



การประเมินปัจจัยเสี่ยงและผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่น
ระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว อำเภอฝางและอำเภोजอมทอง
จังหวัดเชียงใหม่

นางสาวกรวิภา ปุณณศิริ
นางสาวอำพร บุศรังษี
นางสาวเบญจวรรณ วัชชสุภา
นางสาวณัฐกานต์ ฉัตรวิไล
นางสาวทิพย์กมล ภูมิพันธ์

กรมอนามัย
กระทรวงสาธารณสุข



The Study of Risk Factors and Health impacts from Using Gas water heaters in tourist attractions in Fang and Chom Thong District, Chiang Mai Province

By

Kornwipa Punnasiri
Amporn Bussarangsri
Benjawan Thawatsupa
Nuttakan Chatwilai
Tipkamon Pumipan

Department of Health, Ministry of Public Health

กิตติกรรมประกาศ

การประเมินปัจจัยเสี่ยงและผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว อำเภอฝางและอำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ซึ่งผ่านการพิจารณาจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ผู้วิจัยขอขอบคุณร่วมดำเนินการวิจัย ได้แก่ นักท่องเที่ยว ผู้ประกอบการที่พักที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส เจ้าหน้าที่สาธารณสุขจากสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงใหม่ สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 1 เชียงใหม่ สำนักงานสาธารณสุขอำเภอฝาง สำนักงานสาธารณสุขอำเภอจอมทอง เจ้าหน้าที่จากสำนักงานท่องเที่ยวและกีฬาจังหวัดเชียงใหม่ สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 16 เชียงใหม่ และสมาคมมัคคุเทศก์จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้ความร่วมมือในการลงพื้นที่และสัมภาษณ์ในการวิจัยครั้งนี้

นอกจากนี้ การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนข้อมูลวิชาการจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ นายแพทย์ชูพงศ์ แสงสว่าง สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 12 จังหวัดสงขลา ผู้แทนสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) ภาควิชานิติเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง และ ผศ.ดร.ประพัทธ์ พงษ์เกียรติกุล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้คำแนะนำในการวิจัย และทีมนักวิจัยจากภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ตลอดจนเจ้าหน้าที่กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัยทุกท่านที่ให้การสนับสนุนจนการศึกษานี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) เพื่อประเมินปัจจัยเสี่ยงด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม ประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว และจัดทำข้อเสนอแนะต่อแนวทางการจัดการเพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยวของอำเภอฝางและอำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนตุลาคม 2561-กันยายน 2562 กลุ่มตัวอย่าง คือ โรงแรมที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส จำนวน 23 โรงแรม ๆ ละ 1 ห้องนักท่องเที่ยวโรงแรมที่มีเครื่องทำน้ำอุ่นฯ จำนวน 110 คน โดยสุ่มอย่างง่ายในสถานที่ท่องเที่ยวในอำเภอฝางและอำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ เครื่องตรวจวัดก๊าซ แบบสำรวจปัจจัยเสี่ยงในห้องน้ำที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นฯ แบบสอบถามการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นฯ ของนักท่องเที่ยวและแบบสอบถามผู้กำหนดนโยบาย วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

ผลการศึกษา พบว่า ร้อยละ 65.2 ของห้องน้ำ ในสถานที่ท่องเที่ยวมีขนาดเล็กกว่า 3 ตารางเมตร ร้อยละ 87.0 มีการระบายอากาศ เช่น พัดลม ช่องลม ร้อยละ 8.7 ติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นฯ ไว้นอกห้องน้ำ และทุกห้องมีการบำรุงรักษาอย่างถูกต้อง เมื่อพิจารณาปัจจัยเสี่ยง พบปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์มากกว่า 1,000 พีพีเอ็มในห้องน้ำขนาดเล็กกว่า 3 ตารางเมตร ก๊าซออกซิเจนอยู่ระหว่าง 14.7-20.9 % และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่า 5,000 พีพีเอ็มในห้องน้ำทุกขนาด โดยห้องน้ำขนาดเล็กกว่า 3 ตารางเมตร พบก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าห้องน้ำขนาดอื่น และมีก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์สูงกว่าค่าแนะนำสัมผัสในระยะสั้น รวมถึงการระบายอากาศต่ำ ซึ่งมีความเสี่ยงต่อสุขภาพหากได้รับสัมผัสเป็นเวลานาน แต่ไม่พบก๊าซโพรเพนในทุกห้อง นอกจากนี้ ร้อยละ 63.6 ของนักท่องเที่ยวไม่ทราบถึงผลกระทบจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นฯ และร้อยละ 39.1 มีพฤติกรรมปฏิบัติตัวที่ไม่ถูกต้องขณะใช้เครื่องทำน้ำอุ่นฯ ร้อยละ 8.2 มีอาการหายใจลำบาก คลื่นไส้ในขณะใช้งาน และร้อยละ 41.7 เมื่อเกิดอาการแล้วไม่ได้ปฏิบัติอะไร ทั้งนี้ ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะห้อง การบำรุงรักษาและปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น แต่พบความสัมพันธ์ระหว่างอาการกับระยะเวลาการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นฯ และความรู้ของนักท่องเที่ยวอย่างมีนัยสำคัญ ($p\text{-value} < 0.05$) นอกจากนี้ จากการสัมภาษณ์และประชุมรับฟังความคิดเห็นจากผู้กำหนดนโยบาย พบว่า ประเด็นที่ต้องดำเนินการเพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นฯ ได้แก่ การพัฒนา ปรับปรุงกฎหมายหรือมาตรฐานเพื่อควบคุมกำกับ การบูรณาการมาตรการเข้าสู่สู่นโยบายการท่องเที่ยวปลอดภัยของประเทศไทย และการบริหารจัดการ การสร้างความรู้ ความเข้าใจถึงผลกระทบต่อสุขภาพและวิธีการป้องกันที่ถูกต้องแก่ผู้ประกอบการและนักท่องเที่ยว

ดังนั้น ควรมีมาตรการควบคุม ดูแลการติดตั้งและใช้เครื่องทำน้ำอุ่นฯ ที่ถูกต้อง รวมถึงการให้ความรู้ที่ถูกต้องแก่ผู้ประกอบการและนักท่องเที่ยวรวมทั้งสร้างร่วมมือกันระหว่างหน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน ผู้ประกอบการ และสมาคม โดยส่งเสริมมาตรการเชิงบวก ผลักดันให้เกิดมาตรการควบคุม กำกับในเชิงกฎหมายและสังคม และรวมทั้งการส่งเสริมให้เกิดมาตรฐานของเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส เพื่อคุ้มครองสุขภาพของประชาชนให้ปลอดภัยจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สต่อไป

คำสำคัญ : เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส ปัจจัยเสี่ยง ผลกระทบต่อสุขภาพ แหล่งท่องเที่ยว

Abstract

The purpose of this study was to assess the risk factors and health impacts from gas water heaters in tourism attraction in Fang and Chom Thong District, Chiang Mai Province between October 2018 to September 2019. The 23 bathrooms with gas water heater and 110 tourists were observed and monitored by gas detector, surveys and questionnaires. Moreover, in-depth interview from policy maker and relevant agencies were implemented for recommendations. Data were analyzed using descriptive statistics and correlational analysis. The results showed that 65.2% of the bathrooms were smaller than 3 square meters, 87.0% had ventilation by window or ventilating fan, 8.7% installed water heater outside the bathrooms and most of them are properly maintained. The concentrations of O₂ were between 14.7-20.9% and CO₂ > 5,000 ppm in bathrooms of all sizes. The small bathroom had CO and CO₂ more than other sizes, and CO₂ was higher than the short-term exposure limit. However, Propane gases were not found in all rooms. In addition, 63.6% of customers did not know the effects of using the gas water heater, and 39.1% used the gas water heater incorrectly, 8.2% had dyspnea and nausea symptom. There were insignificant association between room types, maintenance system and the amount of CO, CO₂ and O₂. However, those symptoms had significant association with bathing duration and knowledge of tourists (p-value <0.05). Therefore, protective measures should be taken to control the installation and maintainance, properly use of the appliance and raise awareness about gas water heater to provide the knowledge to the tourists.

Key Words: *Gas water heaters, Risk Factor, health effects, tourist attraction*

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 คำนียามศัพท์	2
1.4 ขอบเขตการศึกษา	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 คำนียามและหลักการทำงานของเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส	4
2.2 สถานการณ์และผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส	9
2.3 เกณฑ์ มาตรฐานและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง	14
2.4 ปัจจัยเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส	24
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	26
2.6 กรอบแนวคิดการวิจัย	28
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	30
3.1 รูปแบบการวิจัย	30
3.2 พื้นที่การศึกษา	30
3.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	31
3.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	33
3.5 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา	34
3.6 การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ	36
3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล	37
3.8 จริยธรรมในการวิจัย	37
บทที่ 4 ผลการวิจัย	38
4.1 ปัจจัยเสี่ยงด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมและผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว	38
4.2 ข้อเสนอแนะแนวทางการดำเนินงานเพื่อลดผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว	61
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา อภิปราย และข้อเสนอแนะ	66
5.1 สรุปและอภิปรายผลการศึกษา	66
5.2 การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์	69
5.3 ข้อเสนอที่ได้จากการศึกษา	69
เอกสารอ้างอิง	72
ภาคผนวก	76

ภาคผนวก ก	77
ภาคผนวก ข	84
ภาคผนวก ค	91
ภาคผนวก ง	98
ภาคผนวก จ	99

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1	ข้อดีและข้อเสียของเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส	9
ตารางที่ 2	ระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และผลกระทบต่อสุขภาพ	11
ตารางที่ 3	ผลกระทบจากการสัมผัสก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	11
ตารางที่ 4	ระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂) และผลกระทบต่อสุขภาพ	12
ตารางที่ 5	ร้อยละของก๊าซออกซิเจน (O ₂) ที่อยู่ในอากาศและผลกระทบต่อสุขภาพ	12
ตารางที่ 6	ระดับความเข้มข้นที่มีผลต่อสุขภาพของก๊าซที่เกี่ยวข้องกับเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส	15
ตารางที่ 7	มาตรฐานในต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สชนิดให้ความร้อนแบบทันที	16
ตารางที่ 8	เกณฑ์ประมาณค่าจากกลุ่มประชากร	31
ตารางที่ 9	ขนาดตัวอย่างห้องน้ำและเจ้าของกิจการหรือผู้ดูแลโรงแรม	32
ตารางที่ 10	จำนวนตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่นในการเลือกของ Taro Yamané	32
ตารางที่ 11	รายละเอียดเทคนิคการตรวจวัด และช่วงของการตรวจวัดของเครื่องมือตรวจวัดก๊าซ	35
ตารางที่ 12	ข้อมูลทั่วไปของโรงแรมที่มีการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส (n=23)	39
ตารางที่ 13	ข้อมูลทั่วไปและผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส	40
ตารางที่ 14	ผลการสำรวจการติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในห้องน้ำของโรงแรม	41
ตารางที่ 15	ข้อมูลการบำรุงรักษาเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส	41
ตารางที่ 16	ผลการสำรวจมาตรการด้านความปลอดภัยของโรงแรมที่มีการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส	42
ตารางที่ 17	ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในห้องน้ำที่มีการติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สระยะเวลาตรวจวัด 15 นาที 30 นาที 45 นาที และ 1 ชั่วโมง	44
ตารางที่ 18	ความสัมพันธ์กับขนาดห้องน้ำ การระบายอากาศ การติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สนอกห้องน้ำกับค่าแนะนำที่ปลอดภัย	54
ตารางที่ 19	เปรียบเทียบปริมาณก๊าซที่เกิดจากเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สก่อนและหลังทำการทดลอง	57
ตารางที่ 20	ข้อมูลส่วนบุคคลและพฤติกรรมการปฏิบัติตัวในการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สของนักท่องเที่ยว (n=110)	57
ตารางที่ 21	ข้อมูลการรับรู้และพฤติกรรมการปฏิบัติตัวในการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สของนักท่องเที่ยว (n=110)	58
ตารางที่ 22	ร้อยละของผลกระทบที่เกิดจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส	59
ตารางที่ 23	ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สกับผลกระทบต่อสุขภาพ (อาการ) ของนักท่องเที่ยว	60
ตารางที่ 24	ข้อเสนอแนะต่อการลดผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส	63

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1 องค์ประกอบของเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2562)	6
รูปที่ 2 หลักการทำงานเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส (Rapport, A., Brozyna, K., 2012)	7
รูปที่ 3 การจับฮีโมโกลบินของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) (ที่มา : พรรณพร กะตะจิตต์, 2561)	10
รูปที่ 4 อุบัติการณ์ผู้ป่วย CO toxicity จากเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ปี 2555-2561 (ที่มา: ชูพงศ์ แสงสว่าง, 2562)	14
รูปที่ 5 อุบัติการณ์ CO toxicity จากเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน ปี 2555-2561 (ที่มา: ชูพงศ์ แสงสว่าง, 2562)	14
รูปที่ 6 กรอบแนวคิดการวิจัย	29
รูปที่ 7 แสดงขั้นตอนการเลือกตัวอย่าง	33
รูปที่ 8 แนวทางการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดก๊าซในห้องน้ำที่ทำการศึกษา	35
รูปที่ 9 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์	45
รูปที่ 10 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณก๊าซออกซิเจน	46
รูปที่ 11 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	47
รูปที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่าง การระบายอากาศ ขนาดของห้องน้ำ ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์สูงสุด	49
รูปที่ 13 การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซเมื่อทำการเปิด-ปิด ประตูห้องน้ำ	55
รูปที่ 14 การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ เมื่อทำการเปิด-ปิด ประตูห้องน้ำ	56
รูปที่ 15 การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซในกรณีเปิดช่องระบายอากาศ	56

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส เป็นอุปกรณ์ที่ปรับให้น้ำมีอุณหภูมิร้อนในทันที ทำให้สามารถใช้งานได้รวดเร็ว นิยมใช้ในพื้นที่อากาศหนาวเย็น เช่น พื้นที่สูง หรือ ยอดดอยที่ไฟฟ้าเข้าไม่ถึง นอกจากนี้ เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สสามารถติดตั้งง่าย มีราคาถูก จึงพบว่ามีการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยวบนภูเขา ซึ่งมีอากาศหนาวเย็นมากของประเทศไทย อย่างไรก็ตาม ในหลายปีที่ผ่านมาพบเหตุการณ์มีผู้หมดสติหรือเสียชีวิตขณะอาบน้ำในห้องน้ำที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในทุกปี แม้จะมีจำนวนไม่มากเหมือนผลกระทบกรณีอื่น แต่พบว่าความสูญเสียทำให้ถึงแก่ชีวิตอย่างเฉียบพลัน ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่สูงมากหากไม่มีการป้องกันผลกระทบที่จะเกิดขึ้น

การใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส สามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพ เนื่องจากเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สใช้ปิโตรเลียมเหลว (Liquefied petroleum gas ; LPG) เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้เพื่อผลิตความร้อน (กรมธุรกิจพลังงาน, 2551) เมื่อเกิดการสันดาปจะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ขึ้น และทำให้ก๊าซออกซิเจน (O₂) ลดลง จนกระทั่งก๊าซ O₂ ไม่เพียงพอ และเกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ขึ้น การได้รับสัมผัสกับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จะทำให้เม็ดเลือดแดงไม่สามารถรับออกซิเจนไปเลี้ยงเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของร่างกายได้ เนื่องจากก๊าซชนิดนี้สามารถรวมตัวกับฮีโมโกลบินในเลือดได้ดีกว่าก๊าซออกซิเจนประมาณ 200 เท่า (Khanagwal and Sharma, 2014) จึงก่อให้เกิดผลกระทบต่ออวัยวะที่สำคัญของร่างกายได้ เช่น หัวใจ สมอง และกล้ามเนื้อ เป็นต้น ซึ่งจะทำให้เกิดอาการมึนงง ปวดหรือวิงเวียนศีรษะ อาเจียน แน่นหน้าอก ชัก เสียการทรงตัว อ่อนเพลีย หมดแรง รู้สึกสับสน หายใจลำบาก และเกิดสภาวะสมองขาดออกซิเจนรวมทั้งอาจทำให้หมดสติและเสียชีวิตได้ ถ้าได้รับหรือสัมผัสในปริมาณมาก โดยข้อมูลการเฝ้าระวังสถานการณ์ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในห้องน้ำของประเทศไทยของสำนักกระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค ระหว่างปี พ.ศ. 2551 ถึง พ.ศ. 2560 พบผู้ป่วยหมดสติหรือเสียชีวิตขณะอาบน้ำในห้องน้ำที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส รวมทั้งสิ้น 18 เหตุการณ์ จำนวนผู้ป่วย 29 ราย เสียชีวิต 7 ราย หรืออัตราป่วยตาย ร้อยละ 25 พบระหว่างเดือนธันวาคมถึงมกราคม ส่วนใหญ่เกิดขึ้นในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย (กลุ่มกระบาดวิทยาและข่าวกรอง สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 1 เชียงใหม่, 2560)

จากปัญหาดังกล่าว จึงได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในห้องน้ำในสถานที่ท่องเที่ยว ในอำเภอฝางและอำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยเสี่ยงต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส การรับรู้และวิธีป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพ และจัดทำแนวทางการดำเนินงานเพื่อนำไปใช้ป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน และนักท่องเที่ยวที่มาพักในโรงแรม เพื่อนำไปสู่การกำหนดนโยบายเพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สของประเทศไทยต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อประเมินปัจจัยเสี่ยงด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว
- 1.2.2 เพื่อประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว
- 1.2.3 เพื่อจัดทำข้อเสนอแนะต่อแนวทางการดำเนินงานเพื่อลดผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว

1.3 คำนิยามศัพท์

- 1.3.1 เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส หมายถึง เครื่องทำน้ำร้อนที่ใช้ในบ้านเรือนหรือที่พักอาศัยต่าง ๆ โดยใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) เป็นตัวทำความร้อน เพื่อผลิตน้ำร้อนออกมาแบบทันที
- 1.3.2 ปัจจัยเสี่ยงด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม หมายถึง สาเหตุหรือลักษณะที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส ได้แก่ ลักษณะของเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส วิธีการติดตั้งและบำรุงรักษา ขนาดและวิธีการระบายอากาศในห้องน้ำที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส การรับรู้และพฤติกรรมการใช้งานของนักท่องเที่ยวที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส
- 1.3.3 ผลกระทบต่อสุขภาพ หมายถึง อาการที่เกิดขึ้นขณะที่มีการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส ได้แก่ เวียนศีรษะ ปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน ซึม มึนงง หายใจลำบาก หน้ามืดและหมดสติ
- 1.3.4 สถานที่ท่องเที่ยว หมายถึง สถานที่ที่จัดไว้เพื่อการพักผ่อนหย่อนใจหรือเพื่อความสนุกสนานตื่นเต้นหรือเพื่อหาความรู้ ทั้งนี้ ต้องมีการบริการผู้เดินทางในเรื่องของที่พักอาศัย อาหาร และบริการอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการพักอาศัยและเดินทาง ซึ่งหมายรวมถึง รีสอร์ท ที่พัก อุทยาน โฮมสเตย์ เกสต์เฮาส์ และบริเวณบริการกางเต็นท์เพื่อพักอาศัยชั่วคราวด้วย

1.4 ขอบเขตการศึกษา

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาแบบผสมผสาน (Mix-method research) โดยแบ่งการศึกษาเป็น 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 การประเมินปัจจัยเสี่ยงด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมและผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว

โดยพิจารณาปัจจัยเสี่ยงด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว ได้แก่ (1) ขนาดห้องน้ำและการระบายอากาศ (2) การติดตั้ง การบำรุงรักษา และการสื่อสาร แจ้งเตือน (3) ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นขณะใช้งาน 4 ชนิด ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซออกซิเจน และก๊าซโพรเพน (4) การรับรู้และพฤติกรรมของนักท่องเที่ยว รวมถึง (5) ผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดขึ้นขณะใช้งาน

ส่วนที่ 2 การจัดทำข้อเสนอแนะแนวทางการดำเนินงานเพื่อลดและป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในห้องน้ำในสถานที่ท่องเที่ยว

โดยการสัมภาษณ์ผู้กำหนดนโยบายและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งประชุมระดมสมองเพื่อให้ออกข้อเสนอมาตรการการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สของประเทศไทย ทั้งนี้ ขอบเขตการจัดทำข้อเสนอแนะและมาตรการในการลดและป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพให้ครอบคลุมมิติการบริหารจัดการ ได้แก่ นโยบาย กฎหมาย วิชาการ มาตรฐาน และการจัดการในระดับพื้นที่ และมีผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ได้แก่ นักท่องเที่ยว ผู้ประกอบการ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ทราบปัจจัยเสี่ยงสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส
- 1.5.2 ได้แนวทางแก่ผู้ประกอบการและนักท่งเกี่ยวข้องในการปฏิบัติตัวเพื่อลดผลกระทบต่อสุขภาพจากเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส
- 1.5.3 ได้ข้อเสนอแนะและแนวทางการดำเนินงานเพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องนำไปปฏิบัติหรือกำหนดมาตรการเพื่อลดผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่งเกี่ยวข้อง

บทที่ 2

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การประเมินปัจจัยเสี่ยงและผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว อำเภอฝางและอำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปัจจัยเสี่ยงและผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว และเพื่อจัดทำข้อเสนอแนะแนวทางการดำเนินงานเพื่อลดผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว โดยผู้วิจัยได้มีการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีรายละเอียดดังนี้

- 2.1 คำนิยามและหลักการการทำงานของเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส
- 2.2 สถานการณ์และผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส
- 2.3 ปัจจัยเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส
- 2.4 นโยบาย มาตรการ และกฎหมายที่เกี่ยวข้อง
- 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 2.6 กรอบแนวคิดการวิจัย

2.1 คำนิยามและหลักการการทำงานของเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

2.1.1 คำนิยาม

เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส เป็นคำที่ท้องตลาดและประชาชนทั่วไปเรียกใช้ตามชื่อ “เครื่องทำน้ำอุ่นแบบไฟฟ้า” ที่ใช้กันตามบ้านเรือนอย่างแพร่หลาย ทั้งนี้ เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สเป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่ในการให้ความร้อนแก่น้ำแบบทันที (Instant) เพื่อให้หน้าที่ผ่านเครื่องมีอุณหภูมิเหมาะสมแก่การใช้งาน และสามารถปรับตั้งให้มีอุณหภูมิของน้ำที่เหมาะสม และใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) เป็นเชื้อเพลิงในการให้ความร้อน อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันทางคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้มีการกำหนดชื่อเฉพาะสำหรับเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สที่ใช้ในท้องตลาดของประเทศไทยว่า “เครื่องทำน้ำร้อนระบบก๊าซแบบน้ำไหลผ่านร้อนทันที” (Instant Water Heater หรือ Tankless Water Heater หรือ Propane/LPG Water Heater) ซึ่งหมายถึง เครื่องทำน้ำร้อนที่มีวัตถุประสงค์ใช้ในบ้านเรือนหรือการใช้งานที่คล้ายคลึงกันซึ่งใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นเชื้อเพลิงสำหรับการทำความร้อนเท่านั้น

2.1.2 องค์ประกอบ

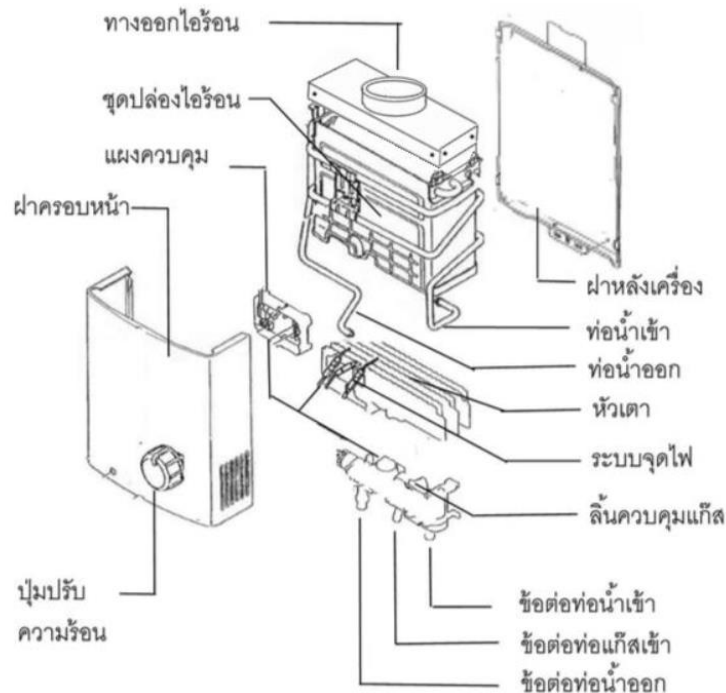
เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส มีองค์ประกอบหลักที่สำคัญ 12 ส่วน รายละเอียดและหน้าที่การทำงานของแต่ละส่วน ดังต่อไปนี้

- 1) ฝาครอบด้านหน้าและด้านหลังทำด้วยวัสดุทนความร้อน เช่น โลหะ และควรมีช่องสำหรับการยึดกับผนัง
- 2) แผงควบคุม ใช้สำหรับควบคุมปริมาณการจ่ายแก๊สเข้าสู่ระบบร่วมกับปุ่มปรับความร้อน (ถ้ามี) ปุ่มปรับความร้อนส่วนใหญ่มักเป็นแบบบิด เนื่องจากใช้งานได้สะดวก และปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน ตลอดจนยังมีความทนทานกว่าระบบการควบคุมแบบดิจิทัล การควบคุมดังกล่าวอาจแตกต่างกันไปในแต่ละยี่ห้อ เช่น บางยี่ห้อมีการควบคุมปริมาณการจ่ายแก๊สได้หลายระดับในชุดควบคุมชุดเดียว ในขณะที่บางยี่ห้ออาจจะมีชุดควบคุมแยกกัน โดยต้องมีการตั้งฤดูกาลก่อน (การปรับแบบหยาบ) และจึงค่อยตั้งความร้อน (การปรับแบบละเอียด) เป็นต้น นอกจากนี้บางยี่ห้อยังมีการติดตั้งชุดควบคุมแรงดันน้ำเพื่อใช้ในการควบคุมความเร็วของน้ำที่

เข้าสู่ระบบ (ความเร็วของน้ำสูง น้ำแรง แต่ประสิทธิภาพการจ่ายความร้อนอาจน้อย เมื่อเทียบกับความเร็วของน้ำน้อย น้ำจะสามารถมีระยะเวลาสัมผัสกับความร้อนได้ยาวนานกว่า และทำให้อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น) ทั้งนี้การควบคุมดังกล่าวจะแตกต่างกันออกไปในแต่ละสถานที่ที่อุณหภูมิของน้ำและแรงดันที่แตกต่างกัน

- 3) ชุดปล่องไอร้อน ใช้สำหรับการนำไอร้อนที่เกิดจากการเผาเชื้อเพลิง สู่ท่อน้ำสำหรับการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ น้ำ
- 4) ทางออกไอร้อน ใช้สำหรับการนำไอร้อนออกจากเครื่อง ส่วนใหญ่ตั้งอยู่ด้านบนของตัวเครื่อง ซึ่งถูกออกแบบมาให้ต่อกับท่อไอร้อนเพื่อนำไอร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ ระบายออกไปยังจุดที่ต้องการ
- 5) หัวเตา ใช้สำหรับการเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยให้เชื้อเพลิงก๊าซปิโตรเลียมเหลวไหลผ่านหัวเตา และเกิดการสันดาปอยู่บริเวณหัวเตา ดังนั้น วัสดุที่ใช้ทำหัวเตาควรเป็นวัสดุทนความร้อน ซึ่งหัวเตาส่วนใหญ่จะแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2-3 ส่วน เพื่อการควบคุมการให้ความร้อน หากผู้ใช้งานต้องการความร้อนสูง ชุดควบคุมจะทำการสั่งการให้เตาทั้ง 3 ส่วน เกิดการสันดาปพร้อมกัน ในขณะที่หากไม่ต้องการความร้อนสูงมาก อาจใช้เตาเพียง 1-2 ส่วน สำหรับให้ความร้อนแก่น้ำเท่านั้น
- 6) ระบบจุดไฟ เพื่อให้เชื้อเพลิงก๊าซปิโตรเลียมเหลวถูกสันดาปและให้ความร้อนออกมา เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส จำเป็นต้องมีระบบจุดไฟที่ทำให้เกิดประกายไฟฟ้าในช่วงสั้น และเกิดการสันดาปของก๊าซปิโตรเลียมเหลวอย่างทั่วถึง โดยระบบจุดไฟส่วนใหญ่ใช้ระบบจุดไฟด้วยประกายไฟฟ้าวจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องมีการใส่ถ่านไฟฉายสำหรับการให้พลังงานเบื้องต้น
- 7) ลิ้นควบคุมก๊าซ มีหน้าที่หลักในการควบคุมปริมาณก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่จ่ายเข้าสู่ระบบ โดยจะถูกควบคุมโดยชุดควบคุมที่กล่าวไว้ข้างต้น และเพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้งาน ลิ้นควบคุมก๊าซจะต้องทนต่อแรงดันและตัดการจ่ายก๊าซปิโตรเลียมเหลวกรณีที่ไม่มีน้ำไหลผ่านระบบ
- 8) ท่อน้ำเข้าและท่อน้ำออก มีหน้าที่รับน้ำเย็นและจ่ายน้ำร้อนออกจากระบบ โดยท่อส่วนใหญ่จะเป็นที่ที่สามารถนำความร้อนได้ดี
- 9) ข้อต่อท่อน้ำเข้าและข้อต่อท่อน้ำออก ใช้สำหรับการเชื่อมต่อท่อน้ำของระบบเข้ากับท่อน้ำภายนอกโดยไม่ให้เกิดการรั่วไหล
- 10) ข้อต่อท่อก๊าซเข้า ใช้สำหรับการเชื่อมต่อท่อก๊าซของระบบ กับท่อก๊าซภายนอก เพื่อไม่ให้เกิดการรั่วไหล
- 11) ปุ่มเปิด-ปิด (ถ้ามี) ใช้สำหรับการ เปิด-ปิด เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส โดยมักใช้ร่วมกับปุ่มปรับความร้อน และอาจมีหน้าจอ หลอดไฟ LED สำหรับการแสดงผลสถานะเปิด-ปิด ของตัวเครื่องอีกด้วย

ทั้งนี้ องค์ประกอบหลักของเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส โดยทั่วไปที่มีขายในท้องตลาด แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 องค์ประกอบของเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2562)

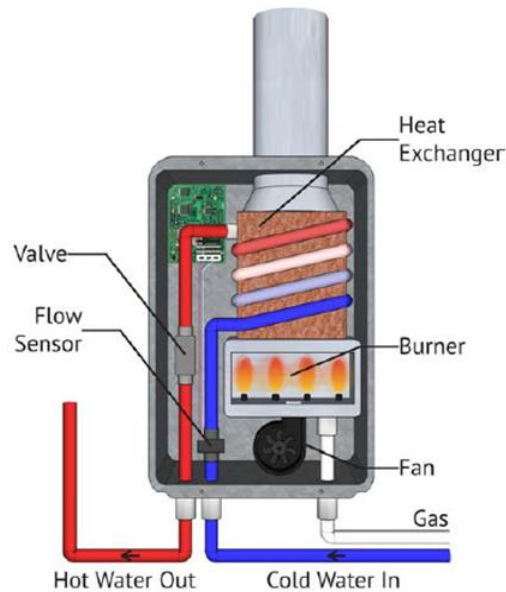
2.1.3 หลักการทำงาน

เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สมีหลักการ โดยการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) เป็นเชื้อเพลิงและทำการถ่ายเทความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงไปยังน้ำที่ไหลอยู่ภายในท่อ ขั้นตอนการทำงานของระบบโดยรวม ดังรูปที่ 2 รายละเอียดหลักการทำงาน ดังต่อไปนี้

- 1) เมื่อน้ำเย็นไหลเข้าสู่เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส ชุดควบคุมจะทำการสั่งลิ้นควบคุมก๊าซ ให้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเข้ามาสู่ระบบโดยอัตโนมัติ
- 2) เมื่อก๊าซปิโตรเลียมเหลวเข้ามาผ่านระบบท่อ ชุดควบคุมจะสั่งการให้ระบบจุดไฟทำการสร้างประกายไฟขึ้น เพื่อให้เกิดการสันดาบของก๊าซปิโตรเลียมเหลว
- 3) การสันดาบของก๊าซปิโตรเลียมเหลวจะใช้อากาศโดยรอบภายในเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในการสันดาบ
- 4) ไอร้อนที่เกิดขึ้นจะเคลื่อนที่ขึ้นสู่ด้านบน ผ่านปล่องไอร้อน
- 5) ความร้อนจะแพร่กระจายสู่ท่อที่อยู่โดยรอบของปล่องไอร้อน และส่งผ่านไปยังน้ำในท่อ
- 6) ความร้อนที่ส่งผ่านจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับปริมาณก๊าซที่ใช้ในการสันดาบ และความเร็วในการไหลของน้ำในท่อ ความเร็วของน้ำสูงจะส่งผลให้น้ำแรงแต่ประสิทธิภาพการจ่ายความร้อนอาจน้อย เมื่อเทียบกับความเร็วของน้ำน้อย น้ำจะสามารถมีระยะเวลาสัมผัสกับความร้อนได้ยาวนานกว่าและทำให้อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น
- 7) เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สบางเครื่องอาจจะมีการติดตั้งพัดลมดูดอากาศ เพื่อนำส่งก๊าซที่เกิดจากการสันดาบออกไปยังภายนอกระบบผ่านทางออกไอร้อน

ทั้งนี้ หลักการทำงานของเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สของสหรัฐอเมริกา มีการติดตั้งพัดลมจ่ายอากาศภายในเครื่องเพื่อจ่ายอากาศเข้าสู่ห้องเผาไหม้อย่างต่อเนื่อง ขณะที่เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในประเทศไทย

จะทำงานโดยให้อากาศวิ่งเข้าไปในห้องเผาไหม้จากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามธรรมชาติเองโดยอากาศทั้งหมดจะไหลผ่านตะแกรงด้านข้างของตัวเครื่อง



รูปที่ 2 หลักการทำงานเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส (Rapport, A., Brozyna, K., 2012)

2.1.4 เชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สใช้ Liquefied petroleum gas (LPG) เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้เพื่อผลิตความร้อน ซึ่งคุณสมบัติทั่วไปของก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ประกาศิต และคณะ (2562) อธิบายไว้ว่าประกอบด้วย ก๊าซโพรเพน บิวเทน และก๊าซอื่น ๆ โดยอาจจะมีส่วนผสมที่แตกต่างกันออกไป และมีการบีบอัดด้วยความดันสูงลงสู่ภาชนะที่บรรจุ โดยภาชนะที่บรรจุดังกล่าวต้องแข็งแรงสามารถทนความดันได้ไม่น้อยกว่า 250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โดยก๊าซปิโตรเลียมเหลวจะมีสถานะเป็นก๊าซที่ความดันปกติเนื่องจากมีจุดเดือดต่ำ โดยจะกลายเป็นไอที่อุณหภูมิศูนย์องศาเซลเซียส เมื่ออยู่ในอุณหภูมิปกติก๊าซจะกลายเป็นไอทันทีที่พ้นจากความดัน ติดไฟง่าย โดยอัตราส่วนของก๊าซในอากาศที่ทำให้ติดไฟ คือ 1.5 - 9 ส่วนใน 100 ส่วนของส่วนผสม (ถ้าเกินจากช่วงดังกล่าวจะไม่ติดไฟ) ให้ความร้อนสูง โดยมีอุณหภูมิเปลวไฟที่ 1,900-2,000 °C ค่าความร้อนของการเผาไหม้ ที่ 25 °C อยู่ระหว่าง 11,700 - 11,900 กิโลกรัม-แคลอรี (kcal/kg) หรือ 21,000 - 21,400 บีทียูต่อปอนด์ (Btu/lb) ขึ้นอยู่กับส่วนผสมของโพรเพนกับบิวเทน ในสถานะที่เป็นไอ ก๊าซจะมีความหนาแน่นที่หนักกว่าอากาศ ไอก๊าซจะหนักประมาณ 2 เท่าของอากาศ เมื่อมีสถานะที่เป็นของเหลว ก๊าซจะมีน้ำหนักน้อยกว่าน้ำประมาณครึ่งหนึ่ง อัตราการขยายตัวของก๊าซจากของเหลวเป็นไอสูงโดยก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่เป็นของเหลว 1 ลิตร เมื่อกลายเป็นไอสามารถขยายตัวได้ถึง 250 ลิตรเป็นเชื้อเพลิงที่สะอาดเกิดการเผาไหม้ที่สะอาดและให้พลังงานความร้อนสูง ไม่มีกลิ่น ไม่มีสี แต่เพื่อป้องกันอันตรายจากการรั่วไหล จึงต้องใส่สารเคมีเมอร์แคปแทน (Methyl Mercaptan) หรือ Thiophane ลงไปเพื่อให้มีกลิ่นฉุน โดยปกติก๊าซไม่เป็นพิษต่อร่างกายโดยตรง แต่ถ้ามีการหายใจเข้าสู่ปอดเป็นระยะเวลานานจะทำให้ร่างกายขาดออกซิเจน และอาจเป็นอันตรายต่อชีวิตได้ หากร่างกายขาดอากาศเป็นระยะเวลานานเกินควร นอกจากนี้ ยังอาจเกิดพิษทางอ้อมจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

2.1.5 ระบบความปลอดภัยทั่วไปเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สที่มีขายในประเทศไทยส่วนใหญ่ มักมีระบบความปลอดภัยทั่วไปเพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น โดยระบบความปลอดภัยที่พบในเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สโดยทั่วไปนั้น ประกอบด้วย ระบบจะไม่จ่ายแก๊ส LPG หากไม่มีน้ำเย็นไหลเข้าสู่ระบบ ระบบจะไม่จ่ายแก๊ส LPG หากแรงดันของน้ำเย็นไหลเข้าสู่ระบบสูงเกินไป ระบบจะตัดการจ่ายแก๊ส LPG เมื่อมีการเปิดเตาเกิน 20 นาที และระบบจะตัดการทำงานเมื่อมีความร้อนสูงเกิน 65 องศาเซลเซียส (°C)

2.1.6 ขนาดของเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สที่มีขายในประเทศไทยส่วนใหญ่ แบ่งขนาดตามปริมาณน้ำที่จ่ายออก ทั้งนี้ ผู้ที่นำไปใช้งานจะต้องประเมินความต้องการใช้น้ำร้อน เพื่อเลือกขนาดของเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สให้มีความเหมาะสม ตลอดจนคำนึงถึงสภาพอากาศในพื้นที่ทำการติดตั้ง หากในพื้นที่ใช้งานมีอากาศเย็น เช่น บนภูเขา อาจจำเป็นต้องใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อให้เพียงพอต่อการยกอุณหภูมิของน้ำในพื้นที่สู่ระดับที่ต้องการใช้งาน (Rapport and Brozyna, 2012)

2.1.7 การติดตั้งเครื่อง

หลักการสำคัญในการติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส คือ (1) ระบบจ่ายแก๊ส (2) การระบายอากาศ และ (3) ระบบจ่ายน้ำ ทั้งนี้ การติดตั้งเครื่องจำเป็นต้องตรวจสอบให้เป็นไปตามคู่มือความปลอดภัยของผู้ผลิต (Takagi, 2019) การระบายไอเสียเป็นสิ่งสำคัญในการติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส ควรติดตั้งในที่ที่มีการระบายอากาศเหมาะสมและมีท่อสแตนเลสนำไอเสียออกไปยังบริเวณหรือพื้นที่ที่มีการระบายอากาศดี (thisoldhouse, 2019) รายละเอียดการติดตั้ง ดังต่อไปนี้ (keepthewaterflowing, 2019)

- 1) ประเมินระบบจ่ายเชื้อเพลิงว่าจะนำเชื้อเพลิงมาจากแหล่งใด การเชื่อมต่อต้องมีความปลอดภัยเพื่อป้องกันการรั่วของก๊าซก่อนเข้าสู่เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส
- 2) ประเมินการระบายอากาศ โดยจำเป็นต้องประเมินการนำไอเสียออกไปทิ้งภายนอกอาคารเป็นอันดับแรก โดยอาจผ่านกำแพง หลังคาหรือปล่องใด ๆ โดยไม่มีสิ่งกีดขวาง ทั้งนี้ การติดตั้งดังกล่าวอาจเกี่ยวข้องกับระบบท่อเพิ่มเติม หากเป็นไปได้ติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สให้ใกล้กับทางออกของท่อไอเสียมากที่สุด นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงวัสดุที่นำมาใช้และการทนความร้อนของไอเสียได้
- 3) จุดติดตั้งอาจเป็นภายในหรือภายนอกห้องน้ำก็ได้ ดังที่กล่าวไว้ข้างต้นตามข้อ 2)
- 4) การเปลี่ยนเครื่องทำน้ำอุ่นเดิม ควรทำการรื้อถอนวัสดุที่เป็นอุปกรณ์ของเดิมออกให้หมดก่อนทำการติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นเครื่องใหม่ระบายน้ำและแก๊สออกจากเครื่องเก่า
- 5) ติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นด้วยอุปกรณ์ยึดติดที่แข็งแรง เช่น การยึดด้วยสกรูกับผนังตามคำแนะนำของคู่มือการติดตั้งของผู้ผลิต
- 6) ปิดวาล์วน้ำและแก๊สก่อนการติดตั้งระบบท่อส่ง เข้าสู่เครื่องทำน้ำอุ่นและทำการเปิดเมื่อติดตั้งอุปกรณ์เรียบร้อยแล้ว
- 7) หากทำการทดสอบระบบ แต่อุปกรณ์ไม่ทำงาน ควรทำการปิดวาล์วน้ำและแก๊สก่อนการตรวจสอบเพื่อหาสาเหตุ
- 8) ตำแหน่งการติดตั้ง ควรมีการระบุในแบบของอาคารที่ทำการติดตั้งอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม ตำแหน่งการติดตั้งขึ้นอยู่กับแบบกระจายน้ำในอาคาร (Rapport and Brozyna, 2012) โดยส่วนใหญ่เพื่อความสะดวกของผู้ใช้งาน ในประเทศไทยมีการติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สไว้

ภายในผนังของห้องน้ำและต่อตรงกับฝักบัว อย่างไรก็ตาม มีบางแห่งมีการติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สภายนอกอาคาร เพื่อผลิตน้ำร้อนและนำไปผสมกับท่อน้ำเย็นภายในห้องน้ำตามความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งอาจมีต้นทุนในการเดินท่อและติดตั้งสูงขึ้น

2.1.8 คุณภาพของน้ำและการดูแลรักษา

เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สมีความเสี่ยงสูงกับการกัดกร่อน เนื่องจากตะกอนที่เกิดจากความกระด้างของน้ำ การสะสมของตะกอนส่งผลให้น้ำมีการไหลในท่อภายในเครื่องได้น้อยลง และเกิดความเสี่ยงในการเกิดความเสียหายภายในตัวเครื่องได้ หากมีการให้ความร้อนแต่มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอ การจัดการคุณภาพน้ำเบื้องต้น เช่น การติดตั้งระบบ Softener หรือการทำความสะอาดท่อภายในเครื่องเป็นประจำตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการใช้งานเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส (Rapport and Brozyna, 2012)

