

การพัฒนาคู่มือปฏิบัติงานด้านความปลอดภัยในการติดตั้งและบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา จากการประเมินความเสี่ยงเชิงระบบด้วยเทคนิค What-If Analysis สำหรับประเทศไทย

Development of Safety Practice Guidelines for the Installation and Maintenance of Rooftop Solar Power Systems Based on Systemic Risk Assessment Using What-If Analysis Technique for Thailand

ปติญา พลอยน้อย,^{1*} คมสันต์ หงษ์สมบัติ² และ ปานจิต ดำรงกุลกำจร²
Patiya Ploynoy,^{1} Komsan Hongesombut² and Parnjit Damrongkulkamjorn²*

Received 2 July 2025, Revised 13 August 2025, Accepted 18 August 2025

ABSTRACT

Electricity generation from rooftop solar systems is one of the key approaches to promoting renewable energy in Thailand. However, the installation and maintenance of such systems pose safety risks to workers, particularly from falls from height, electric shocks, and falling objects. This study aims to examine relevant safety standards both domestically and internationally, identify gaps in Thai standards, and assess risks using the What-If Analysis technique in order to develop appropriate safety guidelines. 14 standards and manuals from the United States, the United Kingdom, Australia, New Zealand, and Thailand and a risk assessment framework based on 10 key issues were analyzed. The risk assessment results revealed that 93% of the case scenarios were at an unacceptable risk level. Based on these findings, a practical safety guideline was developed for the installation and maintenance of rooftop solar systems, along with a pre-work safety checklist that can be effectively applied in practice, tailored to Thailand's actual working conditions and constraints.

Keywords: Occupational Safety, Risk Assessment, Rooftop Solar Energy

บทคัดย่อ

การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา เป็นการส่งเสริมพลังงานหมุนเวียนในประเทศไทยอย่างหนึ่ง อย่างไรก็ตาม การติดตั้งและบำรุงรักษาระบบดังกล่าวมีความเสี่ยงต่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน โดยเฉพาะความเสี่ยงจากการตกจากที่สูง ไฟฟ้าช็อต และวัตถุตกหล่น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามาตรฐานความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องทั้งจากในประเทศและต่างประเทศ วิเคราะห์ช่องว่างของมาตรฐานไทย และประเมินความเสี่ยงด้วยเทคนิค What-If Analysis เพื่อพัฒนาแนวทางความปลอดภัยที่เหมาะสม

^{1*} ภาควิชาวิศวกรรมความปลอดภัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Department of Safety Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand.

² ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand.

* Corresponding author: Tel.06-1008-7058, E-mail address: patiya.pl@ku.th

โดยผู้วิจัยได้วิเคราะห์มาตรฐานและคู่มือจากประเทศสหรัฐอเมริกา สหราชอาณาจักร ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ และประเทศไทย รวมทั้งสิ้น 14 ฉบับ พร้อมจัดทำกรอบประเมินความเสี่ยงในประเด็นหลักจำนวน 10 ข้อ โดยผลการประเมินความเสี่ยงพบว่า 93% ของกรณีศึกษาอยู่ในระดับ ความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้จาก ผลการศึกษานี้ได้มีการจัดทำคู่มือแนวทางปฏิบัติงานอย่างปลอดภัยสำหรับงานติดตั้งและบำรุงรักษาระบบผลิต ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา และรายการตรวจสอบก่อนเริ่มปฏิบัติงานที่สามารถประยุกต์ใช้ได้จริง สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมและข้อจำกัดในประเทศไทย

คำสำคัญ: การประเมินความเสี่ยง ความปลอดภัยในการทำงาน พลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา

คำนำ

การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ นับเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนอย่างหนึ่งที่ได้รับ ความสนใจอย่างแพร่หลายในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา โดยเฉพาะระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ ติดตั้งบนหลังคา (Solar Rooftop) ซึ่งนอกจากจะช่วย ลดต้นทุนค่าไฟฟ้าแล้ว ยังเป็นการส่งเสริมการใช้ พลังงานสะอาดและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย จากข้อมูลของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและ อนุรักษ์พลังงานพบว่าแนวโน้มการติดตั้ง ระบบผลิต ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา ในภาค ประชาชนและภาคอุตสาหกรรมมีอัตราเติบโตต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม การติดตั้งและการบำรุงรักษาระบบ ดังกล่าวจำเป็นต้องดำเนินงานบนที่สูง และเกี่ยวข้องกับ ระบบไฟฟ้า ซึ่งก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อความ ปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานอย่างมีนัยสำคัญ

ในระดับสากลหลายประเทศได้กำหนด มาตรฐานและแนวทางปฏิบัติด้านความปลอดภัยใน การทำงานบนหลังคาและระบบไฟฟ้าจากพลังงาน แสงอาทิตย์ไว้อย่างชัดเจน ตัวอย่างเช่น ประเทศ ออสเตรเลียได้จัดทำแนวทาง Guide to Safe Solar Panel Installation และ Safe Work on Roofs ที่ครอบคลุมการประเมินความแข็งแรงของหลังคา การ กำหนดวิธีเข้าถึงพื้นที่ทำงาน การใช้ราวกันตกและตา ข่ายนิรภัย รวมถึงข้อกำหนดด้านการฝึกอบรมและ ความรู้ของผู้ปฏิบัติงาน (SafeWork NSW, 2021), (NSW Government, 2009) ส่วนในสหราชอาณาจักร มีแนวทางของ Solar Energy UK และเอกสาร Health and Safety in Roof Work ที่เน้นการวางแผนล่วงหน้า การใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสม และการควบคุมเขต

