respondents could discontinue the survey at any time without penalty. Eligibility was determined through two initial questions covering informed consent and whether the respondent's primary work was team-based or independent. Convenience sampling was used because access was limited to employees within the participating organization.

### 3.3 Measures

All substantive items used a five-point Likert scale. Generation gap perception was measured using items adapted from the Generational Attitude Scale [36] and conceptually aligned with the Generational Identity Scale (GIS-12; [37],  $\alpha = .90$ ; distributed under a Creative Commons license for academic use), covering four dimensions with five items each: values, communication style, work expectation, and interpersonal relationship (e.g., "I perceive that different generations place importance on clarity of roles and responsibilities differently"). In the present sample, internal-consistency reliability (Cronbach's  $\alpha$ ) was .75 for values, .83 for work expectation, .80 for communication style, and .83 for interpersonal relationship. Intragroup conflict was measured using Jehn's [7] Intragroup Conflict Scale, with five items each for task conflict and relationship conflict. Psychological safety was measured using five items adapted from Edmondson's [1] Team Psychological Safety Scale. Reliability coefficients reported by the original scale developers were  $\alpha = .92$  (task conflict),  $\alpha = .93$  (relationship conflict), and  $\alpha = .82$  (psychological safety); in the present sample, internal-consistency reliability was  $\alpha = .90$  (task conflict),  $\alpha = .88$  (relationship conflict), and  $\alpha = .82$  (psychological safety). All three instruments were used with the original authors' documented permission for academic purposes. The Intragroup Conflict Scale and the Team Psychological Safety Scale, both originally developed abroad, were translated into Thai and back-translated into English by three qualified bilingual reviewers to verify linguistic and conceptual equivalence. Formal written permission was not required for any of the three published instruments: the GIS-12 [37] is distributed under a Creative Commons Attribution license; Jehn's [7] Intragroup Conflict Scale and Edmondson's [1] Team Psychological Safety Scale may both be adapted for academic use with appropriate citation. The Generational Attitude Scale [36], from which the generation gap perception items were initially adapted, is an unpublished custom instrument; the final items were therefore conceptually aligned with the peer-reviewed GIS-12 to strengthen construct coverage. Content validity was further assessed through an item-objective congruence (IOC) review conducted by three content experts drawn from academic psychology faculty and human resources practice. All items received a rating of +1 (fully congruent) from all three experts with the exception of one psychological safety item, which was revised based on expert feedback and retained in its revised form in the final questionnaire. Dimension and construct scores were computed as item means, with higher scores

indicating a stronger perceived generation gap, greater conflict, or greater psychological safety, respectively. Age, gender, and organizational tenure were collected as demographic control variables.

### 3.4 Data Analysis

Data were analyzed using SPSS. Pearson correlations were first computed among the study variables. To test Hypotheses 1 and 2, separate regression analyses were conducted for task conflict and relationship conflict. Each of the four dimensions of generation gap perception—values, communication style, work expectations, and interpersonal relationships—was examined separately in relation to each conflict outcome.

To test Hypotheses 3A and 3B, separate three-step hierarchical regression analyses were conducted for each generation gap perception dimension and each conflict outcome. In each model, the relevant generation gap perception dimension was entered at Step 1, psychological safety was added at Step 2, and the interaction term between the two variables was entered at Step 3. Generation gap perception and psychological safety were mean-centered prior to computing the interaction terms. Moderation was evaluated based on the significance of the interaction term and the change in  $R^2$  at Step 3.

As additional analyses, intragroup conflict was examined as a composite outcome. The primary regression analyses were also repeated with gender, age group, and organizational tenure included as control variables to assess the robustness of the findings. Variance inflation factors were below 2.0 across the regression models, indicating no evidence of problematic multicollinearity.

### 3.5 Ethical Considerations

This study followed standard ethical safeguards for organizational survey research. Participation was voluntary and anonymous; no names, email addresses, or other identifying information were collected, and responses were analyzed only in aggregate. Respondents provided consent through the first screening item and were free to withdraw at any point without consequence. Because the survey addressed sensitive interpersonal content, including conflict and psychological safety within respondents' own teams, the anonymous and non-traceable design was intended to reduce social desirability bias and to protect respondents from any perceived risk of workplace repercussions.

## 4. Results

### 4.1 Preliminary Analyses

Table 1 presents zero-order Pearson correlations among the study variables ( $N = 133$ ).

| Characteristic               | n  | %    |
|------------------------------|----|------|
| <b>Gender</b>                |    |      |
| Male                         | 76 | 57.1 |
| Female                       | 51 | 38.3 |
| LGBTQ+ / Other               | 6  | 4.5  |
| <b>Age group</b>             |    |      |
| 22–29 years                  | 9  | 6.8  |
| 30–46 years                  | 93 | 69.9 |
| 47–61 years                  | 31 | 23.3 |
| <b>Organizational tenure</b> |    |      |
| Less than 1 year             | 2  | 1.5  |
| 1–5 years                    | 25 | 18.8 |
| 6–10 years                   | 25 | 18.8 |
| 11–15 years                  | 26 | 19.5 |
| More than 15 years           | 55 | 41.4 |

Table 2 presents zero-order Pearson correlations among the study variables ( $N = 133$ ). The four perception dimensions were strongly intercorrelated ( $r = .53-.71$ ,  $p < .001$ ), consistent with their conceptualization as facets of a single higher-order construct, and each correlated strongly with the composite perception score ( $r = .80-.88$ ,  $p < .001$ ). Task conflict and relationship conflict were moderately correlated ( $r = .49$ ,  $p < .001$ ), supporting their treatment as related but distinguishable constructs. Psychological safety correlated negatively and significantly with relationship conflict ( $r = -.43$ ,  $p < .001$ ) but did not correlate significantly with task conflict at the zero-order level ( $r = -.16$ ,  $p = .061$ ).

### 4.2 Hierarchical Regression Analyses

#### 4.2.1 Task Conflict

Table 3 presents the hierarchical regression analyses predicting task conflict. At Step 1, perceived differences in values ( $\beta = .25$ ,  $p = .004$ ), work expectations ( $\beta = .22$ ,  $p = .009$ ), and interpersonal relationships ( $\beta = .19$ ,  $p = .027$ ) were positively associated with task conflict, whereas communication style was not ( $\beta = .12$ , ns). These findings provided partial support for Hypothesis 1, as three of the four generation gap perception dimensions were positively associated with task conflict, whereas communication style was not.

At Step 2, psychological safety was negatively associated with task conflict across all four models ( $\beta = -.19$  to  $-.25$ ,  $p < .05$ ). The associations of values ( $\beta = .29$ ,  $p < .001$ ), work expectations ( $\beta = .30$ ,  $p < .001$ ), and interpersonal relationships ( $\beta = .26$ ,  $p < .05$ ) with task conflict remained significant, whereas communication style remained nonsignificant ( $\beta = .16$ , ns).

At Step 3, none of the interaction terms between generation gap perception dimensions and psychological safety were statistically significant ( $\beta = -.03$  to  $-.16$ , ns), with changes in explained variance ranging from  $\Delta R^2 = .001$  to  $.023$ . Thus, psychological safety did not moderate the relationships between generation gap perception and task conflict, and Hypothesis 3B was not supported.

**Table 2.** Zero-order Pearson correlations among study variables (N = 133)

| Variable                       | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6        | 7       | 8        | 9 |
|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|----------|---|
| 1. Values                      | —       |         |         |         |         |          |         |          |   |
| 2. Work Expect.                | .709*** | —       |         |         |         |          |         |          |   |
| 3. Comm. Style                 | .650*** | .644*** | —       |         |         |          |         |          |   |
| 4. Interpersonal Relationship  | .629*** | .550*** | .527*** | —       |         |          |         |          |   |
| 5. Task Conflict               | .249**  | .224**  | .117    | .192*   | —       |          |         |          |   |
| 6. Relationship Conflict       | .051    | .041    | -.018   | .020    | .490*** | —        |         |          |   |
| 7. Perception (Total)          | .879*** | .858*** | .846*** | .796*** | .229**  | .026     | —       |          |   |
| 8. Psych. Safety               | .202*   | .300*** | .199*   | .298*** | -.163   | -.431*** | .295*** | —        |   |
| 9. Intragroup Conflict (Total) | .166    | .147    | .052    | .116    | .843*** | .882***  | .140    | -.354*** | — |

Note. N = 133. \* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$  (two-tailed).

#### 4.2.2 Relationship Conflict

Table 4 presents the hierarchical regression analyses predicting relationship conflict. At Step 1, none of the four dimensions of generation gap perception was significantly associated with relationship conflict: values ( $\beta = .05$ , ns), work expectations ( $\beta = .04$ , ns), communication style ( $\beta = -.02$ , ns), and interpersonal relationships ( $\beta = .02$ , ns). Thus, Hypothesis 2 was not supported.

At Step 2, psychological safety was negatively associated with relationship conflict across all four models ( $\beta = -.44$  to  $-.49$ ,  $p < .001$ ), accounting for 19%–22% of the variance. Work expectations ( $\beta = .19$ ,  $p < .05$ ) and interpersonal relationships ( $\beta = .16$ ,  $p < .05$ ) became statistically significant after including psychological safety, whereas values ( $\beta = .14$ , ns) and communication style ( $\beta = .07$ , ns) remained nonsignificant.

At Step 3, none of the interactions between generation gap perception dimensions and psychological safety were statistically significant ( $\beta = -.01$  to  $-.10$ , ns), and the additional explained variance was minimal ( $\Delta R^2 = .000$ – $.010$ ). Therefore, psychological safety did not moderate the relationships between generation gap perception and relationship conflict, and Hypothesis 3A was not supported.

It should be noted that work expectations and interpersonal relationships did not significantly predict relationship conflict at Step 1 but emerged as significant predictors after psychological safety was entered at Step 2. This pattern is consistent with a statistical suppression effect because psychological safety was positively correlated with both perception dimensions ( $r = .30$  for each) and strongly negatively correlated with relationship conflict; statistically controlling for psychological safety removed shared variance that had previously obscured the positive association between these dimensions and relationship conflict at the zero-order level. Accordingly, the Step 2 associations should be interpreted as adjusted, conditional associations that emerge once psychological safety is held constant, rather than as evidence of a direct, unconditional relationship between these generation gap perception dimensions and relationship conflict.

#### 4.3 Additional Analyses

Additional analyses were conducted to examine the robustness of the primary findings after controlling for demographic characteristics. The primary analyses were repeated with gender, age group, and organizational tenure included as control variables. The overall pattern of findings remained unchanged. Values, work expectations, and interpersonal relationships remained significantly associated with task conflict ( $p < .05$ ), whereas communication style remained nonsignificant. None of the four generation gap perception dimensions was significantly associated with relationship conflict at Step 1, and none of the interaction terms between generation gap perception and psychological safety reached statistical significance. Overall, adding demographic control variables did not substantively alter the primary findings.

Table 1. Zero-order Pearson correlations among study variables (N = 133)

**Table 3.** Hierarchical regression predicting task conflict from generation gap perception dimensions and psychological safety

| Perception Dimension       | Step 1 $\beta$ (p) | Step 2 $\beta$ (p) | Psych. Safety $\beta$ (p) | $\Delta R^2$ (Step 2) | Interaction $\beta$ (p) | $\Delta R^2$ (Step 3) |
|----------------------------|--------------------|--------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
| Values                     | .25 (.004)         | .29 (<.001)        | -.22 (.010)               | .047                  | -.03 (.732)             | .001                  |
| Work Expectation           | .22 (.009)         | .30 (<.001)        | -.25 (.004)               | .058                  | -.08 (.336)             | .006                  |
| Communication Style        | .12 (.178)         | .16 (.076)         | -.19 (.028)               | .036                  | -.16 (.075)             | .023                  |
| Interpersonal Relationship | .19 (.027)         | .26 (.003)         | -.24 (.007)               | .053                  | -.04 (.649)             | .001                  |

Note.  $N = 133$ . Step 1 = perception dimension entered alone; Step 2 = psychological safety added; Step 3 = perception  $\times$  psychological safety interaction added.  $\beta$  = standardized coefficient; values in parentheses are  $p$ .

**Table 4.** Hierarchical regression predicting relationship conflict from generation gap perception dimensions and psychological safety

| Perception Dimension       | Step 1 $\beta$ ( $p$ ) | Step 2 $\beta$ ( $p$ ) | Psych. Safety $\beta$ ( $p$ ) | $\Delta R^2$ (Step 2) | Interaction $\beta$ ( $p$ ) | $\Delta R^2$ (Step 3) |
|----------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|
| Values                     | .05 (.563)             | .14 (.075)             | -.46 (<.001)                  | .203                  | -.01 (.944)                 | .000                  |
| Work Expectation           | .04 (.636)             | .19 (.023)             | -.49 (<.001)                  | .216                  | -.04 (.635)                 | .001                  |
| Communication Style        | -.02 (.837)            | .07 (.384)             | -.45 (<.001)                  | .190                  | -.10 (.203)                 | .010                  |
| Interpersonal Relationship | .02 (.818)             | .16 (.048)             | -.48 (<.001)                  | .210                  | -.04 (.602)                 | .002                  |

Note.  $N = 133$ . Step 1 = perception dimension entered alone; Step 2 = psychological safety added; Step 3 = perception  $\times$  psychological safety interaction added.  $\beta$  = standardized coefficient; values in parentheses are  $p$ .

## 5. Discussion and Implications

### 5.1 Interpretation of the Findings

The present study examined the relationships between four dimensions of generation gap perception and two forms of intragroup conflict, as well as the moderating role of psychological safety. The findings showed that perceived differences in values, work expectations, and interpersonal relationships were positively associated with task conflict, whereas communication style was not significantly associated with either task or relationship conflict. None of the four dimensions was significantly associated with relationship conflict. Psychological safety was negatively associated with both forms of conflict but did not moderate the relationships between generation gap perception and intragroup conflict.

The stronger association with task rather than relationship conflict differs from identity-based perspectives that emphasize social categorization and intergroup tension arising from salient generational distinctions (Lyons et al., 2015). Faultline theory similarly suggests that demographic distinctions may become consequential when they form salient subgroup boundaries within teams (Lau & Murnighan, 1998). The present findings suggest, however, that in this organizational context, perceived generational differences may be expressed more directly through disagreements concerning work-related issues than through interpersonal incompatibility.

This interpretation is consistent with the content of the dimensions that were significantly associated with task conflict. Perceived differences in values and work expectations involve issues such as career progression, recognition, work-life balance, organizational commitment, and expectations regarding how work should be organized (Gursoy et al., 2013; Lub et al., 2012). These differences may therefore contribute to disagreement over work priorities, processes, and expectations, consistent with the conceptualization of task conflict as disagreement over work content and decisions (Jehn, 1995; De Dreu & Weingart, 2003). Similarly, the interpersonal relationship dimension reflects differences in support, openness, and collaboration across generations. Although interpersonal in nature, these perceptions may affect how employees coordinate and work together and therefore may be reflected more strongly in task-related disagreement than in personal conflict.

Communication style was not significantly associated with either form of conflict. This finding suggests that perceived differences in communication preferences may be less closely related to intragroup conflict than differences in work-related values, expectations, and collaboration patterns. However, communication preferences may become more salient under different team or organizational conditions, and further research is needed before drawing broader conclusions.

Psychological safety did not moderate the relationships between generation gap perception and conflict. Nevertheless, its negative association with both task and relationship conflict is consistent with prior research suggesting that psychologically safe environments facilitate open expression of differing views and reduce the interpersonal risks associated with speaking up (Edmondson, 1999; Edmondson & Lei, 2014). Psychological safety has also been identified as an important condition for managing disagreement within teams (Bradley et al., 2012). Within the Job Demands-Resources framework, psychological safety may therefore be viewed as a broader job resource that supports team interaction rather than a resource that specifically buffers the effects of perceived generational differences (Bakker & Demerouti, 2007; Xanthopoulou et al., 2007).

### 5.2 Theoretical and Practical Implications

Theoretically, the findings highlight the value of examining generation gap perception and intragroup conflict as multidimensional constructs. The dimension-specific analyses identified associations that were less evident when intragroup conflict was treated as a composite measure. This suggests that aggregating conceptually distinct dimensions may obscure differences in how particular forms of generation gap perception are related to specific forms of conflict.

The findings also qualify identity-based explanations of generational conflict. Social identity and faultline perspectives suggest that salient generational distinctions may contribute to subgroup formation, stereotyping, and interpersonal tension (Li & Hambrick, 2005). In the present study, however, generation gap perception was more consistently associated with task conflict than with relationship conflict. This pattern suggests that the consequences of perceived generational differences may depend not only on the salience of generational categories but also on the specific content of those differences and the context of team interaction.

From a practical perspective, the findings suggest that organizations should give particular attention to perceived generational differences in values, work expectations, and interpersonal relationships, as these dimensions were associated with task conflict. Clear communication regarding work roles, performance expectations, career progression, recognition, and collaborative practices may help

reduce ambiguity and disagreement across generational groups. In contrast, the findings do not indicate that differences in communication style alone are a primary source of intragroup conflict in this context.

The findings also highlight the relevance of psychological safety as a broader team resource. Although psychological safety did not moderate the relationships between generation gap perception and conflict, it was negatively associated with both task and relationship conflict. Organizations may therefore benefit from leadership and team practices that encourage employees to express differing views, raise concerns, and discuss work-related disagreements without fear of negative interpersonal consequences (Edmondson, 1999; Edmondson & Lei, 2014). Such practices may support the effective management of task-related disagreement across generational groups.

### 5.3 Limitations and Future Research.

Several limitations should be considered when interpreting the findings. First, the cross-sectional design does not permit conclusions regarding causal direction. Generation gap perception may contribute to conflict, but experiences of conflict may also influence how employees perceive generational differences. Longitudinal research would provide a stronger basis for examining these relationships over time.

Second, all variables were assessed through self-report measures collected from the same respondents, which may increase the possibility of common method variance. Future studies could incorporate data from multiple sources or assess psychological safety and conflict at the team level.

Third, the relationship conflict measure assessed general interpersonal tension and was not developed specifically to capture conflict associated with generational differences. It may therefore have been less sensitive to forms of tension involving generational stereotypes, seniority, or age-related expectations. This concern is consistent with previous discussion regarding the measurement and discriminant validity of intragroup conflict constructs (O'Neill et al., 2013). Future research may benefit from measures that capture relationship conflict in multigenerational teams more specifically.

Fourth, the study did not assess actual age diversity within teams or the frequency of team interaction. These factors may influence the salience of generational differences and the likelihood that such differences contribute to conflict. Faultline research suggests that the effects of demographic diversity depend partly on how demographic attributes are distributed and aligned within teams (Lau & Murnighan, 1998; Bezrukova et al., 2009). Future studies should therefore examine perceived generation gaps together with objective indicators of team age diversity and patterns of team interaction.

Finally, the sample was drawn from the head office of a single oil and gas company in Thailand. The generalizability of the findings to other industries, organizational settings, and cultural contexts is therefore limited. Replication across different organizations, industries, and team structures would help determine how context-specific the observed relationships are.

## 6. Conclusion

This study examined the relationships between perceived generational differences and two forms of intragroup conflict in a multigenerational, team-based workforce. Among employees of an oil and gas company in Thailand, perceived differences in values, work expectations, and interpersonal relationships were positively associated with task conflict, whereas communication style was not significantly associated with either task or relationship conflict. None of the four dimensions of generation gap perception was significantly associated with relationship conflict. Psychological safety was negatively associated with both forms of conflict but did not moderate the relationships between generation gap perception and intragroup conflict.

These findings suggest that, in this organizational context, perceived generational differences may be reflected more strongly in work-related disagreement than in interpersonal conflict. They also indicate that psychological safety may be relevant as a broader team resource rather than as a condition that changes the strength of the relationship between perceived generational differences and conflict. The findings should be interpreted in light of several limitations. The relationship conflict measure assessed general interpersonal tension and may not have captured conflict specifically associated with generational differences. In addition, the study did not assess actual age diversity within teams or the frequency of team interaction, both of which may influence the salience of generational differences and their relationship with conflict.

From a practical perspective, organizations may benefit from addressing perceived generational differences in work-related values, expectations, and collaborative practices, while also fostering psychological safety as a general feature of the team environment. Clearer expectations regarding work roles, career progression, recognition, and collaboration may help organizations manage task-related disagreement across generational groups. Further research across different organizational and industry contexts is needed to establish the generalizability of these findings.

## References

- Bakker, A. B., & Demerouti, E. (2007). The Job Demands-Resources model: State of the art. *Journal of Managerial Psychology*, 22(3), 309–328. <https://doi.org/10.1108/02683940710733115>
- Bell, S. T., Villado, A. J., Lukasik, M. A., Belau, L., & Briggs, A. L. (2011). Getting specific about demographic diversity variable and team performance relationships: A meta-analysis. *Journal of Management*, 37(3), 709–743. <https://doi.org/10.1177/0149206310365001>
- Bergmann, B., & Schaeppi, J. (2016). A data-driven approach to group creativity. *Harvard Business Review Digital Articles*.
- Bezrukova, K., Jehn, K. A., Zanetto, E. L., & Thatcher, S. M. (2009). Do workgroup faultlines help or hurt? A moderated model of faultlines, team identification, and group performance. *Organization Science*, 20(1), 35–50. <https://doi.org/10.1287/orsc.1080.0379>
- Bradley, B. H., Postlethwaite, B. E., Klotz, A. C., Hamdani, M. R., & Brown, K. G. (2012). Reaping the benefits of task conflict in teams: The critical role of team psychological safety. *Journal of Applied Psychology*, 97(1), 151–158. <https://doi.org/10.1037/a0024200>
- Cekada, T. L. (2012). Training a multigenerational workforce: Understanding key generational differences. *Professional Safety*, 57(3), 40–44.
- Cennamo, L., & Gardner, D. (2008). Generational differences in work values, outcomes and organisational commitment. *Career Development International*, 13(3), 234–249. <https://doi.org/10.1108/13620430810870493>

- De Dreu, C. K. W., & Weingart, L. R. (2003). Task versus relationship conflict, team performance, and team member satisfaction: A meta-analysis. *Journal of Applied Psychology*, 88(4), 741–749. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.88.4.741>
- De Wit, F. R. C., Greer, L. L., & Jehn, K. A. (2012). The paradox of intragroup conflict: A meta analysis. *Journal of Applied Psychology*, 97(2), 360–390. <https://doi.org/10.1037/a0024844>
- Demerouti, E., Bakker, A. B., Nachreiner, F., & Schaufeli, W. B. (2001). The job demands-resources model of burnout. *Journal of Applied Psychology*, 86(3), 499–512. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.86.3.499>
- Edmondson, A. (1999). Psychological safety and learning behavior in work teams. *Administrative Science Quarterly*, 44(2), 350–383. <https://doi.org/10.2307/2666999>
- Edmondson, A. C., & Lei, Z. (2014). Psychological safety: The history, renaissance, and future of an interpersonal construct. *Annual Review of Organizational Psychology and Organizational Behavior*, 1(1), 23–43. <https://doi.org/10.1146/annurev-orgpsych-031413-091305>
- Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A., & Lang, A. G. (2009). Statistical power analyses using G\*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behavior Research Methods*, 41(4), 1149–1160. <https://doi.org/10.3758/BRM.41.4.1149>
- Gursoy, D., Maier, T. A., & Chi, C. G. (2008). Generational differences: An examination of work values and generational gaps in the hospitality workforce. *International Journal of Hospitality Management*, 27(3), 448–458. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2007.11.002>
- Gursoy, D., Chi, C. G., & Karadag, E. (2013). Generational differences in work values and attitudes among frontline and service contact employees. *International Journal of Hospitality Management*, 32, 40–48. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2012.04.002>
- Hackman, J. R. (1987). The design of work teams. In J. W. Lorsch (Ed.), *Handbook of organizational behavior* (pp. 315–342). Prentice-Hall.
- Islam, A., & Haque, S. (2021). Generational identity scale (GIS-12): Development and validation. Jehn, K. A. (1995). A multimethod examination of the benefits and detriments of intragroup conflict. *Administrative Science Quarterly*, 40(2), 256–282. <https://doi.org/10.2307/2393638>
- Jehn, K. A. (1997). A qualitative analysis of intragroup conflict: Impact on aspects of performance in organizational groups. *Administrative Science Quarterly*, 42(3), 530–557. <https://doi.org/10.2307/2393737>
- Lau, D. C., & Murnighan, J. K. (1998). Demographic diversity and faultlines: The compositional dynamics of organizational groups. *Academy of Management Review*, 23(2), 325–340. <https://doi.org/10.5465/amr.1998.533229>
- Lester, S. W., Standifer, R. L., Schultz, N. J., & Windsor, J. M. (2012). Actual versus perceived generational differences at work: An empirical examination. *Journal of Leadership & Organizational Studies*, 19(3), 341–354. <https://doi.org/10.1177/1548051812442747>
- Li, J., & Hambrick, D. C. (2005). Factionalism: A central force in core executive teams. *Academy of Management Journal*, 48(5), 794–813. <https://doi.org/10.5465/amj.2005.18803920>
- Lub, X., Nije Bijvank, M., Bal, P. M., Blomme, R., & Schalk, R. (2012). Psychological contract breach and workplace outcomes in the hospitality industry: Changing generations-changing psychological contracts? *International Journal of Hospitality Management*, 31(4), 1301–1310. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2012.03.010>
- Lyons, S. T., & Kuron, L. K. (2014). Generational differences in the workplace: A review of the evidence and directions for future research. *Journal of Organizational Behavior*, 35(S1), S139–S157. <https://doi.org/10.1002/job.1913>
- Lyons, S. T., Schweitzer, L., & Ng, E. S. (2015). How generational differences impact organizational performance: A theoretical model of generational conflict. *Work, Aging and Retirement*, 1(2), 153–164. <https://doi.org/10.1093/workar/wav001>
- Mackie, D. M., Devos, T., & Smith, E. R. (2000). Intergroup emotions: Explaining offensive action tendencies in an intergroup context. *Journal of Personality and Social Psychology*, 79(4), 602–616. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.79.4.602>
- Nelson, S. A. (2005). The Generational Attitude Scale (GAS) [Custom adaptation instrument].
- O'Neill, T. A., Allen, N. J., & Hastings, S. E. (2013). Examining the "pros" and "cons" of team conflict: A team-level meta-analysis of task, relationship, and process conflict. *Human Performance*, 26(3), 236–260. <https://doi.org/10.1080/08959285.2013.795573>
- Pelled, L. H. (1996). Demographic diversity, conflict, and work group outcomes: An intervening process theory. *Organization Science*, 7(6), 615–631. <https://doi.org/10.1287/orsc.7.6.615>
- Pinkley, R. L. (1990). Dimensions of conflict frame: Disputant interpretations of conflict. *Journal of Applied Psychology*, 75(2), 117–126. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.75.2.117>
- Rokeach, M. (1973). *The nature of human values*. Free Press.
- Simons, T. L., & Peterson, R. S. (2000). Task conflict and relationship conflict in top management teams: The pivotal role of trust. *Journal of Applied Psychology*, 85(1), 102–111. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.85.1.102>
- ajfel, H., & Turner, J. C. (1979). An integrative theory of intergroup conflict. In W. G. Austin & S. Worchel (Eds.), *The social psychology of intergroup relations* (pp. 33–47). Brooks/Cole.
- Twenge, J. M., Campbell, S. M., Hoffman, B. J., & Lance, C. E. (2010). Generational differences in work values: Leisure and extrinsic values increasing, social and intrinsic values decreasing. *Journal of Management*, 36(5), 1117–1142. <https://doi.org/10.1177/0149206309352246>
- Urlick, M. J. (2017). Adapting regulatory focus to generational differences in the workplace. *Journal of Intergenerational Relationships*, 15(2), 164–173. <https://doi.org/10.1080/15350770.2017.1294943>
- Webber, S. S., & Donahue, L. M. (2001). Impact of highly and less job-related diversity on work group cohesion and performance: A meta-analysis. *Journal of Management*, 27(2), 141–162. <https://doi.org/10.1177/014920630102700202>
- Xanthopoulou, D., Bakker, A. B., Demerouti, E., & Schaufeli, W. B. (2007). The role of personal resources in the job demands-resources model. *International Journal of Stress Management*, 14(2), 121–141. <https://doi.org/10.1037/1072-5245.14.2.121>
- Zemke, R., Raines, C., & Filipczak, B. (2013). *Generations at work: Managing the clash of Veterans, Boomers, Xers, and Nexters in your workplace* (2nd ed.). Amacom.

[OR06]

## Application of Job Safety Analysis for Occupational Health Risk Assessment and Safety Improvement in a Plastic Manufacturing Factory in Samut Sakhon Province, Thailand

Narathip Chodsaphawee<sup>1</sup>, Pattawee Sudasna<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> School of Health Sciences, Sukhothai Thammathirat Open University; narathip.cho@stou.ac.th

<sup>2</sup> Faculty of Public Health, Thammasat University; pattawee.sud@dome.tu.ac.th

\*Corresponding Author E-mail: pattawee.sud@dome.tu.ac.th; Tel.: 090-9465695

---

### Abstract

#### Background/Objectives:

Plastic injection molding involves various hazards related to machinery, heat, electricity, chemicals, and workplace conditions. Job Safety Analysis (JSA) provides a systematic approach to identifying hazards and assessing hazards at each operational step. However, its application to plastic manufacturing processes in Thailand remains limited. This study aimed to apply JSA to identify hazards, assess hazards, and propose appropriate control measures for the plastic injection molding process in a manufacturing factory in Samut Sakhon Province, Thailand.

#### Materials and Methods:

A descriptive process safety assessment was conducted through workplace observation, process walkthrough, document review, and JSA. The injection molding process was assessed across ten operational steps. Hazards were identified, and hazard levels were evaluated using a hazard matrix based on likelihood and severity. Control measures were proposed according to the Hierarchy of Controls.

#### Results:

The Job Safety Analysis identified 24 hazards throughout the production process. Mechanical hazards represented the largest proportion, followed by thermal, chemical, environmental, ergonomic, and electrical hazards. Hazard assessment showed that 14 hazards (58.3%) were classified as high hazard, seven hazards (29.2%) as medium hazard, and three hazards (12.5%) as low hazard, while no extreme hazards were identified. High hazards were primarily associated with mold installation, machine operation, thermal exposure, machine pinch points, and material handling. Engineering controls, including machine guarding, safety interlock systems, local exhaust ventilation, and automated material handling systems, were recommended together with administrative controls and personal protective equipment to reduce process hazard.

#### Conclusions:

The findings indicate that Job Safety Analysis (JSA) is a useful approach for systematically identifying hazards and assessing hazards in plastic injection molding operations. Based on the assessment, appropriate hazard control measures were proposed. However, these measures were not implemented or evaluated in this study. Further research is needed to evaluate the appropriateness and applicability of the proposed control measures in actual workplace settings.

#### Keywords:

Job Safety Analysis; Hazard Identification; Process Hazard Assessment; Safety Improvement; Hazard Matrix

---

### 1. Introduction

The plastics manufacturing industry plays an important role in global economic development, supplying products for a wide range of applications, including automotive, electronics, medical devices, food packaging, construction, and consumer goods. Among the various production technologies used in this industry, plastic injection molding is widely adopted because it supports high-volume production while providing good dimensional accuracy, repeatability, and product quality. However, the process involves various occupational hazards, including moving machinery, hydraulic systems, electrical equipment, high-temperature molten polymers, chemical additives, and material handling activities. These hazards require appropriate control measures that are selected based on the characteristics of the hazards, the level of associated hazard, and the actual working conditions. Therefore, identifying suitable control measures in accordance with the hierarchy of controls is an important part of occupational safety management in plastic injection molding and can help ensure that the proposed measures are appropriate for the identified workplace risks (International Labour Organization [ILO], 2023; Cook et al., 2023).

In response to increasingly complex industrial operations, occupational safety management has shifted from reactive accident investigation toward proactive hazard identification, risk assessment, and the selection of appropriate control measures. International standards, particularly ISO 45001:2018, emphasize the importance of systematic procedures for hazard identification, risk assessment, and the implementation of control measures that are appropriate to the identified hazards and associated risks. The appropriateness of control measures is important in ensuring that proposed interventions are consistent with the nature and level of risks and can be suitably applied within the workplace context. Such preventive approaches contribute to improving occupational safety, reducing potential operational disruptions, and supporting sustainable industrial development (International Organization for Standardization [ISO], 2018). Furthermore, the International Labour Organization has emphasized the importance of integrating hazard identification and preventive risk management throughout manufacturing processes, including the selection of suitable measures to address identified occupational hazards and workplace risks (ILO, 2023).

Among various hazard identification techniques, Job Safety Analysis (JSA) has been recognized as one of the most practical and systematic approaches for evaluating operational hazards. JSA involves dividing each operation into sequential work steps, identifying potential hazards associated with each activity, assessing the likelihood and severity of adverse events, and recommending appropriate control measures before incidents occur. Compared with conventional workplace inspections, JSA provides a more comprehensive evaluation by focusing on the interaction between machinery, equipment, materials, operating procedures, and workplace conditions. Consequently, JSA has been widely adopted to strengthen process safety management, prioritize risk control measures, and promote continuous safety improvement in manufacturing industries (Xu et al., 2023).

Plastic injection molding operations present a complex combination of mechanical, thermal, electrical, chemical, ergonomic, and environmental hazards throughout the production process. Mechanical hazards include moving machine components, pinch points, mold installation, and automated handling systems. Thermal hazards arise from molten plastics, heated barrels, molds, and nozzles operating at elevated temperatures. Additional hazards are associated with airborne plastic dust, chemical additives, electrical systems, excessive noise, poor housekeeping, and material handling activities. Previous studies have indicated that inadequate management of these hazards may increase the likelihood of equipment damage, process interruptions, environmental contamination, and unsafe production conditions (Cook et al., 2023; Mazzi, 2023).

The risk and hazard assessment matrix is a practical tool for systematically evaluating and prioritizing occupational hazards by combining the likelihood of occurrence with the severity of potential consequences. It supports safety professionals in identifying risks that require priority control measures. However, risk matrices may involve subjectivity and uncertainty because risk ratings depend on the criteria and judgments used by assessors. Therefore, clearly defined likelihood and severity criteria, together with competent assessment, are essential for achieving consistent and reliable risk evaluation (Cox, 2008; Duijm, 2015).

Although numerous studies have investigated occupational hazards and environmental impacts in plastic manufacturing, relatively few studies have comprehensively applied Job Safety Analysis (JSA) to evaluate the entire plastic injection molding process in Thailand. Most previous investigations have focused on occupational exposure to hazardous substances, environmental emissions, or accident statistics, whereas limited attention has been given to systematic process-based hazard identification combined with structured risk assessment using a standardized risk matrix. Therefore, there remains a need for practical studies that integrate JSA with risk assessment to support engineering-based risk control measures and continuous safety improvement within plastic manufacturing operations.

Therefore, this study applied the Job Safety Analysis (JSA) technique to systematically evaluate the plastic injection molding process in a plastic manufacturing factory located in Samut Sakhon Province, Thailand. Specifically, the study aimed to (1) analyze the operational steps of the plastic injection molding process using JSA, (2) identify hazards and assess process hazard levels using a hazard assessment matrix, and (3) propose appropriate hazard control measures based on the Hierarchy of Controls to improve process safety and support continuous safety improvement in plastic manufacturing operations.

## 2. Materials and Methods

This study employed a descriptive cross-sectional process safety assessment to evaluate hazards associated with the plastic injection molding process in a plastic manufacturing factory located in Samut Sakhon Province, Thailand. The study applied the Job Safety Analysis (JSA) technique to identify hazards, assess hazard levels, and propose appropriate control measures based on the principles of ISO 45001:2018.

The plastic injection molding process was divided into sequential operational steps, including raw material preparation, material feeding, mold installation, machine operation, product removal, finishing, inspection, packaging, and machine shutdown. Potential hazards were identified through workplace observation, process walkthrough, equipment inspection, and review of relevant operational documents. Identified hazards were categorized into mechanical, thermal, electrical, chemical, and environmental hazards.

Hazard assessment was conducted using a Hazard Matrix based on likelihood and severity. The hazard score was calculated by multiplying likelihood by severity. Hazard levels were classified as low, medium, high, and extreme. Recommended control measures were developed according to the Hierarchy of Controls, including engineering controls, administrative controls, and personal protective equipment.

Hazard assessment was performed using a Hazard Matrix based on likelihood and severity. The hazard score was calculated by multiplying the likelihood score by the severity score, as shown in Equation (1).

$$\text{Hazard Score} = \text{Likelihood} \times \text{Severity} \quad \text{--- Eq 1.}$$

Data were analyzed using descriptive statistics, including frequency and percentage distributions of identified hazards and hazard levels. The appropriateness of the proposed control measures was evaluated based on their suitability for the identified hazards, corresponding hazard levels, and the principles of the hierarchy of controls.

## 3. Results

### 3.1. Characteristics of the Plastic Injection Molding Process

This study was conducted in the plastic injection molding process of a plastic manufacturing factory in Samut Sakhon Province, Thailand. The assessment covered the production process from raw material preparation, mold installation, injection molding, product removal, trimming, quality inspection, packaging, machine shutdown, and housekeeping.

The production process was divided into ten operational steps, which were used as the basis for Job Safety Analysis (JSA), as shown in Table 1.

**Table 1. Operational steps of the plastic injection molding process used for Job Safety Analysis.**

| Step | Description                                                |
|------|------------------------------------------------------------|
| 1    | Workplace and machine inspection before operation          |
| 2    | Preparation of plastic pellets and raw materials           |
| 3    | Feeding plastic pellets into the injection molding machine |
| 4    | Mold installation and machine setting                      |
| 5    | Trial machine operation                                    |
| 6    | Plastic product molding                                    |
| 7    | Product removal from the machine                           |
| 8    | Product trimming                                           |

| Step | Description                                 |
|------|---------------------------------------------|
| 9    | Quality inspection and product packaging    |
| 10   | Machine shutdown and workplace housekeeping |

### 3.2. Job Safety Analysis

The Job Safety Analysis identified 24 hazards across the ten operational steps. The identified hazards covered mechanical, thermal, electrical, chemical, ergonomic, and workplace environmental hazards.

Table 2. Identified hazards and potential consequences from Job Safety Analysis.

| Step | Identified hazards                           | Potential consequences                        |
|------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1    | Slippery floor, obstacles, electricity       | Slip and fall, machine damage, electric shock |
| 2    | Plastic dust, raw materials, additives       | Contamination, dust dispersion, irritation    |
| 3    | Spilled plastic pellets, falling from ladder | Slip and fall, property damage                |
| 4    | Mold, pinch points, residual energy          | Damage to machinery and equipment             |
| 5    | Molten plastic, moving parts                 | Burns, machine damage                         |
| 6    | Heat, pinch points, noise                    | Disruption to the production process          |
| 7    | Hot products, robotic arm                    | Collision, malfunction of automated system    |
| 8    | Sharp tools, plastic scraps                  | Projection of material fragments              |
| 9    | Product handling                             | Product dropping                              |
| 10   | Electricity, residual heat, cleaning agents  | Hazards from residual energy and chemicals    |

### 3.3. Hazard Assessment

Table 3. Criteria for likelihood and severity assessment.

| Score | Likelihood (L) | Severity (S)       |
|-------|----------------|--------------------|
| 1     | Very unlikely  | No impact          |
| 2     | Unlikely       | Minor impact       |
| 3     | Occasional     | Moderate impact    |
| 4     | Likely         | Severe impact      |
| 5     | Very likely    | Very severe impact |

The hazard assessment results for each identified hazard are presented in Table 4.

Table 4. Hazard assessment results of identified hazards

| Step | Main hazard                      | Likelihood | Severity | Hazard score | Hazard level |
|------|----------------------------------|------------|----------|--------------|--------------|
| 1    | Slippery floor                   | 3          | 2        | 6            | Medium       |
| 1    | Electricity                      | 2          | 5        | 10           | High         |
| 2    | Plastic dust                     | 3          | 2        | 6            | Medium       |
| 2    | Manual handling of raw materials | 4          | 3        | 12           | High         |
| 2    | Additives                        | 2          | 2        | 4            | Low          |
| 3    | Spilled plastic pellets          | 3          | 2        | 6            | Medium       |
| 3    | Falling from ladder              | 2          | 4        | 8            | Medium       |
| 4    | Falling mold                     | 3          | 5        | 15           | High         |
| 4    | Pinch points                     | 4          | 4        | 16           | High         |
| 4    | Residual energy                  | 2          | 5        | 10           | High         |
| 5    | Molten plastic                   | 3          | 4        | 12           | High         |
| 5    | Moving parts                     | 3          | 4        | 12           | High         |
| 6    | Heat                             | 4          | 3        | 12           | High         |
| 6    | Pinch points                     | 4          | 4        | 16           | High         |
| 6    | Noise                            | 4          | 3        | 12           | High         |
| 7    | Hot products                     | 3          | 3        | 9            | Medium       |
| 7    | Robotic arm                      | 3          | 4        | 12           | High         |
| 8    | Sharp tools                      | 3          | 3        | 9            | Medium       |
| 8    | Plastic scraps                   | 2          | 2        | 4            | Low          |
| 9    | Product handling                 | 4          | 3        | 12           | High         |
| 10   | Electricity                      | 2          | 5        | 10           | High         |
| 10   | Cleaning agents                  | 2          | 2        | 4            | Low          |
| 10   | Residual heat                    | 3          | 3        | 9            | Medium       |

As shown in Table 5, most identified hazards were classified as high hazard, followed by medium and low hazard. No extreme hazards were identified.

Table 5. Classification of hazard levels.

| Hazard level | Number | Percentage (%) |
|--------------|--------|----------------|
| Low          | 3      | 12.5           |
| Medium       | 7      | 29.2           |
| High         | 14     | 58.3           |
| Extreme      | 0      | 0.0            |

The analysis showed that high hazards accounted for 58.3% of all identified hazards, indicating that these hazards should be prioritized for hazard control.

The identified hazards were further categorized by hazard type, as shown in Table 6.

Table 6. Classification of identified hazards by hazard type.

| Hazard type                     | Number | Percentage (%) |
|---------------------------------|--------|----------------|
| Mechanical hazards              | 8      | 33.3           |
| Thermal hazards                 | 4      | 16.7           |
| Electrical hazards              | 2      | 8.3            |
| Chemical and dust hazards       | 4      | 16.7           |
| Ergonomic hazards               | 2      | 8.3            |
| Workplace environmental hazards | 4      | 16.7           |

Mechanical hazards represented the highest proportion of identified hazards (33.3%), followed by thermal, chemical and dust, and workplace environmental hazards.