2.1.9 การติดตั้งของเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส มีระบบความปลอดภัยภายในเครื่องเพื่อป้องกันอันตรายของการใช้ก๊าซและความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น ดังนั้น ปัญหาการติดตั้งของเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส อาจเกิดขึ้นได้ในกรณีที่แรงดันน้ำหรือปริมาณน้ำที่เข้าสู่ระบบไม่ต่อเนื่องหรือไม่คงที่ รวมทั้งปริมาณแก๊สที่เข้าสู่ระบบ กรณีดังกล่าวไม่ได้ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้งานเครื่อง แต่ส่งผลถึงความสบาย (Comfort) ของผู้ใช้งานในการได้รับสัมผัสน้ำเย็นเป็นช่วง ๆ ดังนั้น การติดตั้งควรดำเนินการตรวจสอบแรงดันน้ำ และแรงดันแก๊สให้คงที่อย่างสม่ำเสมอ (Rapport and Brozyna, 2012) สำหรับข้อดีและข้อเสียของเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส สรุปดังตารางที่ 1

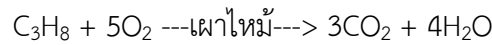
ข้อดี	ข้อเสีย
มีขนาดเล็ก	มีปัญหาในการทำความร้อนหากอัตราการไหลของน้ำต่ำ
ใช้พลังงานน้อย ประหยัดค่าใช้จ่าย	ราคาเครื่องสูง
มีน้ำร้อนใช้อย่างต่อเนื่อง	อาจใช้เวลานานในการผลิตน้ำร้อนในช่วงแรก
อุปกรณ์มีความทนทาน	ไม่เหมาะกับน้ำที่มีความกระด้างสูง
เหมาะสำหรับหน้าหนาว ในการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำให้สูงขึ้นแบบทันที	อาจได้รับสัมผัสกับน้ำเย็นเป็นบางครั้ง กรณีที่ระบบหยุดการทำงาน
ได้น้ำร้อนแบบทันที	มีความเสี่ยงต่อการสัมผัสคาร์บอนไดออกไซด์

2.2 สถานการณ์และผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

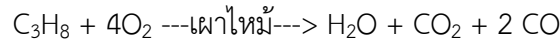
2.2.1 ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

การใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สเป็นระยะเวลานาน อาจทำให้ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO₂) เพิ่มขึ้น และก๊าซออกซิเจน (O₂) ในห้องน้ำลดลงซึ่งอาจก่อให้เกิดการเสียชีวิตของผู้ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นฯ ได้ แต่ก็ยังมี การติดตั้งภายนอกห้องน้ำ แม้จะมีปัญหาการปลดปล่อยผลิตภัณฑ์จากการสันดาปของก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) น้อยกว่า เนื่องจากภายนอกอาคารมีการระบายอากาศที่ดี แต่การติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นฯ ภายนอกห้องน้ำ ควรจะต้องมีการระบายอากาศที่ดีเช่นกัน และหากมีการติดตั้งกลางแจ้ง อาจต้องระวังการได้รับสัมผัสโดยตรงกับแสงแดดและฝน ซึ่งอาจจะทำให้เครื่องทำน้ำอุ่นเกิดความเสียหายจากการตั้งไวกลางแจ้งได้ ความเสี่ยงที่เกิดจากการติดตั้งระบบแก๊สที่ไม่สมบูรณ์นั้นยังพบน้อยมากมีเพียงการติดตั้งที่ผิดวิธี หรือติดตั้งแบบขาดความระมัดระวังส่งผลให้เกิดการรั่วของก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) และอาจเกิดการติดไฟ หรือระเบิดได้ แต่ปัญหานี้มักเกิดเฉพาะในช่วงการติดตั้งเท่านั้น

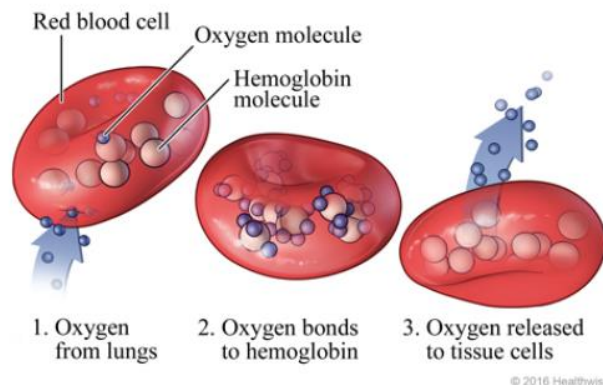
การทำงานของเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สต้องใช้เชื้อเพลิง คือ Liquefied Petroleum Gas (LPG) ที่มีก๊าซ C_3H_8 เป็นองค์ประกอบ และใช้ก๊าซ O_2 ในการเผาไหม้เพื่อผลิตความร้อน (กรมธุรกิจพลังงาน, 2551) จากการเผาไหม้ทำให้เกิดก๊าซ CO_2 ดังสมการ



หากก๊าซ O_2 ภายในห้องน้ำลดลงจนกระทั่งก๊าซ O_2 ไม่เพียงพอ และเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์จนทำให้เกิดก๊าซอันตราย CO เพิ่มขึ้นมาจากการที่เดิมมีก๊าซอันตราย CO_2 เพียงชนิดเดียวเท่านั้น ดังสมการ



ดังนั้น หากห้องน้ำมีระบบระบายอากาศไม่เหมาะสมจะเกิดการสะสมของก๊าซ CO และก๊าซ CO_2 ได้ ซึ่งก๊าซ CO และก๊าซ CO_2 เมื่อมีปริมาณมากขึ้น หากผู้ใช้ห้องน้ำหายใจเข้าไปอาจเกิดผลกระทบต่อสุขภาพ โดยเมื่อหายใจเอา CO เข้าสู่ร่างกาย CO จะเข้าไปแทนที่ O_2 ในการจับกับฮีโมโกลบิน และทำให้ร่างกายขาดออกซิเจนไปเลี้ยงเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของร่างกาย **รูปที่ 3** เนื่องจากกลไกการจับของ CO กับ ฮีโมโกลบินในเลือดมักพบคาร์บอกซีฮีโมโกลบิน (Carboxyhaemoglobin : CoHb) ในเลือดในระดับสูง (>2.5 mg % ในคนไม่สูบบุหรี่ หรือ > 5 % ในคนสูบบุหรี่) (ชูพงศ์ แสงสว่าง, 2562) นอกจากนี้ ยังพบว่าผู้ป่วยดังกล่าวมีปริมาณเมธฮีโมโกลบิน (Methemoglobin) ที่เกิดจากการได้รับสัมผัสสารประกอบไนโตรเจนในระดับสูง เช่น ไนตริกออกไซด์ (NO) และไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ที่เกิดขึ้นจากการสันดาปก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ที่ความร้อนสูงอีกด้วย ในช่วงแรกที่ได้รับหรือสัมผัสก๊าซชนิดนี้จะทำให้มีอาการระคายเคืองต่อบริเวณที่ได้สัมผัส เช่น ผื่นผิวหนัง เยื่อปมัยตาตา จมูก และคอ เป็นต้น รวมทั้งจะทำให้มีอาการเจ็บหน้าอก ไอ หายใจติดขัด และภูมิคุ้มกันทางโรคทางเดินหายใจลดลง ส่งผลให้ร่างกายเกิดการเจ็บป่วยได้ง่าย ซึ่งอาจก่อให้เกิดโรค เช่น โรคหลอดเลือดอักเสบ หอบหืด โรคถุงลมโป่งพอง เป็นต้น (จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ, 2555)



รูปที่ 3 การจับฮีโมโกลบินของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) (ที่มา : พรรณพร กะตะจิตต์, 2561)

รายละเอียดของความเข้มข้นและผลกระทบต่อสุขภาพ ดังนี้

1) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เป็นก๊าซพิษที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เป็นก๊าซที่มีอันตรายต่อสุขภาพอย่างมาก เพราะเมื่อสูดดมก๊าซ CO เข้าไป ก๊าซ CO จะไปแทนที่ออกซิเจนที่จับกับเม็ดเลือดแดง ส่งผลให้ร่างกายขาด O_2 โดยระดับความเข้มข้นของก๊าซ CO ที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และผลกระทบต่อสุขภาพ

ระดับความเข้มข้น CO (พีพีเอ็ม) ¹	ผลกระทบ
50 – 200	ปวดศีรษะเล็กน้อยและอ่อนเพลีย
201 – 400	คลื่นไส้ อาเจียน วิงเวียนศีรษะอย่างรุนแรงและอาจถึงขั้นเป็นลม
401 - 1,200	หัวใจเต้นเร็วขึ้นผิดปกติ และเริ่มเต้นผิดจังหวะ
1,201 - 2,000	อาจถึงขั้นหมดสติ และอาจถึงเสียชีวิต
2,001- 5,000	อาจทำให้เสียชีวิตภายในไม่กี่นาที อาจรอดชีวิตถ้ารีบนำผู้ป่วยออกจากบริเวณอับอากาศมาสู่บริเวณที่มีอากาศบริสุทธิ์หรือมี O ₂ เพียงพอ

หมายเหตุ: ¹ พีพีเอ็ม หมายถึง ส่วนในล้านส่วน (Part per Million ;ppm)

ที่มา : ศูนย์วิจัยและพัฒนาการป้องกันและจัดการภัยพิบัติ (2559)

การได้รับสัมผัสกับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) จะทำให้เม็ดเลือดแดงไม่สามารถรับออกซิเจน (O₂) ไปเลี้ยงเนื้อเยื่อต่างๆ ของร่างกายได้ เนื่องจากก๊าซชนิดนี้สามารถรวมตัวกับฮีโมโกลบินในเลือดได้ดีกว่าก๊าซออกซิเจน (O₂) ประมาณ 200 เท่า (Khanagwal and Sharma, 2014) จึงก่อให้เกิดผลกระทบต่ออวัยวะที่สำคัญของร่างกายได้ เช่น หัวใจ สมอง และกล้ามเนื้อ เป็นต้น ซึ่งจะทำให้เกิดอาการมึนงง ปวด หรือวิงเวียนศีรษะ อาเจียน แน่นหน้าอก ชัก เสียการทรงตัว อ่อนเพลีย หดแรงแง รู้สึกสับสน หายใจลำบาก และเกิดสภาวะสมองขาดออกซิเจนรวมทั้งอาจทำให้หมดสติและเสียชีวิตได้ ถ้าได้รับหรือสัมผัสในปริมาณมาก โดยผลกระทบจากการสัมผัสก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลกระทบจากการสัมผัสก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

ระดับความเข้มข้นก๊าซ CO (พีพีเอ็ม)	อาการ
35	เวียนหัว และปวดหัวจากการสัมผัสในระยะเวลา 6 – 8 ชั่วโมง
100	เกิดการปวดหัวจากรยะเวลาสัมผัส 2 – 3 ชั่วโมง
200	เกิดการปวดหัว และส่งผลกระทบต่อสติ
400	เกิดการปวดหัวจากรยะเวลาสัมผัส 1 – 2 ชั่วโมง
800	เวียนหัว และปวดหัวจากการสัมผัสในระยะเวลา 45 นาที และหมดสติใน 2 ชั่วโมง
1,600	เวียนหัว และปวดหัวจากการสัมผัสในระยะเวลา 20 นาที และเสียชีวิตใน 2 ชั่วโมง
3,200	เวียนหัวและปวดหัวจากการสัมผัสในระยะเวลา 5 – 10 นาที หมดสติและเสียชีวิตในระยะเวลา 30 นาที
6,400	เวียนหัว และปวดหัวจากการสัมผัสในระยะเวลา 1 – 2 นาที หมดสติ และเสียชีวิตในระยะเวลาสั้นกว่า 20 นาที
12,800 ppm	หมดสติจากการหายใจเพียง 2 – 3 ครั้ง และเสียชีวิตในระยะเวลาสั้นกว่า 3 นาที

2) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เป็นก๊าซที่ไม่มีสี มีสัดส่วนประมาณ 0.03% ในบรรยากาศทั่วไป ก๊าซ CO₂ เกิดจากธรรมชาติและเกิดจากมนุษย์ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิง เป็นต้น ผลกระทบต่อสุขภาพจากการได้รับก๊าซ CO₂ นี้เข้าไปในปริมาณมากจะทำให้มีอาการแน่นหน้าอก ปวดศีรษะ และเสียชีวิตได้ แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และผลกระทบต่อสุขภาพ

ระดับความเข้มข้นก๊าซ CO ₂ (พีพีเอ็ม)	ผลกระทบ
20,000 - 30,000	แน่นหน้าอก หายใจถี่
30,001 - 50,000	หายใจไม่ออก เหงื่อออก ซิวจรเต้นเร็ว
50,001 - 75,000	ปวดศีรษะ เวียนศีรษะ กระสับกระส่าย หายใจลำบาก อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นและความดันโลหิตสูง ตาพร่ามัว
75,001 - 100,000	คลื่นไส้ อาเจียน เป็นลมหมดสติ
100,001 - 300,000	โคมา เกิดอาการชัก และเสียชีวิตได้

ที่มา : Bureau of Land Management (2559)

3) ก๊าซโพรเพน (C₃H₈) เป็นส่วนประกอบสำคัญของ LPG ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงของแก๊สหุงต้ม ก๊าซ C₃H₈ เป็นสารปิโตรเคมีที่ได้จากกระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติ และกลั่นน้ำมันมีลักษณะเป็นแก๊สที่ไม่มีสี ติดไฟง่าย ระเบิดง่ายและหนักกว่าอากาศ หากร่างกายสูดดมก๊าซ C₃H₈ เข้าไปในปริมาณมากอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพได้ เนื่องจากไปขัดขวางการรับส่งออกซิเจนที่ปอดทำให้เกิดอาการ เวียนศีรษะ ง่วงซึม และอาจหมดสติได้ (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2547)

4) ก๊าซออกซิเจน (O₂) เป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส และละลายน้ำได้เล็กน้อยเมื่ออุณหภูมิลดลง โดยปกติก๊าซ O₂ อยู่ในอากาศประมาณร้อยละ 20.9 โดยระดับของก๊าซ O₂ ที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ร้อยละของก๊าซออกซิเจน (O₂) ที่อยู่ในอากาศและผลกระทบต่อสุขภาพ

ร้อยละก๊าซ O ₂ ในบรรยากาศ	ผลกระทบ
ร้อยละ 19.5	เป็นระดับความเข้มข้นขั้นต่ำที่สุดที่เหมาะสมสำหรับมนุษย์ตามกฎหมาย (US OSHA)
ร้อยละ 15 - 19.5	ทำให้ความสามารถในการทำงานของร่างกายลดลง โดยเฉพาะบุคคลที่เป็นโรคเกี่ยวกับหัวใจ ปอด และระบบหมุนเวียนโลหิต
ร้อยละ 12-15	หัวใจเต้นเร็ว หายใจถี่ การตัดสินใจช้าลง
ร้อยละ 10-12	หัวใจเต้นเร็วและหายใจถี่ขึ้น วิงเวียน ริมฝีปากเขียว
ร้อยละ 8-10	หัวใจล้มเหลว คลื่นเหียน อาเจียน หน้ามืด ไม่รู้สึกตัว
ร้อยละ 6-8	หยุดหายใจ เสียชีวิต

ที่มา: P.Yanisk and D.Kroll (2555)

จึงอาจกล่าวได้ว่า การติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สภายในห้องน้ำ ส่งผลให้เกิดผลิตภัณฑ์จากการสันดาปหมุนเวียนอยู่ในห้องน้ำ และปริมาณก๊าซออกซิเจน (O₂) ในห้องยังลดลง เนื่องจากถูกใช้ในการเผาไหม้ ทั้งนี้ ผลกระทบต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสมลพิษทางอากาศ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) เป็นต้น

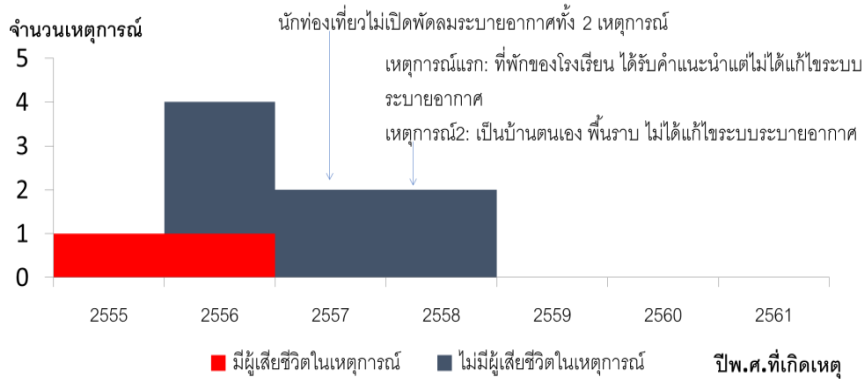
2.2.2 สถานการณ์ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

สถานการณ์ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในห้องน้ำของประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2551 ถึง พ.ศ. 2560 พบผู้ป่วยหมดสติและหรือเสียชีวิตขณะอาบน้ำในห้องน้ำที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส รวมทั้งสิ้น 18 เหตุการณ์ จำนวนผู้ป่วย 29 ราย เสียชีวิต 7 ราย หรือมีอัตราป่วยตาย ร้อยละ 25 ซึ่งส่วนใหญ่มีผู้ป่วยระหว่างเดือนธันวาคมถึงมกราคม และเกิดขึ้นในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย

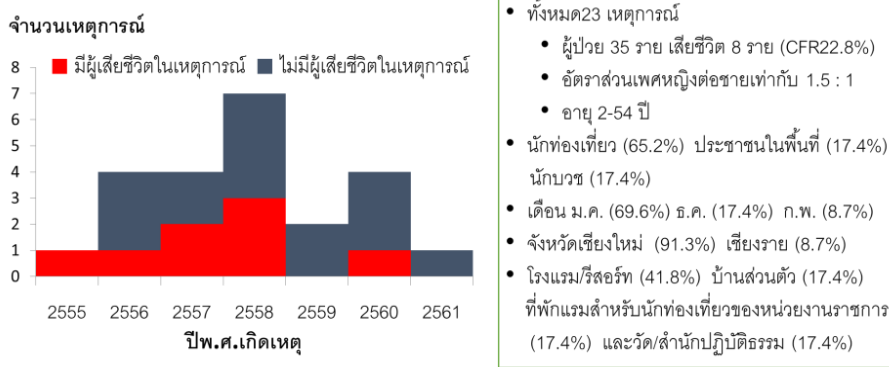
(กลุ่มระบาดวิทยาและข่าวกรอง สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 1 เชียงใหม่, 2560) ทั้งนี้ จากรายงานการสอบสวนโรคของสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 1 พบว่าเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นพบตามสถานที่พักต่าง ๆ ได้แก่ รีสอร์ท 12 ราย โรงแรม 4 ราย ที่พักราชการ 4 ราย สถานที่ปฏิบัติธรรม 4 ราย บ้าน 3 ราย และโรงเรียน 1 ราย ซึ่งมีหลายเหตุการณ์ที่พบผู้ป่วยหมดสติและหรือเสียชีวิตเนื่องจากการอาบน้ำที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สต่อเนื่องกันหลายคน โดยผู้ป่วยหมดสติหรือเสียชีวิตเป็นผู้ที่อาบน้ำในลำดับหลัง ๆ (กลุ่มงานสุขศึกษา โรงพยาบาลลำปาง, 2560) และได้มีการสอบสวนเพื่อให้ทราบถึงสาเหตุของการหมดสติหรือเสียชีวิตขณะอาบน้ำในห้องน้ำที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส มีกรณีศึกษา ดังนี้

- ในปี พ.ศ. 2556 มีเหตุการณ์พบผู้ป่วยเพศหญิงอายุ 28 ปีหมดสติและเสียชีวิตในห้องน้ำขณะอาบน้ำในที่พักแห่งหนึ่งบนดอยอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่ โดยเจ้าหน้าที่โรงพยาบาลฝาง จังหวัดเชียงใหม่ เก็บตัวอย่างเลือดของผู้เสียชีวิตส่งตรวจ Carboxyhemoglobin และ Methemoglobin และศึกษาระบบไหลเวียนอากาศในห้องน้ำของที่พักบนดอยอ่างขาง ทั้งที่พบและไม่พบผู้ป่วยจำนวน 4 แห่ง ๆ ละ 2 ห้อง โดยวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และก๊าซโพรเพน (C₃H₈) ในห้องน้ำขณะที่เปิดใช้งานเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในเวลา 0 - 30 นาที และตรวจสอบซ้ำภายหลังการแก้ไขระบบไหลเวียนอากาศ ผลการตรวจสอบในห้องที่พบผู้เสียชีวิต พบว่า ผู้ป่วยหมดสติและเสียชีวิตขณะอาบน้ำเกิดจากภาวะออกซิเจนในเลือดต่ำ (Hypoxia) เนื่องจากภาวะพิษของก๊าซ CO และการลดลงของก๊าซ O₂ สาเหตุมาจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในห้องน้ำที่พบก๊าซ CO ในระดับที่เป็นอันตรายต่อชีวิต และมีปัจจัยเสี่ยงสำคัญที่ทำให้เกิดการสะสมของก๊าซพิษ คือ ระบบไหลเวียนอากาศของห้องน้ำที่ไม่เหมาะสม เมื่อแก้ไขระบบการไหลเวียนอากาศโดยเพิ่มช่องระบายอากาศและติดตั้งลมระบายอากาศพบว่า มีก๊าซ CO ไม่เกินค่ามาตรฐาน ส่วนห้องน้ำที่มีช่องระบายอากาศที่ประตู ตรวจพบก๊าซ CO และก๊าซ C₃H₈ ไม่เกินค่ามาตรฐานเช่นกัน นอกจากนี้ยังมีปัจจัยเสี่ยงอื่น ได้แก่ มาตรฐานเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สสภาพพื้นที่สูงซึ่งมีก๊าซ O₂ เบาบางกว่าพื้นราบ อุณหภูมิภายนอกห้องน้ำที่ลดต่ำมาก (อากาศเย็น) ทำให้ความกดอากาศภายนอกห้องสูงกว่า และเพศหญิงซึ่งนำมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการอาบน้ำที่นานกว่าเพศชาย (ชูพงศ์ แสงสว่าง และคณะ, 2556)
- ในปี พ.ศ. 2558 มีผู้เสียชีวิต 2 ราย เป็นพระสงฆ์ที่วัดป่าแห่งหนึ่งในจังหวัดเชียงใหม่ ทั้ง 2 ราย ซึ่งสงสัยว่าเสียชีวิตจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในวัด จากการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในห้องน้ำ พบว่า ในห้องน้ำที่พบผู้เสียชีวิตมีก๊าซ CO₂ ก๊าซ CO และ ก๊าซ C₃H₈ ในปริมาณสูงมาก ตั้งแต่เริ่มเปิดใช้เครื่องทำน้ำอุ่นถึงนาทีที่ 5 และเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในขณะที่ปริมาณก๊าซ O₂ ในห้องน้ำลดลงโดยระหว่างที่เปิดใช้งานเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สไป 20 นาทีจะมีก๊าซ CO₂ เกิดขึ้น 20,000 พีพีเอ็ม ก๊าซ CO มากกว่า 380 พีพีเอ็ม เป็นระดับที่เกินกว่าเครื่องวัดได้และอาจเป็นอันตรายต่อผู้ตรวจวัด ในขณะที่เดียวกันปริมาณก๊าซ O₂ ในห้องน้ำลดลงอยู่ที่ร้อยละ 17 ซึ่งเป็นระดับที่อาจทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้ (ศูนย์อนามัยที่ 1 และสำนักป้องกันควบคุมโรคที่ 1 เชียงใหม่, 2558)

จากข้อมูล ผู้ที่ได้รับผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ พบมากใน 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบนที่มีอากาศหนาวเย็นในช่วงฤดูหนาว ส่งผลให้ประชาชนส่วนใหญ่ในพื้นที่มีการใช้งานเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สเป็นจำนวนมาก จากข้อมูลของกรมควบคุมโรคระหว่างปี 2551 - 2559 พบว่า มีจำนวนเหตุการณ์ที่มีผู้ป่วยจากการใช้งานเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สขณะอาบน้ำจำนวน 27 ราย และมีผู้เสียชีวิตทั้งหมด 6 คน ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 4 และ 5



รูปที่ 4 อุบัติการณ์ผู้ป่วย CO toxicity จากเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ปี 2555-2560 (ที่มา: ชูพงศ์ แสงสว่าง, 2562)



*ข้อมูลจากแบบสอบถามสอบสวนโรคฯ/ข้อมูลสรุปผลฯ เชียงใหม่ ข้อมูลสรุปผลฯ 1 เชียงใหม่

รูปที่ 5 อุบัติการณ์ CO toxicity จากเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน ปี 2555-2561 (ที่มา: ชูพงศ์ แสงสว่าง, 2562)

2.3 เกณฑ์ มาตรฐานและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

ก๊าซต่าง ๆ ที่กล่าวข้างต้น อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพทั้งระยะสั้นและระยะยาว โดยก๊าซแต่ละชนิดมีค่าความปลอดภัยต่อสุขภาพ ดังนี้

2.3.1 เกณฑ์ค่าความปลอดภัยจากมาตรฐานที่คำนึงถึงผลกระทบต่อสุขภาพของก๊าซที่เกี่ยวข้องกับการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

จากการทบทวนเกณฑ์ค่าความปลอดภัยจากมาตรฐานที่คำนึงถึงผลกระทบต่อสุขภาพของก๊าซที่เกี่ยวข้องกับเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส พบว่า มีการรายงานในองค์การสุขศาสตร์อุตสาหกรรมของสหรัฐอเมริกา (The National Institute for Occupational Safety and Health : NIOSH) กำหนดให้เป็นระดับความเข้มข้นที่มีผลต่อสุขภาพในระดับที่เป็นอันตรายในทันทีที่ได้รับ หรือหลังจากได้รับเป็นเวลานานหรือรับซ้ำ องค์การนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรมภาครัฐแห่งประเทศอเมริกา (American Conference of Governmental Industrial Hygienists ACGIH) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในด้านวิชาการและการกำหนดมาตรฐานแนะนำที่เกี่ยวข้อง และคณะกรรมการบริหารงานความปลอดภัยและสุขภาพอนามัย การประกอบอาชีพ (Occupational Safety and Health Administration : OSHA) สำนักงานบริหารความปลอดภัยและอาชีวอนามัยแห่งสหรัฐอเมริกา เป็นหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องด้านการดูแล กำหนด บังคับใช้กฎหมายที่เกี่ยวข้อง สรุปดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ระดับความเข้มข้นที่มีผลต่อสุขภาพของก๊าซที่เกี่ยวข้องกับเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

พารามิเตอร์	ค่าความปลอดภัยจากการได้รับสัมผัสในระยะสั้น	แหล่งที่มา	ค่า LDH ^ก	หน่วย	แหล่งที่มา
คาร์บอนมอนอกไซด์	100 300	Sweden ^ก (1984) United ^ข	1,200	หนึ่งในล้านส่วน (ppm)	CDC
คาร์บอนไดออกไซด์	30,000	NIOSH ^ก ACCIH ^ค	40,000	หนึ่งในล้านส่วน (ppm)	CDC
โพรเพน	1,000	NIOSH OSHA	2,100	หนึ่งในล้านส่วน (ppm)	CDC
ออกซิเจน	19.5 - 23.5	NIOSH OSHA	-	เปอร์เซ็นต์ (%)	-

^ก ค่าสัมผัสในระยะสั้น 15 นาที

^ข ค่าขีดจำกัดสำหรับการสัมผัสในระยะสั้น ๆ 10 นาที

^ค ค่าสัมผัสในระยะสั้น

^ง “ค่า IDLH (Immediately Dangerous to Life and Health) ” เป็นความเข้มข้นที่ The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) ของสหรัฐอเมริกากำหนดให้เป็นระดับความเข้มข้นที่มีผลต่อสุขภาพในระดับที่เป็นอันตรายในทันทีที่ได้รับ หรือหลังจากได้รับเป็นเวลานาน หรือรับซ้ำ

2.3.2 มาตรฐานของต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

เนื่องจากในต่างประเทศ มีการใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบแก๊สที่แตกต่างกันไปจากการใช้งาน อย่างไรก็ตาม มาตรฐานการใช้งานเครื่องทำน้ำร้อนแบบแก๊สที่ต่างประเทศได้มีการกำหนดมาตรการเพื่อความปลอดภัยตามหัวข้อต่าง ๆ ได้แก่ ท่อระบายอากาศต้องมีการต่อท่อสูงขึ้นไปผ่านหลังคาหรือผนัง และยึดแน่น ไม่เกิดความเสียหาย หากมีแผ่นดินไหว ท่อระบายอุณหภูมิจึงและความดันระบบจะต้องมีการระบายอุณหภูมิจึงและความดันในถังต้มน้ำเพื่อรักษาระดับความปลอดภัยภายในระบบ ถึงจะต้องมีสายรัดโดยรอบและยึดจับกับอุปกรณ์ที่คงทน ไม่เกิดการเคลื่อนไหวขณะที่เกิดแผ่นดินไหว ผนังถัง ควรเป็นวัสดุทนการเป็นสนิม และสามารถรับแรงดันได้ ชุดควบคุม จะต้องสามารถควบคุมอุณหภูมิและความดันในระบบเป็นไปตามที่ต้องการ และหม้อต้ม ต้องเป็นวัสดุทนความร้อน และไม่เกิดการกัดกร่อน ทั้งนี้ มาตรฐานของต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สชนิดให้ความร้อนแบบทันที ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 มาตรฐานในต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สชนิดให้ความร้อนแบบทันที

รหัสมาตรฐาน	หัวข้อ
ANSI Z21.10.1-2004/CSA 4.1-2004	Gas Water Heaters Volume 1, Storage Water Heaters with Input Ratings of 75,000 Btu Per Hour or Less
ANSI Z21.10.1a-2006/CSA4.1a-2006	Addenda 1 ANSI Z21.10.1-2004/CSA 4.1-2004 Gas Water Heaters Volume 1, Storage Water Heaters with Input Ratings of 75000 Btu Per Hour or Less
ANSI Z21.10.3-2004/CSA 4.3-2004	Gas Water Heaters - Volume III, Storage Water Heaters with Input Ratings Above 75,000 Btu per Hour, Circulating and Instantaneous
ANSI/ASHRAE 118.2-2006	Method of Testing for Rating Residential Water Heaters
ARI 470-95	Desuperheater/Water Heaters
AS 3498-1995	Authorization requirements for plumbing products - Water heaters and hot-water storage tanks (FOREIGN STANDARD)
AS 3498-2003	Authorization requirements for plumbing products - Water heaters and hot-water storage tanks (FOREIGN STANDARD)
AS 3498-2003/ Amdt 1-2005	Authorization requirements for plumbing products - Water heaters and hot-water storage tanks (FOREIGN STANDARD)
AS 3500.4-1994	National Plumbing and Drainage Code - Hot water supply systems (FOREIGN STANDARD)
AS 4552-2005	Gas fired water heaters for hot water supply and/or central heating (FOREIGN STANDARD)
AS/NZS 3500.4.2:1997	National Plumbing and Drainage - Hot water supply systems - Acceptable solutions (FOREIGN STANDARD)
ASTM A556/ A556M-96(2005)	Standard Specification for Seamless Cold-Drawn Carbon Steel Feedwater Heater Tubes
ASTM A688/ A688M-04	Standard Specification for Welded Austenitic Stainless-Steel Feedwater Heater Tubes
ASTM A765/ A765M-04	Standard Specification for Carbon Steel and Low-Alloy Steel Pressure-Vessel-Component Forgings with Mandatory Toughness Requirements
ASTM A803/ A803M-03	Standard Specification for Welded Ferritic Stainless-Steel Feedwater Heater Tubes
ASTM E1998-02	Standard Guide for Assessing Depressurization-Induced Backdrafting and Spillage from Vented Combustion Appliances

รหัสมาตรฐาน	หัวข้อ
CAN/CSA-P.3-98	Testing Method for Measuring Energy Consumption and Determining Efficiencies of Gas-Fired Water Heaters
CAN/CSA-P.7-98	Testing Method for Measuring Energy Loss of Gas-Fired Instantaneous Water Heaters
GB 4706.11-1997	Safety of household and similar electrical appliances Particular requirements for instantaneous water heaters
GB 6932-2001	Domestic gas instantaneous water heater
IAPMO IGC 102-2002	INTERIM GUIDE CRITERIA FOR AUTOMATIC SHUT-OFF SYSTEMS FOR LEAKING WATER HEATERS
IAPMO/ANSI UPC 1-2003 2003	Uniform Plumbing Code
IGC 175-2003	INTERIM GUIDE CRITERIA FOR ONE TIME USE WATER HEATER EMERGENCY SHUT-OFF DEVICES
JIS S 2094:2004	Measurement method of NOx emission rate for outdoor type instantaneous gas water heaters for domestic use (FOREIGN STANDARD)
JIS S 2109:2004	Gas burning water heaters for domestic use (FOREIGN STANDARD)
SS-EN 26	Gas-fired instantaneous water heaters for sanitary uses production, fitted with atmospheric burners (FOREIGN STANDARD)

ที่มา: ANSI Standard (2019)

นอกจากนี้ ยังข้อกำหนดและระเบียบเกี่ยวกับการติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิงในต่างประเทศ เช่น สหราชอาณาจักรมีกฎระเบียบความปลอดภัยเกี่ยวกับการติดตั้งและการใช้งานอุปกรณ์ที่ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิงต้องไม่ติดตั้งในห้องอาบน้ำหรือห้องน้ำ และการติดตั้งอุปกรณ์ทำความร้อนที่ใช้แก๊สต้องผ่านการทดสอบเพื่อให้มั่นใจว่าการเชื่อมต่อระบบท่อส่งแก๊สมีความปลอดภัยและตรวจสอบความปลอดภัยหลังจากติดตั้งเครื่องอย่างน้อยทุก 12 เดือนและบันทึกการตรวจสอบความปลอดภัยเป็นระยะเวลา 2 ปี (The Allen Consulting Group. , 2555)

รัฐเวสเทิร์นออสเตรเลียของออสเตรเลีย มีข้อกำหนดเกี่ยวกับมาตรฐานเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ใช้แก๊ส โดยผู้ติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้แก๊สจะต้องได้รับใบอนุญาตติดตั้ง และถ้าติดตั้งอุปกรณ์ในห้องนอนหรือห้องน้ำทุกประเภทต้องมีช่องระบายอากาศ มีปริมาตรห้องมากกว่า 30 ลูกบาศก์เมตร และมีช่องระบายอากาศ 2 ช่อง ติดตั้งระบบตรวจจับความเพียงพอของก๊าซ O₂ ที่ได้รับการรับรอง (The Allen Consulting Group. , 2555)

ในสหรัฐอเมริกา มีข้อบังคับกำหนดให้ใช้สัญญาณเตือนปริมาณก๊าซ CO ในบางรัฐ เช่น รัฐโอคลาโฮมา และรัฐเท็กซัสที่ใช้สัญญาณเตือนปริมาณก๊าซ CO ในศูนย์ดูแลเด็กเล็ก รัฐวอชิงตันและรัฐอาร์คันซอมีข้อบังคับใช้เฉพาะสำหรับที่พักอาศัยใหม่ รวมทั้งในรัฐอะแลสกาและรัฐโคโลราโดจะใช้กับที่พักอาศัยใหม่และที่พักอาศัยเดิม (The Allen Consulting Group., 2555)

2.3.3 กฎหมาย กฎระเบียบ หรือข้อบังคับที่เกี่ยวข้องในประเทศไทย

จากการทบทวนข้อมูลทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ ยังไม่พบกฎหมาย กฎระเบียบ หรือข้อบังคับที่เกี่ยวกับเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สโดยเฉพาะ อย่างไรก็ตาม ในประเทศไทยมีกฎหมายที่ใกล้เคียง ซึ่งเกี่ยวกับลักษณะห้องน้ำและสถานประกอบการ ได้แก่ (1) พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 (2) พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 และที่แก้ไขเพิ่มเติม และ (3) (ร่าง) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม รายละเอียดดังนี้

1) พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

กฎกระทรวง ฉบับที่ 63 (พ.ศ. 2551) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ในข้อ 9 ห้องน้ำและห้องส้วมจะแยกจากกันหรือรวมอยู่ในห้องเดียวกันก็ได้ โดยมีลักษณะดังต่อไปนี้

- (1) สร้างด้วยวัสดุทนทาน และทำความสะอาดง่าย
- (2) ระยะดิ่งระหว่างพื้นห้องถึงเพดานยอดฝาท่อหรือผนังตอนต่ำสุดต้องไม่ต่ำกว่า 2.00 เมตร
- (3) มีช่องระบายอากาศไม่น้อยกว่าร้อยละสิบของพื้นที่ห้อง หรือมีพัดลมระบายอากาศได้เพียงพอ
- (4) พื้นห้องน้ำและห้องส้วมมีความลาดเอียงไม่น้อยกว่า 1 ใน 100 ส่วน และมีจุดระบายน้ำตั้งอยู่ในตำแหน่งต่ำสุดบนพื้นห้อง
- (5) ในกรณีที่มีท่อระบายอุจจาระให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 10 เซนติเมตร และมีความลาดเอียงไม่น้อยกว่า 1 ใน 10 ส่วน
- (6) มีท่อระบายก๊าซขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 2.50 เซนติเมตร และมีความสูงอยู่ในระดับที่กลิ่นเหม็นของก๊าซไม่รบกวนผู้อื่น
- (7) ที่ปัสสาวะต้องมีระบบการดักกลิ่นและเป็นแบบใช้น้ำชำระลงสู่ระบบกำจัดสิ่งปฏิกูล
- (8) ในกรณีเป็นอาคารที่มีบุคคลเข้าใช้สอยประจำอยู่หลายชั้น การจะจัดให้มีห้องส้วมและที่ปัสสาวะในชั้นใดให้เป็นไปตามความจำเป็นและเหมาะสม
- (9) ในกรณีที่ห้องน้ำและห้องส้วมรวมอยู่ในห้องเดียวกัน ต้องมีขนาดพื้นที่ภายในของห้องไม่น้อยกว่า 1.50 ตารางเมตร แต่ถ้าห้องน้ำและห้องส้วมแยกกันต้องมีขนาดพื้นที่ภายในของแต่ละห้องไม่น้อยกว่า 0.90 ตารางเมตร และมีความกว้างไม่น้อยกว่า 90 เซนติเมตร

2) พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 และที่แก้ไขเพิ่มเติม

พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 และที่แก้ไขเพิ่มเติมมีประเด็นที่เกี่ยวข้องใน 2 ส่วน ได้แก่ หมวด 4 สุขลักษณะของอาคารและหมวด 7 กิจกรรมที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ โดยมีรายละเอียดดังนี้

หมวด 4 สุขลักษณะของอาคาร ซึ่งหมายรวมถึง ตึก บ้าน เรือน โรง ร้าน แพ คลังสินค้า สำนักงานหรือสิ่งที่สร้างขึ้นอย่างอื่นซึ่งบุคคลอาจเข้าอยู่หรือเข้าใช้สอยได้ ในมาตรา 21 ได้ระบุว่า เมื่อปรากฏแก่เจ้าพนักงานท้องถิ่นว่าอาคารหรือส่วนของอาคารใดหรือสิ่งหนึ่งสิ่งใดซึ่งต่อเนื่องกับอาคาร มีสภาพชำรุดทรุดโทรม หรือปล่อยให้สภาพทรุดโทรมจนอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้อยู่อาศัยหรือมีลักษณะไม่ถูกต้องด้วยสุขลักษณะของการใช้เป็นที่อยู่อาศัย ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นมีอำนาจออกคำสั่งเป็นหนังสือให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองอาคารนั้นจัดการแก้ไข เปลี่ยนแปลง รื้อถอนอาคาร หรือสิ่งหนึ่งสิ่งใดซึ่งต่อเนื่องกับอาคารทั้งหมด หรือแต่บางส่วน หรือจัดการอย่างอื่นตามความจำเป็นเพื่อมิให้เป็นอันตรายต่อสุขภาพ หรือให้ถูกต้องด้วยสุขลักษณะภายในเวลาซึ่งกำหนดให้ตามสมควร และมาตรา 23 ในกรณีที่เจ้าพนักงานท้องถิ่นได้ออกคำสั่งให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองอาคารผู้ใดดำเนินการตามมาตรา 21 และผู้นั้นละเลยไม่ปฏิบัติตามคำสั่งภายในเวลาที่

กำหนด เจ้าพนักงานท้องถิ่นมีอำนาจดำเนินการแทนได้ โดยเจ้าของหรือผู้ครอบครองดังกล่าวต้องเป็นผู้เสียค่าใช้จ่ายสำหรับการนั้น

หมวด 7 กิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ หมายถึง กิจการที่มีกระบวนการผลิตหรือกรรมวิธีการผลิตที่ก่อให้เกิดมลพิษหรือสิ่งทำให้เกิดโรค ซึ่งจะมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของคนงานหรือผู้ประกอบการหรือประชาชนที่อยู่ในบริเวณข้างเคียงนั้น ไม่ว่าจะเป็นเรื่องมลพิษทางอากาศ ทางน้ำ ทางดิน ทางเสียง แสง ความร้อน ความสั่นสะเทือน รังสี ฝุ่นละออง เหม่า เถ้า หรือมลพิษอื่นใด ทั้งหมด 13 กิจการ โดยกิจการที่เกี่ยวข้อง คือ กิจการที่ 9 กิจการที่เกี่ยวกับการบริการ การประกอบกิจการโรงแรม สถานที่พักที่มีใช้โรงแรมที่จัดไว้เพื่อให้บริการพักชั่วคราวสำหรับคนเดินทางหรือบุคคลอื่นใดโดยมีค่าตอบแทน หรือกิจการอื่นในทำนองเดียวกัน ซึ่งมีประเด็นที่เกี่ยวข้องกับโรงแรม สถานที่พัก

โดยแนวทางการควบคุมกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพตามพระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 ที่แก้ไขเพิ่มเติม มีหลักการการป้องกันและควบคุมปัญหาที่เกี่ยวข้องกับห้องน้ำ ดังนี้

(1) ด้านสุขลักษณะสถานประกอบการกิจการ

- จัดให้มีการรักษาความสะอาดของสถานที่ วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องใช้และสารเคมี ฯลฯ อยู่เสมอ
- มีการตรวจสอบสภาพของวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องใช้ระบบไฟฟ้าและสารเคมี ฯลฯ ให้พร้อมใช้งานอยู่เสมอ
- มีการจัดการระบายอากาศที่ดี
- การจัดแสงสว่างที่เหมาะสม
- ดูแลคุณลักษณะของน้ำกินน้ำใช้
- ควบคุมการตรวจสอบให้มีระบบไฟฟ้าที่ปลอดภัย
- มีทางออกฉุกเฉิน ระบบเตือนภัย เครื่องดับเพลิง การออกแบบอาคาร

(2) ด้านสุขอนามัยและการคุ้มครองความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน ลูกจ้างหรือผู้มารับบริการ

