การจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศแบบหลายโซน ในบ้านประหยัดพลังงาน

THE SIMULATION AND ANALYSIS OF MULTI-ZONE AIRFLOW IN ENERGY-SAVING HOUSES

สินีนาถ ชัยศักดานุกูล[1]

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์[2]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการจำลองการไหลของอากาศภายในบ้านประหยัดพลังงาน จำนวน 6 แบบ ประกอบด้วย บ้านรักษ์ดิน 1 บ้านรักษ์ดิน 2 บ้านรักษ์ดิน 3 บ้านรักษ์น้ำ 1 บ้านรักษ์น้ำ 2 และบ้านรักษ์น้ำ 3 โดยทำการจำลองการไหลของอากาศโดยวิธีธรรมชาติ เพื่อวิเคราะห์คุณภาพอากาศที่ส่งผลต่อการอยู่อาศัยภายในบ้าน โดยใช้โปรแกรม CONTAM จำลองการไหลของอากาศผ่านช่องเปิดทั้งหมดภายในบ้าน และกำหนดการระบายอากาศแปรผันตามสภาพอากาศของพื้นที่กรุงเทพมหานคร เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานอัตราการระบายอากาศขั้นต่ำที่ยอมรับได้ตามมาตรฐาน ASHRAE 62.1 จากการศึกษาพบว่าทุกห้องภายในบ้านมีอัตราการระบายอากาศที่ยอมรับได้ และสูงกว่ามาตรฐาน โดยเฉพาะห้องอเนกประสงค์ มีอัตราการระบายอากาศสูงที่สุดเมื่อเทียบกับห้องอื่นๆ ซึ่งอัตราการระบายอากาศอยู่ในช่วง 0.07-0.11 $m^3/s/m^2$ ในส่วนห้องนอนอยู่ในช่วง 0.01-0.03 $m^3/s/m^2$ ห้องครัวอยู่ในช่วง 0.01-0.02 $m^3/s/m^2$ และห้องน้ำอยู่ในช่วง 0.04-0.05 $m^3/s/unit$ ดังนั้นจากผลการศึกษาอัตราการระบายอากาศบ้านประหยัดพลังงานทั้ง 6 แบบนั้น สามารถให้อัตราการระบายอากาศเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE 62.1 หากบ้านประหยัดพลังงานของกระทรวงพลังงานนั้นได้ดำเนินการก่อสร้างตามแบบที่ถูกต้อง ซึ่งไม่เพียงแต่ประหยัดการใช้พลังงาน แต่ยังสามารถให้คุณภาพของอากาศภายในอาคารที่ดีด้วย

คำสำคัญ: CONTAM, การระบายอากาศ, การไหลของอากาศโดยวิธีธรรมชาติ, มาตรฐานASHRAE 62.1

---

[1] หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทางวิศวกรรม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

[2] ที่ปรึกษาการศึกษารายบุคคลหลัก

ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ได้พัฒนาแบบบ้านประหยัดพลังงาน เพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดการออกแบบ และการเลือกใช้วัสดุในการสร้างบ้าน รวมถึงกระตุ้นให้ผู้ประกอบการด้านที่อยู่อาศัยหันมาให้ความสำคัญในเรื่องบ้านประหยัดพลังงานมากขึ้น โดยต้นแบบบ้านประหยัดพลังงานสามารถนำไปปรับแบบให้สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศของในแต่ละภาคของประเทศไทย แต่ในปัจจุบันการที่จะสร้างบ้านนั้น ไม่เพียงแต่ต้องคำนึงถึงการประหยัดพลังงาน ยังต้องคำนึงถึงคุณภาพอากาศภายในบ้าน (Indoor Air Quality: IAQ) หากอากาศภายในบ้านมีมลพิษปนเปื้อนอยู่เกินกว่าค่าที่ยอมรับได้ หรือมีการระบายอากาศไม่ดี อาจส่งผลให้ผู้ที่อยู่อาศัยเกิดโรค Sick Building Syndrome (ธวัชชัย เสถียรรัตนกุล, 2545)

ในการออกแบบการระบายอากาศทางธรรมชาติที่เหมาะสม จะทำให้เกิดการถ่ายเทอากาศและสร้างสภาวะสบายแก่ผู้อยู่อาศัย สามารถช่วยลดการใช้พลังงาน และไม่ก่อให้เกิดมลภาวะกับสิ่งแวดล้อม โดยในปัจจุบันได้มีการพัฒนาโปรแกรมในกลุ่ม Multizone ต่าง ๆ เพื่อใช้ในการจำลองการระบายอากาศ อาทิเช่น BREEZE, COMIS, AIRNET, ESP-r, Tas-Flows, AIOLOS และ CONTAM ซึ่งเป็นกลุ่มโปรแกรมที่มีความซับซ้อนน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับโปรแกรมในกลุ่ม CFD โดยโปรแกรมในกลุ่มนี้มีการตั้งสมมุติฐานว่าอากาศภายในห้องหนึ่งๆ เป็นโซนที่มีอุณหภูมิอากาศสม่ำเสมอเท่ากันทั้งห้อง และมีการไหลของอากาศภายในอาคารเป็น Single flow