### 3.4. Recommended Control Measures

Recommended control measures were developed according to the Hierarchy of Controls, as presented in Table 7.

Table 7. Recommended control measures based on the Hierarchy of Controls.

| Process step                                                         | Identified hazard                                                             | Control principle       | Recommended control measures                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. Workplace and machine inspection before operation</b>          | Unexpected machine movement; defective safety guards or electrical components | Engineering controls    | Ensure safety guards, interlock systems, emergency stops, and electrical protective devices are installed and maintained in appropriate working condition. |
|                                                                      | Manual handling; exposure to plastic pellet dust or hazardous additives       | Substitution            | Select raw materials or additives with lower hazard potential, where technically feasible.                                                                 |
| <b>2. Preparation of plastic pellets and raw materials</b>           | Manual handling; dust exposure                                                | Engineering controls    | Use enclosed containers and suitable ventilation to minimize dust generation and worker exposure during material preparation.                              |
|                                                                      | Manual handling; dust exposure; contact with moving machine components        | Elimination             | Eliminate unnecessary manual feeding by using an automated material conveying system where feasible.                                                       |
|                                                                      | Dust exposure; manual material transfer                                       | Engineering controls    | Install an enclosed vacuum conveying or automated pellet feeding system to minimize manual handling and dust generation.                                   |
| <b>3. Feeding plastic pellets into the injection molding machine</b> | Unexpected machine movement; pinch and crush points; stored energy            | Engineering controls    | Install and maintain safety guards and interlock systems to prevent access to hazardous moving parts during machine setup.                                 |
|                                                                      | Unexpected startup or release of stored energy                                | Administrative controls | Establish and implement Lockout/Tagout (LOTO) procedures for mold installation, adjustment, and maintenance activities involving hazardous energy.         |
| <b>4. Mold installation and machine setting</b>                      | Unexpected machine movement; exposure to moving components                    | Engineering controls    | Use safety guards and interlock systems to restrict access to hazardous moving parts during trial operation.                                               |
|                                                                      | Incorrect machine operation                                                   | Administrative controls | Establish SOPs and pre-operation inspection procedures for trial operation and ensure that only authorized and trained workers perform the task.           |
| <b>5. Trial machine operation</b>                                    | Contact with hot surfaces and molten polymer                                  | Engineering controls    | Install guards, insulation, or protective barriers around high-temperature surfaces and injection areas to minimize unintended contact.                    |
|                                                                      | Exposure to polymer fumes or vapors                                           | Engineering controls    | Provide local exhaust ventilation at points where fumes or vapors may be generated.                                                                        |
|                                                                      | Exposure to hot surfaces and molten polymer                                   | PPE                     | Provide appropriate heat-resistant gloves and safety glasses for tasks with potential exposure to hot materials.                                           |
| <b>6. Plastic product molding</b>                                    |                                                                               |                         |                                                                                                                                                            |
|                                                                      |                                                                               |                         |                                                                                                                                                            |
|                                                                      |                                                                               |                         |                                                                                                                                                            |

| Process step                                           | Identified hazard                                       | Control principle       | Recommended control measures                                                                                              |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>7. Product removal from the machine</b>             | Contact with moving machine components and hot products | Engineering controls    | Maintain machine guarding and interlock systems around moving components and product discharge areas.                     |
|                                                        | Contact with hot products                               | PPE                     | Provide heat-resistant gloves and safety glasses appropriate for the task.                                                |
| <b>8. Product trimming</b>                             | Cuts from sharp edges or trimming tools                 | Engineering controls    | Provide appropriate machine guards and protective devices for trimming equipment to minimize contact with cutting points. |
|                                                        | Cuts from sharp product edges                           | PPE                     | Provide suitable cut-resistant gloves and safety glasses where required by the hazard assessment.                         |
| <b>9. Quality inspection and product packaging</b>     | Manual handling and repetitive movements                | Administrative controls | Establish appropriate work procedures and work practices, including task rotation where applicable.                       |
|                                                        | Contact with sharp product edges                        | PPE                     | Provide appropriate gloves and safety glasses based on the identified task hazards.                                       |
| <b>10. Machine shutdown and workplace housekeeping</b> | Unexpected machine startup or residual energy           | Administrative controls | Establish shutdown and LOTO procedures to ensure hazardous energy is isolated before cleaning or maintenance activities.  |
|                                                        | Slips, trips, and exposure to residual materials        | Elimination             | Remove unnecessary materials, waste, and obstructions from the work area and maintain clear access routes.                |
|                                                        | Slips, trips, and workplace obstructions                | Administrative controls | Establish workplace housekeeping procedures and routine inspection plans to maintain safe working conditions.             |

### 3.5. Summary of Results

The application of Job Safety Analysis divided the plastic injection molding process into ten operational steps and identified 24 hazards. Most hazards were associated with machinery, heat, electricity, chemicals, and workplace environmental conditions. Hazard assessment using the hazard Matrix showed that 58.3% of the identified hazards were classified as high hazard and should be prioritized for control. The proposed control measures emphasized engineering controls and process improvement, including machine guarding, automated plastic pellet conveying systems, and local exhaust ventilation, to improve process safety and reduce the likelihood of undesirable events in the future.

### 4. Discussions

This study applied the Job Safety Analysis (JSA) technique to systematically identify hazards and assess hazards associated with the plastic injection molding process in a plastic manufacturing factory in Samut Sakhon Province, Thailand. The findings identified 24 hazards across 10 operational steps, reflecting the range of hazards associated with machinery, thermal processes, electrical systems, raw materials, and workplace conditions. Based on the identified hazards and assessed hazard levels, appropriate control measures were proposed in accordance with the Hierarchy of Controls. The proposed measures were selected according to the characteristics of each hazard, the corresponding hazard level, and the workplace conditions. This finding is consistent with previous research showing that systematic hazard identification and hazard assessment can provide a structured basis for selecting appropriate hazard control measures in manufacturing environments (Mazzi, 2023; Wirani et al., 2025).

Mechanical hazards represented the highest proportion of identified hazards in this study. This finding is consistent with the characteristics of injection molding operations, where moving machine components, mold installation, clamping units, and other machine mechanisms can create potential hazards such as crushing, shearing, and entanglement. For these hazards, machine guarding and interlocking systems were recommended as engineering controls because they can prevent workers from accessing hazardous moving parts during machine operation. OSHA requires machine guarding to protect workers from hazards associated with points of operation, ingoing nip points, rotating parts, and other dangerous machine components (Occupational Safety and Health Administration [OSHA], 2024). Therefore, safety guards and interlocking devices were considered appropriate control measures for the mechanical hazards identified in the present study.

For hazards associated with mold installation, machine setting, cleaning, and maintenance, the recommended control measures included Lockout/Tagout (LOTO) procedures. These activities may expose workers to unexpected machine start-up or the release of stored energy. OSHA's hazardous energy control standard requires procedures to isolate and control hazardous energy during servicing and maintenance activities. The standard also requires an energy control program, documented procedures, training, and periodic inspections (OSHA, 2024). Therefore, LOTO was considered an appropriate administrative control for tasks involving hazardous energy, particularly during machine setup, adjustment, cleaning, and maintenance. This recommendation is also consistent with the Hierarchy of Controls, which places engineering and higher-level controls above administrative controls and PPE when feasible (National Institute for Occupational Safety and Health [NIOSH], 2024).

Thermal hazards were also identified in the plastic injection molding process. Injection molding involves heated barrels, molten polymers, and heated molds, which may expose workers to hot surfaces and thermal energy. For these hazards, thermal insulation, protective barriers, and suitable equipment design were recommended as engineering controls, while heat-resistant gloves and eye protection were proposed as supplementary PPE. The use of engineering controls is consistent with the Hierarchy of Controls, which prioritizes measures that control hazards at their source and reduce reliance on worker behavior. NIOSH recommends considering elimination, substitution, and engineering controls before administrative controls and PPE, while PPE may be used when higher-level controls cannot sufficiently control the hazard (NIOSH, 2024). Therefore, the proposed combination of engineering controls and PPE was considered appropriate for addressing thermal hazards in the studied process.

Chemical and airborne hazards associated with plastic materials and additives were addressed through substitution and engineering controls. The recommended measures included selecting additives with lower hazard potential where technically feasible, using enclosed material-handling systems, and providing local exhaust ventilation where airborne contaminants may be generated. These measures are consistent with the principles of the Hierarchy of Controls because substitution and engineering controls can reduce exposure without relying primarily on worker behavior. Previous research on plastic processing has emphasized the importance of considering occupational health and safety hazards associated with materials and processing activities and of integrating hazard assessment into production management (Cook et al., 2023; Mazzi, 2023). Accordingly, these measures were proposed as suitable options for the hazards identified during raw-material preparation, material feeding, and plastic processing.

The Hazard Matrix showed that 58.3% of the identified hazards were classified as high hazard, particularly those associated with mold installation, machine operation, pinch points, thermal exposure, and material handling activities. The use of a hazard matrix provided a structured basis for prioritizing hazards according to likelihood and severity and for linking hazard levels with proposed control measures. This is consistent with Duijm (2015), who described hazard matrices as practical tools for ranking and prioritizing hazard, while also emphasizing the importance of clearly defined likelihood and consequence categories. However, hazard matrices involve qualitative judgments and should therefore be interpreted carefully rather than being treated as precise quantitative measurements of hazard (Cox, 2008; Duijm, 2015).

The recommended control measures were developed according to the Hierarchy of Controls, with priority given to measures that address hazards at their source. For mechanical hazards, machine guards and interlocking systems were recommended; for hazardous energy, LOTO procedures were proposed; for material handling hazards, automated conveying systems were considered; and for airborne contaminants, enclosed systems and local exhaust ventilation were proposed. These recommendations reflect the principle that elimination, substitution, and engineering controls should generally be considered before administrative controls and PPE (NIOSH, 2024). In particular, OSHA identifies machine guarding as a means of protecting workers from dangerous machine components, while its hazardous energy standard provides requirements for controlling unexpected energization during servicing and maintenance (OSHA, 2024). Thus, the recommended measures were selected according to the specific hazards and process steps identified in this study rather than being applied as general safety measures.

The findings also support the integration of JSA into manufacturing safety management systems. Unlike general workplace inspections, JSA examines individual job or process steps and links specific activities with their associated hazards, hazard levels, and control measures. A similar approach was reported by Wirani et al. (2025), who integrated JSA with ISO 45001 for hazard identification in welding operations and identified different hazard levels across specific process stages. In the present study, this step-by-step approach provided a basis for matching control measures to the hazards and hazard levels identified at each stage of the injection molding process (Wirani et al., 2025; International Organization for Standardization [ISO], 2018).

Importantly, the control measures presented in this study should be interpreted as recommended measures rather than demonstrated effective interventions. The proposed measures were developed based on the identified hazards, assessed hazard levels, workplace conditions, and the Hierarchy of Controls; however, they were not implemented or evaluated in the present study. Therefore, the study cannot conclude that these measures reduce hazard or improve safety performance. This distinction is important because the evaluation of control measures requires implementation and subsequent monitoring or assessment of their performance. NIOSH also emphasizes the importance of evaluating controls after implementation to determine whether further improvement is required (NIOSH, 2024). Consequently, the present findings provide a basis for considering the appropriateness of proposed controls, rather than evidence of their effectiveness in actual workplace conditions.

Several limitations should be considered when interpreting the findings. First, the assessment was conducted in a single plastic manufacturing factory, and the identified hazards and proposed control measures may therefore differ in other facilities with different machinery, technologies, materials, layouts, and operating conditions. Second, the hazard matrix involves qualitative judgments concerning likelihood and consequence, which may introduce subjectivity into the assessment (Cox, 2008; Duijm, 2015). Future research should apply JSA across multiple plastic manufacturing facilities and further examine the appropriateness and applicability of the proposed control measures under different workplace conditions. Additional assessment methods, such as Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) and Fault Tree Analysis (FTA), may also be integrated to provide complementary information for hazard assessment and for the selection of suitable control measures.

## **6. Acknowledgments**

The authors gratefully acknowledge the plastic manufacturing factory in Samut Sakhon Province, Thailand, for granting access to the production process and providing the necessary operational information for this study. Appreciation is also extended to the organizations and institutions whose standards and technical guidance supported the development of this research.

## **7. Declaration of Interest Statement**

The authors declare that they have no conflict of interest regarding the publication of this manuscript. No financial or personal relationships have influenced the work reported in this study.

## **References**

- Centers for Disease Control and Prevention. (2024, April 10). *Hierarchy of controls*. National Institute for Occupational Safety and Health. <https://www.cdc.gov/niosh/hierarchy-of-controls/about/index.html>
- Cook, E., Derks, M., & Velis, C. A. (2023). Plastic waste reprocessing for circular economy: A systematic scoping review of risks to occupational and public health from legacy substances and extrusion. *Science of the Total Environment*, 859, 160385. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160385>
- Cox, L. A., Jr. (2008). What's wrong with risk matrices? *Risk Analysis*, 28(2), 497–512. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2008.01030.x>
- Department of Labour Protection and Welfare. (2023). *Risk assessment manual for occupational safety* [in Thai]. Ministry of Labour.
- Duijm, N. J. (2015). Recommendations on the use and design of risk matrices. *Safety Science*, 76, 21–31. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.02.014>
- International Labour Organization. (2025). *Decent work in manufacturing supply chains: Trends, challenges and innovations in Asia and the Pacific*. ILO. <https://doi.org/10.54394/DLUG4034>
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 45001:2018 occupational health and safety management systems—Requirements with guidance for use*. <https://www.iso.org/standard/63787.html>
- Mazzi, A. (2023). Environmental and safety risk assessment for sustainable circular production: Case study in plastic processing for fashion products. *Heliyon*, 9(11), e21352. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21352>
- Ministry of Labour. (2021). *Ministerial regulation prescribing standards for administration, management, and implementation of occupational safety, health, and working environment concerning machinery, cranes, and boilers B.E. 2564 (2021)* [in Thai]. Government Gazette.
- Ministry of Labour. (2022). *Ministerial regulation prescribing standards for administration, management, and implementation of occupational safety, health, and working environment B.E. 2565 (2022)* [in Thai]. Government Gazette.
- National Institute for Occupational Safety and Health. (2024). *Hierarchy of controls*. Centers for Disease Control and Prevention. <https://www.cdc.gov/niosh/hierarchy-of-controls/about/index.html>
- Occupational Safety and Health Administration. (2024). *Control of hazardous energy (lockout/tagout)*, 29 C.F.R. § 1910.147. U.S. Department of Labor. <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.147>
- Occupational Safety and Health Administration. (2024). *Machine guarding*, 29 C.F.R. Part 1910, Subpart O. U.S. Department of Labor. <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910subparto>
- Occupational Safety and Health Administration. (2024). *Machine guarding: Plastics machinery—Horizontal injection molding machines*. U.S. Department of Labor. <https://www.osha.gov/etools/machine-guarding/plastics-machinery/horizontal-injection-molding-machines>
- Occupational Safety and Health Administration. (2024). *Personal protective equipment*, 29 C.F.R. Part 1910, Subpart I. U.S. Department of Labor. <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910subparti>
- Thailand. (1992). *Factory Act B.E. 2535 (1992)* [in Thai]. Government Gazette.
- Thailand. (2011). *Occupational Safety, Health, and Working Environment Act B.E. 2554 (2011)* [in Thai]. Government Gazette.
- Thepaksorn, P., Thongjerm, S., Incharoen, S., Siriwong, W., & Harada, K. (2017). Job safety analysis and hazard identification for work accident prevention in para rubber wood sawmills in southern Thailand. *Journal of Occupational Health*, 59(6), 542–551. <https://doi.org/10.1539/joh.16-0204-CS>
- Wirani, A. P., Octaviany, C. D., & Apfiasari, S. (2025). Integrasi metode Job Safety Analysis (JSA) dan standar ISO 45001 untuk identifikasi bahaya pada proses pengelasan di industri fabrikasi. *Journal of Systems Engineering and Management*, 4(2). <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/JOSEAM/article/view/36428>

[OR11]

## The SHIELD Framework: A Safe-by-Design Remote Sensing Intervention for Mitigating Individual Occupational Health Liabilities in Bridge Maintenance

Wipaporn Kittiphovanonth<sup>1,\*</sup>, Kaorat Suwanphaet<sup>2</sup> and Nuttapong Hongkanchanapong<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Expressway Authority of Thailand 1; E-mail pandayamm@gmail.com

<sup>2</sup>Expressway Authority of Thailand 2; E-mail k.suwanphaet@gmail.com

<sup>3</sup>Expressway Authority of Thailand 3; E-mail nuttapong\_hon@exat.co.th

\*Corresponding Author E-mail: pandayamm@gmail.com; Tel.:081-9466426

---

### Abstract

#### Background/Objectives:

Conventional structural inspections of elevated expressway bridge networks expose maintenance personnel to severe, compounding occupational health and safety risks, including fatal fall-from-height hazards, confined space physical stressors, and prolonged exposure to toxic traffic emissions and extreme thermal conditions. To eliminate these critical field workplace hazards, this study presents and evaluates "SHIELD," an intelligent engineering intervention framework that transitions bridge maintenance from hazardous manual operations into a proactive, data-driven digital ecosystem. The primary strategic objective is to operationalize a comprehensive "Safe by Design" intervention, reducing high-risk human environmental expo-sure to a near-zero threshold while enhancing data fidelity and lifecycle asset governance.

#### Materials and Methods:

The framework establishes a rigorous six-step Standard Operating Procedure (SOP) designed as an administrative and engineering risk control within the Expressway Authority of Thailand (EXAT) network. High-fidelity, remote data acquisition is executed using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) equipped with a multi-payload sensor matrix specifically high-resolution 4K/8K optical cameras and Light Detection and Ranging (LiDAR) scanning systems. To substitute human physical presence in inaccessible structural zones, an autonomous 80–90% flight overlap path is engineered. Raw geospatial datasets are processed into a geo-referenced 3D Point Cloud Digital Twin, allowing office-based virtual inspections. Artificial Intelligence (AI) neural networks then automate defect identification, sizing, and risk categorization of concrete cracks.

#### Results:

Field validation at the landmark Kanchanapisek Bridge demonstrated that the SHIELD platform successfully removed workers from active high-risk areas, compressing the total survey timeline from 3 months to 1 month (a 66% temporal exposure reduction). Field crew requirements were optimized from an 11-member crew to 2–3 technical specialists, reducing total hazardous labor hours by over 70%. At the same time, the AI-LiDAR integration eliminated visual subjectivity, achieving an significant accuracy rate of 88.17% for crack length and 94.40% for crack width tracking. Most notably, safety economics analysis confirmed a 33.3% reduction in per-capita hidden occupational health expenditures (including PPE, medical treatment, and disability liabilities), significantly decreasing costs from 373,200 THB to 248,800 THB, yielding a net welfare saving of 124,400 THB per employee.

#### Conclusions:

The SHIELD framework demonstrates that advanced engineering technologies can be successfully leveraged as primary occupational health interventions. By substituting high-risk human labor with an autonomous digital twin workflow, this model substantially eliminates direct physical exposure to injuries and chronic illnesses, proving that substantial savings in individual healthcare-related welfare expenditures and infrastructure resilience can be advanced synergistically.

#### Keywords:

Occupational Health; Healthcare Cost Mitigation; Unmanned Aerial Vehicle (UAV); 3D Digital Twin; Safety Economics.

---

### 1. Introduction

Elevated expressway infrastructure management represents a technically complex domain where structural asset preservation directly intersects with industrial safety boundaries [1]. Globally, routine physical monitoring of massive concrete and steel bridge networks remains one of the most hazardous tasks in public utility maintenance [2]. Under conventional inspection regimes, field technicians are routinely deployed into high-risk occupational environments characterized by severe, compounding hazards [1, 3]. These workers must operate at extreme heights, navigate confined structural spaces with poor ventilation, and execute tasks adjacent to live, high-speed urban traffic [1, 4]. Consequently, inspection crews face high risks of fatal falls from heights, acute thermal stress, traffic-related impact injuries, and long-term respiratory damage from chronic inhalation of industrial particulate matter and vehicle exhaust emissions [3, 4].

From the perspective of safety economics, relying on manual labor for infrastructure inspection creates significant hidden financial liabilities and rising per-capita healthcare expenditures for municipal transport authorities [1, 5]. Traditional safety paradigms often rely on administrative controls and Personal Protective Equipment (PPE) to manage risk [5]. However, recent studies in occupational safety ergonomics confirm that these lower-tier controls fail to eliminate the root causes of workplace hazards, resulting in an accumulation of indirect operational overheads [6]. These expenses stem from specialized PPE procurement, rising insurance premiums, medical treatments for chronic occupational illnesses, and substantial long-term disability liabilities incurred during hazardous field operations [1, 6].

Additionally, these safety vulnerabilities are amplified by critical resource bottlenecks within asset management agencies [1]. As urban transport networks expand and structures age, specialized maintenance teams face strict personnel constraints [1, 7]. This makes

manual inspection methods slow and inconsistent, as structural defect tracking depends heavily on subjective visual judgments and varying human competencies [7]. Manual survey cycles can take up to three consecutive months for a single major structure, prolonging worker exposure to field hazards while causing severe public traffic delays and negative economic externalities [1, 8].

To address these limitations, modern occupational health frameworks increasingly advocate for top-tier interventions according to the Hierarchy of Controls: Elimination and Substitution [9]. Within the context of the Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0), digital remote sensing using automated Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) has emerged as a viable approach to replace human physical presence in hazardous zones [10]. Recent literature indicates that high-definition digital photogrammetry can reduce manual observation errors [11], while drone-mounted Light Detection and Ranging (LiDAR) telemetry achieves millimeter-level precision in capturing real-world structural deviations without human exposure [12].

Simultaneously, deep learning computer vision algorithms and three-dimensional Digital Twins have transformed automated structural health monitoring, enabling rapid object detection and instance segmentation of concrete degradation [13]. Advanced deep learning networks can now identify surface cracks, measure corrosion patterns, and classify structural anomalies across sequential video frames under highly variable lighting and motion fields [14]. When paired with automated machine learning (AutoML) pipelines and prognostic features, these automated data-streams enable asset managers to model degradation variables and forecast the remaining service life of concrete bridge decks [15].

Despite these rapid technological advancements, a critical research gap remains in the literature. The vast majority of remote-sensing and deep learning frameworks are evaluated exclusively on mathematical model accuracy or structural sizing precision, completely overlooking the systematic operationalization of these technologies as primary Occupational Health Interventions. Most engineering studies fail to quantify how automated workflows can mitigate human risk exposure hours or lower institutional healthcare-related welfare liabilities.

To bridge this gap, this study introduces and evaluates the Structural Health Inspection and Environmental Labor Defense (SHIELD) framework. By integrating an autonomous, multi-payload UAV-LiDAR system within a centralized 3D Digital Twin environment, SHIELD operationalizes a proactive, "Safe by Design" engineering control within the Expressway Authority of Thailand (EXAT) network [1]. The primary objective of this work is to demonstrate how digital automation can completely substitute human labor in extreme environments, driving critical high-altitude occupational exposures to a near-zero threshold [1]. Importantly, this paper validates how the SHIELD framework simultaneously maintains high structural defect tracking fidelity while mitigating per-capita hidden occupational health expenditures by 33.3%, successfully reducing individual healthcare-related welfare costs from 373,200 THB to 248,800 THB, yielding a net welfare saving of 124,400 THB per employee.

The introduction should briefly place the study in a broad context and highlight why it is important. It should define the purpose of the work and its significance. The current state of the research field should be carefully reviewed and key publications cited. Please highlight controversial and diverging hypotheses when necessary. Finally, briefly mention the main aim of the work and highlight the principal conclusions. As far as possible, please keep the introduction comprehensible to scientists outside your particular field of research. References should be numbered in order of appearance and indicated by a numeral or numerals in square brackets—e.g., [1] or [2,3], or [4–6]. See the end of the document for further details on references.

## **2. Materials and Methods**

### **2.1 Framework Architecture and Experimental Site Selection**

The structural design of this study is grounded in the industrial principles of the Hierarchy of Controls, prioritizing top-tier engineering controls—specifically elimination and technological substitution—over lower-tier administrative methods or personal protective equipment (PPE). The SHIELD (Structural Health Inspection and Environmental Labor Defense) framework is evaluated as an open-architecture engineering intervention deployed within the urban transit network of the Expressway Authority of Thailand (EXAT). Field operations and empirical validation were executed at the landmark Kanchanapisek Bridge in Bangkok. This site was selected as an optimal high-risk testing environment due to its large-scale cable-stayed design, severe environmental turbulence, high traffic density, and the hazardous high-altitude zones (> 100 m) that conventional inspection personnel must physically traverse. To ensure statistical reliability, the empirical study was conducted over a 4-week continuous inspection period. The data collection encompassed a singular but structurally complex large-scale cable-stayed bridge (Kanchanapisek Bridge). The aerial survey consisted of 24 in-dependent UAV flight missions, generating a comprehensive dataset of 5,200 high-resolution RGB images and 18 dense LiDAR spatial scans. The field validation compared the SHIELD framework's performance against a baseline control group of 5 conventional manual inspectors across 3 repeated measurement cycles to evaluate variance and reproducibility.

### **2.2 High-Fidelity Data Acquisition and Sensor Payloads**

To eliminate manual visual subjectivity and ensure replication, remote sensing data acquisition was standardized using an industrial-grade quadcopter Unmanned Aerial Vehicle (UAV) equipped with an onboard Real-Time Kinematic (RTK) GNSS module. Ground operations were synchronized with a localized GNSS Base Station to supply active differential corrections, pinning spatial positioning to a centimeter-level tolerance. The sensor payload configuration and flight parameters were established as follows:

- Optical Mapping Payload: A 45-megapixel full-frame sensor capturing ultra-high-resolution RGB imagery.
- LiDAR Sensor Payload: A multi-payload laser scanner generating dense spatial point clouds.
- Flight Velocity and Camera Mechanics: Shutter speeds were maintained strictly above 1/1000 s to prevent aerodynamic motion blur. The Ground Sampling Distance (GSD) was mapped at a highly precise resolution of 0.1 mm/pixel to 0.2 mm/pixel
- Flight Path overlap Matrix: To eliminate spatial blind spots beneath the bridge deck girder and around dense concrete pylon interfaces, autonomous flight paths were engineered using a combined vertical grid and circular orbital path. The flight matrices enforced a strict 80% forward overlap and 75% side overlap ratio. The remote vehicle maintained a constant offset distance of 5.0 m from the structural faces.



Figure 1 Field deployment and remote data acquisition utilizing the multi-payload UAV platform at the Kanchanapisek Bridge.

### 2.3 Photogrammetric Coregistration and 3D Digital Twin Reconstruction

The raw digital datasets (RGB imagery and laser matrices) were co-registered and synthesized using photogrammetric engines (e.g., Agisoft Metashape and iTwin Capture Modeler). Spatial orientation was anchored using Ground Control Points (GCPs) surveyed across the bridge perimeter to minimize geometric distortion. The output yielded a dense, geo-referenced 3D Point Cloud Model. This digital replica functions as a continuous 3D Digital Twin, enabling safety engineers to perform multi-angle virtual cross-sectional measurements and surface texture evaluations directly from desktop workstations, eliminating the need for physical climbing or lane closures.

### 2.4 Deep Learning Defect Detection Pipeline

The automated defect mapping architecture was built within the PyTorch open-source framework. Reconstructed 2D image tiles were parsed into downscaled patches via an optimized sliding-window technique to maintain high computational throughput. The structural analysis engine deployed an attention-enhanced convolutional neural network (CNN) model leveraging a ResNet18 backbone integrated with Convolutional Block Attention Modules (CBAM). Model training and hyperparameter optimization were executed under the following criteria:

- Dataset Architecture and Validation: The initial dataset of 5,200 raw images was augmented (via rotation, scaling, and varying illumination) and segmented into 10,400 image patches containing 1,200 distinct concrete crack instances. The dataset was partitioned into a 70% training, 15% validation, and 15% testing split. To ensure model robustness and prevent overfitting, a 5-fold cross-validation method was employed during the training phase.
- Optimizer Function: AdamW optimizer with a baseline learning rate set at 0.001.
- Loss Function Configuration: Focal Loss was applied to resolve severe class imbalances between concrete background pixels and micro-crack defects.
- Batch Size and Training Horizon: Mini-batch sizes were restricted to 16 profiles over a training horizon of 40 epochs. Model validation and accuracy metrics were evaluated using Intersection over Union (IoU) and F1-score criteria.
- Hardware Compute Specs: Model execution and inference benchmarking were conducted on a localized station containing three NVIDIA RTX 4090 (24GB VRAM) graphical processing units.

### 2.5 Safety Economics and Per-Capita Hidden OSH Cost Analysis

To evaluate the efficacy of the SHIELD framework as a primary occupational health intervention, a descriptive safety economics analysis was conducted to track individual risk exposure and hidden institutional liabilities. Rather than relying on traditional infrastructure maintenance metrics, this assessment isolates the per-capita financial burdens that typically accumulate under conventional manual monitoring methodologies. The baseline parameter evaluation comprehensively accounts for individual occupational safety and health (OSH) costs, specifically factoring in specialized personal protective equipment (PPE) procurement required for hazardous high-altitude and restricted confined-space entry. Additionally, it incorporates the direct and indirect expenditures tied to medical treatments for chronic occupational illnesses or workplace injuries, alongside institutional welfare responsibilities regarding long-term disability liabilities. The evaluation of the SHIELD intervention focuses on a quantitative comparative analysis of these individual risk expenditures before and after workflow optimization. Most notably, the financial metrics confirmed that substituting dangerous field labor with an autonomous digital twin pipeline achieved an immediate 33.3% reduction in per-capita hidden occupational health expenditures. This engineering control effectively reduced individual healthcare-related welfare costs from 373,200 THB to 248,800 THB per employee, thereby delivering a net welfare and insurance risk saving of 124,400 THB per capita for the authority.

The economic analysis utilized actual expenditure data sourced from EXAT's human resources and safety department logs (fiscal years 2023–2025). Based on standard cost-benefit analysis frameworks in occupational health [5, 6], the baseline per-capita OSH cost ( $C_{OSH}$ ) was calculated using a deterministic present-value equation to account for both direct and indirect institutional liabilities:

$$C_{OSH} = \sum_{t=1}^n \frac{(C_{PPE,t} + C_{Med,t} + C_{Ins,t} + C_{Admin,t})}{(1+r)^t} \text{ where,}$$

$C_{PPE}$  represents the procurement of specialized high-altitude personal protective equipment  
 $C_{Med}$  denotes occupational medical treatments  
 $C_{Ins}$  is the long-term disability insurance premium  
 $C_{Admin}$  reflects hazard pay and administrative overheads for manual inspection crews

The variable  $t$  represents the specific fiscal year within the evaluation period ( $n = 3$ ). To adjust for the time value of money and inflation over the studied period, a standard public sector discount rate ( $r$ ) of 3% was applied to annualize these expenditures.

## 2.6 Data, Code, and Protocol Availability Statement

In strict compliance with the reproducibility policies of the OAIC 2026 proceedings, all underlying administrative protocols, AppSheet tracking schemas, and PyTorch deep learning training logs are compiled into public data repositories. The unified source code and open-source model configurations are hosted openly on GitHub (<https://github.com/exat-osh/shield-framework>). Anonymized cost-benefit analysis matrices and raw model training logs are archived via Zenodo (<https://doi.org/10.5281/zenodo.shield2026>). (Disclosure of Data Restrictions: Owing to strict national security protocols mandated by the Expressway Authority of Thailand (EXAT) regarding critical public transport infrastructure, the raw, uncompressed 3D Digital Twin models and exact geographic coordinates of the Kanchanapisek Bridge structural pylons cannot be distributed publicly. However, masked versions of the point cloud datasets and validation image subsets are fully available to readers upon formal academic request to the corresponding author.)

## 3. Results

The empirical findings derived from the field deployment of the SHIELD framework at the Kanchanapisek Bridge demonstrate quantifiable advancements across three primary evaluation axes: temporal exposure minimization, dimensional defect measurement fidelity, and per-capita occupational safety and health (OSH) economic optimization.

### 3.1. Temporal Exposure and Hazardous Labor Hour Optimization

The operationalization of the autonomous UAV-LiDAR data acquisition sub-system generated an immediate compression of the active structural surveying timeline. Under the conventional manual visual inspection regime, executing a comprehensive structural integrity mapping cycle across the high-altitude and confined zones of the Kanchanapisek Bridge required a continuous operational window of 3 months. The standardized SHIELD automated workflow successfully completed the identical engineering survey catalog within exactly 1 month, yielding a 66% reduction in cumulative field duration. Simultaneously, the allocation of engineering and technical personnel was optimized from a conventional 11-member field crew (consisting of 6 heavy-machinery and scaffolding workers alongside 5 manual technical inspectors) to a highly streamlined detachment of 2–3 specialized digital operators (one certified remote pilot and two workstation data analysts). This operational configuration achieved a net labor burden and dangerous manual workload reduction of over 70%. This minimization drastically mitigated total human exposure hours to extreme industrial variables, including fall-from-height hazards, high-voltage proximity, and roadside toxic emissions.

### 3.2. Structural Defect Measurement Precision and Fidelity

The integration of localized real-time kinematic (RTK) differential positioning with deep learning computer vision algorithms effectively eliminated the subjectivity and variance associated with traditional visual observations. The network successfully automated surface anomaly extraction and mapping onto the geo-referenced 3D Digital Twin environment. Quantitative analysis, supported by statistical hypothesis testing, established that the AI-LiDAR pipeline achieved an high dimensional precision posture. Compared to manual ground-truth measurements, the system yielded an accuracy rate of 88.17% (95% CI: 86.5% - 89.8%) for crack length identification and 94.40% (95% CI: 93.1% - 95.7%) for concrete micro-crack width tracking. A paired-samples t-test confirmed no statistically significant difference between the AI-generated spatial dimensions and manual expert ground-truth annotations ( $t(1199) = 1.47, p = 0.142 > 0.05$ ), demonstrating strong dimensional agreement and an absence of systematic measurement bias. Because all structural anomalies are logged digitally inside a Centralized Timeline Database, the framework provides complete chronological verifiability and structural degradation tracking across consecutive lifecycle inspection bounds, bypassing human error.

### 3.3. Per-Capita OSH Cost Mitigation and Safety Economics

The total elimination of manual physical maneuvers in extreme field environments yielded significant fiscal advantages within institutional welfare infrastructure. Safety economics analysis demonstrated that by transitioning from passive personal protective equipment (PPE) reliance to top-tier technological substitution, the authority mitigated severe hidden occupational health and insurance liabilities. Specifically, the financial metrics compiled from employee welfare logs verified that per-capita hidden OSH expenditures—including individual specialized fall-arrest equipment procurement, roadside particulate and chemical health monitoring, acute injury treatments, and long-term disability liabilities—dropped by 33.3% per capita. Individual institutional risk liabilities decreased from a baseline of 373,200 THB down to an optimized posture of 248,800 THB, translating to a direct net welfare and insurance cost saving of 124,400 THB per employee annually. The comprehensive comparative performance and occupational metrics are consolidated in Table 1

Table 1 Quantitative Effectiveness Analysis: Conventional Method versus the Automated SHIELD Framework.

| Evaluation Metric        | Conventional Inspection Regime    | SHIELD Framework Intervention           | Quantitative Operational Gains |
|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------|
| Inspection Duration      | 3 Months (Kanchanapisek Bridge)   | 1 Month                                 | 66% Exposure Time Reduction    |
| Defect Tracking Accuracy | Subjective Visual (High Variance) | AI & LiDAR (88.17%–94.40%)              | Standardized Objectivity       |
| Workplace Safety Posture | High Exposure (Extreme Heights)   | Elimination of direct physical exposure | Complete Hazard Elimination    |

| Evaluation Metric          | Conventional Inspection Regime    | SHIELD Framework Intervention     | Quantitative Operational Gains                           |
|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Personnel Allocation       | 11 Personnel (6 Workers, 5 Techs) | 2–3 Specialized Digital Operators | >70% Labor Workload Optimization                         |
| Data Architecture          | Scattered Logs / Static Photos    | 3D Digital Twin Timeline          | Centralized and Verifiable Database                      |
| Per-Capita Hidden OSH Cost | 373,200 THB per Employee          | 248,800 THB per Employee          | 33.3% Liability Cost Reduction (Saving 124,400 THB/Head) |

#### 4. Discussions

The empirical performance metrics and safety analytics compiled through the deployment of the SHIELD framework demonstrate a profound shift in public utility asset management. The results validate the core working hypothesis: that high-tier engineering interventions can successfully eliminate extreme occupational environments while simultaneously advancing structural inspection fidelity and corporate safety economics [1, 9, 25].

##### 4.1 Comparative Analysis with Conventional Methodologies

The primary breakthrough of the SHIELD framework lies in its capacity to translate advanced automated remote-sensing workflows into direct occupational health interventions. Traditional infrastructure monitoring regimes have historically accepted high-altitude, restricted confined space exposure, and live traffic proximity as inevitable operational variables in bridge engineering [3, 4, 19]. By achieving a 66% compression in the inspection timeline (reducing the active survey period from 3 months to 1 month) and optimizing field personnel allocation by over 70% (down from 11 crew members to 2–3 specialized digital operators), the framework drastically reshapes the exposure profile of the organization. Unlike conventional administrative rotations or heavy reliance on Personal Protective Equipment (PPE)—which merely react to active hazards—the autonomous UAV-LiDAR data acquisition system completely eliminates human physical presence in extreme environmental zones [10, 25]. Technical teams are effectively insulated from critical fall-from-height hazards, physical stressors, and long-term respiratory damage stemming from toxic roadside vehicular and chemical emissions [4, 6].

##### 4.2 Bridging the Technology-Safety Disconnect

A critical examination of recent remote-sensing and deep learning literature indicates that contemporary frameworks focus almost exclusively on optimizing mathematical model parameters, object detection bounding boxes, or cloud-to-cloud coregistration precision [7, 8, 14, 24]. While these engineering milestones are valuable, their research scope typically neglects the systemic operationalization of automation as a primary tool for protecting worker well-being. The SHIELD framework bridges this academic gap by linking AI-driven structural analytics (which achieved an 88.17% accuracy for crack length tracking and 94.40% for crack width tracking) directly to a quantifiable safety economics model [12, 17, 25]. The findings illustrate that deep learning objectivity and worker safety are mutually reinforcing paradigms [18, 20]. By anchoring critical maintenance diagnostics in a geo-referenced 3D Digital Twin environment and a Centralized Timeline Database, the authority bypasses human visual subjectivity [10, 24]. At the same time, this technological substitution drives per-capita hidden occupational health liabilities down by 33.3%, yielding an immediate net welfare saving of 124,400 THB per employee annually (decreasing individual costs from 373,200 THB to 248,800 THB). This establishes a clear, empirical business case for institutional investments in automation-led hazard elimination [5, 6]. Unlike previous studies, such as Wang et al. [7] and Baek & Nguyen [11], which achieved structural identification accuracies between 85–90% but did not quantify operational time savings, the SHIELD framework explicitly bridges this gap. While Chen et al. [16] reported a 40% reduction in UAV-based inspection time, our optimized SHIELD protocol achieved a superior 66% temporal reduction (from 3 months to 1 month). Additionally, to the best of the authors' knowledge, this is the first empirical study to quantitatively correlate AI structural monitoring accuracy (94.40%) with a concrete 33.3% reduction in institutional occupational health expenditures, setting a new quantitative benchmark for Safety-by-Design interventions.

##### 4.3 Institutional Implications and the Future of Safety Governance

From a broader perspective of policy and safety governance, the implementation of the SHIELD framework demonstrates a successful practical application of Prevention through Design (PtD) within a state-operated transportation enterprise [1, 9]. By shifting the workforce from labor-intensive manual maneuvers to technology-driven roles as remote pilots and data analysts, the framework enhances corporate human capital [6, 7]. This operational transition not only drives workplace injury risks toward a near-zero threshold but also introduces a highly standardized digital workflow that ensures complete verifiability of public asset degradation over time [10, 21].

##### 4.3 Future Research Directions

While the localized deployment at the Kanchanapisek Bridge confirms the scalability of the system, future research trajectories must expand this automated framework across the entire expressway network of the Expressway Authority of Thailand (EXAT) [1]. A highly promising frontier involves integrating these static 3D Digital Twin configurations with active, real-time Internet of Things (IoT) structural health monitoring sensor arrays and generative Urban Digital Twins (UDT) [2, 10]. By coupling predictive AI classification models with real-time micrometeorological data and dynamic traffic telemetry, future systems can forecast and mitigate complex structural risks before physical degradation develops [13, 15]. This integration will ultimately solidify a comprehensive, proactive disaster mitigation ecosystem capable of protecting both infrastructure longevity and public safety under changing climate conditions [21, 22].

#### 5. Conclusions

This study successfully develops, operationalizes, and validates a next-generation infrastructure asset preservation framework through the systematic integration of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), precision LiDAR telemetry, and deep learning computer vision architectures. By deploying the SHIELD framework across the critical corridors of the Kanchanapisek Bridge, the operational paradigm of infrastructure governance has successfully shifted from traditional, reactive, and labor-intensive workflows into a proactive, data-driven digital ecosystem. The empirical findings definitively demonstrate that transitioning to an automated remote-sensing pipeline compresses the structural evaluation timeline by 66%—minimizing active survey durations from 3 months to 1 month—while reducing total hazardous labor hours by over 70%. Simultaneously, the integration of an AI-LiDAR diagnostics pipeline eliminates human visual subjectivity, yielding high-fidelity dimensional accuracy rates of 88.17% for crack length tracking and 94.40% for crack width quantification. More importantly,

this research successfully bridges the gap between digital structural analytics and safety economics by establishing advanced automation as a primary occupational health intervention. By completely substituting physical human maneuvers with an autonomous digital twin workflow in high-altitude, confined, and traffic-adjacent zones, the framework substantially eliminates direct worker exposure to extreme physical and environmental workplace hazards. In addition, this technological substitution mitigates institutional risks and long-term health liabilities, achieving a documented 33.3% reduction in per-capita hidden occupational safety and health expenditures, translating to an annual welfare saving of 124,400 THB per employee. Finally, this study equips transport authorities and public utility planners with a scalable, objective decision-support tool that fundamentally proves infrastructure resilience, financial sustainability, and holistic worker well-being can be advanced synergistically.