- การดูแลสุขอนามัยของผู้ปฏิบัติงาน
- การดูแลสุขอนามัยของผู้รับบริการ

(3) ด้านสุขาภิบาลและอนามัยสิ่งแวดล้อม

- จัดให้มีห้องน้ำ ห้องส้วม ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้าและที่รองรับมูลฝอยที่ได้สุขลักษณะเพียงพอ เพราะมีการคัดแยกอย่างเหมาะสม

3) (ร่าง) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกี่ยวกับเครื่องทำน้ำร้อนระบบก๊าซแบบน้ำไหลผ่านร้อนทันที

ในปัจจุบัน สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2562) ได้ร่างมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกี่ยวกับเครื่องทำน้ำร้อนระบบก๊าซแบบน้ำไหลผ่านร้อนทันที (Gas Instantaneous Water Heaters) ออกมาโดยมีการกำหนดคุณลักษณะของเครื่องทำน้ำร้อนระบบก๊าซแบบน้ำไหลผ่านร้อนทันที ประกอบด้วย อุณหภูมิน้ำทางออก การรั่วของก๊าซ อัตราการใช้ก๊าซสูงสุด ความดันน้ำ ความทนต่อความร้อนของสารเคลือบผิว การเผาไหม้การจุดไฟประสิทธิภาพการทำน้ำร้อน เครื่องหมายและฉลาก โดยจะแสดงถึงลักษณะและวิธีการทดสอบในแต่ละประเด็นรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. อุณหภูมิน้ำทางออก อุณหภูมิของน้ำทางออกต้องไม่เกิน 93 °C และเครื่องทำน้ำร้อนที่ออกแบบมาให้จ่ายน้ำแก๊สชีวภาพ อุณหภูมิของน้ำทางออกต้องไม่เกิน 55 °C

การทดสอบ โดยให้เครื่องทำน้ำร้อนทำงานที่อัตราการใช้ก๊าซสูงสุด (ปั๊มปรับความร้อนปรับไปตำแหน่งร้อนสุด) และให้อัตราการไหลของน้ำที่ 25% 50% 75% และ 100% ของอัตราการผลิตน้ำร้อนสูงสุด ตามที่ผู้ผลิตระบุกำหนดให้อุณหภูมิน้ำเข้า 25 ± 1 องศาเซลเซียส (°C) แล้ววัดอุณหภูมิของน้ำทางออก สำหรับเครื่องทำน้ำร้อนที่ออกแบบมาให้จ่ายน้ำแก๊สชีวภาพให้ติดตั้งฝักบัวขณะทดสอบ

2. ความดันน้ำ ความดันน้ำที่ระบุเครื่องทำน้ำร้อนระบบปิดที่ระบุต้องไม่น้อยกว่า 0.6 เมกะปาสกาล (MPa) ความทนความดันน้ำเครื่องทำน้ำร้อนระบบปิดต้องทนความดันน้ำขณะล้นทางออกน้ำปิดอยู่ไม่น้อยกว่า 2 เท่าของความดันน้ำที่ระบุ เครื่องทำน้ำร้อนระบบเปิดต้องทนความดันน้ำขณะล้นทางออกน้ำปิดอยู่ไม่น้อยกว่า 0.15 MPa เมื่อทดสอบตามข้อกำหนดแล้วต้องไม่มีการรั่วซึมของน้ำหรือมีการเสียรูปอย่างถาวร

การทดสอบ ให้ความดันน้ำทดสอบในระหว่างการทำงานตามปกติดังนี้ 2 เท่าของความดันน้ำที่ระบุ สำหรับเครื่องทำน้ำร้อนชนิดระบบปิด และ 0.15 MPa สำหรับเครื่องทำน้ำร้อนชนิดระบบเปิด ถ้าเครื่องทำน้ำร้อนชนิดระบบเปิดมีลิ้นควบคุมการไหลของน้ำ ให้บ่อนความดันน้ำ 2 MPa ที่ทางน้ำเข้าของเครื่องทำน้ำร้อน ในขณะที่ล้นปิดโดยอุปกรณ์ผ่อนคลายความดันของเครื่องทำน้ำร้อนต้องไม่ทำงาน (ถ้ามี) จากนั้นให้เพิ่มความดันขึ้นด้วยอัตรา 0.13 เมกะปาสกาลต่อวินาที (MPa/s) จนถึงความดันน้ำทดสอบแล้วคงไว้ 5 นาที

3. การรั่วของก๊าซ เมื่ออัดอากาศที่ความดัน 15 กิโลปาสกาล (kPa) นั้บฟองอากาศที่เกิดขึ้นต้องไม่เกิน 6 ฟองใน 1 นาที

การทดสอบ ต่ออุปกรณ์วัดการรั่วของก๊าซ (bubble leak indicator) ซึ่งทำด้วยแก้วใสหรือพลาสติก เข้ากับเครื่องทำน้ำร้อนและเครื่องอัดอากาศ โดยใช้ท่อนำก๊าซ

(1) อัดอากาศที่ความดัน 15 ± 0.1 kPa ผ่านอุปกรณ์วัดการรั่วของก๊าซประมาณ 1 นาที

(2) เปิดลิ้นควบคุมก๊าซของหัวฉีดประมาณ 1 นาที

(3) ปิดลิ้นควบคุมก๊าซ แล้วปล่อยไว้ 2 นาที หลังจากนั้นจึงเริ่มนับฟองอากาศที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา 1 นาที แล้วบันทึกผล

(4) เปิด - ปิด ลิ้นควบคุมก๊าซ 6,000 ครั้ง แล้วทดสอบตาม (1) ถึง (4)

4. อัตราการใช้ก๊าซสูงสุด เมื่อทดสอบแล้วอัตราการใช้ก๊าซสูงสุดต้องไม่แตกต่างจากที่ผู้ผลิตระบุเกินกว่า $\pm 10\%$

การทดสอบ ให้เครื่องทำน้ำร้อนทำงานที่อัตราการใช้ก๊าซสูงสุด ปั๊มปรับความร้อนปรับไปตำแหน่งร้อนสุด และให้อัตราการไหลของน้ำเป็นไปตามอัตราการผลิตน้ำร้อนสูงสุดตามผู้ผลิตระบุ จนได้อุณหภูมิทางน้ำออกคงที่ (แตกต่างไม่เกิน ± 1 °C) จากนั้นวัดปริมาณการใช้ก๊าซเป็นระยะเวลา 5 นาที

5. ความทนต่อความร้อนของสารเคลือบผิว เมื่อทดสอบแล้ว สีหรือสารที่เคลือบตกแต่งผิวส่วนที่ไม่สัมผัสกับเปลวไฟโดยตรงต้องทนอุณหภูมิสูงได้โดยไม่เสื่อมสภาพ เช่น เปลี่ยนสี หลุดล่อน แตกกร้าว

การทดสอบ ชิ้นส่วนที่ไม่สัมผัสกับเปลวไฟโดยตรงที่มีสีหรือสารเคลือบตกแต่งไว้ให้ตัดเป็นชิ้นทดสอบรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 150×200 มิลลิเมตร หรือให้มีความกว้างไม่น้อยกว่า 100 มิลลิเมตร มีพื้นที่ไม่น้อยกว่า 30,000 ตารางมิลลิเมตรให้อบขึ้นทดสอบจนได้อุณหภูมิ 200 ± 5 °C ภายในเวลา 10 นาที แล้วนำชิ้นทดสอบออกมาจุ่มในน้ำที่อุณหภูมิ 27 ± 2 °C ภายในเวลา 5 วินาที นำชิ้นทดสอบเช็ดให้แห้งแล้วตรวจดูการเปลี่ยนแปลงของผิวโดยเทียบกับผิวเดิมหรือชิ้นทดสอบสำหรับเปรียบเทียบแล้ว แต่กรณีให้ทดสอบจนครบ 5 ชิ้น

6. การเผาไหม้

- (1) ความสมบูรณ์ของการเผาไหม้ เมื่อทดสอบแล้วเปลวไฟจากการเผาไหม้ต้องสม่ำเสมอไม่มีเขม่า
- (2) การเกิดเปลวไฟลอยตัวและเปลวไฟย้อนกลับ เมื่อทดสอบแล้ว ต้องไม่เกิดเปลวไฟลอยตัวและเปลวไฟย้อนกลับ
- (3) คาร์บอนมอนอกไซด์จากการเผาไหม้ เมื่อทดสอบแล้ว ปริมาณก๊าซจากการเผาไหม้ซึ่งแห้ง และไม่มีออกซิเจนส่วนเกิน ต้องไม่เกิน 0.1 % ขณะเปิดลิ้นควบคุมสูงสุด
- (4) เสียงที่เกิดจากเครื่องทำน้ำร้อน เมื่อทดสอบแล้วยอมให้เกิดเสียงดังต่อเนื่องได้ไม่เกิน 60 เดซิเบล (dBA)

การทดสอบ

- (1) ความสมบูรณ์ของการเผาไหม้ให้ปรับอุปกรณ์ควบคุมความดันก๊าซไว้ที่ 2.74 ± 0.01 kPa จากนั้นให้เครื่องทำน้ำร้อนทำงานที่อัตราการใช้ก๊าซสูงสุด (ปุ่มปรับความร้อนปรับไปตำแหน่งร้อนสุด) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นตรวจพินิจสีของเปลวไฟและตรวจดูเขม่าที่เกิดขึ้นภายในชุดปล่อง แล้วบันทึกผล จากนั้นจึงปรับอุปกรณ์ควบคุมความดันก๊าซไว้ที่ 1.64 ± 0.01 kPa และทดสอบตามข้างต้นอีกครั้ง แล้วบันทึกผล
- (2) การเกิดเปลวไฟลอยตัวและเปลวไฟย้อนกลับให้ปรับอุปกรณ์ควบคุมความดันก๊าซไว้ที่ 2.74 ± 0.01 kPa จากนั้นให้เครื่องทำน้ำร้อนทำงานที่อัตราการใช้ก๊าซสูงสุด (ปุ่มปรับความร้อนปรับไปตำแหน่งร้อนสุด) เป็นเวลา 0.5 ชั่วโมง จากนั้นเพิ่มความดันก๊าซเป็น 3.01 ± 0.01 kPa และลดความดันก๊าซ 0.55 ± 0.01 kPa ตามลำดับ พร้อมกับตรวจพินิจว่ามีการลอยตัวของเปลวไฟ การดับและเปลวไฟย้อนกลับหรือไม่
- (3) คาร์บอนมอนอกไซด์จากการเผาไหม้ ให้ทำการทดสอบนี้ 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 ให้ใช้ก๊าซโพรเพน และครั้งที่ 2 ให้ใช้ก๊าซบิวเทน และให้ติดตั้งอุปกรณ์ดักก๊าซให้ครอบคลุมเครื่องทำน้ำร้อนที่สามารถควบคุมอัตราการไหลของก๊าซจากการเผาไหม้ จากนั้นจึงทำการปรับอุปกรณ์ควบคุมความดันก๊าซไว้ที่ 2.74 ± 0.01 kPa ให้เครื่องทำน้ำร้อนทำงานที่อัตราการใช้ก๊าซสูงสุด (ปุ่มปรับความร้อนปรับไปตำแหน่งร้อนสุด) แล้วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซจากการเผาไหม้ให้ออกเพียงด้านเดียว โดยไม่มีอากาศภายนอกไหลเข้าไปผสม (ทดสอบอากาศภายนอกไหลเข้าอาจทำได้โดยการทำให้เกิดควันอื่น บริเวณโดยรอบอุปกรณ์ดักก๊าซแล้วตรวจดูควันไหลเข้าอุปกรณ์ดักก๊าซหรือไม่ โดยให้ทำการทดสอบทุกครั้ง) จากนั้นให้เครื่องทำน้ำร้อนทำงานที่อัตราการใช้ก๊าซสูงสุดเป็นเวลา 15 นาที พร้อมกับเก็บตัวอย่างก๊าซเพื่อนำไปวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ให้ปรับอุปกรณ์ควบคุมความดันก๊าซไว้ที่ 3.01 ± 0.01 kPa และให้เครื่องทำน้ำร้อนทำงานที่อัตราการใช้ก๊าซสูงสุด เป็นเวลา 15 นาที พร้อมกับเก็บตัวอย่างก๊าซเพื่อนำไปวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์อีกครั้ง
- (4) เสียงที่เกิดจากเครื่องทำน้ำร้อน มีเสียงไม่เกิน 10 dBA จากนั้นให้เครื่องทำน้ำร้อนทำงานที่อัตราการใช้ก๊าซสูงสุดโดยวัดเสียง 3 ตำแหน่ง คือด้านหน้า 1 ด้านและด้านข้างทั้ง 2 ด้านโดยห่างจากเตา 1 เมตร

7. การจุดไฟ เมื่อทดสอบการจุดไฟจนครบ 6,000 ครั้งแล้ว เครื่องทำน้ำร้อนต้องเกิดเปลวไฟที่หัวเตาไม่น้อยกว่า 95 ครั้งในแต่ละรอบการจุดไฟ 100 ครั้งและต้องไม่มีการจุดไม่ติดต่อเนื่องกัน และต้องไม่มีการระเบิด การทดสอบการจุดไฟให้ทำตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

- (1) เมื่อติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนแล้ว จุดเปลวไฟที่หัวเตาตามวิธีที่ผู้ผลิตระบุไว้ในคำแนะนำการติดตั้งเป็นจำนวน 100 ครั้ง
- (2) บันทึกค่าจำนวนครั้งที่หัวเตาไม่เกิดเปลวไฟ จำนวนครั้งการจุดไม่ติดต่อเนื่องกันและจำนวนครั้งของการระเปิด
- (3) ทำ (1) และ (2) ซ้ำอีก 59 รอบ

8. ประสิทธิภาพการทำน้ำร้อน เมื่อทดสอบแล้วประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องไม่ต่ำกว่า 75% การทดสอบ ให้เครื่องทำน้ำร้อนทำงานที่อัตราการใช้ก๊าซสูงสุด (ปุ่มปรับความร้อนปรับไปตำแหน่งร้อนสุด) และให้อัตราการไหลของน้ำเป็นไปตามอัตราการผลิตน้ำร้อนสูงสุดตามที่ผู้ผลิตระบุจนได้อุณหภูมิทางน้ำออกคงที่ (แตกต่างกันไม่เกิน ± 1 °C) จากนั้นวัดปริมาณการใช้ก๊าซเป็นระยะเวลา 5 นาที และคำนวณหาค่าประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องทำน้ำร้อน

9. เครื่องหมายและฉลากเครื่องทำน้ำร้อน ทุกเครื่องต้องระบุ ตัวเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน และถาวร

- (1) ประเภท ขนาดระบุ และ ขนาดรุ่น
- (2) ความดันก๊าซที่ทางเข้า
- (3) วัน เดือน ปี ที่ผลิต
- (4) ชื่อผู้ผลิตหรือโรงงานที่ผลิต หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน พร้อมสถานที่ตั้ง
- (5) ประเทศที่ผลิต
- (6) ตำแหน่ง เปิด ปิดของลิ้นควบคุมก๊าซ
- (7) ข้อแนะนำสำหรับจุดติดตั้ง ระบุว่า : ห้ามติดตั้งในห้องที่ไม่มีการระบายอากาศ สถานที่ตั้งต้องมีการระบายอากาศที่ดี
- (8) ข้อแนะนำสำหรับการดูแลรักษา ระบุว่า : หมั่นตรวจสอบช่องอากาศเข้า สังเกตว่าเป็นช่องรอบตัวเครื่องจะต้องไม่มีสิ่งใดทำให้เกิดการอุดตัน
- (9) วิธีการใช้ มีระบุว่า : ไม่ควรใช้เครื่องต่อเนื่องกันเป็นเวลาเกิน 20 นาที
- (10) คำเตือน ระบุว่า : ห้ามติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่น เครื่องทำน้ำร้อนในห้องอาบน้ำที่ไม่มีที่ระบายอากาศ และหากได้กลิ่นแก๊สให้หยุดการใช้งานของเครื่องทันที
- (11) การระบุทางน้ำเข้าและทางน้ำออก

ทั้งนี้ เครื่องทำน้ำอุ่นหรือเครื่องทำน้ำร้อนทุกเครื่องต้องมีคู่มือแนะนำการใช้ซึ่งอย่างน้อยต้องรายละเอียดดังต่อไปนี้

- (1) การติดตั้ง เครื่องทำน้ำร้อน
 - ต้องระบุถึง : ห้ามติดตั้งในห้องอาบน้ำที่ไม่มีที่ระบายอากาศ สถานที่ติดตั้งต้องมีการระบายอากาศที่ดี
 - ต้องระบุถึง : ต้องมีการตรวจสอบการรั่วซึมข้อต่อแก๊สหลังติดตั้ง (สามารถใช้วิธีการตรวจสอบด้วยฟองสบู่)
- (2) วิธีการใช้งานและการบำรุงรักษา : การเปลี่ยนวัสดุอุปกรณ์และวิธีการบำรุงรักษาเครื่องตามระยะเวลาที่กำหนด
- (3) คำเตือนระบุถึง
 - ไม่ควรใช้เครื่องในสถานะที่นอกเหนือจากระบุไว้ในคู่มือเพราะอาจทำให้เกิดอันตรายได้ในเรื่องระบายอากาศ

- ถ้าใช้เครื่องในห้องหลายชั่วโมงจะเป็นการลดออกซิเจนในอากาศทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์
 - ห้ามติดตั้งเครื่องในห้องอาบน้ำที่ไม่มีการระบายอากาศ
 - หากได้กลิ่นแก๊สให้หยุดการใช้งานของเครื่องทันทีและวิธีการป้องกันเบื้องต้น
- (4) คำแนะนำเพื่อความปลอดภัยอื่น ระบุถึงหมั่นตรวจสอบช่องอากาศเข้า สังเกตว่าเป็นช่องรอบตัวเครื่องจะต้องไม่มีสิ่งใดทำให้เกิดการอุดตัน

อย่างไรก็ดี มาตรฐานดังกล่าวยังอยู่ระหว่างการพิจารณาของคณะกรรมการ และเป็นมาตรฐานสำหรับผลิตภัณฑ์ ยังไม่มีมาตรฐานสำหรับการติดตั้งที่เหมาะสม

2.3.4 ตัวอย่างนโยบายและมาตรการในการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพ

1) มาตรการความปลอดภัยทางการท่องเที่ยว

กองมาตรฐานและกำกับความปลอดภัยนักท่องเที่ยว ได้มีมาตรการเกี่ยวกับความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน (กองมาตรฐานและกำกับความปลอดภัยนักท่องเที่ยว, 2562) ดังนี้

- (1) จัดการจัดกิจกรรมโครงการประชาสัมพันธ์และเตือนภัยด้านการท่องเที่ยว ทำโครงการประชาสัมพันธ์และเตือนภัยด้านการท่องเที่ยว ให้ข้อมูลเตือนภัยด้านการท่องเที่ยว และคำแนะนำในการป้องกันภัยจากการท่องเที่ยวแก่นักท่องเที่ยว ประชาสัมพันธ์ช่องทางการร้องเรียน ร้องทุกข์ และข้อมูลเกี่ยวกับการช่วยเหลือเยี่ยวยานักท่องเที่ยวชาวต่างชาติ สร้างความเชื่อมั่นและทัศนคติที่ดีในการท่องเที่ยวแก่นักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติ
- (2) การจัดกิจกรรมพัฒนาบุคลากรทางการท่องเที่ยวเพื่อสร้างมาตรการความปลอดภัยด้านการท่องเที่ยว จัดอบรมเชิงปฏิบัติการให้แก่บุคลากรทางการท่องเที่ยว เช่น ผู้ประกอบการโรงแรม พนักงานโรงแรม เจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย เพื่อเตรียมความพร้อมของบุคลากรทางการท่องเที่ยวให้มีความรู้ในการสังเกต และจดจำบุคคลต้องสงสัย การประเมินสถานการณ์ภัยคุกคาม การบริหารจัดการในภาวะวิกฤต รวมทั้งเป็นการสร้างเครือข่ายในการบูรณาการการทำงานร่วมกันระหว่างภาครัฐและภาคเอกชน
- (3) การจัดกิจกรรมฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่องความปลอดภัยในการท่องเที่ยว จัดกิจกรรมฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่องความปลอดภัยในการท่องเที่ยวเพื่อสร้างความรู้ ความเข้าใจในทักษะด้านการปฐมพยาบาลเบื้องต้นและการช่วยฟื้นคืนชีพเบื้องต้นที่มีประสิทธิภาพและเกิดประสิทธิผลแก่ผู้ประกอบการธุรกิจและผู้ประกอบอาชีพด้านการท่องเที่ยว เป็นการพัฒนาและส่งเสริมคุณภาพการให้บริการด้านการท่องเที่ยวให้มีมาตรฐานที่ดียิ่งขึ้น เพื่อเป็นการส่งเสริมภาพลักษณ์ของประเทศไทย

2) นโยบายต่างประเทศ

จากการรายงานของ Rapport and Brozyna (2012) ภายใต้กระทรวงพลังงานสหรัฐอเมริกา (United States Department of Energy) ทำการพัฒนาแนวทางสำหรับผู้บริโภคในการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำอุ่นระบบเดิมไปใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สชนิดแบบให้ความร้อนทันทีเพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการประหยัดพลังงาน โดยในรายงานได้กล่าวถึง คุณสมบัติของเครื่องเลือกอุปกรณ์ ขนาด ที่ตั้ง การใช้งาน การติดตั้งและการบำรุงรักษา ทั้งนี้ การติดตั้งสามารถช่วยทั้งทางด้านประหยัดพลังงานและพื้นที่ ระยะเวลาใช้งานที่ยาวนานกว่าเมื่อเทียบกับแบบหม้อต้มทั่วไปและน้ำที่สะอาดกว่า จึงได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐ

อย่างไรก็ตามในรายงานได้ระบุว่า เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สจะต้องตั้งอยู่ภายนอกห้องน้ำโดยมีการถ่ายเทเพียง น้ำร้อนเข้ามายังห้องน้ำเท่านั้น

นอกจากนโยบายจากภาครัฐ ผู้ผลิตในสหรัฐอเมริกามีมาตรการในการป้องกันความเสี่ยงที่เกิดจากการใช้งานที่ผิดพลาดของผู้ใช้งาน โดยได้มีการกำหนดขอบเขตการรับประกันเครื่องจากความเสียหาย เช่น การระบายอากาศไม่ดี การติดตั้งที่ไม่เหมาะสม คุณภาพน้ำไม่ดีอาจส่งผลต่อความเสียหายของเครื่อง ความเสียหายจากการใช้ความดันสูงเกินกว่าที่กำหนด การขยายตัวเนื่องจากความร้อน และการเผาในภาวะที่มีอากาศที่ไม่เพียงพอ เป็นต้น

2.4 ปัจจัยเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า ปัจจัยเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สนั้นมีหลายปัจจัยด้วยกัน ได้แก่

2.4.1 ยี่ห้อ จากการศึกษาโดยการสำรวจ พบว่า ปัจจัยความเสี่ยงทางด้านยี่ห้อของเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส มีความเสี่ยงต่ำ เนื่องจากทุกยี่ห้อที่มีขายในตลาดนั้น มีระบบป้องกันและความปลอดภัยที่ใกล้เคียงกันทั้งหมด อาจแตกต่างกันเพียงวัสดุและการใช้งาน ตลอดจนการแสดงผลและการควบคุมระบบ อย่างไรก็ตาม พบว่าวัสดุที่ใช้ในเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สนั้น มีการทาสีกันสนิมบาง และมีโอกาสในการรื้อหรือรื้อได้ง่าย ซึ่งอาจส่งผลต่อการใช้งานในระยะยาวที่อาจมีความแตกต่างกันในแต่ละยี่ห้อ

อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพการเผาไหม้แก๊สและให้ความร้อนของแต่ละยี่ห้ออาจมีความแตกต่างกัน เนื่องจากปริมาณแก๊สที่ใช้ในการเผาไหม้ที่มีลักษณะแตกต่างกันไปในแต่ละยี่ห้อ ทั้งนี้ การปล่อยให้แก๊สพุ่งตมเข้าไปเผาไหม้ในเครื่องในปริมาณที่มากขึ้นในขณะที่การจ่ายอากาศเข้าสู่ภายในเครื่องคงที่อาจส่งผลให้ปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ไม่เพียงพอ ถึงแม้ว่าจะทำให้น้ำร้อนขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่ส่งผลให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ลดลง และเกิดเป็นมลพิษทางอากาศ เช่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) ออกมาพร้อมกับไอเสีย เป็นต้น

2.4.2 วิธีการติดตั้ง การติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในประเทศไทยมีลักษณะการติดตั้งคล้ายเครื่องทำน้ำอุ่นระบบไฟฟ้า โดยจะติดตั้งให้ใกล้กับผู้ใช้งานให้มากที่สุด เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถปรับระดับความร้อนของเครื่องผ่านชุดควบคุมได้อย่างสะดวกและต่อท่อส่งออกตรงสู่ฝักบัวเพื่อใช้ในการอาบน้ำโดยตรง มีเพียงบางส่วนเท่านั้นที่ทำการติดตั้งภายนอกอาคาร เพื่อผลิตน้ำร้อนและเข้ามาผสมกับน้ำเย็นภายในห้องน้ำก่อนเข้าสู่ฝักบัวเพื่อใช้ในการอาบน้ำต่อไป

วิธีการติดตั้งภายในห้องน้ำดังกล่าว อาจก่อให้เกิดความเสี่ยงสูงต่อผู้ใช้งาน เนื่องจากไม่มีการต่อท่อไอร้อนออกจากห้องน้ำไปยังภายนอกอาคารอย่างเหมาะสม หากห้องน้ำที่ติดตั้งมีการระบายอากาศต่ำ ก๊าซที่เป็นผลิตภัณฑ์จากการสันดาป เช่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จะถูกปลดปล่อยอยู่ภายในห้องน้ำ นอกจากนี้ปริมาณก๊าซออกซิเจน (O₂) ภายในห้องน้ำจะลดลงอย่างต่อเนื่องเนื่องจากถูกใช้ไปในการสันดาป ส่งผลให้เกิดผลกระทบโดยตรงต่อผู้ใช้งาน เช่น ขาดออกซิเจน หรือหมดสติ เนื่องจากการสัมผัสก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มากเกินไป สถานการณ์อาจรุนแรงขึ้นหากห้องน้ำมีขนาดเล็กและมีการใช้งานเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากการลดลงของก๊าซออกซิเจนในห้องน้ำจะส่งผลให้อัตรการเกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์สูงขึ้น

2.4.3 สภาพการใช้งาน การใช้งานเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สเป็นการใช้งานทั่วไปเช่นเดียวกับเครื่องทำน้ำอุ่นระบบไฟฟ้า คือ มีการทำงานโดยอัตโนมัติของเครื่อง (จุดไฟด้วยระบบจุดแก๊สชนิด Impulse Ignition โดยใช้แบตเตอรี่) เมื่อมีน้ำไหลผ่านเครื่องและมีการปิดระบบอัตโนมัติเมื่อไม่มีน้ำไหลผ่าน โดยผู้ใช้งานอาจมีการปรับอุณหภูมิ โดยปรับแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก คือ (1) การปรับจำนวนแฉวของเปลวไฟ เป็นการควบคุมปริมาณแก๊สที่ไหลเข้าแบบหยาบ โดยปกติหากปรับเป็น 1 แฉว เหมาะกับน้ำเข้าที่อุณหภูมิไม่ต่ำมาก เช่น ฤดูร้อน ขณะที่การปรับแบบ 3 แฉวเหมาะกับน้ำเข้าที่มีอุณหภูมิต่ำ เช่น ช่วงฤดูหนาว และ (2) การปรับอุณหภูมิแบบละเอียดเป็นการปรับปริมาณก๊าซที่จ่ายเข้าสู่ระบบ โดยหากปรับปริมาณก๊าซที่จ่ายเข้าสู่ระบบสูงขึ้นส่งผลให้เกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงมากขึ้นส่งผลให้อุณหภูมิของน้ำปรับตัวสูงขึ้น ทั้งนี้ บางยี่ห้ออาจมีจอแสดงอุณหภูมิของน้ำที่ไหลออกสู่ฝักบัว เพื่อให้ผู้ใช้งานที่ทราบรายละเอียดสถานะอุณหภูมิตัดสินใจช่วงระหว่างการใช้งานเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส ทั้งนี้ ความเสี่ยงที่เกิดจากสภาพการใช้งานเกิดจากปริมาณแก๊ส โดยหากปรับปริมาณแก๊สที่จ่ายเข้าสู่เครื่องทำน้ำอุ่นมากอาจส่งผลให้เกิดไอเสียในปริมาณที่สูงขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้ การปรับปริมาณแก๊สที่จ่ายเข้าสู่เครื่องทำน้ำอุ่นมากขึ้นอาจส่งผลให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ และทำให้ปริมาณมลพิษทางอากาศ เช่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) มีปริมาณสูงขึ้นเช่นกัน

นอกจากนี้การใช้งานของเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส ที่มักติดตั้งไว้ภายในห้องน้ำที่มีความร้อน และความชื้นสูง โดยขาดการบำรุงรักษา ส่งผลให้มักเกิดสนิม และเกิดรอยร้าวของท่อได้ การรั่วของท่อก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) อาจส่งผลให้เกิดการติดไฟ หรือเกิดการระเบิดขึ้นได้

2.4.4 การบำรุงรักษา การบำรุงรักษาเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส ส่วนใหญ่ได้รับการดูแลอย่างถูกต้อง น้อยมาก โดยจะได้รับการบำรุงรักษาหรือเปลี่ยนอุปกรณ์เมื่อเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สเครื่องไม่สามารถใช้งานได้อย่างปกติ หรือไม่สามารใช้งานได้ ทั้งนี้โดยส่วนใหญ่แล้วเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส หากมีการชำรุดหรือไม่สามารถทำงานได้อย่างปกติ เจ้าของเครื่องมักดำเนินการเปลี่ยนเครื่องใหม่ทันที โดยไม่มีการนำไปซ่อม สายนำแก๊สควรเป็นสายที่ออกแบบมาสำหรับการใช้งานกับแก๊สหุงต้มเท่านั้น ต้องมีเหล็กรัดสายยางท่อส่งแก๊สหรือเข็มขัดรัด ที่ไม่เป็นสนิม ทั้งนี้ ความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นต่อผู้ใช้งานหากมีการชำรุด คือ การได้รับสัมผัสมลพิษทางอากาศและความเสี่ยงจากการระเบิด เนื่องจากการรั่วไหลของก๊าซหุงต้มจากเครื่องที่ขาดการบำรุงรักษา

2.4.5 พฤติกรรมการใช้งานของผู้ที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส อาจส่งผลให้เกิดความเสี่ยงต่อผู้ใช้งานเองได้ เช่น การอาบน้ำอย่างต่อเนื่องในระยะเวลาที่ยาวนานในห้องที่มีสภาพปิด ไม่มีการระบายอากาศ และมีการติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สภายในห้องน้ำ อาจส่งผลให้เกิดการสัมผัสมลพิษทางอากาศเป็นระยะเวลานานจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเครื่องและอาจส่งผลต่อชีวิตของผู้ใช้งานได้ นอกจากนี้ ผู้ที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในพื้นที่ภูเขาและมีอากาศหนาวเย็นจะหลีกเลี่ยงการสัมผัสอากาศภายนอกห้องน้ำขณะที่ทำการอาบน้ำ จึงมักปิดหน้าต่างหรือพัดลมระบายอากาศ ส่งผลให้ภายในห้องน้ำขาดการระบายอากาศและเกิดการสะสมของมลพิษทางอากาศที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงได้ง่าย การอาบน้ำแบบต่อเนื่องกันในห้องน้ำที่มีเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สและไม่มีการระบายอากาศ โดยไม่ได้เปิดประตูทิ้งไว้หลังการอาบน้ำ ทำให้ไม่สามารถระบายก๊าซมลพิษทางอากาศออกจากภายในห้องน้ำได้ส่งผลให้ผู้ใช้งานห้องน้ำคนถัดไปได้รับผลกระทบจากการสัมผัสมลพิษทางอากาศในห้องน้ำที่สะสมอยู่จากการใช้งานเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สของผู้ใช้งานก่อนหน้า

อย่างไรก็ตาม ปัจจัยอื่น ๆ ที่ทำให้เกิดอาการรุนแรงจากมลพิษทางอากาศขณะอาบน้ำด้วยเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส (ชูฟงศ์ แสงสว่าง, 2562) นอกเหนือจากการติดตั้งตัวเครื่องไว้ในห้องน้ำแล้ว การระบายอากาศไม่ดี และระยะเวลาสัมผัสยาวนาน เช่น การใช้ระยะเวลาการอาบน้ำนาน การมีโรคประจำตัวผู้ป่วย การ

ขาดความรู้เรื่องการใช้งานที่ปลอดภัย และอากาศภายนอกที่เย็นทำให้ผู้ใช้งานปิดการระบายอากาศขณะอาบน้ำ

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาของงานวิจัย พบว่า เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สมีข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องน้อย เนื่องจากในต่างประเทศนิยมใช้ในการทำน้ำร้อนและจ่ายเข้าสู่ระบบท่อโดยตรงสู่อ่างน้ำร้อน ผู้ใช้งานจะทำการผสมน้ำด้วยตนเองภายในห้องน้ำ ซึ่งระบบดังกล่าวมีการติดตั้งในพื้นที่ปิดที่ไม่มีผู้คนอาศัยอยู่ เช่น ชั้นใต้ดินหรืออาคารที่แยกออกจากตัวบ้านเพื่อป้องกันความเสียหายของตัวเครื่องทำน้ำร้อนจากบรรยากาศภายนอก ดังนั้นอันตรายต่อสุขภาพ จึงมีความแตกต่างกันออกไปจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันของประเทศไทย ทั้งนี้ มีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับห้องน้ำที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สและผลกระทบต่อสุขภาพจากภาวะความเป็นพิษของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เนื่องจากมีหลายเหตุการณ์ที่มีผู้ได้รับอันตรายจากก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในห้องน้ำที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส และมีการตรวจวัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และพฤติกรรมของผู้ใช้ห้องน้ำ โดยห้องน้ำที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สพบ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มากกว่าหรือเท่ากับ 500 พีพีเอ็ม หากมีการสัมผัสก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นเวลานานอาจเป็นอันตรายต่อผู้ใช้ห้องน้ำได้และผู้ใช้ห้องน้ำมากกว่า 1 ใน 3 ไม่ทราบถึงอันตรายที่เกิดขึ้นจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส (Donald Simpson Michale W. Calnan, 2016)

จากการศึกษาของ Centers for Disease Control and Prevention (2007) พบว่า สหรัฐอเมริกามีจำนวนผู้เสียชีวิตจากการได้รับสัมผัสก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในบ้านถึงประมาณ 439 คนต่อปี คิดเป็นสัดส่วนผู้เสียชีวิตอยู่ที่ 1.5 ต่อล้านคนต่อปี แต่ยังไม่ได้แยกแยะว่าเกิดจากเครื่องทำน้ำร้อนภายในบ้าน โดยพบว่าผู้เสียชีวิตส่วนใหญ่มีอายุมากกว่าหรือเท่ากับ 65 ปี และพบอัตราการเสียชีวิตสูงอยู่ในเดือนมกราคม และในเมืองคลีฟแลนด์ (Cleveland) มีผู้ป่วยสูงถึง 11 คน โดย 1 คนเสียชีวิตในปี ค.ศ.2014 สำหรับสถิติในจีนพบว่า มีผู้ป่วยที่สัมผัสก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นปริมาณถึง 25,737 คน ระหว่างปี ค.ศ.1999 – 2012 โดยมีเพียง 7,278 คนที่ได้รับการรักษาโดยการให้ออกซิเจน ในขณะที่ผู้ป่วยเป็นจำนวนถึง 18,459 คน ไม่ได้รับการรักษาโดยให้ออกซิเจน (Huang et al. , 2017)

ในประเทศสาธารณรัฐเยอรมนี มีรายงานการเสียชีวิตที่เกิดจากคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่เกิดจากเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส โดยพบการเสียชีวิต 2 กรณี ที่เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของก๊าซธรรมชาติทำให้เกิดคาร์บอนมอนอกไซด์ (D Breindl และ S Pollak, 1989) สอดคล้องกับการศึกษาความเป็นพิษของคาร์บอนมอนอกไซด์ จากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นแบบแก๊สจากเมืองปาดัน ประเทศเนปาล พบผู้หญิงอายุ 34 ปี สุขภาพดี หมดสติขณะอาบน้ำที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในเวลา 15 นาที โดยมีอาการหยุดหายใจ หัวใจหยุดเต้น และอุณหภูมิในร่างกายต่ำกว่าปกติ เนื่องจาก CO มีความเป็นพิษต่อชีวิต CO สามารถเข้าไปจับกับฮีโมโกลบินเร็วกว่าออกซิเจนถึง 230 เท่า ทำให้เซลล์ถูกทำลายและตายได้ (Bidesh Bista และคณะ, 2017)

จากข้อมูลการสำรวจของ Farzaneh et al. (2015) พบว่า ผู้เสียชีวิตจากการได้รับสัมผัสก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) จำนวน 35 คนในเมืองอาร์เดบิล ประเทศอิหร่าน มีอายุเฉลี่ยประมาณ 33.7 ± 21.4 ปี โดยส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มอายุ 20-40 ปี โดยพบสาเหตุหลักของการเสียชีวิตจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นร้อยละ 49 แก๊สฮีทเตอร์ ร้อยละ 31 ฮีทเตอร์น้ำมัน ร้อยละ 11 และการเผาเชื้อเพลิงแข็ง เช่น ไม้ ร้อยละ 9 ทั้งนี้ Wuori (2003) ได้กล่าวถึงความเสี่ยงของการใช้เครื่องทำน้ำร้อนระบบแก๊สชนิดหม้อต้ม (gas-fired water heaters) สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนหลัก คือ (1) อันตรายที่เกิดจากการจุดไฟภายใต้สภาวะที่มีไอของก๊าซที่สามารถติดไฟได้ เช่น ใช้น้ำมัน ทินเนอร์ ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ซึ่งพบว่ามีกรณีการบาดเจ็บของผู้ใช้งานเครื่องทำ

น้ำอุ่นดังกล่าวจากการจุดแก๊สภายใต้สภาวะที่มีโอโรเซของสารตั้งที่กล่าวไว้ข้างต้น นอกจากนี้ ยังรวมถึง (2) การบาดเจ็บเนื่องจากน้ำร้อนลวกอีกด้วย

ในต่างประเทศ มีการศึกษาถึงผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส โดย Ma et al. (2019) และ Quintä et al. (2019) ระบุว่า คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และไนตริกออกไซด์ (NO) เป็นผลิตภัณฑ์หลักของการสันดาปแก๊สภายในเครื่องทำน้ำอุ่นแบบก๊าซ โดยปริมาณการระบายคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และไนตริกออกไซด์ (NO) ที่เกิดขึ้นแตกต่างกันออกไป โดยขึ้นอยู่กับปริมาณแก๊สที่ใช้และอากาศที่จ่ายเข้าสู่ห้องเผาของเครื่องทำน้ำอุ่น การถ่ายเทความร้อนของเครื่องอาจแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับการออกแบบของผู้ผลิต การได้รับสัมผัสกับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) จะส่งผลให้เกิดอาการคลื่นไส้ร้อยละ 40 ปวดหัวร้อยละ 46 หายใจลำบากร้อยละ 20 และหัวใจเต้นเร็วร้อยละ 41 นอกจากนี้ยังทำให้เกิดอาการวิงเวียนและอาเจียน (Grieb et al., 2011; Garland and Pearce, 1967) โดยส่งผลให้เกิดฮีโมโกลบินที่จับกับคาร์บอนมอนอกไซด์ หรือ Carboxyhemoglobin (COHb) อย่างไรก็ตามการศึกษาของ Sokal and Kralkowska (1985) ระบุว่าความรุนแรงของอาการไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณของ COHb แต่ขึ้นอยู่กับระยะเวลาการสัมผัส ทั้งนี้ความรุนแรงดังกล่าวมักขึ้นกับปริมาณ Lactate ในเลือด

การรักษาผู้ป่วยที่ได้รับการสัมผัสกับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) แบบเฉียบพลัน โดยปกตินิยมใช้การรักษาโดยให้ออกซิเจนโดยตรงแก่ผู้ป่วย (Hyperbaric oxygen therapy; HBOT) โดยจากการศึกษาของ Huang et al. (2017), Annane et al. (2011) และ Sinkovic et al. (2006) พบว่า การให้ออกซิเจนโดยตรงแก่ผู้ป่วย (HBOT) สามารถช่วยลดการเสียชีวิตของผู้ที่ได้รับสัมผัสกับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับผู้ป่วยที่มีอายุน้อยกว่า 20 ปี Huang et al. (2017) นอกจากนี้จากการศึกษาของ Liao et al. (2019) ยังพบว่า การรักษาโดยให้ออกซิเจนโดยตรงแก่ผู้ป่วย (HBOT) ควรให้การรักษาโดยเร็วที่สุดภายใน 22.5 ชั่วโมง

สำหรับการได้รับสัมผัสไนตริกออกไซด์ (NO) ในปริมาณสูง อาจส่งผลให้เกิดการออกซิไดซ์ฮีโมโกลบิน กลายเป็นภาวะเมธฮีโมโกลบินนีเมีย (methemoglobinemia: metHb) โดยฮีโมโกลบินจะสูญเสียความสามารถในการจับตัวกับออกซิเจน และยังส่งผลให้เกิดการส่งผ่านออกซิเจนในร่างกายได้น้อยลง (Salguero and Cummings, 2002) โดยจะส่งผลได้อย่างเด่นชัดเมื่อเม็ดเลือดแดงมีปริมาณ metHb มากกว่า 1% การได้รับสัมผัส NO ที่ความเข้มข้นน้อยกว่า 40 พีพีเอ็ม ส่งผลให้เกิดความเป็นพิษในระยะสั้น (Short-term toxicity) อย่างไรก็ตามหากสัมผัสที่ความเข้มข้นมากกว่า 80 พีพีเอ็ม จะส่งผลให้ความเป็นพิษรุนแรงและชัดเจนมากขึ้น (Davidson et al., 1998; Wessel et al., 1997) การสัมผัสที่ความเข้มข้นต่ำ อาจส่งผลให้เกิดภาวะแทรกซ้อนในปอด (Hallman et al., 1998)

เนื่องจากสภาพการใช้งานของเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในประเทศไทย และติดตั้งที่แตกต่างจากต่างประเทศ ดังนั้น ผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในประเทศไทย จึงมีเพียงการสัมผัสกับมลพิษทางอากาศที่สะสมอยู่ในห้องน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการได้รับสัมผัสกับก๊าซ CO ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพดังที่กล่าวไว้ข้างต้น และยังมีการศึกษาภาวะความเป็นพิษของก๊าซ CO จากการใช้งานเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในห้องน้ำในเมืองคาเมรอน ไฮแลนด์ ประเทศมาเลเซีย พบผู้หมดสติและเสียชีวิตขณะอาบน้ำในห้องน้ำที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส ในช่วงเดือนสิงหาคมและกันยายนปี พ.ศ. 2538 จำนวน 2 เหตุการณ์โดยมีผู้เสียชีวิต 2 ราย และรอดชีวิต 1 ราย จากตรวจพิษวิทยาในเลือดปรากฏว่ามีระดับก๊าซ CO สูง ซึ่งทั้ง 2 เหตุการณ์พบในห้องน้ำที่ติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส และจากการตรวจวัดระดับของก๊าซ CO ในห้องน้ำ พบว่า ในระหว่างที่เปิดใช้งานเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สไปแล้ว 16 นาทีจะมีก๊าซ CO เกิดขึ้น 1,200 พีพีเอ็มซึ่งอยู่ในระดับที่เป็นอันตรายอย่างยิ่ง (C K Chong, P Senan, G V Kumar, Dip RSH and Pejabat