การศึกษานี้จึงทำการจำลองการระบายอากาศ ผ่านทางช่องเปิดต่างๆ ภายในบ้านประหยัดพลังงานที่พัฒนาโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน โดยเลือกใช้โปรแกรม CONTAM (CONTAM User Guide and Program Documentation, NIST TN 1887. National Institute of Standards and Technology.) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่สามารถจำลองการไหลของอากาศ ในสิ่งปลูกสร้างไม่ว่าจะเป็นบ้าน อาคาร โรงงาน สำนักงาน หรืออื่นๆ ที่มีห้องและการใช้งานที่ต่างกัน และโปรแกรมนี้ยังเป็นที่ยอมรับของนานาประเทศทั่วโลก สามารถใช้วิเคราะห์การระบายอากาศทั้งสิ่งที่ปลูกสร้างแล้วเสร็จ ที่ต้องการปรับปรุงช่องเปิดต่างๆ เพื่อให้คุณภาพอากาศภายในอาคารดีขึ้น หรือคาดการณ์คุณภาพอากาศในสิ่งปลูกสร้างใหม่ เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบหรือปรับปรุงช่องเปิดที่ออกแบบไว้ ให้สามารถถ่ายเทอากาศ และมีคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ดี และเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อทำการจำลองการไหลของอากาศ และศึกษาคุณภาพของอากาศภายในบ้านประหยัดพลังงาน แบบที่ 1 ถึง แบบที่ 6 ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาวิเคราะห์คุณภาพอากาศของแบบบ้านดีดี แบบที่ 1 ถึงแบบที่ 6 ประกอบด้วย บ้านรักษ์ดิน 1 บ้านรักษ์ดิน 2 บ้านรักษ์ดิน 3 บ้านรักษ์น้ำ 1 บ้านรักษ์น้ำ 2 และบ้านรักษ์น้ำ 3 ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
2. จำลองรูปแบบการไหลของอากาศแบบธรรมชาติผ่านช่องเปิดที่เปิดทั้งหมด ภายในบ้าน โดยใช้โปรแกรม CONTAM Version 3.2
3. วิเคราะห์คุณภาพอากาศภายในบ้านแบบที่ 1 ถึง แบบที่ 6 ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน อ้างอิง ASHRAE Standard 62.1 (ASHRAE, 2019)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถใช้โปรแกรมในการจำลองการไหลของอากาศ และพิจารณาขนาดช่องเปิดที่มีความเหมาะสมเพื่อการระบายอากาศที่ดี และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้
2. เพื่อสร้างความน่าเชื่อถือให้แบบบ้านประหยัดพลังงาน ที่ไม่เพียงแต่ประหยดพลังงาน แต่ยังมีประสิทธิภาพในการสร้างสภาวะน่าสบาย เพื่อสุขภาพของผู้อยู่อาศัย และเพื่อเป็นทางเลือกให้กับผู้ที่สนใจนำแบบบ้านประหยัดพลังงงานไปก่อสร้างจริง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Persily et al. (2010) ได้ทำการจำลองการระบายอากาศของ 209 หลังคาเรือน ซึ่งถือเป็น 80% ของ U.S. housing และอยู่ภายใต้การวิจัยของกระทรวงพลังงานประเทศสหรัฐอเมริกาปี 1997 มีข้อมูลได้แก่ พื้นที่ จำนวนห้อง ประเภทระบบเครื่องทำความร้อน ประเภทฐานราก และปีที่ก่อสร้าง โดยแบ่งเป็น ก่อนปีค.ศ.1940, ปีค.ศ.1940-1969, ปีค.ศ.1970-1989 และปีค.ศ.1990หรือใหม่กว่า ได้ทำการจำลองการระบายอากาศโดยใช้ CONTAM เพื่อหาอัตราการการแลกเปลี่ยนอากาศตลอดทั้งปี

ซึ่งพบว่าบ้านขนาดเล็กที่สร้างหลังปี 1990 มีเปอร์เซ็นไทล์ของอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศต่อชั่วโมงต่ำกว่า 0.25 ประมาณ 50% ของปี และบ้านที่สร้างก่อนปี 1970 มีเปอร์เซ็นไทล์อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศต่อชั่วโมงต่ำกว่า 0.25 ประมาณ 10% ของปี และหลังจากการจำลองเพื่อหาอัตราการแลกเปลี่ยนนั้น จะดำเนินการแจกแจงความถี่ และนำเสนอข้อมูลในระดับประเทศ โดยแบ่งตามรูปแบบ และภูมิภาคของบ้าน