อันตราย (Solar Energy UK, 2020), (The Ladder and Work Company, 2020) สำหรับประเทศสหรัฐอเมริกา องค์การ OSHA ได้กำหนดมาตรฐาน OSHA 29 CFR1926 ซึ่งให้ความสำคัญกับการใช้อุปกรณ์ ป้องกันการตก การฝึกอบรมเฉพาะทาง และระบบ ตรวจสอบก่อนการทำงานอย่างเคร่งครัด (OSHA, 2015) ขณะที่ประเทศนิวซีแลนด์ก็มีแนวทาง Best Practice Guidelines for Working on Roofs ที่เน้น ความปลอดภัยเชิงระบบและสภาพแวดล้อมจริงของ หน่วยงาน (Whakatutuki, 2012)

เมื่อพิจารณาในบริบทของประเทศไทย แม้ว่า จะมีกฎหมายและข้อบังคับด้านความปลอดภัยหลาย ฉบับ ได้แก่ คู่มือของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและ อนุรักษ์พลังงาน คู่มือของสมาคมช่างเหมาไฟฟ้าและ เครื่องกลไทย (TEMCA) มาตรฐานการปฏิบัติงานด้วย ความปลอดภัย งานติดตั้งระบบการผลิตไฟฟ้าจาก พลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา ของ กฟผ. กฎกระทรวงเกี่ยวกับการทำงานบนที่สูง พ.ศ. 2564 กฎกระทรวงเกี่ยวกับการทำงานเกี่ยวกับไฟฟ้า พ.ศ. 2558 และกฎกระทรวงที่เกี่ยวข้องกับนั่งร้านและค้ำ ยัน พ.ศ. 2564 ซึ่งถือเป็นกรอบเบื้องต้นในการควบคุม ความเสี่ยง แต่ยังไม่พบข้อจำกัดในหลายประเด็นสำคัญ เช่น การกำหนดมาตรการเฉพาะสำหรับงานติดตั้งบน หลังคาที่มีความลาดชันสูง การจัดการอุปกรณ์และ ทางเดินบนหลังคา การควบคุมสภาพแวดล้อมในกรณี ฝนตก ลมแรง หรือแดดจัด รวมถึงการประเมินความรู้ และความสามารถของผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับระบบ ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉพาะ ซึ่งปัจจัย เหล่านี้อาจส่งผลต่อความปลอดภัยและประสิทธิภาพ ของการปฏิบัติงานในภาคสนาม

จากข้อเท็จจริงข้างต้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและประเมินความเสี่ยงด้านความปลอดภัยในการติดตั้งและบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาในประเทศไทย โดยอาศัยการเปรียบเทียบมาตรฐานความปลอดภัยจากต่างประเทศ และประเทศไทย และการประเมินความเสี่ยงเชิงระบบโดยใช้เทคนิค What-If Analysis ซึ่งเป็นวิธีการที่สามารถระบุสถานการณ์สมมติที่อาจเกิดขึ้น ประเมินระดับความรุนแรงของผลกระทบ และเสนอแนวทางควบคุมความเสี่ยงที่เหมาะสมได้อย่างครอบคลุม โดยมุ่งหวังว่าผลการศึกษาในครั้งนี้จะนำไปสู่การจัดทำคู่มือการปฏิบัติงานด้วยความปลอดภัย และรายการตรวจสอบ (Checklist) ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในการปฏิบัติงานบนหลังคา ทั้งในด้านการติดตั้งและการบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาในบริบทของประเทศไทย

อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงด้านความปลอดภัยในการติดตั้งและบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา ในประเทศไทย โดยมุ่งเน้นการวิเคราะห์สถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นจริงในกระบวนการทำงาน และเสนอแนวทางการควบคุมความเสี่ยงให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในภาคสนามได้อย่างเหมาะสมและเป็นรูปธรรม

1. ขั้นตอนการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยนี้เริ่มต้นจากการศึกษาข้อมูลทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับคู่มือ/มาตรฐานด้านความปลอดภัย ทั้งจากภายในประเทศและต่างประเทศ ก่อนจะนำข้อมูลที่ได้นำมาจำแนกออกเป็นประเด็นความปลอดภัยหลัก แล้วจึงนำเข้าสู่การประเมินความเสี่ยงในแต่ละประเด็นโดยใช้คำถามในลักษณะ “จะเกิดอะไรขึ้นถ้า” เพื่อวิเคราะห์ระดับความเสี่ยง และเสนอแนวทางควบคุมที่เหมาะสมต่อไป รายละเอียดของแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

1.1 ศึกษาข้อมูลทฤษฎี

ผู้วิจัยรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจากเอกสาร คู่มือ/มาตรฐานด้านความปลอดภัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ รวมถึงกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการทำงานบนที่สูงและการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา จากประเทศออสเตรเลีย สหราชอาณาจักร สหรัฐอเมริกา นิวซีแลนด์ และประเทศไทย เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบและจำแนกประเด็นด้านความปลอดภัยรวมทั้งสิ้น 14 ฉบับ ดังนี้