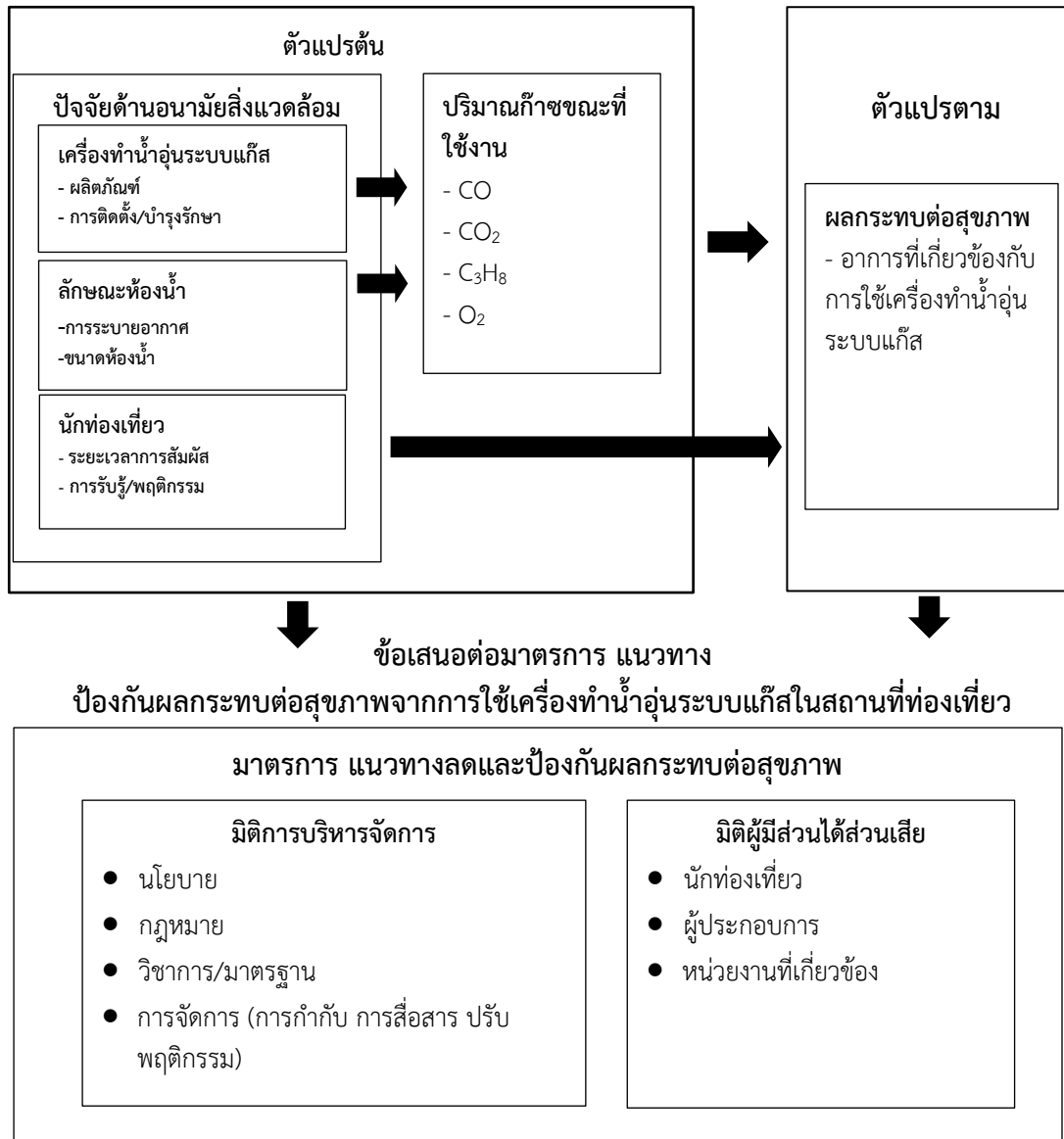
Kesihatan, 2540) นอกจากงานวิจัยในต่างประเทศแล้วยังพบเหตุการณ์ที่ประชาชนได้รับผลกระทบจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สอีกด้วย เช่น ประเทศอินเดียพบเหตุการณ์ที่มีผู้เสียชีวิตเพศหญิงอายุ 32 ปี และไม่มีโรคประจำตัวซึ่งเสียชีวิตในห้องน้ำที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สจากภาวะความเป็นพิษของก๊าซ CO (Yogesh Kumar P K Paliwal B. L. Sirohiwal Vijay Pal Khanagwa Luv Sharma, 2557)

จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จะเห็นได้ว่าห้องน้ำที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สเป็นแหล่งกำเนิดก๊าซอันตราย เช่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) จะเป็นก๊าซที่อันตรายต่อชีวิต หากมีปริมาณที่มากพออาจทำให้เสียชีวิตได้ในระยะเวลาอันสั้น ที่ผ่านมา พบทั้งผู้ป่วยหมดสติหรือเสียชีวิตจากการสูดดมก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ในขณะที่อาบน้ำด้วยเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในห้องน้ำในสถานที่ท่องเที่ยวที่มีขนาดเล็กและไม่มีการระบายอากาศที่เหมาะสม ทั้งนี้ สำหรับประเทศไทย ยังไม่มีนโยบาย แนวทางหรือกฎระเบียบที่ควบคุมกำกับ ดูแล เพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพชีวิตของประชาชนโดยเฉพาะนักท่องเที่ยวที่มาใช้บริการ โดยเฉพาะในฤดูหนาว ดังนั้น จึงควรศึกษาปัจจัยเสี่ยงต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส เพื่อนำไปสู่การจัดทำแนวทางการดำเนินงานเพื่อลดผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว เพื่อที่จะป้องกันการเจ็บป่วยและการเสียชีวิตของประชาชน ซึ่งเป็นปัจจัยที่สามารถป้องกันได้

2.6 กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจึงได้กำหนดกรอบแนวคิดการวิจัย การประเมินปัจจัยเสี่ยงและผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว อำเภอฝางและอำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ แสดงดังรูปที่ 6

ปัจจัยเสี่ยงและผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว



รูปที่ 6 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การประเมินปัจจัยเสี่ยงและผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว อำเภอฝางและอำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ เป็นการศึกษาแบบผสมผสาน (Mix-method research) มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปัจจัยเสี่ยงด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม ประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว และจัดทำข้อเสนอแนะต่อแนวทางการจัดการเพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยวของอำเภอฝางและอำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสำรวจปัจจัยเสี่ยงในห้องน้ำที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นฯ แบบสอบถามการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นฯของนักท่องเที่ยว แบบสอบถามผู้กำหนดนโยบาย และใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยมีรายละเอียดและขั้นตอนในการศึกษาวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) เพื่อประเมินปัจจัยเสี่ยงด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส ได้แก่ 1) ขนาดห้องน้ำ และการระบายอากาศ 2) การติดตั้ง การบำรุงรักษา และการสื่อสาร แจ้งเตือน 3) ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นขณะใช้งาน และ 4) ความรู้ พฤติกรรมของนักท่องเที่ยวและผลกระทบต่อสุขภาพ รวมทั้ง จัดทำข้อเสนอแนะแนวทางการดำเนินงานเพื่อลดและป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว อำเภอฝางและอำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ ดำเนินการเก็บข้อมูลระหว่างเดือนตุลาคม 2561-กันยายน 2562

3.2 พื้นที่การศึกษา

สำหรับเกณฑ์การคัดเลือกพื้นที่ศึกษา มี 2 องค์ประกอบ ได้แก่

- 1) เป็นแหล่งท่องเที่ยวสำคัญของจังหวัด และมีนักท่องเที่ยวต่อปีจำนวนมาก
- 2) มีกรณีการเจ็บป่วยจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นเกิดขึ้นซ้ำ ๆ หรือมีรายงานเสียชีวิตเกิดขึ้นในพื้นที่

ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ ได้คัดเลือกอำเภอฝางและอำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่เป็นพื้นที่ศึกษา เนื่องจากจังหวัดท่องเที่ยวอันดับต้น ๆ ของประเทศไทย ซึ่งในปี พ.ศ. 2561 มีนักท่องเที่ยวตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม – ธันวาคม 2561 จำนวน 10,863,150 คน (กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา, 2561) และจากข้อมูลการสำรวจการประกอบกิจการโรงแรมและเกสต์เฮาส์ พ.ศ. 2561 ของสำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม พบว่า จังหวัดเชียงใหม่มีโรงแรมที่พักมากที่สุดในพื้นที่ภาคเหนือ จำนวน 1,480 แห่ง จากจำนวน 4,960 แห่งหรือคิดเป็นร้อยละ 29.8 โดยพื้นที่ที่นักท่องเที่ยวนิยมไปมากที่สุด ได้แก่ อำเภอเมือง อำเภอฝางและอำเภอจอมทอง (สำนักงานจังหวัดเชียงใหม่, 2561) และเมื่อพิจารณาสถิติการเจ็บป่วยที่เกี่ยวข้องจากข้อมูลของกลุ่มระบาดวิทยาและข่าวกรอง สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 1 เชียงใหม่ (2560) พบว่า การเจ็บป่วยและเสียชีวิตอันเนื่องจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สของจังหวัดเชียงใหม่ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555-2561 มีรายงานจำนวน 33 ราย โดยอำเภอฝางมีรายงานสูงสุดจำนวน 12 ราย หรือคิดเป็นร้อยละ 36.4 และเสียชีวิต 3 ราย รองลงมาคือ อำเภอจอมทองมีรายงานการเจ็บป่วยจำนวน 4 ราย หรือคิดเป็นร้อยละ 12.1 แสดงให้เห็นว่า อำเภอฝางและอำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่เป็นพื้นที่เสี่ยงสำคัญ จึงได้เลือก 2 อำเภอนี้เป็นพื้นที่ศึกษา

3.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.3.1 ประชากร

การศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปัจจัยเสี่ยงด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส ประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส และจัดทำข้อเสนอแนะแนวทางการจัดการเพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยวของอำเภอฝางและอำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ โดยปัจจัยเสี่ยงด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย ลักษณะของห้องน้ำในโรงแรม (ขนาด การระบายอากาศ) การบริหารจัดการของผู้ประกอบการหรือผู้ดูแลโรงแรม และความรู้และพฤติกรรมของนักท่องเที่ยว ซึ่งได้แบ่งประชากรศึกษาออกเป็น 4 กลุ่ม ประกอบด้วย

- 1) ห้องน้ำของโรงแรม รีสอร์ท หรือที่พักที่มีการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว ใน 2 อำเภอ ได้แก่ อำเภอฝางและจอมทอง
- 2) เจ้าของกิจการหรือผู้ดูแลโรงแรมที่มีการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว ของ อำเภอฝาง อำเภอจอมทอง อ้างอิงตามประชากรของโรงแรมในข้อ 1)
- 3) นักท่องเที่ยวในโรงแรมที่มีการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นฯ โดยสุ่มนักท่องเที่ยวที่มาใช้บริการในสถานที่ท่องเที่ยวอำเภอฝางและอำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ ตามข้อ 1)
- 4) ผู้บริหารหรือผู้กำหนดนโยบายในพื้นที่ศึกษาและส่วนกลาง

3.3.2 กลุ่มตัวอย่างและการสุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้แยกกลุ่มตัวอย่างตามกลุ่มประชากรที่ศึกษาและกำหนดขนาดตัวอย่าง ดังนี้

- 1) กลุ่มตัวอย่างห้องน้ำที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สของโรงแรมและเจ้าของกิจการหรือผู้ดูแลโรงแรม

จากการสำรวจของกรมอนามัย ในปี 2562 พบว่า มีโรงแรม รีสอร์ท หรือที่พักที่มีการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยวในอำเภอฝางและจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ มีจำนวน 64 แห่ง โดยห้องน้ำในสถานที่พักข้างต้นมีขนาดเฉลี่ย 3.2 ตารางเมตร มีขนาดเล็กที่สุด 1.5 ตารางเมตร และขนาดใหญ่ที่สุด 8.0 ตารางเมตร และนำมาคัดเลือกประชากรที่ศึกษาโดยกำหนดขนาดห้องน้ำออกเป็น 3 ขนาด แบ่งระดับตามค่าเฉลี่ยของห้องน้ำเพื่อให้ครอบคลุมกับขนาดของห้องน้ำที่มีในพื้นที่ โดยจำแนกตามขนาดเล็ก (น้อยกว่า 3 ตารางเมตร) จำนวน 38 แห่ง ขนาดกลาง (3.1 – 6 ตารางเมตร) จำนวน 22 แห่ง และขนาดใหญ่ (มากกว่า 6 ตารางเมตร) จำนวน 4 แห่ง (กรมอนามัย, 2562) ผู้วิจัยได้นำมาจำนวนประชากรโรงแรมในแต่ละขนาดมาคำนวณกลุ่มตัวอย่าง โดยการประมาณขนาดตัวอย่างของกลุ่มตัวอย่างจากจำนวนประชากร (บุญชู ศรีสะอาด, 2535) ดังตารางที่ 8 จากจำนวนประชากรน้อยกว่า 100 จะใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างร้อยละ 15 – 30

ตารางที่ 8 เกณฑ์ประมาณค่าจากกลุ่มประชากร

จำนวนประชากร	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง
จำนวนประชากรทั้งหมดเป็นหลักร้อยละ	15-30%
จำนวนประชากรทั้งหมดเป็นหลักพัน	10-15%
จำนวนประชากรทั้งหมดเป็นหลักหมื่น	5-10%

ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการกำหนดจำนวนตัวอย่าง โดยการสุ่มแบบชั้นภูมิในแต่ละขนาด ๆ ละ ร้อยละ 30 ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 20 แห่ง และเพิ่มขนาดของกลุ่มตัวอย่าง 10 % เพื่อป้องกันความผิดพลาดในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนั้น ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ไม่น้อยกว่า 23 แห่ง แบ่งเป็นห้องน้ำ

ขนาด S จำนวน 15 แห่ง ห้องน้ำขนาด M จำนวน 6 แห่ง และห้องน้ำขนาด L จำนวน 2 แห่ง (รูปที่ 7) โดยกำหนดให้โรงแรม 1 แห่งเป็นตัวแทนของห้องน้ำ 1 ขนาด (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 ขนาดตัวอย่างห้องน้ำและเจ้าของกิจการหรือผู้ดูแลโรงแรม

ขนาดห้องน้ำ (ตารางเมตร)	จำนวนประชากร (ห้อง)	ตัวอย่าง ห้องน้ำ (ห้อง)	กลุ่มตัวอย่าง (ห้อง)	
			อำเภอจอมทอง	อำเภอฝาง
น้อยกว่า 3.0 (S)	38	15	12	3
3.1 – 6.0 (M)	22	6	4	2
มากกว่า 6.0 (L)	4	2	1	1
รวม	64	23	17	6

2) ขนาดตัวอย่างและการสุ่มตัวอย่างนักท่องเที่ยว

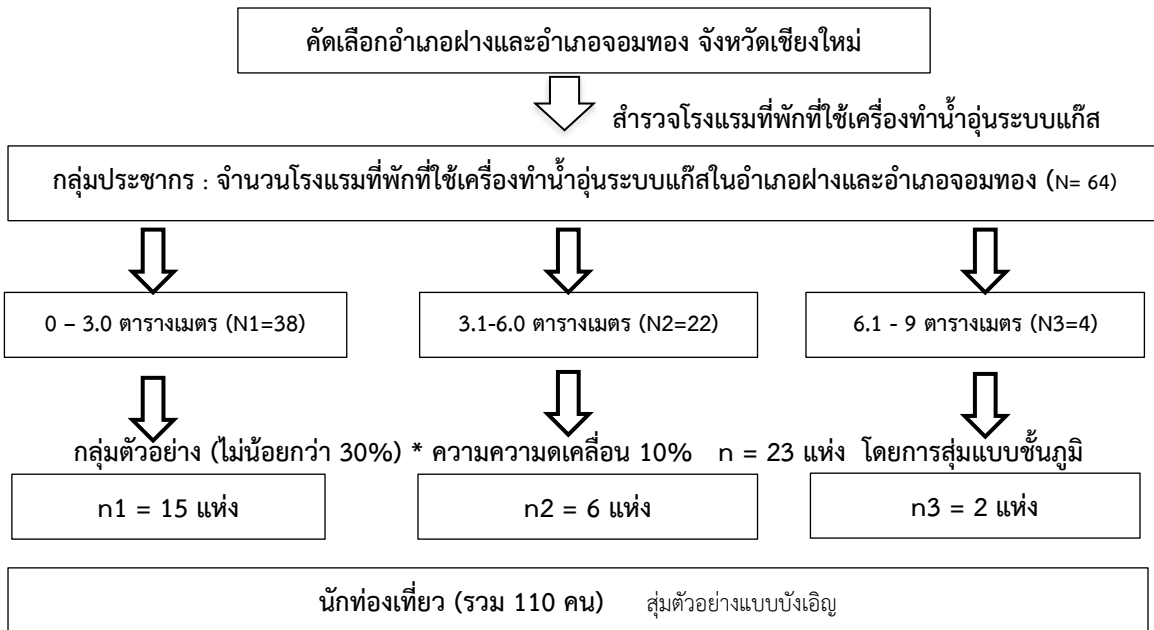
การกำหนดขนาดประชากรนักท่องเที่ยว โดยคำนวณจากฐานข้อมูลประชากรนักท่องเที่ยวของอำเภอฝางและจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม – ธันวาคม 2561 ซึ่งมีจำนวนทั้งสิ้น 887,187 คน (สำนักอุทยานแห่งชาติ, 2561) และนำมาคำนวณขนาดตัวอย่างด้วยตารางสำเร็จรูปของทาโร ยามาเน่ (Yamane Taro, 1973) ความคลาดเคลื่อน 10% หรือความเชื่อมั่น 90% ดังตารางที่ 10 ซึ่งได้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 คน และเพื่อป้องกันความผิดพลาด จึงเพิ่มขนาดของกลุ่มตัวอย่าง 10% ดังนั้น ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษานี้มีจำนวน 110 คน โดยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ

ตารางที่ 10 จำนวนตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่นในการเลือกของ Taro Yamané

จำนวน ประชากร (N)	จำนวนตัวอย่าง (n) ที่ระดับความคลาดเคลื่อน (e)					
	± 1%	± 2%	± 3%	± 4%	± 5%	± 10%
500	*	*	*	*	222	83
1,000	*	*	*	385	286	91
1,500	*	*	638	441	316	94
2,000	*	*	714	476	333	95
2,500	*	1,250	769	500	345	96
3,000	*	1,364	811	517	353	97
3,500	*	1,458	843	530	359	97
4,000	*	1,538	870	541	364	98
4,500	*	1,607	891	549	367	98
5,000	*	1,667	909	556	370	98
6,000	*	1,765	938	566	375	98
7,000	*	1,842	959	574	378	99
8,000	*	1,905	976	580	381	99
9,000	*	1,957	989	584	383	99
10,000	5,000	2,000	1,000	588	385	99
15,000	6,000	2,143	1,034	600	390	99
20,000	6,667	2,222	1,053	606	392	100
25,000	7,143	2,273	1,064	610	394	100
50,000	8,333	2,381	1,087	617	397	100
100,000	9,091	2,439	1,099	621	398	100
α	10,000	2,500	1,111	625	400	100

หมายเหตุ * เป็นกรณีที่ข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการกระจายแบบโค้งปกติไม่สามารถนำไปใช้ได้

ทั้งนี้ สรุปจำนวนและขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างโรงแรมและนักท่องเที่ยว ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 แสดงขั้นตอนการเลือกตัวอย่าง

3) กลุ่มตัวอย่างผู้กำหนดนโยบายหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อสัมภาษณ์เชิงลึก คัดเลือกจากผู้บริหาร หรือผู้กำหนดนโยบายจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ความคิดเห็นในการพัฒนานโยบายและแนวทางการดำเนินงานเพื่อลดผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว จำนวน 6 หน่วยงาน ประกอบด้วย สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงใหม่ สำนักงานท่องเที่ยวและกีฬาจังหวัดเชียงใหม่ สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 16 สมาคมธุรกิจท่องเที่ยว สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

3.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัย เรื่อง การประเมินปัจจัยเสี่ยงและผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว อำเภอฝางและอำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ ดำเนินการเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 การประเมินปัจจัยเสี่ยงด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมและประเมินผลกระทบต่อสุขภาพของนักท่องเที่ยวจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว อำเภอฝางและอำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่

ดำเนินการ ดังนี้

- 1) ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในห้องน้ำ
- 2) กำหนดขอบเขตและแผนการดำเนินงาน
- 3) จัดทำเครื่องมือเพื่อรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสำรวจ แบบสอบถาม และแบบสัมภาษณ์เชิงลึก พร้อมทั้งทดสอบความเที่ยงของการศึกษา และสอบเทียบเครื่องมือวัดก๊าซ
- 4) เก็บข้อมูลปัจจัยที่มีผลกระทบต่อสุขภาพจากห้องน้ำที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส โดยดำเนินการ ดังนี้

- 4.1) สอบถามเจ้าของ ผู้จัดการหรือผู้ที่ให้ข้อมูลได้ของที่พักในจังหวัดเชียงใหม่ ข้อมูลประกอบด้วย อายุการใช้งานของเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส การรับรู้ถึงผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดขึ้นจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส การป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สของโรงแรม การบำรุงรักษา และประวัติการเกิดอันตรายจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในห้องน้ำ
- 4.2) สำรวจ ข้อมูลที่พิกที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส ได้แก่ ข้อมูลห้องน้ำ (ลักษณะห้องน้ำ) ข้อมูลเครื่องทำน้ำอุ่นฯ
- 4.3) ตรวจวัดสารมลพิษที่เกิดจากเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส 4 ชนิด ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ก๊าซโพเพน (C₃H₈) และก๊าซออกซิเจน (O₂) โดย
 - (1) ตรวจวัดต่อเนื่องกัน 60 นาที และบันทึกปริมาณสารที่เกิดขึ้นทุกนาที
 - (2) ทดสอบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอากาศภายในห้องน้ำที่มีการติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นฯ เมื่อเปลี่ยนแปลงของปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ ขณะใช้งานเครื่องทำน้ำอุ่นฯ ดำเนินการทดลองในห้องน้ำ 1 แห่ง เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ของเครื่องทำน้ำอุ่นฯ จำนวน 4 พารามิเตอร์ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ก๊าซออกซิเจน (O₂) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ตรวจวัดต่อเนื่อง ได้แก่ กรณีการเปิดและปิดประตู และกรณีมีช่องระบายอากาศ
- 5) วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปปัจจัยที่มีผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในห้องน้ำ

ส่วนที่ 2 การจัดทำแนวทางและข้อเสนอต่อการดำเนินงานเพื่อลดผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว

ดำเนินการ ดังนี้

- 1) สัมภาษณ์ผู้ที่กำหนดนโยบายหรือผู้ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ สำนักงานท่องเที่ยวและกีฬาจังหวัดเชียงใหม่ สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 16 สถาบันมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงใหม่ สมาคมธุรกิจท่องเที่ยวเชียงใหม่ และเทศบาลตำบลบ้านหลวง
- 2) จัดทำ (ร่าง) แนวทางการดำเนินงานเพื่อลดผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส
- 3) สรุปและนำเสนอผลการศึกษาแก่ผู้เชี่ยวชาญและผู้ที่เกี่ยวข้อง รวมถึงผู้ประกอบการในพื้นที่ศึกษา เพื่อให้ข้อเสนอแนะต่อแนวทางการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส
- 4) จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์

3.5 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วย 1) เครื่องมือวัดคุณภาพอากาศภายในห้องน้ำ 2) เครื่องมือในการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในห้องน้ำ ได้แก่ แบบสำรวจที่พัก และแบบสอบถามเจ้าของที่พักที่มีการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส 3) แบบสอบถามการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส สำหรับผู้เดินทางหรือนักท่องเที่ยวเข้าใช้บริการ และ 4) แบบสัมภาษณ์นโยบายและข้อเสนอในการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส รายละเอียดดังนี้

3.5.1 เครื่องมือวัดคุณภาพอากาศภายในห้องน้ำ

การศึกษาคุณภาพอากาศในห้องน้ำที่เกิดจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในที่พัก เป็นการสำรวจและตรวจวัดคุณภาพของอากาศโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดก๊าซ (ยี่ห้อ Ventis MX4 serial number: 18051AW-012) ประกอบด้วย เซ็นเซอร์ตรวจวัดก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซโพเพน (ในรูปแบบของ Lower Explosive Limit: LEL) ทั้งนี้ ดำเนินการสอบเทียบเครื่องมือตรวจวัดดังกล่าว เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องและแม่นยำ (ภาคผนวก จ) โดยรายละเอียดเทคนิคการตรวจวัด และช่วงของการตรวจวัดของก๊าซแต่ละชนิดสำหรับการศึกษา แสดงดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 รายละเอียดเทคนิคการตรวจวัด และช่วงของการตรวจวัดของเครื่องมือตรวจวัดก๊าซ

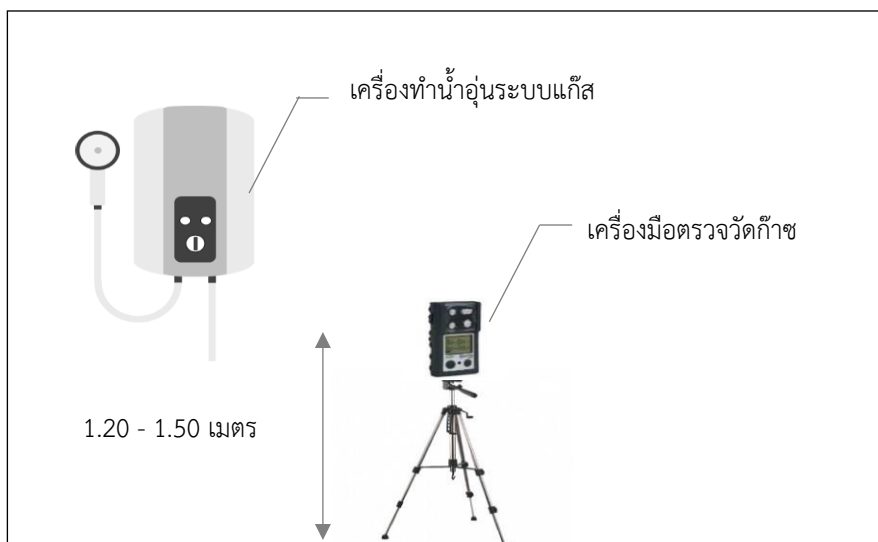
พารามิเตอร์	เทคนิคการตรวจวัด	ช่วงตรวจวัด	ความละเอียด
CO ₂	Non dispersive Infra-red ^(a)	0-5000 พีพีเอ็ม	50 พีพีเอ็ม
CO	Electrochemical ^(b)	0-1000 พีพีเอ็ม	1 พีพีเอ็ม
O ₂	Electrochemical ^(c)	0-30% vol	0.1% vol
C ₃ H ₈ (%LEL)	Catalytic Diffusion ^(d)	0-100% LEL	1% LEL

หมายเหตุ: vol = volume by volume เทคนิคการตรวจวัดตาม NIOSH Manual of Analytical Methods

^a = CO₂ (NDIR) EN ISO 16000-26:2012 SAMPLING STRATEGY FOR CARBON DIOXIDE, ^b = CO (electrochemical) NIOSH Manual of Analytical Methods 6604, ^c = O₂ (electrochemical) NIOSH Manual of Analytical Methods 6601, ^d = LEL (Catalytic) Guidelines for the Control and Monitoring of Methane Gas on Continuous Mining Operations, NIOSH 2010

วิธีการติดตั้งเครื่องมือ ดำเนินการติดตั้งไว้บริเวณตรงกลางของห้องน้ำที่ความสูงจากพื้น 1.20 - 1.50 เมตร (ที่ระดับการหายใจของมนุษย์) และตรวจวัดอย่างต่อเนื่อง เมื่อเริ่มเปิดเครื่องทำน้ำอุ่น ทำการตรวจวัดปริมาณก๊าซดังกล่าวทุก 1 นาทีต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง จึงทำการปิดเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส หลังจากการปิดเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สตรวจวัดปริมาณก๊าซภายในห้องน้ำต่อเนื่องอีก 5 นาที เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณก๊าซต่าง ๆ ในห้องน้ำ

ทั้งนี้ การตรวจวัดได้มีการควบคุมลักษณะการใช้ห้องให้เสมือนมีผู้ใช้งานจริง โดยทำการควบคุมปริมาณการจ่ายแก๊ส ควบคุมความร้อนของน้ำให้อยู่ในระดับที่ใช้อาบน้ำทั่วไป (อุณหภูมิ 37 – 40 องศาเซลเซียส) แสดงไว้ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 แนวทางการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดก๊าซในห้องน้ำที่ทำการศึกษา

3.5.2 เครื่องมือสำหรับศึกษาปัจจัยเสี่ยงด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมและผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

เครื่องมือสำหรับศึกษาปัจจัยเสี่ยงด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมและผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในการศึกษานี้ ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่

1) แบบสำรวจห้องน้ำที่มีการเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในห้องน้ำ เพื่อรวบรวมข้อมูลลักษณะและการจัดการการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในห้องน้ำของโรงแรมในสถานที่ท่องเที่ยว ประกอบด้วย 3 ส่วน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ประกอบด้วย ประเภท จำนวนห้องน้ำทั้งหมด จำนวนห้องน้ำที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส และจำนวนเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

ส่วนที่ 2 ข้อมูลการติดตั้งและการบำรุงรักษาเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเครื่องทำน้ำอุ่น ได้แก่ ยี่ห้อ ขนาดห้องน้ำ การระบายอากาศ

2) แบบสอบถามเจ้าของหรือผู้ดูแลโรงแรมที่มีการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส เพื่อรวบรวมข้อมูลผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส ประกอบด้วย 3 ส่วน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

ส่วนที่ 2 ข้อมูลผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

ส่วนที่ 3 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่อมาตรการและแนวทางการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

ต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

3.5.3 แบบสอบถามนักท่องเที่ยว เพื่อสอบถามการรับรู้ถึงผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดขึ้น การป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพและประวัติการเกิดอันตรายจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในห้องน้ำ แบ่งแบบสอบถามเป็น 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

ส่วนที่ 2 การปฏิบัติตัวและการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นฯ

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะต่อมาตรการและแนวทางการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นฯ

3.5.4 แบบสัมภาษณ์ผู้กำหนดนโยบายและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง (In-depth Interview) เพื่อให้ข้อเสนอแนะในการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

ส่วนที่ 2 มุมมองสถานการณ์ความเสี่ยงต่อสุขภาพหรือปัญหาอุปสรรคในการลดและป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สที่ผ่านมา

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะในการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว

3.6 การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดำเนินการโดยตรวจสอบด้านความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญดำเนินการตรวจสอบความเที่ยงตรง และให้ความเห็นชอบด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและความเหมาะสมของภาษา (Wording) ซึ่งผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและประสบการณ์ด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม จำนวน 3 ท่าน เป็นผู้ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย จากนั้นนำมาแก้ไขตาม

ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ เมื่อทำการปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือสมบูรณ์แล้วจึงนำเครื่องมือไปใช้ทดลองในการเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มที่มีความคล้ายคลึงกับตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ทำการทดสอบกับที่พักที่มีการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในพื้นที่ที่มีบริบทใกล้เคียงกับประชากรที่จะศึกษา จำนวน 5 แห่ง และเก็บแบบสอบถามนักท่องเที่ยวที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส จำนวน 30 คน และนำข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลเพื่อวิเคราะห์หาค่าความเที่ยง โดยใช้สัมประสิทธิ์ความสอดคล้องของ Kendall ได้ค่าความเที่ยง 0.8

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษานี้ แบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ โดย

3.8.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อประเมินปัจจัยเสี่ยงด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมและประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม แบบสำรวจ และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยโปรแกรมสถิติสำเร็จรูป และเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานหรือค่าอ้างอิง ดังนี้

- 1) วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป เช่น เพศ สถานภาพ ข้อมูลการติดตั้งและการบำรุงรักษาเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส เป็นต้น ด้วยค่าความถี่ ค่าร้อยละ
- 2) วิเคราะห์ข้อมูลปริมาณก๊าซจากการตรวจวัด ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ก๊าซโพรเพน (C₃H₈) และก๊าซออกซิเจน (O₂) ด้วยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด
- 3) เปรียบเทียบปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นกับค่าแนะนำการสัมผัสในระยะสั้นที่ระยะเวลา 15 และ 30 นาที ของสถาบันความปลอดภัยและอนามัยในการทำงานแห่งชาติประเทศสหรัฐอเมริกา (NIOSH)
- 4) หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดผลกระทบต่อสุขภาพกับปัจจัยต่าง ๆ ของนักท่องเที่ยว ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน

3.8.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ เพื่อพัฒนาแนวทางการดำเนินงานเพื่อลดผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สของที่พักในสถานที่ท่องเที่ยว วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากการสัมภาษณ์เชิงลึกและการประชุมระดมสมอง โดยนำมาจัดหมวดหมู่ ประเด็น และสรุปผล

3.8 จริยธรรมในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ตระหนักถึงจริยธรรมในการวิจัย โดยเคารพในสิทธิผู้ร่วมวิจัยเคารพในการตัดสินใจของผู้เข้าร่วมการวิจัย ซึ่งผู้วิจัยได้อธิบายวัตถุประสงค์ ขั้นตอนการศึกษา ให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยทั้งการสอบถามและการสัมภาษณ์รับทราบโดยละเอียด และขอความยินยอมจากผู้ร่วมวิจัยก่อนการเก็บข้อมูลหรือสัมภาษณ์ต้องขออนุญาตก่อนทุกครั้ง ทั้งวาจาและเอกสาร รวมทั้งชี้แจงการจัดเก็บที่เป็นความลับ ซึ่งได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมกรมอนามัยเลขที่ 271 เมื่อวันที่ 10 ตุลาคม 2561

บทที่ 4 ผลการวิจัย

การประเมินปัจจัยเสี่ยงและผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว อำเภอฝางและอำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปัจจัยเสี่ยงด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม ประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส และจัดทำข้อเสนอแนะแนวทางการจัดการเพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยวของอำเภอฝางและอำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ปัจจัยเสี่ยงด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมและผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว

1. ข้อมูลทั่วไป
2. ปัจจัยเสี่ยงด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมและผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในแหล่งท่องเที่ยว
3. การรับรู้และพฤติกรรมในการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สของนักท่องเที่ยว

ส่วนที่ 2 ข้อเสนอแนะแนวทางการดำเนินงานเพื่อลดผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว

1. สถานการณ์ ผลกระทบจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว
 2. ข้อเสนอแนะแนวทางการดำเนินงานเพื่อลดผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว
- รายละเอียดแต่ละส่วน ดังนี้

4.1 ปัจจัยเสี่ยงด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมและผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว

4.1.1 ข้อมูลทั่วไป

จากการสำรวจข้อมูลโรงแรมที่มีการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส จำนวน 23 แห่งในสถานที่ท่องเที่ยวของอำเภอฝางและอำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ส่วนใหญ่เป็นรีสอร์ท ร้อยละ 82.6 มีระยะเวลาการเปิดกิจการสำหรับการพักอาศัยสำหรับนักท่องเที่ยวเฉลี่ย 9.98 ± 11.49 ปี ระยะเวลาสูงสุด 30 ปีและต่ำสุด 2 เดือน โดยโรงแรมส่วนใหญ่มีการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นเฉลี่ย 8.21 ± 8.03 ปี ระยะเวลาสูงสุด 30 ปี และต่ำสุด 2 เดือน ห้องน้ำส่วนใหญ่มีขนาดน้อยกว่า 3 ตารางเมตร ร้อยละ 65.2

ทั้งนี้ ห้องน้ำมีระบายอากาศ ร้อยละ 87.0 ส่วนใหญ่เป็นช่องระบายอากาศ ร้อยละ 60.7 และการใช้พัดลมระบายอากาศร่วมกับช่องระบายอากาศ ร้อยละ 19.3 ซึ่งห้องน้ำมีพื้นที่การระบายอากาศมากกว่าร้อยละ 10 ของพื้นที่ ร้อยละ 75.0 และเคยเกิดเหตุการณ์การเจ็บป่วยหรือเสียชีวิตจากเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในรอบ 1 ปี ร้อยละ 17.4 ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ข้อมูลทั่วไปของโรงแรมที่มีการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส (n=23)

รายละเอียด	จำนวน (แห่ง)	ร้อยละ
1. ประเภท		
1) รีสอร์ท	19	82.6
2) ที่พักอุทยาน	2	8.7
3) โรงแรม	1	4.3
4) ลานกางเต็นท์/ที่บริการอาบน้ำ	1	4.3
2. ระยะเวลาการเปิดกิจการ		
1) น้อยกว่า 1 ปี	5	21.7
2) 1-5 ปี	6	26.1
3) 6-10 ปี	7	30.4
4) มากกว่า 10 ขึ้นไป	5	21.7
ค่าเฉลี่ย 9.98± 11.49 ปี สูงสุด 30 ปี ต่ำสุด 2 เดือน		
3. ระยะเวลาการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส		
1) น้อยกว่า 1 ปี	5	21.7
2) 1-5 ปี	6	26.2
3) 6-10 ปี	7	30.4
4) มากกว่า 10 ขึ้นไป	5	21.7
ค่าเฉลี่ย 8.21±8.03 ปี ระยะเวลาสูงสุด 30 ปี ระยะเวลาต่ำสุด 2 เดือน		
4. จำนวนห้องน้ำที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส		
1) น้อยกว่า 10 ห้อง	14	60.9
2) 10-20 ห้อง	8	34.8
3) มากกว่า 20 ห้อง	1	4.3
5. ขนาดห้องน้ำ		
1) น้อยกว่า 3 ตารางเมตร	15	65.2
2) 3-6 ตารางเมตร	6	26.1
3) มากกว่า 6 ตารางเมตร	2	8.7
6. การระบายอากาศ		
1) ไม่มี	3	13.0
2) มี	20	87.0
6.1 ลักษณะการระบายอากาศ (n=20)		
1) ช่องระบายอากาศ	15	60.7
2) พัดลมและช่องระบายอากาศ	5	19.3

6.2 ขนาดของช่องระบายอากาศ (n=20)		
1) น้อยกว่าร้อยละ 10 ของพื้นที่ห้อง	5	25.0
2) มากกว่าร้อยละ 10 ของพื้นที่ห้อง	15	75.0

จากการสอบถามข้อมูลทั่วไปของผู้ประกอบการเพื่อสอบถามข้อมูลการติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส พบว่า ผู้ประกอบการเป็นเพศชาย ร้อยละ 56.5 จำแนกเป็นผู้ดูแล ร้อยละ 65.2 และเจ้าของกิจการ ร้อยละ 34.8 มีอายุเฉลี่ย 35.70 ± 14.46 ปี ส่วนใหญ่อายุระหว่าง 20-30 ปี ร้อยละ 47.6 โรงแรมที่ทำการสำรวจพบว่า ในรอบ 1 ปีที่ผ่านมาเคยเกิดเหตุการณ์อันตรายที่เกี่ยวข้องกับการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส ร้อยละ 14.3 อาการที่พบคือ หมดสติ วิงเวียนศีรษะ หายใจลำบาก แขนงหน้าอก สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากไม่มีพัดลมระบายอากาศ ร้อยละ 66.7 ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ข้อมูลทั่วไปและผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

รายละเอียด	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. เพศ		
1) ชาย	13	56.5
2) หญิง	10	43.5
2. สถานะ		
1) เจ้าของกิจการ	8	34.8
2) ผู้ดูแล	15	65.2
3. อายุ		
1) น้อยกว่า 20 ปี	2	8.7
2) 20-30 ปี	10	43.5
3) 31-40 ปี	4	17.4
4) 41-50 ปี	4	17.4
5) 51-60 ปี	2	8.7
6) 60 ปีขึ้นไป	1	4.3
ค่าเฉลี่ย 35.70 ± 14.46 ปี อายุสูงสุด 67 ปี อายุต่ำสุด 19 ปี		
4. เคยเกิดเหตุการณ์การเจ็บป่วยหรือเสียชีวิตจากเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส ในรอบ 1 ปี		
1) ไม่มี	19	82.6
2) มี	4	17.4
5. สาเหตุที่ทำให้มีผู้ได้รับผลกระทบจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่น		
(n = 4)		
1) ไม่ทราบ	0	0.0
2) ทราบ	4	100.0
(1) ไม่มีช่องระบายอากาศ	1	33.3
(2) ไม่มีพัดลมระบายอากาศ/ดูดอากาศ	2	66.7
(3) มีโรคประจำตัว	1	33.3

4.1.2 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในแหล่งท่องเที่ยว อำเภอฝาง และอำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่

1) ข้อมูลการติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

จากการสำรวจการติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในแหล่งท่องเที่ยวของอำเภอฝางและอำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ร้อยละ 100 ปฏิบัติตามข้อกำหนดการติดตั้งของการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นแบบแก๊ส ในประเด็น 1) การใช้ถังบรรจุแก๊สที่ได้มาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) รับรอง 2) ถังแก๊สตั้งภายนอกอาคารที่มีอากาศถ่ายเทสะดวก 3) ถังแก๊สอยู่ในสภาพดีมีอายุไม่เกิน 5 ปี และ 4) สายนำแก๊สเป็นชนิดที่ใช้สำหรับแก๊สหุงต้มเท่านั้น และพบว่ามีประเด็นที่ดำเนินการบางส่วน ได้แก่ การติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส นอกห้องน้ำและท่อน้ำที่ใช้สำหรับเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สทำมาจากวัสดุโลหะร้อยละ 8.7 ตัวถังตั้งบนพื้นราบที่มั่นคงและแข็งแรง ร้อยละ 34.8 ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ผลการสำรวจการติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในห้องน้ำของโรงแรม

หัวข้อที่ทำการสำรวจ	ไม่ใช่		ใช่	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
1. ติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สภายนอกห้องน้ำ	21	91.3	2	8.7
2. ท่อน้ำที่ใช้สำหรับเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สทำมาจากโลหะ	21	91.3	2	8.7
3. ถังบรรจุ LPG มี มอก. รับรอง	0	0.0	23	100.0
4. ถังแก๊สตั้งด้านนอกที่มีอากาศถ่ายเทสะดวก	0	0.0	23	100.0
5. ถังแก๊สอยู่ในสภาพดีมีอายุไม่เกิน 5 ปี	0	0.0	23	100.0
6. ตัวถังตั้งบนพื้นราบที่มั่นคงและแข็งแรง	15	65.2	8	34.8
7. สายนำแก๊ส เป็นชนิดที่ใช้สำหรับแก๊สหุงต้มเท่านั้น	0	0.0	23	100.0
8. เหล็กรัดสายยางท่อส่งแก๊สหรือเข็มขัดไม่เป็นสนิม	4	17.4	19	82.6

2) ข้อมูลการบำรุงรักษาเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

จากการสอบถามผู้ประกอบการเกี่ยวกับการบำรุงรักษาเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส โดยใช้แบบสอบถาม พบว่า มีการตรวจสอบรอยรั่วบริเวณวาล์ว ถังแก๊ส หัวปรับแรงดัน ข้อต่อต่างๆ แกนลูกบิดสำหรับปิดเปิด และสายยาง ร้อยละ 100 มีการตรวจสอบระบบเผาไหม้ทำความร้อนของเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส 1-3 เดือนต่อครั้งร้อยละ 39.1 การเปลี่ยนสายนำแก๊สทุก ๆ 1 ปี ร้อยละ 55.6 และเหล็กรัดสายยางส่งแก๊สหรือเข็มขัดน้อยกว่า 2 ต่อครั้ง ร้อยละ 61.1 ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ข้อมูลการบำรุงรักษาเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

รายละเอียด	จำนวน (แห่ง)	ร้อยละ
1. ตรวจสอบระบบเผาไหม้ทำความร้อนของเครื่องทำน้ำอุ่นฯ		
1) ไม่เคย	2	8.7
2) ทุกเดือนหรือน้อยกว่า	6	26.1
3) 1-3 เดือน /ครั้ง	9	39.1
4) 3-6 เดือน /ครั้ง	4	17.4
5) 9-12 เดือน /ครั้ง	1	4.3
6) 1 ปีขึ้นไป	1	4.3
2. ตรวจสอบรอยรั่วบริเวณวาล์ว ถังแก๊ส หัวปรับแรงดัน ข้อต่อต่าง ๆ แกนลูกบิดสำหรับปิด/เปิด สายยาง		
1) ไม่เคย	0	0.0
2) เคย	23	100.0
3. การเปลี่ยนสายนำแก๊ส (ควรเปลี่ยนทุก 3 ปี)		
1) ไม่เคย	5	21.7
2) เคย	18	78.3
- 1 ปี/ครั้ง	10	55.6
- 2 ปี/ครั้ง	5	27.8
- 3 ปี/ครั้ง	1	5.6
- มากกว่า 3 ปีขึ้นไป	2	11.1
4. การเปลี่ยนเหล็กรัดสายยางส่งแก๊สหรือเข็มขัด (ควรเปลี่ยนทุก 2 ปี)		
1) ไม่เคย	5	21.7
2) เคย	18	78.3
- น้อยกว่า 2 ปี	11	61.1
- มากกว่า 2 ปี	7	38.9

3) ข้อมูลมาตรการความปลอดภัย

ในประเด็นด้านมาตรการความปลอดภัย พบว่า โรงแรมมีป้ายเตือนให้เปิดพัดลมระบายอากาศ ทุกครั้งที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส ร้อยละ 39.1 มีป้ายคำแนะนำการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นอย่างปลอดภัยในจุด ที่มองเห็นชัดเจน ร้อยละ 52.2 มีหมายเลขโทรศัพท์ฉุกเฉิน กรณีเมื่อเกิดเหตุมีผู้ได้รับผลกระทบต่อสุขภาพ ร้อยละ 73.9 และผู้ประกอบการได้รับการอบรมหรือให้ความรู้จากเจ้าหน้าที่เกี่ยวกับการปฐมพยาบาลเบื้องต้น ในการช่วยเหลือผู้ป่วย ร้อยละ 52.1 ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ผลการสำรวจมาตรการด้านความปลอดภัยของโรงแรมที่มีการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

มาตรการด้านความปลอดภัย	ไม่ใช่		ใช่	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
1. มีป้ายเตือนให้เปิดพัดลมระบายอากาศ	14	60.9	9	39.1
2. มีป้ายคำแนะนำการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นอย่างปลอดภัยในจุดที่	11	47.8	12	52.2

มองเห็นได้ชัดเจน				
3. มีหมายเลขโทรศัพท์ฉุกเฉิน กรณีเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินมีผู้ได้รับผลกระทบต่อสุขภาพ	6	26.1	17	73.9
4. ผู้ประกอบการหรือผู้ดูแลได้รับการอบรมหรือให้ความรู้จากเจ้าหน้าที่เกี่ยวกับการปฐมพยาบาลเบื้องต้น	12	52.1	11	47.9

4) ข้อมูลผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในห้องน้ำของโรงแรม

(1) ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในช่วงเวลา 1 ชั่วโมง (วัดทุก 15, 30, 45 และ 60 นาที)

ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในห้องน้ำทั้ง 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดเล็ก (น้อยกว่า 3.0 ตารางเมตร) ขนาดกลาง (3.1-6.0 ตารางเมตร) และขนาดใหญ่ (มากกว่า 6 ตารางเมตร) พบว่า ปริมาณก๊าซที่ตรวจพบในช่วงระยะเวลาการตรวจวัด 1 ชั่วโมงต่อเนื่อง พบก๊าซ CO มีปริมาณมากกว่า 1,000 พีพีเอ็ม ในห้องน้ำขนาดเล็กทุกห้อง ก๊าซ O₂ มีปริมาณระหว่าง 14.9-20.9% และก๊าซ CO₂ ในห้องน้ำขนาดทั้ง 3 ขนาดมีปริมาณมากกว่า 5,000 พีพีเอ็ม โดยปริมาณก๊าซที่ตรวจพบในช่วงระยะเวลา 15 นาที พบก๊าซ CO ปริมาณมากกว่า 1,000 พีพีเอ็ม ในห้องน้ำขนาดเล็ก ก๊าซ O₂ พบปริมาณระหว่าง 18.8-20.9 % และ CO₂ มีปริมาณมากกว่า 5,000 พีพีเอ็มในห้องน้ำขนาดกลางและขนาดใหญ่ ทั้งนี้ เมื่อเทียบกับค่าสัมผัสนี้ที่ระยะเวลา 15 นาที พบว่าในห้องน้ำขนาดเล็กมีปริมาณของก๊าซ CO สูงกว่าค่าแนะนำสัมผัสนี้ที่ระยะเวลา 15 นาที พบการรั่วไหลของก๊าซโพรเพนในทุกห้อง ดังตารางที่ 17

สำหรับการตรวจวัดปริมาณก๊าซ O₂ และก๊าซ CO พบว่า ผลอาจมีความแตกต่างกันออกไปในแต่ละแห่ง สำหรับก๊าซ CO₂ จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาและเพิ่มขึ้นในทิศทางเดียวกันกับปริมาณก๊าซ CO ที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ เนื่องจากเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สจะนำออกซิเจนในอากาศภายในห้องน้ำไปใช้ในการเผาไหม้แก๊สหุงต้ม (LPG) ทั้งนี้ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสันดาปจะเกิดเป็นก๊าซ CO และก๊าซ CO₂ ขึ้น และส่งผลให้ปริมาณก๊าซ O₂ ในห้องน้ำที่มักมีพื้นที่จำกัดลดลง

ตารางที่ 17 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในห้องน้ำที่มีการติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สระยะเวลาตรวจวัด 15 นาที 30 นาที 45 นาที และ 1 ชั่วโมง

ขนาด ห้องน้ำ	ปริมาณ	CO (พีพีเอ็ม)				O ₂ (%)				CO ₂ (พีพีเอ็ม)				C ₃ H ₈ (พีพีเอ็ม)			
		15 นาที	30 นาที	45 นาที	60 นาที	15 นาที	30 นาที	45 นาที	60 นาที	15 นาที	30 นาที	45 นาที	60 นาที	15 นาที	30 นาที	45 นาที	60 นาที
ขนาดเล็ก (น้อยกว่า 3 ตร.ม.)	ต่ำสุด	0.0	0	0	0.0	19.2	19.0	18.8	17.9	403.6	403.6	400.7	399	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	สูงสุด	>1,000	>1,000	>1,000	>1,000	20.9	20.9	20.9	20.9	>5,000	>5,000	>5,000	>5,000	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
ขนาดกลาง (3.1-6.0 ตร.ม.)	ต่ำสุด	0.0	0	0	0.0	19.0	17.2	15.5	14.7	394.0	394.2	394.2	394.0	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	สูงสุด	77.0	81	95	115.0	20.9	20.9	20.9	20.9	>5,000	>5,000	>5,000	>5,000	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
ขนาดใหญ่ (มากกว่า 6 ตร.ม.)	ต่ำสุด	0.0	0	0	0.0	18.8	19.1	18.9	18.4	411.0	425.8	411.1	411.0	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	สูงสุด	1.0	0	1	10.0	20.8	20.8	20.8	20.8	4,683	>5,000	>5,000	>5,000	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
ค่าความ ปลอดภัย ระยะสั้น (15 นาที)		100 ^a			-	19.5 - 23.5 ^b		-		30,000 ^b			-	1,000 ^b			
ค่า IDLH (30 นาที)		-	-	1200 ^c	-	-	-	-	-	-	40,000 ^c	-	-	-	2,100 ^c	-	-

หมายเหตุ: ^a = ค่าสัมผัส CO ในระยะสั้น 15 นาที (Sweden, 1984)

^b = ค่าสัมผัส O₂ ในระยะสั้น 15 นาที (NIOSH)

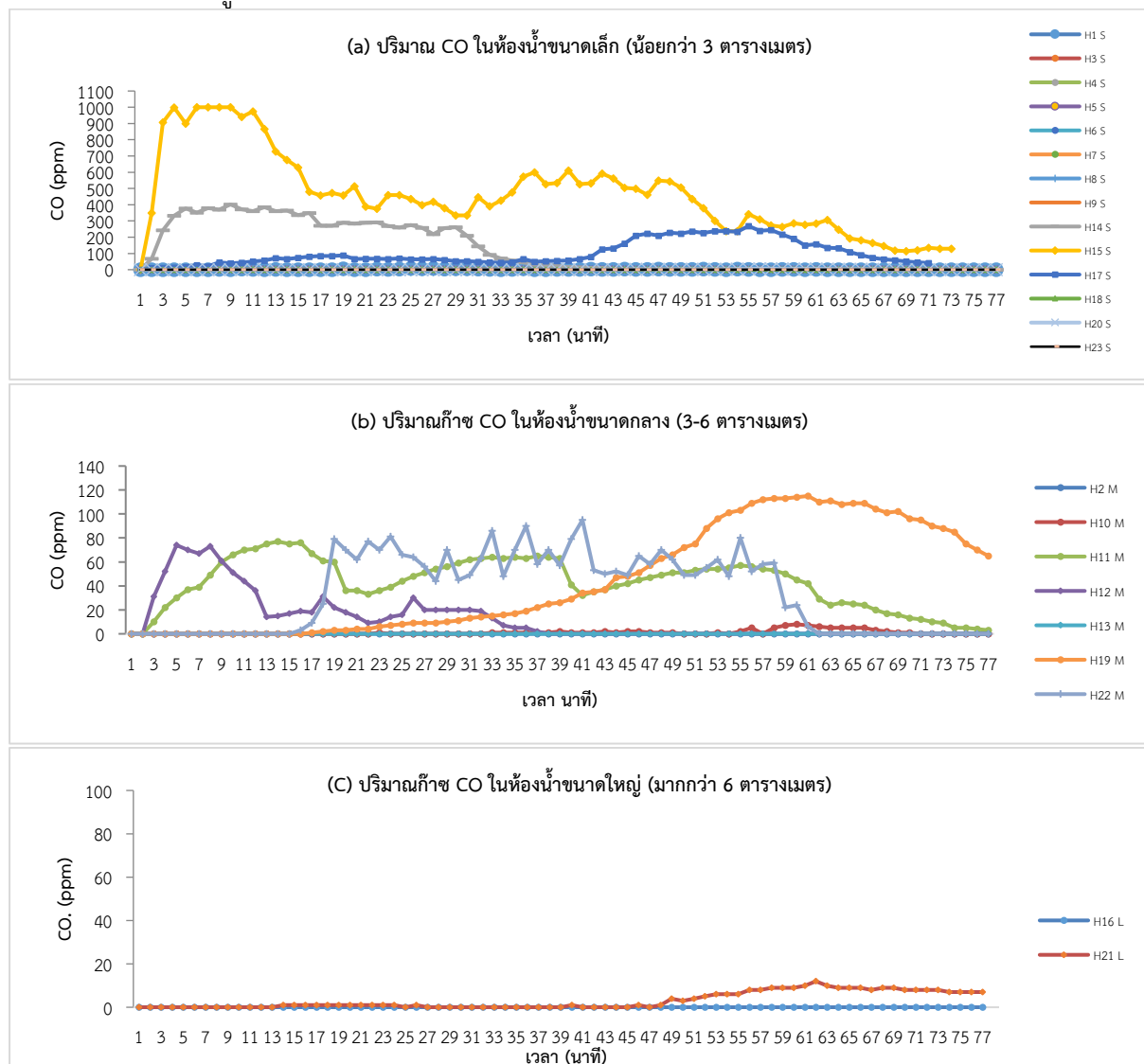
^c = Immediately Dangerous to Life and Health (IDLH) เป็นค่าความเข้มข้นสารเคมีในบรรยากาศที่อาจเป็นอันตรายต่อชีวิตและสุขภาพแบบเฉียบพลัน หากไม่สามารถหนีออกจากบริเวณนั้นได้ทัน ภายในระยะเวลา 30 นาที (NIOSH)

(2) การเปลี่ยนแปลงของปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นขณะใช้งาน

จากการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และก๊าซออกซิเจน (O₂) ภายในห้องน้ำเป็นรายนาที เพื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณก๊าซในระยะเวลา 1 ชั่วโมง โดยบันทึกค่าทุก 1 นาที ในห้องน้ำทั้ง 23 แห่ง พบว่า

ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO)

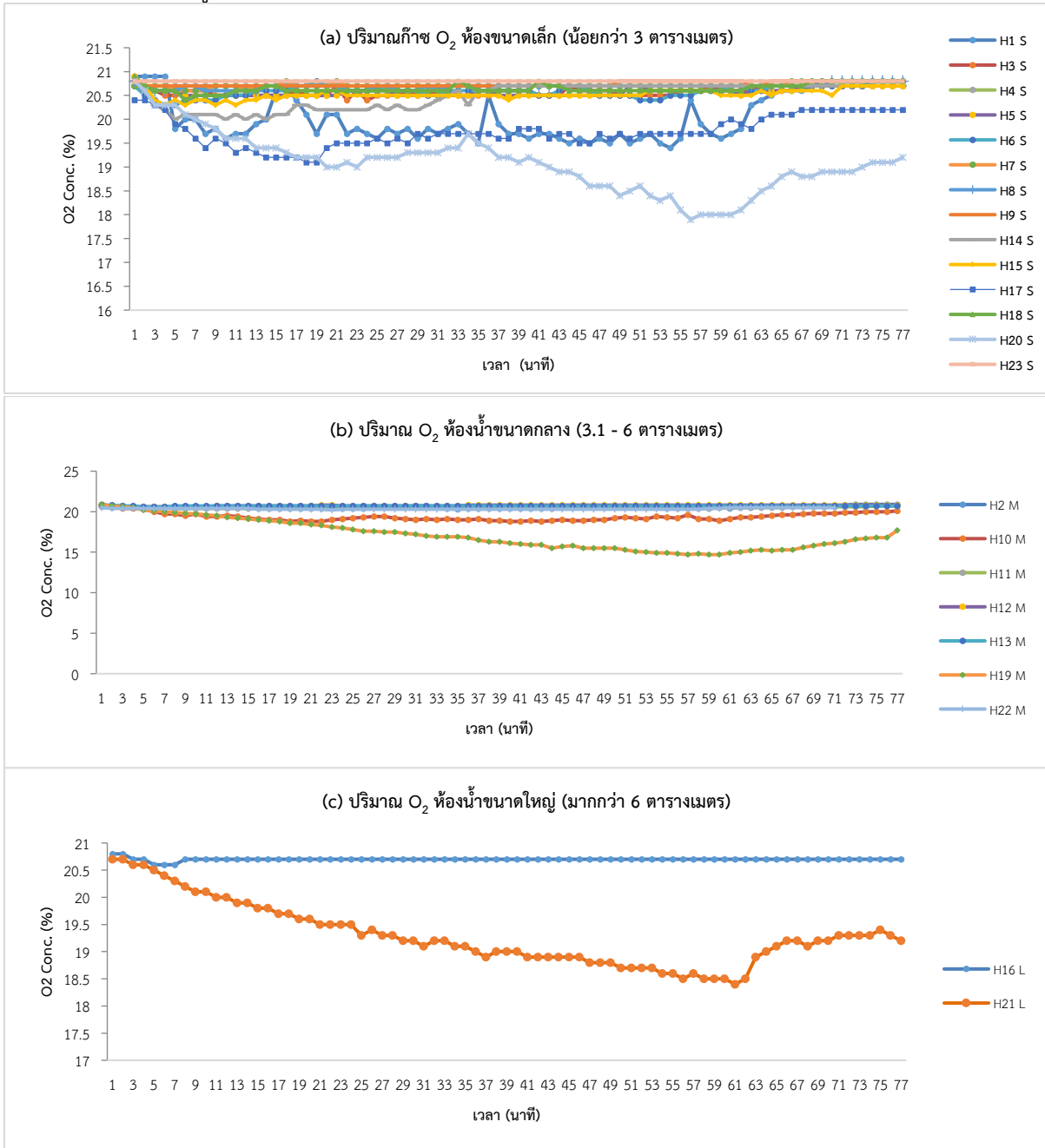
ปริมาณก๊าซ CO ในห้องน้ำขนาดเล็กและขนาดกลางมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยเมื่อเปิดเครื่องทำน้ำอุ่นๆ มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นในช่วงแรกที่มีการเปิดแก๊ส และลดลงเมื่อระยะเวลาผ่านไป ทั้งนี้พบตัวอย่างที่ H15 มีแนวโน้มสูงกว่าห้องอื่น ๆ (รูป a) แต่เมื่อทำการปิดเครื่องทำน้ำอุ่นๆ ปริมาณก๊าซ CO มีแนวโน้มลดลงในห้องน้ำขนาดเล็กและขนาดกลาง ในขณะที่ห้องที่มีขนาดมากกว่า 6.0 ตารางเมตร พบการสะสมของก๊าซ CO น้อยที่สุด แต่เมื่อเปิดเครื่องทำน้ำอุ่นไประยะเวลาหนึ่ง ปริมาณก๊าซ CO จะเพิ่มขึ้น (รูป c) รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์

ก๊าซออกซิเจน (O₂)

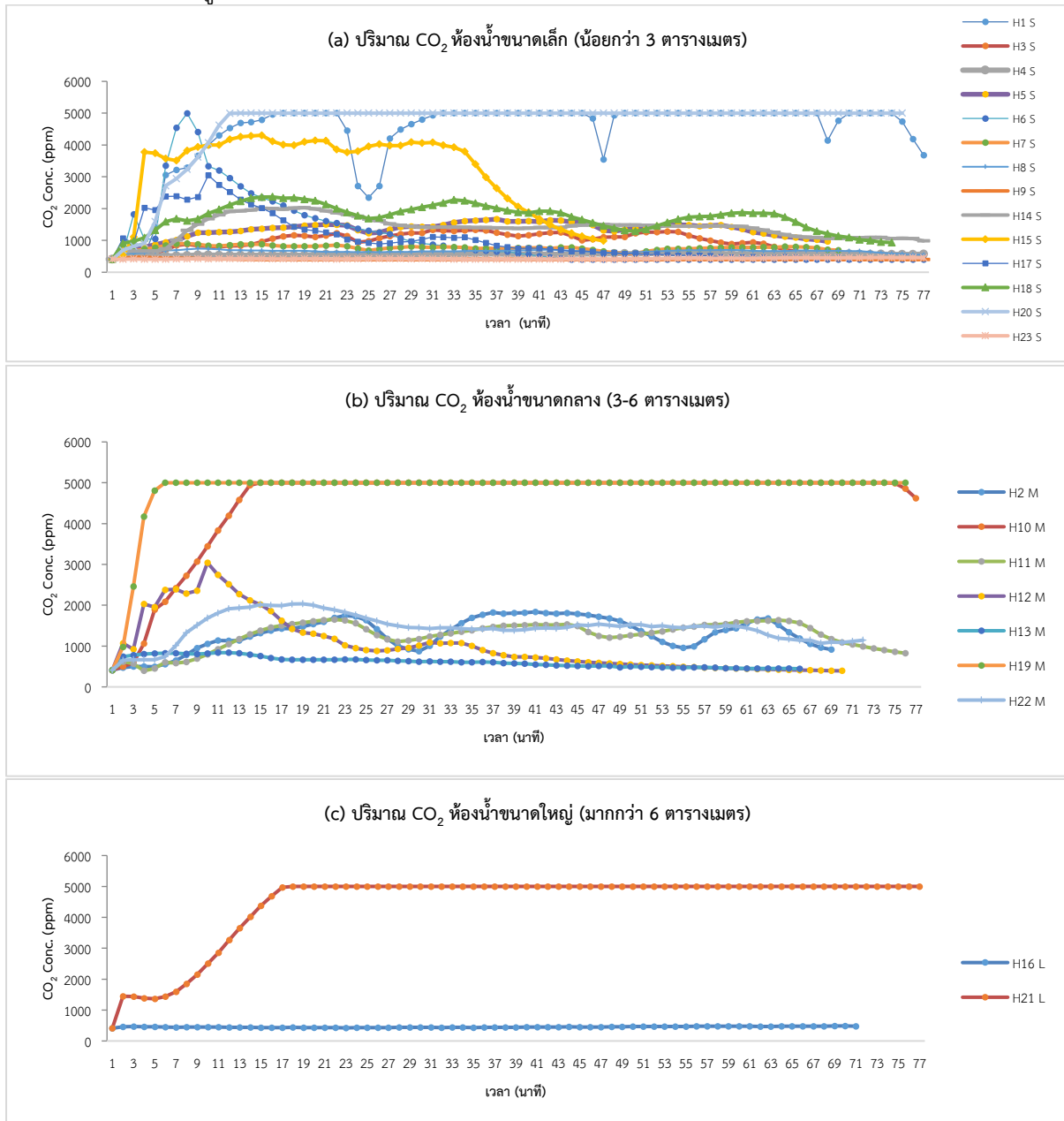
ปริมาณก๊าซ O₂ ในห้องน้ำขนาดเล็กและขนาดกลางมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยเมื่อเปิดเครื่องทำน้ำอุ่นๆ มีปริมาณก๊าซ O₂ ลดลงเมื่อระยะเวลาผ่านไป โดยเฉพาะในห้องน้ำขนาดเล็กตัวอย่างที่ H10 และ H19 ที่มีแนวโน้มของปริมาณออกซิเจนที่ต่ำกว่าห้องอื่นๆ (รูป a) ทั้งยังพบว่าห้องน้ำขนาดใหญ่ H21 มีปริมาณก๊าซ O₂ ลดลงในระดับต่ำ แต่เมื่อทำการปิดเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สพบว่าปริมาณก๊าซ O₂ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และห้องน้ำขนาดใหญ่ พบว่ามีปริมาณก๊าซ O₂ คงที่ในห้อง H16 ส่วน H21 พบว่า มีแนวโน้มลดลง และเมื่อทำการปิดเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สพบว่าปริมาณก๊าซ O₂ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (รูป c) รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณก๊าซออกซิเจน

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂)

ปริมาณก๊าซ CO₂ ในห้องน้ำขนาดเล็กและขนาดกลาง แนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยเมื่อเปิดเครื่องทำน้ำอุ่น ๆ มีปริมาณก๊าซ CO₂ ลดลงเมื่อระยะเวลาผ่านไป โดยเฉพาะในห้องน้ำขนาดเล็ก ตัวอย่างที่ H1 และ H20 (รูป a) มีความเข้มข้นของ CO₂ มากกว่า 5,000 พีพีเอ็ม และไม่มีแนวโน้มลดลง แต่เมื่อทำการปิดเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส พบว่าปริมาณก๊าซ CO₂ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และห้องน้ำขนาดใหญ่ (รูป c) พบว่า ห้อง H16 มีปริมาณก๊าซ CO₂ ต่ำกว่า 5,000 พีพีเอ็ม ส่วน H21 มีความเข้มข้นของก๊าซ CO₂ มากกว่า 5,000 พีพีเอ็ม และเมื่อทำการปิดเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สพบว่าปริมาณก๊าซ CO₂ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

5) ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยภายในห้องน้ำกับผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในห้องน้ำแต่ละขนาด

(1) ความสัมพันธ์ระหว่างการระบายอากาศ ขนาดห้องน้ำ และผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในห้องน้ำเมื่อเปิดใช้งานเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยภายในห้องน้ำกับผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในห้องน้ำแต่ละขนาด จากข้อมูลการตรวจวัดในระยะเวลา 1 ชั่วโมงของห้องน้ำแต่ละขนาด **แสดงดังรูปที่ 12** พบว่า

○ ห้องน้ำขนาดเล็ก

ห้องน้ำขนาดเล็ก ทั้งหมด 7 ห้อง ที่มีช่องระบายอากาศเพียงอย่างเดียว และในจำนวนดังกล่าวมีห้องน้ำจำนวน 3 ห้อง มีการสะสมของปริมาณก๊าซ CO ในปริมาณสูง (ปริมาณก๊าซ CO สูงสุดภายในห้อง 1V-S 0-3 m² = 269 พีพีเอ็ม; 4V-S 0-3 m² = 402 พีพีเอ็ม; 5V-S 0-3 m² >1000 พีพีเอ็ม) ซึ่งปริมาณที่พบดังกล่าวอาจส่งผลให้เกิดอันตรายถึงแก่ชีวิตต่อผู้ใช้ห้องน้ำได้ อย่างไรก็ตาม พบว่าห้องน้ำขนาดเล็กอีก 4 ห้องที่เหลือไม่มีพบปริมาณก๊าซ CO สำหรับปริมาณก๊าซ O₂ ในห้องน้ำขนาดเล็กที่มีช่องระบายอากาศ พบว่ามีการลดลงของปริมาณก๊าซ O₂ เพียงเล็กน้อย แต่มีห้องน้ำจำนวน 1 ห้อง (1V-S 0-3 m²) ที่มีปริมาณก๊าซ O₂ ต่ำสุด เหลือเพียง 19.1% เท่านั้น ซึ่งอยู่ในระดับที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อการเสียชีวิตได้

สำหรับห้องน้ำขนาดเล็กที่มีทั้งช่องระบายอากาศและพัดลมระบายอากาศนั้น มีการตรวจวัดทั้งหมดเป็นจำนวน 4 ห้อง โดยพบว่า มีเพียงห้องเดียวที่มีปริมาณก๊าซ CO สูง (2VF-S 0-3 m²) ซึ่งมีปริมาณความเข้มข้นของก๊าซ CO สูงสุด เท่ากับ 8 พีพีเอ็ม ในขณะที่ 3 ห้องที่เหลือ ไม่พบการสะสมของก๊าซ CO ในห้องน้ำแต่อย่างใด สำหรับปริมาณก๊าซ O₂ ในห้องขนาดเล็กที่มีทั้งพัดลมและช่องระบายอากาศนั้น พบว่า ห้องที่มีก๊าซ CO สูง (2VF-S 0-3 m²) มีการลดลงของปริมาณก๊าซ O₂ อย่างรวดเร็วเช่นกัน โดยพบปริมาณก๊าซ O₂ ต่ำสุดเพียง 19.4% เท่านั้น อย่างไรก็ตามอีก 3 ห้องที่เหลือ มีการลดลงของปริมาณก๊าซ O₂ น้อยมาก

○ ห้องน้ำขนาดกลาง

ห้องน้ำขนาดกลาง (1-M 3-6 m²) เพียงห้องเดียวที่ไม่มีการระบายอากาศแต่อย่างใด ผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซ CO พบว่า มีก๊าซ CO สูงสุด เพียง 8 พีพีเอ็ม อย่างไรก็ตาม พบว่าห้องดังกล่าวมีปริมาณก๊าซ O₂ ลดลงอย่างรวดเร็ว โดยพบปริมาณก๊าซ O₂ ต่ำสุดที่ 18.8 พีพีเอ็ม ซึ่งอยู่ในระดับที่เสี่ยงต่อผู้ใช้ห้องดังกล่าว ในการเป็นอันตรายถึงแก่ชีวิต

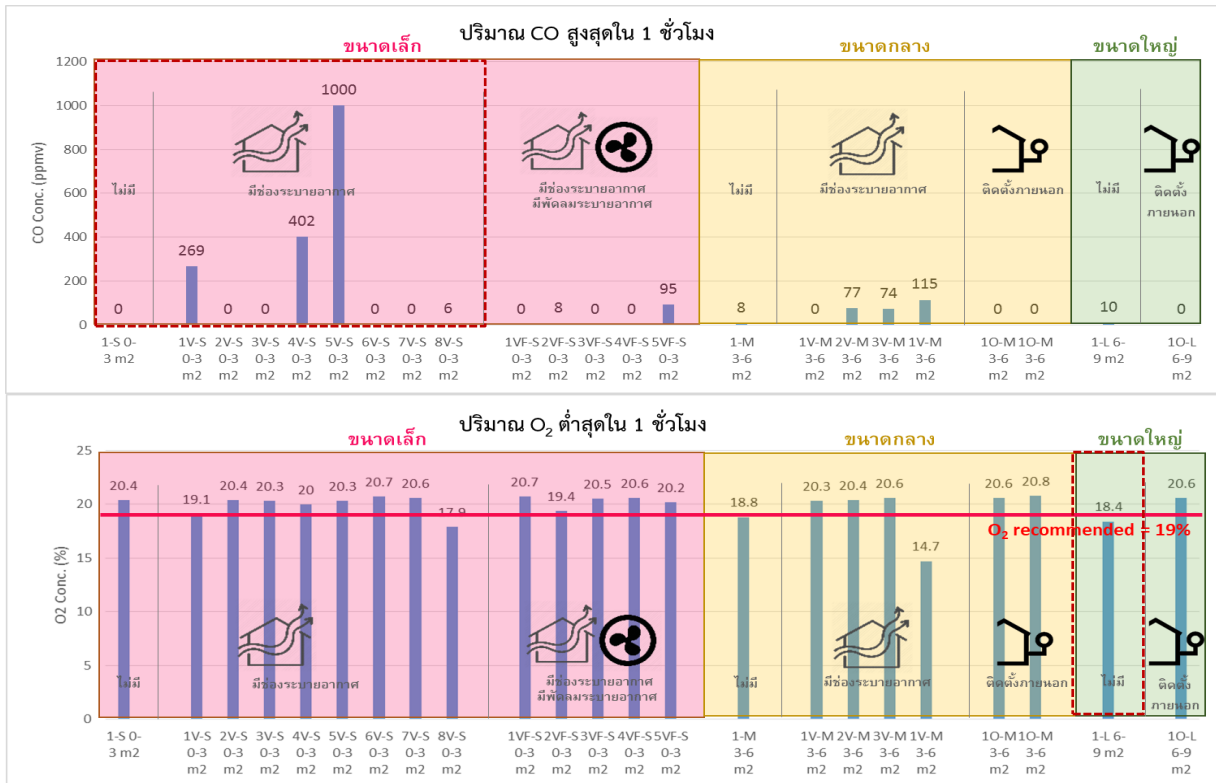
สำหรับห้องน้ำขนาดกลางที่มีการระบายอากาศเพียงอย่างเดียว นั้น มีการตรวจวัดทั้งหมด 3 ห้อง โดยพบห้องที่มีปริมาณก๊าซ CO ในปริมาณสูง จำนวนเพียง 2 ห้อง แต่มีปริมาณสูงสุดน้อยกว่าที่พบในห้องน้ำขนาดเล็ก (ปริมาณก๊าซ CO สูงสุดภายในห้อง 2V-M 3-6 m² = 77 พีพีเอ็ม; 3V-M 3-6 m² = 74 พีพีเอ็ม) อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าปริมาณก๊าซ CO ที่พบจะมีปริมาณน้อยกว่าที่พบในห้องน้ำขนาดเล็ก แต่ปริมาณดังกล่าวยังอยู่ในระดับสูง แต่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพและอันตรายถึงแก่ชีวิตต่อผู้ใช้ห้องน้ำได้ สำหรับผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซ O₂ ในห้องขนาดกลางที่มีช่องระบายอากาศนั้น พบว่ามีการลดลงของก๊าซ O₂ เพียงเล็กน้อย ไม่ได้อยู่ในระดับที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้ห้องดังกล่าว

นอกจากนี้การตรวจวัดคุณภาพอากาศในห้องน้ำขนาดกลางที่มีการติดตั้งมีการติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส ไว้ภายนอกอาคาร จำนวน 1 ห้อง (1-M 3-6 m²) พบว่าไม่มีการสะสมของก๊าซ CO และไม่มีการลดลงของก๊าซ O₂ ในห้องดังกล่าว

○ ห้องน้ำขนาดใหญ่

การตรวจวัดคุณภาพอากาศในห้องน้ำขนาดใหญ่มีการตรวจวัดห้องน้ำ 1 ห้อง และห้องดังกล่าว ติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สไว้ภายนอกอาคาร (1O-L 6-9 m²) ผลการศึกษา พบว่า เป็นไปในทิศทางเดียวกับ

ห้องน้ำขนาดกลางที่มีการติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สไว้ภายนอกอาคาร คือ ไม่มีการสะสมของ ก๊าซ CO และไม่มีการลดลงของก๊าซ O₂ ในห้องดังกล่าว แต่กรณีที่ห้องน้ำขนาดใหญ่แต่ไม่มีการระบายอากาศปริมาณ ก๊าซ O₂ ลดลงต่ำกว่า 19 % (1-L 6-9 m²)



รูปที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่าง การระบายอากาศ ขนาดของห้องน้ำ ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์สูงสุด และปริมาณออกซิเจนต่ำสุดในห้องน้ำ

อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างก๊าซ CO₂ ก๊าซ CO และก๊าซ O₂ ที่เกิดขึ้น ณ เวลา 15 และ 30 นาที พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดห้องน้ำ การระบายอากาศ การติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สนอกห้องน้ำ รายละเอียดดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ความสัมพันธ์กับขนาดห้องน้ำ การระบายอากาศ การติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สนอกห้องน้ำ กับค่าแนะนำที่ปลอดภัย

รายละเอียด	ค่าแนะนำที่ปลอดภัย											
	CO ₂				CO				O ₂			
	15 นาที		30 นาที		15 นาที		30 นาที		15 นาที		30 นาที	
	χ ²	p-value	χ ²	p value	χ ²	p-value	χ ²	p-value	χ ²	p-value	χ ²	p-value
1. ขนาดห้องน้ำ	3.069	0.216	- ^a	- ^a	- ^a	- ^a	- ^a	- ^a	0.783	0.676	0.159	0.923
2. การระบายอากาศ เฉพาะที่มีช่องระบายอากาศ	0.329	0.567	- ^a	- ^a	- ^a	- ^a	- ^a	- ^a	0.610	0.435	2.946	0.086
3. การระบายอากาศ ที่มีช่องระบายอากาศ และพัดลมระบายอากาศ	0.608	0.435	- ^a	- ^a	- ^a	- ^a	- ^a	- ^a	1.345	0.246	0.123	0.726
4. ติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สนอกห้องน้ำ	0.209	0.648	- ^a	- ^a	- ^a	- ^a	- ^a	- ^a	0.461	0.497	0.001	0.971

-^a = No statistics are computed because value is a constant.

6) กรณีศึกษาการทดสอบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอากาศภายในห้องน้ำ

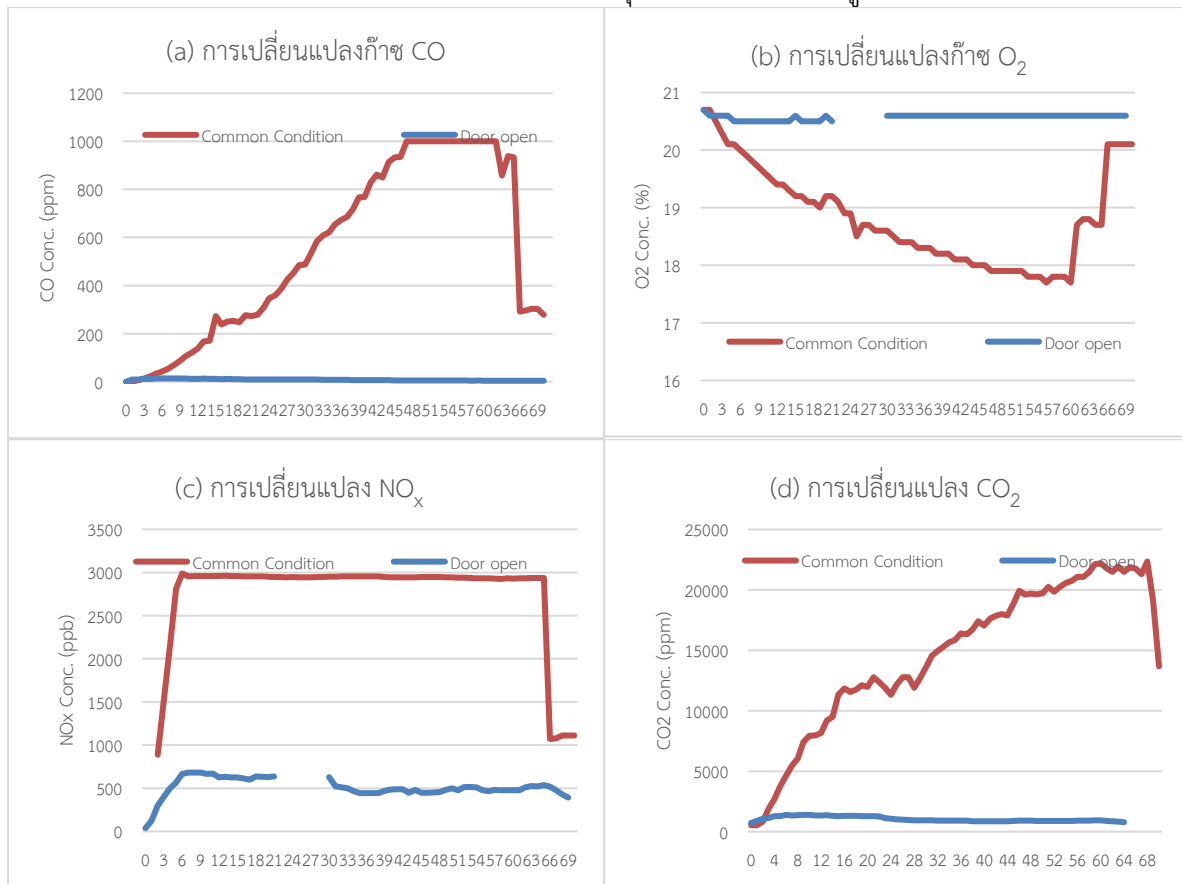
การทดสอบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอากาศภายในห้องน้ำของปัจจัยต่างๆ เพื่อเป็นการทดสอบมาตรการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพ ประกอบไปด้วย 2 กรณี ได้แก่

- (1) กรณีการเปิดและปิดประตู ขณะที่มีการเปิดเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส
- (2) กรณีมีช่องระบายอากาศขนาดไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ของขนาดห้องน้ำ

ทั้งนี้ ก่อนการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณก๊าซต่าง ๆ ในห้องน้ำได้ทำการตรวจวัดค่าพื้นฐาน (Background) ทั้งปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ก๊าซออกซิเจน (O₂) ก๊าซโพรเพน (C₃H₈) และก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ในห้องน้ำก่อนที่มีการทดสอบการเปลี่ยนแปลงปัจจัยทั้ง 2 กรณี รายละเอียดผลการศึกษาในแต่ละมาตรการเทียบกับค่าพื้นฐาน ดังนี้

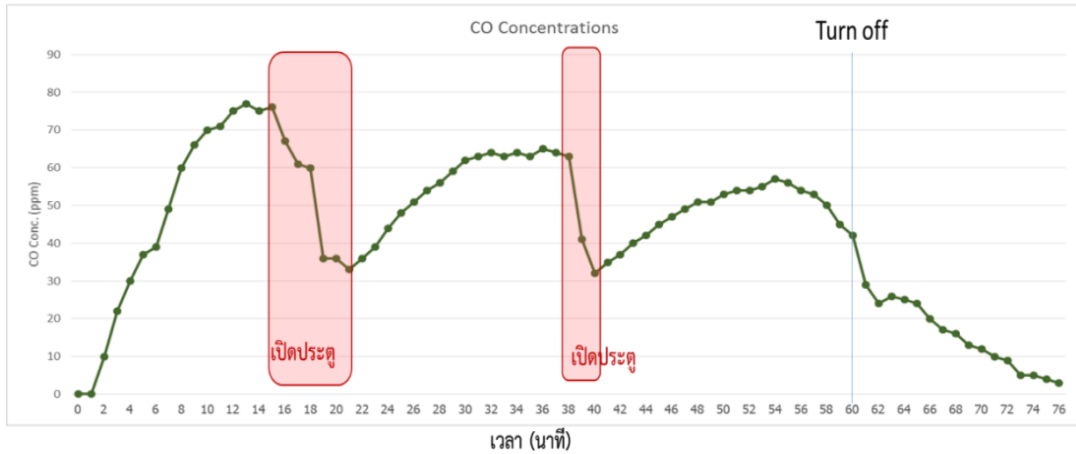
○ การเปิดและปิดประตูห้องน้ำ

การศึกษานี้ได้ทำการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงสูงภายใต้การเปิดและปิดประตู จากการตรวจวัดพบว่าปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเปิดประตู โดยอาจลดลงมาถึงร้อยละ 50 (ขณะที่มีการเปิดเครื่องทำน้ำอุ่นอย่างต่อเนื่อง) ดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซเมื่อทำการเปิด-ปิด ประตูห้องน้ำ