Temenos et al. (2015) ได้วิเคราะห์และตรวจสอบคุณภาพอากาศภายใน Greek Apartments ที่มีผลกระทบต่อสุขภาพของผู้อยู่อาศัย โดยใช้โปรแกรม CONTAM(W) จำลองการระบายอากาศวิเคราะห์มลพิษทางอากาศ โดยกำหนดลักษณะของช่องเปิดต่าง ๆ เช่น ประตู และหน้าต่างเป็นแบบ two opening ซึ่งมลพิษทางอากาศที่ตรวจพบใน Greek Apartment ได้แก่ CO มีความเข้มข้นมากที่สุดในห้องครัว 15.4 ppm , NO_2 มีค่ามากที่สุดในห้องครัวอยู่ระหว่าง 6.2 mg/m^3-16.4 mg/m^3, PM 2.5 มีค่ามากที่สุดในห้องนั่งเล่น 15 mg/m^3, Radon มีค่ามากที่สุดในห้องครัว 80 Bq/m^3 และCH_2O มีค่ามากที่สุดในห้องครัวอยู่ระหว่าง 0.142 mg/m^3 จากการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อสุขภาพขึ้นอยู่กับ 1) ระยะเวลาที่ผู้ใช้อาคารอาศัยในแหล่งมลพิษ 2) ระยะเวลาการทำอาหารและการใช้เครื่องทำความร้อน 3) สภาพอากาศ 4) การออกภายในของอาคารที่อยู่อาศัย 5) ที่ตั้งของแหล่งกำเนิดมลพิษ และ 6) ขนาดช่องเปิดของที่อยู่อาศัย

Verijkazemi et al. (2018) ได้จำลองและประเมินการแพร่กระจายของฝุ่นละออง PM_{10} $PM_{2.5}$ PM_1 ของโรงพยาบาล Imam Khomeini ภายใต้การระบายอากาศที่แตกต่างกัน โดยได้พิจารณาถึงความดันบรรยากาศ อุณหภูมิ และความชื้น ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2014 ถึงมิถุนายน 2015 ซึ่งผลการจำลองค่าความเข้มของ $PM_{2.5}$ ในแต่ละชั้นตั้งแต่ชั้นล่างสุดไปถึงชั้นสูงสุด ขึ้นอยู่กับการออกแบบการไหลของอากาศคือ 21.3, 16.5, 22, 25.4, 27.6 และ 24.2 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ โดยได้ทำการจำลองการแพร่กระจายของฝุ่นละอองผ่านโปรแกรม COMTAM และใช้เครื่องมือวัดแบบ real time พบว่าการจำลองแบบ multi-zone โดยใช้โปรแกรม CONTAM มีค่าที่ถูกต้องเสมือนการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ

Gladyszewska-Fiedoruk et al. (2019) ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ระบบระบายอากาศและคุณภาพอากาศภายในอาคารเรียน 3 ชั้น ด้วยโปรแกรมจำลองระบบระบายอากาศ CONTAMW และอ้างอิงมาตรฐานคุณภาพอาคารตาม PN-EN 13779:2008 และกำหนดค่าความเข้มข้นของ CO_2 ไม่เกิน 1000 ppm เพื่อให้เหมาะสมต่อความรู้สึกสบายของนักเรียนและผู้ใช้อาคาร จากการจำลองการระบายอากาศพบว่า การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ ไม่สามารถให้การระบายอากาศที่เหมาะสมได้ เนื่องจากค่าของ CO_2 ภายในอาคารที่เกินเงื่อนไข และอุณหภูมิภายในอาคารไม่ก่อให้เกิด

ความรู้สึกสบาย หากทำการควบคุมคุณภาพอากาศโดยเพิ่มการแลกเปลี่ยนอากาศควรทำไปควบคู่กับการเพิ่มเครื่องทำความร้อน และควรพิจารณาความเหมาะสมสำหรับค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ ในการวิเคราะห์ได้ทำการศึกษาเงื่อนไขการระบายอากาศ ทั้งหมด 6 กรณี ซึ่งมีความแตกต่างกันในด้านของ Insolation และแบบของ multizone ในช่วงฤดูร้อน ในเมือง Wroclaw ผลการศึกษาพบว่าหน้าต่างที่มีการรอยรั่วของอากาศสูง ส่งผลให้คุณภาพอากาศภายในอาคารต่ำ ความเข้มข้นของ CO_2 มากกว่า 3000 ppm และการ seal เพื่อลดรอยรั่วบริเวณหน้าต่าง เพื่อลด CO_2 นั้น ทำให้การระบายอากาศมีลักษณะผิดปกติ การแก้ไขด้วยวิธีการติดพัดลมระบายอากาศ ช่วยให้มีการระบายอากาศได้ดีขึ้น แต่ส่งผลกระทบด้านพลังงานความร้อน อุณหภูมิภายในอาคารลดลงอย่างมาก