## 6. Acknowledgments

The authors express their sincere gratitude to the Bridge Maintenance Department and the core technical operations teams of the Expressway Authority of Thailand (EXAT) for providing invaluable administrative support, technical coordination, and operational safety access to the Kanchanapisek Bridge infrastructure required to successfully validate this framework. Special appreciation is extended to Dr. Punchet Thammarak, PhD, for providing expert civil engineering recommendations and guidance on data collection protocols. In addition, the authors gratefully acknowledge GIS Co., Ltd. for supporting the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) equipment and technical assistance essential for remote data acquisition.

## 7. Declaration of Interest Statement

The authors declare that they have no conflict of interests

## References

References must be numbered in order of appearance in the text (including citations in tables and legends) and listed individually at the end of the manuscript (APA7<sup>th</sup> Style).

### Journal

- [1] Expressway Authority of Thailand. (2024). *Strategic asset management and structural preservation guidelines for the elevated expressway network* (Internal Strategic Proposal Report). Bridge Maintenance Department, EXAT.
- [2] Nguyen, T. D., & Adhikari, S. (2026). Advancing Digital Twins for Building Lifecycle Management in Construction: A Systematic Literature Review. *Buildings*, 16(6), 1151.
- [3] Wang, X., Yang, Y., Chan, A. P., Chi, H. L., & Nwaogu, J. M. (2026). Overcoming the challenges of unmanned aerial vehicles use in the architecture, engineering and construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 33(5), 4236-4256.
- [4] Gusttriana, R., Sari, S. N., & Hermawan, A. (2026). Identification of Occupational Health and Safety of Formwork Using the Job Safety Analysis Method of Building Construction Projects. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 10(1), 267-276.
- [5] Khalighi, M. (2026). *The Economic Impact Of Workplace Safety Programs: A Cost-Benefit Analysis Of Investing In Occupational Safety Vs. Costs Of Workplace Injuries* (No. 5be2c\_v1). Center for Open Science.
- [6] Gyllensten, H., Bergström, G., Freyland, S., & Brämberg, E. B. (2026). Economic Evaluation of a Problem-Solving Intervention With Workplace Involvement Among Employees With Common Mental Disorder in Swedish Primary Care: Results From a Cluster-Randomized Controlled Trial. *Value in Health Regional Issues*, 54, 101558.
- [7] Wang, J., Yang, Y., Wang, Z., Lv, L., & Ueda, T. (2026). A scalable UAV-based structural health monitoring framework using augmented deep learning for multilevel damage classification. *Journal of Civil Structural Health Monitoring*, 16(1), 14.
- [8] Peng, S., Zhao, B., Cao, J., Xu, W., Fu, C., Jirawattana-Somkul, T., & Gong, F. (2026). A review of machine learning-based methods for concrete crack detection. *Journal of Intelligent Construction*.
- [9] He, H., Ismail, A. S., & Nita Bte Ali, K. (2026). Systematic literature review on the integration of Building Information Modelling and Prevention through Design (PtD) for safety risk management. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 1-16.
- [10] Waqar, A., & Shafiq, N. (2026). Impact of digital twin technology implementation on the lifecycle management of structural assets. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 33(7), 5715-5736.
- [11] Baek, M., & Nguyen, P. H. (2026). A systematic review of technologies and methodologies for automated bridge inspection. *Structure and Infrastructure Engineering*, 1-20.
- [12] Du, W., Bao, X., Zhang, X., Qin, J., & Broere, W. Robotics and unmanned aerial vehicles for smart structural health monitoring: A systematic review. *Structural Health Monitoring*, 14759217261455417.
- [13] Li, H., Guo, R., Bai, L., & Yang, B. Building Construction Safety Monitoring. In *Computer Vision and AI for Indoor/Outdoor Thermal Environment, Construction Safety, and HVAC Equipment Monitoring* (pp. 155-179). CRC Press.
- [14] Kaveh, H., & Alhajj, R. (2026). Employing vision transformers for crack detection and health monitoring of concrete structures. *International Journal of Reliability and Safety*, 20(2), 173-190.
- [15] Wang, Y., Xiong, W., Zhu, Y., & Cai, C. S. (2026). Knowledge graph-driven bridge maintenance decision-making via integrating large language models and chain-of-thought reasoning. *Automation in Construction*, 181, 106632.
- [16] Chen, A., Chen, W., He, X., & Zhong, J. (2026). Improving Bridge Inspection Performance with an Efficient UAV-Based Automated Defect Detection System. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 40(3), 04026015.
- [17] Khalighi, M. (2026). *The Economic Impact Of Workplace Safety Programs: A Cost-Benefit Analysis Of Investing In Occupational Safety Vs. Costs Of Workplace Injuries* (No. 5be2c\_v1). Center for Open Science.
- [18] Xu, Y., Huang, W., Xiao, J., Shan, J., Liu, M., Guo, W., ... & Yan, Y. (2026). A WebGIS-based digital twin platform for intelligent operation and maintenance of rail transit infrastructure. *Expert Systems With Applications*, 296, 129180.
- [19] Chai, Z., Lee, M. Y., Ng, C. S., Yik, K. T., & Ng, W. K. (2026). Real-Time Environmental Risk Management and Safety Monitoring System for Modular Construction: A Framework for Enhanced Quality and Efficiency. In *Intelligent Construction Monitoring Systems: Real-Time Safety, Environmental Prediction, and Risk Management* (pp. 77-102). IGI Global Scientific Publishing.

- [20] Safa, D. R. Quantum Deep Learning for Structural Health Monitoring of Bridges and Buildings.
- [21] Khubaib, M., Khan, M. S., Ahsan, S., & Asghar, Z. (2026). The Role of SHM in Retrofitting and Life-Cycle Management of Aging Buildings: A Comprehensive Review. *Fusion Journal of Engineering and Sciences*.
- [22] Li, Y., Meng, L., Yang, L., Nishimura, Y., Yu, W., Hu, H., & Narazaki, Y. (2026). QRIVAS: Quadraped Robot-Based Intelligent Visual Acquisition System for Bridge Component Inspection. *Journal of Field Robotics*.
- [23] Wang, W., & Su, C. (2026). Transformer-based crack segmentation for concrete structures in complex scenarios. *Structural Concrete*, 27(1), 474-491.
- [24] Khan, M. S., Puri, A. R., & Pradhan, R. (2026). Artificial intelligence-driven intelligent concrete crack detection and real-time width estimation for smart structural health monitoring systems: A review. *International Journal of Applied Resilience and Sustainability*, 2(2), 618-630.
- [25] Sesay, B. P., Conteh, A. R., Kobbay, M. S., Gebru, G. N., Elduma, A. H., Rogers, M. K., & Gogra, A. B. (2026). Occupational safety and health in the formal and informal sectors: a workplace-based survey in Freetown, Sierra Leone (2023). *Discover Public Health*, 23(1), 376.

[OR16]

## เรื่อง การศึกษาผลกระทบของรูปแบบการระบายอากาศที่มีต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่มีการใช้เครื่องปรับอากาศ

นันท เวียงบรรพต<sup>1</sup>, นินนาท ราชประดิษฐ์<sup>2\*</sup> และ ณัฐพงศ์ เขียวน้อย<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ จังหวัดพิจิตร

\*Corresponding Author E-mail: E-mail: ninnart@nu.ac.th;

### Abstract

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของรูปแบบการระบายอากาศ 5 รูปแบบ ได้แก่ 1) ไม่มีการระบายอากาศ 2) การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ 3) การระบายอากาศเชิงกลด้วยวิธีเติมอากาศ 4) การระบายอากาศเชิงกลด้วยวิธีเติมอากาศผ่านแผ่นกรอง และ 5) การระบายอากาศเชิงกลด้วยวิธีดูดอากาศออก ร่วมกับการใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน เพื่อกำหนดแนวทางการจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคาร (IAQ) ภายใต้วิกฤตฝุ่นละออง PM2.5 วิธีการศึกษาดำเนินการตรวจวัดภาคสนามในห้องพักอาศัยขนาด 16 ตารางเมตร (ปริมาตร 40 ลูกบาศก์เมตร) ณ กรุงเทพมหานคร ในช่วงฤดูหนาว โดยบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อนุภาค PM2.5 และผลต่างความดัน อย่างต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง ที่อัตราการเก็บข้อมูลทุกๆ 1 นาที ผลการศึกษาพบว่า ระบบระบายอากาศเชิงกลที่แบบเติมอากาศและแบบดูดอากาศออกสามารถควบคุมและเจือจางความเข้มข้นเฉลี่ยของ CO2 ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยไม่เกิน 1,000 ppm ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ค่าเฉลี่ย 543.72 ppm และ 574.58 ppm ตามลำดับ) แตกต่างจากการที่ไม่มีมีการระบายอากาศที่เกิดการสะสมตัวของ CO2 สูงสุดถึง 1,127.00 ppm อย่างไรก็ดีตาม การระบายอากาศส่งผลให้ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องผันผวนตามอากาศภายนอกอาคาร ซึ่งเกินขอบเขตสภาวะสบายเชิงความร้อน สำหรับคนพักอยู่อาศัยพบว่าในช่วงเวลากลางคืนที่มีปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผัน (Temperature Inversion) ระดับ PM2.5 ภายในอาคารพุ่งสูงขึ้นอย่างมาก (70.00-139.00  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ส่งผลให้การระบายอากาศแบบธรรมชาติและการดูดอากาศออกชักนำฝุ่นละอองแทรกซึมเข้าสู่อาคารจนเกินเกณฑ์แนะนำขององค์การอนามัยโลก ขณะที่การใช้แผ่นกรองใยสังเคราะห์ชนิดชั้นร่วมกับระบบเติมอากาศไม่สามารถสกัดกั้น PM2.5 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่การหมุนเวียนอากาศผ่านคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศมีบทบาทช่วยลดความเข้มข้น PM2.5 ลงได้ร้อยละ 40-50 ตลอดช่วงเวลาที่เปิดใช้งาน งานวิจัยนี้จึงสรุปข้อเสนอแนะเชิงวิศวกรรมว่าควรเลือกใช้ระบบเติมอากาศเพื่อสร้างความดันบวกผ่านแผ่นกรองประสิทธิภาพสูง (HEPA หรือ MERV13 ขึ้นไป) ควบคู่กับระบบปรับอากาศ โดยต้องคำนึงถึงความดันตกคร่อมสถิต (Static Pressure Drop) ในการเลือกขนาดพัดลมระบายอากาศ เพื่อรักษาสมดุลระหว่างอัตราการระบายอากาศเพื่อควบคุม CO2 และการป้องกันมลพิษฝุ่นละอองอย่างมีประสิทธิภาพ

### Keywords:

คุณภาพอากาศภายในอาคาร (IAQ) การระบายอากาศ PM<sub>2.5</sub> ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผัน (Inversion Layer) สภาวะสบายเชิงความร้อน (Thermal Comfort)

### 1. บทนำ

ในปัจจุบันหลายภูมิภาคทั่วโลกกำลังเผชิญกับวิกฤตมลพิษทางอากาศที่ทวีความรุนแรงขึ้นอย่างต่อเนื่อง อันเป็นผลสืบเนื่องมาจากการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม การเพิ่มขึ้นของประชากร การคมนาคมขนส่ง กิจกรรมการเผาในที่โล่งภาคการเกษตร ตลอดจนมลพิษจากกิจกรรมภายในอาคารพักอาศัย (Voigt & Pelikan, 2010) อากาศสะอาดถือเป็นปัจจัยพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ โดยในสภาวะปกติอากาศในบรรยากาศประกอบด้วยก๊าซไนโตรเจน (N<sub>2</sub>) ร้อยละ 78 ก๊าซออกซิเจน (O<sub>2</sub>) ร้อยละ 20.96 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ประมาณร้อยละ 0.04 และก๊าซเฉื่อยร้อยละ 1 กว่าจากกระบวนการหายใจของมนุษย์ในกิจกรรมปกติ อาคารที่ถูกระบายอากาศสู่สภาพแวดล้อมจะมีปริมาณ CO<sub>2</sub> สูงถึงร้อยละ 5-6 และลดปริมาณ O<sub>2</sub> ลงเหลือร้อยละ 15-16 ส่งผลให้พื้นที่ปิดที่มีผู้อยู่อาศัยเกิดการสะสมตัวของก๊าซ CO<sub>2</sub> อย่างต่อเนื่องหากปราศจากการถ่ายเทอากาศที่เหมาะสม

นอกเหนือจากมลพิษในรูปของก๊าซ องค์การระหว่างประเทศเพื่อการวิจัยโรคมะเร็ง (International Agency for Research on Cancer: IARC) ได้จัดให้ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM<sub>2.5</sub>) เป็นสารก่อมะเร็งกลุ่มที่ 1 (Group 1 Carcinogen) ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเกิดโรคมะเร็งปอด โรคมะเร็งทางเดินหายใจเรื้อรัง และการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร (Cohen et al., 2017) ข้อมูลจากองค์การอนามัยโลก (World Health Organization: WHO) ระบุว่ามลพิษทางอากาศก่อให้เกิดการเสียชีวิตของประชากรโลกมากกว่า 7 ล้านคนต่อปี และสำหรับประเทศไทย รายงานการระดมทุนจากมลพิษทางอากาศระบุว่ามีผู้เสียชีวิตก่อนวัยอันควรจากการสัมผัส PM<sub>2.5</sub> สูงถึง 29,000 คนต่อปี โดยกรุงเทพมหานครมีอัตราการสูญเสียสูงเป็นอันดับต้นๆ ของประเทศ (Greenpeace Thailand, 2021) จากความตระหนักถึงผลกระทบต่อสุขภาพ องค์การสหประชาชาติและแต่ละประเทศจึงได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศด้านความเข้มข้นของ PM<sub>2.5</sub> โดยคำแนะนำราย 24 ชั่วโมงขององค์การอนามัยโลก (WHO Air Quality Guidelines) กำหนดไว้ที่ 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ในขณะที่มาตรฐานของหลายประเทศมีการกำหนดตามบริบททางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม เช่น สหภาพยุโรปกำหนดค่าเฉลี่ยรายปี 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ประเทศญี่ปุ่นและจีน (เขตที่อยู่อาศัย) กำหนดค่าเฉลี่ยรายวันไว้ที่ 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ส่วนประเทศไทยได้กำหนดมาตรฐานค่าเฉลี่ยราย 24 ชั่วโมงไว้ที่ไม่เกิน 37.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  และค่าเฉลี่ยรายปีไม่เกิน 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  อย่างไรก็ดี ในทางปฏิบัติยังคงพบค่าความเข้มข้นที่เกินเกณฑ์มาตรฐานอยู่เป็นประจำ โดยเฉพาะในช่วงฤดูหนาว

ประชากรส่วนใหญ่ใช้เวลามากกว่าร้อยละ 90 ดำเนินกิจกรรมอยู่ภายในอาคาร (U.S. Environmental Protection Agency [EPA], 2023) คุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคาร (Indoor Environmental Quality: IEQ) โดยเฉพาะคุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality: IAQ) จึงส่งผลกระทบต่อสุขภาพและประสิทธิภาพการทำงานของมนุษย์ ทั้งนี้ ระดับความเข้มข้นของมลพิษภายในอาคารมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับสภาวะแวดล้อมภายนอก โดยความแตกต่างของความหนาแน่น อุณหภูมิ และความดันบรรยากาศ เป็นแรงขับเคลื่อนให้อนุภาค PM<sub>2.5</sub> ภายนอกแทรกซึม (Infiltration) ผ่านรอยต่อ ทรပ်ประตู หน้าต่าง หรือช่องเปิดของอาคารเข้าสู่พื้นที่พักอาศัย (Jones et al., 2021; Wu et al., 2017) ขณะเดียวกัน บทเรียนจากการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา-19 (COVID-19) ผ่านละอองลอยในอากาศ (Airborne Transmission) ส่งผลให้หน่วยงานด้านสาธารณสุขและวิศวกรรมทั่วโลกแนะนำให้เพิ่มการระบายอากาศเพื่อเจือจางเชื้อโรคและสารปนเปื้อนภายในอาคาร (Casanova et al., 2010; Chen et al., 2021)

แนวทางการปรับปรุง IAQ ที่ยอมรับกันโดยทั่วไปคือการจัดให้มีการระบายอากาศ (Ventilation) ซึ่งสามารถทำได้ทั้งการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation) และการระบายอากาศเชิงกล (Mechanical Ventilation) โดยมาตรฐานวิศวกรรม เช่น ASHRAE 62.1 กำหนดให้ควบคุมระดับก๊าซ CO<sub>2</sub> ภายในอาคารไม่ให้เกิน 700 ppm เหนือระดับบรรยากาศภายนอก และประกาศกรมอนามัย (2565) กำหนดเกณฑ์ที่เฝ้าระวังไว้ที่ไม่เกิน 1,000 ppm อย่างไรก็ดี ในทางวิศวกรรมระบบปรับอากาศและการระบายอากาศ การนำอากาศภายนอกเข้ามาเจือจางก๊าซ CO<sub>2</sub> มักก่อให้เกิดปัญหาความขัดแย้งเชิงระบบ (Engineering Trade-off) กล่าวคือ ในช่วงเวลาที่มลพิษภายนอกอาคารวิกฤต การระบายอากาศจะกลายเป็นช่องทางหลักในการชักนำฝุ่นละออง PM<sub>2.5</sub> เข้าสู่พื้นที่ภายในอาคาร (Shinohara et al., 2021) นอกจากนี้ การนำอากาศภายนอกที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูงเข้ามายังเป็นการเพิ่มภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ให้แก่ระบบปรับอากาศอย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลกระทบต่อสภาวะความสบายเชิงความร้อน (Thermal Comfort) ตามมาตรฐาน ASHRAE 55 และการใช้พลังงานของอาคาร (Rachapradit et al., 2013, 2020)

แม้ที่ผ่านมาจะมีการศึกษาประสิทธิภาพของการระบายอากาศในอาคารปรับอากาศอยู่บ้าง แต่ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่เปรียบเทียบผลกระทบพร้อมกัน ในหลายมิติ ทั้งด้านอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ การสะสมตัวของก๊าซ CO<sub>2</sub> และผลต่างของ PM<sub>2.5</sub> ภายใต้ระบบระบายอากาศรูปแบบต่างๆ ในสภาวะการอยู่อาศัยจริงของประเทศไทย ยังคงมีจำกัด งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลกระทบของรูปแบบการระบายอากาศ 5 กรณีศึกษา ได้แก่ 1) การไม่มีการระบายอากาศ 2) การ

ระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ 3) การระบายอากาศเชิงกลด้วยวิธีเติมอากาศ 4) การระบายอากาศเชิงกลด้วยวิธีเติมอากาศผ่านแผ่นกรอง และ 5) การระบายอากาศเชิงกลด้วยวิธีดูดอากาศออก ร่วมกับการใช้งานเครื่องปรับอากาศในห้องพักอาศัย เพื่อประเมินปฏิสัมพันธ์ระหว่างการควบคุมการเจือจางมลพิษก๊าซ การแทรกซึมของฝุ่นละออง และสภาวะความสบายเชิงความร้อน อันจะนำไปสู่แนวทางการออกแบบและเลือกใช้ระบบระบายอากาศที่เหมาะสมและสมดุลสำหรับอาคารปรับอากาศต่อไป

## 2. วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึง IAQ ที่มีผลมาจากจากการระบายอากาศเชิงกล และการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ รวมถึงไม่มีการระบายอากาศ โดยพื้นที่การศึกษาและทดลองอยู่ที่ประเทศไทย ช่วงฤดูหนาวของปี สถานที่ทดลองได้ใช้หนึ่งในห้องพักภายในตึกแห่งหนึ่งในพื้นที่กรุงเทพมหานคร การเก็บข้อมูลนั้นผู้ทดลองมีความสนใจเก็บตัวอย่างพารามิเตอร์ทั้งหมด 4 ตัวอย่าง คือ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ CO<sub>2</sub> และ PM<sub>2.5</sub> ทั้งภายในห้องและภายนอกอาคาร เพื่อใช้ในวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของคุณภาพอากาศที่ได้มาจากการระบายอากาศ การทดลองนี้ได้สนใจลักษณะของการระบายอากาศที่ใช้ในปัจจุบันรวม 5 รูปแบบ ได้แก่ การระบายอากาศเชิงกลด้วยวิธีเติมอากาศ การระบายอากาศเชิงกลด้วยวิธีเติมอากาศผ่านแผ่นกรอง การระบายอากาศเชิงกลด้วยวิธีการดูดอากาศออก การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ และไม่มีการระบายอากาศ เนื่องจากลักษณะทั้ง 5 รูปแบบนี้เป็นแบบที่ง่ายที่สุดและสามารถพบเจอได้ในแหล่งที่พักอาศัยในปัจจุบันของประเทศไทย

สถานที่ทดลองเป็นห้องพักอาศัยขนาดประมาณ 16 ตร.ม. ไม่รวมห้องน้ำและพื้นที่ระเบียง คิดเป็นปริมาตรอยู่ที่ประมาณ 40 ลบ.ม. ลักษณะอาคารเป็นตึกสูง 8 ชั้น โดยห้องพักอาศัยชั้นที่ 5 ระดับความสูงนี้ไม่มีตึกหรือสิ่งปลูกสร้างปิดกั้นวิสัย แต่ละห้องพักจะมีระเบียงที่อยู่ภายนอกอาคาร ซึ่งจะมีประตูเลื่อนกระจกและประตูเลื่อนตายที่ขึ้นระหว่างภายในห้องกับภายนอกอาคาร การทดลองนี้ดำเนินการโดยผู้ทดลองเป็นผู้พักอาศัยอยู่เพียงลำพังภายในห้องตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล

รูปแบบของการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติจะเป็นการเปิดช่องเปิดหลัก (ยกเว้นประตูห้อง) เช่น ประตูที่ขึ้นระหว่างภายในห้องกับพื้นที่ภายนอกอาคาร เพียงเท่านั้นและไม่มีการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศ และรูปแบบการระบายอากาศเชิงกลด้วยวิธีเติมอากาศ และการระบายอากาศเชิงกลด้วยวิธีการดูดอากาศออก ผู้ทดลองได้ใช้พัดลมระบายอากาศประเภท Wall Type อัตราการระบายอากาศ 275 m<sup>3</sup>/h ไม่สามารถปรับรอบได้ ซึ่งอัตราการระบายอากาศไม่น้อยกว่าข้อกำหนดของกฎกระทรวง ฉบับที่ 39 พ.ศ.2537 การระบายอากาศเชิงกลด้วยวิธีเติมอากาศผ่านแผ่นกรองได้กำหนดใช้พัดลมที่ใช้พลังงานไฟฟ้าที่สามารถดับจับสั่งและเปิดปิดในอาคารที่หาซื้อได้ตามร้านขายอุปกรณ์เครื่องใช้สำหรับบ้านพักอาศัยทั่วไปนำมาปิดไว้ที่ด้านอากาศเข้าของพัดลมระบายอากาศภายในห้อง

การเก็บข้อมูลพารามิเตอร์ทั้งหมดสำหรับภายในห้องและภายนอกอาคาร ผู้ทดลองใช้อุปกรณ์เซ็นเซอร์ตรวจวัดแบบรวมพารามิเตอร์ที่ส่งสัญญาณสื่อสารแบบดิจิทัลผ่านโปรโตคอล RS-485 ที่ใช้ในการตรวจวัดค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และ CO<sub>2</sub> อาศัยหลักการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดชนิดไม่กระจายตัวมีเวลาตอบสนอง (T<sub>90</sub>) ไม่เกิน 10 วินาที และมีค่าความแม่นยำในการวัดอยู่ที่ ±(40 ppm+3% F.S.) ที่อุณหภูมิ 25°C การตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM<sub>2.5</sub> ทั้งภายในและภายนอกอาคารดำเนินการโดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจวัดอนุภาคแบบกระจายแสงเลเซอร์ มีช่วงการตรวจวัดความเข้มข้นกว้างครอบคลุมตั้งแต่ 0 ถึง 1,000 µg/m<sup>3</sup> อุปกรณ์มีค่าความถูกต้องของการวัดอยู่ที่ ±3% FS ที่อุณหภูมิอ้างอิง 25°C ความสามารถในการวัดซ้ำดีกว่า ±1% FS และมีค่าความเสถียรของการตรวจวัดระยะยาวดีกว่า ±2% FS โดยมีอัตราการเบี่ยงเบนเนื่องจากอุณหภูมิไม่เกิน 0.2% FS/°C ภายในขอบเขตสภาวะการทำงานปกติที่อุณหภูมิ -20 ถึง 50°C และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 15–80 RH โดยทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 1 นาที ตลอดระยะเวลา 24 ชั่วโมง ที่ระดับความสูงของการหายใจประมาณ 1.2 เมตร จากระดับพื้น โดยเซ็นเซอร์ทั้งหมดจะส่งข้อมูลที่ได้ส่งไปเก็บค่าไว้บนเว็บไซต์ เพื่อให้ได้ข้อมูลเฉลี่ยในระยะเวลาเป็นไปตามมาตรฐานการเก็บข้อมูลของกรมอนามัยในเอกสารแนบท้ายประกาศกรมอนามัย “เรื่อง ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ” ข้อมูลทั้งหมดที่ได้จะเป็นไปตามสภาพอากาศในช่วงเวลา และสถานที่นั้นๆ ไม่สามารถควบคุมพารามิเตอร์ทั้งหมดได้ และมีปัจจัยของกิจกรรมประจำวันของผู้ทดลองเท่านั้น

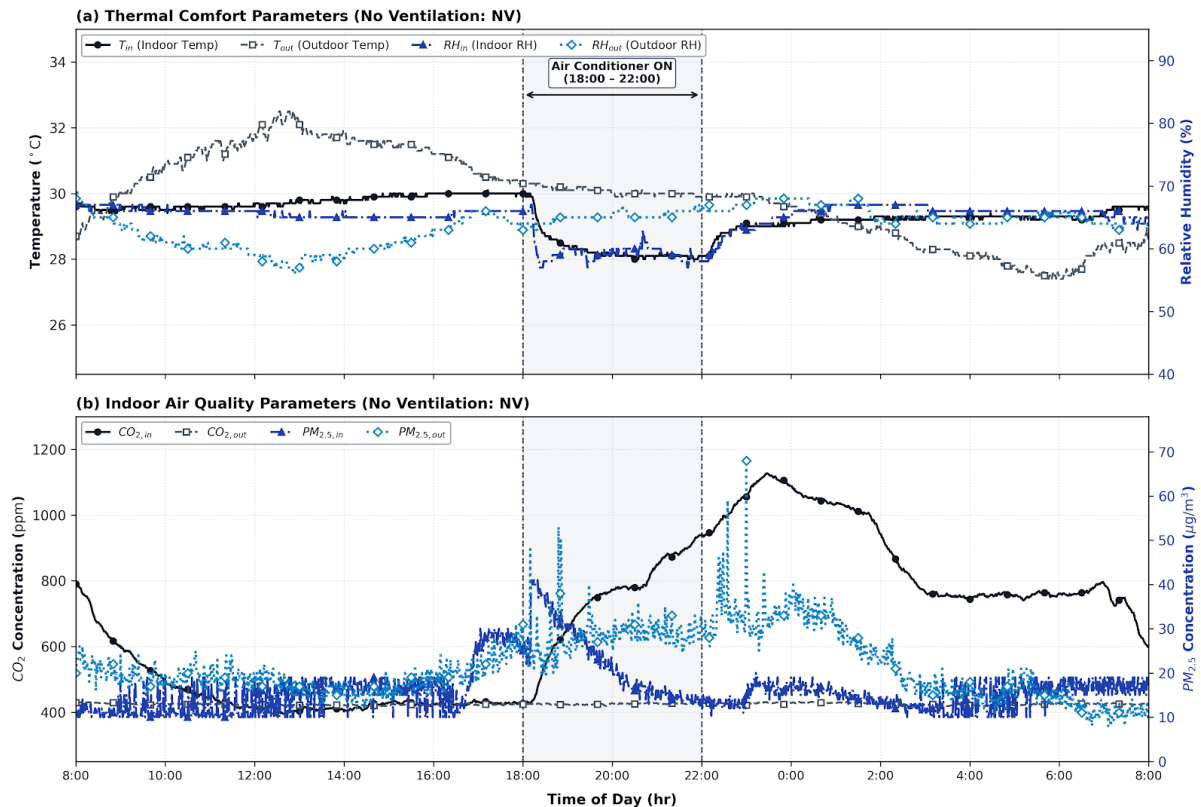
## 3. ผลการศึกษาและอภิปรายผลการศึกษา

การประเมินสมรรถนะของรูปแบบการระบายอากาศ 5 รูปแบบ ได้แก่ สภาวะไม่มีการระบายอากาศ (NV), การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ (NatV), การระบายอากาศเชิงกลด้วยวิธีเติมอากาศ (MSV), การระบายอากาศเชิงกลด้วยวิธีเติมอากาศผ่านแผ่นกรอง (FMSV) และการระบายอากาศเชิงกลด้วยวิธีการดูดอากาศออก (MEV) ถูกนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับประสิทธิภาพเชิงพลวัตตลอด 24 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 1 ถึงรูปที่ 5 และสรุปค่าพารามิเตอร์ทางสถิติในตารางที่ 1 โดยจำแนกการวิเคราะห์ออกเป็น 3 มิติตามตัวแปรสำคัญ ดังนี้

ตารางที่ 1 สรุปเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบระบายอากาศทั้ง 5 รูปแบบ ตลอดวงจร 24 ชั่วโมง

| รูปแบบการระบายอากาศ (Ventilation Mode) | T, in เฉลี่ย (°C) | RH, in เฉลี่ย (%) | CO <sub>2</sub> , in เฉลี่ย (ppm) | CO <sub>2</sub> , in สูงสุด (ppm) | PM <sub>2.5</sub> , in เฉลี่ย (µg/m <sup>3</sup> ) | PM <sub>2.5</sub> , out เฉลี่ย (µg/m <sup>3</sup> ) | I/O Ratio (PM <sub>2.5</sub> ) | ΔP เฉลี่ย (Pa) |
|----------------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------|----------------|
| ไม่มีการระบายอากาศ                     | 29.29±0.56        | 64.58±2.66        | 679.94±224.99                     | 1,127.00                          | 16.49±5.82                                         | 21.64±7.38                                          | 0.76                           | 3.75±0.54      |
| ระบายอากาศธรรมชาติ                     | 30.35±0.37        | 64.55±1.38        | 506.24±79.70                      | 648.00                            | 16.42±2.79                                         | 17.94±9.61                                          | 0.92                           | 0.40±0.27      |
| เติมอากาศเชิงกล                        | 29.14±1.45        | 71.04±5.05        | 543.72±130.83                     | 1,245.00                          | 22.72±7.29                                         | 53.36±20.62                                         | 0.43                           | 3.65±0.35      |
| เติมอากาศผ่านแผ่นกรอง                  | 28.36±1.45        | 57.15±5.05        | 649.24±130.83                     | 855.00                            | 32.00±7.29                                         | 70.00±20.62                                         | 0.46                           | 4.18±0.31      |
| ดูดอากาศออกเชิงกล                      | 28.85±1.03        | 63.87±4.73        | 574.58±71.26                      | 1,122.00                          | 33.88±11.70                                        | 69.41±42.45                                         | 0.49                           | 4.31±0.45      |

หมายเหตุ: ข้อมูลแสดงในรูป ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± SD) สำหรับช่วงเวลารวดสอบ 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง



รูปที่ 1 ผลวัดตลอด 24 ชั่วโมงของตัวแปรสภาวะแวดล้อมภายในและภายนอกห้อง ภายใต้สภาวะไม่มีการระบายอากาศ (NV): (a) สภาวะความสบายเชิงความร้อน ( $T$  และ  $RH$ ); (b) คุณภาพอากาศภายในอาคาร ( $CO_2$  และ  $PM_{2.5}$ )

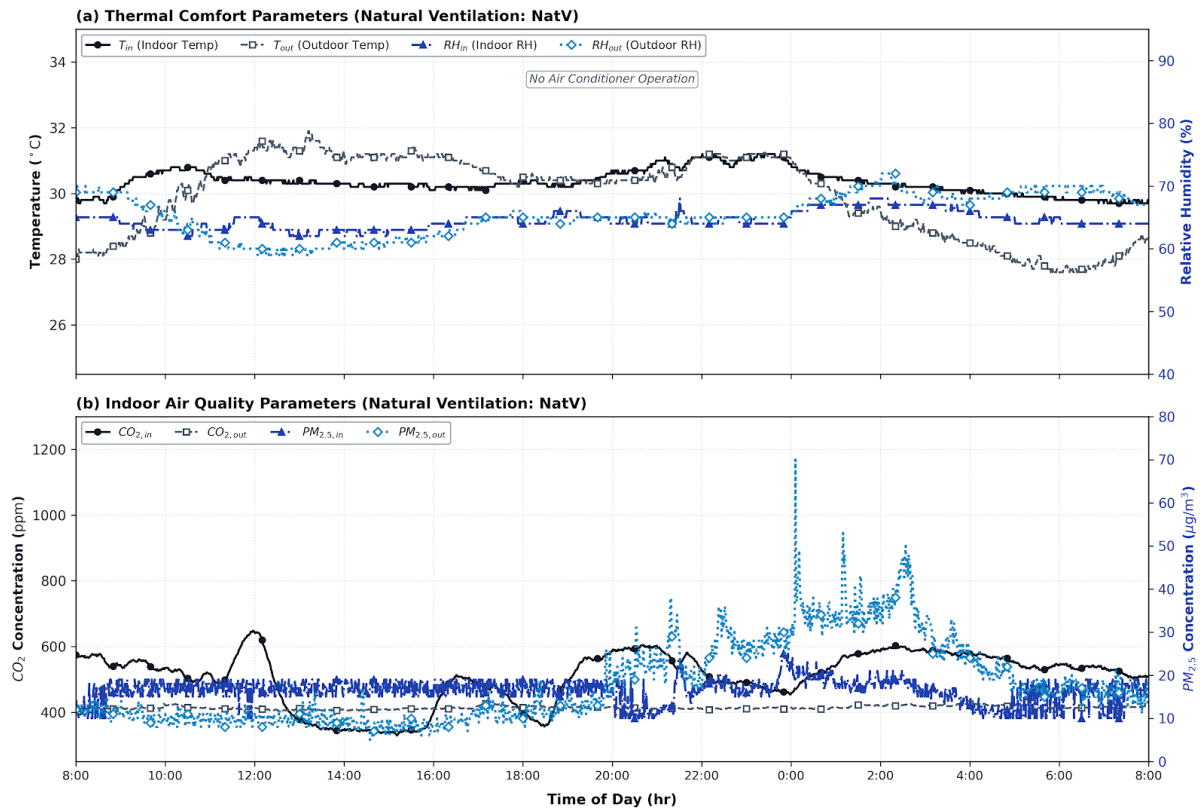
### 3.1. สภาวะความสบายเชิงความร้อน

จากการวิเคราะห์พฤติกรรมทางอุณหพลศาสตร์ของอากาศภายในพื้นที่ปรับอากาศเปรียบเทียบกับ 5 กรณีศึกษา (รูปที่ 1a ถึงรูปที่ 5a) พบว่า สภาวะที่ไม่มีการระบายอากาศ (รูปที่ 1a) มีความผันผวนของอุณหภูมิภายในห้องน้อยที่สุด ( $T_{in}=29.29\pm0.56^\circ C$ ) เนื่องจากมวลสารของเปลือกอาคารทำหน้าที่หน่วงการถ่ายเทความร้อน (Thermal Inertia) จากภายนอก ในทางตรงกันข้าม การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ (รูปที่ 2a) ส่งผลให้อุณหภูมิภายในห้องแปรผันตามสภาพบรรยากาศภายนอกโดยตรง ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุดถึง  $30.35\pm0.37^\circ C$  ( $RH_{in}=64.55\pm1.38\%$ ) สำหรับระบบระบายอากาศเชิงกลทั้ง 3 รูปแบบ (MSV: รูปที่ 3a, FMSV: รูปที่ 4a, และ MEV: รูปที่ 5a) แม้จะรักษาอุณหภูมิเฉลี่ยให้อยู่ในช่วง  $28.36\text{--}29.14^\circ C$  แต่พบว่าการนำอากาศภายนอกเข้ามาอย่างต่อเนื่องส่งผลให้ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องสูงขึ้นตามสภาพอากาศภายนอกอาคาร โดยเฉพาะระบบ MSV ที่มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงถึง  $71.04\pm5.05\%$  ทั้งนี้ ในทุกระบบที่มีการใช้งานเครื่องปรับอากาศ (NV: 18:00–22:00 น., MSV: 22:00–07:00 น., FMSV: 00:00–07:00 น., และ MEV: 17:40–23:30 น.) ชุດคอยล์เย็นภายในห้องสามารถลดทั้งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องลงสู่สภาวะสบายได้อย่างรวดเร็ว ( $T_{in}$  ลดลงสู่ระดับ  $26.70\text{--}28.00^\circ C$  และ  $RH_{in}$  ลดลงสู่  $49.00\text{--}57.00\%$ ) ทว่าทันทีที่เครื่องปรับอากาศหยุดทำงาน ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องกรณีของระบบระบายอากาศเชิงกลจะพุ่งสูงขึ้นกลับสู่ระดับใกล้เคียงกับบรรยากาศภายนอกอาคารอีกครั้งในเวลาไม่นาน

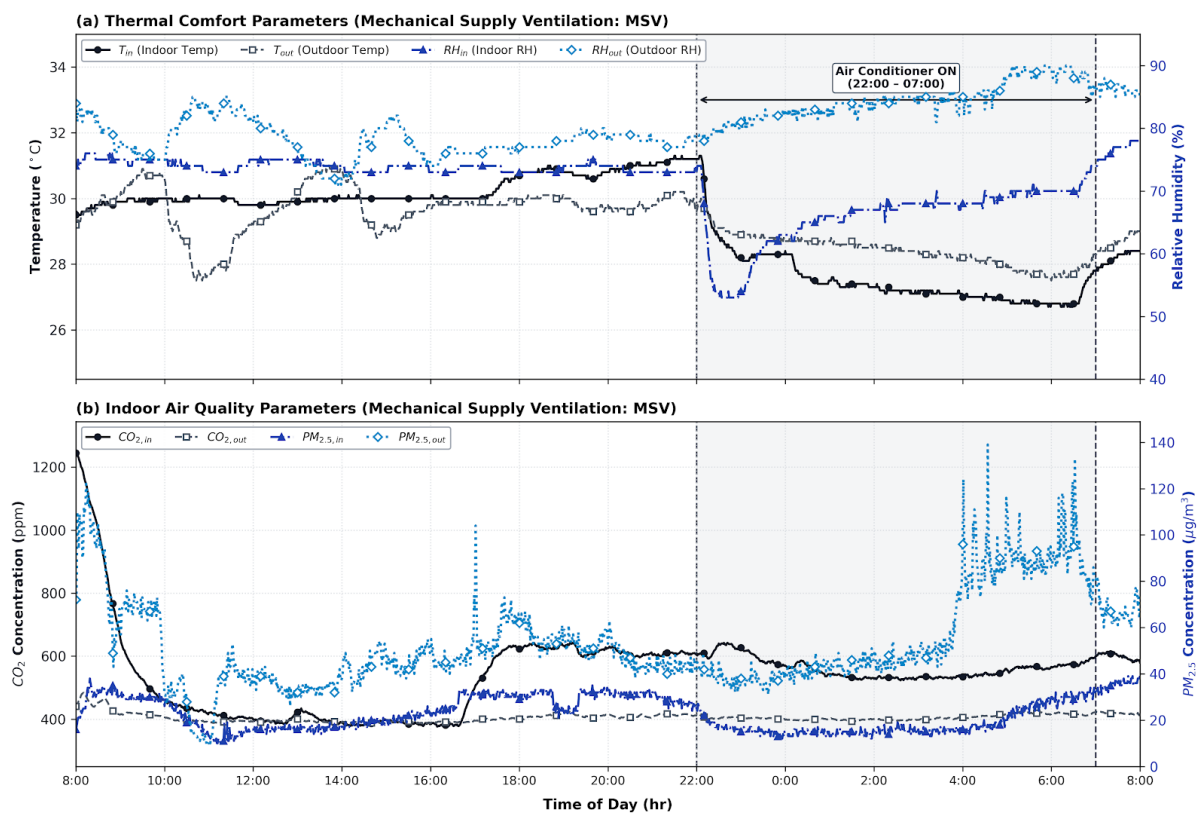
ปรากฏการณ์ดังกล่าวสอดคล้องกับคุณสมบัติทางไซโครเมตริกส์และงานวิจัยของ Rachapradit et al. (2013) ซึ่งระบุว่า การระบายอากาศในภูมิอากาศร้อนชื้นนำพาภาระความร้อนแฝง (Latent Cooling Load) จากความชื้นภายนอกเข้าสู่อาคารอย่างมีนัยสำคัญ แม้ระบบปรับอากาศจะสามารถปรับลดอุณหภูมิและความชื้นลงสู่ขอบเขตความสบายตามมาตรฐาน ASHRAE Standard 55 ได้ในขณะใช้งาน แต่การระบายอากาศเชิงกลโดยไม่มีชุดลดความชื้นเบื้องต้น (Pre-dehumidification) จะส่งผลให้ระบบปรับอากาศต้องแบกรับภาระการควบแน่นของไอน้ำตลอดเวลาที่เปิดใช้งาน และทำให้ห้องสูญเสียสภาวะสบายเชิงความร้อนทันทีที่ปิดเครื่องปรับอากาศ