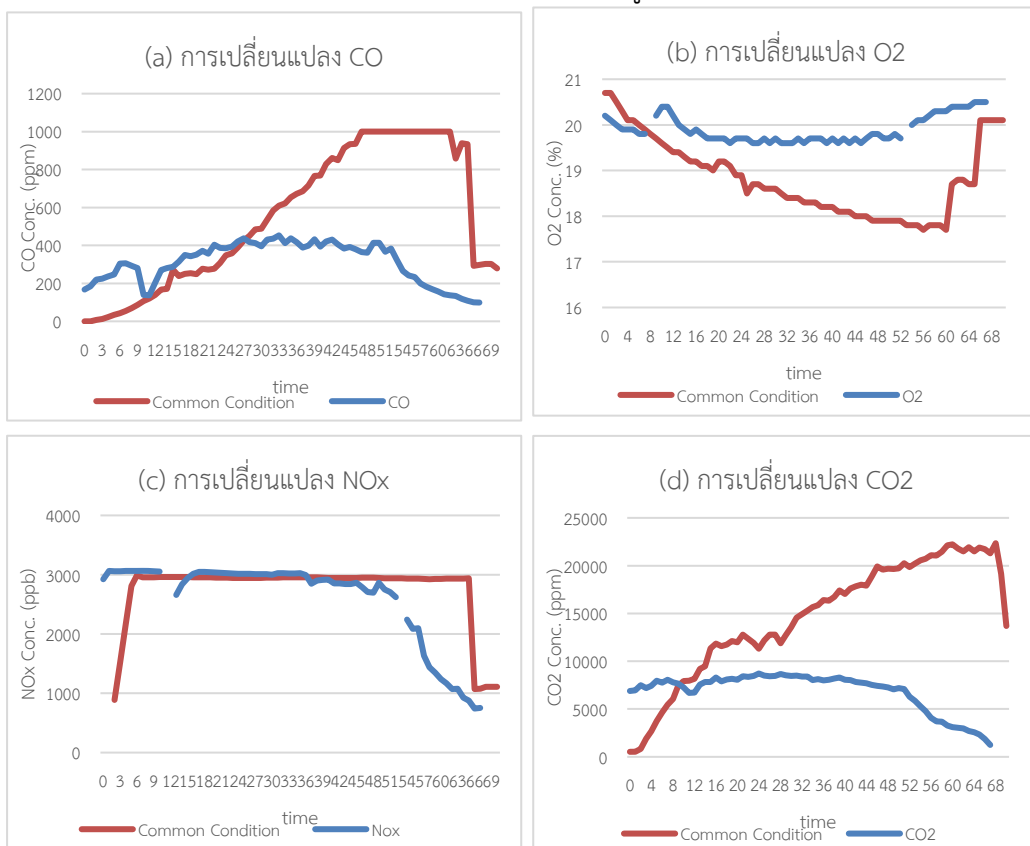
ทั้งนี้ การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพสูงสุดภายใต้การเปิดและปิดประตูขณะใช้งานเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส จากการตรวจวัด พบว่า ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเปิดประตู โดยลดลงมาถึงร้อยละ 50 (ขณะที่มีการเปิดเครื่องทำน้ำอุ่นอย่างต่อเนื่อง) ที่ระยะเวลาการเปิดประตูประมาณ 2-4 นาที อย่างไรก็ตาม เมื่อทำการปิดประตู ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) จะเกิดการสะสมอย่างต่อเนื่องจากความเข้มข้น ณ จุดที่เริ่มต้นปิดประตู ดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ เมื่อทำการเปิด-ปิด ประตูห้องน้ำ

○ กรณีเพิ่มช่องระบายอากาศในห้องน้ำ

การทดสอบการเปลี่ยนแปลงของก๊าซต่าง ๆ ในขณะที่ใช้งานเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส โดยการทำให้ช่องระบายอากาศบริเวณประตูทางเข้าของห้องน้ำ กำหนดให้มีขนาดให้มากกว่าร้อยละ 10 ของขนาดห้องน้ำ พบว่า ปริมาณการสะสมของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในห้องน้ำดังกล่าวมีค่าน้อยกว่าค่าพื้นฐานก่อนการเปลี่ยนแปลง (Background) รวมทั้งปริมาณออกซิเจนในห้องยังพบว่ามากกว่าเมื่อเทียบกับปริมาณออกซิเจนในขณะทำการตรวจวัดในกรณีพื้นฐานก่อนการเปลี่ยนแปลง (Background) และมีมากกว่าปริมาณออกซิเจนที่แนะนำตลอดเวลา 1 ชั่วโมงที่ทำการทดสอบ แสดงไว้รูปที่ 15



รูปที่ 15 การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซในกรณีเปิดช่องระบายอากาศ

เปรียบเทียบปริมาณก๊าซที่เกิดจากเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สก่อนและหลังทำการทดลอง

จากการทดสอบเปรียบเทียบปริมาณ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ก๊าซออกซิเจน (O₂) และก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) ที่เกิดจากเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สก่อนและหลังทำการทดลอง ด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อทดสอบความแตกต่างของปริมาณก๊าซที่เกิดในห้องน้ำรายนาที ขณะที่ไม่ได้ทดสอบ (Background) และการทดสอบ 2 กรณี พบว่า

1) การเปิดและปิดประตู มีค่าเฉลี่ยปริมาณก๊าซ CO CO₂ O₂ และ ก๊าซ NOx แตกต่างจากค่าเฉลี่ยปริมาณก๊าซของ Background อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2) กรณีเพิ่มช่องระบายอากาศในห้องน้ำ มีค่าเฉลี่ยปริมาณก๊าซ CO CO₂ และ O₂ แตกต่างจากค่าเฉลี่ยปริมาณก๊าซของ Background อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ระดับของก๊าซ NOx ไม่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซที่เกิดจากเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สก่อนและหลังทำการทดลอง

กรณี	ก่อน	หลัง	Mean	t-test	p-value	95% CI
1. กรณีการเปิดประตู						
CO	529.7±0.49	8.72±2.95	521.0	11.01	0.000*	426.43-615.63
O ₂	18.73±0.89	20.57±0.49	-1.843	-14.58	0.000*	2.097 -1.590
NOx	2862.89±361.5	528.69±90.1	2334.2	50.09	0.000*	2240.6-2427.8
CO ₂	13607.4±6010.03	1047.7±197.1	12,559	16.00	0.000*	10989.5-14129.8
2. กรณีเพิ่มช่องระบายอากาศ (มากกว่าร้อยละ 10 ของขนาดห้องน้ำ)						
CO	529.7±365.5	331.3±91.3	198.44	4.41	0.000*	108.46-288.42
O ₂	18.71±0.8	19.83±0.23	-1.115	-14.58	0.000*	1.59-2.09
NOx	2871.2±342.6	2791.54±441.50	79.66	1.02	0.313	76.96-236.30
CO ₂	16,607.3±6010.0	7,358.8±1382.3	6,248.5	7.28	0.000*	4,533.64-7,963.68

4.1.3 การรับรู้และการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สของนักท่องเที่ยว

1) การรับรู้และการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

จากการสัมภาษณ์นักท่องเที่ยว พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 52.7 มีอายุเฉลี่ย 34.15±5.17 ปี อายุระหว่าง 20-30 ปี ร้อยละ 40.0 มีโรคประจำตัว ร้อยละ 13.6 ได้แก่ ความดัน เบาหวาน ภูมิแพ้ กล้ามเนื้ออ่อนแรง ดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ข้อมูลส่วนบุคคลและพฤติกรรมการปฏิบัติตัวในการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สของนักท่องเที่ยว (n=110)

รายละเอียด	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. เพศ		
1) ชาย	52	47.3
2) หญิง	58	52.7

รายละเอียด	จำนวน (คน)	ร้อยละ
2. อายุ		
1) น้อยกว่า 20 ปี	5	4.5
2) 20-30 ปี	44	40.0
3) 31-40 ปี	38	34.6
4) 41-50 ปี	14	12.7
5) 51-60 ปี	7	6.4
6) 60 ปีขึ้นไป	2	1.8
อายุเฉลี่ย 34.15 ±5.17 ปี (สูงสุด: ต่ำสุด) 68:13 ปี		

3. โรคประจำตัว

1) ไม่มี	95	86.4
2) มี	15	13.6

สำหรับการรับรู้และการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สของนักท่องเที่ยว พบว่า ทราบว่าการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สมีผลกระทบต่อสุขภาพ ร้อยละ 36.4 ส่วนใหญ่ทราบข่าวสารจากสื่อสังคม (Social Media) ร้อยละ 15.5 เพื่อน ญาติและเจ้าหน้าที่ ร้อยละ 5.5 สำหรับพฤติกรรมการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส พบว่า ส่วนใหญ่ใช้ระยะเวลาอาบน้ำน้อยกว่า 10 นาที (ระยะเวลาอาบน้ำเฉลี่ย 9.99 นาที±5.18 นาที) การปฏิบัติตัวขณะอาบน้ำของนักท่องเที่ยว พบว่า มีตรวจสอบพัดลมระบายอากาศหรือช่องระบายอากาศ ร้อยละ 83.6 เปิดพัดลมระบายอากาศและช่องระบายทุกครั้งขณะอาบน้ำร้อยละ 87.3 หยุดอาบน้ำทันทีหากได้กลิ่นเหม็นของแก๊ส และเว้นระยะเวลาอาบน้ำอย่างน้อย 15 นาทีก่อนจะเข้าอาบน้ำ ร้อยละ 60.9 และรีบอาบน้ำทันทีต่อจากคนที่อาบน้ำก่อนหน้าร้อยละ 39.1 ดังตารางที่ 21

รายละเอียด	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. ความรู้เกี่ยวกับผลกระทบต่อสุขภาพ		
1.1 ไม่ทราบ	70	63.6
1.2 ทราบ	40	34.4
1) เพื่อน/ญาติ	6	5.5
2) ป้ายเตือน	3	2.7
3) แผ่นพับ/โปสเตอร์	1	0.9
4) หนังสือ	2	1.8
2. พฤติกรรม		
2.1 ระยะเวลาการอาบน้ำ		
1) น้อยกว่า 10 นาที	64	58.2
2) 10-20 นาที	23	20.9
3) 21-30 นาที	1	0.9
4) ไม่สามารถบอกระยะเวลาได้	22	20.0
เฉลี่ย 9.99 ± 5.18 นาที ค่าสูงสุด 30.0 นาที ค่าต่ำสุด 2.0 นาที		

รายละเอียด	จำนวน (คน)	ร้อยละ
2.2 ตรวจสอบว่าห้องน้ำมีพัดลมระบายอากาศหรือช่องระบายอากาศ		
1) ไม่ปฏิบัติ	18	16.4
2) ปฏิบัติ	92	83.6
3.6 เปิดพัดลมระบายอากาศและช่องระบายทุกครั้งขณะอาบน้ำ		
7) ไม่ปฏิบัติ	14	12.7
8) ปฏิบัติ	96	87.3
2.4 ขณะอาบน้ำหากได้กลิ่นเหม็นของแก๊สทำนุหายุดอาบน้ำทันที		
1) ไม่ปฏิบัติ	43	39.1
2) ปฏิบัติ	67	60.9
2.5 เว้นระยะเวลาอาบน้ำอย่างน้อย 15 นาทีก่อนจะเข้าอาบน้ำ		
1) ไม่ปฏิบัติ	59	39.1
2) ปฏิบัติ	67	60.9
2.6 รับประทานอาหารที่ต่อจากคนที่อาบน้ำก่อนหน้า		
1) ไม่ปฏิบัติ	67	60.9
2) ปฏิบัติ	43	39.1

ผลกระทบที่เกิดขึ้นขณะใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส พบว่า เคยเกิดอุบัติเหตุขณะใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สร้อยละ 8.2 อาการที่พบ คือ อาการวิงเวียนศีรษะร้อยละ 4.5 อาการหายใจลำบากร้อยละ 2.7 อาการคลื่นไส้ร้อยละ 0.9 และเกิดอาการไม่ทำอะไรร้อยละ 41.7 ออกจากห้องน้ำทันที 33.3 ไปพบแพทย์ ร้อยละ 11.1 ดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ร้อยละของผลกระทบที่เกิดจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

ลักษณะอาการ	ไม่ใช่		ใช่	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
1. เคยเกิดอุบัติเหตุ	101	91.8	9	8.2
2. อาการที่พบ ได้แก่				
● วิงเวียนศีรษะ	105	95.5	5	4.5
● ปวดศีรษะ	110	100.0	-	-
● ซึม	110	100.0	-	-
● มึนงง	110	100.0	-	-
● หายใจลำบาก	107	97.3	3	2.7
● คลื่นไส้	109	99.0	1	0.9
● อาเจียน	110	100.0	-	-
● หน้ามืด	110	100.0	-	-
● หมดสติ	110	100.0	-	-

2) ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นๆ ของนักท่องเที่ยวเกี่ยวกับผลกระทบต่อสุขภาพ

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สของนักท่องเที่ยวกับการเกิดผลกระทบต่อสุขภาพ พบว่า อาการที่เกิดจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สของนักท่องเที่ยว ปัจจัยส่วนบุคคล พบว่า อากาศไม่มีความสัมพันธ์กับเพศ ($r = 0.615$) และโรคประจำตัว ($r = 0.614$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สำหรับความสัมพันธ์กับพฤติกรรมปฏิบัติตัว พบว่า อาการมีความสัมพันธ์กับการตรวจสอบว่าห้องน้ำมีพัดลมระบายอากาศหรือช่องระบายอากาศ ($r = 3.747$) แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับการเปิดพัดลมระบายอากาศและช่องระบาย ($r = 3.747$) การหยุดอาบน้ำเมื่อได้กลิ่นเหม็นของแก๊ส ($r = 0.136$) การเว้นระยะเวลาอาบน้ำอย่างน้อย 15 นาที ($r = 3.747$) และการรีบอาบน้ำทันทีต่อจากคนที่อาบน้ำก่อนหน้า ($r = 0.136$) แต่มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการอาบน้ำ ($r = 4.137$) และความรู้ที่เกี่ยวกับผลกระทบต่อสุขภาพ ($r = 3.890$) ไปในทิศทางเดียวกัน นอกจากนี้ ยังพบว่าความรู้มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมปฏิบัติตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 รายละเอียดดังตารางที่ 23

ตารางที่ 23 ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สกับผลกระทบต่อสุขภาพ (อาการ) ของนักท่องเที่ยว

รายละเอียด	การเคยเกิดอาการ		χ^2	p-value
	ไม่มี	มี		
1. เพศ				
1) ชาย	47	5	0.615	0.512
2) หญิง	54	4		
2. โรคประจำตัว				
1) ไม่มี	88	7	0.614	0.433
2) มี	13	2		
3. การได้รับความรู้				
1) ไม่มี	67	34	3.890	0.049*
2) มี	3	6		
4. ระยะเวลาการอาบน้ำ				
1) น้อยกว่า 15 นาที	96	2	4.137	0.042*
2) มากกว่า 15 นาที	5	7		
5. การตรวจสอบว่าห้องน้ำมีพัดลมระบายอากาศหรือช่องระบายอากาศ				
1) ไม่ปฏิบัติ	14	87	5.648	0.017*
2) ปฏิบัติ	4	5		
6. การเปิดพัดลมระบายอากาศและช่องระบายอากาศ				
1) ไม่ปฏิบัติ	11	90	3.747	0.053
2) ปฏิบัติ	3	6		

ตารางที่ 23 ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สกับผลกระทบต่อสุขภาพ (อาการ) ของนักท่องเที่ยว ต่อ

รายละเอียด	การเกิดอาการ		χ ²	p-value
	ไม่มี	มี		
7. การหยุดอาบน้ำเมื่อได้กลิ่นเหม็นของแก๊ส				
1) ไม่ปฏิบัติ	40	61	0.136	0.712
2) ปฏิบัติ	3	6		
8. เว้นระยะเวลาอาบน้ำอย่างน้อย 15 นาที				
1) ไม่ปฏิบัติ	54	47	0.015	0.904
2) ปฏิบัติ	5	4		
9. รับประทานอาหารที่ต่อจากคนที่อาบน้ำก่อนหน้า				
1) ไม่ปฏิบัติ	61	40	0.136	0.712
2) ปฏิบัติ	6	3		

สรุปได้ว่า อาการที่เกิดจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สของนักท่องเที่ยวไม่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยส่วนบุคคล (เพศ โรคประจำตัว) พฤติกรรมการปฏิบัติตัว ทั้งประเด็นการเปิดพัดลมระบายอากาศและช่องระบาย การหยุดอาบน้ำเมื่อได้กลิ่นเหม็นของแก๊ส การเว้นระยะเวลาอาบน้ำอย่างน้อย 15 นาที และการรับประทานอาหารที่ต่อจากคนที่อาบน้ำก่อนหน้า แต่พฤติกรรมขณะที่ใช้งาน ได้แก่ การตรวจสอบว่าห้องน้ำมีพัดลมระบายอากาศหรือช่องระบายอากาศ ระยะเวลาการอาบน้ำมากกว่า 15 นาที มีความสัมพันธ์กับการได้รับความรู้ที่เกี่ยวกับการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการดำเนินงานเพื่อลดผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว

จากการสัมภาษณ์ผู้กำหนดนโยบายและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับสถานการณ์ ผลกระทบจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในพื้นที่และข้อเสนอต่อการจัดการ เพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว สรุปได้ดังนี้

4.2.1 สถานการณ์ ผลกระทบจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว จังหวัดเชียงใหม่

จากการสัมภาษณ์ผู้แทนหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ สำนักงานท่องเที่ยวและกีฬาจังหวัดเชียงใหม่ สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 16 สถาบันมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงใหม่ สมาคมธุรกิจท่องเที่ยวเชียงใหม่ และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น พบว่า เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สยังได้รับความนิยมใช้ในสถานที่ท่องเที่ยวในพื้นที่สูง เนื่องจากความสามารถในการทำน้ำร้อน ประหยัดค่าไฟฟ้า และมีราคาถูก ซึ่งปัจจุบันยังไม่มีฐานข้อมูลหรือการสำรวจโรงแรมที่มีการใช้เครื่องทำน้ำอุ่น ๆ ยังไม่กฎหมายในการควบคุมมาตรฐาน และควบคุม บังคับให้มีการใช้ที่ถูกต้อง อีกทั้งส่วนใหญ่โรงแรม รีสอร์ทที่มีการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส บางส่วนไม่มีการขอใบอนุญาตในการประกอบกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ทำให้ไม่สามารถเข้าไปตรวจสอบได้อย่างครบถ้วน นอกจากนี้ เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นการนำเข้ามาจากต่างประเทศ ปัจจุบัน ประเทศไทยยังไม่มีมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) สำหรับเครื่องทำน้ำอุ่น

ระบบแก๊ส การดำเนินงานส่วนใหญ่ หน่วยงานรัฐจะเน้นการสื่อสาร แจ้งเตือนแก่นักท่องเที่ยวโดยการใช้ป้าย สื่อสาร ประชาสัมพันธ์ และเตรียมความพร้อมของระบบการปฐมพยาบาล ส่งต่อและขอความร่วมมือผู้ประกอบการให้จัดให้มีการระบายอากาศในห้องน้ำที่เหมาะสม อีกประเด็น คือ ผู้ให้บริการบางส่วนยังขาดความรู้ ความเข้าใจในการติดตั้ง บำรุงรักษา การดูแลความปลอดภัย และนักท่องเที่ยวยังขาดความรู้ หรือยังขาดความตระหนักถึงอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้น เป็นต้น ทำให้เกิดเหตุการณ์การเจ็บป่วยหรือเสียชีวิตที่เคยเกิดขึ้นในอดีตที่ผ่านมา

ซึ่งหน่วยงานภาครัฐและเอกชนแต่ละหน่วยงานมีมาตรการในการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สค่อนข้างน้อย ในส่วนของภาคการสาธารณสุข จะเข้าไปดำเนินการเมื่อเกิดเหตุการณ์ที่มีการรายงานการเจ็บป่วยหรือเสียชีวิตจากเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส อีกทั้งการกำหนดมาตรการต่าง ๆ ในการดำเนินงานยังไม่มีแนวทางในการดำเนินงานที่ชัดเจนให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และเมื่อสัมภาษณ์ในส่วนของอุทยาน แม้จะมีการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส แต่ปัจจุบันแนวโน้มการใช้ลดลง โดยจะมีการบำรุงรักษาตามระยะเวลาที่กำหนด สำหรับเหตุการณ์ที่นักท่องเที่ยวได้รับผลกระทบ นั้น มีเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี 2555-2561 แต่ปีที่มีเหตุการณ์นักท่องเที่ยวเสียชีวิตเกิดขึ้นตั้งแต่ปี 2555 และมีมาตรการที่เข้มงวดในการป้องกันผลกระทบที่เกิดขึ้น ดังที่เจ้าหน้าที่ท่านหนึ่งเล่าว่า

“สำหรับกรณีเหตุการณ์ 2555 มีนักท่องเที่ยวเสียชีวิตจำนวน 1 ราย ณ อำเภออ่าวช้าง จังหวัด เชียงใหม่ จากเหตุการณ์ดังกล่าว หน่วยงานได้ทำหนังสือแจ้งเวียนหน่วยงานในสังกัดดำเนินการแก้ไข ติดตั้งพัดลมระบายอากาศในห้องน้ำ ติดป้ายแจ้งเตือนประชาสัมพันธ์วิธีการใช้ให้กับนักท่องเที่ยว”

และได้มีการประสานการดำเนินงานร่วมกับหน่วยงานสาธารณสุข เช่น โครงการอุทยานแห่งชาติสีเขียว ซึ่งคณะทำงานจะต้องประกอบด้วยหลายภาคส่วนทั้งระดับกรมและระดับจังหวัด แต่ในส่วนของเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สยังไม่มีการดูแลโดยเฉพาะ

ในส่วนของสมาคม ซึ่งเป็นหน่วยงานในภาคเอกชน มีหน้าที่หลักคือการพัฒนาและส่งเสริมการตลาด และให้กับธุรกิจการท่องเที่ยว และดูแลสมาชิกของสมาคม ในปัจจุบันสมาคมธุรกิจการท่องเที่ยวยังไม่มีฐานข้อมูลการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในของโรงแรม รีสอร์ท ดังที่เจ้าหน้าที่ท่านหนึ่งเล่าว่า *“ข้อมูลในส่วนของโรงแรมที่มีการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส หรือข้อเสนอโดยอาจจะยังไม่ชัดเจน แต่การจะเป็นสมาชิกของสมาคมนั้นจะต้องเป็นธุรกิจ หรือกิจการที่มีการจดทะเบียนอย่างถูกต้อง จึงจะสามารถเข้าเป็นสมาชิกได้”* แต่อย่างไรก็ตาม สมาคมมองว่ามีผลกับนักท่องเที่ยวโดยตรง ถ้ามีมาตรการที่ภาครัฐกำหนด ทางสมาคมให้ความร่วมมือดำเนินการและนำเสนอในที่ประชุมของสมาคมต่อไป

สำหรับหน่วยงานในระดับท้องถิ่น ซึ่งมีหน้าที่ในการกำกับติดตาม แต่ไม่สามารถดำเนินการได้ เนื่องจากสถานที่พักส่วนใหญ่ที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สไม่ได้มีการขออนุญาต และปัญหาที่พบคือ เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สรวมถึงเครื่องที่ยังไม่ได้รับการรับรองมาตรฐานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) แต่จากข้อมูลของคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ในปัจจุบันมีการกำหนดชื่อเฉพาะสำหรับเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สที่มีใช้ในท้องตลาดของประเทศไทยว่า “เครื่องทำน้ำร้อนระบบก๊าซแบบน้ำไหลผ่านร้อนทันที” (Instant Water Heater หรือ Tankless Water Heater หรือ Propane/LPG Water Heater) ซึ่งยังไม่มีการประกาศใช้และบังคับ

4.2.2 ข้อเสนอแนะต่อการลดและป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว

จากการสัมภาษณ์และประชุมร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐ และเอกชน เพื่อจัดทำข้อเสนอ การพัฒนาโยบายและแนวทางการดำเนินงานเพื่อลดผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบ แก๊สในห้องน้ำของโรงแรม พบว่า มีข้อเสนอแนะใน 4 ประเด็น คือ นโยบาย กฎหมาย มาตรฐาน/วิชาการ และการบริหารจัดการ สรุปได้ดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 ข้อเสนอแนะต่อการลดผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

หัวข้อ	รายละเอียด
นโยบาย (Policy)	<ol style="list-style-type: none"> 1. บูรณาการ เรื่องแผนการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส กับนโยบายการท่องเที่ยวปลอดภัย ซึ่งเป็นนโยบายสำคัญด้านการท่องเที่ยวของทุกจังหวัด โดยหน่วยงานสาธารณสุขสนับสนุนวิชาการ 2. ส่งเสริมมาตรการเชิงบวก โดยภาครัฐควรมีการสนับสนุน/ผลักดัน/สร้างแรงจูงใจให้กับโรงแรมในการเปลี่ยนมาใช้เครื่องทำน้ำอุ่นฯ ที่มีความปลอดภัย 3. จัดทำแผนป้องกันความเสี่ยงจากการท่องเที่ยวในระดับจังหวัดและอำเภอ
กฎหมาย (Regulation)	<ol style="list-style-type: none"> 1. การบังคับใช้กฎหมายผลักดันให้เกิดข้อเท็จจริงของเทศบาล กำหนดเงื่อนไขคุณลักษณะเพิ่มเติมของข้อบัญญัติท้องถิ่นในการตรวจสอบ ภายใต้พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 และที่แก้ไขเพิ่มเติม หมวด 7 กิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ
วิชาการ มาตรฐาน (Standard/ Knowledge)	<ol style="list-style-type: none"> 1. ผลักดันการกำหนดมาตรฐานเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส มาตรฐานผลิตภัณฑ์ (มอก.) 2. การกำหนดมาตรฐานการติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่น <ol style="list-style-type: none"> 2.1 การกำหนดมาตรฐานการติดตั้งและการตรวจสอบและดูแลรักษา 2.2 การออกแบบห้องน้ำที่เหมาะสม (รูปแบบเป็นมาตรฐานกลาง) 3. ส่งเสริมการอบรมมาตรฐานในส่วนของนักท่องเที่ยวในหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับภาคการสาธารณสุขและความปลอดภัย 4. การจัดทำคู่มือสำหรับเจ้าหน้าที่ในการตรวจประเมินโรงแรม ที่พัก <ol style="list-style-type: none"> 4.1 ขั้นตอน (Protocol) มาตรฐานโรงแรมที่มีการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส 4.2 การพัฒนาคู่มือการติดตั้ง และการปฐมพยาบาลเบื้องต้นช่วยเหลือนักท่องเที่ยว
การบริหารจัดการ (Management)	<ol style="list-style-type: none"> 1. การสร้างสื่อสาร สร้างความตระหนักในการติดตั้งบำรุงและดูแลรักษาเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สแก่ผู้ประกอบการ 2. การสื่อสาร ให้ความรู้การใช้เครื่องทำน้ำอุ่นฯ ที่ปลอดภัยผ่านช่องทางต่างๆ แก่ นักท่องเที่ยว เช่น <ol style="list-style-type: none"> 2.1 จัดทำสื่อเพื่อให้ความรู้ในการป้องกันที่ถูกต้องให้กับนักท่องเที่ยวผ่านช่องทางอื่นๆ เช่น อินเทอร์เน็ต เสียงตามสาย ป้ายประชาสัมพันธ์ (ก่อนฤดูการท่องเที่ยว) ทั้งภาษาไทย จีน อังกฤษ ฝรั่งเศส ญี่ปุ่น 2.2 การออกแบบสื่อในการสื่อสารแจ้งเตือนที่เข้าใจง่าย (เป็นคำเตือนและมีสัญลักษณ์เข้าใจง่าย)

หัวข้อ	รายละเอียด
	2.3 การประชาสัมพันธ์เชิงรุกเพื่อให้เกิดความตระหนักทั้งนักท่องเที่ยว/ สื่อประชาสัมพันธ์ / ผ่านมัลติมีเดีย / ศูนย์ข้อมูลนักท่องเที่ยว/ผู้ประกอบการ 3. บูรณาการเข้าสู่หลักสูตรการเรียนการสอนของนักเรียน

ทั้งนี้ ได้มีการนำผลการศึกษาและข้อเสนอจากการสัมภาษณ์ เสนอต่อที่ประชุมผู้เชี่ยวชาญ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทั้งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้ประกอบการ เพื่อให้ข้อเสนอเชิงนโยบายต่อแนวทางการดำเนินงานเพื่อลดผลกระทบต่อสุขภาพจากเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในระดับพื้นที่และระดับประเทศ เมื่อวันที่ 6 มิถุนายน 2562 ณ โรงแรมอนันตรา เชียงใหม่ ประกอบด้วย หน่วยงานภาคสาธารณสุขในระดับพื้นที่ (ศูนย์อนามัยที่ 1 เชียงใหม่ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงใหม่ สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 1 เชียงใหม่ สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 12 สงขลา สำนักงานสาธารณสุขอำเภอฝางและจอมทอง) สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สำนักงานท่องเที่ยวและกีฬาจังหวัดเชียงใหม่ สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 16 เชียงใหม่ สมาคมธุรกิจท่องเที่ยวเชียงใหม่ สมาคมมัลติมีเดียจังหวัดเชียงใหม่ กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ ศูนย์บริหารกฎหมายสาธารณสุข กรมอนามัย ผู้ประกอบการ และผู้เชี่ยวชาญจากมหาวิทยาลัย ที่ประชุมมีข้อเสนอแนะต่อแนวทางการดำเนินงานเพื่อลดผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในห้องน้ำ แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

- 1) ข้อเสนอต่อการจัดการเพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว สำหรับผู้ประกอบการ
 - (1) ผู้ประกอบการควรมีการติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สภายนอกอาคารที่มีการระบายอากาศ เนื่องจากการศึกษาจะเห็นได้ว่าเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สที่มีการติดตั้งภายนอกจะมีความเหมาะสมของแก๊สที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ
 - (2) ควรมีแนวทางในการติดตั้ง การตรวจสอบ และดูแลรักษาเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สที่เหมาะสม เนื่องจากปัญหาที่พบ คือการติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นฯ ที่ไม่ถูกต้อง โดยเฉพาะเรื่องท่อระบายอากาศ ซึ่งในคู่มือมีแนะนำให้ติดตั้งท่อระบายแต่ไม่มีอุปกรณ์ท่อนำให้ จึงควรแนะนำให้บริษัทผู้ผลิตต้องทำท่อนำให้ และต้องแนะนำให้ผู้ติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นฯ ต้องอ่านคู่มือการติดตั้งอย่างเคร่งครัด
 - (3) ควรมีการเตรียมการในการให้คำแนะนำนักท่องเที่ยวในฤดูท่องเที่ยว นอกจากการทำป้ายเตือน และผู้ประกอบการควรมีข้อเสนอแนะและวิธีการในการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สแก่นักท่องเที่ยว ขณะที่เข้ารับบริการ
 - (4) ผลักดันให้ผู้ประกอบการติดตั้งท่อระบายมลพิษที่เกิดขึ้นในห้องน้ำ เพื่อลดการสะสมของก๊าซพิษที่เกิดขึ้น
 - (5) จัดทำคู่มือหรือคำแนะนำการติดตั้งที่ถูกต้องให้กับผู้ประกอบการ ร้านค้าที่จำหน่าย และสมาคมผู้จัดจำหน่าย เพื่อให้เกิดการตระหนักรู้และการป้องกันตนเองที่ถูกต้องอย่างแพร่หลาย และครอบคลุมทุกจุด

2) ข้อเสนอแนะแนวทางเพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว สำหรับนักท่องเที่ยว

- (1) ควรมีการให้ความรู้ จัดทำสื่อในการป้องกันตนเองให้แก่นักท่องเที่ยวผ่านช่องทางต่าง ๆ ก่อนฤดูกาลท่องเที่ยว เช่น อินเทอร์เน็ต และเพิ่มสื่อด้วยภาษาที่หลากหลาย เช่น ไทย จีน อังกฤษ ฝรั่งเศส ญี่ปุ่น เนื่องจากในพื้นที่ที่มีผู้มาใช้บริการที่เป็นชาวต่างชาติจำนวนมาก
- (2) จัดทำคู่มือคำแนะนำสำหรับนักท่องเที่ยว โดยจัดทำเป็นรหัสคิวอาร์ (QR code) เพื่อสื่อสารเตือนภัยให้กับประชาชนทั่วไปหรือนักท่องเที่ยวเข้าถึงข้อมูลได้ง่าย

3) ข้อเสนอแนะการจัดการเพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

- (1) สนับสนุน ผลักดัน สร้างแรงจูงใจให้กับโรงแรมและประชาชนทั่วไปในการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สที่มีความปลอดภัย
- (2) ผลักดันแนวทางการป้องกันความเสี่ยงต่อสุขภาพให้เป็นส่วนหนึ่งในมาตรการเกี่ยวกับยกระดับความปลอดภัยด้านการท่องเที่ยว (Travel with confident) ของกระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา โดยส่งเสริมและแรงจูงใจให้กับโรงแรมและประชาชนทั่วไปในการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สที่มีความปลอดภัย
- (3) ควรกำหนดมาตรฐานการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นฯ ในมาตรฐานที่พักเพื่อการท่องเที่ยว ได้แก่ เกสต์เฮาส์ โฮมสเตย์ เซอร์วิสอพาร์ทเมนท์ เป็นต้น
- (3) สร้างกลไกการกำกับ ติดตาม ตั้งแต่การควบคุมการนำเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส และการติดตั้งที่ได้มาตรฐาน
- (4) ส่งเสริมสถานประกอบการ ที่พัก ให้เข้ามาสู่ระบบ ทั้งจดทะเบียน ขออนุญาตและจัดทำฐานข้อมูลสถานประกอบการที่มีการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส
- (5) ผลักดันให้เกิดข้อเทศบัญญัติของเทศบาล กำหนดเงื่อนไขคุณลักษณะเพิ่มเติมของข้อบัญญัติท้องถิ่นในการตรวจสอบ ภายใต้พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (หมวด 7 กิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ)
- (6) ร่วมกับสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนดมาตรฐานเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส (มอก.) รวมถึงมาตรฐานการติดตั้ง การตรวจสอบ และดูแลรักษา
- (7) จัดทำคู่มือสำหรับเจ้าหน้าที่ในการตรวจประเมินโรงแรม (checklist) และการปฐมพยาบาลเบื้องต้นช่วยเหลือนักท่องเที่ยว รวมถึงจัดทำคู่มือให้แก่ภาคีในพื้นที่ เป็นสื่อบุคคลที่จะไปสื่อสารให้แก่นักท่องเที่ยวด้วย

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การประเมินปัจจัยเสี่ยงและผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว อำเภอฝางและอำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปัจจัยเสี่ยงด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม ประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว และจัดทำข้อเสนอแนะต่อแนวทางการจัดการเพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยวของอำเภอฝางและอำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ ผู้วิจัยได้สรุปผลการศึกษา อภิปราย และข้อเสนอแนะ รายละเอียดดังนี้

5.1 สรุปและอภิปรายผลการศึกษา

สถานการณ์การใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในห้องน้ำ พบว่า โรงแรมมีการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส ร้อยละ 72.6 ส่วนใหญ่เป็นที่พักประเภทรีสอร์ท ร้อยละ 54.1 ห้องน้ำส่วนใหญ่มีขนาดเฉลี่ย 3.2 ตารางเมตร ส่วนใหญ่มีการระบายอากาศและไม่เคยมีเหตุการณ์เกิดอุบัติเหตุจากเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส ซึ่งจะเห็นว่าที่พักร้อยละส่วนใหญ่ในพื้นที่ศึกษาจะใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส ถึงแม้ว่าระบบไฟฟ้าจะเข้าถึง แต่เนื่องจากสภาพอากาศที่หนาวจัด ทำให้น้ำมีความเย็นมากเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สมีคุณสมบัติทำความร้อนได้เร็วกว่าเครื่องทำน้ำอุ่นแบบไฟฟ้าจึงเป็นที่นิยมใช้ในพื้นที่อย่างกว้างขวาง เนื่องจากก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนสูง โดยมีอุณหภูมิเปลวไฟที่ 1,900-2,000 °C ค่าความร้อนของการเผาไหม้ที่ 25 °C อยู่ระหว่าง 11,700 - 11,900 กิโลกรัม-แคลอรี หรือ 21,000 - 21,400 บีทียูต่อปอนด์ (ประกาศิตและคณะ, 2562) ทำให้สถานประกอบการนิยมใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

การศึกษานี้ ยังพบว่าห้องน้ำในโรงแรมจะมีขนาดเล็กกว่า 3 ตารางเมตร ซึ่งตามกฎหมายกระทรวงมหาดไทย ฉบับที่ 63 (พ.ศ. 2551) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 กำหนดลักษณะห้องน้ำของอาคาร รวมถึงการระบายอากาศตามจากกฎกระทรวงมหาดไทย ฉบับที่ 39 (กระทรวงมหาดไทย, 2551) ระบุว่าต้องมีพื้นที่รวมไม่น้อยกว่า 1.50 ตารางเมตร ระยะตั้งระหว่างพื้นถึงเพดานช่วงที่ต่ำที่สุดกว่า 1.80 ซึ่งจากการศึกษาพบว่ามีขนาดตามข้อกำหนด ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าห้องน้ำกว่าร้อยละ 65.2 มีขนาดน้อยกว่า 3.0 ตารางเมตร หรือมีความกว้างและยาวไม่น้อยกว่า 2.5x3.0 เมตร จึงอาจกล่าวได้ว่าขนาดห้องน้ำเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น ดังที่พบว่าห้องน้ำขนาดเล็กจะพบก๊าซ CO และ CO₂ สูงกว่าห้องน้ำขนาดอื่น รวมถึงมีปริมาณก๊าซ O₂ ในระดับที่ต่ำอีกด้วย

แม้ว่าจากการสำรวจห้องน้ำในพื้นที่ส่วนใหญ่จะมีการระบายอากาศ เนื่องจากหลายปีที่ผ่านมา มีสถานการณ์ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในห้องน้ำของประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2551 - 2560 รวม 18 เหตุการณ์ มีผู้ป่วย 29 ราย และเสียชีวิต 7 ราย หรือมีอัตราป่วยตายร้อยละ 25 ทำให้หน่วยงานสาธารณสุขลงไปตรวจสอบห้องน้ำและให้มีช่องระบายอากาศทุกห้อง เนื่องจากมีการศึกษาของชูพงศ์ แสงสว่าง (2556) ที่พบว่า ห้องน้ำที่ใช้ระบบแก๊ส มักมีระบบไหลเวียนอากาศของห้องน้ำที่ไม่เหมาะสม เมื่อแก้ไขระบบการไหลเวียนอากาศโดยเพิ่มช่องระบายอากาศและติดตั้งพัดลมระบายอากาศ พบว่ามีก๊าซ CO ไม่เกินค่ามาตรฐาน แต่ยังมีห้องน้ำที่มีการระบายอากาศน้อยกว่าร้อยละ 10 ของพื้นที่ห้องถึงร้อยละ 25 และติดตั้งที่ไม่ถูกต้องในบางประเด็น ได้แก่ การติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นฯ ภายในห้องที่ไม่มีระบบระบายอากาศหรือมีช่องระบายอากาศที่น้อยกว่าค่าที่มาตรฐานกำหนดและการวางถังแก๊สที่ไม่ถูกต้อง แต่มีการบำรุงรักษาอย่างถูกต้องตามเกณฑ์ที่กำหนดในทุกห้อง มีปริมาณก๊าซ CO > 1,000 พีพีเอ็ม ในห้องน้ำ

ขนาดเล็กกว่า 3 ตรม. ก๊าซ O_2 14.7-20.9 % และก๊าซ $CO_2 > 5,000$ พีพีเอ็ม ในห้องน้ำทุกขนาด โดยห้องน้ำขนาดเล็กจะพบก๊าซ CO และ CO_2 สูงกว่าห้องน้ำขนาดอื่น ซึ่งอยู่ในระดับที่มีผลกระทบต่อสุขภาพ

การติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในห้องน้ำ ถือเป็นปัจจัยหนึ่งส่งผลให้ปริมาณก๊าซ CO_2 ก๊าซ CO เพิ่มขึ้น ในขณะที่ก๊าซ O_2 ลดลง ก่อให้เกิดความเสี่ยงสูงต่อผู้ใช้งานได้ เนื่องจากกระบวนการสันดาปจะมีการนำออกซิเจนในอากาศภายในห้องน้ำไปใช้ในการเผาไหม้แก๊ส LPG จะส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนในห้องน้ำที่มีพื้นที่จำกัดลดลง และเมื่อเกิดการสันดาปจะปล่อยก๊าซ CO และก๊าซ CO_2 อยู่ภายในห้องน้ำ และหากมีการระบายอากาศต่ำจะส่งผลให้ปริมาณก๊าซ CO_2 และ CO เพิ่มขึ้นในห้องน้ำจนถึงระดับที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพได้ โดยการศึกษาในห้องน้ำที่มีการติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นฯ ภายนอกอาคารตรวจวัดไม่พบปริมาณ CO และ CO_2 ภายในห้องน้ำขณะเปิดใช้งาน โดยในหลายประเทศได้กำหนดแนวทางการติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นฯ ภายนอกอาคารหรือการใส่ท่อระบายไอเสียจากการสันดาปออกสู่ภายนอก เพื่อเป็นการระบายอากาศเสียออกไปข้างนอก และต้องมีการระบายอากาศที่ดีด้วยเช่นกัน (Thisoldhouse, 2018) อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ไม่พบการรั่วไหลของก๊าซโพเทนซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งในเชื้อเพลิง LPG ซึ่งมักเกิดจากการติดตั้งที่ผิดวิธีหรือติดตั้งแบบขาดความระมัดระวัง จะส่งผลให้เกิดการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวและอาจเกิดการติดไฟหรือระเบิดได้ (Rapport, A., Brozyna, K. Measure, 012)

ถึงแม้ว่าการศึกษานี้จะไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับลักษณะห้อง วิธีการบำรุงรักษาและปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นเมื่อเปิดเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในห้องน้ำ แต่ข้อมูลบ่งชี้ว่าห้องที่มีขนาดเล็กและไม่มีระบบระบายอากาศจะพบปริมาณก๊าซ CO_2 สูงกว่าห้องขนาดกลางและขนาดใหญ่ โดยพบการสะสมของก๊าซ CO และก๊าซ CO_2 ในห้องน้ำขนาดเล็กมีระดับที่เกินระดับความปลอดภัยจากการรับสัมผัสในระยะสั้น และปริมาณ O_2 ต่ำกว่าระดับที่ปลอดภัยเมื่อใช้งานติดต่อกัน การศึกษานี้พบร้อยละ 20 ของห้องมีการระบายอากาศที่น้อยกว่าค่ามาตรฐานกำหนด ซึ่งกระทรวงมหาดไทย (2537) ได้กำหนดการมีช่องลมเพื่อระบายอากาศในห้องน้ำไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ของพื้นที่ตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 และยังพบปริมาณก๊าซ CO สูงสุด $> 1,000$ พีพีเอ็ม สอดคล้องกับการศึกษาของวินัย ทองชุบ (2563) ที่พบว่าเมื่อเปิดพัดลมระบายอากาศในห้องน้ำที่มีการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส จะพบปริมาณก๊าซ CO_2 CO และ C_3H_8 เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเมื่อเปิดพัดลมระบายอากาศ นอกจากนี้ การศึกษานี้ ได้ทำการทดสอบช่องระบายอากาศทดสอบการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพอากาศภายในห้องน้ำ โดยทำการทดลองเปิดช่องระบายอากาศขนาดมากกว่าร้อยละ 10 ของพื้นที่ พบว่า ปริมาณการสะสมของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ในห้องน้ำดังกล่าวมีการลดลงเป็นอย่างมาก ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่าการระบายอากาศมีผลต่อปริมาณก๊าซที่จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สได้ด้วยเช่นกัน