วรสันต์ ชื่นชีพ (2548) การวิจัยนี้ศึกษาปัจจัยด้านการออกแบบช่องเปิดเพื่อการระบายอากาศธรรมชาติ ที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มอัตราการระบายอากาศในอาคารใต้ดิน โดยออกแบบขนาดช่องเปิดที่พอเหมาะเพื่อให้ได้ปริมาณการไหลเวียนอากาศ (Airflow Rate) เพียงพอและทั่วถึงทุกตำแหน่งในเกณฑ์ที่กำหนดคือ 4 ACH/hr ปัจจัยแรกคือ อัตราส่วนระหว่างช่องเปิดให้ลมเข้า (Inlet) ต่อช่องเปิดให้ลมออก (Outlet) ปัจจัยที่สองคือ ขนาดช่องเปิดที่มีจำกัดสำหรับอาคารใต้ดิน แต่ต้องเพียงพอและทั่วถึงกับการระบายอากาศที่ต้องการ (Optimum Opening) โดยออกแบบปรับปรุงกับอาคารกรณีศึกษาเพื่อหาช่องเปิดที่เหมาะสมสำหรับอาคาร ว่าระดับอัตราการระบายอากาศธรรมชาติ (Natural Ventilation Rate) เพียงพอต่อผู้ใช้อาคารแล้ว การทดลองใช้การจำลองสภาพความเร็วลมในการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติกับแบบทดสอบและอาคารกรณีศึกษา ในทางทิศใต้ ตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันตก ด้วยโปรแกรมการคำนวณพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics: CFD) โดยวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยการคำนวณอัตราการไหลของอากาศ ที่ผ่านช่องเปิดในสัดส่วนที่แตกต่างกันตามที่กำหนด ผลการวิจัยพบว่า อัตราส่วนช่องเปิดให้ลมเข้าต่อช่องเปิดให้ลมออก ที่ทำให้ได้ปริมาณการไหลของอากาศสูงสุดคือ ช่องเปิดเข้าและออกมีขนาดเท่ากัน และขนาดช่องเปิดที่พอเหมาะกับอาคารเทียบเป็นอัตราส่วนร้อยละช่องเปิดของพื้นที่ผนังในส่วนที่ระบายอากาศธรรมชาติ ได้ร้อยละ 5 ของพื้นที่ผนัง เป็นขนาดช่องเปิดต่ำที่สุดที่ได้ปริมาณการไหลเวียนอากาศตามระดับที่กำหนด

สาริณี ชมภู (2561) ศึกษาการจำลองระบบอัดอากาศของบันไดหนีไฟด้วยโปรแกรม CONTAM ของอาคารสูง 19 ชั้น มีวัตถุประสงค์ในการประยุกต์ใช้โปรแกรม CONTAM ในการจำลองระบบอัดอากาศและปรับปรุงการออกแบบระบบอัดอากาศ วิเคราะห์การเคลื่อนที่ของควันในช่องบันไดหนีไฟและอัตราการไหลของอากาศที่ต้องจ่ายให้กับระบบอัดอากาศในช่องบันไดหนีไฟได้ ผลการวิเคราะห์พบว่าอาคารสูง 19 ชั้นที่ทำการศึกษามีค่าความแตกต่างของความดันในช่อง

บันไดหนีไฟไม่เพียงพอที่จะต้านทานการไหลของควันเข้ามาในช่องทางหนีไฟได้ หากจะควบคุมควันให้เกิดความปลอดภัยต่อการอพยพหนีไฟด้วยระบบอัดอากาศในช่องบันไดหนีไฟในกรณีที่ประตูบันไดหนีไฟปิด อัตราการไหลของอากาศที่ต้องจ่ายให้กับช่องบันไดหนีไฟ 1 คือ 12,000 l/s ช่องบันไดหนีไฟ 2 คือ 15,000 l/s และปล่องลิฟต์ดับเพลิงคือ 7,200 l/s ในกรณีที่ประตูบันไดหนีไฟเปิดค้างบางประตู จะทำให้ค่าความแตกต่างของความดันลดลง ดังนั้นจะต้องมีการเพิ่มอัตราการไหลของอากาศที่ต้องจ่ายให้ระบบด้วย