[1] Guide to Safe Solar Panel Installation; Safe work NSW ประเทศออสเตรเลีย (SafeWork NSW, 2021)

[2] Guidelines for the Operation and Maintenance of Rooftop Solar Photovoltaic System; Solar Energy UK ประเทศอังกฤษ (Solar Energy UK, 2020)

[3] Best Practice for Operation and Maintenance of Photovoltaic and Energy Storage; 3rd Edition NREL ประเทศสหรัฐอเมริกา (NREL, 2018)

[4] Protecting Roofing Workers; OSHA จากประเทศสหรัฐอเมริกา (OSHA, 2015)

[5] Health and Safety in roof work; HSE ประเทศอังกฤษ (The Ladder and Work Company, 2020)

[6] Best Practice Guidelines for Working on Roofs; MBIE ประเทศนิวซีแลนด์ (Whakatutuki, 2012)

[7] Safe Work on Roofs; NSW ประเทศออสเตรเลีย (NSW Government, 2009)

[8] การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ การถ่ายทอด และเผยแพร่การใช้พลังงานแสงอาทิตย์; กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และการอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2555)

[9] คู่มือการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา; สมาคมช่าง

เหมาไฟฟ้าและเครื่องกลไทย (สมาคมช่างเหมาไฟฟ้าและเครื่องกลไทย, 2566)

[10] กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับนั่งร้านและค้ำยัน พ.ศ. 2564 (กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, 2564)

[11] กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีว-อนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน ในสถานที่ที่มีอันตรายจากการตกจากที่สูงและที่ลาดชันจากวัสดุกระเด็น ตกหล่น และพังทลาย และจากการตกลงไปในภาชนะเก็บหรือรองรับวัสดุ พ.ศ. 2564 (กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, 2564)

[12] ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขการคำนวณออกแบบ และการควบคุมการใช้นั่งร้านโดยวิศวกร พ.ศ. 2564 (กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, 2564)

[13] กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน เกี่ยวกับไฟฟ้า พ.ศ.2558 (กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, 2558)

[14] มาตรฐานการปฏิบัติงานด้วยความปลอดภัย งานติดตั้งระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (Solar Rooftop) การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2567)

1.2 การประเมินความเสี่ยงโดย What-If Analysis

เทคนิคประเมินความเสี่ยงด้วย What-If Analysis เป็นหนึ่งในเทคนิคการวิเคราะห์ความเสี่ยงเชิงคุณภาพ ที่ใช้เพื่อประเมินเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ที่อาจเกิดขึ้นในขั้นตอนการทำงาน โดยมีลักษณะเฉพาะคือการตั้งคำถามเชิงสมมติในรูปแบบ “จะเกิดอะไรขึ้นถ้า...” เพื่อเปิดประเด็นและวิเคราะห์

ความเสี่ยงที่อาจซ่อนอยู่ในขั้นตอนการทำงาน หรือสภาพแวดล้อมในการปฏิบัติงาน (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2543) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) กำหนดขอบเขตของระบบ โดยระบุพื้นที่ระบบ หรือขั้นตอนการทำงานที่ต้องการประเมิน ได้แก่ กระบวนการติดตั้งและบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา

2) ตั้งคำถามในรูปแบบ “จะเกิดอะไรขึ้นถ้า...” ซึ่งเป็นการระดมความคิดจากผู้ปฏิบัติงานและผู้วิจัย เพื่อสร้างคำถามสมมติที่อาจนำไปสู่เหตุการณ์อันตราย

3) วิเคราะห์ผลกระทบ โดยพิจารณาผลที่อาจตามมาหากเหตุการณ์ในคำถามเกิดขึ้นจริง เช่น การตกจากที่สูง การไฟฟ้าช็อต หรืออุปกรณ์เสียหาย เป็นต้น

4) ประเมินระดับความเสี่ยง พิจารณาจากโอกาสและความรุนแรง โดยการกำหนดค่า ดังนี้

4.1) ระดับความเสี่ยง คำนวณจากสูตรระดับความเสี่ยง = โอกาส x ความรุนแรง

4.2) โอกาส คือ ความน่าจะเป็นที่เหตุการณ์นั้นจะเกิดขึ้น โดยมีระดับโอกาสและค่าจำกัดความ ดัง Table 1

4.3) ความรุนแรง คือ ระดับผลกระทบหรือความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น ดังแสดงใน Table 2

5) จัดระดับความเสี่ยง เป็น 4 ระดับ รายละเอียดดัง Table 3

1.3 จัดทำมาตรการควบคุมความเสี่ยง

นำข้อมูลที่ได้จากการประเมินความเสี่ยง และสังเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมิ เพื่อจัดทำคู่มือความปลอดภัยในการติดตั้งและบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา และรายการตรวจสอบก่อนเริ่มปฏิบัติงาน (Checklist) ในรูปแบบที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสถานประกอบการในประเทศไทย

Table 1 Assessment of the probability

Level	Details
1	Rare - has not occurred in the past 10 years or more.
2	Low - event may occur once within a 5 to 10 year period.
3	Moderate - event may occur once within a 1 to 5 year period.
4	High - event is likely to occur more than once per year.