นอกจากลักษณะทางกายภาพของห้องน้ำแล้ว ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สยังเกิดจากพฤติกรรมการใช้ของนักท่องเที่ยวที่ไม่ถูกต้อง จากการศึกษาของ ชูพงศ์ แสงสว่าง (2562) ระบุว่า ระยะเวลาสัมผัสที่ยาวนาน รวมถึงอุณหภูมิของอากาศภายนอกที่หนาวเย็นทำให้นักท่องเที่ยวปิดการระบายอากาศในขณะที่อาบน้ำเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ และส่งผลให้เกิดอาการที่เกี่ยวข้องได้ ซึ่งจากการศึกษานี้ เมื่อตรวจวัดปริมาณก๊าซในระยะเวลาต่าง ๆ พบว่า หากอาบน้ำมากกว่า 15 นาทีขึ้นไปจะพบปริมาณก๊าซ CO ถึงมากกว่า 1,000 พีพีเอ็ม ในขณะที่ปริมาณ O_2 ในห้องน้ำมีปริมาณที่ต่ำกว่า 19% ในระยะเวลาเพียง 22 นาที โดยเฉพาะในห้องน้ำขนาดเล็ก ซึ่งแสดงให้เห็นว่า หากใช้เวลาอาบน้ำเกิน 20 นาที อาจส่งผลให้เกิดอาการเวียนศีรษะ หงุดหงิดและอาจถึงขั้นเสียชีวิตได้ สอดคล้องกับการศึกษาที่ประเทศมาเลเซีย (C K Chong, P Senan, G V Kumar, Dip RSH and Pejabat Kesihatan, 2540) ที่พบการหมดสติและเสียชีวิตขณะอาบน้ำในห้องน้ำที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส ซึ่งจากตรวจพิษวิทยาในเลือดปรากฏว่ามี

ระดับก๊าซ CO สูง และจากการใช้เครื่องตรวจวัดก๊าซเพื่อตรวจวัดระดับของก๊าซ CO ในห้องน้ำ พบว่า ในระหว่างที่เปิดใช้งานเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สไปแล้ว 16 นาทีจะมีก๊าซ CO เกิดขึ้น 1,200 พีพีเอ็ม ซึ่งอยู่ในระดับที่เป็นอันตรายอย่างยิ่ง ถึงแม้ว่าการศึกษานี้พบว่านักท่องเที่ยวใช้เวลาอาบน้ำเฉลี่ย 9.9 ± 5.2 นาที แต่บางคนเคยได้รับผลกระทบจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สด้วยเช่นกัน

แม้ว่าจากการศึกษาจะพบว่านักท่องเที่ยวส่วนใหญ่มีพฤติกรรมที่ถูกต้อง เช่น ร้อยละ 83.6 มีการตรวจสอบว่าห้องน้ำมีพัดลมระบายอากาศหรือช่องระบายอากาศ ร้อยละ 87.3 เปิดพัดลมระบายอากาศและช่องระบายทุกครั้งขณะอาบน้ำ และร้อยละ 60.9 หยุดอาบน้ำทันทีหากได้กลิ่นเหม็นของแก๊ส แต่ยังมีถึงร้อยละ 39.1 ที่อาบน้ำต่อจากเพื่อนทันที โดยไม่เว้นระยะเวลาอาบน้ำอย่างน้อย 15 นาทีก่อนจะเข้าอาบน้ำต่อ ซึ่งอาจจะได้รับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากปริมาณก๊าซ CO ที่ยังสะสมจากคนอาบน้ำก่อนหน้า โดยจากการทดลองกรณีการเปิดและปิดประตูจากการตรวจวัด พบว่า ปริมาณก๊าซที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพ ได้แก่ CO₂ CO NO_x จากการตรวจวัดพบว่าปริมาณลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเปิดประตูหลังจากใช้งานเสร็จเรียบร้อยแล้ว โดยอาจลดลงมาถึง ร้อยละ 50 (ขณะที่มีการเปิดเครื่องทำน้ำอุ่นอย่างต่อเนื่อง) ในขณะที่ปริมาณ O₂ เพิ่มขึ้น ทั้งนี้พบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีการลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อเปิดประตู โดยอาจลดลงมาถึง 50% (ขณะที่มีการเปิดเครื่องทำน้ำอุ่นอย่างต่อเนื่อง) ที่ระยะเวลาการเปิดประตูประมาณ 2-4 นาที อย่างไรก็ตาม เมื่อทำการปิดประตูปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จะเกิดการสะสมอย่างต่อเนื่องจากความเข้มข้น ณ จุดที่เริ่มต้นปิดประตู ดังนั้น ในการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สต้องมีการเปิดประตูห้องน้ำไว้ก่อนอย่างน้อย 10 นาที เพื่อให้ปริมาณก๊าซที่สะสมในห้องน้ำลดลงจนอยู่ในระดับที่มีปริมาณน้อยหรือไม่พบปริมาณก๊าซในห้องน้ำดังกล่าว ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการสอบสวนโรค (กลุ่มงานสุขศึกษา โรงพยาบาลลำปาง, 2560) พบว่า ผู้ที่หมดสติหรือเสียชีวิตจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สส่วนใหญ่จะเป็นการอาบน้ำต่อจากคนแรก ในขณะที่มีการระบายอากาศยังไม่เพียงพอ เช่น การเปิดประตูในระยะเวลาสั้น ไม่มีการระบายอากาศ ซึ่งหากได้รับในปริมาณก๊าซ CO ความเข้มข้นมากกว่า 1,200 พีพีเอ็ม จะทำให้หัวใจเต้นเร็วขึ้นผิดปกติ และเริ่มเต้นผิดจังหวะ หากได้รับประมาณ 5,000 พีพีเอ็ม อาจทำให้เสียชีวิตภายในไม่กี่นาที (C K Chong, P Senan, G V Kumar, Dip RSH and Pejabat Kesihatan, 2540) ดังนั้น การสื่อสาร สร้างความรู้แก่นักท่องเที่ยวเกี่ยวกับการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สที่ถูกต้องเป็นอีกประเด็นที่ต้องดำเนินการเพื่อลดความเสี่ยงต่อสุขภาพ

การรับรู้และป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส จากการสอบถามการรับรู้ของนักท่องเที่ยว พบว่า มีเพียงร้อยละ 36.4 ที่ทราบว่า การใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สมีผลกระทบต่อสุขภาพ และพบว่า ร้อยละ 8.2 เคยมีอาการหายใจลำบาก คลื่นไส้ และร้อยละ 41.7 เมื่อเกิดอาการไม่ทำอะไรเลย ทั้งนี้ การศึกษานี้ยังพบความสัมพันธ์ของอาการ ความรู้ และพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Donald Simpson Michale W. Calnan (2016) ที่พบว่าผู้ใช้ห้องน้ำมากกว่า 1 ใน 3 ไม่ทราบถึงอันตรายที่เกิดขึ้นจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส ทั้งนี้ สะอาด มุ่งสิน (2554) ได้กล่าวถึงแนวคิดเกี่ยวกับความรู้ ทักษะ และการปฏิบัติที่กล่าวไว้ว่าหากบุคคลใดมีความรู้จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางความคิดจนทำให้มีทัศนคติที่ดีและส่งผลให้บุคคลนั้นมีแนวทางการปฏิบัติหรือพฤติกรรมสุขภาพที่ดีและสม่ำเสมอในทางตรงกันข้าม ถ้าหากบุคคลนั้นไม่มีความรู้ก็จะทำให้เกิดแนวคิดไม่เห็นด้วยและเกิดการต่อต้านจนทำให้บุคคลนั้นไม่ปฏิบัติตามพฤติกรรมที่พึงประสงค์ รวมทั้งมีหลายการศึกษาที่บ่งชี้ว่าความรู้มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรม เช่น Heuisug, et al. (2003) และคำรน ศรีวงศ์ษา (2560) และเนื่องจากการมีการศึกษาเกี่ยวกับ Healthy People (U.S. Department of Health and Human Services , 2010) ที่กล่าวถึงการไม่รอบรู้ด้านสุขภาพจะส่งผลต่อพฤติกรรมเสี่ยงต่อโรคเพิ่มมากขึ้น พฤติกรรมป้องกันโรคน้อยลง การเข้ารับการรักษาพยาบาลในโรงพยาบาลบ่อยครั้งขึ้น ไม่เข้าใจเกี่ยวกับการปฏิบัติตัวอย่างถูกต้อง ซึ่งทำให้

ค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพเพิ่มขึ้น ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่ต้องมีการสื่อสาร สร้างความรู้ให้นักท่องเที่ยวให้มีพฤติกรรมที่ถูกต้อง และให้รู้จักสังเกตอาการของตนเองขณะใช้งานด้วย รวมทั้งสร้างความรอบรู้ให้กับนักท่องเที่ยว ทั้งนี้ ควรจัดให้มีการอบรมให้ความรู้เจ้าหน้าที่ปฏิบัติงาน ให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส ซึ่งสอดคล้องกับข้อคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญและผู้กำหนดนโยบายที่เกี่ยวข้องกับการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส โดยประเด็นที่ต้องการพัฒนา ได้แก่ การพัฒนากฎหมายหรือมาตรฐานเพื่อควบคุมกำกับทั้งเครื่องทำน้ำอุ่นฯ และการบริหารจัดการ การสร้างความรู้ ความเข้าใจถึงผลกระทบต่อสุขภาพและวิธีการป้องกันที่ถูกต้องแก่ผู้ประกอบการและนักท่องเที่ยวและการบูรณาการเข้ากับนโยบายการท่องเที่ยวของประเทศไทย

สรุป จากการศึกษา พบว่า ขนาดห้องน้ำขนาดเล็ก การระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ และพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวที่ไม่ถูกต้องเป็นปัจจัยเสี่ยงด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สของนักท่องเที่ยวในสถานที่ท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่ ดังนั้น การควบคุม ดูแล โรงแรมให้มีโครงสร้างของห้องน้ำและช่องระบายอากาศที่เป็นไปตามมาตรฐาน การให้ข้อมูลที่ถูกต้องแก่ผู้ประกอบการและนักท่องเที่ยวและการกำหนดมาตรฐานเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส และมาตรการควบคุม กำกับอย่างเคร่งครัดเป็นประเด็นสำคัญที่ต้องดำเนินการ ซึ่งผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งเจ้าหน้าที่สาธารณสุขและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นควรดำเนินการอย่างต่อเนื่อง เพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นต่อไป

5.2 การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลการประเมินปัจจัยเสี่ยงด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมและผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในสถานที่ท่องเที่ยว อำเภอฝางและอำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ สามารถนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ ได้ดังนี้

- 1) หน่วยงานพื้นที่ได้นำข้อมูลสถานการณ์และปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญที่ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของประชาชนและนักท่องเที่ยวในพื้นที่ เพื่อจัดการปัญหาต่อไป
- 2) ผู้ประกอบการทราบถึงความเสี่ยงต่อสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นและแนวทางการจัดการ แก้ไขปัญหา และนำไปสู่การจัดการ ตรวจสอบการใช้งานและมาตรการป้องกันความเสี่ยงในโรงแรมของตนเอง
- 3) ผลการวิจัยได้ไปนำสู่การจัดทำคำแนะนำสำหรับประชาชนและท่องเที่ยวในพื้นที่ ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ และจัดทำคู่มือสำหรับเจ้าหน้าที่ เพื่อเตรียมการและเป็นแนวทางในการป้องกันผลกระทบที่เกิดจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สแก่ประชาชนและนักท่องเที่ยว
- 4) ผลการวิจัยนี้นำไปประกอบการจัดทำประกาศ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกี่ยวกับเครื่องทำน้ำร้อนระบบก๊าซแบบน้ำไหลผ่านร้อนทันที (GAS INSTANTANEOUS WATER HEATERS) สำหรับเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส
- 5) การใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อนำไปสู่การจัดทำฐานข้อมูลการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สของประเทศไทย ตลอดจนการผลักดันให้เกิดมาตรการในการกำกับ ติดตามการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในระดับพื้นที่ต่อไป

5.3 ข้อเสนอที่ได้จากการศึกษา

5.3.1 ข้อเสนอเชิงนโยบาย

- 1) สร้างร่วมมือกันระหว่างหน่วยงานภาครัฐ ทั้งการผลักดันแนวทางการป้องกันความเสี่ยงต่อสุขภาพในมาตรการเกี่ยวกับยกระดับความปลอดภัยด้านการท่องเที่ยว (Travel with confident) ของกระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา ด้วยการทำข้อตกลงร่วมกันเกี่ยวกับเรื่อง

แผนการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส การผนวกเกณฑ์ประเมินห้องน้ำเข้ากับเกณฑ์การประเมินอุทยานแห่งชาติสีเขียว (Green National Parks) ด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม ของกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม รวมถึงการร่วมมือกับภาคเอกชน ผู้ประกอบการ สหกรณ์การท่องเที่ยว สมาคมมัคคุเทศก์ในการสื่อสารให้กับนักท่องเที่ยว

- 2) กำหนดมาตรการเชิงบวก โดยมีการสนับสนุน/ผลักดัน/สร้างแรงจูงใจให้กับโรงแรม โดยการสื่อสาร ประชาสัมพันธ์โรงแรมที่มีการปฏิบัติตามมาตรการด้านความปลอดภัยที่ถูกต้องแก่นักท่องเที่ยว

5.3.2 ผลักดันให้เกิดมาตรการควบคุม กำกับในเชิงกฎหมาย ได้แก่

- 1) ผลักดันให้มีการกำหนดมาตรฐานเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส (มอก.) ไม่ให้เกิดการรั่วไหลของก๊าซ รวมถึงการกำหนดมาตรฐานการติดตั้ง และการตรวจสอบและการบำรุงรักษาดูแลรักษา
- 2) กำหนดหลักเกณฑ์ เงื่อนไข กิจกรรมที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ “เฉพาะ” กิจกรรมประเภทที่ 9 (5) เพิ่มเติมจากมาตรการที่กำหนดไว้ในการออกข้อบัญญัติท้องถิ่น ตามพระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 และที่แก้ไขเพิ่มเติม เพื่อควบคุมการประกอบกิจการโรงแรมที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สให้ปลอดภัย โดย
 - ให้โรงแรม รีสอร์ทหรือสถานที่พักใดที่มีการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สต้อง แจ้งข้อมูลการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สเมื่อมาขออนุญาตหรือต่อใบอนุญาตการเปิดกิจการ
 - กำหนดให้โรงแรมที่มีการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สต้องมีระบบระบายอากาศที่เพียงพอ หากเป็นช่องระบายอากาศต้องมีขนาดไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ของพื้นที่
 - ให้มีการบำรุงรักษาวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างน้อย 6 เดือนต่อครั้งและเครื่องใช้ไฟฟ้าต้องได้มาตรฐาน
 - ต้องมีป้ายเตือนนักท่องเที่ยวในห้องน้ำทุกห้อง
- 3) จัดทำคำแนะนำคณะกรรมการสาธารณสุข เรื่อง มาตรการและแนวทางการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพประเภทที่ 9 (5) หรือจัดทำประกาศกรมอนามัย เรื่อง มาตรฐานการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบก๊าซในห้องน้ำ โดยครอบคลุมมาตรการที่จะลดปัจจัยเสี่ยงด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมที่จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพ ประกอบด้วย
 - ด้านสุขลักษณะที่เหมาะสม เช่น ขนาด การระบายอากาศ ความสะอาด เป็นต้น
 - ด้านความปลอดภัยของลูกค้า และผู้มารับบริการ เช่น การติดตั้ง บำรุงรักษา ตรวจสอบ อุปกรณ์ เป็นต้น
 - ด้านการกำกับ ติดตาม ตรวจสอบ เช่น การตรวจวัดคุณภาพอากาศ การสุ่มประเมินโดยเจ้าหน้าที่หรือเจ้าพนักงานสาธารณสุข เป็นต้น
 - ด้านการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพ เช่น การแจ้งเตือน การปฐมพยาบาล เป็นต้น

5.3.3 สร้างการรับรู้ให้แก่ประชาชนและผู้ประกอบการ โดย

- 1) การสร้างความเข้าใจผู้ประกอบการในการติดตั้งบำรุง และดูแลรักษาเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สที่ถูกต้อง โดยการจัดคู่มือหรือสื่อประกอบ

- 2) ประชาสัมพันธ์เชิงรุกเพื่อให้เกิดความตระหนักแก่ประชาชนหรือนักท่องเที่ยว เช่น ประชาสัมพันธ์ผ่านมัลติมีเดีย ศูนย์ข้อมูลนักท่องเที่ยว และผู้ประกอบการ และผ่านช่องทางอื่นๆ เช่น อินเทอร์เน็ต สื่อสังคม (Social Media)
- 3) การบูรณาการเข้าสู่หลักสูตรการเรียนการสอนของนักเรียน เพื่อให้เด็กและเยาวชนมีความรู้ความเข้าใจในการปฏิบัติตนเพื่อป้องกันอันตรายต่อสุขภาพที่ถูกต้อง

5.3.4 ข้อเสนอต่อการดำเนินการต่อไป

- 1) ควรมีการจัดทำฐานข้อมูลสถานประกอบการที่มีการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในระดับพื้นที่ เพื่อให้หน่วยงานในพื้นที่ใช้ประเมินความเสี่ยงในพื้นที่ที่รับผิดชอบ ว่ามีโอกาสพบผู้ป่วยจากการได้รับแก๊สพิษจากเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส และเตรียมองค์ความรู้ วัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็น รองรับสถานการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้นได้
- 2) เร่งออกประกาศ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ (มอก.) สำหรับเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส รวมทั้งการกำหนดมาตรฐานการติดตั้งและการตรวจสอบและดูแลรักษา การออกแบบห้องน้ำที่เป็นมาตรฐานกลาง รวมถึงการสร้างกลไกการกำกับ ติดตาม ตั้งแต่การควบคุมการนำเข้าสินค้า และการติดตั้งที่ได้มาตรฐาน
- 3) จัดทำคู่มือ แนวทางสำหรับเจ้าหน้าที่ในการตรวจประเมินโรงแรม (checklist) และวิธีการประเมินความเสี่ยงเบื้องต้นพร้อมกับแนวทางปฐมพยาบาลช่วยเหลือนักท่องเที่ยว สำหรับสถานประกอบการ
- 4) สนับสนุนชุดความรู้ ข้อมูลผลกระทบและการป้องกันตนเองในการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สที่ปลอดภัยแก่โรงแรม องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น
- 5) ควรมีการติดตาม กำกับ และให้คำแนะนำแก่บ้านพัก และรีสอร์ทให้ดำเนินการตามมาตรฐานอย่างต่อเนื่องและเคร่งครัด

5.3.5 ข้อเสนอแนะในการศึกษาต่อไป

- 1) การศึกษานี้มีจำนวนประชากรที่ทำการศึกษา และระยะเวลาในการศึกษาที่จำกัด จึงควรมีการเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างเพิ่มเติมในพื้นที่อื่นเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมมากขึ้น
- 2) ในการศึกษาปริมาณก๊าซ เนื่องจากระดับก๊าซสูงเกินเครื่องมือที่ตรวจวัดได้ ซึ่งหากมีการเพิ่มระดับค่าการตรวจวัดที่น้อยที่สุด (threshold) ของเครื่องมือ จะทำให้พบระดับก๊าซสูงสุดที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพได้มากขึ้น ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรใช้เครื่องมือที่สามารถตรวจวัดค่าในระดับที่สูงขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. (2561). สถิตินักท่องเที่ยว. สืบค้นเมื่อวันที่ 18 มีนาคม 2562, จาก https://www.mots.go.th/more_news_new.php?cid=411
- กระทรวงพาณิชย์ . (2557). ประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่อง กำหนดให้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบก๊าซเป็นสินค้าที่ต้องมีหนังสือรับรองและต้องปฏิบัติตามมาตรการจัดระเบียบในการนำเข้ามาในราชอาณาจักร พ.ศ. 2557.
- กลุ่มระบาดวิทยาและข่าวกรอง สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 1 เชียงใหม่ (2560). สรุปข่าวการระบาดและการเกิดโรคที่สำคัญ 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบนประจำเดือนมกราคม 2560. สืบค้นเมื่อวันที่ 18 มีนาคม 2562, จาก http://odpc1.ddc.moph.go.th/epidpc10/list_report.php?item_id=5.
- กลุ่มงานสุขศึกษา โรงพยาบาลลำปาง (2560). ภัยจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่น. สืบค้นเมื่อวันที่ 18 มีนาคม 2562, จาก http://odpc1.ddc.moph.go.th/epidpc10/list_report.php?item_id=5.
- กรมธุรกิจพลังงาน (2551). บทความเรื่องก๊าซปิโตรเลียมเหลว LPG โดยกรมธุรกิจพลังงาน .สืบค้นเมื่อวันที่ 18 มีนาคม 2562, จาก <http://www.gasthai.com/article/html/380.html>.
- จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ (2558). ปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคาร. สืบค้นเมื่อวันที่ 18 มีนาคม 2562, จาก www.safety-stou.com/UserFiles/File/54113%20unit15.doc.
- ชูพงศ์ แสงสว่าง และคณะ โรงพยาบาลฝาง จังหวัดเชียงใหม่. (2556). รายงานการสอบสวนเบื้องต้นเสนอผู้บริหาร กรณีการสอบสวนกลุ่มผู้ป่วยหมดสติ/เสียชีวิตขณะอาบน้ำในห้องน้ำโดยใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2556. สืบค้นเมื่อวันที่ 18 เมษายน 2562, จาก http://203.157.15.4/wesr/file/y56/F56531_1393.pdf
- “-----” (2562). สถานการณ์ และการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส, การศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้ เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในห้องน้ำของโรงแรม, 24 มกราคม 2562
- ประกาศิต ตีล้อม, อภินัฐ ตัณฑวณิช, อนุวัต มั่นจิต, อภิสิริ ลายทอง, กฤษดา สาวันดี (2562). สมบัติทั่วไปของ LPG. สืบค้นเมื่อวันที่ 18 มีนาคม 2562, จาก <https://sites.google.com/site/mithdynamite/khna-phu-cad-tha>
- วินัย ทองซูป, ธิตาภรณ์ วิชชุภรณ์, กอบโชค วุฒิโชติวิชัยกิจ.(2563). ก๊าซโพรเพนรั่วไหลขณะอาบน้ำด้วยเครื่องทำน้ำร้อน; สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 2 จังหวัดพิษณุโลก.
- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. (2547). เอกสารข้อมูลความปลอดภัยของโพรเพน. จาก <http://www.chemtrack.org/MSDSSG/Trf/msdst/msdst74-98-6.html>
- สำนักงานจังหวัดเชียงใหม่. (2561). สถิตินักท่องเที่ยว.สืบค้นเมื่อวันที่ 18 มีนาคม 2562, จาก <http://www.chiangmai.go.th/web2561/office/>
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2562). ร่างมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เครื่องทำน้ำร้อนระบบก๊าซแบบน้ำไหลผ่านร้อนทันที, สำหรับกรรมการวิชาการรายสาขา คณะที่ 48
- สำนักอุทยานแห่งชาติ. (2561). สถิตินักท่องเที่ยว.สืบค้นเมื่อวันที่ 18 มีนาคม 2562, จาก <http://portal.dnp.go.th/Content/nationalpark?contentId=20014>

- Annane, D., Chadda, K., Gajdos, P., Guincestre, M.C.J., Chevret, S., Raphael, J.C. (2011). Hyperbaric oxygen therapy for acute domestic carbon monoxide poisoning: two randomized controlled trials. *Intensive Care Medicine*, 37(3), p.p. 486–492
- ANSI Standard. (2019). Listing of Water Heater Standards Available from: http://gta.gastechnology.org/reflibrary/ANSI_Standards.pdf.
- Bidesh B., Dhiraj M., Rupesh M., Pradeep S., Alok D. (2017). Carbon Monoxide Poisoning due to Gas Water Heater. Available from: https://www.researchgate.net/publication/322533459_Carbon_Monoxide_Poisoning_due_to_Gas_Water_Heater
- Bureau of Land Management. (2559). Health risk Evaluation of Carbon Dioxide (CO₂). Available from: <http://www.blm.gov/style/medialib/bim/wy/information/NEPA/cfodocs/howell.Par.2800.File.dat/25apxC.pdf>
- Centers for Disease Control and Prevention (2007). Carbon monoxide--related deaths--United States, 1999-2004. U.S. Centers for Disease Control and Prevention. PMID 18097342
- C K Chong, P Senan, G V Kumar, Dip RSH and Pejabat Kesihatan. (1997). Carbon Monoxide Poisoning from Gas Water Heater Installed and Operated in the Bathroom. Available from: http://www.e-mjm.org/1997/v52n2/Carbon_Monoxide_Poisoning.pdf
- Davidson, D., Barefield, E. S., Kattwinkel, J., Dudell, G., Damask, M., Straube, R., Rhines, J., and Chang, C. T. (1998). Inhaled nitric oxide for the early treatment of persistent pulmonary hypertension of the term newborn: A randomized, double-masked, placebo-controlled, dose-response multicenter study. The I-NO/PPHN Study Group. *Pediatrics* 101, 325–334.
- Donald Simpson Michale W. Calnan. Bathroom gas water heaters and the risk of carbon monoxide. 2016.[cited 2018 Oct 20] Available from: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/001789697303200405>.
- Farzaneh, E., Seraji, N.F., Valizadeh, B. (2015) Epidemiology of carbon monoxide gas poisoning deaths in Ardabil city, 2008-13. *International Journal of Research in Medical Sciences*. Farzaneh E et al. *Int J Res Med Sci*. 2015 Apr;3(4):929-932. DOI: 10.5455/2320-6012.ijrms20150422
- Garland H, Pearce J. (1967). Neurological complications of carbon monoxide poisoning. *Q J Med*. 1 Oct;36(144):445-55.
- Grieb G, Simons D, Schmitz L, Piatkowski A, Grottke O, Pallua N.Glasgow (2011). Coma Scale and laboratory markers are superior to COHb in predicting CO intoxication severity.*Burns*. Jun;37(4):610-15. doi: 10.1016/j.burns.2010.03.007. Epub 2010 Apr 29.
- Hallman, M., Bry, K., Turbow, R., Waffern, F., and Lappalainen, U. (1998). Pulmonary toxicity associated with nitric oxide in term infants with severe respiratory failure. *J. Pediatr*. 132, p.p. 827-829.

- Huang, C.C., Ho, C.H., Chen, Y.C., Lin, H.J., Hsu, C.C., Wang, J.J., Su, S.B., Guo, H.R. (2017). Hyperbaric Oxygen Therapy Is Associated With Lower Short- and Long-Term Mortality in Patients With Carbon Monoxide Poisoning. *Chest*, 152(5), p.p. 943-953.
- Keepthewaterflowing. (2019). How to Install a Tankless Water Heater, Website: Available from: <https://www.keepthewaterflowing.net/how-to-install-a-tankless-water-heater/>
- Liao, S.C., Mao, Y.C., Yang, K.J., Wang, K.C., Wu, L.Y., Yang, C.C. (2019). Targeting optimal time for hyperbaric oxygen therapy following carbon monoxide poisoning for prevention of delayed neuropsychiatric sequelae: A retrospective study. *Journal of the Neurological Sciences*, 396, p.p. 187-192
- Khanagwal, V.P., Sharma, L. (2014). Gas geyser a silent killer in bathroom: A case report of carbon monoxide poisoning, *Journal of Indian Academy of Forensic Medicine*, 36(1), p.p. 108-112, ISSN 0971-0973
- Ma, X., Zhang, H., You, S., Zheng, X., Miao, Q., Li, H. (2019). Numerical investigations on combustion characteristics, NO and CO emission of Gas Instantaneous Water Heater with partial premixed combustion. *Energy Procedia*, 158, p.p. 1372-1379.
- P.Yanisk and D.Kroll. (2555). Use Nitrogen Safety Chemical Engineering Progress.
- Quintã, A.F., Ferreira, J.A.F, Ramos, A., Martins, N.A.D., Costa, V.A.F. (2019). Simulation models for tankless gas water heaters. *Applied Thermal Engineering*, 148, p.p. 944-952.
- Rapport, A., Brozyna, K. (2012). Measure Guideline: Transitioning to a Tankless Water Heater, Building Technology Program, US Department of Energy, September 2012.
- Sokal, J.A., Kralkowska, E. (1985). The relationship between exposure duration, carboxyhemoglobin, blood glucose, pyruvate and lactate and the severity of intoxication in 39 cases of acute carbon monoxide poisoning in man. *Archives of Toxicology*, 57(3), p.p. 196–199.
- Salguero, K.L., Cummings. J.J. (2002). Inhaled nitric oxide and methemoglobin in full-term infants with persistent pulmonary hypertension of the newborn. *Pulm Pharmacol Ther.* 15(1), p.p. 1-5.
- Sinkovic, A., Smolle-Juettner, F.M., Krunic, B., Marinsekz, M. (2006). Severe carbon monoxide poisoning treated by hyperbaric oxygen therapy — a case report. *Inhal Toxicol*, 18, pp. 211-214.
- Takagi (2019). Installation Requirement. Website: Available from: <http://www.takagi.com/professionals/installation-requirements>
- The Allen Consulting Group (2555). The risk of carbon monoxide poisoning from domestic gas appliances. Available from: <http://ris.pmc.gov.au/sites/default/files/posts/2012/06/05-Decision-RIS-Gas-Appliance-CO2-safety-strategy.pdf>
- Thisoldhouse, (2019). Read This Before You Buy a Tankless Water Heater, Website: Available from: <https://www.thisoldhouse.com/ideas/read-you-buy-tankless-water-heater>
- Taro Yamane.(1973).Statistics: An Introductory Analysis.3rdEd.New York.Harper and Row

Publications.

- Wessel, D. L., Adataia, I., Van Marter, L. J., Thompson, J. E., Kane, J. W., Stark, A. R., and Kourembanas, S. (1997). Improved oxygenation in a randomized trial of inhaled nitric oxide for persistent pulmonary hypertension of the newborn. *Pediatrics*, 100, E7.
- Wuori, T.J. (2003). Dangers Associated With a Forgotten Appliance: Water Heaters - PART I, Phoenix Society, Website: <https://www.phoenix-society.org/resources/entry/dangers-associated-with-a-forgotten-appliance-water-heaters-part-i>.
- Yogesh Kumar P K Paliwal B. L. Sirohiwal Vijay Pal Khanagwa Luv Sharma. (2014). Gas Geyser a Silent Killer in Bathroom: A Case Report of Carbon Monoxide Poisoning.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

**แบบสำรวจปัจจัยที่มีผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส
ในห้องน้ำของโรงแรมในจังหวัดเชียงใหม่**

คำแนะนำ แบบสำรวจนี้ จัดทำขึ้นเพื่อรวบรวมข้อมูลและปัจจัยเสี่ยงจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในห้องน้ำของโรงแรม รีสอร์ท หรือที่พักอื่นๆ ที่ผู้เดินทางหรือนักท่องเที่ยวเข้ามาใช้บริการ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1.1 ประเภทสถานประกอบการ

- 1) โรงแรม 2) รีสอร์ท 3) ที่พักอุทยาน
 4) เกสเฮ้าส์/โฮมสเตย์ 5) ลานกางเต้นท์/ที่บริการอาบน้ำ 6) อื่นๆ.....

1.2 จำนวนห้องน้ำสำหรับห้องพักทั้งหมด.....ห้อง

1.3 จำนวนห้องน้ำที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส จำนวน.....ห้อง

ส่วนที่ 2 ข้อมูลห้องน้ำที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

ยี่ห้อเครื่องทำน้ำอุ่นฯ	ขนาดห้องน้ำ (เมตร)	การระบายอากาศ	
		พัดลมระบายอากาศ	ช่องระบายอากาศ
<input type="checkbox"/> Panasonic <input type="checkbox"/> Hatachi <input type="checkbox"/> CROWN <input type="checkbox"/> Rinnai <input type="checkbox"/> ECOLUX <input type="checkbox"/> winner <input type="checkbox"/> KANGPA <input type="checkbox"/> Haobang <input type="checkbox"/> JL <input type="checkbox"/> V-man <input type="checkbox"/> ELETROLUX <input type="checkbox"/> Sony <input type="checkbox"/> National <input type="checkbox"/> อื่นๆ.....	กว้าง ยาว สูง	<input type="checkbox"/> ไม่มี <input type="checkbox"/> มี ระบุ ขนาด.....นิ้ว ประเภทพัดลม <input type="checkbox"/> แบบดูดอากาศเข้า <input type="checkbox"/> แบบดูดอากาศออก	<input type="checkbox"/> ไม่มี <input type="checkbox"/> มี ขนาด.....ตร.ม. จำนวนช่อง ขนาด.....เมตร อธิบายลักษณะ

ส่วนที่ 3 ข้อมูลการเก็บก๊าซในห้องน้ำที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

ระยะเวลา (นาที)	ปริมาณก๊าซที่ตรวจวัด				ระยะเวลา (นาที)	ปริมาณก๊าซที่ตรวจวัด				ระยะเวลา (นาที)	ปริมาณก๊าซที่ตรวจวัด			
	CO ₂	CO	O ₂	propane		CO ₂	CO	O ₂	propane		CO ₂	CO	O ₂	propane
0					11					21				
1					12					22				
2					13					23				
3					14					24				
4					15					25				
5					16					26				
6					17					27				
7					18					28				
8					19					29				
9					20					30				
10					21					31				

ระยะเวลา (นาที)	ปริมาณก๊าซที่ตรวจวัด				ระยะเวลา (นาที)	ปริมาณก๊าซที่ตรวจวัด				ระยะเวลา (นาที)	ปริมาณก๊าซที่ตรวจวัด			
	CO ₂	CO	O ₂	propane		CO ₂	CO	O ₂	propane		CO ₂	CO	O ₂	propane
32					43					54				
33					44					55				
34					45					56				
35					46					57				
36					47					58				
37					48					59				
38					49					60				
39					50									
40					51									
41					52									
42					53									

ส่วนที่ 4 ข้อมูลการติดตั้งและการบำรุงรักษาเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

รายละเอียด	การดำเนินการ		อย่างไร อธิบาย
	ใช่	ไม่ใช่	
1) ติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส ในห้องน้ำที่มีการระบายอากาศ			
2) ติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สนอกห้องน้ำ			
3) ท่อน้ำที่ใช้สำหรับเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สทำจากโลหะ			
4) เลือกใช้ถังบรรจุก๊าซ LPG หรือถังแก๊สที่มีเครื่องหมายมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) รับรองคุณภาพ			
5) ถังแก๊ส ตั้งด้านนอกอาคารที่มีอากาศถ่ายเท			
6) ถังแก๊สอยู่ในสภาพดี มีระบุวันที่ตรวจสอบสภาพถังไม่เกิน 5 ปี			
7) ตัวถังตั้งบนพื้นราบที่มั่นคงและแข็งแรง			
8) สายนำแก๊ส ควรเป็นชนิดที่ใช้กับแก๊สหุงต้มเท่านั้น ห้ามใช้สายนำแก๊สที่ทำจากยางหรือสายพลาสติกธรรมดา			
9) เหล็กรัดสายยางส่งแก๊สหรือเข็มขัด ไม่เป็นสนิม			
10) มีป้ายเตือนให้เปิดพัดลมระบายอากาศทุกครั้งที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส			
11) มีคำแนะนำการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นอย่างปลอดภัย ในจุดที่มองเห็นได้ชัดเจนบริเวณหน้าห้องน้ำ			

ชื่อผู้สำรวจ.....วันที่สำรวจ.....หมายเลขโทรศัพท์.....

แบบสอบถาม

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในห้องน้ำของโรงแรมในจังหวัดเชียงใหม่ สำหรับเจ้าของกิจการหรือผู้ดูแล

คำแนะนำ แบบสอบถามนี้จัดทำขึ้นเพื่อสอบถามเจ้าของกิจการหรือผู้ดูแลการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในพื้นที่เพื่อนำไปสู่การพัฒนาแนวทางการดำเนินงานฯ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

- 1.1 เพศ 1) ชาย 2) หญิง
1.2 สถานะ 1) เจ้าของกิจการ 2) ผู้ดูแล
1.3 อายุ.....ปี
1.4 ระยะเวลาเปิดกิจการ.....ปี

ส่วนที่ 2 ข้อมูลการติดตั้ง การใช้และการบำรุงรักษาเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

- 2.1 ระยะเวลาที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส.....ปี
2.2 ตรวจสอบระบบเผาไหม้ ทำความร้อนของเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส
 1) ไม่เคย 2) 1-3 เดือน / ครั้ง 3) 3-6 เดือน / ครั้ง 4) 6-9 เดือน / ครั้ง
 5) 9-12 เดือน / ครั้ง 6) 1 ปีขึ้นไป 7) อื่นๆ ระบุ.....
2.3 ตรวจสอบรอยรั่วบริเวณวาล์ว ถังแก๊ส หัวปรับแรงดัน ข้อต่อต่าง ๆ แกนลูกบิดสำหรับปิด/เปิด สายยาง เป็นต้น
 1) ไม่เคย 2) เคย
2.4 การเปลี่ยนสายนำแก๊ส
 1) ไม่เคย 2) 1 ปี / ครั้ง 3) 2 ปี / ครั้ง
 4) 3 ปี / ครั้ง 5) มากกว่า 3 ปี ขึ้นไป 6) อื่นๆ ระบุ.....
2.5 การเปลี่ยนเหล็กยึดสายยางส่งแก๊สหรือเข็มขัด
 1) ไม่เคย 2) 1 ปี / ครั้ง 3) 2 ปี / ครั้ง
 4) 3 ปี / ครั้ง 5) มากกว่า 3 ปี ขึ้นไป 6) อื่นๆ ระบุ.....

ส่วนที่ 3 ข้อมูลผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

- 3.1 ในรอบ 1 ปีที่ผ่านมา มีเหตุการณ์อันตรายจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สหรือไม่
 1) ไม่มี (ข้ามไปตอบส่วนที่ 3.6) 2) มี
3.2 มีเหตุการณ์อันตรายจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

ครั้งที่	เหตุการณ์	จำนวนผู้ได้รับผลกระทบ	อาการที่พบ ระบุหมายเลขตามอาการใต้ตาราง**
1			
2			
3			

**หมายเหตุ 1) วิงเวียนศีรษะ 2) ปวดศีรษะ 3) ซึม 4) มึนงง/หน้ามืด 5) หายใจลำบาก 6) คลื่นไส้/อาเจียน 7) หมดสติ 8) เสียชีวิต 9) อื่นๆ ระบุ.....

- 3.3 ท่านทราบหรือไม่ว่าสาเหตุที่ทำให้มีผู้ได้รับอันตรายจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในห้องน้ำเกิดจากอะไร

- 1) ไม่ทราบ 2) ทราบ โปรดระบุ
 1) ห้องน้ำขนาดเล็ก 2) ไม่มีช่องระบายอากาศ
 3) แก๊สรั่ว 4) ไม่มีพัดลมระบายอากาศ/ดูดอากาศ
 5) มีโรคประจำตัว 6) อื่นๆ.....

3.4 กรณีเกิดเหตุการณ์ เจ็บป่วยหรือเสียชีวิต จากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส ท่านให้ความช่วยเหลือผู้ที่ได้รับอันตรายจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในห้องน้ำอย่างไร

.....

3.5 กรณีเกิดเหตุการณ์เจ็บป่วยหรือเสียชีวิตจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส มีหน่วยงานใดบ้างเข้ามาให้ความช่วยเหลือหรือตรวจสอบเหตุการณ์ดังกล่าว และดำเนินการอย่างไร

.....

ส่วนที่ 4 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

4.1 ท่านต้องการให้หน่วยงานภาครัฐหรือหน่วยงานต่างๆ ในพื้นที่ มีมาตรการและแนวทางการป้องกัน การให้ความรู้ สื่อสารเตือนภัย เกี่ยวกับอันตรายและผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สสำหรับผู้ใช้อย่างไร

.....

4.2 สถานประกอบการต้องการการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐด้านใดบ้าง เกี่ยวกับเรื่องนี้

.....

ชื่อผู้สำรวจ.....วันที่สำรวจ.....

ชื่อผู้ข้อมูล.....หมายเลขโทรศัพท์.....

**แบบสอบถามการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส
สำหรับผู้เดินทางหรือนักท่องเที่ยวเข้าใช้บริการ**

คำแนะนำ

แบบสอบถามนี้จัดทำขึ้นเพื่อสอบถามการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส สำหรับผู้เดินทางหรือนักท่องเที่ยวเข้าใช้บริการ เพื่อนำไปสู่การพัฒนานโยบายและแนวทางการดำเนินงานเพื่อลดผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในห้องน้ำของโรงแรม

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

- 1.1 เพศ 1) ชาย 2) หญิง
- 1.2 อายุ.....ปี
- 1.3 ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่
 1) ไม่มี 2) มี ระบุ.....

ส่วนที่ 2 การปฏิบัติตัวและการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

- 2.1 ท่านทราบผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส
 1) ไม่ทราบ
 2) ทราบ จากแหล่งใด
 1) โทรทัศน์ / วิทยุ 2) สื่อโซเชียล
 3) เจ้าหน้าที่ 4) เพื่อน/ญาติ
 5) ป้ายเตือน 6) แผ่นพับ/โปสเตอร์
 7) อื่นๆ.....
- 2.2 ท่านอาบน้ำด้วยเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส เป็นระยะเวลา.....นาที
- 2.3 ขณะอาบน้ำท่านปฏิบัติตัวอย่างไร

รายการ	ไม่ปฏิบัติ (1)	ปฏิบัติ (2)
1) ตรวจสอบว่าห้องน้ำมีพัดลมระบายอากาศหรือช่องระบายอากาศ		
2) เปิดพัดลมระบายอากาศและช่องระบายทุกครั้งขณะอาบน้ำ		
3) ขณะอาบน้ำหากได้กลิ่นเหม็นของแก๊ส ท่านหยุดอาบน้ำทันที		
4) เว้นระยะเวลาอาบน้ำอย่างน้อย 15 นาที ก่อนจะเข้าอาบน้ำต่อ		
5) รีบอาบน้ำทันที ต่อจากคนที่อาบน้ำก่อนหน้า		

- 2.4 ขณะใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส ท่านเคยมีอาการ ดังต่อไปนี้หรือไม่

ลักษณะอาการ	ไม่ใช่ (0)	ใช่ (1)
1. วิงเวียนศีรษะ		
2. ปวดศีรษะ		

3. ซึม		
4. มึนงง		
5. หายใจลำบาก		
6. คลื่นไส้		
7. อาเจียน		
8. หน้ามืด		
9. หมดสติ		
10. อื่นๆ ระบุ.....		

2.5 เมื่อเกิดอาการในข้อ 2.4 ท่านปฏิบัติอย่างไร

- 1) ไม่ทำอะไร 2) ออกจากห้องน้ำทันที
 3) ไปพบแพทย์ 4) อื่น ๆ ระบุ.....

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

3.1 ท่านต้องการให้หน่วยงานภาครัฐหรือหน่วยงานต่างๆมีมาตรการหรือแนวทางการป้องกัน การให้ความรู้ สื่อสารเตือนภัย เกี่ยวกับอันตรายและผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สสำหรับผู้ใช้อหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ชื่อผู้สำรวจ.....วันที่สำรวจ.....