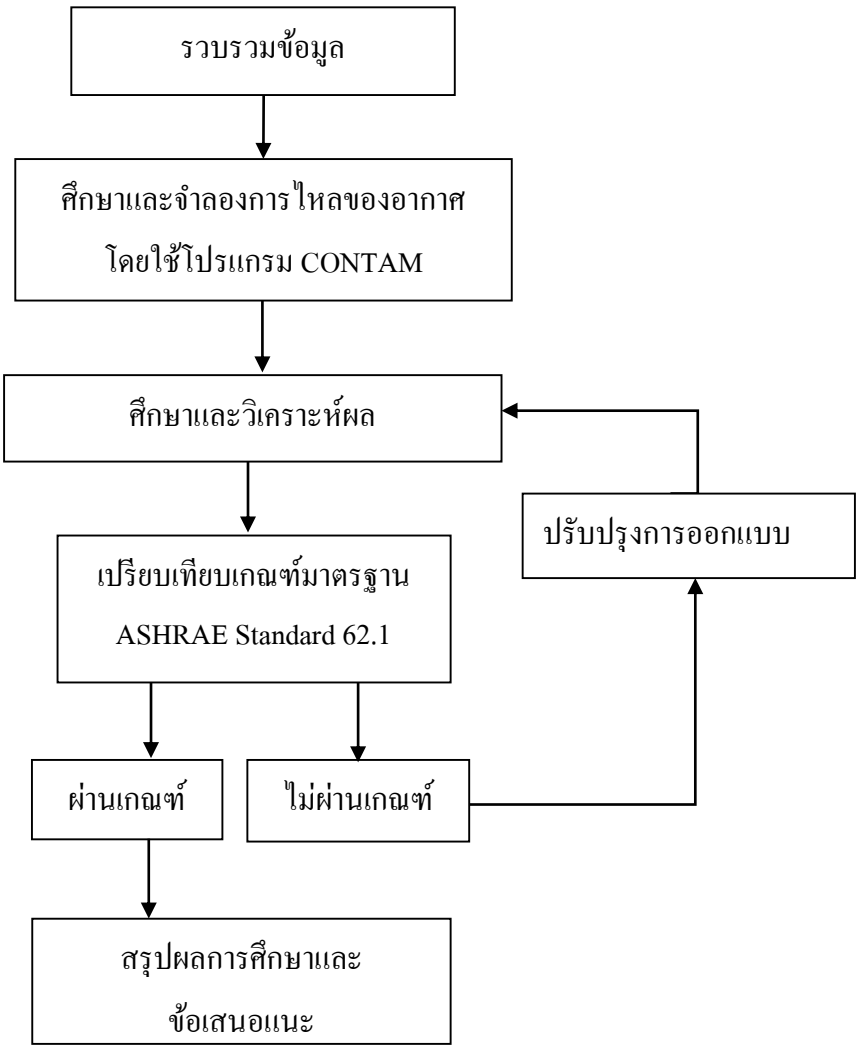
มานิตา พรหมประสิทธิ์ (2562) ทำการศึกษาการไหลของอากาศผ่านช่องเปิดของบ้านเดี่ยวสองชั้นขนาดกลาง โดยใช้โปรแกรมจำลองระบบระบายอากาศ CONTAM เทียบกับเกณฑ์มาตรฐานอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศที่ยอมรับได้ ตามมาตรฐานกฎหมายกระทรวง ฉบับที่ 33 และ 39 โดยวิเคราะห์สภาวะการไหลของอากาศ 3 กรณี ได้แก่ (1) จำลองระบบปิดพื้นที่ช่องเปิดการไหลของอากาศ พบว่ามีอัตราการไหลเวียนในช่วง 0-0.9 m^3/hr ไม่สามารถเกิดการแลกเปลี่ยนอากาศตามเกณฑ์การยอมรับได้ (2) จำลองการเปิดช่องเปิดหน้าต่าง พบว่าการแลกเปลี่ยนอากาศในบริเวณห้องนอน 3 ชั้น 2 ของบ้านที่มีพื้นที่เปิดหน้าต่างมากกว่า 1 จุดในพื้นที่สามารถเกิดการแลกเปลี่ยนอากาศได้สูงถึง 581 m^3/hr ผ่านเกณฑ์มาตรฐานการยอมรับ และ(3) จำลองการเปิดพื้นที่ช่องเปิดทั้งหมดของการไหลของอากาศ พบว่าอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศของแต่ละพื้นที่สูงมากกว่ามาตรฐานการยอมรับเกือบทั้งหมด ยกเว้นห้องครัวและห้องน้ำ เมื่อจำลองการปรับปรุง โดยทำการย้ายตำแหน่งหน้าต่างของห้องครัว ไว้ในทิศทางตรงข้ามกันเกิดการไหลของอากาศมากขึ้นทำให้การแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องครัวผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ในส่วนของห้องน้ำแนวทางการปรับปรุงที่ดีที่สุด คือการเปิดประตูห้องน้ำ หากเปิดประตูห้องน้ำ 1/4 ของพื้นที่ช่องเปิดทั้งหมดสามารถเพิ่มอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศและมีแนวโน้มดีขึ้นเมื่อเปิดประตูห้องน้ำมากขึ้น

จากผลการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติส่งผลต่อการประหยัดพลังงานในอาคารและคุณภาพของอากาศ โดยวิธีการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในบ้านโดยวิธีธรรมชาติที่ถูกนำมาพิจารณาคือการปรับปรุงช่องเปิดต่าง ๆ และนำเข้าโปรแกรมจำลองการระบายอากาศเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาคุณภาพของอากาศภายในบ้านด้วยวิธีธรรมชาติ โดยการสร้างแบบจำลองการระบายอากาศในโปรแกรม CONTAM ซึ่งสามารถวิเคราะห์รูปแบบการไหลของอากาศและคุณภาพอากาศภายในได้อย่างครอบคลุม และมีความสะดวกต่อการพิจารณาประสิทธิภาพของการออกแบบ เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงรูปแบบการออกแบบช่องเปิดต่าง ๆ เพื่อให้การระบายอากาศให้เป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพการระบายอากาศ โดยแบบบ้านที่นำมาจำลองการระบายอากาศเป็นแบบบ้านประหยัดพลังงานของกรมพัฒนา

พลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน และอ้างอิงมาตรฐาน ASHRAE 62.1 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลก

วิธีดำเนินการวิจัย

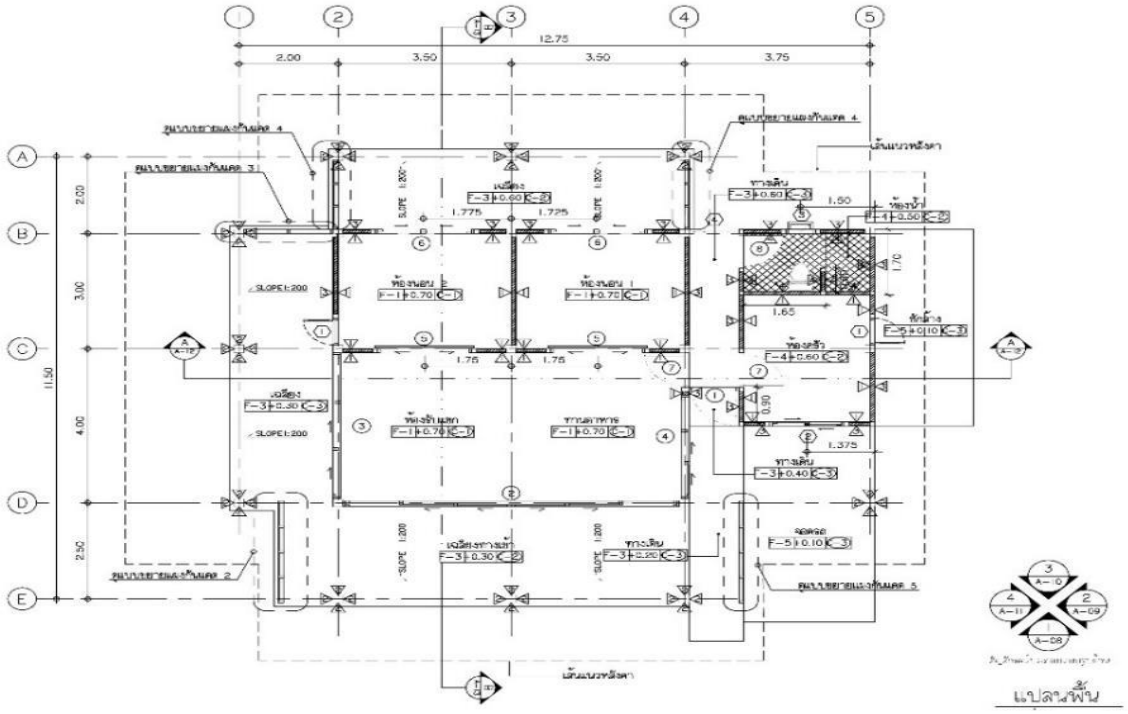
การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยการจำลองการไหลของอากาศภายในบ้าน โดยใช้โปรแกรมจำลองการไหลของอากาศที่มีชื่อว่า CONTAM Version 3.2 ซึ่งมีแบบแผนการวิจัยตามภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงวิธีการดำเนินการวิจัย

1. รวบรวมข้อมูลแบบบ้านดีดี (DEDE) แบบที่ 1 ถึง แบบที่ 6 ประกอบด้วย บ้านรักษ์ดิน 1 บ้านรักษ์ดิน 2 บ้านรักษ์ดิน 3 บ้านรักษ์น้ำ 1 บ้านรักษ์น้ำ 2 และบ้านรักษ์น้ำ 3 ซึ่งเป็นบ้านประหยัดพลังงานที่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ได้พัฒนาแบบบ้านประหยัดพลังงานนี้ขึ้นมาโดยรายละเอียดของบ้านทั้ง 6 แบบ สามารถหาได้จาก www.yotathai.com/yotanews/plan-baan-dede เพื่อให้ประชาชนที่สนใจ สามารถนำไปก่อสร้างได้ในลักษณะของพิมพ์เขียว และสามารถปรับแบบให้สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยได้

จาก**ภาพที่ 2** และ**ตารางที่ 1** แสดงรายละเอียดตัวอย่างของแบบแปลน และขนาดพื้นที่ของแบบบ้านรักษ์ดิน 1 ซึ่งเป็นบ้านเดี่ยว มีความสูงชั้น 3.50 m. ขนาดพื้นที่ภายใน 66.81 m^2 ประกอบด้วย ห้องโถงอเนกประสงค์ (ห้องนั่งเล่น+ห้องรับประทานอาหาร) 1 ห้อง ห้องนอน 2 ห้อง ห้องครัว 1 ห้อง และห้องน้ำ 1 ห้อง ราคาค่าก่อสร้างประมาณ 1.78 ล้านบาท เป็นบ้านชั้นเดียวหลังเล็กสำหรับการเริ่มต้นครอบครัว