Table 2 Severity Level (Impact on Individuals)

Level	Severity	Details
1	Minor	Injury is minor and can be treated with basic first aid.
2	Moderate	Injury requiring medical treatment.
3	High	Severe injury or illness resulting in significant harm.
4	Very High	Fatal or permanently disabling injury

Table 3 Risk level assessment

Level	Result	Details
1	1-2	Low risk
2	3-6	Acceptable risk
3	8-9	High risk
4	12-16	Unacceptable risk

ผลการศึกษา

1. ผลการศึกษาข้อมูลทุติยภูมิ

จากการศึกษาข้อมูลเอกสาร คู่มือ/มาตรฐาน ด้านความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งและบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ รวมทั้งสิ้น 14 ฉบับ พบประเด็นสำคัญดังนี้

1.1 คู่มือ/มาตรฐานจากต่างประเทศ ได้แก่ ออสเตรเลีย อังกฤษ สหรัฐอเมริกา และนิวซีแลนด์ ต่างมี คู่มือเฉพาะกิจสำหรับ Solar Rooftop ที่เน้นการทำงานบนหลังคา ซึ่งประกอบด้วยแนวปฏิบัติที่เฉพาะเจาะจง เช่น

- คู่มือ Protecting Roofing Workers; OSHA จากประเทศสหรัฐอเมริกา ระบุข้อบังคับด้านการทำงานบนที่สูงอย่างชัดเจน เช่น การใช้อุปกรณ์กันตก เต็มระบบ การฝึกอบรมเฉพาะด้าน และแผนกู้ภัยฉุกเฉิน (OSHA, 2015)

- คู่มือ Safe Work on Roofs; NSW ประเทศออสเตรเลีย ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการทำงานบนหลังคา รวมถึงการเลือกอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับประเภทหลังคาและสภาพอากาศ (NSW Government, 2009)

- คู่มือ Guidelines for the operation and maintenance of rooftop solar photovoltaic system; Solar Energy UK ประเทศอังกฤษ และ Health and Safety in roof work; HSE ประเทศอังกฤษ เป็นคู่มือแยกย่อยทั้งด้านการเข้าถึงพื้นที่ การออกแบบทางเดิน การวิเคราะห์แรงลม และความลาดเอียงของหลังคา (Solar Energy UK, 2020), (The Ladder and Work Company, 2020)

- คู่มือ Best practice guidelines for working on roofs; MBIE ประเทศนิวซีแลนด์ ได้จัดทำข้อปฏิบัติที่ดีที่สุดสำหรับการทำงานบนหลังคา ที่รวมถึง

แนวทางฝึกอบรม การใช้เชือกช่วยชีวิต และการจัดการกับวัสดุเปราะบาง (Whakatutuki, 2012)

กล่าวโดยสรุปคือ คู่มือ/มาตรฐานจากต่างประเทศ เน้นการวางแผนความปลอดภัยก่อนปฏิบัติงาน การเข้าถึงหลังคาอย่างปลอดภัย การใช้ราวกันตก ระบบรอก และอุปกรณ์ป้องกันการตก นอกจากนี้ยังให้ความสำคัญกับความปลอดภัยทางไฟฟ้า การจัดการแร่ใยหิน วัสดุหลังคาเปราะบาง และการฝึกอบรมเฉพาะทาง

1.2 จากการศึกษาคู่มือ/มาตรฐานประเทศไทยที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยในการติดตั้งและบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา พบว่า แต่ละฉบับมีสาระสำคัญที่สนับสนุนการทำงานอย่างปลอดภัยในระดับหนึ่ง แต่อย่างไรก็ตามยังมีขอบเขตจำกัดในหลายประเด็นเมื่อเทียบกับมาตรฐานจากต่างประเทศ โดยมีสาระสำคัญ ดังนี้

- คู่มือของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน เป็นคู่มือเบื้องต้นที่มุ่งเน้นด้านเทคนิคของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยให้ข้อมูลเกี่ยวกับประเภทของระบบ Photovoltaic (PV), การเชื่อมต่ออุปกรณ์, การวางแผนขนาดระบบ และแนวทางการบำรุงรักษาในเชิงวิศวกรรมไฟฟ้า (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2555) อย่างไรก็ตาม เนื้อหาด้านความปลอดภัยในการทำงานโดยเฉพาะบนหลังคายังมีข้อจำกัด โดยกล่าวถึงเฉพาะในระดับทั่วไป เช่น การใช้เครื่องมือให้เหมาะสม การหลีกเลี่ยงพื้นที่เปียกชื้น และการปิดระบบไฟฟ้าก่อนทำงาน ซึ่งไม่มีกล่าวถึงอุปกรณ์ป้องกันการตก ไม่มีมาตรฐานด้านการเข้าถึงหลังคา การกันเขตอันตราย หรือการจัดการสภาพอากาศ

- คู่มือของสมาคมช่างเหมาไฟฟ้าและเครื่องกลไทย คู่มือนี้จัดทำขึ้นในบริบทของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา โดยช่างผู้เชี่ยวชาญ จึงมีเนื้อหาครอบคลุมโครงสร้างของระบบ การติดตั้งโมดูล Photovoltaic (PV) และระบบสายไฟฟ้า รวมถึงแนะนำมาตรการความปลอดภัยทั่วไป เช่น การสวมอุปกรณ์นิรภัย, การปิดระบบไฟฟ้าก่อนบำรุงรักษา และการจัดการสายไฟให้