**แบบสัมภาษณ์นโยบายและข้อเสนอในการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพ
จากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส**

คำแนะนำ

แบบสัมภาษณ์นี้จัดทำขึ้นเพื่อสัมภาษณ์นโยบายและข้อเสนอในการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส สำหรับผู้บริหาร/ผู้กำหนดนโยบาย เพื่อนำไปสู่การพัฒนานโยบายและแนวทางการดำเนินงานเพื่อลดผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในห้องน้ำของโรงแรม

ประเด็นคำถาม

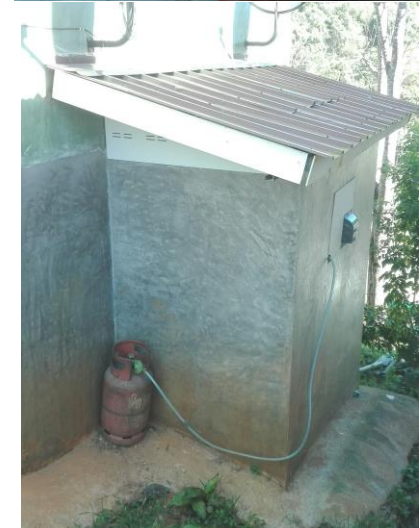
1. หน่วยงานของท่านมีมาตรการ และปัญหาอุปสรรคในการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สอย่างไร
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. ท่านคิดว่าควรมีนโยบายหรือมาตรการหรืออื่นใด ในการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในปัจจุบันเพิ่มเติมอย่างไร และหน่วยงานใดควรมีส่วนเกี่ยวข้องบ้าง (ในมิติด้านนโยบาย กฎหมาย มาตรฐาน/วิชาการ และการบริหารจัดการ และมิติผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย)
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. ข้อเสนอแนะอื่น ๆ
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ภาคผนวก ข

ภาพการสำรวจปัจจัยปัจจัยเสี่ยงและผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส
ในสถานที่ท่องเที่ยวอำเภอฝางและอำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่



ภาพภาคผนวก ข-1 การติดตั้งถังแก๊ส



ภาพภาคผนวก ข-2 การติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส



ภาพภาคผนวก ข-3 การสำรวจและสอบถาม



ภาพภาคผนวก ข-4 การให้ข้อเสนอต่อการจัดทำข้อเสนอ




ภาพภาคผนวก ข-5 การให้ข้อเสนอต่อการจัดทำข้อเสนอผู้เชี่ยวชาญ

ตัวอย่างรูปแบบยี่ห้อเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สที่มีในปัจจุบัน

เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สที่ใช้กันมากในปัจจุบันของประเทศไทย มีหลากหลายยี่ห้อ ทั้งที่ผลิตจากประเทศจีน ญี่ปุ่น เกาหลี และอื่นๆ อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบว่ามีโรงงานผลิตเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในประเทศไทย มีเพียงผู้จัดจำหน่ายและผู้นำเข้าเท่านั้น และอาจมีการติดชื่อยี่ห้อตามผู้ขาย เนื่องจากพบว่ามียี่ห้อที่มีผู้ผลิตเดียวกัน และพบว่าบางยี่ห้อไม่มีโรงงานผลิตของตนเอง จากการสำรวจเบื้องต้นสรุปได้ว่าขนาดของเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สมีการแบ่งขนาดตามอัตราการไหลของน้ำ โดยขนาดที่ได้รับการนิยมนมากที่สุดคือ 6-6.5 ลิตรต่อนาที เนื่องจากมีราคาอยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งในห้องน้ำ (ประมาณ 3,000 – 5,000 บาท) ขึ้นกับแต่ละยี่ห้อ ทั้งนี้เครื่องทำน้ำอุ่นแบบแก๊ส บางยี่ห้ออาจมีขนาดใหญ่ขึ้น เช่น 8 ลิตรต่อนาที หรือ 12 ลิตรต่อนาที ซึ่งออกแบบสำหรับการกระจายน้ำให้หลายฝักบัว (หลายห้องน้ำที่อาจมีการใช้น้ำพร้อมกัน) เช่น ยี่ห้อ CROWN สำหรับระบบการจุดแก๊ส และความสามารถรับแรงดันน้ำ ของเครื่องทำน้ำอุ่นแบบแก๊สนั้น มีลักษณะคล้ายคลึงกัน คือ ใช้ระบบจุดแก๊สชนิด Impulse Ignition โดยใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ (ถ่านไฟฉายขนาด R20NT/2SL จำนวน 2 ก้อน) และสามารถรับแรงดันน้ำได้อยู่ในช่วงระหว่าง 0.025-0.03 MPa โดยยี่ห้อหลักในท้องตลาดที่พบแสดงไว้ ดังตารางภาคผนวก ค-1

ตารางภาคผนวกที่ ค-1 ยี่ห้อหลักในท้องตลาด และรายละเอียดของเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส

ยี่ห้อ	Specification เบื้องต้น	รูปภาพประกอบ
BT	เครื่องทำน้ำอุ่นแก๊ส BT WH-01 อัตราการไหลของน้ำ 6 ลิตร/นาที (12KW) ระบบจุดแก๊ส Impulse Ignition ใช้แบตเตอรี่ แรงดันน้ำ 0.025-0.03 MPa ระบบตรวจจับเปลวไฟประสิทธิภาพสูง (IC ionic flame sniffer structure)	
CROWN	เครื่องทำน้ำอุ่นแก๊ส CROWN 6L 8L 12L อัตราการไหลของน้ำ 6 8 และ 12 ลิตร/นาที ระบบจุดแก๊ส Impulse Ignition ใช้แบตเตอรี่ แรงดันน้ำ 0.025-0.03 MPa ระบบเปิดปิดแก๊สอัตโนมัติใหม่ แบบลูกลอย (ลูกเหล็ก) ทางท่อน้ำเข้า	
ECOLUX	เครื่องทำน้ำอุ่นแก๊ส Ecolux EG-6 LA อัตราการไหลของน้ำ 6 ลิตร/นาที (12KW) ระบบจุดแก๊ส Impulse Ignition ใช้แบตเตอรี่ แรงดันน้ำ 0.025-0.03 MPa	
ELECTROLUX	เครื่องทำน้ำอุ่นแก๊ส Electrolux GWH 265 ERN nanoplus อัตราการไหลของน้ำ 11 ลิตร/นาที ระบบจุดแก๊ส Impulse Ignition ใช้แบตเตอรี่ แรงดันน้ำ 0.025-0.03 MPa	


ตารางภาคผนวกที่ ง-2 ยี่ห้อหลักในท้องตลาด และรายละเอียดของเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส (ต่อ)

ยี่ห้อ	Specification เบื้องต้น	รูปภาพประกอบ
FUSION	เครื่องทำน้ำอุ่นแก๊ส อัตราการไหลของน้ำ 6 ลิตร/นาที ระบบจุดแก๊ส Impulse Ignition ใช้แบตเตอรี่ แรงดันน้ำ 0.025-0.03 MPa	ไม่มีรูป
HAITE	เครื่องทำน้ำอุ่นแก๊ส HAITE 6L อัตราการไหลของน้ำ 6 ลิตร/นาที (12KW) ระบบจุดแก๊ส Impulse Ignition ใช้แบตเตอรี่ แรงดันน้ำ 0.025-0.03 MPa ระบบเปิดปิดแก๊สอัตโนมัติใหม่ แบบลูกกลอย (ลูกเหล็ก) ทางท่อน้ำเข้า	
HAOBANG	เครื่องทำน้ำอุ่นแก๊ส 6.5L HB-058S อัตราการไหลของน้ำ 6.5 ลิตร/นาที ระบบจุดแก๊ส Impulse Ignition ใช้แบตเตอรี่ แรงดันน้ำ 0.025-0.03 MPa	
HATACHI	เครื่องทำน้ำอุ่นแก๊ส HATACHI 6 L อัตราการไหลของน้ำ 6 ลิตร/นาที (12KW) ระบบจุดแก๊ส Impulse Ignition ใช้แบตเตอรี่ แรงดันน้ำ 0.025-0.03 MPa	
JTL	เครื่องทำน้ำอุ่นแก๊ส JTL WH-01 6L อัตราการไหลของน้ำ 6 ลิตร/นาที ระบบจุดแก๊ส Impulse Ignition ใช้แบตเตอรี่ แรงดันน้ำ 0.025-0.03 MPa	
KANGDA	เครื่องทำน้ำอุ่นแก๊ส KD 6L อัตราการไหลของน้ำ 6 ลิตร/นาที (12KW) ระบบจุดแก๊ส Impulse Ignition ใช้แบตเตอรี่ แรงดันน้ำ 0.025-0.03 MPa	
LUCKY FRAME	เครื่องทำน้ำอุ่นแก๊ส GWH-50 5L อัตราการไหลของน้ำ 5 ลิตร/นาที ระบบจุดแก๊ส Impulse Ignition ใช้แบตเตอรี่ แรงดันน้ำ 0.025-0.03 MPa	

ตารางภาคผนวกที่ ง-2 ยี่ห้อหลักในท้องตลาด และรายละเอียดของเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส (ต่อ)

ยี่ห้อ	Specification เบื้องต้น	รูปภาพประกอบ
MAZUMA	เครื่องทำน้ำอุ่นแก๊ส LPG-10-5CR อัตราการไหลของน้ำ 10 ลิตร/นาที ระบบจุดแก๊ส Impurse Ignition ใช้แบตเตอรี่ แรงดันน้ำ 0.025-0.03 MPa	
NATIONAL	เครื่องทำน้ำอุ่นแก๊ส อัตราการไหลของน้ำ 6 ลิตร/นาที ระบบจุดแก๊ส Impurse Ignition ใช้แบตเตอรี่ แรงดันน้ำ 0.025-0.03 MPa	
PANASONIC	เครื่องทำน้ำอุ่นแก๊ส อัตราการไหลของน้ำ 6 ลิตร/นาที (12KW) ระบบจุดแก๊ส Impurse Ignition ใช้แบตเตอรี่ แรงดันน้ำ 0.025-0.03 MPa	ไม่มีรูป
RINNAI	เครื่องทำน้ำอุ่นแก๊ส REU-55T อัตราการไหลของน้ำ 5 ลิตร/นาที ระบบจุดแก๊ส Impurse Ignition ใช้แบตเตอรี่ แรงดันน้ำ 0.025-0.03 MPa	
SONY	เครื่องทำน้ำอุ่นแก๊ส อัตราการไหลของน้ำ 6 ลิตร/นาที ระบบจุดแก๊ส Impurse Ignition ใช้แบตเตอรี่ แรงดันน้ำ 0.025-0.03 MPa	ไม่มีรูป
SUOSANG	เครื่องทำน้ำอุ่นแก๊ส อัตราการไหลของน้ำ 6 ลิตร/นาที ระบบจุดแก๊ส Impurse Ignition ใช้แบตเตอรี่ แรงดันน้ำ 0.025-0.03 MPa	ไม่มีรูป
VIVA	เครื่องทำน้ำอุ่นแก๊ส YCR008 อัตราการไหลของน้ำ 6 ลิตร/นาที (12KW) ระบบจุดแก๊ส Impurse Ignition ใช้แบตเตอรี่ แรงดันน้ำ 0.025-0.03 MPa	
V-MAN	เครื่องทำน้ำอุ่นแก๊ส JSYZ5-D อัตราการไหลของน้ำ 5 ลิตร/นาที ระบบจุดแก๊ส Impurse Ignition ใช้แบตเตอรี่ แรงดันน้ำ 0.025-0.03 MPa	

ตารางภาคผนวกที่ ยี่ห้อหลักในท้องตลาด และรายละเอียดของเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส (ต่อ)

ยี่ห้อ	Specification เบื้องต้น	รูปภาพประกอบ
WINNER	เครื่องทำน้ำอุ่นแก๊ส Winner WH-01 อัตราการไหลของน้ำ 6.5 ลิตร/นาที ระบบจุดแก๊ส Impulse Ignition ใช้แบตเตอรี่ แรงดันน้ำ 0.025-0.03 MPa	

หมายเหตุ: รูปประกอบทั้งหมด เป็นรูปที่นำมาจาก Internet

ยี่ห้อที่ไม่มีรูปภาพ คาดว่าเป็นผลิตภัณฑ์จากผู้ขายรายย่อยที่มีการสั่งผลิตจากโรงงาน และทำติด
 เครื่องหมายการค้า (ยี่ห้อ) ของตนเอง

ภาคผนวก ค

ผลการดำเนินงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. คำแนะนำการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากเครื่องทำน้ำอุ่น ฯ สำหรับนักท่องเที่ยว

คำแนะนำการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพสำหรับนักท่องเที่ยวเพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส ดังนี้

- 1) เด็ก ผู้สูงอายุ ผู้มีโรคประจำตัว เช่น โรคหัวใจ ความดันโลหิตสูง โรกระบบทางเดินหายใจ เป็นต้น และผู้ที่มีร่างกายอ่อนแอ ควรระมัดระวังในการใช้ห้องน้ำ ควรมีผู้คอยดูแลช่วยเหลืออย่างใกล้ชิดขณะอาบน้ำ เพราะหากได้รับก๊าซดังกล่าวจะทำให้เสียชีวิตได้ง่ายกว่ากลุ่มอื่น
- 2) ตรวจสอบว่าเครื่องทำน้ำอุ่นในห้องน้ำที่เข้าพักนั้นเป็นเครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สหรือไม่
- 3) ตรวจสอบว่าในห้องน้ำมีพัดลมดูดอากาศหรือไม่ ควรเปิดพัดลมดูดอากาศทิ้งไว้ก่อน 15 นาที ก่อนเข้าอาบน้ำทุกครั้ง
- 4) การอาบน้ำโดยเครื่องทำน้ำอุ่นที่ใช้ก๊าซ หากอาบน้ำติดต่อกันหลายคน ให้เปิดพัดลมดูดอากาศและเปิดประตูห้องน้ำทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที หรือถ้าไม่มีพัดลมดูดอากาศ ควรเปิดประตูห้องน้ำทิ้งไว้อย่างน้อย 15 นาที เพื่อให้อากาศถ่ายเท ก่อนที่คนอื่นจะอาบน้ำต่อ หากมีคนอาบให้นานผิดปกติให้รีบช่วยเหลือ เพราะอาจหมดสติในห้องน้ำ
- 5) เปิดพัดลมดูดอากาศทุกครั้งที่อาบน้ำ ถ้าพัดลมหรือไฟฟ้าไม่ทำงานหรือไม่มีพัดลมดังกล่าว ควรหลีกเลี่ยงการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส
- 6) สังเกตอาการที่อาจเกิดขึ้นจากการได้รับก๊าซระหว่างใช้ห้องน้ำ เช่น วิงเวียน หน้ามืด และหายใจลำบากหรือได้กลิ่นแก๊สผิดปกติ รีบบิดเครื่องทำน้ำอุ่น เปิดประตูเพื่อระบายอากาศ แล้วรีบออกจากห้องน้ำ และแจ้งผู้ที่เกี่ยวข้องทราบทันที

2. คำแนะนำการปฐมพยาบาลผู้ที่ได้รับอันตรายจากเครื่องทำน้ำอุ่น ฯ

- 1) หากเกิดเหตุผู้ป่วยมีอาการต่าง ๆ หรือหมดสติในห้องน้ำ รีบเปิดประตูระบายอากาศ
- 2) ให้นำผู้ป่วยไปยังพื้นที่โล่งที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก ให้นอนราบ คลายเสื้อผ้าให้หลวม สังเกตอาการ ถ้าผู้ป่วยหมดสติ
- 3) หากผู้ป่วยหยุดหายใจหรือหัวใจหยุดเต้น ให้ปฐมพยาบาลเบื้องต้น
- 4) ให้นำส่งหรือแจ้งสถานบริการสาธารณสุขใกล้ที่สุด

เตือนภัย!! การใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส ทำให้ **ตาย!!** ได้

อันตรายเกิดจาก...
การใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส อาจทำให้ก๊าซออกซิเจนลดลง แต่ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ เพิ่มขึ้น เมื่อหายใจเข้าไป อาจทำให้เกิดอาการเวียนหัว หน้ามืด หายใจลำบาก หมดสติ และตายได้

ใช้อย่างไร...ให้ปลอดภัย

- เปิดพัดลมระบายอากาศทุกครั้งที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นๆ หากไม่มีพัดลมระบายอากาศหรือช่องระบายอากาศในห้องน้ำ ให้เปิดประตูห้องน้ำเพื่อระบายอากาศ
- ไม่ควรอาบน้ำเกิน 10 นาที และต้องเว้นอย่างน้อย 15 นาที เพื่อระบายอากาศ ก่อนคนถัดไปจะใช้ห้องน้ำ
- หากมีอาการเวียนหัว หน้ามืด หายใจลำบาก หรือได้กลิ่นแก๊สผิดปกติ ให้ออกจากห้องน้ำทันที
- เด็ก ผู้สูงอายุ และผู้มีโรคประจำตัว เช่น โรคหัวใจ ความดันโลหิตสูง โรคระบบทางเดินหายใจ และผู้ที่กำลังป่วย ต้องระวังเป็นพิเศษ

หากพบเห็นคนหมดสติขณะใช้ห้องน้ำ ให้นำผู้ป่วยไปยังพื้นที่ที่ระบายอากาศดี โทรแจ้งสายด่วน 1669 หรือนำส่งสถานพยาบาลที่ใกล้ที่สุดทันที



แก๊ส

เปิด

10 นาที

1669



ขอประเป็นwans:นูดอสุภาพ นรมอนบือ
<http://hia.anamai.moph.go.th>
นรฎาาน 2562

รูปภาคผนวก ค-1 ตัวอย่างป้ายเตือนวิธีการใช้งานเครื่องทำน้ำอุ่นในห้องน้ำ

3. (ร่าง) ประกาศกรมอนามัย เรื่อง มาตรฐานการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบก๊าซในห้องน้ำ

โดยที่เป็นการสมควรกำหนดมาตรฐานการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในห้องน้ำ เนื่องจากปัจจุบันมีจำนวนประชากรที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบก๊าซในห้องน้ำของสถานที่ต่างๆ เพิ่มมากขึ้น เช่น สถานที่ท่องเที่ยว ห้องพัก รีสอร์ท โรงแรมต่างๆ โดยอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้น เนื่องจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นหรืออุปกรณ์เครื่องทำน้ำอุ่นที่ชำรุด อาจทำให้เกิดอันตรายจากก๊าซที่รั่วจากเครื่องทำน้ำอุ่น หรือห้องน้ำไม่มีการระบายอากาศเพียงพอจนอาจทำให้ประชาชนได้รับพิษก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของเครื่องทำน้ำอุ่นได้ โดยทำให้เกิดอาการวิงเวียนศีรษะ ปวดศีรษะ มึนงง หน้ามืด หายใจลำบาก คลื่นไส้ อาเจียน หมดสติ และอาจทำให้เสียชีวิตได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งประชาชนกลุ่มเสี่ยง เด็ก ผู้สูงอายุ ผู้ป่วยโรคหัวใจ โรคความดันโลหิตสูง และโรคระบบทางเดินหายใจ ดังนั้นมาตรฐานการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบก๊าซในห้องน้ำนี้ จะเป็นประโยชน์ในการคุ้มครองสุขภาพประชาชนและป้องกันผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น

อาศัยอำนาจตามกฎกระทรวงแบ่งส่วนราชการกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2542 ซึ่งออกตามความในมาตรา 8 ฉ แห่งพระราชบัญญัติระเบียบบริหารราชการแผ่นดิน พ.ศ. 2534 แก้ไขเพิ่มเติม ฉบับที่ 4 พ.ศ. 2543 ข้อ 2 (3) กำหนดให้กรมอนามัยมีหน้าที่ กำหนดและพัฒนาคุณภาพ มาตรฐาน และกฎเกณฑ์ รวมทั้งการรับรองมาตรฐานการบริการส่งเสริมสุขภาพและการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อม อธิบดีกรมอนามัย จึงออกประกาศกรมอนามัย เรื่อง มาตรฐานการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบก๊าซในห้องน้ำ ไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ในประกาศนี้

“เครื่องทำน้ำอุ่นระบบก๊าซ” หมายความว่า เครื่องทำน้ำอุ่นแบบทำความร้อนชั่วขณะที่ใช้ก๊าซ¹ที่ได้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมตามกฎหมายว่าด้วยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหรือมาตรฐานสากลอื่นที่เทียบเท่า โดยมีวิธีการติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นเป็นไปตามที่กำหนดไว้แนบท้ายประกาศนี้

ห้องน้ำ จากกฎกระทรวงมหาดไทย ฉบับที่ 63 (พ.ศ. 2551) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 กำหนดลักษณะห้องน้ำของอาคาร² รวมถึงการระบายอากาศตามจากกฎกระทรวงมหาดไทย ฉบับที่ 39 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522³

ข้อ 2 มาตรฐานการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในห้องน้ำ

2.1 มีวิธีการติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นในห้องน้ำทั้งตำแหน่งการติดตั้งและอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งเป็นไปตามที่กำหนดไว้แนบท้ายประกาศนี้ (ข้อ 1 การติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นระบบก๊าซ)

2.2 วิธีการระบายอากาศในห้องน้ำ

(ก) ห้องน้ำควรมีพื้นที่กว้างเพียงพอ คือ ความสูงระหว่างพื้นห้องน้ำถึงเพดานต้องไม่น้อยกว่า 2.00 เมตร ห้องน้ำต้องมีขนาดพื้นที่ไม่น้อยกว่า 3.00 เมตร

(ข) มีช่องลมเพื่อระบายอากาศในห้องน้ำไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ของพื้นที่ห้อง

(ค) ติดตั้งพัดลมระบายอากาศ โดยให้ตำแหน่งติดตั้งอยู่ตรงข้ามกับทิศที่ลมเข้า หรือใกล้กับจุดที่ต้องการถ่ายเทอากาศ

(ง) ประตูห้องน้ำควรมีช่องระบายอากาศด้านล่าง หรือมีช่องสูงจากพื้นถึงขอบประตูล่าง ประมาณ 2- 3 นิ้ว

2.3 ลักษณะห้องน้ำที่ติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นระบบก๊าซ

¹ (กระทรวงพาณิชย์, 2558)

² (กระทรวงมหาดไทย, 2551)

³ (กระทรวงมหาดไทย, 2537)

- (ก) พื้นและผนังห้องน้ำ สร้างด้วยวัสดุทนทานและทำความสะอาดง่าย
- (ข) พื้นห้องน้ำและห้องส้วมมีความลาดเอียงไม่น้อยกว่า 1 ใน 100 ส่วน และมีจุดระบายน้ำ ตั้งอยู่ในตำแหน่งต่ำสุดบนพื้นห้องน้ำ
- (ค) ประตูมีกลอนหรือลักษณะอื่นใดที่เปิดจากภายนอกได้

2.4 การบำรุงรักษา⁴

- (ก) ตรวจสอบระบบเผาไหม้ ทำความร้อนของเครื่องทำน้ำอุ่นระบบก๊าซทุก 3 เดือน หรือตามที่กำหนดในคู่มือการใช้งานและบำรุงรักษา
- (ข) ตรวจสอบรอยรั่ว โดยใช้น้ำฟองสบู่ลูบตามจุดต่างๆ เช่น บริเวณวาล์วแก๊ส บริเวณหัวปรับแรงดัน บริเวณข้อต่อต่าง ๆ บริเวณแกนลูกบิดสำหรับปิด/เปิด สายยาง หากมีฟองผุดขึ้น แสดงว่ามีแก๊สรั่วให้รีบแจ้งช่างเพื่อแก้ไขทันที
- (ค) สายนำก๊าซ ควรเปลี่ยนทุก 3 ปี
- (ง) เหล็กยึดสายยางส่งก๊าซหรือเข็มขัด ควรเปลี่ยนใหม่ทุกๆ 2 ปี
- (จ) ตรวจสอบสภาพถังก๊าซ ต้องอยู่ในสภาพดี มีระบุวันที่ตรวจสอบสภาพถังไม่เกิน 5 ปี

ข้อ 3 การตรวจสอบความปลอดภัย

- 3.1 เจ้าของสถานที่หรือผู้ครอบครองห้องน้ำที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบก๊าซ จัดให้มีและดำเนินการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในห้องน้ำอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง
- 3.2 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศภายในห้องน้ำที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบก๊าซ วิธีการตรวจวัดและเครื่องมือที่ใช้เพื่อการตรวจประเมินคุณภาพอากาศ ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในแนบท้ายประกาศนี้ (ข้อ 2 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ และ ข้อ 3 วิธีตรวจวัดและเครื่องมือที่ใช้เพื่อการตรวจประเมินคุณภาพอากาศ)
- 3.3 ในกรณีที่คุณภาพอากาศภายในห้องน้ำมีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ในแนบท้ายประกาศนี้ ให้เจ้าของสถานที่หรือผู้ครอบครองห้องน้ำที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบก๊าซ ดำเนินการแก้ไขหรือปรับปรุง เพื่อลดปริมาณมลภาวะอากาศที่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด

ข้อ 4 การเตือนและวิธีการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบก๊าซ

- 4.1 เจ้าของสถานที่หรือผู้ครอบครองห้องน้ำที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบก๊าซ ต้องติดป้ายเตือนอันตรายจากเครื่องทำน้ำอุ่น ประกอบด้วย วิธีการใช้งานที่ถูกต้อง และการปฐมพยาบาลผู้ที่ได้รับอันตรายจากเครื่องทำน้ำอุ่นระบบก๊าซตรงบริเวณหน้าห้องน้ำ บริเวณเครื่องทำน้ำอุ่น หรือตรงสวิทช์ไฟฟ้าแสงสว่าง ตามที่กำหนดในแนบท้ายประกาศนี้ (ข้อ 4 ข้อแนะนำสำหรับผู้ใช้งานเครื่องทำน้ำอุ่นระบบก๊าซ ข้อ 5 การปฐมพยาบาลผู้ที่ได้รับอันตรายจากเครื่องทำน้ำอุ่นระบบก๊าซ)
- 4.2 โดยป้ายเตือนควรเป็นสัญลักษณ์รูปภาพและอธิบายวิธีการใช้งานอย่างง่าย ตามที่กำหนดในแนบท้ายประกาศนี้ (ข้อ 6 ตัวอย่างป้ายเตือนวิธีการใช้งานเครื่องทำน้ำอุ่นในห้องน้ำที่ถูกต้อง)

ประกาศ ณ วันที่ พ.ศ. 2558

(.....)

อธิบดีกรมอนามัย

⁴ (สำนักรับนโยบายและแผน กระทรวงพลังงาน, ไม่ระบุ)

เอกสารแนบท้ายประกาศกรมอนามัย
เรื่อง มาตรฐานการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบก๊าซในห้องน้ำ

1. การติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นระบบก๊าซ⁵
 - (1) ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นระบบก๊าซ ดังนี้
 - (ก) เครื่องทำน้ำอุ่นควรติดตั้งในห้องน้ำที่มีการระบายอากาศเพียงพอ ห้ามติดเครื่องทำน้ำอุ่นในห้องน้ำที่ไม่มีที่ระบายอากาศ
 - (ข) ติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นในระดับสายตา ระยะสูงจากพื้นถึงตัวเครื่องทำน้ำอุ่นประมาณ 1.60 เมตร⁶
 - (ค) ระยะห่างที่เหมาะสมระหว่างเครื่องทำน้ำอุ่นกับสิ่งต่างๆ ข้างตัวเครื่องทำน้ำอุ่นด้านซ้ายหรือขวา ต้องมากกว่า 45 มิลลิเมตร
 - (ง) ระยะห่างระหว่างตัวเครื่องทำน้ำอุ่นกับช่องระบายอากาศด้านบนมากกว่า 150 มิลลิเมตร
 - (2) อุปกรณ์การติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นระบบก๊าซ ดังนี้
 - (ก) ท่อน้ำให้ใช้ท่อที่ทำจากโลหะ อย่าใช้ท่อที่ทำจากสารสังเคราะห์เพราะจะอ่อนตัวเมื่อโดนความร้อน
 - (ข) สายนำก๊าซ ควรเป็นชนิดที่ใช้กับก๊าซหุงต้มเท่านั้น ห้ามใช้สายนำก๊าซที่ทำจากยางหรือสายพลาสติกธรรมดา ความยาวไม่น้อยกว่า 1.50 เมตร⁷
 - (ค) เหล็กรัดสายยางส่งก๊าซหรือเข็มขัด ต้องเป็นชนิดไม่เป็นสนิม มีความแข็งแรง¹⁰
 - (ฉ) เลือกใช้ถังบรรจุก๊าซ LPG ที่มีเครื่องหมาย มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) รับรองคุณภาพ
 - (ง) วางถังก๊าซในแนวตั้งเสมอบนพื้นราบที่แห้งแข็งแรง เคลื่อนย้ายเข้าออกง่าย อากาศถ่ายเทสะดวก¹⁰

2. ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ

พารามิเตอร์	ค่าความปลอดภัยจากการได้รับสัมผัสในระยะสั้น	แหล่งที่มา	ค่า LDH ⁹	หน่วย	แหล่งที่มา ⁸
คาร์บอนมอนนอกไซด์ ⁹	100 300	Sweden ¹ (1984) United ^๒	1,200	หนึ่งส่วนในล้านส่วน (ppm)	CDC

⁵ (ร้านสะพานใหม่แก๊ส, 2558)

⁶ (Good ChinaBrand, 2557)

⁷ (สำนักนโยบายและแผน กระทรวงพลังงาน, ไม่ระบุ)

⁸ (CDC, 2557)

⁹ (Exxon Biomedical Sciences, 2540)

คาร์บอนไดออกไซด์	30,000	NIOSH ^ก ACCIH ^ก	40,000	หนึ่งส่วนใน ล้านส่วน (ppm)	CDC
โพรเพน	1,000	NIOSH OSHA	2,100	หนึ่งส่วนใน ล้านส่วน (ppm)	CDC
ออกซิเจน	19.5 - 23.5	NIOSH OSHA	-	เปอร์เซ็นต์ (%)	-

^ก ค่าสัมผัสในระยะเวลาสั้น 15 นาที

^ข ค่าขีดจำกัดสำหรับการสัมผัสในระยะเวลาสั้น ๆ 10 นาที

^ค ค่าสัมผัสในระยะเวลาสั้น

^ง “ค่า IDLH (Immediately Dangerous to Life and Health) ” เป็นความเข้มข้นที่ The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) ของสหรัฐอเมริกากำหนดให้เป็นระดับความเข้มข้นที่มีผลต่อสุขภาพในระดับที่เป็นอันตรายในทันทีที่ได้รับ หรือหลังจากได้รับเป็นเวลานาน หรือรับซ้ำ¹⁰

3. วิธีตรวจวัดและเครื่องมือที่ใช้เพื่อการตรวจประเมินคุณภาพอากาศ

พารามิเตอร์	วิธีการตรวจวัดและเครื่องมือ
คาร์บอนมอนอกไซด์ ¹¹	<u>วิธีการตรวจวัด</u> ให้ตรวจวัดเป็นระยะ ๆ และกระจายให้ทั่วบริเวณห้องน้ำ โดยเฉพาะจุดที่ใกล้ตัวเครื่องทำน้ำอุ่นระบบก๊าซ โดยใช้ Pocket CO Carbon Monoxide Detector ¹² หรือ Real-Time electrochemical sensor หรือวิธีอื่นเทียบเคียงที่สอดคล้องกับมาตรฐานของ NIOSH, OSHA, U.S. EPA หรือ ASHRAE
คาร์บอนไดออกไซด์ ¹¹	<u>วิธีการตรวจวัด</u> ให้วัดในพื้นที่ต่างๆ ที่ลมกระจายไปถึง และวัดในระดับความสูงจากพื้นต่าง ๆ กัน โดยเฉพาะจุดที่ใกล้ตัวเครื่องทำน้ำอุ่นระบบก๊าซ โดยใช้ Real-Time non-dispersive infra-red sensor หรือวิธีอื่นเทียบเคียงที่สอดคล้องกับมาตรฐานของ NIOSH, OSHA, U.S. EPA หรือ ASHRAE
โพรเพน ¹³	<u>วิธีการตรวจวัด</u> ให้ตรวจวัดเป็นระยะ ๆ และกระจายให้ทั่วบริเวณห้องน้ำ โดยเฉพาะจุดที่ใกล้ตัวเครื่องทำน้ำอุ่นระบบก๊าซ โดยใช้ NIOSH Method No. S87 หรือวิธีเทียบเคียงที่สอดคล้องกับมาตรฐานของ NIOSH, OSHA, U.S. EPA หรือ ASHRAE

¹⁰ (กรมควบคุมมลพิษ ร่วมกับ สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

¹¹ ประกาศกรมอนามัย เรื่อง มาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคาร

¹² (DetectCarbonMonoxide.com, 2554)

¹³ (CDC, ไม่ระบุ)

พารามิเตอร์	วิธีการตรวจวัดและเครื่องมือ
ออกซิเจน ¹⁴	วิธีการตรวจวัด ให้วัดในพื้นที่ต่างๆ ที่ลมกระจายไปถึง และวัดในระดับความสูงจากพื้นต่าง ๆ กัน บริเวณห้องน้ำ โดยเฉพาะจุดที่ใกล้ตัวเครื่องทำน้ำอุ่นระบบก๊าซ โดยใช้ Real-Time electrochemical sensor หรือวิธีเทียบเคียงที่สอดคล้องกับมาตรฐานของ NIOSH, OSHA, U.S. EPA หรือ ASHRAE

4. ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ใช้อุปกรณ์ทำน้ำอุ่นระบบก๊าซ

- (1) เด็ก ผู้สูงอายุ ผู้มีโรคประจำตัว (เช่น โรคหัวใจ ความดันโลหิตสูง และโรคระบบทางเดินหายใจ เป็นต้น) และผู้ที่มีร่างกายอ่อนแอ ควรระมัดระวังในการใช้ห้องน้ำ ควรมีผู้คอยดูแลช่วยเหลืออย่างใกล้ชิดขณะอาบน้ำ เพราะหากได้รับก๊าซดังกล่าว จะทำให้เสียชีวิตได้ง่ายกว่ากลุ่มอื่น
 - (2) ตรวจสอบว่าเครื่องทำน้ำอุ่นในห้องน้ำที่เข้าพิกนั้นเป็นเครื่องทำน้ำอุ่นระบบก๊าซหรือไม่
 - (3) ตรวจสอบว่าในห้องน้ำมีพัดลมดูดอากาศหรือไม่ ควรเปิดพัดลมดูดอากาศทิ้งไว้ก่อน 15 นาที ก่อนเข้าอาบน้ำทุกครั้ง
 - (4) การอาบน้ำโดยเครื่องทำน้ำอุ่นที่ใช้ก๊าซ หากอาบน้ำติดต่อกันหลายคน ให้เปิดพัดลมดูดอากาศและเปิดประตูห้องน้ำทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที หรือถ้าไม่มีพัดลมดูดอากาศ ควรเปิดประตูห้องน้ำทิ้งไว้ อย่างน้อย 15 นาที เพื่อให้อากาศถ่ายเท ก่อนที่คนอื่นจะอาบน้ำต่อ หากมีคนอาบน้ำนานผิดปกติให้รีบช่วยเหลือ เพราะอาจหมดสติในห้องน้ำ
 - (5) เปิดพัดลมดูดอากาศทุกครั้งี่อาบน้ำ ถ้าพัดลมหรือไฟฟ้าไม่ทำงานหรือไม่มีพัดลมดังกล่าว ควรหลีกเลี่ยงการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊ส
 - (6) สังเกตอาการที่อาจเกิดขึ้นจากการได้รับก๊าซระหว่างใช้ห้องน้ำ เช่น วิงเวียน หน้ามืด และหายใจลำบาก หรือ ได้กลิ่นแก๊สผิดปกติ รีบปิดเครื่องทำน้ำอุ่น เปิดประตูเพื่อระบายอากาศ แล้วรีบออกจากห้องน้ำ และแจ้งผู้ที่เกี่ยวข้องทราบทันที
5. การปฐมพยาบาลผู้ที่ได้รับอันตรายจากเครื่องทำน้ำอุ่นระบบก๊าซ
- (1) หากเกิดเหตุผู้ป่วยมีอาการต่าง ๆ หรือหมดสติในห้องน้ำ รีบเปิดประตูระบายอากาศ
 - (2) รีบนำผู้ป่วยไปยังพื้นที่โล่งที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก ให้นอนราบ คลายเสื้อผ้าให้หลวม สังเกตอาการถ้าผู้ป่วยหมดสติ
 - (3) หากผู้ป่วยหยุดหายใจหรือหัวใจหยุดเต้นให้ปฐมพยาบาลเบื้องต้น
 - (4) รีบนำส่งหรือแจ้งสถานบริการสาธารณสุขใกล้ที่สุด

¹⁴ (CDC, 2546)

ภาคผนวก ง
จริยธรรมการวิจัย

ใบรับรองโครงการวิจัย

รหัสโครงการวิจัย 271 เรื่อง การพัฒนานโยบายและแนวทางการดำเนินงานเพื่อลดผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นระบบแก๊สในห้องน้ำของโรงแรม ผู้วิจัยหลัก นางสาวกรวิภา ปุณณศิริ	
เป็นการพิจารณาโครงการวิจัยแบบเร่งรัด <input checked="" type="checkbox"/> ใช่ <input type="checkbox"/> ไม่ใช่ เป็นการพิจารณาโครงการวิจัยแบบปกติ <input type="checkbox"/> ใช่ <input checked="" type="checkbox"/> ไม่ใช่	
ผลการพิจารณาของคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย ครั้งนี้ <input checked="" type="checkbox"/> รับรอง วันที่พิจารณารับรอง 10 ตุลาคม 2561 โครงการวิจัย 271 ฉบับที่.....1..... วันที่ 10 ตุลาคม 2561..... เอกสารแนะนำอาสาสมัคร RF09-04-271 ฉบับที่.....1..... วันที่ 10 ตุลาคม 2561..... ใบยินยอม RF09-05-271 ฉบับที่.....1..... วันที่ 10 ตุลาคม 2561..... เครื่องมือ (ระบุ) RF09-10.1-271,RF09-10.2-271, ฉบับที่.....1..... วันที่ 10 ตุลาคม 2561..... RF09-10.3-271	
 งบประมาณ (นายชัยพร พรหมสิงห์) ประธานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยกรมอนามัย 	
รับรองตั้งแต่วันที่ 10 ตุลาคม 2561..... ถึงวันที่ 9 ตุลาคม 2562.....	
หมายเหตุ - คณะกรรมการฯ ขอแจ้งเกี่ยวกับหน้าที่และความรับผิดชอบของผู้วิจัยภายหลังได้รับการรับรอง คือ ต้องรายงานความก้าวหน้าของการวิจัยให้คณะกรรมการฯ ทราบทุก 6 เดือน (RF13-01) และเมื่อเกิดเหตุการณ์ต่อไปนี้ ทุกครั้ง ได้แก่ 1)เมื่อมีอาการไม่พึงประสงค์เกิดขึ้นในโครงการ หากเป็นอาการไม่พึงประสงค์ที่ร้ายแรงต้องรายงานให้คณะกรรมการฯ ทราบโดยเร็ว และให้ผู้วิจัยวิเคราะห์สถานการณ์การเกิดอาการไม่พึงประสงค์ว่าเกี่ยวข้องกับโครงการวิจัยที่ท่านรับผิดชอบหรือไม่ อย่างไร หากเกี่ยวข้องในระดับใด รวมทั้งการดูแลรักษาและป้องกันอาสาสมัครด้วย (RF18-01, RF18-02) 2)เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงในโครงการวิจัยต้องระบุให้ชัดเจนว่า มีการเปลี่ยนแปลงอะไร อย่างไร พร้อมทั้งเหตุผลที่เปลี่ยนแปลงเพื่อขอความเห็นชอบจากคณะกรรมการฯ ก่อน (RF12-01) 3)เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงหัวหน้าโครงการวิจัยหรือเพิ่มเติมคณะผู้วิจัย ต้องส่งประวัติของคนที่เปลี่ยนแปลง พร้อมทั้งเหตุผลให้คณะกรรมการฯ เพื่อพิจารณาให้ความเห็นชอบก่อน 4)เมื่อโครงการวิจัยยุติลง ซึ่งอาจจะเป็นการดำเนินการวิจัยเสร็จสมบูรณ์ หรืออาจจะไม่สามารถดำเนินการวิจัยต่อไปได้ พร้อมทั้งสาเหตุของการยุติโครงการวิจัยด้วย (RF14-01)	

Certificate no. : G 610455
Date of issue : 26-Jul-18

Instrument description : Gas Detector
 Instrument model : MK4
 Instrument serial no. : 185JAW-012
 ID no. or control no. : RT61054
 Manufacturer : ISC Co.Ltd.
 Probe description :
 Probe model :
 Probe serial :
 Customer name : ENTECH ASSOCIATE CO.,LTD
 Customer address : 17/121 Soi Ngamwongwan 47 Yaek 48 , Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210 THAILAND

Total pages of certificate : 2 Pages
 Receiving no. : L-181399
 Receiving date : 20-Jul-18
 Parameter of calibration : Gas Calibration(Oxygen 18.6 %vol, Carbon Monoxide 99.2 ppm, Hydrogen Sulfide 21.5 ppm, Methane 46.6 %LEL)

Condition of UUC : New
 Ambient condition : All of the measurement were carried out in the stabilized laboratory
 Temperature : 23 ± 5 °C
 Humidity : 55 ± 15 %RH
 Calibration place : 17/121 Ngamwongwan 47 Yaek 48 Toongsonghong Laksi Bangkok 10210 THAILAND
 Calibration procedure no. : WI-CL-17-C

*The calibration certificate expanded uncertainty of measurements is stated as the standard uncertainty of measurement multiplied by coverage factor k=2, which for a normal distribution corresponds to a coverage probability of approximately 95%.
 This certificate is applied only to item under test environmental condition.
 The calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory.
 Calibration certificates without signature and seal are not valid.
 This calibration certificate documents are traceability to national standards, which realize the unit of measurement according to the International System of Units (SI). Refer to certificate as table 1 of page 2.*

Date of calibration : 26-Jul-18

Arumohini K.
 Mr.Kwanchal Khamdang
 Calibration Technician
 Ms.Nongluck Wongsetee
 Technical Manager

PK-CL-09-C Rev.8

Page 1 of 2

Issued Date 26/02/16

ภาคผนวก จ
การสอบเทียบเครื่องมือตรวจวัด

Certificate no. : G 610455

Standard references (Table 1)

Standard	Reference no.	Vendor	Due date
Oxygen (O ₂) 18.6 %Vol	3998/17	Linde	03-Dec-19
Carbon Monoxide (CO) 99.2 ppm	3998/17	Linde	03-Dec-19
Hydrogen sulfide (H ₂ S) 21.5 ppm	3998/17	Linde	03-Dec-19
Methane (CH ₄) 46.6 %LEL	3998/17	Linde	03-Dec-19

Measured room conditions

Temperature : 24.6 °C Humidity : 50.8 %RH Pressure : 1011.2 mbar

Calibration conditions

Gas temperature : 23 °C Flow rate : 300 ml/min Gas pressure : 1021.3 mbar

Calibration results (without adjustment) (Table 2)

Parameter of standard	Standard values	Mean of UUC	Error	Uncertainty (±)
O ₂ (%vol)	18.6	18.7	0.1	0.70
CO (ppm)	99.2	98	-0.2	3.0
H ₂ S (ppm)	21.5	21.6	0.1	2.0
CH ₄ (%LEL)	46.6	49	0.4	2.2

Remark : 1 emol/mol = 1 %vol. | μmol/mol = 1ppm. 2.2 emol/mol = 50%LEL(CH₄).

End of report

PK-CL-09-C Rev.8

Page 2 of 2

Issued Date 26/02/16