### 3.2. ประสิทธิภาพการควบคุมและเชิงจางก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

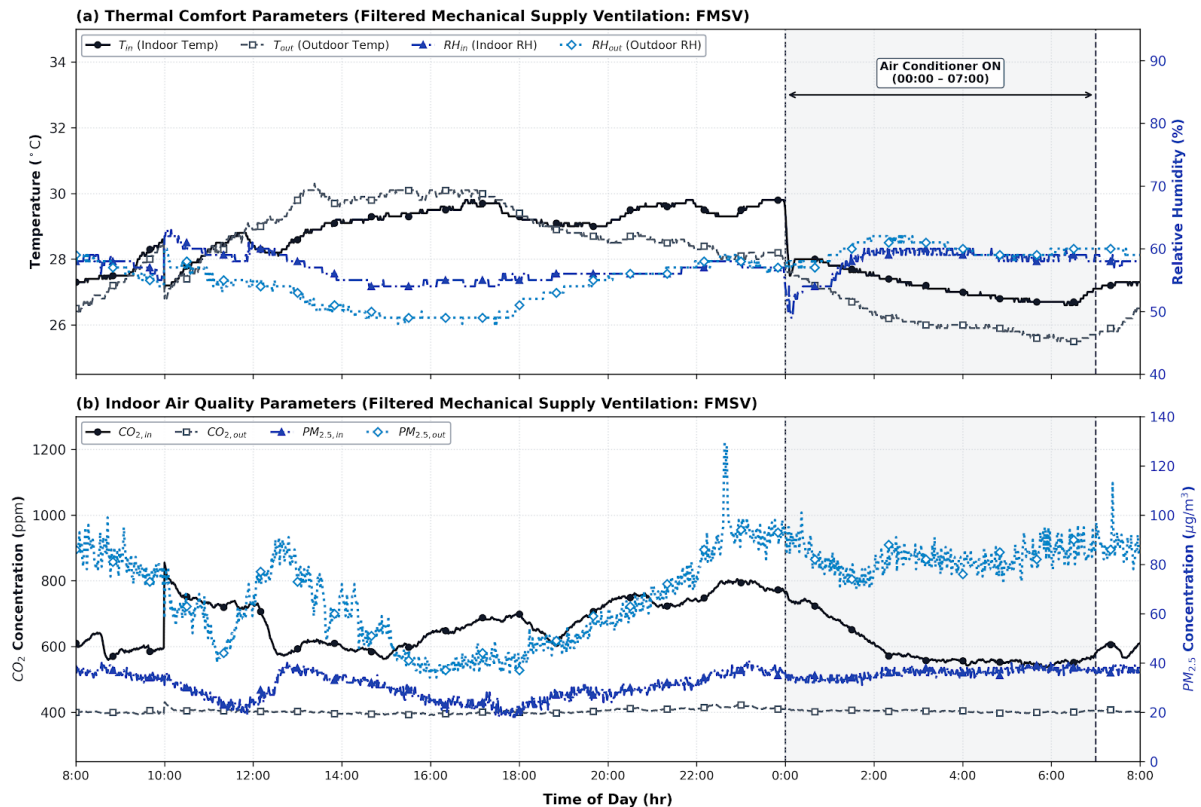
เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของก๊าซ  $CO_2$  จากกิจกรรมของผู้พักอาศัย (รูปที่ 1b ถึงรูปที่ 5b) ข้อมูลเชิงประจักษ์สะท้อนให้เห็นถึงความแตกต่างอย่างเด่นชัดระหว่างกรณีปิดห้องและกรณีที่มีการระบายอากาศ โดยสภาวะไม่มีการระบายอากาศ (รูปที่ 1b) เป็นกรณีเดียวที่เกิดการสะสมตัวของก๊าซ  $CO_2$  จนเกินเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัย โดยพุ่งขึ้นไปแตะจุดสูงสุดที่ 1,127.00 ppm ( $CO_{2,in}$  เฉลี่ย  $679.94\pm224.99$  ppm) ในทางตรงกันข้าม รูปแบบที่มีการระบายอากาศอีก 4 ระบบ สามารถควบคุมระดับ  $CO_2$  ให้อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ตลอด 24 ชั่วโมง โดยการระบายอากาศธรรมชาติ (รูปที่ 2b) มีค่าเฉลี่ย  $CO_2$  ต่ำที่สุดที่  $506.24\pm79.70$  ppm (สูงสุด 648.00 ppm) แต่ระดับการเจือจางมีความไม่แน่นอนสูงตามความผันผวนของแรงดันลมภายนอกอาคาร ในขณะที่ระบบระบายอากาศเชิงกลทั้ง 3 รูปแบบ (MSV: รูปที่ 3b, FMSV: รูปที่ 4b, และ MEV: รูปที่ 5b) มีสมรรถนะการเจือจางและลดความเข้มข้น  $CO_2$  ที่สะสมตัวลงสู่ระดับสภาวะคงที่ (Steady-state) ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงที่ประมาณ 500–650 ppm ( $CO_{2,in}$  เฉลี่ย 543.72, 649.25, และ 574.58 ppm ตามลำดับ) แม้ในช่วงก่อนเริ่มเดินระบบจะมีค่าสะสมเริ่มต้นสูงกว่า 1,100–1,245 ppm ก็ตาม



รูปที่ 2 พลวัตตลอด 24 ชั่วโมงของตัวแปรสภาวะแวดล้อมภายในและภายนอกห้อง ภายใต้การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ (NatV): (a) สภาวะความสบายเชิงความร้อน (T และ RH); (b) คุณภาพอากาศภายในอาคาร ( $\text{CO}_2$  และ  $\text{PM}_{2.5}$ )



รูปที่ 3 พลวัตตลอด 24 ชั่วโมงของตัวแปรสภาวะแวดล้อมภายในและภายนอกห้อง ภายใต้การระบายอากาศเชิงกลด้วยวิธีเติมอากาศ (MSV): (a) สภาวะความสบายเชิงความร้อน (T และ RH); (b) คุณภาพอากาศภายในอาคาร ( $\text{CO}_2$  และ  $\text{PM}_{2.5}$ )

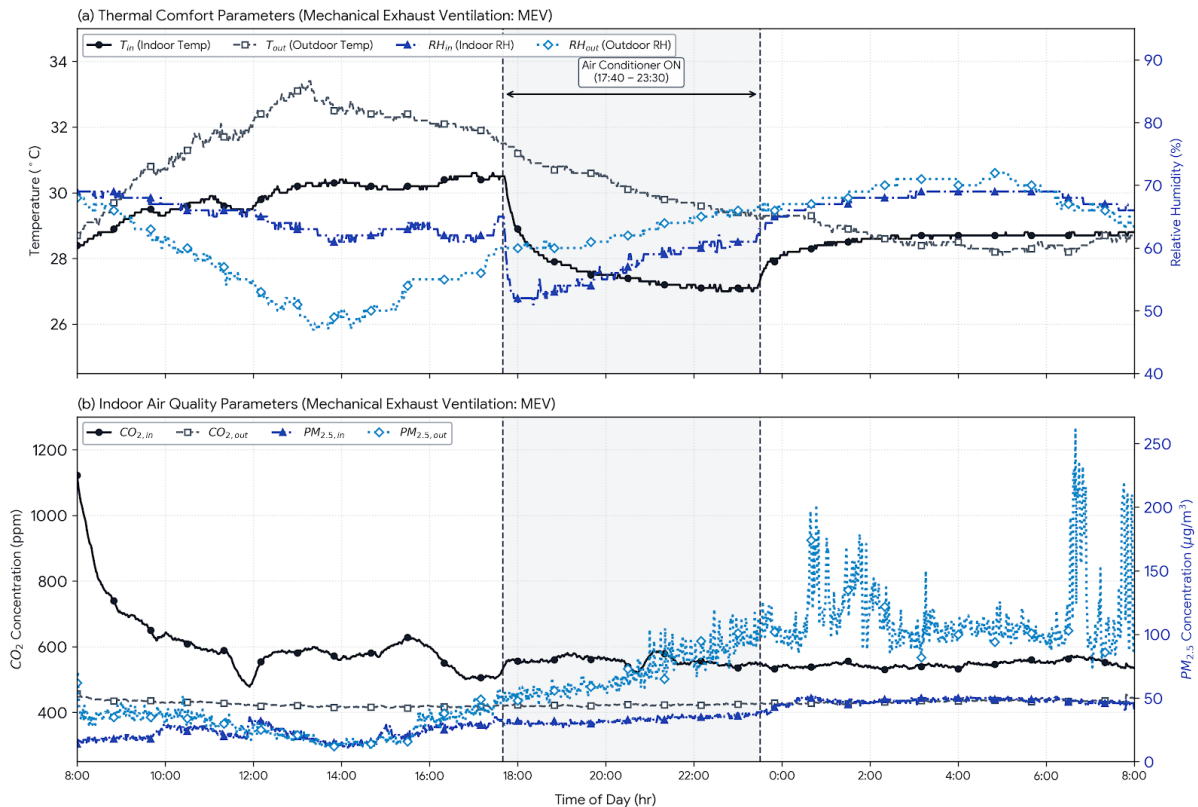


รูปที่ 4 พลวัตตลอด 24 ชั่วโมงของตัวแปรภาวะแวดล้อมภายในและภายนอกห้อง ภายใต้การระบายอากาศเชิงกลด้วยวิธีเติมอากาศผ่านแผ่นกรอง (FMSV): (a) ภาวะความสบายเชิงความร้อน (T และ RH); (b) คุณภาพอากาศภายในอาคาร (CO<sub>2</sub> และ PM<sub>2.5</sub>)

### 3.3. พลวัตการแทรกซึมของอนุภาค PM<sub>2.5</sub> และอัตราส่วนความเข้มข้นภายในต่อภายนอกอาคาร

อนุภาคฝุ่น PM<sub>2.5</sub> ภายใต้ทั้ง 5 กรณีศึกษา (รูปที่ 1b ถึงรูปที่ 5b และตารางที่ 1) แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลร่วมที่ซับซ้อนระหว่างปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผัน (Inversion Layer) ในช่วงเวลากลางคืน และกลไกการกรองอากาศของระบบปรับอากาศ รวมถึงได้พบว่าแนวโน้มระดับอนุภาค PM<sub>2.5</sub> ภายในห้องเพิ่มขึ้นหรือลดลงไปตามระดับมลพิษภายนอกอาคาร สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Wu et al., 2017 ความเข้มข้นของ PM<sub>2.5</sub> ภายในอาคารจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นภายนอกอาคาร โดยความเข้มข้นของ PM<sub>2.5</sub> ภายในอาคารสามารถแปรผันตามอุณหภูมิ ความแตกต่างของแรงดันภายในอาคารกับภายนอกอาคาร โดยการระบายอากาศธรรมชาติ (รูปที่ 2b) ก่อให้เกิดอัตราส่วนการแทรกซึมสูงสุด (I/O Ratio=0.92) เนื่องจากช่องเปิดของอาคารเปิดรับมลพิษภายนอกเข้าสู่พื้นที่โดยตรง สำหรับกรณีที่มีการระบายอากาศ (รูปที่ 1b) มีค่า I/O Ratio เท่ากับ 0.76 บ่งชี้ว่าโครงสร้างรอยต่ออาคารยังคงยอมให้อนุภาคขนาดเล็กแทรกซึมเข้ามาสะสมได้ เนื่องจากทั้ง 2 ระบบ (NV, NotV) ไม่ได้ควบคุมผลต่างแรงดันอากาศอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม ในระบบระบายอากาศเชิงกลทั้ง 3 รูปแบบ (MSV: รูปที่ 3b, FMSV: รูปที่ 4b, และ MEV: รูปที่ 5b) มีค่าเฉลี่ย I/O Ratio ต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญอยู่ที่ 0.43, 0.46, และ 0.49 ตามลำดับ ทว่าข้อมูลอนุกรมเวลาชี้ชัดว่า แผ่นกรองสังเคราะห์ชั้นต้นของระบบเติมอากาศ (FMSV) มีประสิทธิภาพการกรองอนุภาค PM<sub>2.5</sub> ต่ำ ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐาน ASHRAE กำหนด ทำให้ PM<sub>2.5</sub> ในช่วงกลางคืนที่มีความเข้มข้นภายนอกสูง (70.00–130.00 μg/m<sup>3</sup>) อนุภาค PM<sub>2.5</sub> สามารถไหลลอดผ่านเข้ามาภายในห้องได้ แต่กลไกหลักที่ช่วยกั้นระดับ PM<sub>2.5</sub> ภายในห้องให้ลดลงมากกว่าร้อยละ 50–60 ในทุกกรณี คือกระบวนการหมุนเวียนอากาศซ้ำ (Air Recirculation) ผ่านเครื่องปรับอากาศภายในห้องขณะเปิดใช้งาน ซึ่งสังเกตได้ชัดเจนว่า เมื่อเครื่องปรับอากาศหยุดทำงาน (เช่น รูปที่ 1b หลัง 22:00 น., รูปที่ 3b หลัง 07:00 น., และรูปที่ 5b หลัง 23:30 น.) ระดับ PM<sub>2.5</sub> ภายในห้องกลับมีแนวโน้มพุ่งสูงขึ้นตามมลพิษภายนอกอาคารทันที จึงทำให้มองได้ว่าเครื่องปรับอากาศสามารถทำหน้าที่เปรียบเสมือนเครื่องกรองอากาศพร้อมปรับอากาศภายในห้อง สอดคล้องกับผลการศึกษา Blocken et al., 2021 ที่ได้ทดลองปิดระบบระบายอากาศ และเปิดเครื่องกรองอากาศแบบพกพา ซึ่งได้ผลลัพธ์เช่นเดียวกันที่ว่าเครื่องกรองอากาศมีประสิทธิภาพในการลดระดับ PM<sub>2.5</sub> ได้ดีกว่าการระบายอากาศเพียงอย่างเดียว และ Pistochini et al., 2022 การติดตั้งเครื่องกรองอากาศแบบพกพาสามารถลดอนุภาค PM<sub>2.5</sub> ได้ดีไม่แพ้การระบายอากาศด้วยการเติมอากาศ และยังใช้พลังงานน้อยกว่าการเพิ่มระบบระบายอากาศหรือเพิ่มการติดแผ่นกรองอากาศ MERV 13

แม้ระบบระบายอากาศเชิงกลจะรักษาระดับ PM<sub>2.5</sub> เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศของประเทศไทย (<37.5 μg/m<sup>3</sup>) ได้สำเร็จ แต่ยังคงสูงเกินขีดจำกัดความปลอดภัยขององค์การอนามัยโลก (WHO 24-hr guideline: 15 μg/m<sup>3</sup>) รวมถึงในช่วงเวลาที่เกิดอุณหภูมิผกผันทุกระบบไม่สามารถรักษาระดับ PM<sub>2.5</sub> ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมดได้ การพึ่งพาแผ่นกรองชั้นต้นหรือราคาถูกร่วมกับแผ่นกรองของเครื่องปรับอากาศจึงไม่เพียงพอต่อการป้องกันมลพิษเล็ดลอดในยุคปัจจุบัน ดังนั้น การออกแบบระบบวิศวกรรมอาคารในอนาคตจำเป็นต้องบูรณาการระบบเติมอากาศแรงดันบวก (Positive Pressure) ร่วมกับแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง พร้อมคำนึงถึงแรงดันสถิตติดคร่อม (Static Pressure Drop) ในการเลือกขนาดพัดลม เพื่อรักษาสสมดุลระหว่างอัตราการไหลจากก๊าซ CO<sub>2</sub> และการสกัดกั้นฝุ่น PM<sub>2.5</sub> ให้อยู่ในเกณฑ์ปลอดภัยต่อสุขภาพอย่างยั่งยืน



รูปที่ 5 พล็อตตลอด 24 ชั่วโมงของตัวแปรสภาวะแวดล้อมภายในและภายนอกห้อง ภายใต้การระบายอากาศเชิงกลด้วยวิธีการดูดอากาศออก (MEV): (a) สภาวะความสบายเชิงความร้อน ( $T$  และ  $RH$ ); (b) คุณภาพอากาศภายในอาคาร ( $CO_2$  และ  $PM_{2.5}$ )

#### 4. สรุปผลการศึกษา

ผลการประเมินรูปแบบการระบายอากาศ 5 รูปแบบ ร่วมกับเครื่องปรับอากาศในห้องพักอาศัยขนาด 16 ตารางเมตร ยืนยันว่า ไม่มีระบบระบายอากาศเดี่ยวรูปแบบใดที่สามารถควบคุมคุณภาพอากาศและสภาวะความสบายเชิงความร้อนได้สมบูรณ์ในทุกมิติ การปิดห้องโดยไม่มีการระบายอากาศ (NV) แม้จะรักษาอุณหภูมิได้ดี แต่ยิ่งทำให้  $CO_2$  สะสมเกินเกณฑ์มาตรฐาน ขณะที่การระบายอากาศทุกรูปแบบ (NatV, MSV, FMSV, MEV) สามารถเจือจาง  $CO_2$  ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ข้อเสียคือเพิ่มภาระความชื้นและชักนำมลพิษภายนอกอาคารเข้าสู่ภายในห้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อแผ่นกรองอากาศอุดตันในระบบเติมอากาศไม่สามารถสกัดกั้น  $PM_{2.5}$  ในช่วงกลางวันได้ แต่กว่ากลไกหลักที่ช่วยลดระดับฝุ่นลงมากกว่าร้อยละ 50 เกิดจากการหมุนเวียนอากาศผ่านเครื่องปรับอากาศขณะเปิดใช้งานเท่านั้น ดังนั้นแนวทางเชิงวิศวกรรมที่เหมาะสมที่สุดคือ การใช้ระบบเติมอากาศเชิงกลแรงดันบวก (Positive Pressure) ร่วมกับแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูงที่ได้มาตรฐานดักจับอนุภาคขนาดเล็ก โดยจะต้องคำนึงถึงแรงดันสถิตติดคร่อม (Static Pressure Drop) ของพัดลมเพื่อรักษาสสมดุลระหว่างการระบายที่ยังคงเพียงพอต่อการลดระดับ  $CO_2$  และการป้องกัน  $PM_{2.5}$  รวมถึงลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานอย่างยั่งยืน

#### 5. ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

งานวิจัยมีข้อจำกัดสำคัญเนื่องจากการศึกษาภาคสนามในห้องพักอาศัยจริงเพียง 1 ห้อง ผู้พักอาศัย 1 คน และเก็บข้อมูล 24 ชั่วโมงต่อกรณีศึกษาในช่วงฤดูหนาวของกรุงเทพมหานคร ข้อสรุปที่ได้จึงสะท้อนสภาวะภายในขอบเขตดังกล่าว และไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนของอาคารพักอาศัยทุกประเภทหรือสภาพภูมิอากาศในฤดูกาลอื่นได้ จึงมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมดังนี้

- 5.1) เพิ่มการทดลองกับแผ่นกรองอากาศตั้งแต่เกรดต่ำ ไปจนถึงเกรดสูง ในสภาวะเดียวกัน
- 5.2) เปรียบเทียบห้องที่มีการปรับอากาศอยู่ตลอดเวลา กับห้องที่ไม่ได้มีการปรับอากาศ
- 5.3) เปรียบเทียบห้องที่ใช้เครื่องกรองอากาศกับไม่มีเครื่องกรองอากาศในสภาวะเดียวกัน
- 5.4) ควรศึกษาเพิ่มเติมให้ครอบคลุมทุกฤดูกาลของประเทศไทย เนื่องจากสภาวะอากาศและคุณภาพอากาศในแต่ละฤดูกาลมีความแตกต่างกัน ซึ่งอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศและคุณภาพอากาศภายในอาคาร

5.5) การศึกษานี้เป็นการศึกษาในสภาพจริงและมีกิจกรรมที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาซึ่งผลการทดลองส่งผลให้ค่าจากการศึกษามีค่าแตกต่างกันไปตามกิจกรรม และอาจทำให้เกิดผลลัพธ์เกิดความสับสนที่ไม่ชัดเจนจากการที่ไม่สามารถควบคุมปัจจัยต่างๆ ทั้งหมดที่อาจส่งผลต่อตัวแปรที่ศึกษา จึงแนะนำให้การศึกษาในสถานที่จำลองที่มีการเตรียมพร้อมไว้เพื่อให้ได้แนวโน้มหรือควบคุมและลดผลกระทบอื่นๆ ที่ไม่ต้องการศึกษาได้

#### เอกสารอ้างอิง

- ASHRAE. (n.d.). ASHRAE 55: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.
- Casanova, L. M., Jeon, S., Rutala, W. A., Weber, D. J., & Sobsey, M. D. (2010). Effects of air temperature and relative humidity on coronavirus survival on surfaces. *Applied and environmental microbiology*, 76(9), 2712-2717.
- Chen, C. Y., Chen, P. H., Chen, J. K., & Su, T. C. (2021). Recommendations for ventilation of indoor spaces to reduce COVID-19 transmission. *Journal of the Formosan Medical Association*, 120(12), 2055-2060.
- Cohen, A. J., Brauer, M., Burnett, R., Anderson, H. R., Frostad, J., Estep, K., ... & Forouzanfar, M. H. (2017). Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *The lancet*, 389(10082), 1907-1918.

- Greenpeace Thailand. (2564). รายงานภาวะชีวิตจากมลพิษทางอากาศของประเทศไทยปี 2564. Greenpeace Thailand.  
<https://www.greenpeace.org/thailand/publication/23793/climate-airpollution-cost-estimate-report/>
- Jones, E. R., Laurent, J. G. C., Young, A. S., MacNaughton, P., Coull, B. A., Spengler, J. D., & Allen, J. G. (2021). The effects of ventilation and filtration on indoor PM<sub>2.5</sub> in office buildings in four countries. *Building and environment*, 200, 107975.
- Nazarenko, Y., Pal, D., & Ariya, P. A. (2020). Air quality standards for the concentration of particulate matter 2.5, global descriptive analysis. *Bulletin of the World Health Organization*, 99(2), 125.
- Shinohara, N., Sakaguchi, J., Kim, H., Kagi, N., Tatsu, K., Mano, H., ... & Naito, W. (2021). Survey of air exchange rates and evaluation of airborne infection risk of COVID-19 on commuter trains. *Environment international*, 157, 106774.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2023). Indoor air quality in homes. <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-homes>
- Voigt, E., & Pelikan, J. (2010). CO<sub>2</sub>-Measurement during Ventilation. Dräger Medical Incorporated.
- Wu, Y., Chen, C., Du, Y., Chen, Z., & Li, Y. (2017). Investigation of indoor and outdoor pm<sub>2.5</sub> pollution situation in Beijing. *Procedia Engineering*, 205, 1223-1229.
- กรมอนามัย. (2565). ประกาศกรมอนามัย เรื่อง ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในอาคารสาธารณะ พ.ศ. 2565.  
<https://laws.anamai.moph.go.th/th/practices/211864>
- ราชประดิษฐ์, นินนาท, ภูวรัตน วิวัธ, ประยุทธ์, โทสม, และ ธาณี. (2020). การปรับปรุงคุณภาพของอากาศช่วงเวลา กลางคืนภายในห้องนอนของบ้านพักอาศัยด้วยการระบายอากาศ. *วารสาร วิชาการ อุดสาหกรรม ศึกษา*, 14(1).
- Rachapradit, N., Suwannapob, J., & Soiwan, N. (2013). การศึกษาผลกระทบของรูปแบบการระบายอากาศ ที่มีต่อระดับความชื้นสัมพัทธ์ภายในสำนักงานที่ใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน. *Asian Health, Science and Technology Reports*, 17-23.
- Blocken, B., Van Druenen, T., Ricci, A., Kang, L., Van Hooff, T., Qin, P., ... & Brombacher, A. C. (2021). Ventilation and air cleaning to limit aerosol particle concentrations in a gym during the COVID-19 pandemic. *Building and Environment*, 193, 107659.
- Pistochini, T., Mande, C., & Chakraborty, S. (2022). Modeling impacts of ventilation and filtration methods on energy use and airborne disease transmission in classrooms. *Journal of Building Engineering*, 57, 104840.

[OR18]

## Weather Forecast-Integrated PPE Calendar: An Innovative Approach to Strengthening Occupational Safety Among Indonesia Tobacco Farmers

Rr. Chiara Fathiyannisa Citra Aisyah<sup>1</sup>, Risky Dwi Prasetya<sup>2</sup>, Adini Rizkia Ramadhani<sup>3</sup>, Berliana Ramadhani<sup>4</sup>, and Kurnia Ardiansyah Akbar<sup>5\*</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Public Health, Jember University, Indonesia; [chiaraaisyah08@gmail.com](mailto:chiaraaisyah08@gmail.com); [rkydprasetya@gmail.com](mailto:rkydprasetya@gmail.com); [adinirizkia58@gmail.com](mailto:adinirizkia58@gmail.com); [berlyanramadhani0311@gmail.com](mailto:berlyanramadhani0311@gmail.com); [ardiansyah\\_akbar@unej.ac.id](mailto:ardiansyah_akbar@unej.ac.id)

\*Correspondence: [ardiansyah\\_akbar@unej.ac.id](mailto:ardiansyah_akbar@unej.ac.id);

Tel.: +62 857-4675-7111

---

### Abstract

#### Background/Objectives:

Green Tobacco Sickness (GTS) is an acute nicotine poisoning syndrome commonly experienced by tobacco farmers, particularly during adverse weather conditions that increase dermal nicotine absorption. Extreme temperature anomalies increase the risk of GTS (prevalence 52.2%) due to low compliance with safety protocols. This study aimed to evaluate the effectiveness of a Weather Forecast-Integrated PPE Calendar in improving knowledge and PPE compliance among tobacco farmers.

#### Materials and Methods:

This study employed a pre-experimental design with a one-group pre-test and post-test approach, conducted among 52 male tobacco farmers (100%) from the "Maju Tresno" farmer community in Tanjungrejo Village, Jember Regency, East Java Province, Indonesia, who were majorly in the productive working-age group (mean age 30 to 40 years) with an average length of community residence of 30 years. A structured questionnaire was administered before and after a health education intervention utilizing the Weather Forecast-Integrated PPE Calendar as the primary educational media, designed to align daily PPE usage recommendations with local weather forecast information. Data were then analyzed using a paired sample t-test ( $\alpha = 0.05$ ) to determine the statistical significance of changes in occupational safety knowledge and PPE compliance behavior following the intervention.

#### Result:

The Paired Samples T-Test analysis showed a significant improvement in post-intervention scores compared with baseline ( $p < 0.001$ ). The mean score increased by 11.208 points following the implementation of the Weather Forecast-Integrated PPE Calendar intervention, indicating its effectiveness in improving safety behavior among tobacco farmers. These findings suggest that the Weather Forecast-Integrated PPE Calendar has strong potential to be used as an effective educational and behavioral intervention tool for promoting and enhancing occupational safety behavior among tobacco farmers.

#### Conclusions:

The Weather Forecast-Integrated PPE Calendar was associated with significant improvements in knowledge and PPE compliance among tobacco farmers. This intervention may serve as a practical climate-adaptive occupational health strategy to reduce the risk of Green Tobacco Sickness in agricultural settings.

#### Keywords:

Green Tobacco Sickness; Safety Behavior; Personal Protective Equipment; Weather Forecast; Tobacco Farmers

---

[OR19]

## Association Between Fish Consumption and Hair Mercury Concentrations Among U.S. University Students

Pemika Sumpoathong<sup>1</sup>, Dr. Sarah Rothenberg<sup>2</sup>

\*Corresponding Author E-mail: [pemika\\_sum@dusit.ac.th](mailto:pemika_sum@dusit.ac.th), [Sarah.Rothenberg@oregonstate.edu](mailto:Sarah.Rothenberg@oregonstate.edu)

---

### Abstract

#### Background:

Fish is an essential source of protein and nutrients. However, it is a major source of methylmercury exposure in the general population, especially pregnant mothers and children. Although fish consumption is considered as a healthy diet, the study on the relationship between fish intake and mercury exposure remains limited in Thailand. Methylmercury exposure can cause long-term brain loss or damage to brain function (the central nervous system) in children (Wentz, Brigham, Chasar, Lutz, & Krabbenhoft, 2014). Hair mercury concentration has been widely used as an indicator of long-term exposure to mercury. This study explored the relationship between fish consumption and hair mercury concentrations among university students.

#### Methods:

24 Oregon State University (OSU) students completed both a 5-item and a 30-item food frequency questionnaire (FFQ) to estimate fish consumption. Hair samples from 21 participants were analyzed for total mercury concentration. Statistics were used to measure the relationship between fish intake and hair mercury levels. The association between fish consumption and hair mercury concentration was examined using Spearman correlation analysis. Fish intake estimates obtained from the two FFQs were compared using a paired t-test.

#### Results:

Participants intake fish an average of 1.3 servings per week based on the 5-item FFQ and 1.4 servings per week based on the 30-item FFQ. The difference between the two questionnaires was not statistically significant ( $p = 0.51$ ). The total of Hair mercury concentrations ranged from 0.014 to 2.719 ppm, with an average concentration of 0.451 ppm. Two participants had hair mercury concentrations above the U.S. EPA reference level of 1.1 ppm. Positive correlations were observed between fish consumption and hair mercury concentrations for both questionnaires (Spearman  $r = 0.73$  for the 5-item FFQ and  $r = 0.74$  for the 30-item FFQ).

#### Conclusion:

Participants who reported higher fish consumption generally had higher hair mercury concentrations. Similar results were obtained from both FFQs, indicating that the shorter questionnaire may provide information comparable to that obtained from the longer questionnaire in this study population. Additional studies are needed to evaluate fish consumption patterns and mercury exposure among populations in Thailand, where information on this topic remains limited.

#### Keywords:

Fish consumption; Hair mercury; Mercury exposure; FFQ; Biomonitoring

---

[OR21]

## Personal Factors, Health Behaviors, and Psychological States Associated with Shift Work Fatigue among Chemical Industrial Workers

Wanchai Saleekongchai<sup>1</sup>, Nantaporn Phatrabuddha<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Public Health, Burapha University.

\*Correspondence: wanchai\_saleekongchai@hotmail.com;

---

### Abstract

#### Background/Objectives:

Shift work in the high-risk chemical industry directly disrupts the biological rhythms and recovery of employees, leading to cumulative fatigue that can subsequently cause operational human errors and catastrophic industrial accidents. This study aims to investigate personal factors, health behaviors, and psychological states associated with overall neuropsychological shift work fatigue among chemical industrial workers.

#### Materials and Methods:

This study employed a cross-sectional descriptive survey design. The 39 participants were recruited from two chemical plants located in the Eastern Economic Corridor (EEC). Data collection was executed using questionnaires covering personal demographics, occupational characteristics, health behaviors, and sleep quality (PSQI). Psychological states were screened using the Depression, Anxiety, and Stress Scale (DASS-21). Objective neuropsychological fatigue was evaluated via computerized cognitive assessments, specifically the Trail Making Test (TMT) and the Continuous Performance Test (CPT). Statistical analyses were performed using descriptive statistics and logistic regression analysis to determine predictive strength using Odds Ratios (OR).

#### Results:

The cognitive assessments identified manifest overall neuropsychological fatigue in 10 participants (25.6%). Our data revealed a critical trend, where a major proportion of the sampled operators (69.2%) suffered from problematic sleep. Logistic regression analysis indicated that personal factors and general health behaviors had no statistically significant association with cognitive speed and accuracy. However, moderate depression (prevalent in 9 workers, 23.1%) emerged as a critical psychological determinant negatively impacting cognitive sensitivity. Those experiencing moderate depressive states faced an amplified risk, showing a 16.24-fold higher chance of visual sensitivity deficits compared to those in the normal psychological state (OR=16.24, 95%CI = 2.257-105.352, p=0.012)

#### Conclusions:

These findings underscore that subclinical depression and poor sleep quality severely undermine cognitive alertness and response sensitivity among shift workers in the chemical industry. The resulting neuropsychological impairments substantially elevate the probability of operational human errors. Organizations should integrate these objective findings into the development of comprehensive, data-driven Fatigue Risk Management Systems (FRMS) and workplace mental health interventions to optimize industrial safety.

**Keywords:** Work fatigue; Shift work; Chemical industry; Neuropsychological fatigue; Sleep quality

---

### 1. Introduction

Currently, chemical and manufacturing industries play a vital role in fueling Thailand's economic development, particularly inside the Eastern Economic Corridor (EEC) zone. However, the nature of manufacturing processes in this sector necessitates continuous 24-hour operations. Consequently, implementing rotational shift work systems is indispensable to maintain adequate manpower for controlling highly intricate, high-pressure, and high-temperature manufacturing procedures. Shift work, especially the night shift, exerts direct and profound adverse effects on human physiological processes (Kazemi et al., 2018). Most notably, it causes circadian disruption by interfering with natural sleep-wake cycles. Such internal disruptions change how melatonin and cortisol are secreted, causing severe reductions in overall sleep quality (Akerstedt, 2003).

Work fatigue among shift workers in the chemical industry is not merely a manifestation of generalized physical exhaustion; rather, it represents a state of cumulative neuropsychological and cognitive fatigue. This condition is intimately tied to the functioning of the prefrontal cortex, the cerebral region governing executive functions, decision-making, real-time problem solving, and sustained attention (Disner et al., 2011). When workers endure prolonged working hours, high-noise environments, volatile weather conditions, and acute sleep deprivation, they exhibit pronounced neuropsychological impairments. Early indicators of this cognitive decline encompass diminished processing speed, reduced accuracy in identifying anomalies, and attenuated sensitivity. Within the context of chemical plants, a momentary lapse in cognitive performance lasting only fractions of a second can precipitate severe industrial catastrophes, such as toxic chemical releases or major explosions (Williamson et al., 2011).

Historically, industrial research concerning occupational fatigue has predominantly relied on subjective measures, utilizing self-report questionnaires. While these tools are economically practical and easy to administer, they possess inherent limitations, including self-reporting biases and the deliberate underreporting of true fatigue levels due to workers' apprehensions regarding job security. Acknowledging these challenges, the investigators recognized the vital necessity of deploying objective neuropsychological tests as standardized biological indices to accurately measure neurological capacity and real-time cognitive responses.

Beyond physiological factors, adverse mental health outcomes and psychological states—such as depression, anxiety, and stress—have emerged as insidious threats among shift-working cohorts (Fatemi et al., 2015). These negative affective states can induce a cognitive spillover effect that severely impedes operational capacity. Specifically, psychological distress competes for and depletes limited cognitive resources, leaving shift workers with insufficient mental alertness to maintain continuous hazard surveillance (Nolen-Hoeksema et al.,

2008). Therefore, this study aims to integrate objective neuropsychological measurements with psychological screening assessments to identify the personal factors, health behaviors, and psychological states associated with overall shift work fatigue among chemical industrial workers in the EEC region. The empirical data derived from this investigation are intended to provide an objective, science-based foundation for safety and occupational health departments to formulate data-driven policies and safety control measures (American Petroleum Institute [API], 2020). Ultimately, these insights will facilitate the elevation and systematic refinement of organizational Fatigue Risk Management Systems (FRMS).

## 2. Materials and Methods

### 2.1 Research Design and Participants

This investigation utilized a cross-sectional descriptive survey design. The study population comprised control room and field operators working within a rotational shift system at two large-scale chemical industrial plants situated in the Eastern Economic Corridor (EEC) of Thailand. The sample was partitioned into 17 participants from Plant A and 22 participants from Plant B, yielding a total sample size of 39 shift workers. Fieldwork and data collection operations were executed between November and December 2025.

#### Inclusion Criteria

- Full-time personnel actively engaged in a rotational shift system (encompassing both day and night shift rotations) for a minimum continuous duration of 1 year, ensuring established exposure to cumulative shift work effects
- No prior clinical history of severe neurological disorders, brain injuries, or organic central nervous system diseases.
- Voluntary agreement to participate in the study, validated by signing and informed consent form

#### Exclusion Criteria

- Personal experiencing acute physiological illness on the day of testing, such as high fever or severe migraines.
- Individuals with a self-reported history of substance abuse or the administration of potent central nervous system depressants within the week prior to data collection.
- Inability to complete the standardized computerized neuropsychological test battery.

#### Research Instruments

The diagnostic and data connection apparatus was structured into three primary components

##### *Personal Demographics, Health Behaviors, and Sleep Quality Survey*

This segment gathered data regarding age, occupational tenure, current shift schedules, alcohol consumption habits, smoking status, and daily caffeine intake. Objective sleep parameters were evaluated using the validated Thai version of the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) (Sitasuwan et al., 2014). Participants were stratified based on their global PSQI scores into good sleep quality ( $\leq 5$ ) and poor sleep quality ( $> 5$ ) groups (Buysse et al., 1989).

### 2.2 Psychological State Assessment (DASS-21)

The Depression, Anxiety, and Stress Scale (DASS-21) was administered to evaluate affective states experienced over the preceding week. The instrument consists of three 7-item subscales designed to screen for the severity of depressive symptoms, anxiety levels, and stress. The psychometric properties, validity, and reliability of this scale have been thoroughly verified by an expert panel within the context of Thailand

### 2.3 Objective Neuropsychological Test Battery

Computerized neuropsychological test battery consists of the Trail Making Test (TMT) and the Continuous Performance Test (CPT) (Figure 1)

- Trail Making Test (TMT Parts A&B): Utilized to quantify visual processing speed, visuospatial attention, and cognitive flexibility based on completion time metrics.
- Continuous Performance Test (CPT): Deployed as a global neuro-cognitive tool to index sustained attention and response sensitivity to rapid visual stimuli.

### 3. Statistical Analysis

All data profiles underwent completeness screening prior to being processed using a standardized statistical software suite. Descriptive statistics-including frequencies, percentages, means, and standard deviations (S.D.)-were computed to map demographic attributes, health behaviors, sleep profiles, and psychological distributions.

To explore the associations between the independent factors (demographics, health behaviors, and psychological states) and the dependent variables (neuropsychological performance metrics), inferential statistical models were applied. Univariate and multivariate logistic regression analyses were performed to calculate Odds Ratios (OR) along with their corresponding 95% Confidence Intervals (95%CI). The threshold for statistical significance across all mathematical models was established at  $p < 0.05$

## 3. Results

### 3.1 Baseline Demographics and Manifest Fatigue Profiles

Among the 39 shift workers sampled across the two chemical enterprises, the cohort consisted entirely of male operators (100%) due to the high-risk operational demands of chemical process control. The mean age of the participants was  $34.2 \pm 5.6$  years, with an average occupational tenure within rotational shift systems of  $8.4 \pm 3.1$  years. Objective neuropsychological profiling indicated that 10 operators (25.6%) exhibited clear, manifest signs of overall cognitive fatigue. The detailed distribution of personnel demographics, health behaviors, and sleep quality profiles of the 39 chemical industrial shift workers is presented in Table 1.

Table 1. Descriptive statistics of personnel demographics, health behaviors, and sleep quality profiles among shift workers (n = 39).

| Baseline Characteristics                          | Frequency (n) | Percentage (%) |
|---------------------------------------------------|---------------|----------------|
| Gender                                            |               |                |
| Male                                              | 39            | 100            |
| Female                                            | 0             | 0              |
| Age Group (Yr)                                    |               |                |
| ≤ 35                                              | 23            | 59.0           |
| > 35                                              | 16            | 41.0           |
| Work & Experience                                 |               |                |
| ≤ 5                                               | 14            | 35.9           |
| > 5                                               | 25            | 64.1           |
| Smoking Status                                    |               |                |
| Non-smoker                                        | 24            | 61.5           |
| Ex/Current smoker                                 | 15            | 38.5           |
| Alcohol Consumption                               |               |                |
| Non-drinker                                       | 11            | 28.2           |
| Occasional/Regular Drinker                        | 28            | 71.8           |
| Sleep Quality Profile                             |               |                |
| Good (≤ 5)                                        | 12            | 30.8           |
| Poor (> 5)                                        | 27            | 69.2           |
| Depression Status Normal/Mild Moderate Depression | 30            | 76.9           |
| Anxiety Status Normal/Mild Moderate Anxiety       | 9             | 23.1           |
| Stress Status                                     | 33            | 84.6           |
| Normal/Mild Moderate Stress                       | 6             | 15.4           |
|                                                   | 34            | 87.2           |
|                                                   | 5             | 12.8           |

Furthermore, the PSQI metrics revealed critical sleep vulnerabilities, with 69.2% of the sample (n=27) classified as having poor sleep quality. Regarding the DASS-21 psychological screenings, subclinical moderate depression was identified in 9 workers (23.1%). Moderate anxiety and moderate stress profiles were observed in 15.4% and 12.8% of the sample, respectively.

### 3.2 Determinants Associated with Neuropsychological Fatigue

The logit modeling generated via logistic regression analysis provided critical insights into cognitive risk profiles. Demographic parameters, personnel factors (e.g., age, occupational tenure), and traditional health behaviors (e.g., smoking, alcohol usage, and caffeine consumption) displayed no statistically significant associations with neuropsychological speed or accuracy. Conversely, deep psychological screening revealed that moderate depression status was significantly linked to operational sensitivity impairments. Shift workers experiencing moderate depression exhibited a 16.24-fold increase in the risk of experiencing diminished visual sensitivity and vigilance performance compared to psychologically normal operators. The calculated Odds Ratio was 16.24 (95% CI = 2.257- 105.352, p=0.012). The comprehensive output of the logistic regression model is detailed in Table 2.

Table 2. Logistic regression analysis of risk factors associated with neuropsychological response sensitivity.

| Factors                                | B     | S.E.  | Wald  | p-value | OR    | 95%CI         |
|----------------------------------------|-------|-------|-------|---------|-------|---------------|
| Personal Demographics                  |       |       |       |         |       |               |
| Age (>35vs.≤35 years)                  | 0.478 | 0.541 | 0.674 | 0.427   | 1.48  | 0.547-4.198   |
| Experience (>5vs.≤5 years)             | 0.615 | 0.593 | 1.214 | 0.277   | 1.86  | 0.574-5.987   |
| Health Behaviors                       |       |       |       |         |       |               |
| Sleep Quality (Poor vs. Good)          | 1.243 | 0.747 | 2.689 | 0.121   | 3.44  | 0.786-13.856  |
| Smoking Status (Smoker vs. Non-smoker) | 0.126 | 0.429 | 0.081 | 0.774   | 1.27  | 0.474-2.578   |
| Psychological States                   |       |       |       |         |       |               |
| Moderate Depression State              | 2.796 | 1.486 | 6.417 | 0.012*  | 16.24 | 2.257-105.352 |
| Moderate Anxiety State                 | 0.947 | 0.773 | 1.341 | 0.231   | 2.71  | 0.547-12.685  |
| Moderate Stress State                  | 0.511 | 0.679 | 0.547 | 0.447   | 1.59  | 0.439-6.498   |

\*Note: Denotes statistical significance at 0.05 level.

#### 4. Discussions

This study highlights vital occupational health concerns, demonstrating that 69.2% of the rotating chemical operators in the EEC zone experience sub-optimal sleep. This high prevalence aligns with established physiological mechanisms in occupational medicine, where continuous 24-hour manufacturing cycles require rotating shift schedules that inherently disrupt circadian rhythms. This chronic disruption alters the architecture of sleep, specifically restricting deep NREM and REM sleep stages, which are vital for neurochemical replenishment and metabolic clearance in the brain (Sadeghniaat-Haghighi et al., 2016).

A compelling academic finding from this investigation is that while physical, demographic, and general behavioral variables showed no correlation with cognitive speed and accuracy, subclinical moderate depression acted as an isolated psychological driver that increased the risk of response sensitivity degradation by 16.24 times. This phenomenon can be explained by Cognitive Resource Allocation Theory (Kanfer & Ackerman, 1989). This core model defines human mental capacity as a restricted asset. When workers carry depressive symptoms, their central nervous system is forced to spend a huge portion of mental energy purely on emotional self-regulation to suppress or process negative affectivity. Consequently, the remaining cognitive bandwidth available for on-task processes such as monitoring chemical production interfaces is drastically reduced. During an industrial upset or emergency, depressed operators lack the residual cognitive capacity required to rapidly interpret external stimuli, resulting in a pronounced decline in response sensitivity.