ปลอดภัย (สมาคมช่างเหมาไฟฟ้าและเครื่องกลไทย, 2566) อย่างไรก็ตาม คู่มือยังไม่ครอบคลุมการทำงานบนพื้นที่สูงในเชิงลึก เช่น ไม่กล่าวถึงการใช้เข็มขัดนิรภัยแบบเต็มตัว ไม่ระบุความจำเป็นของจุดยึด, เชือกช่วยชีวิต หรือระบบป้องกันการตกอย่างเป็นระบบ รวมทั้งขาดขั้นตอนตรวจสอบสภาพแวดล้อมก่อนและระหว่างทำงาน เป็นต้น

- มาตรฐานการปฏิบัติงานด้วยความปลอดภัย งานติดตั้งระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา กฟผ. เป็นมาตรฐานเชิงปฏิบัติ โดยระบุขั้นตอนความปลอดภัยตั้งแต่การตรวจสอบพื้นที่หลังคา การใช้อุปกรณ์กันตก การใช้งานเครื่องตรวจจับไฟฟ้า ไปจนถึงการให้รายละเอียดคุณสมบัติของผู้ควบคุมงานและบทบาทหน้าที่มากเกินไป ทั้งนี้ยังรวมถึงแผนงานฉุกเฉิน แนวทางการตรวจสอบอุปกรณ์ก่อนใช้งาน การกำหนดพื้นที่เขตอันตราย และการประชุมชี้แจงก่อนเริ่มงาน (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2567) อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาพบว่ารายละเอียดในมาตรฐานยังไม่มีกล่าวถึงปัจจัยสภาพอากาศในการตัดสินใจหยุดงาน การจัดพื้นที่ทางเดินบนหลังคา หรือราวกันตกแบบถาวรในกรณีหลังคาขนาดใหญ่ รวมถึงอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นจากการทำงานบนหลังคาอื่น ๆ ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญในการป้องกันการอุบัติเหตุจากที่สูง นอกจากนี้รายละเอียดด้านความปลอดภัยในมาตรฐานยังไม่ครอบคลุมทุกขั้นตอนการปฏิบัติงานจริง

คู่มือ/มาตรฐานเหล่านี้แม้จะครอบคลุมข้อกำหนดพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งและการบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา เช่น การออกแบบโครงสร้างหลังคา การเลือกอุปกรณ์ไฟฟ้า และข้อกำหนดด้านความปลอดภัยทั่วไป แต่ยังมีข้อจำกัดหลายประการ ได้แก่ ขาดแนวทางเฉพาะสำหรับติดตั้งและการบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา เช่น ไม่มีรายละเอียดเรื่องการจัดการพื้นที่ลาดชัน ความเปราะบางของวัสดุหลังคา หรือการประเมินจุดยึดอุปกรณ์ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการปฏิบัติงานบนที่สูง และหลังคาคร่ำเรื้อรัง และไม่มีข้อกำหนดว่า

ผู้ปฏิบัติงานต้องผ่านการฝึกอบรมเฉพาะทางสำหรับระบบพลังงานแสงอาทิตย์ หรือการทำงานบนหลังคา

จากผลการศึกษาข้างต้น ชี้ให้เห็นว่าคู่มือ/มาตรฐานของประเทศไทย ยังมีข้อจำกัดด้านความละเอียดและครบถ้วนของเนื้อหา และการนำไปใช้ในการปฏิบัติงานจริง ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยฉบับนี้จึงได้ดำเนินการ ประเมินความเสี่ยงด้วยเทคนิค What-If Analysis ครอบคลุมทุกประเด็นด้านความปลอดภัยของงานติดตั้งและบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา เพื่อจัดลำดับความเสี่ยง และพัฒนาคู่มือปฏิบัติงานเพื่อความปลอดภัย พร้อมรายการตรวจสอบก่อนเริ่มปฏิบัติงาน (Checklist) ที่สามารถประยุกต์ใช้ในบริบทของประเทศไทย

1.3 กฎหมายและข้อบังคับของประเทศไทย เช่น กฎกระทรวงว่าด้วยการทำงานบนที่สูง การทำงานกับไฟฟ้า และการใช้นั่งร้าน ได้กำหนดมาตรฐานขั้นต่ำด้านความปลอดภัย เช่น การใช้เข็มขัดนิรภัย การติดป้ายเตือน เขตอันตราย การอบรมก่อนเริ่มงาน และการออกแบบโดยวิศวกร ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการควบคุมความเสี่ยงเบื้องต้น และนำมาพัฒนาเป็นคู่มือปฏิบัติงานเพื่อความปลอดภัยได้อย่างครบถ้วน

2. ผลการวิเคราะห์ประเด็นความปลอดภัย

จากการศึกษาข้อมูลเอกสาร คู่มือ และมาตรฐานด้านความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับการ

ติดตั้งและบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา ผู้วิจัยได้วิเคราะห์และจำแนกประเด็นความปลอดภัยในการทำงานออกเป็น 10 ประเด็น ได้แก่ (1) วัสดุหลังคา (2) การเข้าถึงหลังคา (3) การป้องกันการตกส่วนบุคคล (4) การป้องกันการตกจากขอบหลังคา (5) ทางเดินบนหลังคา (6) ความปลอดภัยทางไฟฟ้า (7) การจัดการอุปกรณ์ (8) โครงสร้างนั่งร้าน (9) การป้องกันวัตถุตกหล่น และ (10) สภาพอากาศ เพื่อใช้เป็นกรอบในการประเมินความเสี่ยงด้วยเทคนิค What-If Analysis และจัดลำดับความเสี่ยงพร้อมพัฒนาคู่มือปฏิบัติงานเพื่อความปลอดภัย และรายการตรวจสอบก่อนเริ่มปฏิบัติงาน (Checklist) ได้อย่างครอบคลุม