ภาพที่ 2 แปลนบ้านรักษ์ดิน 1

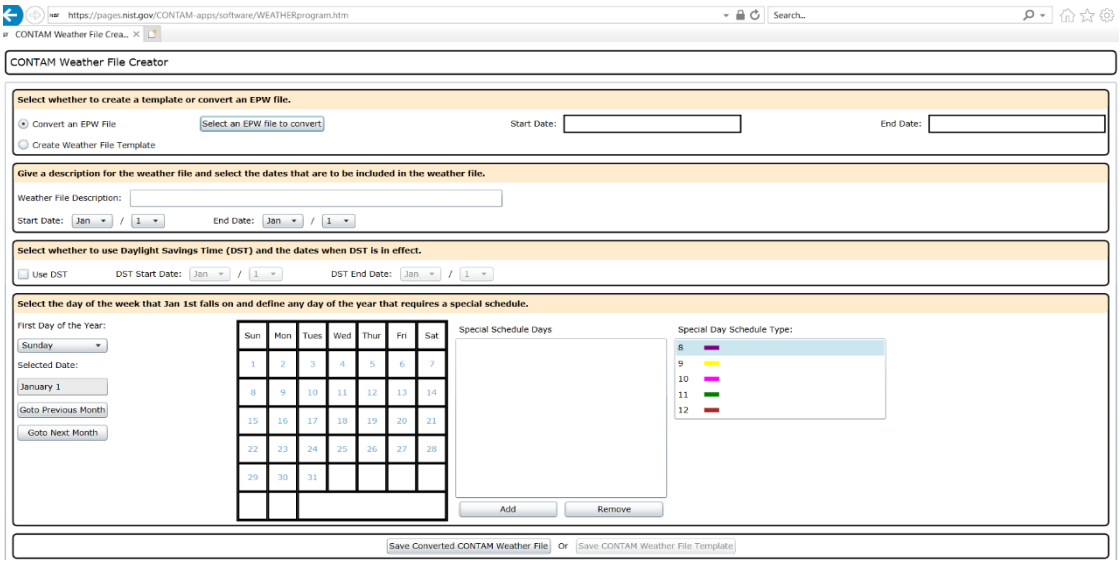
ที่มา: แบบบ้านดีดี (DEDE) รักษ์พลังงาน : เข้าถึง 20 ธ.ค. 2563. จาก www.yotathai.com/yotanews/plan-baan-dede

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดขนาดแบบบ้านรักษ์ดิน 1

รายการ	ขนาด (m^2)
ห้องนั่งเล่น+ห้องรับประทานอาหาร	28.00
ห้องนอน 1	10.50
ห้องนอน 2	10.50
ห้องครัว	8.67
ห้องน้ำ	4.34
โถงทางเดิน	4.80

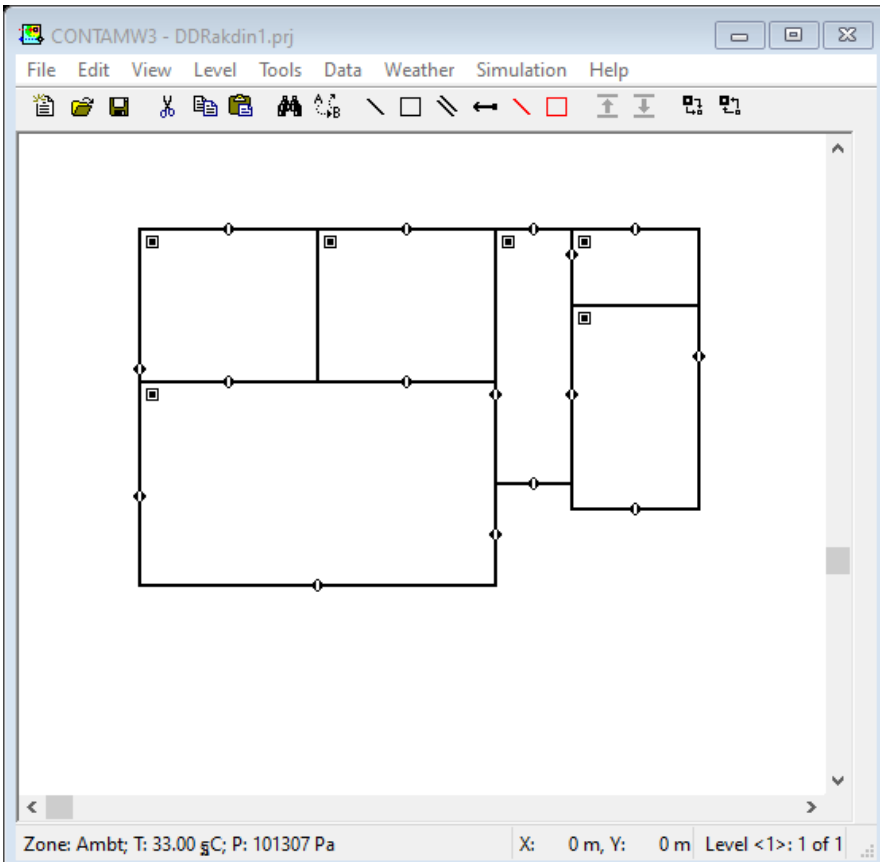
ที่มา: แบบบ้านดีดี (DEDE) รักษ์พลังงาน : เข้าถึง 20 ธ.ค. 2563. จาก www.yotathai.com/yotanews/plan-baan-dede