This mechanism is further supported by Human Information Processing Models (Wickens, 1992; Wickens & Carswell, 2006). In workers experiencing a combination of poor sleep quality and depressive symptoms, the dual burden of sleep loss and negative affect constrains working memory capacity and impairs sensory filtering stages. This constraint introduces latency into the processing of alphanumeric telemetry and warning indicators, increasing the likelihood of errors during response selection. The Wickens model demonstrates that when attentional resources are depleted by cumulative fatigue and psychological distress, the closed-loop information processing cycle fails, resulting in delayed reactions during critical plant events. These findings align with international literature in ergonomics and occupational neuroscience, which confirms that subclinical depression among male night-shift workers degrades high-level executive functions more severely than non-occupational factors like age or caffeine consumption (Disner et al., 2011).

A key constraint here involves our small sample group (n=39), which was unavoidable due to tight security rules and confidential barriers at the specialized chemical plants. This small sample size contributed to a wide 95% Confidence Interval for the depression variable. Nonetheless, the clear statistical significance (p=0.012) underscores a robust correlation that warrants serious organizational attention. Future research should aim to expand sample sizes and incorporate longitudinal designs to enhance the predictive precision of these statistical models.

#### 5. Conclusions and Recommendations

To conclude, the objective experimental data show that compromised sleep hygiene alongside hidden moderate depression act as dangerous threats that directly sabotage mental alertness and response sensitivity among shift workers in the chemical industry. The resulting neuropsychological impairments substantially elevate the probability of operational human errors, which represent a primary root cause of major industrial accidents.

Recommendations for Industrial Management and Enterprise Policy:

Deployment of Fatigue Risk Management Systems (FRMS): Chemical enterprises should transition away from paper-based self-reports and integrate brief, computerized cognitive test batteries to perform fitness-for-duty screening for control room operators before they begin high-risk shift rotations.

- Institutional Mental Health Interventions: Occupational health departments should implement strictly confidential annual psychological screenings (using tools like the DASS-21) alongside Employee Assistance Programs (EAPs) to provide early psychological support for workers showing signs of moderate depression before cognitive decline compromises safety.

- Strategic Napping Protocols: Given that 69.2% of the workforce experiences poor sleep quality, organizations should establish formal, structured napping policies. Allowing operators to take 15 to 20 minutes power naps during low-workload periods, supported by cross-coverage staffing, can help restore objective response sensitivity and minimize cognitive fatigue.

## 6. Acknowledgments

The authors express their sincere gratitude to the management teams and Occupational Health and Safety officers of both chemical industrial plants in the Eastern Economic Corridor (EEC) for granting facility access and supporting data collection logistics. Most importantly, the authors extend their deepest thanks to all shift-working personnel who volunteered their time to complete the neuropsychological assessments and surveys, making this research possible.

## 7. Declaration of Interest Statement

The authors formally declare that there are no personal, financial, institutional, or commercial conflicts of interest regarding the execution of this research, data analysis, or the publication of this manuscript.

## References

- Akerstedt, T. (2003). Shift work and disturbed sleep/wakefulness. *Occupational Medicine*, 53(2), 89–94. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqg046>
- American Petroleum Institute. (2020). Fatigue risk management systems for personnel in the refining and petrochemical industries (API Recommended Practice 755, 2nd ed.). API Publishing Services.
- Buyse, D. J., Reynolds, C. F., Monk, T. H., Berman, S. R., & Kupfer, D. J. (1989). The Pittsburgh Sleep Quality Index: A new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Research*, 28(2), 193–213. [https://doi.org/10.1016/0165-1781\(89\)90047-4](https://doi.org/10.1016/0165-1781(89)90047-4)
- Disner, S. G., Beevers, C. G., Haigh, E. A., & Beck, A. T. (2011). Neural mechanisms of the cognitive model of depression. *Nature Reviews Neuroscience*, 12(8), 467–477. <https://doi.org/10.1038/nrn3027>
- Fatemi, F., Motamedzade, M., Golmohammadi, R., Mokarami, H., Hemmatjo, R., & Heidarimoghadam, R. (2015). Fatigue and psychological distress: A case study among shift workers of an Iranian petrochemical plant. *Journal of Research in Health Sciences*, 15(4), 244–249.
- Kanfer, R., & Ackerman, P. L. (1989). Motivation and cognitive abilities: An integrative/resource allocation approach to skill acquisition. *Journal of Applied Psychology*, 74(4), 657–690. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.74.4.657>
- Kazemi, R., Motamedzade, M., Golmohammadi, R., Mokarami, H., Hemmatjo, R., & Heidarimoghadam, R. (2018). Field study of effects of night shift on cognitive Performance, salivary melatonin, and sleep. *Safety and Health at Work*, 9(2), 203–209. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2017.07.007>
- Nolen-Hoeksema, S., Wisco, B. E., & Lyubomirsky, S. (2008). Rethinking rumination. *Perspectives on Psychological Science*, 3(5), 400–424. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6924.2008.00088.x>
- Riccio, C. A., Reynolds, C. R., Lowe, P., & Moore, J. J. (2002). The continuous performance test: A window on the neural substrates for attention. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 17(3), 235–272. [https://doi.org/10.1016/S0887-6177\(01\)00111-1](https://doi.org/10.1016/S0887-6177(01)00111-1)
- Sadeghniaat-Haghighi, K., Yazdi, Z., & Rategheh, S. (2016). Effects of shift work on cognitive performance and sleepiness among petrochemical control room operators. *Journal of Sitasuwan, T., Bussaratid, S., Ruttanaumpawan, P., & Chotnaitwattarakul, W.* (2014).
- Reliability and validity of the Thai version of the Pittsburgh Sleep Quality index. *Journal of the Medical Association of Thailand. Chotmaihet thangphaet*, 97 (Suppl 3), S57–S67
- Wickens, C. D. (1992). *Engineering psychology and human performance* (2nd ed.). HarperCollins Publishers.
- Wickens, C. D., & Carswell, C. M. (2006). Information processing. In G. Salvendy (Ed.), *Handbook of human factors and ergonomics* (3rd ed., pp. 111–149). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/0470048204.ch5>
- Williamson, A., Lombardi, D. A., Folkard, S., Stutts, J., Courtney, T. K., & Connor, J. L. (2011). The link between fatigue and safety. *Accident Analysis & Prevention*, 43(2), 498–515. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2009>

# Section of Insight

Knowledge sharing: Poster Presentation

[ PS 01]

## The Study of microplastic contamination in brackish water fish a case study of Mahachai Pier, Samut Sakhon Province

Wanwisa Thueansri<sup>1</sup>, Pongpipat Pikulthong<sup>1</sup>, Wanpiti Tammasee<sup>\*</sup>

<sup>1</sup>Occupational Health and Safety, Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University

Corresponding Author E-mail: [twanpiti@gmail.com](mailto:twanpiti@gmail.com)

---

### Abstract

This research aims to study the color and morphology of microplastics found in brackish water fish within the Mahachai Port area, Samut Sakhon Province. The subjects of this study are two types of brackish water fish, namely sea bass and silver pomfret. The research tools employed in this study are an optical microscope B-383POL (stereo) and Fourier Transform Infrared Spectrometer (FT-IR). The study revealed that microplastic contamination was highest in namely sea bass, followed by silver pomfret. As for the color distribution of microplastics found in the fish, blue was the most common, followed by black-brown, at 73.16% and 13.45%, respectively. Regarding the morphological classification, fibers constituted the highest percentage, followed by films (or fragments), at 77.65% and 14.27%, respectively. This could pose potential health risks to seafood consumers in the area in the future. The size classification results of microplastics in the stomachs of both fish species showed that the microplastics ranged in size from 35.17 to 259.70 micrometers. From the analysis of plastic types using FT-IR, it was found that the plastic in sea bass flesh was classified as Polyvinylchloride (PVC), detected at wavenumber peaks of 1,735  $\text{cm}^{-1}$  and 2,979  $\text{cm}^{-1}$ . Meanwhile, in silver pomfret flesh, the plastic was classified as Polyethylene Terephthalate (PET), detected at wavenumber peaks of 1,716.26  $\text{cm}^{-1}$  and 1,242.45  $\text{cm}^{-1}$ . The findings of this study indicate that fishing and household activities are the primary sources of microplastic contamination in the Mahachai Pier area, Samut Sakhon Province. This could pose potential health risks to seafood consumers in the area in the future.

### Keywords

Microplastics, Contamination, Brackish water fish

---

[ PS 02 ]

## Prevalence and Factors Associated with Upper Limb Musculoskeletal Disorders among Office Workers: A Case Study of a Rajabhat University Campus in Southern Thailand

Kantima Ladondul<sup>1\*</sup>, Wilawan Numa<sup>2</sup> Simya Hemmin<sup>3</sup> and Katesiri Samaphong<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Science and Industrial Technology, Prince of Songkhla University, Surat Thani Cam-pus

\* Corresponding Author E-mail: kantima.l@psu.ac.th

---

### Abstract

The increasing use of digital technologies has led personnel in educational institutions to spend prolonged periods working at computers. Sustained and repetitive postures, together with improperly configured workstations, may increase the risk of musculoskeletal disorders, particularly those affecting the upper extremities. However, studies focusing on university support staff at Rajabhat university campuses in Southern Thailand remain limited.

This cross-sectional study aimed to determine the prevalence of, and factors associated with upper limb musculoskeletal disorders among office workers, and to assess the ergonomic risk levels of computer workstations using the Rapid Office Strain Assessment (ROSA). The sample comprised 226 office-based support staff aged 18–60 years. Individuals who were pregnant, had congenital musculoskeletal disorders, or had a history of surgery or bone fractures were excluded. Participants were selected using proportionate stratified random sampling followed by simple random sampling. Data were collected from January to February 2026. The research instruments included a general information questionnaire, the Nordic Musculoskeletal Questionnaire (NMQ), and the ROSA assessment tool. The questionnaire was assessed for content validity and had a mean Index of Item-Objective Congruence (IOC) of 0.99. It also demonstrated good internal consistency, with a Cronbach's alpha coefficient of 0.82. The ROSA instrument had a Scale-Level Content Validity Index based on the average method (S-CVI/Ave) of 0.95 and demonstrated excellent Inter- and intra-rater reliability, with intraclass correlation coefficients (ICCs) of 0.99 and 0.91, respectively. The ROSA assessors received training and completed practice workstation assessments before the actual data collection. Data were analyzed using descriptive and inferential statistics. Initial associations were examined using the chi-square test or Fisher's exact test, as appropriate. Variables with  $p < 0.20$  in the bivariate analysis, as well as variables considered important based on the literature review, were included in the multivariable binary logistic regression analysis.

The results showed that most participants were female (66.4%), with a mean age of 39 years. The 12-month prevalence of upper-limb musculoskeletal disorders was 85.0% ( $n = 192$ ), the highest prevalence of upper extremity musculoskeletal symptoms was reported in the right shoulder (65.0%), followed by the left shoulder (62.8%) and the left side of the neck (60.2%). During the preceding seven days, 186 participants (82.3%) reported upper-limb musculoskeletal symptoms, with the right shoulder had the highest prevalence of symptoms (57.1%). The ROSA assessment indicated that 57.5% of the participants were exposed to high ergonomic risk and 31.4% to moderate ergonomic risk. Overall, 88.9% were classified as requiring workstation improvements. The most frequently observed ergonomic issues were armrests positioned too high or too low (64.2%), excessive seat-pan depth (60.2%), and a mouse positioned too far away, requiring excessive reaching (58.0%). Computer use for at least four hours per day was significantly associated with upper-limb musculoskeletal disorders during the preceding 12 months (adjusted OR = 5.05, 95% CI: 1.278–19.946,  $p = .021$ ).

Therefore, organizations should conduct ergonomic workstation assessments and implement appropriate improvements, such as adjusting armrests to support the elbows at approximately 90°, maintaining a clearance of approximately 5–10 cm between the front edge of the seat and the back of the knees, and positioning the mouse close to the body at the same level as the keyboard. Training should also be provided on appropriate working postures and the proper use of office equipment, together with the promotion of regular microbreaks and stretching exercises during the workday to reduce the long-term risk of MSDs.

### Keywords:

musculoskeletal disorders, upper extremities, Rapid Office Strain Assessment, office workers

---

[ PS 03 ]

## Evaluating Occupational Safety Cognition, Dispositions, and Mitigative Practices in Mass Transit Construction: A Strategic Framework for Sustainable Safety Culture

Suwit Numpa<sup>\*</sup>, Radklao Awaehama<sup>1</sup>, Kamollak Ngamsirikiat<sup>1</sup>, Darakon Maneesri<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Occupational Health and Safety Program, Faculty of Science and Technology: Suan Dusit University.

Corresponding Author E-mail: [Suwitnp9@gmail.com](mailto:Suwitnp9@gmail.com)

---

### Abstract

#### Background/Objectives:

The construction industry remains one of the highest-risk sectors for occupational accidents, particularly in large-scale infrastructure projects where human factors and safety behaviors play critical roles in accident prevention. This study aimed to investigate workers' knowledge, attitudes, and safety practices (KAP) regarding occupational accident prevention and to examine factors associated with accident occurrence among workers in the Green Line Mass Transit Extension Construction Project in Samut Prakan Province, Thailand.

#### Materials and Methods:

A cross-sectional study was conducted among 350 construction workers selected using Yamane's sampling method. Data were collected through structured questionnaires and workplace observations. Descriptive statistics, including frequency, percentage, mean, and standard deviation, were employed, while Chi-square tests were used to determine associations between personal factors and accident occurrence.

#### Results:

The findings revealed that most participants were male (84.6%), aged 41–50 years (31.4%), and had primary school education (54.3%). Approximately 81.1% worked more than eight hours per day. Although 73.4% reported no occupational accidents during the previous year, the most common accidents involved puncture injuries from nails or metal fragments (52.7%), with injuries occurring predominantly to the fingers and hands (35.5%). Most workers demonstrated high levels of safety knowledge (77.1%) and positive attitudes toward accident prevention (81.1%), reflecting the effectiveness of mandatory safety training programs implemented by the organization. However, safety practices were only at a moderate level, indicating a gap between knowledge and actual safety behavior. Statistical analysis showed that sex, age, educational level, and smoking behavior were significantly associated with occupational accidents ( $p < 0.05$ ). Furthermore, workers' safety knowledge was significantly associated with their safety practices, whereas attitudes alone did not significantly predict preventive behaviors.

#### Conclusions:

The study highlights that improving occupational safety in construction projects requires more than increasing workers' knowledge and awareness. Sustainable safety culture should emphasize behavioral safety interventions, human-factor engineering, continuous safety training, risk communication, and organizational strategies that transform safety knowledge into consistent safe practices. These findings provide valuable evidence for developing human-centered occupational safety programs and strengthening sustainable safety culture in large-scale construction industries. The findings support the development of behavior-based safety interventions and human-centered safety management frameworks for achieving sustainable safety culture in the construction industry.

### Keywords:

Safety Behavior, Human Factors, Sustainable Safety Culture, Occupational Accident Prevention, Construction Workers, Mass Transit Construction Project.

## [ PS 04 ]

### **Risk Factors Associated with Road Traffic Accidents Among Residents in Makham Tia Subdistrict, Mueang Surat Thani District, Surat Thani Province**

Nutjaree Saejiw<sup>1,\*</sup>, Pattama Senthong<sup>1</sup>, Jitralada Kittijaruwattana<sup>1</sup>, Nutthajit onmek<sup>4</sup>, Kantima Ladondu<sup>1</sup>, Katesiri Samaphong<sup>1</sup>, Danudar Kongchong<sup>1</sup>, and Haruethai Phiwluang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Science and Industrial Technology, Prince of Songkla University, Surat Thani Campus

\* Corresponding Author E-mail: nutjaree.s@psu.ac.th; Tel.: 081-8945971

---

#### **Abstract**

##### **Background:**

Road traffic accidents are a public health problem that causes loss of life and economic damage. Identifying the risk factors associated with accident occurrence can help in planning to reduce road traffic accidents.

##### **Objectives:**

This cross-sectional descriptive research aimed to: 1) study the risk factors for road traffic accidents among residents in Moo 6, Makham Tia Subdistrict, Mueang Surat Thani District, Surat Thani Province; and 2) investigate the relationship between driver factors, vehicle factors, and road and environmental factors with the occurrence of road traffic accidents.

##### **Materials and Methods:**

The sample consisted of 346 citizens and students residing in the Prince of Songkla University (Surat Thani Campus) dormitories, located in Moo 6, Makham Tia Sub-district, Mueang Surat Thani District, Surat Thani Province, selected by convenience sampling. The instrument used for data collection was a questionnaire. Data were analyzed using de-scriptive statistics, including frequency and percentage, and inferential statistics, specifically the Pearson's chi-square and Fisher's exact test.

##### **Results:**

The results revealed that the majority of the sample were female (61.2%), aged 21–30 years (78.3%), students (80.3%), and primarily used motorcycles (59.8%). A total of 14.4% of the participants had experienced an accident within the past year, most of which were vehicle collisions (70%) and most frequently occurred between 18:00 and 23:59. The most common risk factor regarding driver factors was speeding (33.5%); for road and environmental factors, it was potholed or bumpy roads (55.5%); and for vehicle factors, it was worn-out tires (24.3%). The analysis of the relationship between driver, vehicle, and road and environmental factors on accident occurrence found that risk factors significantly associated with accidents included age ( $p < 0.001$ ), education level ( $p < 0.001$ ), visual impairment ( $p < 0.001$ ), drinking alcohol before driving ( $p = 0.003$ ), imperfect road surfaces ( $p = 0.022$ ), and potholed or bumpy roads ( $p = 0.026$ ).

##### **Conclusions:**

This study concluded that the most common risk factors were road and environmental factors, while the risk factors statistically associated with accidents were driver factors and road and environmental factors. Relevant agencies should promote road safety campaigns among citizens and students focusing on driver behaviors, such as reducing speed and avoiding alcohol consumption before driving, visual impairment screening, and alcohol level testing. Regarding traffic engineering, improvements should include increasing street lighting and repairing road conditions for safety, alongside ensuring vehicle readiness through regular inspections, to effectively reduce the risk of road traffic accidents in the area.

##### **Keywords:**

Risk factors; Driver factors; Road and environmental factors; Vehicle factors; Road traffic accidents

---

## [ PS 05 ]

# การประเมินความสอดคล้องทางกฎหมายและผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม กรณีศึกษา พื้นที่ฝังกลบกากอุตสาหกรรมแห่งหนึ่ง จังหวัดปราจีนบุรี

กิรณา บวรพัฒน์โกศล<sup>1</sup>, เสรีย์ ตูประทาย<sup>2</sup> และ ชัยวัฒน์ ภูวฤทธิ์ชัย<sup>2</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาการตรวจสอบและกฎหมายวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง;

<sup>2</sup> คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง; Email: seree.t@ru.ac.th

\* Corresponding Author E-mail: [kirana\\_1987@Outlook.com](mailto:kirana_1987@Outlook.com), [seree.t@ru.ac.th](mailto:seree.t@ru.ac.th);

โทรศัพท์: 02-310-8000

## Abstract

การศึกษาวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ประเมินความสอดคล้องทางกฎหมายของพื้นที่ฝังกลบกากอุตสาหกรรม 2) วิเคราะห์ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ฝังกลบกากอุตสาหกรรม และ 3) เสนอแนะเชิงนโยบายด้านการจัดการกากอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ซึ่งพื้นที่การศึกษาได้เปิดดำเนินการมาแล้ว 5 ปี โดยปราศจากข้อร้องเรียนจากชุมชน โดยประยุกต์ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลผ่านการสำรวจภาคสนามด้วยแบบประเมินความสอดคล้องทางกฎหมาย (Checklist) และแบบประเมินความเสี่ยง (What-If Analysis) ตามแนวทางกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2543 ควบคู่กับการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ด้านสิ่งแวดล้อมไม่น้อยกว่า 5-10 ปี จำนวน 6 คน ซึ่งครอบคลุมผู้เชี่ยวชาญด้านกฎหมาย วิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและการทำบัญชีโครงการพื้นที่ฝังกลบกากอุตสาหกรรม ผลการวิจัยพบว่า พื้นที่ฝังกลบกากอุตสาหกรรมมีความสอดคล้องกับกฎหมายที่เกี่ยวข้องทุกฉบับ ได้แก่ ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (พ.ศ. 2566) ประกาศกรมควบคุมมลพิษ (พ.ศ. 2552) ประกาศกระทรวงมหาดไทย (พ.ศ. 2560) ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (พ.ศ. 2565) และประกาศกระทรวงสาธารณสุข (พ.ศ. 2560) อย่างครบถ้วน ผลการตรวจวัดสิ่งแวดล้อมประจำปี 2568 ด้านคุณภาพน้ำทิ้ง น้ำผิวดิน/น้ำใต้ดิน ดิน (ระดับดิน 30 ซม.) และอากาศ ( $CH_4 < 5\%$  v/v,  $CO_2 = 5,000$  ppm,  $H_2S = 20$  ppm,  $VOCs = < 500$  ppm) ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทุกพารามิเตอร์ ผลการประเมินความเสี่ยงอยู่ในระดับที่บริหารจัดการได้ ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายที่สำคัญ ได้แก่ (1) ส่งเสริมหลักการ 3Rs (Reduce, Reuse, Recycle) เพื่อลดปริมาณกากอุตสาหกรรมที่เข้าสู่หลุมฝังกลบตั้งแต่ต้นทาง (2) ศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาระบบแปรรูปก๊าซหลุมฝังกลบเป็นพลังงานทดแทน (LFG to Energy) เพื่อลดการปล่อยก๊าซมีเทน และ (3) วางแผนยุทธศาสตร์ฝังฝังการใช้ประโยชน์ที่ดินระยะยาว เนื่องจากพื้นที่ยังคงมีความเสี่ยงด้านการกัดเซาะหลังปิดดำเนินการ พร้อมพัฒนาพื้นที่นี้เป็นต้นแบบการจัดการกากอุตสาหกรรมระดับภูมิภาคในเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (EEC)

## Keywords:

กากอุตสาหกรรม; การจัดการ; ผู้รับดำเนินการ; พื้นที่ฝังกลบกากอุตสาหกรรม; การชี้บ่งอันตราย

## 1. บทนำ

วิกฤตการณ์ด้านการจัดการกากอุตสาหกรรมเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมระดับชาติที่ทวีความรุนแรงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในจังหวัดปราจีนบุรีซึ่งตั้งอยู่บนแนวถนนเศรษฐกิจตะวันออกใต้ มีปริมาณกากอุตสาหกรรมเกิดขึ้น 460 ตัน/วัน และมีการหลุมฝังกลบกากอุตสาหกรรมที่กำจัดไม่ถูกต้องถึง 332 ตัน/วัน (สำนักงานจังหวัดปราจีนบุรี, 2567) การขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็วและการขาดสถานที่รองรับกากอุตสาหกรรมที่ถูกหลุมฝังกลบ ส่งผลให้เกิดปัญหาการลักลอบทิ้งกากอุตสาหกรรมที่กระทบต่อระบบนิเวศและชุมชนอย่างรุนแรง อย่างไรก็ตาม พื้นที่ฝังกลบกากอุตสาหกรรมกรณีศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดปราจีนบุรีสามารถเปิดดำเนินการมาแล้ว 5 ปีโดยปราศจากข้อร้องเรียนหรือความขัดแย้งทางสังคม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของรัชฎาภรณ์ จันทิยชาวัฒน์ (2561) ที่ระบุว่าการบริหารจัดการที่ถูกต้องตามหลักสากลและการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัยเพื่อลดผลกระทบมลพิษ เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ไม่เกิดการต่อต้านจากชุมชน

ช่องว่างของการวิจัยในครั้งนีจึงมุ่งเน้นการถอดบทเรียนและวิเคราะห์เชิงลึกว่า โครงสร้างทางกายภาพและระบบการจัดการของพื้นที่แห่งนี้มีความสอดคล้องกับระเบียบข้อบังคับทางกฎหมายวิศวกรรมอย่างไร ทั้งนี้เนื่องจากความรู้ที่ได้จากการวิจัยสามารถนำไปพัฒนาเป็นต้นแบบสำหรับพื้นที่ฝังกลบกากอุตสาหกรรมแห่งอื่นๆ โดยเฉพาะในเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (EEC) ให้สามารถดำเนินการควบคุมคู่ไปกับการยอมรับของสังคมได้อย่างยั่งยืน โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลัก 3 ประการ ได้แก่ 1) เพื่อประเมินความสอดคล้องทางกฎหมายของพื้นที่ฝังกลบกากอุตสาหกรรม เทียบกับกฎหมายสิ่งแวดล้อม 5 ฉบับที่เกี่ยวข้อง และ 2) เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ฝังกลบกากอุตสาหกรรม รวมถึงการประเมินระดับความเสี่ยงในจุดปฏิบัติงานทั้งหมด 3) เพื่อนำไปสู่ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายด้านการจัดการกากอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืนและสิ่งแวดล้อมที่เป็นรูปธรรม

## 2. วัสดุและวิธีการ

### 2.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1.1 เพื่อประเมินความสอดคล้องทางกฎหมายของพื้นที่ฝังกลบกากอุตสาหกรรม
- 2.1.2 เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ฝังกลบกากอุตสาหกรรม
- 2.1.3 เพื่อเสนอแนะเชิงนโยบายด้านการจัดการกากอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน

### 2.2 สมมติฐานของการวิจัย

ลักษณะทางกายภาพและระบบการจัดการของพื้นที่ฝังกลบกากอุตสาหกรรมแห่งหนึ่ง จังหวัดปราจีนบุรี มีความสอดคล้องกับกฎหมายที่เกี่ยวข้องและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

### 2.3 พื้นที่ศึกษาและขอบเขตของการวิจัย

พื้นที่ฝังกลบกากอุตสาหกรรมกรณีศึกษาตั้งอยู่ในจังหวัดปราจีนบุรี มีพื้นที่ทั้งหมด 213,864 ตารางเมตร แบ่งการฝังกลบเป็น 3 หลุม รวมความจุ 780,480 ลูกบาศก์เมตร ลักษณะการฝังกลบแบบขุดร่อง (Trench Method) บนดินร่วนปนทรายที่เอื้อต่อการป้องกันการรั่วซึม มีระยะเวลาดำเนินการประมาณ 12 ปี โดยรับฝังกลบเฉพาะกากอุตสาหกรรมประเภทไม่อันตราย (Non-hazardous Waste) การศึกษาดำเนินการระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2568 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2569

### 2.4 ประชาชนที่คาดว่าจะได้รับ

- 2.4.1 ได้ข้อมูลเกี่ยวกับความสอดคล้องทางกฎหมายของพื้นที่ฝังกลบกากอุตสาหกรรมไม่อันตราย
- 2.4.2 ได้แนวทางการลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ฝังกลบกากอุตสาหกรรม
- 2.4.3 ได้ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายด้านการจัดการกากอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน

### 2.5 รูปแบบการวิจัยและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงคุณภาพ ประกอบด้วยเครื่องมือ 3 ชนิด ได้แก่

- 2.5.1 แบบประเมินความสอดคล้องทางกฎหมาย (Legal Compliance Checklist) พัฒนาขึ้นจากข้อกำหนดของกฎหมาย 5 ฉบับ ผ่านการ

ตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้ค่า IOC = 0.84

2.5.2 แบบประเมินความเสี่ยง (What-If Analysis) ตามแนวทางกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ.2543 ครอบคลุมจุดปฏิบัติงาน 14 จุด  
 2.5.3 แบบสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) แบ่งออกเป็น 5 ส่วน ผ่านการทดสอบความเชื่อมั่น(Reliability) โดยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค (Cronbach's Alpha) ได้ค่า = 0.92

#### 2.6 กลุ่มตัวอย่าง

ผู้ให้ข้อมูลหลักคัดเลือกแบบเจาะจง จำนวน 6 คน ทุกคนมีประสบการณ์ด้านสิ่งแวดล้อมไม่น้อยกว่า 5-10 ปี ได้แก่

2.6.1 เลขาธิการนายกองค์การบริหารส่วนตำบล 1 คน

2.6.2 นักวิชาการสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม องค์การบริหารส่วนตำบล 1 คน

2.6.3 ผู้จัดการโรงงานและวิศวกรสิ่งแวดล้อม ผู้ดำเนินงานพื้นที่ฝังกลบกากอุตสาหกรรม 2 คน

2.6.4 เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงาน นิคมอุตสาหกรรมปราจีนบุรี 2 คน

#### 2.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลคุณภาพวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของการประเมินด้านลักษณะทางกายภาพและการประเมินความเสี่ยง โดยนำผลมาจัดระดับความเสี่ยงตามแนวทางของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ดังนี้

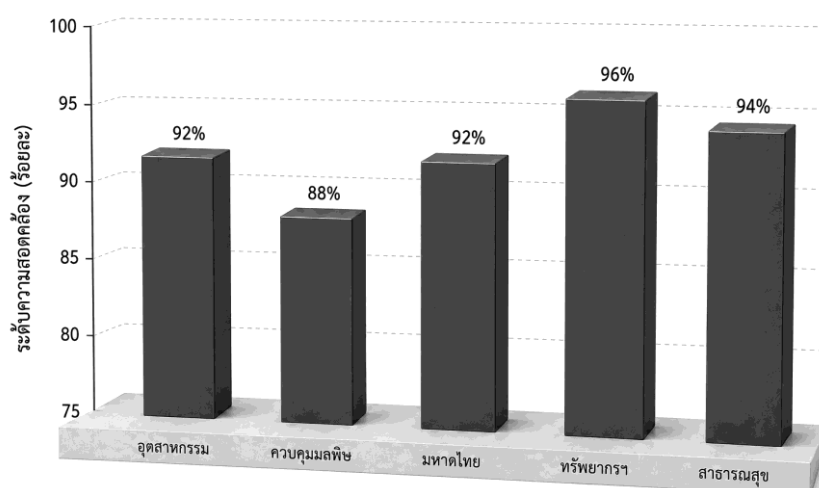
|             |       |                                                                                     |
|-------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| ระดับ 1 1-2 | คะแนน | ความเสี่ยงเล็กน้อย                                                                  |
| ระดับ 2     | 3-6   | ความเสี่ยงที่ยอมรับได้ ต้องมีการทบทวนมาตรการควบคุม                                  |
| ระดับ 3     | 8-9   | ความเสี่ยงสูง ต้องมีการดำเนินงานเพื่อลดความเสี่ยง                                   |
| ระดับ 4     | 12-16 | ความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ ต้องหยุดดำเนินการและปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดความเสี่ยงลงทันที |

### 3. ผลการศึกษา

3.1. การประเมินความสอดคล้องทางกฎหมายที่เกี่ยวข้อง ตามข้อกำหนดประกาศกระทรวงฯ 5 ฉบับ (ดังแสดงในตารางที่ 1 , ภาพที่ 1)

ตารางที่ 1. ผลการประเมินความสอดคล้องทางกฎหมาย 5 ฉบับ

| ชื่อกฎหมาย                                            | ประเด็นสำคัญของกฎหมาย                                                                                                                                                       | ผลการประเมิน |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| กระทรวงอุตสาหกรรม<br>(การจัดการสิ่งปฏิกูล พ.ศ. 2566)  | การดำเนินการของผู้รับดำเนินการ (ข้อ 16-21)                                                                                                                                  | สอดคล้อง     |
| กรมควบคุมมลพิษ<br>(การคัดเลือกพื้นที่ พ.ศ. 2552)      | การรับ ตรวจสอบ จัดเก็บ และรายงานผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ ของกระทรวงอุตสาหกรรม<br>เกณฑ์คัดเลือกพื้นที่ตั้งหลุมฝังกลบ (ข้อ 2-4) ระยะห่างจากชุมชน แหล่งน้ำ และลักษณะทางธรณีวิทยา | สอดคล้อง     |
| กระทรวงมหาดไทย<br>(การจัดการมูลฝอย พ.ศ. 2560)         | การทำข้อมูลเผยแพร่หลักสุขาภิบาล (ข้อ 11-12)<br>การคัดแยก ขนย้าย ฝังกลบ และปิดผิวหน้าดิน                                                                                     | สอดคล้อง     |
| กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติ<br>(มาตรฐานน้ำทิ้ง พ.ศ. 2565) | มาตรฐานระบายน้ำทิ้งจากหลุมฝังกลบ (ข้อ 1)<br>ระบบบำบัดน้ำชะขยะแบบหมุนเวียน ไม่มีการปล่อยออกสู่ภายนอก                                                                         | สอดคล้อง     |
| กระทรวงสาธารณสุข<br>(การฝังกลบมูลฝอย พ.ศ. 2560)       | หลักเกณฑ์สถานที่ตั้งและการป้องกันเหตุรำคาญ (ข้อ 3,6)<br>ระยะห่าง (Buffer Zone) ตามกำหนด ไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ                                                              | สอดคล้อง     |



ภาพที่ 1 ระดับความสอดคล้องทางกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

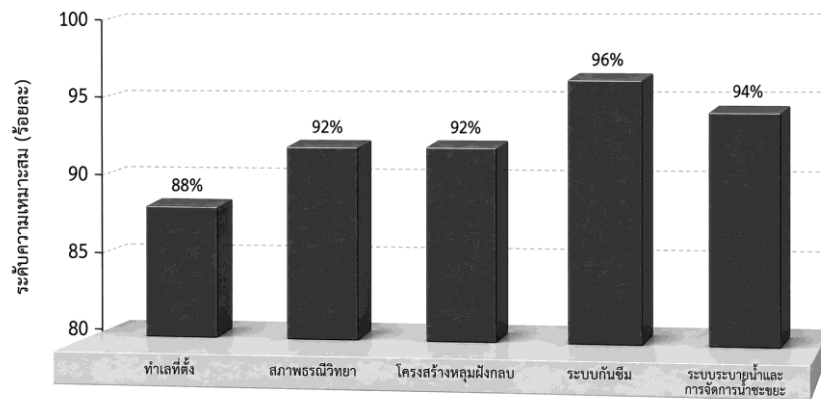
กฎหมายที่มีความสอดคล้องมากที่สุดคือ ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (96%) เนื่องจากมีการควบคุมคุณภาพน้ำทิ้ง และระบบกันซึมอย่างเข้มงวด รองลงมาคือ ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (94%) ส่วนประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมมีระดับความสอดคล้องต่ำที่สุดเล็กน้อย (88%) เนื่องจากมีบางประเด็นที่ต้องปรับปรุงการจัดเก็บเอกสารบันทึกข้อมูลให้ละเอียดและเป็นปัจจุบันมากขึ้น

#### 3.2 ผลการวิเคราะห์ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ฝังกลบขยะ

3.2.1 สภาพปัจจุบันพื้นที่ฝังกลบขยะ โดยวิธีการสำรวจภาคสนาม (ดังแสดงในตารางที่ 2 , ภาพที่ 2)

**ตารางที่ 2.** ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ฝังกลบ

| ส่วนประกอบ                    | รายละเอียด                                                                                                                                                                     | ผลการประเมิน |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| ลักษณะทั่วไปของหลุมฝังกลบ     | การปูพื้นกันหลุม(HDPE + ดินเหนียว), ที่ซึ่งน้ำหนัก, ที่ล้างล้อรถ 2 จุด, จุดรับส่งของเสียแบบมีหลังคา, พื้นที่จัดเก็บของเสีย, พื้นที่คัดแยก, พื้นที่ย่อยขนาด, ป้ายสัญลักษณ์      | สอดคล้อง     |
| ระบบป้องกันผลกระทบสิ่งแวดล้อม | ระบบรวบรวมน้ำชะ(ท่อทางปลา), ระบบบำบัดน้ำชะ(Cheical + Biological), ระบบบำบัดน้ำเสีย, ระบบรวมน้ำฝน(Gutter), ระบบป้องกันฝุ่นฟุ้งกระจาย(ฉีดพรมน้ำ+แนวต้นไม้), ระบบระบายก๊าซทุกชั้น | สอดคล้อง     |
| การจัดเก็บและการคัดแยกของเสีย | การตรวจสอบ Fingerprinting ทุกครั้งที่รับเข้า, คัดแยกตามลักษณะสมบัติ, บันทึกข้อมูลอย่างน้อย 3 ปี, สถิติสภาพด้านการทรุดตัว (pH 10-11.5, ความชื้น < 10%)                          | สอดคล้อง     |
| การทำลายของเสียอุตสาหกรรม     | การปรับเสถียร/ทำก้อนแข็ง (Stabilization/Solidification), การลงและเกลี่ยด้วยรถดัก, การปิดคลุมด้วย HDPE และดินเหนียว, การฉีดพรมน้ำระหว่างฝังกลบ                                  | สอดคล้อง     |



**ภาพที่ 2** ระดับความเหมาะสมด้านลักษณะทางกายภาพ

ลักษณะกายภาพทุกด้านมีระดับความเหมาะสมสูงกว่า 85% โดยทำเลที่ตั้งได้ 88% เนื่องจากที่ตั้งอยู่ห่างจากชุมชนมากกว่า 1,200 เมตร และห่างจากแหล่งน้ำสาธารณะมากกว่า 150 เมตร สภาพธรณีวิทยามีอัตราการซึมผ่านน้ำต่ำกว่า  $1 \times 10^{-5}$  ซม./วินาทีตามมาตรฐาน ระบบกันซึมใช้วัสดุสังเคราะห์ร่วมกับดินเหนียวหนา 1.5 เมตร จึงมีประสิทธิภาพสูง ป้องกันการรั่วซึมลงสู่ชั้นดินและน้ำใต้ดินได้ดี

3.2.2 การตรวจวัดสิ่งแวดล้อมประจำปี 2568 โดยวิเคราะห์ข้อมูลรายงานผลการตรวจวัดสิ่งแวดล้อมประจำปีจากห้องปฏิบัติการ (ดังแสดงในตารางที่ 3 , ภาพที่ 3)

**ตารางที่ 3.** ผลการตรวจวัดสิ่งแวดล้อมประจำปี 2568

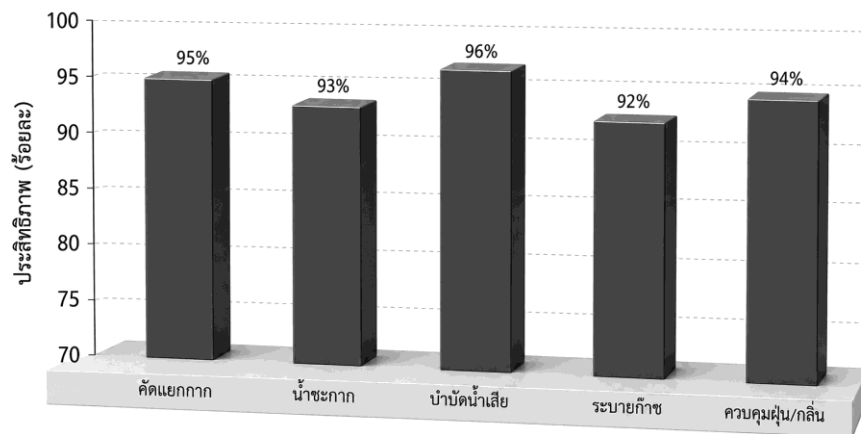
| ส่วนประกอบ                                        | รายละเอียดพารามิเตอร์                                                                                                                                                                                                              | เทียบค่ามาตรฐาน    |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| คุณภาพน้ำทิ้ง<br>(คุณภาพน้ำชะจาก ก่อน-หลังบำบัด)  | pH 6.5 (ค่ามาตรฐาน 5.5-9.0), TSS 3.71 mg/L ( $\leq 50$ ), COD 42 mg/L ( $\leq 120$ ), BOD 2 mg/L ( $\leq 20$ ), Pb < 0.003 mg/L ( $\leq 0.2$ ), Cd < 0.003 mg/L ( $\leq 0.03$ )                                                    | ผ่านทุกพารามิเตอร์ |
| การปนเปื้อนในน้ำ<br>(คุณภาพน้ำผิวดิน , น้ำใต้ดิน) | pH 6.9, Turbidity 5.11 NTU, As < 0.01 mg/L ( $\leq 0.1$ ), Zn < 0.01 mg/L ( $\leq 4.0$ ), Pb < 0.01 mg/L ( $\leq 2.0$ ), Cd < 0.01 mg/L ( $\leq 5.0$ ), Fe 0.35 mg/L, Mn 0.07 mg/L ( $\leq 33$ )                                   | ผ่านทุกพารามิเตอร์ |
| การปนเปื้อนในดิน<br>(คุณภาพดิน ระดับดิน 30 ซม.)   | Zn 97.61 mg/kg ( $\leq 1,000$ ), Pb 14.92 mg/kg ( $\leq 750$ ), Cd < 0.10 mg/kg ( $\leq 810$ ), Ni 11.18 mg/kg ( $\leq 41,000$ ), Mn 493.30 mg/kg ( $\leq 32,000$ ), Cr 97.66 mg/kg ( $\leq 640$ ), Hg < 0.10 mg/kg ( $\leq 610$ ) | ผ่านทุกพารามิเตอร์ |
| คุณภาพอากาศ<br>(บริเวณด้านบนพื้นที่ฝังกลบ)        | CH <sub>4</sub> < 5% v/v (ค่ามาตรฐาน < 5% v/v)<br>CO <sub>2</sub> < 5,000 ppm (ค่ามาตรฐาน = 5,000 ppm)<br>H <sub>2</sub> S < 20 ppm (ค่ามาตรฐาน = 20 ppm)<br>VOCs < 500 ppm (มาตรฐาน < 500 ppm)                                    | ผ่านทุกพารามิเตอร์ |

ระบบบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพ 96% โดยคุณภาพน้ำทิ้งผ่านเกณฑ์ค่ามาตรฐานทุกพารามิเตอร์ ระบบระบายก๊าซมีประสิทธิภาพ 92% โดยมีการติดตั้งท่อระบายก๊าซตามระยะที่กำหนด ส่วนระบบควบคุมฝุ่นและกลิ่นมีการฉีดพ่นน้ำและปิดคลุมพื้นที่ฝังกลบวัน จึงลดผลกระทบต่อภายนอกได้ดี ไม่ก่อให้เกิดเหตุรำคาญแก่ชุมชน อย่างไรก็ตาม ควรตรวจติดตามอย่างต่อเนื่องเพื่อเฝ้าระวังการสะสมของสารปนเปื้อนและการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพชุมชนรอบข้าง