3. ผลการประเมินความเสี่ยงด้วย What-If Analysis

จากการจำแนกประเด็นด้านความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งและบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar Rooftop) จำนวน 10 ประเด็นหลัก ผู้วิจัยได้นำแต่ละประเด็นมาประเมินความเสี่ยงโดยใช้เทคนิค What-If Analysis ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์เชิงคาดการณ์ โดยตั้งคำถามในลักษณะ "จะเกิดอะไรขึ้น ถ้า..." เพื่อระบุเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นในสถานการณ์จริง พร้อมวิเคราะห์ผลกระทบที่อาจตามมา ตาม Table 4 ทั้งนี้ยังแสดงให้เห็นถึงคู่มือ/มาตรฐานที่พูดถึงประเด็นความปลอดภัยนั้นอีกด้วย

Table 4 Risk assessment of rooftop solar power system installation and maintenance using What-if Analysis

Topic	Standard	What-If Question	Impact	Probability	Severity	Result
(1)	[1], [2], [5], [6], [8], [9]	1) What if the roof is old or not structurally sound?	- The roof may collapse. - Fall from height	4	4	16
(1)	[1], [2], [5], [6], [8], [9]	2) What if the roofing material is fragile?	- The roof structure cannot support the load. - Fall from height	3	4	12
(2)	[1], [2], [4], [5], [7], [9], [11], [14]	3) What if the ladder used to climb onto the roof is unstable or defective?	- The ladder may slip, break, or topple over. - Fall from height	3	4	12
(2)	[1], [2], [4], [5], [7], [9], [11], [14]	4) What if the ladder is not checked before use?	- The ladder is damaged or broken. - Fall from height	3	4	12
(2)	[1], [2], [4], [5], [7], [9], [10], [11]	5) What if the access to the roof is narrow or blocked by obstacles?	- Moving the equipment is difficult. - Difficult to access the roof.	4	3	12
(2)	[2], [5], [7], [11]	6) What if there are no handrails or equipment to assist with climbing up and down?	- Fall from height	3	4	12
(3)	[1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [11], [13], [14]	7) What if workers do not wear personal fall protection equipment?	- Fall from height	4	4	16
(3)	[1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [11], [14]	8) What if the anchorage point for the fall protection lanyard is weak or incorrectly installed?	- Fall from height	3	4	12
(3)	[3], [14]	9) What if personal fall protection equipment is not inspected before use?	- Damaged equipment - Fall from height	4	4	16
(4)	[1], [8], [9], [11]	10) What if the roof has a high slope or steep pitch?	- Fall from height	3	4	12
(4)	[1], [2], [3], [4], [5], [6], [9], [11], [12]	11) What if temporary guardrails are not installed?	- Fall from the roof edge	3	4	12
(4)	[1], [2], [3], [4], [5], [6], [9], [11], [12]	12) What if no danger zone is marked around the roof edge?	- Fall from the roof edge	3	4	12
(5)	[1], [8]	13) What if there is no walkway provided on the roof?	- Fall from height	4	4	16
(5)	[1], [8]	14) What if the walkway on the roof is slippery?	- Fall from height	4	4	16
(5)	[1], [8]	15) What if the walkway on the roof is unstable?	- Fall from height	3	4	12

Table 4 Risk assessment of rooftop solar power system installation and maintenance using What-if Analysis.

(continue)

Topic	Standard	What-If Question	Impact	Probability	Severity	Result
(6)	[1], [2], [5], [6], [7], [8], [9], [13], [14]	16) What if the power supply is not disconnected before starting work?	- Electric shock	3	4	12
(6)	[1], [2], [5], [6], [7], [8], [9], [13]	17) What if overhead electrical distribution lines are not safeguarded?	- Electric shock	4	4	16
(6)	[1], [2], [5], [6], [7], [8], [9], [13], [14]	18) What if the worker does not have sufficient electrical knowledge?	- Electric shock	3	4	12
(6)	[1], [2], [5], [6], [7], [8], [9], [13], [14]	19) What if the electrical system is not checked prior to performing the task?	- Electric shock	3	4	12
(7)	[1], [2], [4], [5], [7], [9], [11], [14]	20) What if proper lifting equipment is not used?"	- Lifting injury - Equipment damage	3	3	9
(8)	[5], [6], [7], [8], [10], [12], [14]	21) What if the scaffolding is unstable?	- Scaffold collapse - Fall from height	3	4	12
(8)	[10], [14]	22) What if the scaffolding is not checked prior to use?	- Scaffold collapse - Fall from height	4	4	16
(8)	[10], [14]	23) What if the worker does not have adequate knowledge?	- Fall from height	3	4	12
(9)	[8], [9], [12], [14]	24) What if no danger zone is established?	- Falling objects - Injured	3	3	9
(9)	[1], [6], [8], [9]	25) What if no safety net is installed?	- Falling objects - Injured	4	4	16
(9)	[1], [6], [8], [9]	26) What if the safety net is not installed correctly?	- Falling objects - Injured - Cannot support the load	4	4	16
(9)	[1], [6], [8], [9]	27) What if the safety net is not large enough to fully cover the work area?	- Falling objects - Injured	4	4	16
(10)	[1], [6], [7], [8], [11]	28) What if heavy rain or strong wind occurs during the work?	- Slippery surface" - Fall from height	4	3	12
(10)	[1], [8]	29) What if workers are exposed to intense sunlight during the work?	- Dehydration and heatstroke - Fall from height	4	3	12