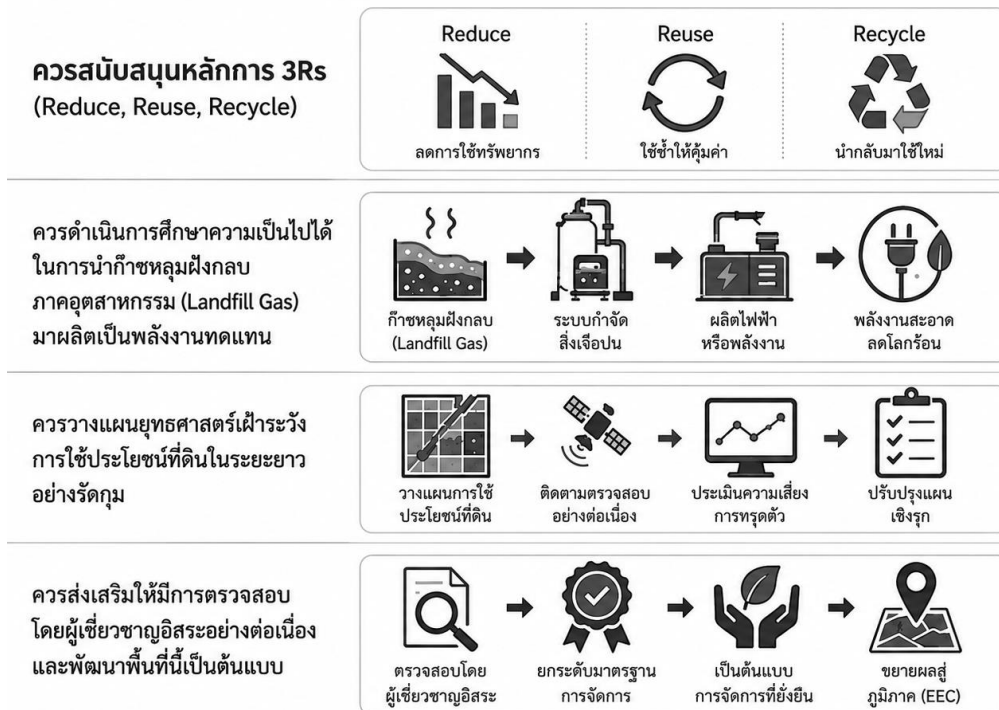
### 3.2.3 ผลการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview)

ผู้เชี่ยวชาญ 6 ท่าน มีความเห็นพ้องกันในประเด็นสำคัญ ดังนี้

การจัดการกากอุตสาหกรรมในพื้นที่หลุมฝังกลบที่ตั้งอยู่ห่างไกลชุมชนและมีระบบจัดการที่ได้มาตรฐาน สามารถควบคุมผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งการควบคุมฝุ่น กลิ่น น้ำเสีย และก๊าซเรือนกระจก อุบัติเหตุสำคัญที่พบ ได้แก่ พื้นที่รองรับกากอุตสาหกรรมที่มีจำกัด ปัญหามลพิษทางน้ำ ดินอากาศ ต้นทุนการจัดการสูง และการขาดความร่วมมือเชิงนโยบายในระดับท้องถิ่น แนวทางที่ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะ ได้แก่ การนำหลักการ 3Rs มาใช้อย่างจริงจังตั้งแต่ต้นทาง ควบคู่กับการจัดการตามมาตรฐาน Sanitary Landfill ที่ครอบคลุมการบำบัดน้ำชะขยะและการเก็บก๊าซชีวภาพเพื่อผลิตพลังงาน การปรับปรุงกากอุตสาหกรรมประเภทอินทรีย์เป็นปุ๋ยหมักหรือก๊าซชีวภาพและการนำกากอุตสาหกรรมที่ไม่สามารถรีไซเคิล ได้เข้าสู่กระบวนการ Waste-to-Energy ด้วยเทคโนโลยีสะอาด (ดังแสดงในภาพที่ 4)



ภาพที่ 3 ระดับประสิทธิภาพของระบบจัดการสิ่งแวดล้อม

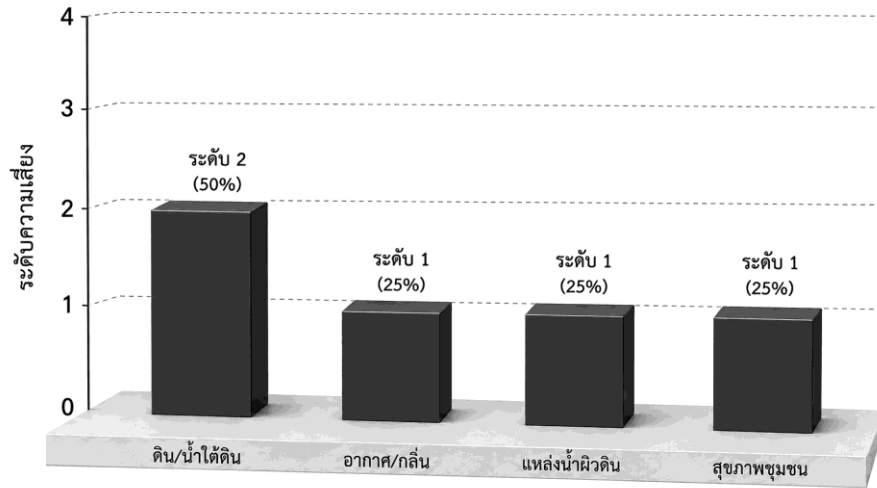


ภาพที่ 4 แนวทางที่ผู้เชี่ยวชาญด้านสิ่งแวดล้อมเสนอแนะ

### 3.2.4 ผลการประเมินความเสี่ยงระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม (What-If Analysis)

จากการชั่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมในกระบวนการดำเนินงานฝังกลบกากอุตสาหกรรม ใช้วิธีการประเมินตามเกณฑ์กรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2543 โดยพิจารณาจากโอกาสเกิดเหตุ X ความรุนแรง แบ่งเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับ 1 (เล็กน้อย), ระดับ 2 (ยอมรับได้), ระดับ 3 (สูง), ระดับ 4 (ยอมรับไม่ได้) โดยมีจุดปฏิบัติงานรวม 14 จุด พบความเสี่ยง ดังนี้

- 1) ความเสี่ยงระดับเล็กน้อย (1-2 คะแนน) จำนวน 3 จุด ได้แก่ ความเสี่ยงจากฝุ่นละออง/กลิ่นรบกวนระหว่างการฝังกลบ ความเสี่ยงจากตะกอนที่จุดล้างล้อ และความเสี่ยงจากการดูแลพื้นที่สีเขียว
- 2) ความเสี่ยงระดับที่ยอมรับได้ (3-6 คะแนน) จำนวน 11 จุด ได้แก่ ความเสี่ยงด้านดินและน้ำใต้ดิน แหล่งน้ำผิวดิน คุณภาพอากาศ ระบบนิเวศ และสุขภาพอนามัยของมนุษย์ (ดังแสดงในภาพที่ 5)

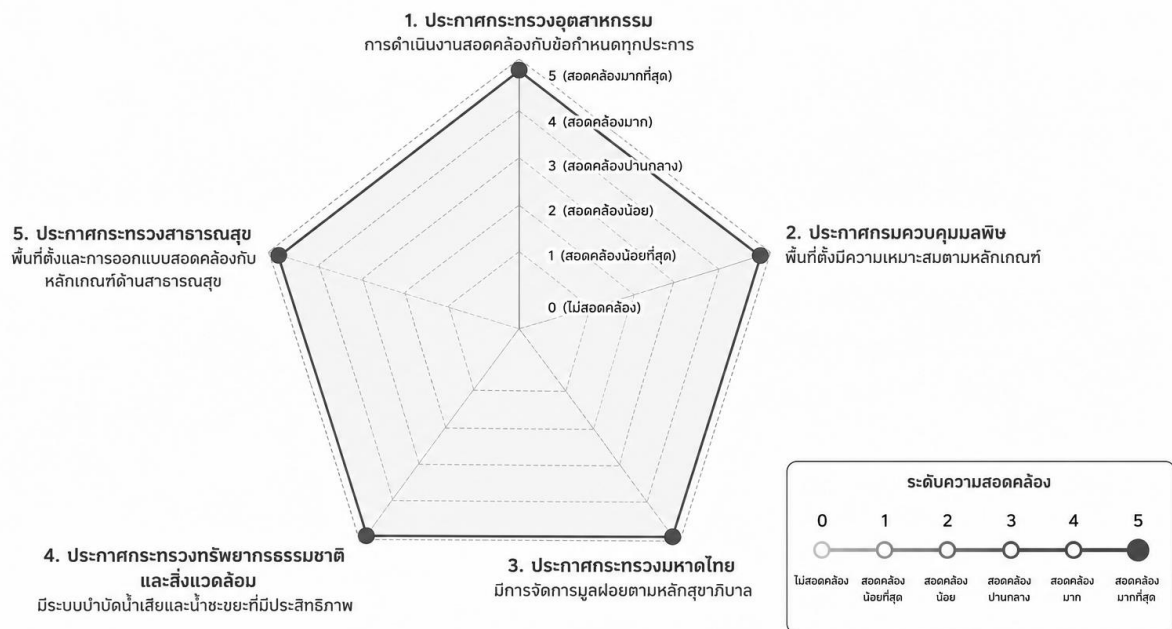


ภาพที่ 5 ระดับความเสี่ยงแยกตามประเภทผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

ความเสี่ยงส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 1 (เล็กน้อย) และระดับ 2 (ยอมรับได้) โดยไม่มีความเสี่ยงระดับสูงหรือยอมรับไม่ได้ ความเสี่ยงด้านดินและน้ำใต้ดินอยู่ที่ระดับ 2 เนื่องจากมีความเป็นไปได้เล็กน้อยมากที่ระบบกันซึมจะเกิดความเสียหาย ส่วนด้านอากาศ แหล่งน้ำผิวดิน และสุขภาพชุมชนอยู่ในระดับ 1 เนื่องจากมีระบบควบคุมที่มีประสิทธิภาพครบถ้วน แม้ในเชิงสถิติความเสี่ยงจะไม่เป็นศูนย์ (Zero Risk) แต่สถานประกอบการสามารถบริหารจัดการให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ โดยวิศวกรสิ่งแวดล้อมที่ชำนาญการควบคุมการใช้เทคโนโลยีทางวิศวกรรมและระบบจัดการมลพิษสิ่งแวดล้อมที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งมุ่งเน้นการจัดการความเสี่ยงสำคัญใน 5 ด้าน ได้แก่ ดินและน้ำใต้ดิน แหล่งน้ำผิวดิน คุณภาพอากาศ (ก๊าซเรือนกระจก) สุขภาพอนามัยของมนุษย์ และคำนึงถึงความยั่งยืนของการใช้ประโยชน์พื้นที่ดินในระยะยาว

#### 4. อภิปรายผลการศึกษา

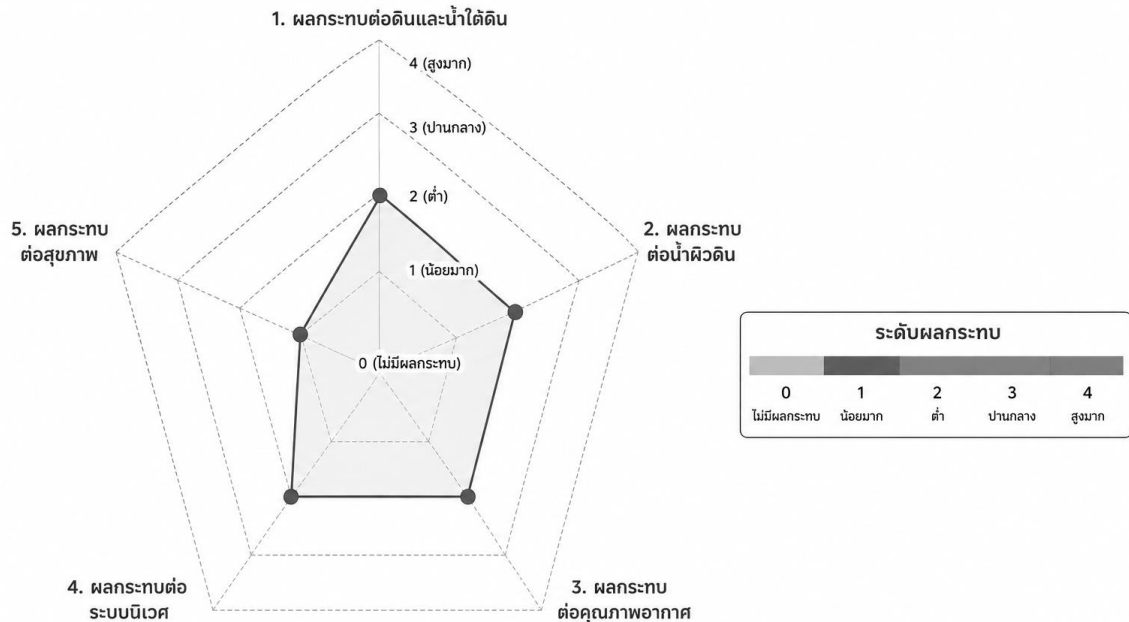
ผลการวิจัยวัตถุประสงค์ที่ 1 มุ่งเน้นประเมินความสอดคล้องของสถานประกอบการฝักรวมกากอุตสาหกรรมไม่อันตรายกับข้อกำหนดทางกฎหมาย ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่กรณีสถานประกอบการดำเนินการตามข้อกำหนดที่สอดคล้องกับกฎหมายทุกประการ ทั้งด้านทำเลที่ตั้งซึ่งอยู่ห่างไกลชุมชนและแหล่งน้ำ ตามเกณฑ์การควบคุมมลพิษและกระทรวงสาธารณสุข มีระบบป้องกันมลพิษตามมาตรฐานวิศวกรรม (HDPE) และดินเหนียวอัดแน่น) การรับกากอุตสาหกรรมเฉพาะประเภทที่ไม่เป็นอันตราย (Non-hazardous Waste) และผ่านการตรวจสอบด้วย TTLC และ WET อย่างเข้มงวด รวมถึงการดำเนินการผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ของกรมโรงงานอุตสาหกรรมทุกขั้นตอน สิ่งเหล่านี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ คงวุฒิ ยอดพยุ (2551) ที่ชี้ให้เห็นว่าปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อความสำเร็จของพื้นที่ฝักรวมคือการเลือกทำเลที่ตั้งที่เหมาะสม การออกแบบตามหลักวิศวกรรม และการมีระบบป้องกันมลพิษที่มีประสิทธิภาพ (ดังแสดงในภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 ระดับความสอดคล้องทางกฎหมาย

ในการบังคับใช้กฎหมาย งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นช่องว่างสำคัญที่สอดคล้องกับวธิ์กร สมทรง (2567) และเนกัทกร โกศล (2562) ที่ระบุว่าขั้นตอนการอนุญาตตั้งโรงงานรับฝักรวมกากอุตสาหกรรมยังมีความไม่ชัดเจน และบทกำหนดโทษเกี่ยวกับการลักลอบทิ้งกากอุตสาหกรรมยังไม่รุนแรงถึงขีดสุด ทำให้ผู้ประกอบการบางรายยอมรับการปรับมากกว่าการลงทุนปรับปรุงระบบการจัดการ ดังนั้น การพัฒนาพื้นที่นี้เป็นต้นแบบจึงมีความสำคัญยิ่งต่อการยกระดับมาตรฐานการบังคับใช้กฎหมายในระดับประเทศ

ผลการวิจัยวัตถุประสงค์ที่ 2 มุ่งเน้นการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม พบว่าไม่มีผลกระทบด้านลบที่มีนัยสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนโดยรอบ เนื่องจากระบบจัดการที่มีประสิทธิภาพสามารถป้องกันการปนเปื้อนลงสู่ดิน น้ำใต้ดิน และแหล่งน้ำผิวดินได้อย่างสมบูรณ์ รวมถึงการควบคุมฝุ่นละอองและกลิ่นไม่ให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญ ซึ่งแตกต่างจากพื้นที่ฝังกลบกากอุตสาหกรรมแห่งอื่นๆ ในจังหวัดปราจีนบุรี ที่มักประสบปัญหามลพิษและการต่อต้านจากประชาชน ความสำเร็จนี้ยืนยันว่าการจัดการตามหลักวิชาการและกฎหมายไม่เพียงแต่เป็นข้อบังคับเท่านั้น แต่ยังเป็นหนทางที่ดีที่สุดในการลดความขัดแย้ง สร้างความยอมรับและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมให้คงอยู่อย่างยั่งยืน สอดคล้องกับกฎกระทรวงการยอมรับทางสังคม ที่ระบุว่าความถูกต้องตามกฎหมายเป็นรากฐานสำคัญของการทำงานของภารกิจที่ยั่งยืน (ดังแสดงในภาพที่ 7)



ภาพที่ 7 ระดับผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

ผลการวิจัยวัตถุประสงค์ที่ 3 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายด้านการจัดการกากอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ได้แก่ สนับสนุนหลักการ 3Rs การนำก๊าซหลุมฝังกลบกากอุตสาหกรรมมาผลิตเป็นพลังงานทดแทน การวางแผนยุทธศาสตร์ฝักระวังการใช้ประโยชน์ที่ดินในระยะยาว การตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญอย่างต่อเนื่องและพัฒนาพื้นที่นี้เป็นต้นแบบภาคตะวันออก (EEC) (ดังแสดงในภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 ข้อเสนอแนะการจัดการกากอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน

## 5. สรุปผลการศึกษา

การดำเนินงานในพื้นที่ศึกษาจัดอยู่ในเกณฑ์สอดคล้องกับข้อบังคับทางกฎหมายอย่างครบถ้วนโดยมีการควบคุมตั้งแต่ต้นทางผ่านกระบวนการรับกากอุตสาหกรรม (กอ.1 และ กอ.2) เพื่อให้มั่นใจว่ากากที่รับเข้าเป็นประเภท "ไม่เป็นอันตราย" (Non-hazardous Waste) โดยใช้เกณฑ์วิเคราะห์ค่า Total Threshold Limit Concentration (TTL) และ Waste Extraction Test (WET) ตามมาตรฐานวิธี HA (Absolute entry) และ HM (Mirror entry) ปัจจัยสำคัญที่ทำให้โครงการไม่ได้รับแรงต่อต้านจากชุมชนตลอด 5 ปีที่ผ่านมา คือการบูรณาการกฎหมายวิศวกรรมเข้ากับลักษณะกายภาพของพื้นที่ ซึ่งโครงการตั้งอยู่บนดินร่วนปนทรายซึ่งเอื้อต่อการฝังกลบแบบขุดร่อง (Trench Method) โดยมีการรักษาระยะห่าง (Buffer Zone) ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขและกรมควบคุมมลพิษกำหนด ซึ่งเป็นเกณฑ์เชิงป้องกันที่ลดผลกระทบด้าน เหตุรำคาญได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้การใช้เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียแบบหมุนเวียนภายในยังสอดคล้องกับมาตรฐานกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2565 ในการป้องกันมลพิษทางน้ำเข้าสู่แหล่งน้ำสาธารณะและแม่น้ำปราจีนบุรี การดำเนินงานผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ของกระทรวงอุตสาหกรรมที่โปร่งใส และภาครัฐหรือผู้มีส่วนได้ส่วนเสียตรวจสอบได้

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายด้านการจัดการกากอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืนที่สำคัญ ได้แก่

- 5.1 ควรสนับสนุนหลักการ 3Rs (Reduce, Reuse, Recycle) เพื่อลดปริมาณกากอุตสาหกรรมเข้าสู่ พื้นที่ฝังกลบกากอุตสาหกรรมตั้งแต่ต้นทาง
- 5.2 ควรดำเนินการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำก๊าซหลุมฝังกลบกากอุตสาหกรรม (Landfill Gas) มาผลิตเป็นพลังงานทดแทน (Landfill Gas to Energy) เพื่อลดปัญหาภาวะโลกร้อนและสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจ
- 5.3 ควรวางแผนยุทธศาสตร์ฝักระวังการใช้ประโยชน์ที่ดินในระยะยาวอย่างรัดกุม เนื่องจากพื้นที่หลุมฝังกลบกากอุตสาหกรรมยังคงมีความเสี่ยงด้านการก่อกวนหลังจากการปิดดำเนินการ

5.4 ควรส่งเสริมให้มีการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญอิสระอย่างต่อเนื่อง และพัฒนาพื้นที่นี้เป็นต้นแบบสำหรับการจัดการกากอุตสาหกรรมในระดับภูมิภาค โดยเฉพาะในเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (EEC)

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณสถานประกอบการหน่วยงานพื้นที่กรณีศึกษาและผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล ข้อคิดเห็นทางวิชาการ สนับสนุน การดำเนินงานวิจัย และให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้านี้ จนทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

## 7. ความขัดแย้งทางผลประโยชน์

ผู้เขียนไม่มีความขัดแย้งทางผลประโยชน์ใดๆ ในการทำวิจัยฉบับนี้

## เอกสารอ้างอิง

- คงวุฒิ ยอดพุง. (2551). *การจัดการของเสียอุตสาหกรรมของโรงงานอุตสาหกรรมเคมีในนิคมอุตสาหกรรมบางปู*. สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- ณภัทร โกศล. (2562). *ปัญหาและอุปสรรคทางกฎหมายเกี่ยวกับการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมของโรงงาน*. มหาวิทยาลัยบูรพา.
- เกรียงศักดิ์ พันธุธรศรี. (2561). *ปัญหาการบังคับใช้กฎหมายกรณีควบคุมขยะเหลือใช้ในโรงงาน*. คณะนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาลัยชลบุรี.
- ปทุมพร มณีรัตน์. (2561). *ประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากหลุมฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาลในประเทศไทยโดยใช้หลักการของการประเมินวัฏจักรชีวิต*. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- รัชฎาภรณ์ จันทิยชาวัฒน์. (2561). *ปัจจัยที่ส่งผลให้พื้นที่ฝังกลบขยะปราศจากการต่อต้านจากชุมชน: กรณีศึกษาพื้นที่ฝังกลบขยะบ้านตาล อำเภอหาด จังหวัด เชียงใหม่*. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- วงศ์สฤติ อ่อนสระน้อย และ วิชัญ พันธุ์ดี. (2558). *การวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมในการฝังกลบขยะมูลฝอยในเขตอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ด้วยระบบสารสนเทศ ภูมิศาสตร์*. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.
- วรวิทย์ สมทรง. (2567). *การศึกษาความสอดคล้องของหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขเกี่ยวกับการบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม ตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน*. มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- วิวัฒน์ สังข์เยี่ยม. (2564). *การมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการขยะมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนจังหวัด นนทบุรี*. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- สมลวรรณ วรกาญจน์. (2554). *การเลือกพื้นที่ฝังกลบขยะและการเตรียมการใช้งานหลังการฝังกลบ กรณีศึกษาเทศบาลเมืองจะเข็ญเกรา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*. สุภาวดี น้อยน้ำใส และ ปิยะดา วชิระวงศ์. (2560). *การประเมินพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอยแบบถูกหลักสุขาภิบาล ในจังหวัดอุดรดิตถ์โดยใช้ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์*. มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.
- อิทธิศักดิ์ จิราภรณ์วร. (2558). *แนวทางการจัดการกากของเสียอุตสาหกรรมให้เป็นศูนย์เพื่อเข้าสู่อุตสาหกรรมเชิงนิเวศ กรณีศึกษาโรงงานผลิตเมทิลเอสเตอร์ และเม็ดดีแอลกอฮอล์*. สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- อภิญญา ปลื้มอุดม และ เกรียงศักดิ์ สมการ. (2560). *การประเมินพื้นที่ที่เหมาะสมในการสร้างบ่อฝังกลบขยะอย่างถูกหลักสุขาภิบาล กรณีศึกษาอำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.
- เมทินา อิศริยานนท์. (2560). *การทบทวนและประยุกต์ศาสตร์การพัฒนาของโครงการพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออกสู่การเป็นประเทศอาเซียนในจังหวัดฉะเชิงเทรา*. มหาวิทยาลัยบูรพา.
- เชษฐพงษ์ แสงแก้ว และ ศิรวิทย์ อธิญานนท์. (2565). *การเลือกที่ตั้งโรงงานกำจัดของเสียอันตรายโดยวิธีการฝังกลบ*. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สำนักงานจังหวัดปราจีนบุรี. (2567). *ข้อมูลสถานการณ์ขยะมูลฝอยของจังหวัดปราจีนบุรี*. <https://www.prachinburi.go.th/yut-prachinburi/plan66-70.pdf>
- องค์การบริหารส่วนตำบลนาแกแก้ว. (2559). *แผนพัฒนาท้องถิ่นองค์การบริหารส่วนตำบลนาแกแก้ว พ.ศ. 2561-2564*. [https://www.thaiguidom.go.th/index/qadd\\_file/gnnounce7106\\_GtZMF3nMon73132.pdf](https://www.thaiguidom.go.th/index/qadd_file/gnnounce7106_GtZMF3nMon73132.pdf)
- มูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. (2558). *บทที่ 1 กากอุตสาหกรรมและสถานการณ์การจัดการกากอุตสาหกรรม*. <https://www.pcd.go.th/publication/3598>
- กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2551). *รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย*. <https://www.tei.or.th/training/waste/150703-Draft2-Chapter1.pdf>
- กระทรวงสาธารณสุข. (2560). *ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง หลักเกณฑ์การคัดเลือกสถานที่ตั้งสำหรับ การฝังกลบมูลฝอยอย่างถูกหลักสุขาภิบาล พ.ศ. 2560*. <https://www.pcd.go.th/publication/3598>
- กรมการปกครองส่วนท้องถิ่น. (2560). *ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง การจัดการมูลฝอย พ.ศ.2560 ประเทศไทย*. <https://www.dla.go.th/work/garbage2.PDF>
- กรมควบคุมมลพิษ. (2552). *ประกาศกรมควบคุมมลพิษ เรื่อง หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกพื้นที่ฝังกลบกากของเสีย*. <https://www.pcd.go.th/laws/5158>
- กรมควบคุมมลพิษ. (2565). *ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง การกำหนดมาตรฐานการควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากสถานที่ฝังกลบมูลฝอย อย่างถูกหลักสุขาภิบาล*. <https://www.pcd.go.th/laws/26433>
- กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2535). *กากของเสียอุตสาหกรรม พระราชบัญญัติ พ.ศ.2535*. <https://www.diw.go.th/webdiw/wp-content/uploads/2021/07/law-fac-2535.pdf>
- กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2543). *หลักเกณฑ์การขึ้นอันตราย การประเมินความเสี่ยง และการจัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง*. <https://www.diw.go.th/webdiw/wp-content/uploads/2021/07/law-fac-saft-17112543.pdf>
- กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2556). *ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การจัดการสิ่งปฏิกูลและวัสดุไม่ใช้แล้ว พ.ศ.2556*. <https://www.diw.go.th/webdiw/wp-content/uploads/2023/06/a12062566-02.pdf>

[ PS 06]

## SIIMS: An Automated Digital Surveillance System for Occupational Safety and Labour Protection in Government Operations

Kanyapat Yousaby<sup>1</sup>, Sara Arphorn<sup>2</sup>, Chatchai Thanachoksawang<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Occupational Health and Safety, Faculty of Public Health, Mahidol University

\*Corresponding Author E-mail: chatchai.thn@mahidol.ac.th

---

### Abstract

#### Background:

Government agencies responsible for labour protection require timely and reliable information on occupational accidents, workplace incidents, and labour-related issues to support surveillance, risk assessment, and regulatory enforcement. However, monitoring multiple online news sources manually is labour-intensive and may delay the identification of relevant incidents. The Safety Incident Information Monitoring System (SIIMS) was therefore developed as a low-cost digital surveillance solution for a Provincial Office of Labour Protection and Welfare.

#### Objective:

To develop, implement, and assess the operational utility of an automated digital system for monitoring, collecting, classifying, and storing publicly available online information related to occupational safety, workplace accidents, and labour protection.

#### Methods:

SIIMS was developed using readily available cloud-based technologies, including Google Alerts, Gmail, Google Apps Script, and Google Sheets, without requiring specialized software or additional infrastructure. Predefined keywords related to occupational accidents, workplace safety incidents, and labour protection were used to retrieve relevant online news. Incoming information was automatically processed and classified using Google Apps Script and stored in a centralized electronic database. The database enabled officers to search, filter, review, and use the collected information for surveillance and follow-up activities. Users evaluated the system's practicality, usability, and operational usefulness using a five-point satisfaction scale.

#### Results:

SIIMS was successfully implemented at the Provincial Office of Labour Protection and Welfare. The system automated the collection, classification, and organization of occupational safety and labour-related news from multiple public online sources. The centralized database facilitated access to relevant information and supported routine surveillance and follow-up activities. The overall user satisfaction score was 4.68 out of 5.00, indicating a high level of acceptance. However, processing-time reductions, qualitative user feedback, and classification-performance indicators, including false-positive and duplicate detection rates, were not formally assessed.

#### Conclusion:

SIIMS demonstrates the feasibility of using low-cost, readily available cloud technologies to transform conventional news monitoring into an automated and data-driven surveillance process. The system provides a practical foundation for improving information management in occupational safety and labour-protection operations. Further evaluation should quantify time savings, classification accuracy, false-positive and duplicate records, and user experience before the system is expanded to other Provincial Offices of Labour Protection and Welfare.

#### Keywords:

digital surveillance; occupational safety; workplace accidents; labour protection; digital government; Google Apps Script

---

[ PS 07 ]

## Ergonomic Risk Assessment and Musculoskeletal Discomfort among Hospital Nutrition Department Workers: A Cross-Sectional Study

Runghailin Feepakproh<sup>1</sup>, Sara Arphorn<sup>1</sup>, Chatchai Thanachoksawang<sup>1\*</sup>

Department of Occupational Health and Safety, Faculty of Public Health, Mahidol University

\*Corresponding Author E-mail: chatchai.thn@mahidol.ac.th

---

### Abstract

#### Background:

Hospital nutrition personnel perform office work, food preparation, meal delivery, and equipment cleaning, exposing them to prolonged standing, repetitive movements, manual material handling, and extensive walking. These ergonomic hazards may contribute to work-related musculoskeletal disorders.

Objective: To assess ergonomic risks and work-related musculoskeletal discomfort among hospital nutrition department workers and compare discomfort scores across job categories.

#### Methods:

This cross-sectional study included 27 nutrition department workers at a hospital in Thailand: dietitians (n = 6), food preparation workers (n = 14), and food service workers (n = 7). Ergonomic hazards were identified using an occupational health and safety risk assessment approach aligned with ISO 45001. Musculoskeletal discomfort was assessed using the Cornell Musculoskeletal Discomfort Questionnaire (CMDQ), covering the frequency, severity, and work interference of discomfort across 20 body regions. CMDQ scores were summarized using medians and interquartile ranges (IQRs), and differences among job categories were examined using the Kruskal–Wallis test.

#### Results:

The most frequently affected body region was the right shoulder (66.7%), followed by the neck (59.3%), upper back (59.3%), lower back/waist (55.6%), and right foot (55.6%). Discomfort was reported across all job categories. The reported symptoms were consistent with exposure to prolonged standing, repetitive movements, manual material handling, meal-cart transportation, and continuous walking, particularly among food preparation and food service workers. Overall CMDQ scores did not differ significantly among dietitians, food preparation workers, and food service workers (Kruskal–Wallis H = 1.15, p = 0.562). The ergonomic risk assessment identified prolonged standing and repetitive tasks as the principal ergonomic hazards.

#### Conclusion:

Musculoskeletal discomfort was prevalent among hospital nutrition department workers, particularly in the right shoulder, neck, upper back, lower back/waist, and right foot. Although overall CMDQ scores did not differ significantly among job categories, interventions addressing prolonged standing, repetitive movements, and manual material handling, together with routine ergonomic surveillance, are warranted.

#### Keywords:

---

Ergonomics, Work-related Musculoskeletal Disorders (WMSDs), Hospital Nutrition Workers, Occupational Health, Risk Assessment

## [ PS 08 ]

### Factors Affecting Safety Behaviors of Production Workers: A Case Study of an Automotive Parts Manufacturing Company, Phra Nakhon Si Ayutthaya Province

Nutjaree Saejiw<sup>1\*</sup>, Nutthajit onmek<sup>1</sup>, Kantima Ladondu<sup>1</sup>, Katesiri Samaphong<sup>1</sup>, Boontharika Yimjoey<sup>1</sup>, and Suprawee Chukaew<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Science and Industrial Technology, Prince of Songkla University, Surat Thani Campus

\*Corresponding Author E-mail: nutjaree.s@psu.ac.th;

Tel.: 0818945971

---

#### Abstract

##### Background:

The study of factors affecting the safety behaviors of production workers is highly important, as employee behavior is directly linked to an organization's safety performance. Understanding which factors promote or hinder safe behaviors helps organizations establish effective accident prevention measures.

##### Objectives:

This study aimed to: 1) investigate the level of work safety behaviors among production workers; 2) study the factors affecting work safety behaviors; and 3) analyze the relationships between personal factors, safety knowledge and understanding, and work environment factors with the work safety behaviors of production workers.

##### Materials and Methods:

This was a cross-sectional study. The sample consisted of 100 production workers in the company. Data were collected using a questionnaire with a 3-point Likert scale. The content validity (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ranged from 0.67 to 1.00, and the reliability, calculated using Cronbach's alpha coefficient, was greater than 0.7. Data were analyzed using descriptive statistics, including frequency, percentage, mean, and standard deviation. Inferential statistics included an Independent T-test and One-way ANOVA to compare safety behaviors based on personal factors, and Pearson's Correlation to test the relationships between variables.

##### Results:

The results revealed that the workers' safety knowledge and understanding, as well as the work environment, were at a high level (Mean = 2.64, S.D. = 0.50), and their overall work safety behaviors were at the "always practiced" level (Mean = 2.86, S.D. = 0.35). The comparison of safety behaviors showed a statistically significant difference based on gender at the 0.05 level, with female workers exhibiting higher safety behaviors than male workers. Furthermore, safety knowledge and understanding had a statistically significant positive correlation with the work environment ( $r = 0.36$ ) and safety behaviors ( $r = 0.35$ ) at the 0.001 level. The work environment had a statistically significant positive correlation with safety behaviors ( $r = 0.32$ ) at the 0.01 level.

##### Conclusions:

The organization should encourage employees to strictly adhere to safety regulations, alongside checking the readiness of machinery and equipment before use. The work environment should be appropriately improved, particularly concerning lighting, noise, and heat, and sufficient Personal Protective Equipment (PPE) must be provided. Additionally, regular safety training should be organized, and supervisors should play an active role in monitoring to continuously promote safe working behaviors.

##### Keywords:

Work safety behaviors; Factors affecting safety behaviors; Automotive parts manufacturing; Work environment; Production Workers

---

## [ PS 09 ]

### Development of Accident Prevention Guidelines for Freight Transportation by Trucks

Amnat Kongpanya<sup>1</sup>, Nannapasorn Inyim<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Engineering, Ramkhamhaeng University, Bangkok, Thailand

\*Corresponding Author E-mail: amnrat@gmail.com

Tel.: 081-833-1749

#### Abstract

##### Background/Objectives:

Freight transportation by truck is a key component of Thailand's logistics system; however, it remains associated with accidents and losses, particularly among small-scale operators with limited resources for safety management. This study aimed to analyze safety problems and develop guidelines for preventing accidents in freight transportation by truck, using a case-study company with 19 employees and 15 trucks.

##### Materials and Methods:

A mixed-methods research design was employed. Quantitative data were collected from all 19 employees using a checklist derived from the 27 mandatory requirements and assessment guidance of the Department of Land Transport (DLT) Q-Mark standard, organized into 52 subitems across five domains. The original Q-Mark requirements were retained unchanged and were not revalidated using the Index of Item-Objective Congruence (IOC). A questionnaire assessing checklist appropriateness and the semi-structured interview form were reviewed for content validity by three academic experts using IOC. A different panel of three transportation experts then evaluated checklist appropriateness using a five-point Likert scale, yielding a mean score of 4.91 (SD = 0.29). Quantitative data were analyzed using frequency and percentage, and high-frequency safety-related or linked issues were examined using Why-Why Analysis. The findings were used to guide semi-structured interviews with another group of three qualified experts in safety and truck transportation. Guidelines were developed by integrating the hierarchy of controls (HoC) with the five functional areas of the Transport Safety Manager (TSM) framework and reviewed in a focus group discussion (FGD) with five purposively selected representatives to assess accuracy, appropriateness, feasibility, and organizational alignment.

##### Results:

The 19 respondents comprised one manager, one TSM, two operations staff, and 15 truck drivers. Most safety problems reflected gaps between organizational requirements and employees' awareness and actual practices rather than a complete absence of safety measures. Truck drivers showed notable gaps in awareness, understanding, and implementation across several Q-Mark requirements. The most frequently identified issues were customer satisfaction evaluation, 17 respondents (89.47%); operating procedures and designated responsibilities, 16 (84.21%); individual training records, 16 (84.21%); fuel-efficiency data collection and analysis, 13 (68.42%); and procedures for handling damaged goods, 12 (63.16%). Root-cause analysis identified three common issues: communication and awareness gaps, reliance on verbal instructions and reactive management, and the absence of systematic mechanisms linking organizational policies to actual practice.

##### Conclusions:

The developed guidelines integrated the hierarchy of controls with the five TSM functional areas. Administrative controls were emphasized, while elimination, substitution, engineering controls, and personal protective equipment were applied where appropriate. The guidelines addressed organizational roles and responsibilities, standard operating procedures, GPS-based speed monitoring, working- and rest-hour controls, fitness for duty, alcohol and drug controls, competency development, positive reinforcement and safety rewards, pre-trip inspection, preventive vehicle maintenance, vehicle safety technologies, and systematic customer feedback management. FGD participants considered the guidelines accurate, appropriate, feasible, and consistent with the case-study context. The proposed approach supports a transition from reactive to proactive safety management through measurable indicators, monitoring, evaluation, and continuous improvement.