4. ผลการประเมินความเสี่ยง

จากการประเมินความเสี่ยงในประเด็นหลัก 10 ข้อ ของการติดตั้งและบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา โดยใช้เทคนิค What-If Analysis พบว่ามีสถานการณ์สมมติรวมทั้งสิ้น

29 กรณี โดยแบ่งระดับความเสี่ยงตามเกณฑ์ที่กำหนดได้ ดังนี้

ระดับความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ (12-16 คะแนน) พบทั้งหมด 27 กรณี ซึ่งต้องดำเนินการ

ปรับปรุงและแก้ไขทันที โดยเน้นมาตรการควบคุมทางวิศวกรรม การอบรม และการกำกับดูแลอย่างเข้มงวด ระดับความเสี่ยงสูง (8-9 คะแนน) พบ 2 กรณี ได้แก่ การไม่มีการใช้อุปกรณ์ยกที่เหมาะสม และการไม่กั้นเขตอันตรายใต้พื้นที่ปฏิบัติงาน แม้จะไม่อยู่ในระดับร้ายแรงที่สุด แต่จำเป็นต้องมีมาตรการลดความเสี่ยงก่อนดำเนินการต่อไป

5. การจัดทำมาตรการป้องกัน

จากการศึกษาวิเคราะห์ความปลอดภัยในการติดตั้งและบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar Rooftop) โดยอาศัยเทคนิค What-If Analysis พบว่ามีความเสี่ยง

หลากหลายประการที่อาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุ เช่น การตกจากที่สูง ไฟฟ้าช็อต วัตถุตกหล่น หรือการลื่นล้มจากหลังคาที่เปียก ซึ่งหลายความเสี่ยงยังไม่มีมาตรการควบคุมที่ชัดเจนในแนวทางของประเทศไทย

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการจัดทำ คู่มือแนวทางปฏิบัติด้านความปลอดภัย และรายการตรวจสอบความปลอดภัย (Checklist) สำหรับใช้งานจริงในพื้นที่ปฏิบัติงาน โดยมีจุดมุ่งหมาย เพื่อควบคุมความเสี่ยงในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการทำงาน เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถดำเนินการได้อย่างปลอดภัย ซึ่งมีรายละเอียดโดยย่อ ดัง Figure 1 and Figure 2 ดังนี้

Safety Manual for Solar Rooftop Installation and Maintenance	
1. Site Planning and Assessment Check the roof structure to ensure it can support the weight of the panels and equipment. Consider roof materials, slope, fragile surfaces, and anchor points for fall protection equipment. This should be conducted by a licensed engineer to ensure safety in both the short and long term.	Work during appropriate times, avoiding strong winds or intense sunlight. Check the tightness of every panel's fastening and organize cables neatly.
2. Solar Rooftop System Design Ensure there are no hazards during operation.	8. Electrical Equipment Installation Shut down the electrical system before starting work. Check the voltage before touching or connecting. Avoid routing cables in a way that may cause friction or accumulated tension. Wear appropriate protective equipment.
3. Permit Application with Relevant Authorities Check local regulations.	9. Grounding System Installation Shut down the electrical system before starting work. Check the voltage before touching or connecting. Avoid routing cables in a way that may cause friction or accumulated tension. Wear appropriate protective equipment.
4. Preparation of Tools and Materials Check the integrity of tools such as drills, solar panels, and wiring. Consider using lifting equipment appropriate for weight and height, such as cranes, hoists, or aerial lifts, and inspect them before use.	10. System Testing Must be performed by a licensed electrician or engineer only, while wearing appropriate protective equipment.
5. Roof Access Consider using stable scaffolding or ladders with handrails as appropriate. Install anchor points and lifelines before ascending the roof. Wear complete personal fall protection equipment throughout the operation.	11. Decommissioning, Tool Storage, and Site Cleaning Carefully remove equipment from the roof area. Consider the appropriate relocation of equipment from the site.
6. Installation of Support Structures Avoid walking on fragile materials. Walk or operate on roof walkways. Wear personal fall protection equipment and operate under a supervisor who verifies the stability of every mounting point.	Additional Regulations and Measures 1. Personnel must pass training courses in Solar Rooftop Installation, Working at Heights, and Electrical Work Safety. 2. Consider weather conditions; if there is heavy rain, work should be temporarily suspended. If the weather is extremely hot, rest areas should be provided for workers at intervals.
7. Solar Panel Installation Lift panels onto the roof using appropriate equipment. Avoid walking on fragile materials; walk/operate on roof walkways. Wear personal fall protection equipment.	

Figure 1 Safety Guidelines for the Installation and Maintenance of Rooftop Solar Power Systems
 b) Pre-Work Safety Checklist

Pre-Work Inspection Checklist for Solar Rooftop Installation and Maintenance

Date: _____ Location: _____ Inspector: _____

1. Structural and Roofing Material Assessment

☐ Verify that the roof structure is stable, strong, and safe for work.