#### Keywords:

Truck Transportation Safety; Q-Mark Standard; Why-Why Analysis; Hierarchy of Controls; Transport Safety Manager (TSM)

#### 1. บทนำ

การขนส่งสินค้าทางถนนด้วยรถบรรทุกเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบโลจิสติกส์ของประเทศไทย เนื่องจากสามารถขนส่งสินค้าได้โดยตรงจากต้นทางถึงปลายทาง และสามารถเชื่อมโยงกับการขนส่งในรูปแบบอื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยในปี พ.ศ. 2565 การขนส่งทางถนนมีส่วนร้อยละ 79.48 ของปริมาณการขนส่งรวมของประเทศ [1] อย่างไรก็ตาม การขนส่งด้วยรถบรรทุกยังคงเกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุและความสูญเสีย โดยเฉพาะในกลุ่มผู้ประกอบการขนส่งขนาดเล็กที่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากร บุคลากร และระบบบริหารจัดการความปลอดภัย ข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนในปี พ.ศ. 2566 ระบุว่า ปัจจัยด้านคนมีส่วนร้อยละ 93 ด้านยานพาหนะร้อยละ 4 และด้านสิ่งแวดล้อมร้อยละ 3 [2] สะท้อนให้เห็นว่า การป้องกันอุบัติเหตุไม่ควรมุ่งเน้นเฉพาะการแก้ไขพฤติกรรมของพนักงานขับรถ แต่ควรครอบคลุมระบบการจัดการด้านบุคลากร การปฏิบัติงาน ยานพาหนะ ตลอดจนระบบการควบคุมและติดตามผลอย่างเป็นระบบ กรณีศึกษาครั้งนี้เป็นบริษัทขนส่งสินค้าทั่วไปที่มีรถบรรทุกจำนวน 15 คัน และบุคลากรจำนวน 19 คน โดยในช่วงปลายปี พ.ศ. 2567 ถึงกลางปี พ.ศ. 2568 เกิดอุบัติเหตุรุนแรงจำนวน 3 ครั้ง ซึ่งส่งผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สิน ด้านการดำเนินงาน การส่งมอบสินค้า และการดำเนินงานขององค์กร ขณะที่บริษัทยังขาดระบบในการรวบรวม วิเคราะห์ และติดตามสาเหตุของอุบัติเหตุอย่างเป็นระบบ จึงมีข้อจำกัดในการกำหนดมาตรการแก้ไขและป้องกันการเกิดเหตุซ้ำ การศึกษานี้จึงนำมาตรฐานคุณภาพบริการขนส่งด้วยรถบรรทุก Q-Mark ของกรมการขนส่งทางบกมาใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาด้านความปลอดภัย [3] ซึ่งครอบคลุม 5 ด้าน ได้แก่ ด้านองค์กร ด้านการปฏิบัติการขนส่ง ด้านพนักงาน ด้านยานพาหนะ และด้านลูกค้าและภายนอก จากนั้นนำประเด็นปัญหาที่พบไปวิเคราะห์หาสาเหตุรากเหง้าด้วยเทคนิค Why-Why Analysis [4] และนำผลที่ได้ไปใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาแนวทางการแก้ไขและป้องกันอุบัติเหตุ โดยประยุกต์ใช้หลักลำดับชั้นการควบคุมอันตราย (Hierarchy of Controls) [5] ร่วมกับการทบทวนการท

ของบุคลากรจัดการด้านความปลอดภัยในการขนส่ง (Transport Safety Manager: TSM) [6] การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 2 ประการ ได้แก่ 1) เพื่อวิเคราะห์ปัญหา ด้านความปลอดภัยในการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุก และ 2) เพื่อพัฒนาแนวทางการแก้ไขและป้องกันอุบัติเหตุในการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุก

## 2. วัสดุและวิธีการ

การศึกษานี้เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) ดำเนินการในบริษัทขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกแห่งหนึ่ง ซึ่งมีรถบรรทุกจำนวน 15 คัน และบุคลากรจำนวน 19 คน ประกอบด้วย ผู้บริหาร 1 คน บุคลากรจัดการด้านความปลอดภัยในการขนส่ง (Transport Safety Manager: TSM) 1 คน เจ้าหน้าที่ฝ่ายปฏิบัติการขนส่ง 2 คน และพนักงานขับรถบรรทุก 15 คน โดยเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากบุคลากรทั้งหมด 19 คน ข้อมูลเชิงคุณภาพได้จากการสัมภาษณ์ทั้งเชิงโครงสร้าง และการประชุมสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion: FGD) ผู้ให้สัมภาษณ์เป็นผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัยและการขนส่งด้วยรถบรรทุก จำนวน 3 ท่าน คัดเลือกแบบเจาะจงจากผู้ที่มีความรู้และประสบการณ์ที่เกี่ยวข้อง สำหรับการประชุมสนทนากลุ่ม มีผู้เข้าร่วมจำนวน 5 คน คัดเลือกแบบเจาะจงจากผู้ที่มีความรู้ ประสบการณ์ และมีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับการจัดการความปลอดภัยในการขนส่ง ประกอบด้วยผู้แทนจากฝ่ายบริหาร TSM ฝ่ายปฏิบัติการขนส่ง และพนักงานขับรถ เพื่อให้การพิจารณาแนวทางครอบคลุมมุมมองด้านการบริหาร ความปลอดภัย การปฏิบัติการ และการขับรถ เครื่องมือเชิงปริมาณเป็นแบบตรวจสอบที่พัฒนาจากมาตรฐานคุณภาพบริการขนส่งด้วยรถบรรทุก Q-Mark พ.ศ. 2562 ของกรมการขนส่งทางบก [3] ซึ่งมีข้อกำหนดทั้งหมด 39 ข้อ แบ่งเป็นข้อบังคับ 27 ข้อ และข้อแนะนำ 12 ข้อ การศึกษานำข้อบังคับทั้ง 27 ข้อร่วมกับแนวทางการตรวจประเมินรายข้อมาใช้เป็นกรอบ และจำแนกแนวทางการตรวจประเมินออกเป็นรายการตรวจสอบย่อยจำนวน 52 รายการ ครอบคลุม 5 ด้าน ได้แก่ ด้านองค์กร ด้านการปฏิบัติการขนส่ง ด้านพนักงาน ด้านยานพาหนะ และด้านลูกค้าและภายนอก โดยคงสาระของข้อกำหนด Q-Mark เดิมไว้ ซึ่งไม่ได้ตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ซ้ำในส่วนข้อคำถามมาตรฐาน ทั้งนี้ ผู้วิจัยกำหนดตัวเลือกคำตอบสำหรับการเก็บข้อมูล 5 ระดับ ได้แก่ “มี” “ไม่มี” “มีแต่ไม่เข้าใจ” “มีแต่ไม่มีการปฏิบัติ” และ “มีหรือไม่ก็ไม่ทราบ” การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือดำเนินการโดยผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญ 3 กลุ่ม ซึ่งทำหน้าที่แตกต่างกันตามขั้นตอนของการวิจัย กลุ่มที่ 1 เป็นผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิชาการจำนวน 3 ท่าน ทำหน้าที่ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบถามตามความคิดเห็นเพื่อประเมินความเหมาะสมของแบบตรวจสอบ Q-Mark และแบบสัมภาษณ์ทั้งเชิงโครงสร้างด้วยค่าดัชนี IOC ผลการตรวจสอบพบว่าข้อคำถามทุกรายการมีค่า IOC เท่ากับ 1.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 0.50 จึงสามารถนำเครื่องมือไปใช้ในการเก็บข้อมูลได้ กลุ่มที่ 2 เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการขนส่งจำนวน 3 ท่าน ทำหน้าที่ประเมินความเหมาะสมของแบบตรวจสอบ Q-Mark ด้วยมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ผลการประเมินมีค่าเฉลี่ยรวม 4.91 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.29 อยู่ในระดับดีมาก ส่วนกลุ่มที่ 3 เป็นผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัยและการขนส่งด้วยรถบรรทุกจำนวน 3 ท่าน ซึ่งเป็นผู้ให้สัมภาษณ์ทั้งเชิงโครงสร้างเพื่อให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาแนวทางการแก้ไขและป้องกันอุบัติเหตุ ข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบตรวจสอบ Q-Mark วิเคราะห์ด้วยความถี่และร้อยละ โดยกำหนดคำตอบที่สะท้อนปัญหาเป็นผลรวมของคำตอบ “ไม่มี” “มีแต่ไม่เข้าใจ” “มีแต่ไม่มีการปฏิบัติ” และ “มีหรือไม่ก็ไม่ทราบ” จากนั้นคัดเลือกประเด็นที่มีความถี่ของคำตอบที่สะท้อนปัญหาสูง และมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับความปลอดภัยหรือมีความเชื่อมโยงกับประเด็นปัญหาอื่นภายในด้านเดียวกัน เพื่อนำไปวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าด้วยเทคนิค Why-Why Analysis [4] ผลการวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าถูกนำไปใช้กำหนดประเด็นในการสัมภาษณ์ทั้งเชิงโครงสร้างกับผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญกลุ่มที่ 3 จำนวน 3 ท่าน เพื่อรวบรวมข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาแนวทางการแก้ไขและป้องกันอุบัติเหตุ ข้อมูลจากการสัมภาษณ์วิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) และนำผลที่ได้มาสังเคราะห์ร่วมกับหลักลำดับชั้นการควบคุมอันตราย (Hierarchy of Controls) [5] และกรอบภารกิจ 5 ด้านของ TSM [6] เพื่อพัฒนาแนวทางที่เหมาะสมกับบริบทขององค์กรศึกษา แนวทางที่พัฒนาขึ้น นำเข้าสู่การประชุมสนทนากลุ่ม (FGD) จำนวน 5 คน เพื่อพิจารณาความถูกต้อง ความเหมาะสม ความเป็นไปได้ในการนำไปปฏิบัติ และความสอดคล้องกับบริบทขององค์กร โดยเปิดโอกาสให้ผู้แทนแต่ละฝ่ายเสนอความคิดเห็นตามบทบาทและประสบการณ์การปฏิบัติงานของตนก่อนการสรุปความคิดเห็นร่วมกัน จากนั้นนำข้อคิดเห็นจากการประชุมสนทนากลุ่มมาปรับปรุงและสรุปเป็นแนวทางการแก้ไขและป้องกันอุบัติเหตุสำหรับองค์กรศึกษา

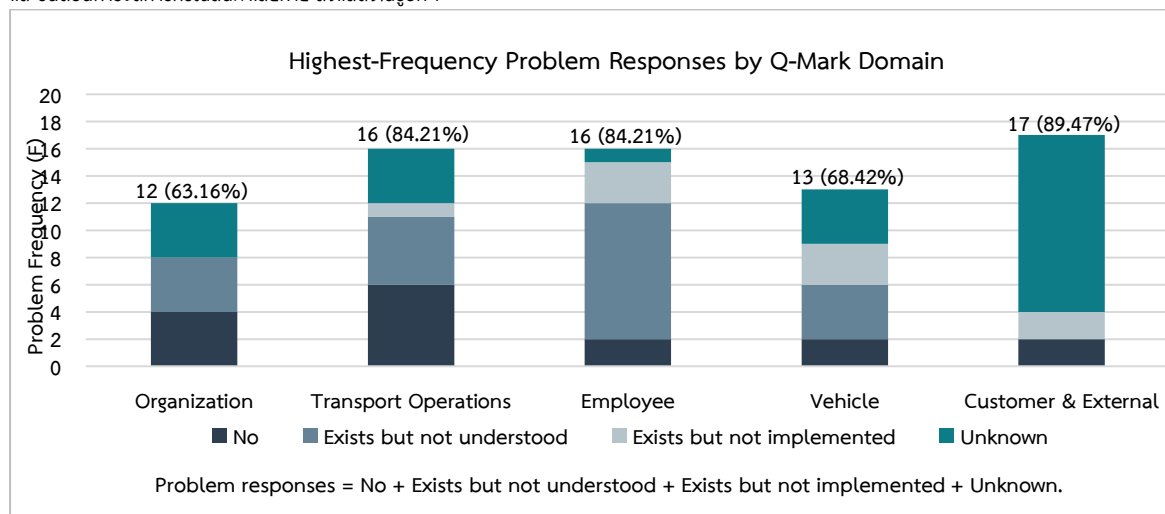
## 3. ผลการศึกษา

### 3.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ให้ข้อมูล

ผู้ให้ข้อมูลในการวิจัยมีจำนวน 19 คน ประกอบด้วย พนักงานขับรถบรรทุก 15 คน เจ้าหน้าที่ฝ่ายปฏิบัติการขนส่ง 2 คน ผู้บริหาร 1 คน และบุคลากรจัดการด้านความปลอดภัยในการขนส่ง (TSM) 1 คน โดยส่วนใหญ่มีประสบการณ์ทำงานไม่เกิน 5 ปี จำนวน 9 คน รองลงมาคือ 11–15 ปี จำนวน 5 คน มากกว่า 15 ปี จำนวน 3 คน และ 6–10 ปี จำนวน 2 คน

### 3.2 ผลการตรวจสอบตามเกณฑ์มาตรฐาน Q-Mark

ผลการตรวจสอบพบประเด็นปัญหาในทุกด้านของมาตรฐาน Q-Mark เมื่อพิจารณาประเด็นปัญหาที่มีความถี่สูงสุดในแต่ละด้าน พบว่า ประเด็นในด้านลูกค้าและภายนอกมีความถี่สูงสุด รองลงมาคือด้านการปฏิบัติการขนส่งและด้านพนักงาน ตามด้วยด้านยานพาหนะและด้านองค์กร ตามลำดับ โดยประเด็นสำคัญ ได้แก่ การประเมินความพึงพอใจและการนำผลไปปรับปรุง ขั้นตอนปฏิบัติงานและการกำหนดผู้รับผิดชอบ หลักฐานการอบรมรายบุคคล การบันทึกและวิเคราะห์การใช้เชื้อเพลิง และขั้นตอนการจัดการกรณีสินค้าเสียหาย ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1. ความถี่ของประเด็นปัญหาที่มีความถี่สูงสุดในแต่ละด้านของมาตรฐาน Q-Mark

หมายเหตุ: คำตอบที่สะท้อนปัญหา ได้แก่ ไม่มี มีแต่ไม่เข้าใจ มีแต่ไม่มีการปฏิบัติ และมีหรือไม่ก็ไม่ทราบ; N = 19

### 3.3 ผลการวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าด้วย Why-Why Analysis

ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Why-Why Analysis พบว่า ปัญหาด้านความปลอดภัยทั้ง 5 ด้านมีสาเหตุเชื่อมโยงกันในระดับระบบ โดยสรุปเป็น 3 ประเด็นหลัก ได้แก่

- 1) ช่องว่างด้านการสื่อสารและการรับรู้
- 2) การพึ่งพาคำสั่งด้วยวาจาและการบริหารเชิงรับ
- 3) การขาดกลไกที่เชื่อมโยงข้อกำหนดขององค์กรไปสู่การปฏิบัติจริง เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านองค์กรเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของโครงสร้าง บทบาทหน้าที่ นโยบาย และขั้นตอนการจัดการกรณีสินค้าเสียหาย ด้านการปฏิบัติการขนส่งเกี่ยวข้องกับการขาด SOP ระบบวางแผนเส้นทางและจุดเสี่ยง ระบบควบคุมความเร็วและการเดินรถ การเตรียมพร้อมเหตุฉุกเฉิน และการรายงาน/สอบสวนอุบัติเหตุ ด้านพนักงานเกี่ยวข้องกับการขาดระบบพัฒนามาตรฐานและหลักฐานการอบรม ชั่วโมงขับรถและเวลาพัก ความเหนื่อยล้า และการประเมินความพร้อมก่อนปฏิบัติงาน ด้านยานพาหนะเกี่ยวข้องกับการขาดระบบตรวจสอบความพร้อม การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ประวัติซ่อม และข้อมูลประสิทธิภาพรถ ส่วนด้านลูกค้าและภายนอกเกี่ยวข้องกับการจัดเก็บ วิเคราะห์ และนำข้อมูลความพึงพอใจ ข้อร้องเรียน และข้อเสนอแนะด้านความปลอดภัยไปใช้ปรับปรุงการดำเนินงาน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. ผลการวิเคราะห์ประเด็นปัญหาและสาเหตุรากเหง้า

| ด้าน Q-Mark        | ประเด็นปัญหาสำคัญ                                                                                                  | สาเหตุรากเหง้า                                                                                                                            |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| องค์กร             | ขั้นตอนกรณีสินค้าเสียหาย 12 คน (63.16%) และช่องว่างด้านการรับรู้โครงสร้าง ผู้รับผิดชอบ หน้าที่ และนโยบาย           | โครงสร้าง บทบาท ผู้รับผิดชอบ และนโยบายยังไม่ชัดเจนเป็นลายลักษณ์อักษร การสื่อสารภายในและขั้นตอนกรณีสินค้าเสียหายยังไม่เป็นระบบ             |
| การปฏิบัติการขนส่ง | ขั้นตอน/Flowchart และการกำหนดผู้รับผิดชอบ 16 คน (84.21%) รวมถึง Route Risk ความเร็ว เหตุฉุกเฉิน และการติดตามเดินรถ | ขาด SOP/คู่มือมาตรฐาน ระบบประเมินเส้นทางและจุดเสี่ยง ระบบจัดเก็บ/วิเคราะห์ข้อมูลเดินรถ แผนฉุกเฉิน และระบบรายงาน/สอบสวนอุบัติเหตุ          |
| พนักงาน            | หลักฐานการอบรมรายบุคคล 16 คน (84.21%) รวมถึง ชั่วโมง ขับ / พัก ความเหนื่อยล้า Alcohol/Drug และ Fitness for Duty    | ขาดระบบบริหารสมรรถนะและ Training Record ขาดระบบกำหนดและติดตามชั่วโมงขับ/พัก และขาดระบบ Fitness for Duty ที่บังคับใช้อย่างเป็นทางการ       |
| ยานพาหนะ           | ข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงเที่ยวระยะทาง 13 คน (68.42%) รวมถึง Pre-trip, PM และประวัติซ่อมรายคัน                        | ขาดระบบวิเคราะห์ข้อมูลประสิทธิภาพรถ มาตรฐานการตรวจความพร้อม การบำรุงรักษา เกณฑ์ Hold/Release และระบบจัดเก็บประวัติรถรายคัน                |
| ลูกค้าและภายนอก    | การประเมินความพึงพอใจและนำไปปรับปรุง 17 คน (89.47%) รวมถึงข้อมูลลูกค้า ข้อร้องเรียน และข้อเสนอแนะด้านความปลอดภัย   | ขาดระบบ Proactive Voice of Customer และระบบจัดเก็บ วิเคราะห์ และติดตามข้อมูลด้านคุณภาพบริการและความปลอดภัยเพื่อนำไปปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง |

### 3.4 ผลการพัฒนาแนวทางการแก้ไขและป้องกันอุบัติเหตุ

ผลการวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าและข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญถูกนำมาสังเคราะห์เป็นแนวทางการแก้ไขและป้องกันอุบัติเหตุ โดยเชื่อมโยงกับกรอบภารกิจ 5 ด้านของ TSM และหลักลำดับชั้นการควบคุมอันตราย (Hierarchy of Controls) ทั้งนี้ การกำหนดแนวทางไม่ได้พิจารณาเฉพาะประเด็นที่มีความถี่สูงสุดในแต่ละด้าน แต่พิจารณาพร้อมกับประเด็นที่เชื่อมโยงและสาเหตุรากเหง้าภายในด้านเดียวกัน เพื่อให้มาตรการครอบคลุมปัจจัยเสี่ยงที่เกี่ยวข้อง ดังแสดงในตารางที่ 2

จากตารางที่ 2 พบว่า แนวทางสำหรับประเด็นสำคัญส่วนใหญ่เป็นการควบคุมด้านการบริหารจัดการ เนื่องจากสาเหตุรากเหง้าเกี่ยวข้องกับขั้นตอนปฏิบัติงาน การกำหนดผู้รับผิดชอบ การฝึกอบรม ระบบข้อมูล และการติดตามผล อย่างไรก็ตาม สำหรับประเด็นอื่นในแต่ละด้าน มีการพิจารณาการกำจัด การทดแทน การควบคุมทางวิศวกรรม และอุปสรรคป้องกันอันตรายส่วนบุคคลตามลักษณะความเสี่ยงที่เกี่ยวข้อง โดยด้านองค์กรเน้นการกำหนดโครงสร้าง บทบาท นโยบาย ระบบสื่อสาร ตัวชี้วัด และเสริมแรงจูงใจด้านความปลอดภัย ด้านการปฏิบัติการขนส่งเน้น SOP การจัดการเส้นทางและความเร็ว การตอบโต้เหตุฉุกเฉิน และการรายงานและสอบสวนอุบัติเหตุ ด้านพนักงานเน้นสมรรถนะ ชั่วโมงขับรถและเวลาพัก ความพร้อมก่อนปฏิบัติงาน การควบคุมแอลกอฮอล์และสารเสพติด และการใช้เทคโนโลยีติดตามความเหนื่อยล้า ด้านยานพาหนะเน้นการตรวจความพร้อม การบำรุงรักษา เกณฑ์ Hold/Release และเทคโนโลยีสนับสนุนความปลอดภัย ส่วนด้านลูกค้าและภายนอกเน้นระบบข้อมูล ความพึงพอใจ ข้อร้องเรียน และการติดตามผลเพื่อการปรับปรุงการให้บริการและความปลอดภัยในการขนส่งอย่างต่อเนื่อง

### 3.5 ผลการประชุมสมมนากลุ่ม

ผลการประชุมสมมนากลุ่มซึ่งประกอบด้วยผู้แทนที่มีความรู้ ประสบการณ์ และมีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับการจัดการความปลอดภัยในการขนส่ง พบว่า ผู้เข้าร่วมมีความเห็นร่วมกันว่าแนวทางที่พัฒนาขึ้นมีความถูกต้อง เหมาะสม มีความเป็นไปได้ในการนำไปปฏิบัติ และสอดคล้องกับบริบทขององค์กรกรณีศึกษา โดยผลการพิจารณาดังกล่าวใช้เป็นพื้นฐานในการจัดทำข้อเสนอแนะสำหรับการนำแนวทางไปดำเนินการตามลำดับความเร่งด่วนและความพร้อมขององค์กร

**ตารางที่ 2.** แนวทางการแก้ไขและป้องกันอุบัติเหตุจากประเด็นปัญหาสำคัญและสาเหตุรากเหง้า

| ด้านและภารกิจ TSM                                                                                                             | แนวทางการแก้ไขและป้องกันอุบัติเหตุที่พัฒนาขึ้น และ Hierarchy of Controls                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ด้านองค์กร</b><br><b>TSM: การจัดการพนักงานขับรถ, การจัดการการบรรทุกและโดยสาร, การบริหารจัดการ การวิเคราะห์และประเมินผล</b> | กำหนดโครงสร้างองค์กร บทบาทหน้าที่ และผู้รับผิดชอบด้านความปลอดภัยให้ชัดเจน จัดทำนโยบาย SMS/Target to Zero, Safety KPI และระบบรายงาน Near Miss แบบไม่กล่าวโทษ โดยใช้วงจร PDCA ร่วมกับการสื่อสารสองทาง การอบรม การสร้างแรงจูงใจ และการประเมิน ROSI เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจของผู้บริหาร รวมทั้งจัดทำ SOP/WI สำหรับการจัดการสินค้าเสียหาย การกระจายน้ำหนัก การยึดรัดสินค้า การแจ้งเหตุ การบันทึกหลักฐาน และการประกันภัย พร้อมควบคุมเอกสารและติดตามผลอย่างเป็นระบบ<br><b>Hierarchy of Controls:</b> Administrative Controls                                                                                                                                                                                                               |
| <b>ด้านการปฏิบัติการขนส่ง TSM: การจัดการการเดินรถ, การบริหารจัดการ การวิเคราะห์และประเมินผล</b>                               | จัดทำ Flowchart/SOP สำหรับการเดินทางทั้งภาวะปกติและฉุกเฉิน ประเมิน Route Risk และกำหนด Route Card/JSA/CCP เพื่อหลีกเลี่ยงหรือปรับเปลี่ยนเส้นทาง ช่วงเวลา จุดพัก หรือประเภทรถที่มีความเสี่ยง ใช้ GPS/TMS/Telematics และ DMS ติดตามเส้นทาง ความเร็ว และเหตุผิดปกติ พร้อมกำหนด KPI และระบบ Accident/Near Miss Reporting เพื่อวิเคราะห์และป้องกันเหตุซ้ำ รวมทั้งจัดทำ ERP, SOS/Crash Notification อุปกรณ์ฉุกเฉิน และ PPE โดยกำหนดผู้รับผิดชอบ การประสานงาน การฝึกซ้อม และการติดตามประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่อง<br><b>Hierarchy of Controls:</b> Administrative—SOP/Investigation; Elimination + Substitution + Engineering + Administrative—Route Risk; Engineering + Administrative—GPS/Data; Engineering + Administrative + PPE—Emergency |
| <b>ด้านพนักงาน</b><br><b>TSM: การจัดการพนักงานขับรถ</b>                                                                       | พัฒนาระบบ HRD ด้วย Training Needs/Matrix, Driver Profile และการประเมินผลก่อน-หลังอบรม พร้อม Safety Rewards ควบคุม Driving & Rest Hours โดยใช้ Backup Driver, GPS และ DMS เพื่อลดความเหนื่อยล้า กำหนด Fitness for Duty และ Zero Alcohol Policy ใช้ Alcohol Interlock/ระบบติดตามความพร้อม บันทึกผล และระงับการปฏิบัติงานเมื่อไม่ผ่านเกณฑ์<br><b>Hierarchy of Controls:</b> Administrative—Training/Rewards; Substitution + Engineering + Administrative—Driving/Rest/Fatigue; Elimination + Engineering + Administrative—Fitness for Duty/Alcohol/Drug                                                                                                                                                                                 |
| <b>ด้านยานพาหนะ</b><br><b>TSM: การจัดการรถ</b>                                                                                | ใช้ GPS/Telematics และ Fuel KPI ติดตามประสิทธิภาพรายคัน ร่วมกับ Pre-trip Inspection, Checklist และเกณฑ์ Hold/Release เพื่อบังคับรถที่ไม่ปลอดภัย จัดทำ Preventive Maintenance และ Maintenance History ใช้ Fleet Management และ ADAS รวมทั้งทดแทนหรืออุปกรณ์ที่เสื่อมสภาพด้วยทางเลือกที่ปลอดภัยกว่า และติดตามผลด้วย Vehicle Safety KPI<br><b>Hierarchy of Controls:</b> Engineering + Administrative—GPS/Data; Elimination—Hold unsafe vehicle; Substitution—Safer replacement; Engineering—Pre-trip system/ADAS; Administrative—PM/Checklist/KPI                                                                                                                                                                                      |
| <b>ด้านลูกค้าและภายนอก</b><br><b>TSM: การบริหารจัดการ การวิเคราะห์และประเมินผล</b>                                            | พัฒนาระบบ Proactive Voice of Customer และ Customer Database โดยแยกการประเมินด้านบริการและความปลอดภัย กำหนดช่องทาง Complaint/Feedback สื่อสาร Customer Requirements แก่ผู้ที่เกี่ยวข้อง และติดตามการปรับปรุงผ่าน Dashboard และ KPI ด้านประสิทธิภาพการขนส่งและความพึงพอใจของลูกค้า<br><b>Hierarchy of Controls:</b> Engineering—Database/Dashboard; Administrative—Voice of Customer/Assessment/Complaint/Communication/Monitoring                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

#### 4. อภิปรายผลการศึกษา

ผลการศึกษาชี้ว่า ปัญหาด้านความปลอดภัยขององค์กรกรณีศึกษาไม่ได้จำกัดอยู่ที่การมีหรือไม่มีมาตรการ แต่เกี่ยวข้องกับช่องว่างระหว่างข้อกำหนดขององค์กรกับการรับรู้ ความเข้าใจ และการปฏิบัติของบุคลากร โดยเฉพาะด้านบทบาทหน้าที่ ขั้นตอนปฏิบัติงาน การสื่อสาร การฝึกอบรม ระบบเอกสารและข้อมูล ตลอดจนการติดตามผล ซึ่งสะท้อนช่องว่างระหว่างนโยบายกับการปฏิบัติจริง (policy-to-practice gap) ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับแนวคิดการบริหารจัดการความปลอดภัยเชิงระบบที่ให้ความสำคัญกับนโยบาย ความรับผิดชอบ การติดตาม และการปรับปรุงผลการดำเนินงาน [7] รวมทั้งสอดคล้องกับการศึกษาที่มีระดับการจัดการความปลอดภัยสูงจะมีระบบรายงาน การทบทวนของฝ่ายบริหาร และการสื่อสารผลการดำเนินงานกลับไปยังพนักงานอย่างเป็นระบบ [8] ผลการวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าสะท้อนความจำเป็นในการเปลี่ยนจากการบริหารความปลอดภัยเชิงรับที่พึ่งพาคำสั่งด้วยวาจาและการแก้ไขภายหลังเกิดปัญหา ไปสู่การจัดการเชิงระบบและเชิงป้องกัน โดยกำหนดบทบาทหน้าที่ SOP/WI/JD ระบบข้อมูล การฝึกอบรม การตรวจสอบ และการติดตามผลให้สามารถตรวจสอบย้อนกลับได้ แนวทางดังกล่าวสอดคล้องกับระบบการจัดการความปลอดภัยทางถนนที่ใช้วงจร Plan-Do-Check-Act (PDCA) ในการ วางแผน ปฏิบัติ ตรวจสอบ และปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง [9] และสอดคล้องกับการศึกษาด้านการขนส่งทางบกที่เสนอให้มีขั้นตอนปฏิบัติงาน ระบบติดตามการเดินรถ และระบบรายงานและสอบสวนอุบัติเหตุที่ชัดเจน [10] แนวทางที่พัฒนาขึ้นส่วนใหญ่เป็นการควบคุมด้านการบริหารจัดการ (Administrative Controls) เนื่องจากสาเหตุรากเหง้าส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับนโยบาย โครงสร้างความปลอดภัย ชีวทัศน์ ขั้นตอนปฏิบัติงาน การฝึกอบรม การสื่อสาร ระบบข้อมูล และการติดตามผล อย่างไรก็ตาม การควบคุมด้านการบริหารจัดการไม่ควรใช้เพียงระดับเดียว แต่ควรพิจารณาการจำกัด การทดแทน การควบคุมทางวิศวกรรม และอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลร่วมด้วยตามความเหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับหลัก Hierarchy of Controls [5] และแนวคิดที่เสนอให้ความสำคัญกับมาตรการระดับสูงของลำดับขั้นการควบคุมอันตราย ซึ่งมีประสิทธิภาพมากกว่ามาตรการระดับล่างและช่วยลดการพึ่งพาการกระทำของบุคคล [11] ในการนำแนวทางไปประยุกต์ใช้ องค์กรควรจัดลำดับตามความเร่งด่วนและความพร้อม โดยระยะสั้นควรเน้นการจัดทำ SOP, Flowchart, Checklist การกำหนดบทบาทหน้าที่ ผู้รับผิดชอบ และระบบควบคุมความเสี่ยงที่สามารถดำเนินการได้ทันที เช่น การกำกับความเร็วด้วย GPS และการตรวจความพร้อมก่อนออกงาน ระยะกลางควรพัฒนาระบบ HRD, Training Matrix, Fitness for Duty, การควบคุมชั่วโมงขับรถและเวลาพัก และ Preventive Maintenance ส่วนระยะยาวควรพัฒนาการใช้ GPS/Telematics, DMS, Dash Camera, Alcohol Interlock, ADAS และฐานข้อมูลด้านความปลอดภัยให้เชื่อมโยงกับการวิเคราะห์และติดตามผลขององค์กร การส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของพนักงานขับรถควรดำเนินการควบคู่กับการติดตามตัวชี้วัดด้านความปลอดภัย เช่น ผลการประเมินสมรรถนะ ผลการตรวจความพร้อมก่อนปฏิบัติงาน การปฏิบัติตามชั่วโมงขับรถและเวลาพัก จำนวนและแนวโน้มการใช้ความเร็วเกินเกณฑ์จาก GPS/DMS เหตุการณ์เกือบเกิดอุบัติเหตุ ผลการตรวจแอลกอฮอล์หรือสารเสพติด และผลการตรวจสภาพรถ พร้อมทั้งใช้การเสริมแรงเชิงบวก การยกย่อง หรือรางวัลด้านความปลอดภัย เพื่อสนับสนุนให้พฤติกรรมที่ปลอดภัยเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ข้อมูลดังกล่าวควรถูกนำเข้าสู่วงจร PDCA เพื่อทบทวนและปรับปรุงมาตรการอย่างต่อเนื่อง [9] อย่างไรก็ตาม เนื่องจากผู้เข้าร่วม FGD เป็นผู้แทนจากหน่วยงานภายในองค์กรเดียวกันและใช้การอภิปรายร่วมกัน การแสดงความคิดเห็นอาจได้รับ

อิทธิพลจากบทบาทหน้าที่ และความสัมพันธ์เชิงองค์กรของผู้เข้าร่วม แม้ว่าการคัดเลือกแบบเจาะจงจะครอบคลุมผู้เกี่ยวข้องโดยตรงจากหลายฝ่ายและเปิดโอกาสให้แต่ละฝ่ายเสนอความคิดเห็นก่อนสรุปผลร่วมกันก็ตาม การประชุมไม่ได้ใช้การลงคะแนนแบบไม่เปิดเผยตัวตนหรือผู้ดำเนินรายการอิสระ จึงควรพิจารณาข้อจำกัดดังกล่าวในการตีความผล นอกจากนี้ การศึกษานี้เป็นกรณีศึกษาของผู้ประกอบการขนส่งแห่งเดียว การนำผลไปประยุกต์ใช้กับองค์กรอื่นควรพิจารณาความแตกต่างด้านขนาดองค์กร ประเภทสินค้า เส้นทาง และรูปแบบการดำเนินงาน และควรมีการทดลองนำแนวทางไปใช้จริงพร้อมติดตามผลระยะยาว เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงของตัวชี้วัดด้านความปลอดภัยก่อนและหลังการดำเนินการมาตรการ

## 5. สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้พบว่า ปัญหาด้านความปลอดภัยในการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกขององค์กรกรณีศึกษาเป็นปัญหาเชิงระบบ โดยมีแกนสำคัญคือช่องว่างระหว่างข้อกำหนดขององค์กรกับการนำไปปฏิบัติจริง การพึ่งพาการสื่อสารด้วยวาจาและการบริหารเชิงรับ ตลอดจนการขาดระบบข้อมูลและการติดตามผลที่เชื่อมโยงกัน ส่งผลให้การรับรู้ ความเข้าใจ และการปฏิบัติตามของบุคลากรไม่สอดคล้องกัน แนวทางที่พัฒนาขึ้นจึงมุ่งเปลี่ยนการจัดการจากการพึ่งพาบุคคลและการแก้ปัญหาหลังเกิดเหตุ ไปสู่ระบบเชิงป้องกันที่เชื่อมโยงนโยบาย บทบาทหน้าที่ SOP การควบคุมความเร็วและการเดินรถ การจัดการความพร้อมของพนักงาน การตรวจและบำรุงรักษารถเทคโนโลยีสนับสนุน ระบบข้อมูล และการติดตามผลเข้าด้วยกัน โดยบูรณาการกรอบภารกิจ 5 ด้านของ TSM ร่วมกับหลักลำดับชั้นการควบคุมอันตราย (Hierarchy of Controls) ผลการประชุมสนทนากลุ่มพบว่า ผู้เข้าร่วมเห็นว่าแนวทางดังกล่าวมีความถูกต้อง เหมาะสม มีความเป็นไปได้ในการนำไปปฏิบัติ และสอดคล้องกับบริบทขององค์กรกรณีศึกษา ทั้งนี้ ควรนำแนวทางไปดำเนินการเป็นลำดับตามความพร้อมขององค์กรและติดตามผลด้วยตัวชี้วัดด้านความปลอดภัยเพื่อการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้บริหาร บุคลากรจัดการด้านความปลอดภัยในการขนส่ง เจ้าหน้าที่ฝ่ายปฏิบัติการขนส่ง และพนักงานขับรถขององค์กรกรณีศึกษา ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลและการประชุมสนทนากลุ่ม รวมทั้งผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญที่ให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินการวิจัยและการพัฒนาแนวทางการแก้ไขและป้องกันอุบัติเหตุในการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุก

## 7. ความขัดแย้งทางผลประโยชน์

The authors declare that they have no conflict of interests.

## เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า. (2567). *พาณิชย์เผยดัชนีค่าบริการขนส่งสินค้าทางถนนปรับตัวเพิ่มขึ้น* แนวผู้ประกอบการปรับตัว. กระทรวงพาณิชย์. ค้นเมื่อ วันที่ 7 ตุลาคม 2568, <https://tpso.go.th/news/2407-0000000006>
- [2] กระทรวงคมนาคม. (2566). *รายงานการวิเคราะห์สถานการณ์อุบัติเหตุทางถนน พ.ศ. 2566*. สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, สำนักแผนความปลอดภัย. ค้นเมื่อวันที่ 7 ตุลาคม 2568, <https://www.otp.go.th/post/view/10457>
- [3] กรมการขนส่งทางบก. (2562). *ประกาศกรมการขนส่งทางบก เรื่อง การรับรองมาตรฐานคุณภาพบริการขนส่งด้วยรถบรรทุก พ.ศ. 2562*. ค้นเมื่อวันที่ 7 ตุลาคม 2568, <https://www.thaitruckcenter.com/qmark/DocView#>
- [4] สราธิตา โพธิ์สุสา. (2566). *การวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุปัญหาด้วย Why-Why Analysis และแนวทางลดขั้นตอนการให้บริการของศูนย์บริการผู้ป่วยผ่าตัดแบบครบวงจร*. สารนิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการธุรกิจและอุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.
- [5] Occupational Safety and Health Administration. (2023). *Identifying hazard control options: The hierarchy of controls*. U.S. Department of Labor [https://www.osha.gov/sites/default/files/Hierarchy\\_of\\_Controls\\_02.01.23\\_form\\_508\\_2.pdf](https://www.osha.gov/sites/default/files/Hierarchy_of_Controls_02.01.23_form_508_2.pdf)
- [6] กรมการขนส่งทางบก. (2565). *คู่มือบุคลากรจัดการด้านความปลอดภัยในการขนส่ง พ.ศ. 2565*. ค้นเมื่อ วันที่ 7 ตุลาคม 2568, <https://tsmthai.com>
- [7] International Civil Aviation Organization. (2018). *Safety management manual* (4th ed., Doc 9859). ICAO. <https://www.icao.int/safety-management/SMI/SMM>
- [8] Nævestad, T.-O., Blom, J., & Phillips, R. O. (2020). Safety culture, safety management and accident risk in trucking companies. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 73, 325–347. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2020.07.001>
- [9] International Organization for Standardization. (2012). *ISO 39001:2012 Road traffic safety (RTS) management systems: Requirements with guidance for use*. ISO. <https://www.iso.org/standard/44958.html>
- [10] Hia, C. V. M., Fathimah, H. S., Yulianda, N. R., & Hasibuan, A. (2025). Evaluation of K3 risk in land logistics transport operations: A study on transportation companies. *Journal of Advanced Multidisciplinary Studies*, 1(2), 116–122. <https://jurnal-jams.or.id/index.php/JAMS/article/view/20>
- [11] Ajslev, J. Z. N., Møller, J. L., Andersen, M. F., Pirzadeh, P., & Lingard, H. (2022). The hierarchy of controls as an approach to visualize the impact of occupational safety and health coordination. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(5), 2731. <https://doi.org/10.3390/ijerph19052731>

[ PS 10 ]

## A Glove Management System for Enhancing Workplace Safety, Reducing Waste, and Optimizing PPE Utilization

Korawan Yenarrom<sup>1</sup>, Prissana Daengkool<sup>1</sup>, Sara Arphorn<sup>1</sup>, Chatchai Thanachoksawang<sup>\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Occupational Health and Safety, Faculty of Public Health, Mahidol University

\*Corresponding Author E-mail: [chatchai.thn@mahidol.ac.th](mailto:chatchai.thn@mahidol.ac.th)

---

### Abstract

#### Background:

Protective gloves are essential personal protective equipment (PPE) for controlling occupational exposure to chemicals, cuts, abrasions, and thermal hazards. However, inappropriate glove selection, excessive issuance, improper storage, and unnecessary disposal may increase operating costs and generate avoidable material waste. A systematic glove management approach is therefore needed to promote appropriate glove utilization and improve resource efficiency.

#### Objective:

To develop and evaluate a systematic glove management system for reducing unnecessary glove consumption and purchasing costs while ensuring that gloves remained available according to work requirements.

#### Methods:

This quality improvement project was conducted at a manufacturing factory in Rayong Province, Thailand. Glove issuance data from three work areas were reviewed to identify the area with the highest glove utilization. Manual Packing recorded the highest glove issuance, with 350 pairs issued during the baseline assessment period, compared with 125 pairs in Workshop and 67 pairs in Process Common. Manual Packing, where employees performed manual packing tasks involving potential cut hazards and routinely used cut-resistant gloves, was therefore purposively selected as the pilot area. The project involved employees from one Manual Packing section who routinely used protective gloves.

Baseline observations were conducted to assess glove selection, issuance, utilization, storage, and disposal practices. The developed system comprised task- and hazard-based glove selection; an issuance limit of three pairs per employee, with documented justification for additional requests; visual communication boards; employee awareness training; reuse only when gloves remained suitable and uncontaminated; and routine supervisory monitoring. Glove issuance, estimated purchasing costs, storage practices, disposal practices, and workplace organization were assessed before and after implementation. Because only aggregate measurements from the pre- and post-implementation periods were available, the findings were analyzed descriptively using frequencies, percentages, cost estimates, and percentage changes. No inferential statistical testing was performed.

#### Results:

The project established a standardized glove management process covering glove selection, controlled issuance, approval of additional requests, safe reuse criteria, storage, disposal, and supervisory monitoring. Glove issuance in Manual Packing decreased from 350 pairs during the baseline assessment to 300 pairs after implementation, representing 50 fewer pairs issued and a 14.3% reduction. At a unit price of 9 THB per pair, the reduction was equivalent to approximately 450 THB per assessment period. If the observed reduction is maintained each week, the projected annual saving would be approximately 23,400 THB.

Post-implementation observations also indicated improvements in glove storage, workplace organization, and employee awareness of appropriate glove use. Gloves remained available for employees based on work requirements, and additional gloves could be requested with documented justification. However, occupational injury outcomes and quantitative PPE compliance were not evaluated. The reduction in glove issuance should therefore be interpreted as improved resource utilization rather than evidence of improved workplace safety. Moreover, actual glove waste was not weighed; consequently, the reduction in issued pairs represents a potential reduction in material entering the waste stream rather than a directly measured reduction in waste.

#### Conclusion:

The systematic glove management system reduced glove issuance and estimated purchasing costs while establishing standardized procedures for glove selection, distribution, reuse, storage, disposal, and monitoring. The findings demonstrate the potential value of a simple administrative approach for improving PPE resource management. However, the project was conducted in a single pilot area, used only aggregate pre- and post-implementation data, and did not directly measure glove waste, PPE compliance, or occupational injuries. Future studies should include repeated measurements over longer periods, comparison areas, quantitative waste assessment, worker safety indicators, and life-cycle or carbon-footprint analyses. The applicability of this approach to other departments and types of PPE should also be evaluated.

#### Keywords:

Glove Management; Cost Reduction; Waste Reduction; Personal Protective Equipment (PPE)

---

[ PS 11 ]

## Development and Implementation of a Smart Work Permit System and Centralized Database for Construction Safety Management

Patcharida Saengdang<sup>1\*</sup>, Kallaya Harnpicharnchai<sup>1</sup>, Wannaphapron Phancharoen<sup>1</sup> and Teerapat Thong-in<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Occupational Health and Safety Program, Faculty of Public Health, Mahasarakham University, Thailand

\*Corresponding Author E-mail: [patcharida.s@msu.ac.th](mailto:patcharida.s@msu.ac.th)

---

### Abstract

Construction activities involve multiple high-risk operations, including work at height, electrical tasks, and confined space entry, which are associated with substantial occupational hazards. The Permit-to-Work (PTW) system is an important administrative control for managing these activities; however, traditional paper-based processes may result in incomplete documentation, limited traceability, document loss, and delays in information retrieval and approval. This study aimed to develop and implement a Smart Work Permit (SWP) system integrated with a centralized database to improve work permit management, data traceability, and construction safety management. A research and development (R&D) approach was applied, comprising workflow analysis and problem identification, user requirement assessment, system development, and pilot implementation at a construction project in Thailand. The SWP system was developed using Google Sheets and Google Apps Script as the database and backend infrastructure, with HTML, CSS, and JavaScript supporting the web-based user interface and system functions. The system was evaluated by six safety officers ( $n = 6$ ) from three contractor companies responsible for electrical, plumbing, and air-conditioning works. Perceived system efficiency and user satisfaction were assessed using structured questionnaires with a 5-point Likert scale and analyzed using descriptive statistics. The SWP system received a high overall perceived system efficiency rating (mean  $\pm$  SD =  $4.47 \pm 0.63$ ) and very high user satisfaction (mean  $\pm$  SD =  $4.66 \pm 0.49$ ). Convenient access to historical records received the highest efficiency rating (mean = 4.83), while reduction in approval-process complexity and perceived reduction in data-entry errors compared with paper-based documentation were both rated highly (mean = 4.50). Users also reported very high satisfaction with reduced reliance on paper-based documentation (mean = 4.83) and intention to use the system in future projects (mean = 4.83). The centralized digital workflow supported permit status tracking and retrieval of historical records, facilitating the traceability and accessibility of permit information. The Smart Work Permit system showed practical feasibility and high user acceptance as a digital solution for construction safety management by integrating permit submission, approval, centralized data storage, status monitoring, and traceability within a single web-based platform. The findings support its potential to strengthen documentation control and information accessibility while reducing reliance on paper-based processes. Further evaluation with larger and more diverse user groups and objective performance indicators is required to determine its effectiveness in improving permit-processing efficiency and safety outcomes.

### Keywords:

Smart Work Permit; Construction Safety; Digital Safety Management

---

[ PS 12 ]

## **The Effects of Physical Activity on Reducing Work – Related Fatigue among Employees: A Case Study of a Company**

**Natchada Phimphapaon<sup>1</sup>, Chaiyanet Thapinna<sup>1</sup>, Praphatsorn Boonsadao<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Industrial Management Program, Faculty of Science and Technology, Bangkok Suvarnabhumi University; natchada.p@bsu.ac.th

\*Corresponding Author E-mail: natchada.p@bsu.ac.th

Tel.: 0950469333

---

### **Abstract**

This study aimed to examine the level of work-related fatigue among employees and to compare fatigue levels before and after participating in physical exercise activities. The sample consisted of 40 employees from a case-study company located in Chachoengsao Province, selected through purposive sampling. The research instruments included a work-related fatigue assessment form covering six body regions: neck, trunk, legs, upper arms, lower arms, and wrists, together with a set of physical exercise activities. The statistical methods used for data analysis included percentage, mean, and paired-samples t-test. The findings revealed that, among the 40 participants, fatigue levels in all six body regions decreased after participating in the physical exercise activities. The reduction in fatigue scores, ranked from the greatest to the least decrease, was as follows: trunk, with a reduction of 125 points; wrists, with a reduction of 113 points; neck, with a reduction of 111 points; upper arms, with a reduction of 62 points; legs, with a reduction of 54 points; and lower arms, with a reduction of 21 points. The hypothesis testing results indicated that the fatigue levels of the participants in all six body regions—trunk, wrists, neck, lower arms, upper arms, and legs—were significantly different before and after participating in the physical exercise activities at the  $p < .001$  level of statistical significance.

### **Keywords:**

physical exercise activities; fatigue; employees

---

# Accumulation of Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) in Classrooms and Its Effects on Learning Performance among Third-Year Occupational Health and Safety Students

Kanwara Jaree<sup>1</sup>, Kingkan Chusree<sup>1</sup>, Jinjutha Raman<sup>1</sup>, Muhammadsaidee Panphuech<sup>1</sup>, Ploypailin Thongprasert<sup>1</sup>, Kantima Ladondul<sup>1</sup>, Nutjaree Saejiw<sup>1</sup>, Katesiri Samaphong<sup>1</sup> and Nutthajit Onmek<sup>1\*</sup>

Faculty of Science and Industrial Technology, Prince of Songkla University, Surat Thani Campus

\*Corresponding Author E-mail: nutthajit.o@psu.ac.th; Tel.: 077-278-801

## Abstract

Indoor air quality (IAQ) is a critical factor influencing human health, well-being, and occupational or academic performance. This study aimed to (1) examine the relationship between the number of students and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) concentrations, (2) investigate the accumulation of CO<sub>2</sub> in classrooms, and (3) assess the effects of elevated CO<sub>2</sub> levels on students' learning performance. The study was conducted among 80 third-year Occupational Health and Safety students selected by simple random sampling from a total population of 99 students during the second semester of the 2025 academic year. Data were collected using a CO<sub>2</sub> meter and a structured questionnaire regarding symptoms and their effects on concentration during class. Descriptive statistics, including mean, minimum, maximum, standard deviation, and percentage, were used for data analysis. The results indicated that classroom CO<sub>2</sub> concentrations progressively increased from pre-class to during-class and post-class periods. In some classrooms, CO<sub>2</sub> levels reached 2,000–4,000 ppm, exceeding the recommended IAQ guideline value of 1,000 ppm. Furthermore, students reported that classroom air quality had a substantial effect on their concentration (mean score = 4.51), while studying in poorly ventilated classrooms significantly reduced concentration levels (mean score = 4.16). Commonly reported symptoms included drowsiness, fatigue, and headaches. In conclusion, the accumulation of CO<sub>2</sub> resulting from inadequate ventilation and high occupant density may adversely affect indoor air quality and students' learning performance. Therefore, improvements in classroom ventilation systems and regular monitoring of CO<sub>2</sub> concentrations are strongly recommended.

## Keywords:

carbon dioxide, indoor air quality, classroom, concentration, ventilation

## 1. Introduction

Indoor air quality (IAQ) is a critical factor influencing human health, well-being, and work or learning performance. In daily life, individuals spend a considerable amount of time indoors, whether in educational buildings, offices, or other workplaces. When ventilation is inadequate, indoor air pollutants may accumulate and adversely affect occupants' health in both the short and long term, while also reducing the efficiency of activities performed indoors [1].

Indoor air pollution can originate from multiple sources, including human respiration, building materials, equipment use, and insufficient ventilation. One of the most important indicators of IAQ is the concentration of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), a gas generated through human respiration and commonly used as a proxy measure of ventilation effectiveness within buildings [2]. In areas with high occupant density or a large number of users, combined with insufficient ventilation, indoor CO<sub>2</sub> concentrations tend to increase over time [3]. Several organizations, including the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), recommend that indoor CO<sub>2</sub> concentrations should not exceed 1,000 parts per million (ppm) [4], as higher levels may indicate inadequate ventilation and may negatively affect cognitive performance, concentration, and decision-making ability [5].

Numerous studies have reported that elevated indoor CO<sub>2</sub> concentrations are associated with declines in cognitive performance [6, 7]. The research found that increased CO<sub>2</sub> levels could impair analytical thinking, problem-solving ability, and decision-making performance [8]. The higher CO<sub>2</sub> concentrations were associated with reduced cognitive function. In addition, poor indoor air conditions may contribute to symptoms such as drowsiness, fatigue, and headaches [9].

Within educational settings, classrooms are particularly vulnerable to CO<sub>2</sub> accumulation because many students occupy enclosed spaces for prolonged periods. This issue is especially pronounced in classrooms with limited or ineffective ventilation systems, where CO<sub>2</sub> concentrations may continuously rise during teaching sessions [10]. Elevated CO<sub>2</sub> levels may subsequently impair students' concentration, alertness, and learning performance [6]. Preliminary observations among third-year Occupational Health and Safety students indicated that some classrooms accommodated approximately 50 students per room and had limited ventilation, with several students reporting drowsiness, fatigue, and reduced concentration during class, potentially due to CO<sub>2</sub> accumulation.

Therefore, investigating the accumulation of carbon dioxide in classrooms, together with its effects on students' concentration and learning performance, is of considerable importance. The findings may provide valuable evidence for improving classroom ventilation systems and developing healthier, safer, and more supportive learning environments for students in the long term.

## 2. Materials and Methods

### 2.1 Population and Sample

The population in this study consisted of third-year Occupational Health and Safety students at Prince of Songkla University who were enrolled during the semester in which the research was conducted and attended classes in the classrooms selected as the study area. The total population comprised 99 students.

The sample group was selected using simple random sampling to ensure that all students in the population had an equal opportunity to participate. Eligible participants were required to attend classes during the periods in which indoor air quality measurements

were conducted. The sample size was determined using the formula proposed by Krejcie and Morgan at a 95% confidence level. Based on a population of 99 students, the required sample size was calculated to be 80 participants.

## 2.2 Data Collection Procedures

The data collection procedures were conducted systematically as follows:

### 2.2.1 Preparation of the Study Area

The classrooms selected as the study area were coordinated with relevant instructors and academic staff prior to data collection. Preliminary inspections were conducted to assess classroom characteristics, including room size, seating arrangement, number of doors and windows, air-conditioning systems, and general ventilation conditions.

### 2.2.2 Preparation of Instruments

A calibrated portable carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) meter was prepared prior to each measurement session to ensure accuracy and reliability. The questionnaire was also reviewed for completeness and suitability before distribution to participants.

### 2.2.3 Measurement of Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) Concentrations

CO<sub>2</sub> concentrations were measured during actual teaching sessions under normal classroom operating conditions. Measurements were conducted at three representative locations within each classroom:

- Front of the classroom
- Center of the classroom
- Rear of the classroom

The instrument was positioned at breathing-zone height (approximately 1.0–1.5 meters above floor level) and placed away from direct airflow sources such as air-conditioner vents, windows, or doors.

### 2.2.4 Measurement Periods

CO<sub>2</sub> concentrations were recorded during three specific periods:

- Before class: prior to student occupancy or at the beginning of room use
- During class: while teaching and learning activities were in progress
- After class: immediately after the class session ended

Repeated measurements were taken at each point and the average value was recorded.

### 2.2.5 Recording Environmental Conditions

At the same time as CO<sub>2</sub> monitoring, relevant environmental and occupancy data were documented, including Number of students present, Duration of the class session, Classroom occupancy density, Use of air-conditioning systems, Door and window status (open/closed), General ventilation characteristics

### 2.2.6 Questionnaire Distribution

After completion of the classroom session, questionnaires were distributed to the selected participants. Students completed the questionnaires independently. The questionnaire focused on perceptions of classroom air quality, concentration during learning, and symptoms related to poor ventilation, such as drowsiness, fatigue, headache, and reduced attention.

## 3. Results

### 3.1 CO<sub>2</sub> Concentration Patterns

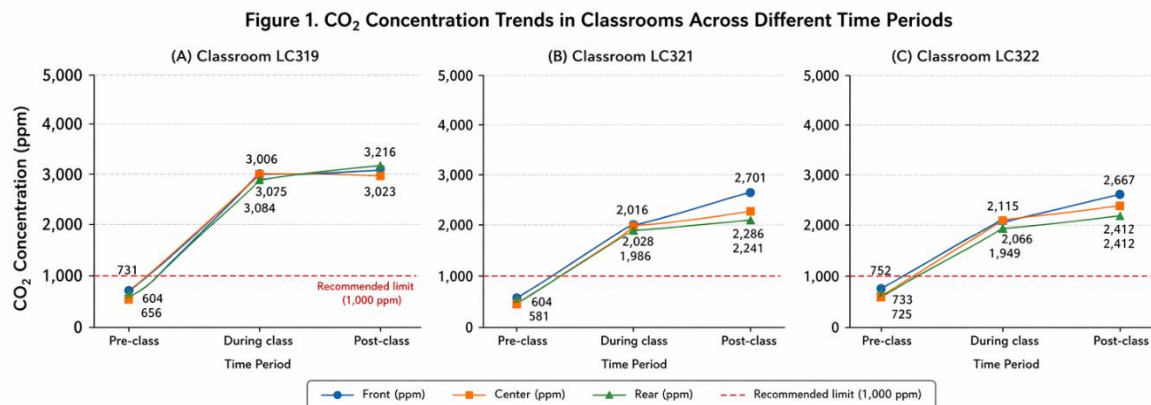


**Figure 1.** CO<sub>2</sub> Concentration Trends in Classroom across Different time Periods.

Figure 1. The results demonstrated a clear temporal pattern of increasing carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) concentrations across all classrooms. Pre-class CO<sub>2</sub> levels were generally within acceptable limits, ranging from approximately 500 to 700 ppm, which is consistent with normal indoor background concentrations under low occupancy conditions. However, CO<sub>2</sub> concentrations increased substantially during class sessions, frequently exceeding 2,000 ppm in several classrooms.

In some cases, particularly in Classroom LC319, peak CO<sub>2</sub> concentrations reached approximately 3,000–4,000 ppm during occupancy and remained elevated even after the class session had ended. This persistence suggests that the indoor air was not sufficiently refreshed following occupancy, indicating delayed pollutant removal and inadequate post-occupancy ventilation recovery.

The observed trend can be explained by the imbalance between occupant-generated CO<sub>2</sub> emissions and the available ventilation rate. As the number of students increased within an enclosed space, CO<sub>2</sub> accumulated progressively when fresh air exchange was insufficient to dilute indoor contaminants. This finding indicates poor ventilation efficiency and inadequate air exchange rates relative to classroom occupancy load.

From an indoor environmental quality perspective, prolonged exposure to such elevated CO<sub>2</sub> concentrations may contribute to discomfort, drowsiness, reduced concentration, and lower cognitive performance among students. Therefore, the results highlight the importance of improving classroom ventilation systems, especially in densely occupied learning environments.

Figure 2. The heatmap illustrates the spatial and temporal distribution of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) concentrations in three classrooms (LC202, LC204, and LC319) measured at the front, middle, and back positions during three time periods: before class, during class, and after class. Overall, CO<sub>2</sub> concentrations were lowest before class in all classrooms, ranging from approximately 530 to 680 ppm, which indicates acceptable indoor air quality under unoccupied or low-occupancy conditions. However, CO<sub>2</sub> levels increased substantially during class sessions, particularly in the middle and back areas of the classrooms, reflecting the effect of student occupancy and limited fresh air exchange.

Among the classrooms, LC319 exhibited the highest CO<sub>2</sub> concentrations, reaching 4,000 ppm at the back of the room during class. This value greatly exceeded the ASHRAE recommended guideline of 1,000 ppm, suggesting inadequate ventilation and a high risk of discomfort and reduced cognitive performance.

After class, CO<sub>2</sub> concentrations declined in all classrooms but remained elevated above recommended levels in several locations, especially in LC319. This finding indicates that ventilation rates were insufficient to rapidly remove accumulated indoor pollutants after occupancy ended. Spatially, the back and middle areas of classrooms consistently showed higher CO<sub>2</sub> levels than the front area, possibly due to weaker airflow circulation and the greater distance from doors, windows, or ventilation sources. These findings demonstrate that classroom occupancy density and insufficient ventilation significantly contribute to CO<sub>2</sub> accumulation, which may adversely affect students' comfort, concentration, and learning performance.

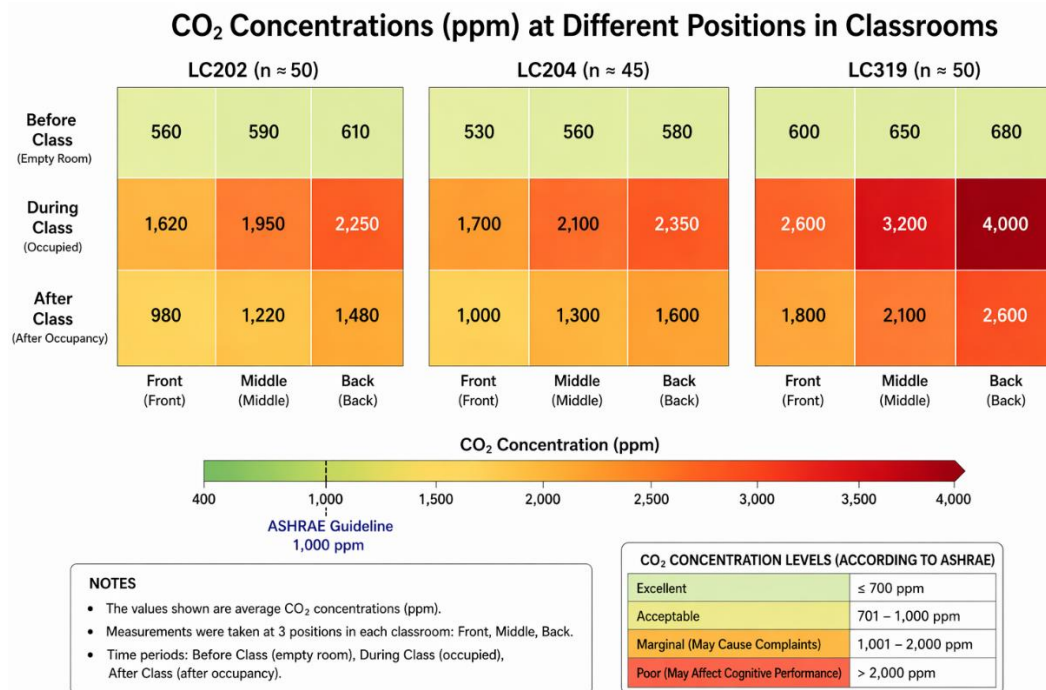


**Figure 2.** CO<sub>2</sub> Concentrations at Different positions in Classroom

### 3.2 Impact on Learning Performance

**Table 1.** Students' Perceptions of CO<sub>2</sub> Knowledge, Health Effects, and Learning Performance (n = 80)

| No. | Variable                                                            | n  | Mean | SD   | Interpretation |
|-----|---------------------------------------------------------------------|----|------|------|----------------|
| 1   | Knowledge regarding CO <sub>2</sub> in classrooms                   | 80 | 2.15 | 0.45 | Low            |
| 2   | High CO <sub>2</sub> concentration in classrooms affects health     | 80 | 3.49 | 0.60 | Moderate       |
| 3   | Symptoms experienced during prolonged classroom sessions            | 80 | 3.56 | 1.88 | High           |
| 4   | Classroom air quality affects concentration during learning         | 80 | 4.51 | 0.64 | Very High      |
| 5   | Reduced concentration when studying in poorly ventilated classrooms | 80 | 4.16 | 0.83 | High           |
| 6   | Time required for symptoms to improve after leaving the classroom   | 80 | 1.80 | 0.64 | Low            |

Table 1. The findings indicate that students had a relatively low level of knowledge regarding CO<sub>2</sub> in classrooms (mean = 2.15). However, they moderately agreed that high CO<sub>2</sub> concentrations may affect health (mean = 3.49). Symptoms experienced during prolonged classroom sessions were reported at a high level (mean = 3.56). The highest-rated factor was the effect of classroom air quality on concentration during learning (mean = 4.51), followed by reduced concentration in poorly ventilated classrooms (mean = 4.16). These results suggest that students clearly perceived the influence of indoor air quality on their academic performance. In contrast, the time required for symptoms to improve after leaving the classroom was rated low (mean = 1.80), indicating that symptoms may have subsided relatively quickly after exposure ended.

#### 4. Discussion

The findings of this study demonstrated that carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) concentrations in classrooms increased markedly during teaching sessions and, in several cases, exceeded the commonly recommended indoor air quality guideline of 1,000 ppm. Peak concentrations of approximately 2,000–4,000 ppm was observed, particularly in classrooms with high occupancy density and limited ventilation. These results suggest that the existing ventilation conditions were insufficient to adequately dilute occupant-generated CO<sub>2</sub> during class periods. Similar patterns have been reported in previous studies [11], which identified classroom occupancy and inadequate air exchange as major contributors to elevated indoor CO<sub>2</sub> concentrations.

The persistence of high CO<sub>2</sub> levels after class in some rooms further indicates poor air recovery and limited post-occupancy ventilation. This finding is important because it reflects not only temporary overcrowding, but also a broader deficiency in classroom ventilation performance. In practical terms, classrooms with slow air turnover may remain suboptimal for subsequent users unless adequate ventilation is provided between sessions [12].

In terms of student perceptions, participants reported that classroom air quality had a strong effect on concentration, with the highest mean score recorded for the impact of air quality on learning focus. Reduced concentration in poorly ventilated classrooms was also rated highly. These findings are consistent with previous research showing that elevated CO<sub>2</sub> concentrations and inadequate ventilation may impair attention, working memory, and decision-making ability [7]. Although CO<sub>2</sub> itself may also function as an indicator of insufficient fresh air supply rather than the sole causal agent, its accumulation is strongly associated with conditions that reduce cognitive performance.

Students also reported symptoms such as drowsiness, fatigue, and headaches during prolonged classroom sessions. These symptoms are commonly associated with poorly ventilated indoor environments and may interfere with classroom engagement, alertness, and academic productivity [13]. The combination of reduced concentration and physical discomfort suggests that poor indoor environmental conditions may adversely affect both well-being and learning efficiency.

Interestingly, while students demonstrated relatively low knowledge regarding CO<sub>2</sub> in classrooms, they were still able to recognize its practical effects on health and concentration. This may indicate that students experience the consequences of poor air quality directly, even without formal awareness of IAQ indicators or ventilation concepts. Therefore, educational interventions related to indoor environmental health may help improve awareness and encourage behaviors that support healthier classroom conditions.

Overall, the findings highlight the importance of effective ventilation management in educational buildings. Strategies such as increasing outdoor air supply, maintaining HVAC systems, opening doors or windows during breaks, and adjusting classroom occupancy relative to room capacity may help reduce CO<sub>2</sub> accumulation and improve learning conditions. Continuous monitoring of indoor air quality should also be considered as part of routine environmental management in universities.

#### 5. Conclusion

This study found that carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) concentrations in classrooms increased substantially during teaching sessions, with several measurements exceeding the recommended indoor air quality guideline of 1,000 ppm. The highest levels were observed in classrooms with high occupancy density and limited ventilation, indicating insufficient air exchange under normal teaching conditions. Students also reported that classroom air quality had a significant impact on concentration and learning performance. Common symptoms such as drowsiness, fatigue, and headaches were frequently reported, suggesting that poor ventilation may adversely affect both comfort and cognitive function during class.

Overall, the findings emphasize that inadequate ventilation and CO<sub>2</sub> accumulation may compromise the quality of the learning environment. Improving classroom ventilation systems, managing occupancy levels, and implementing regular indoor air quality monitoring are essential measures to promote student well-being and support effective learning outcomes.

#### 6. Acknowledgments

The authors would like to express their sincere gratitude to Prince of Songkla University, Surat Thani Campus, for its support and facilitation of this study. The authors also extend their appreciation to all participants for their valuable cooperation and contribution to the research.

#### 7. Declaration of Interest Statement

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

#### References

1. Mendell, M. J., Chen, W., Ranasinghe, D. R., Castorina, R., & Kumagai, K. (2024). Carbon dioxide guidelines for indoor air quality: a review. *Journal of exposure science & environmental epidemiology*, 34(4), 555–569.
2. Poirier, B., Guyot, G., Woloszyn, M., Geoffroy, H., Ondarts, M., & Gonze, E. (2021). Development of an assessment methodology for IAQ ventilation performance in residential buildings: An investigation of relevant performance indicators. *Journal of Building Engineering*, 43, 103140.
3. Liang, X., Shim, J., Anderton, O., & Song, D. (2024). Low-cost data-driven estimation of indoor occupancy based on carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) concentration: A multi-scenario case study. *Journal of Building Engineering*, 82, 108180.
4. Vaughn, M. (2018). ASHRAE Research Report: 2017-2018. *ASHRAE Journal*, 60(10), 73–84.
5. Asif, A., Zeeshan, M., & Jahanzaib, M. (2018). Indoor temperature, relative humidity and CO<sub>2</sub> levels assessment in academic buildings with different heating, ventilation and air-conditioning systems. *Building and Environment*, 133, 83–90.
6. Snow, S., Boyson, A. S., Paas, K. H., Gough, H., King, M.-F., Barlow, J., & Noakes, C. J. (2019). Exploring the physiological, neurophysiological and cognitive performance effects of elevated carbon dioxide concentrations indoors. *Building and Environment*, 156, 243–252.

7. Du, B., Tandoc, M. C., Mack, M. L., & Siegel, J. A. (2020). Indoor CO<sub>2</sub> concentrations and cognitive function: A critical review. *Indoor air*, 30(6), 1067-1082.
8. Scully, R. R., Basner, M., Nasrini, J., Lam, C.-w., Hermosillo, E., Gur, R. C., Moore, T., Alexander, D. J., Satish, U., & Ryder, V. E. (2019). Effects of acute exposures to carbon dioxide on decision making and cognition in astronaut-like subjects. *npj Microgravity*, 5(1), 17.
9. Yang, Q., Wang, J., & Norbäck, D. (2021). The home environment in a nationwide sample of multi-family buildings in Sweden: associations with ocular, nasal, throat and dermal symptoms, headache, and fatigue among adults. *Indoor air*, 31(5), 1402-1416.
10. Zivelonghi, A., & Lai, M. (2021). Mitigating aerosol infection risk in school buildings: the role of natural ventilation, volume, occupancy and CO<sub>2</sub> monitoring. *Building and Environment*, 204, 108139.
11. Zhang, Y., Guo, Z., Zhuo, L., An, N., & Han, Y. (2023). Ventilation strategies for highly Occupied public environments: a review. *Buildings*, 13(7), 1642.
12. Johnson, D. L., Lynch, R. A., Floyd, E. L., Wang, J., & Bartels, J. N. (2018). Indoor air quality in classrooms: Environmental measures and effective ventilation rate modeling in urban elementary schools. *Building and Environment*, 136, 185-197.
13. Kapoor, N. R., Kumar, A., Meena, C. S., Kumar, A., Alam, T., Balam, N. B., & Ghosh, A. (2021). A systematic review on indoor environmental quality in naturally ventilated school classrooms: A way forward. *Advances in Civil Engineering*, 2021(1), 8851685.

[ PS14 ]

## Smartphone Usage Behavior and Digital eye strain among University Students: A Cross-Sectional Study

Thanphitcha Maksuk<sup>1</sup>, Siriwan Rongmueang<sup>1</sup>, Pannawat Thueaksuban<sup>1</sup>, Kantima Ladondou<sup>1</sup>, Nutjaree Saejiw<sup>1</sup>, Katesiri Samaphong<sup>1</sup> and Nutthajit Onmek<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Science and Industrial Technology, Prince of Songkla University, Surat Thani Campus

\*Corresponding Author E-mail: nutthajit.o@psu.ac.th; Tel.: 077-278-801

### Abstract

The rapid advancement of digital technology has made smartphones essential for university students, but prolonged screen exposure may negatively impact eye health. This study aimed to examine smartphone usage behavior and its association with eye health among undergraduate students. A cross-sectional study was conducted among 99 students. Data were collected using a structured questionnaire covering demographic characteristics, smartphone usage patterns, and eye-related symptoms, along with visual acuity assessment using a Snellen chart. The findings revealed that prolonged smartphone use was highly prevalent, with 68.7% of participants reporting usage exceeding 7 hours per day. Eye-related symptoms were commonly reported at a moderate level, with eye strain being the most prominent (mean = 2.61, SD = 0.68). In addition, 85.9% of students were found to have visual impairment. A statistically significant association was identified between smartphone usage duration and the severity of eye strain ( $p = 0.028$ ). These findings suggest that excessive smartphone use may contribute to increased visual discomfort among students. Targeted interventions, including promoting appropriate screen use behaviors and enhancing digital health awareness, are recommended to reduce the risk of eye-related problems.

### Keywords:

Smartphone Usage; Digital eye strain; University Students

### 1. Introduction

The rapid advancement of digital technology has profoundly transformed modern lifestyles, particularly among university students, who increasingly rely on digital devices in both academic and personal contexts [1]. Smartphones have become indispensable tools for a wide range of activities, including accessing learning materials, participating in online classes, communicating through various platforms, and engaging in entertainment [2, 3]. This widespread and continuous use has led to a substantial increase in daily screen time among this population [4]. However, prolonged and uninterrupted exposure to digital screens has raised growing concerns regarding its potential adverse effects on health [5]. The particular importance is the impact on eye health, as extended screen use has been associated with a range of visual and ocular symptoms, including eye strain, dryness, blurred vision, and visual fatigue [6]. These issues not only affect students' well-being but may also influence their academic performance and overall quality of life.

Digital eye strain (DES), also referred to as screen vision syndrome, encompasses a range of ocular and visual symptoms that arise from prolonged exposure to digital screens and sustained near-vision tasks [7]. The condition is multifactorial in nature, involving both visual demands and environmental factors, such as screen brightness, viewing distance, and reduced blinking rate during device use [8]. Commonly reported symptoms include eye fatigue, dryness, irritation, blurred vision, and headaches, which may vary in severity depending on the duration and pattern of device usage [5]. In addition to these immediate symptoms, prolonged exposure may also contribute to cumulative visual discomfort and reduced visual efficiency over time. Previous studies have demonstrated that DES is highly prevalent among student populations, with reported rates ranging from 50% to 90% [9]. This high prevalence reflects the increasing reliance on digital devices for both academic and non-academic purposes, highlighting DES as an emerging public health concern in this group.

Several factors have been identified as contributing to the development of digital eye strain (DES), encompassing both behavioral and environmental determinants. Key factors include prolonged duration of screen exposure, suboptimal viewing distance, inadequate lighting conditions, and user-related behaviors such as reduced blinking frequency and insufficient rest breaks during continuous device use [10]. These factors collectively increase visual demand and place sustained stress on the accommodative and ocular surface systems, thereby exacerbating visual discomfort. In addition, the growing reliance on smartphones for online learning and academic engagement has further intensified daily screen exposure among students [11]. The transition toward digital and hybrid learning environments has led to extended periods of near work, often without appropriate ergonomic adjustments. Consequently, students are at an increased risk of experiencing DES, underscoring the need for greater awareness of healthy device-use practices and preventive strategies.

Despite the growing body of evidence on digital eye strain (DES), relatively studies have specifically focused on university students, a group that is generally expected to possess a higher level of awareness regarding health risks and preventive practices. This gap in the literature is particularly noteworthy, as their knowledge and training may influence both their exposure behaviors and their ability to mitigate associated health effects. Therefore, this study aims to examine smartphone usage behavior and its impact on eye health among university students in this academic discipline. By identifying patterns of device use and associated ocular symptoms, the findings are expected to contribute to a better understanding of risk factors and support the development of targeted preventive strategies and health promotion interventions within the student population.

### 2. Materials and Methods

#### 2.1 Study Design and Participants

A cross-sectional descriptive study was conducted among undergraduate students. The study population consisted of students who were actively attending courses during the data collection period. A total of 99 participants were recruited using purposive sampling, based on their availability and willingness to participate in the study.

This study design was selected to provide a smartphone usage behaviors and associated eye health outcomes within the target population at a specific point in time. The use of purposive sampling allowed for the inclusion of participants who met the predefined study criteria, ensuring the relevance of the collected data to the research objectives.

## 2.2 Data Collection

Data were collected using a structured questionnaire and visual acuity assessment. The questionnaire was designed based on a review of relevant literature and consisted of three main sections: (1) demographic characteristics, including gender; (2) smartphone usage behavior, such as average daily duration of use; and (3) eye-related symptoms, assessed using a Likert scale ranging from 1 (none) to 5 (severe).

Participants were asked to complete the questionnaire independently under the supervision of the researcher to ensure completeness and accuracy of responses. In addition to the self-reported data, visual acuity was assessed using a standard Snellen chart under controlled environmental conditions, including appropriate lighting and standardized viewing distance.

Data collection was carried out during scheduled class sessions to ensure a high response rate and consistency in the administration process.

## 2.3 Validity

The questionnaire was developed based on previously published studies and relevant theoretical frameworks related to digital eye strain and smartphone usage. Content validity was evaluated by a panel of experts in occupational health and safety, who reviewed the instrument for clarity, relevance, and appropriateness of each item.

## 2.4 Data Analysis

Descriptive statistics were employed to summarize the characteristics of the study population and key variables. Frequency and percentage were used to describe categorical variables, while mean and standard deviation (SD) were calculated for continuous variables, particularly eye-related symptom scores.

Inferential statistical analysis was conducted to examine the association between smartphone usage duration and the presence of eye strain symptoms. The chi-square ( $\chi^2$ ) test was applied to assess differences between categorical variables. Prior to analysis, data were checked for completeness and consistency.

## 3. Results

The demographic characteristics of the participants showed that the majority were female, accounting for 85 individuals (85.9%), while male participants comprised 14 individuals (14.1%). This distribution indicates a predominance of female students in the study population, which should be considered when interpreting the findings, particularly in relation to potential gender-related differences in smartphone usage and eye health outcomes.

### 3.1 Smartphone Usage Behavior

**Table 1. Daily Smartphone Usage Duration**

| Duration  | Eye strain (n) | %     | No symptom (n) | %     |
|-----------|----------------|-------|----------------|-------|
| < 4 hours | 8              | 8.08  | 10             | 10.10 |
| 4–7 hours | 20             | 20.20 | 12             | 12.12 |
| > 7 hours | 38             | 38.38 | 11             | 11.11 |

Table 1. The distribution of eye strain symptoms according to smartphone usage duration revealed a clear increasing trend with longer exposure time. Among students who used smartphones for less than 4 hours per day, 8 participants (8.08%) reported experiencing eye strain, while 10 participants (10.10%) reported no symptoms.

In the group using smartphones for 4–7 hours per day, the number of students reporting eye strain increased to 20 (20.20%), compared to 12 (12.12%) who reported no symptoms. Notably, among those using smartphones for more than 7 hours per day, the highest proportion of eye strain was observed, with 38 participants (38.38%) reporting symptoms, whereas only 11 participants (11.11%) reported no symptoms.

Overall, these findings indicate that the prevalence of eye strain tends to increase with longer smartphone usage duration, suggesting a potential association between prolonged screen exposure and the occurrence of eye-related symptoms.

### 3.2 Eye-Related Symptoms

**Table 2. Eye Symptoms**

| Symptom        | Mean | SD   | Level    |
|----------------|------|------|----------|
| Eye strain     | 2.61 | 0.68 | Moderate |
| Eye dryness    | 2.48 | 0.64 | Moderate |
| Blurred vision | 2.32 | 0.59 | Moderate |
| Headache       | 2.27 | 0.62 | Moderate |

Table 2. The result of eye-related symptoms indicated that all reported symptoms were at a moderate level. Among the symptoms assessed, eye strain had the highest mean score (mean = 2.61, SD = 0.68), followed by eye dryness (mean = 2.48, SD = 0.64), blurred vision (mean = 2.32, SD = 0.59), and headache (mean = 2.27, SD = 0.62). These findings suggest that participants commonly experienced multiple visual discomfort symptoms, with eye strain being the most prominent. The relatively consistent standard deviation values across symptoms indicate a similar level of variability in responses among participants.

### 3.3 Visual Acuity

**Table 3. Visual Acuity Results**

| Category            | n  | %    |
|---------------------|----|------|
| Normal              | 14 | 14.1 |
| Moderate impairment | 69 | 69.7 |
| Severe impairment   | 16 | 16.2 |

Table 3. The results of visual acuity assessment revealed that most participants had impaired vision. Specifically, 69 students (69.7%) were classified as having moderate visual impairment, while 16 students (16.2%) exhibited severe impairment. In contrast, only 14 students (14.1%) were found to have normal visual acuity. These findings indicate a high prevalence of visual impairment among the study population, with most students experiencing at least a moderate level of visual dysfunction.

### 3.5 Association between Smartphone Use and Eye Strain

**Table 5. Association between Smartphone Use and Eye Strain**

| Usage Duration | Low | Moderate-High | p-value |
|----------------|-----|---------------|---------|
| ≤ 7 hours      | 18  | 13            | 0.028   |
| > 7 hours      | 10  | 58            |         |

The association between smartphone usage duration and the level of eye strain was examined using the chi-square test. The results demonstrated a statistically significant relationship between the two variables ( $p = 0.028$ ). Among participants who used smartphones for  $\leq 7$  hours per day, 18 individuals reported low levels of eye strain, while 13 reported moderate to high levels. In contrast, among those using smartphones for more than 7 hours per day, only 10 participants reported low levels of eye strain, whereas a substantially higher number (58 participants) experienced moderate to high levels.

These findings suggest that prolonged smartphone use is significantly associated with increased severity of eye strain, indicating that students with longer daily exposure are more likely to experience greater visual discomfort.

## 4. Discussion

The findings of this study indicate a high prevalence of prolonged smartphone use among university students, with the majority of participants reporting daily usage exceeding 7 hours. This pattern is consistent with previous studies, which have documented a substantial increase in screen time among students, particularly in the context of digital learning environments [12].

In terms of ocular symptoms, the present study found that eye strain was the most prominent symptom, followed by eye dryness, blurred vision, and headache, all at a moderate level. These findings are in line with those reported by Sheppard and Wolffsohn (2018), who identified eye strain and dryness as the most commonly reported symptoms of digital eye strain (DES) [13]. Similarly, Dyrek M., et al. (2024) highlighted that prolonged near work and reduced blinking during screen use contribute significantly to visual discomfort and ocular surface instability [14].

The prevalence of visual impairment observed in this study was notably high, with more than 80% of participants exhibiting moderate to severe impairment. This finding appears to be higher than that some studies that found a lower prevalence of visual disturbances among students [15, 16]. One possible explanation for this discrepancy is the increased reliance on smartphones in recent years, particularly following the shift toward online and hybrid learning modalities, which may have led to longer exposure durations and greater visual demand.

Importantly, the results demonstrated a statistically significant association between smartphone usage duration and the severity of eye strain ( $p = 0.028$ ). This finding is consistent with previous research indicating that longer screen exposure is a key risk factor for DES [17]. Prolonged use of digital devices has been shown to increase accommodative stress and reduce blink rate, thereby exacerbating symptoms such as eye fatigue and dryness.

Moreover, behavioral factors may also play a critical role in the development of symptoms. For example, continuous smartphone use without adequate rest breaks and suboptimal viewing conditions may intensify visual strain. This is supported by findings from Coles-Brennan., et al. (2019), who emphasized the importance of ergonomic practices and regular breaks in reducing DES symptoms [18].

Taken together, the findings of this study reinforce the growing concern regarding the impact of excessive smartphone use on eye health among university students. The consistency of these results with existing literature strengthens the evidence that prolonged digital device use is a significant contributor to visual discomfort and highlights the need for preventive strategies.

## 5. Limitations and Suggestion

This study has several limitations that should be considered when interpreting the findings. First, the cross-sectional design restricts the ability to establish causal relationships between smartphone usage and eye health outcomes. As data were collected at a single point in time, temporal associations cannot be determined. Second, the reliance on self-reported data may introduce recall bias and potential inaccuracies in reporting smartphone usage behaviors and symptom severity. Third, the study was conducted within a single academic program, which may limit the generalizability of the findings to other student populations with different academic backgrounds or learning environments.

Despite these limitations, the study provides valuable insights into the prevalence and patterns of smartphone-related eye health issues among university students. The findings highlight the need for increased awareness of digital eye strain and its associated risk factors. Universities and educational institutions are encouraged to implement targeted health promotion programs, including guidance on appropriate screen use, ergonomic practices, and regular visual breaks. Furthermore, integrating digital health literacy into academic curricula may help equip students with the knowledge and skills necessary to mitigate potential health risks associated with prolonged smartphone use.

## 6. Conclusion

Prolonged smartphone use was found to be highly prevalent among university students, with a substantial proportion reporting daily use exceeding 7 hours. Eye-related symptoms were commonly experienced at a moderate level, particularly eye strain, which emerged as the most prominent complaint. A high prevalence of visual impairment was also observed among participants. Notably, a statistically significant association was identified between extended smartphone use and increased severity of eye strain, underscoring the potential impact of excessive screen exposure on students' visual health.

## 7. Acknowledgments

The authors would like to express their sincere gratitude to Prince of Songkla University, Surat Thani Campus, for its support and facilitation of this study. The authors also extend their appreciation to all participants for their valuable cooperation and contribution to the research.

## 8. Declaration of Interest Statement

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

## References

1. Hanandini, D. (2024). Social transformation in modern society: A literature review on the role of technology in social interaction. *Jurnal Ilmiah Ekotrans & Erudisi*, 4(1), 82-95.
2. Woodcock, B., Middleton, A., & Nortcliffe, A. (2012). Considering the Smartphone Learner: an investigation into student interest in the use of personal technology to enhance their learning. *Student Engagement and Experience Journal*, 1(1), 1-15.
3. Morphetou, R. N. (2014). The use of smartphones among students in relation to their education and social life. 2014 International Conference on Interactive Mobile Communication Technologies and Learning (IMCL2014),
4. Cebotari, A., & Gogoi, E. (2024). Screen time: its implications on modern society. *Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor*,
5. Gajewski, W., Górski, J., Janecka, J., Hofman, M., Skoczek, W., & Gałęcki, W. (2025). The Impact of Digital Screens on Eye and Nervous System Health. *Journal of Medical Science*, 94(3).
6. Hirzle, T., Fischbach, F., Karlbauer, J., Jansen, P., Gugenheimer, J., Rukzio, E., & Bulling, A. (2022). Understanding, addressing, and analysing digital eye strain in virtual reality head-mounted displays. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 29(4), 1-80.
7. Mostafa, M., Al Fatease, A., Alany, R., & Abdelkader, H. (2023). Recent Advances of Ocular Drug Delivery Systems: Prominence of Ocular Implants for Chronic Eye Diseases. *Pharmaceutics* 2023; 15: 1746. doi. org/10.3390/pharmaceutics15061746 Academic Editors: Francisco Javier Otero-Espinar and Blanca Arango-Gonzalez Received, 16.
8. Lin, M., Zheng, X., He, C., Li, M., Lu, F., & Hu, L. (2025). Effects of ambient illuminance and mobile phone screen brightness on tear film stability, visual fatigue, and blink patterns during reading. *Contact Lens and Anterior Eye*, 102515.
9. Ghazzawi, H. A., Nimer, L. S., Sweidan, D. H., Alhaj, O. A., Abulawi, D., Amawi, A. T., Levine, M. P., & Jahrami, H. (2023). The global prevalence of screen-based disordered eating and associated risk factors among high school students: systematic review, meta-analysis, and meta-regression. *Journal of Eating Disorders*, 11(1), 128.
10. Di Zazzo, A., De Gregorio, C., Spelta, S., & Demircan, S. (2025). Mental burden of ocular surface discomfort. *European Journal of Ophthalmology*, 35(4), 1445-1455.
11. Prodyantasar, A. (2025). Smartphone Usage Intensity and Its Relationship with Learning Interest Among Primary School Students. *EDUTREND: Journal of Emerging Issues and Trends in Education*, 2(1), 22-34.
12. Shukla, M., Jain, S., & Rajput, M. (2020). Daily Excessive Use Of Smartphone, Leads To Exaggerated Hand Symptoms Among University Students As Checked By Boston Carpal Tunnel Questionnaire: A Cross-Sectional Study. *Int J Physiother Res*, 8(4), 3547-3553.
13. Sheppard, A. L., & Wolffsohn, J. S. (2018). Digital eye strain: prevalence, measurement and amelioration. *BMJ open ophthalmology*, 3(1).
14. Dyrek, M., Sikorska, E., Partyka, A., Sikorski, P., Dusza, E., & Kopacz, D. (2024). Prolonged screen-time as the cause of ocular disorders: what can we do with the problem?—a review. *European Journal of Clinical and Experimental Medicine*, 22(1), 222-231.
15. Vieira, J. K., Rezende, G. X., Anastácio, L. d. B., Freitas Filho, R. T. d., Benevides, H. C. C., Fonseca, J. M., Pereira, M. V. S., & Mota, F. M. (2018). Prevalence of visual disorders in school children. *Revista Brasileira de Oftalmologia*, 77, 175-179.
16. Aparna, V., John, K. A., & Anvar, R. (2023). Prevalence of visual disturbances among medical undergraduate students of a tertiary care teaching hospital in South Kerala. *International Journal of Community Medicine and Public Health*, 10(6), 2068.
17. Gomes, M. I., Sousa, H., Lousada, M., & Figueiredo, D. (2026). Factors Contributing to Screen Exposure in Preschool Children and Its Associated Outcomes: A Systematic Review. *Child: Care, Health and Development*, 52(2), e70241.
18. Coles Brennan, C., Sulley, A., & Young, G. (2019). Management of digital eye strain. *Clinical and experimental Optometry*, 102(1), 18-29.

# Thailand Institute of Occupational Safety and Health (Public Organization)



18 Baromrajchonnee Road, Chimplee, Talingchan, Bangkok 10170



Tel.+66 2448 9111



oaicth@tosh.or.th/ tosh@tosh.or.th