☐ Assess the type and strength of the roofing material: Identify roof type _____

☐ The roof has fragile areas or skylights.

☐ Roof slope: Identify slope degree _____

2. Work Area Access Assessment (Roof)

☐ The area/access points for ascending and descending the roof are sufficiently wide and free of obstructions.

☐ Access requires scaffolding or other lifting equipment.

☐ Access via ladder is required/possible.

☐ Roof height for preparing scaffolding and ladders: Identify height _____

3. Work Area Preparation on Roof

☐ Necessary to provide safe walkways or crawling boards.

☐ Necessary to install edge protection systems (fall prevention).

☐ Necessary to install safety netting.

☐ Necessary to install safety netting. (Note: Repeated in original text)

4. Assessment of Other Hazards in the Area

☐ Verify safe clearance distances from overhead power lines.

☐ 22 kV Distribution System: Clearance of at least 1 meter.

☐ 22 kV - 115 kV Distribution System: Clearance of at least 3 meters.

☐ Sufficient space for safe lifting and moving of equipment.

: Specify equipment required for lifting : _____

☐ The roof has anchor points for Personal Fall Protection Equipment.

☐ Verify that workers have completed necessary training.

(Includes: Working at Heights, Electrical Safety, Solar Rooftop Installation/Maintenance).

☐ Personal Protective Equipment (PPE) must be prepared.

Specify required protective equipment : _____

Figure 2 Pre-Work Safety Checklist

วิจารณ์

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานในการติดตั้งและบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาในบริบทของประเทศไทย โดยอาศัยการวิเคราะห์เปรียบเทียบมาตรฐานความปลอดภัยจากทั้งในประเทศและต่างประเทศ พร้อมทั้งประเมินความเสี่ยงเชิงระบบด้วยเทคนิค What-If Analysis เพื่อระบุระดับเสี่ยงของผลกระทบและพัฒนาแนวทางความปลอดภัยที่สามารถนำไปใช้ได้จริงในการปฏิบัติงาน อย่างไรก็ตาม งานวิจัยยังสามารถพัฒนาเพิ่มเติมได้ในบางด้าน เช่น การเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากผู้ปฏิบัติงานจริง เพื่อเสริมความ

น่าเชื่อถือและสะท้อนปัญหาที่พบในภาคปฏิบัติจริง รวมถึงการทดสอบ นำร่อง คู่มือหรือรายการตรวจสอบในพื้นที่นำร่อง เพื่อประเมินประสิทธิภาพของแนวทางที่เสนอ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และหน่วยงานต่างๆ ที่ให้ข้อมูล คู่มือ/มาตรฐานด้านความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยงในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับไฟฟ้า พ.ศ. 2558. (2558, 6 กุมภาพันธ์). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 132 ตอนที่ 7 ก หน้า 1-7.

กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับนั่งร้านและค้ำยัน พ.ศ. 2564. (2564, 1 มีนาคม). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 138 ตอนที่ 14 ก หน้า 11-13.

กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน ในสถานที่ที่มีอันตรายจากการตกจากที่สูงและที่ลาดชันจากวัสดุกระเด็น ตกหล่น และพังทลาย และจากการตกลงไปใน ภาชนะเก็บหรือรองรับวัสดุ พ.ศ. 2564. (2564, 2 มีนาคม). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 138 ตอนที่ 15 ก หน้า 51-56.

ระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรมว่าด้วยหลักเกณฑ์ การบ่งชี้อันตราย การประเมินความเสี่ยง และการจัดทำแผนงานบริหารจัดการความ เสี่ยง พ.ศ. 2543. (2544, 20 มิถุนายน). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 118 ตอนพิเศษ 58 ง หน้า 28-55.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2555). การผลิตไฟฟ้าจากพลังงาน แสงอาทิตย์. กระทรวงพลังงาน.

ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขการคำนวณ ออกแบบและควบคุมการใช้นั่งร้านโดย วิศวกร. (2564, 30 พฤศจิกายน). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 138 ตอนพิเศษ 293 ง หน้า 27-32.

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. (2567). มาตรฐานการ ปฏิบัติงานด้วยความปลอดภัย งานติดตั้ง ระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงาน แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (Solar Rooftop).

สมาคมช่างเหมาไฟฟ้าและเครื่องกลไทย. (2566). คู่มือการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจาก พลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา. TEMCA ACADEMY.

H. Whakatutuki. (2012). *Best practice guidelines for working on roofs*. Ministry of Business, Innovation and Employment (MBIE).

New South Wales Government. (2009). *Safe work on roofs*. WorkCover NSW.

U.S. Department of Labor Occupational Safety and Health Administration. (2015). *Protecting roofing workers*. OSHA.

SafeWork NSW. (2021). *Guide to safe solar panel installation*. SafeWork NSW.

Solar Energy UK. (2020). *Industry best practice manual 2.0: Guidelines for the operation and maintenance of rooftop solar photovoltaic systems*. Solar Energy UK.

The National Renewable Energy Laboratory.

(2018). *Best practices for operation and maintenance of photovoltaic and energy storage systems* (3rd ed.). NREL.

Health and Safety Executive. (2020). *Health and safety in roof work* (5th ed.) HSE.