2. เก็บรวบรวมข้อมูลสภาพอากาศ และข้อมูลต่างๆ ที่ใช้ประกอบการจำลองการไหลของอากาศ สำหรับการศึกษานี้กำหนดอุณหภูมิภายนอกแปรผันตาม สภาพอากาศของจังหวัดกรุงเทพมหานคร ปีพ.ศ.2562 โดยใช้ NIST Web Application ทำการแปลงข้อมูลสภาพอากาศ (https://pages.nist.gov/CONTAM-apps/software/WEATHERprogram.htm) เพื่อนำข้อมูลสภาพอากาศไปใช้ในโปรแกรม CONTAM ดัง**ภาพที่ 3**



ภาพที่ 3 NIST Web Application

3. ศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศ โดยใช้โปรแกรม CONTAM Version 3.2 ทำการจำลองการไหลของอากาศผ่านชองเปิดต่าง ๆ ภายในบ้านได้แก่ หน้าต่าง และประตู แสดงใน **ภาพที่ 4**



ภาพที่ 4 หน้าจอโปรแกรม CONTAM Version 3.2

4. ศึกษา และวิเคราะห์ผลที่ได้จากการจำลองการระบายอากาศ เพื่อเสนอแนะการปรับปรุงการออกแบบช่องเปิดที่เหมาะสม ที่ทำให้เกิดการถ่ายเทอากาศ และสร้างสภาวะสบายแก่ผู้อยู่อาศัย โดยอ้างอิงจาก ASHRAE Standard 62.1

ผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่าอัตราการระบายอากาศ (Airflow Rate) ที่ได้จากการจำลองการไหลของอากาศโดยการเปิดพื้นที่ช่องเปิดทั้งหมดทุกห้องภายในบ้านมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE 62.1 เป็นไปดัง**ตารางที่ 2**

ตารางที่ 2 การระบายอากาศและอัตราการระบายอากาศของแบบบ้านประหยัดพลังงาน

ชื่อห้อง	ขนาดพื้นที่ (m^2)	ปริมาตรห้อง (m^3)	การระบายอากาศ (kg/s)	อัตราการระบายอากาศ ($m^3/s/m^2$)	มาตรฐาน ASHRAE 62.1 ($m^3/s/m^2$)
บ้านรักษ์ดิน 1					
ห้องอเนกประสงค์	28.00	98.00	1.969	0.08	0.0003
ห้องนอน 1	10.50	36.75	0.165	0.02	0.0003
ห้องนอน 2	10.50	36.75	0.240	0.03	0.0003
ห้องครัว	8.67	30.35	0.103	0.01	0.0006
ห้องน้ำ	4.34	15.19	0.036	0.04	0.0118 m^3/s/unit
โถงทางเดิน	4.80	16.80	0.472	0.12	0.0003
บ้านรักษ์ดิน 2					
ห้องอเนกประสงค์	36.00	135.00	2.238	0.07	0.0003
ห้องนอน 1	16.46	61.73	0.165	0.01	0.0003
ห้องนอน 2	12.25	45.94	0.239	0.02	0.0003
ห้องครัว	11.21	42.04	0.098	0.01	0.0006
ห้องน้ำ 1	4.50	16.88	0.037	0.04	0.0118 m^3/s/unit
ห้องน้ำ 2	5.31	19.91	0.036	0.04	0.0118 m^3/s/unit
โถงทางเดิน	5.52	20.70	0.566	0.12	0.0003
บ้านรักษ์ดิน 3					
ห้องอเนกประสงค์	40.53	141.86	2.233	0.07	0.0003
ห้องนอน 1	23.40	81.90	0.330	0.02	0.0003
ห้องนอน 2	13.30	46.55	0.165	0.01	0.0003
ห้องนอน 3	14.85	51.98	0.213	0.02	0.0003
ห้องครัว	15.04	52.64	0.105	0.01	0.0006
ห้องน้ำ 1	5.80	20.30	0.037	0.04	0.0118 m^3/s/unit
ห้องน้ำ 2	5.10	17.85	0.038	0.05	0.0118 m^3/s/unit
โถงทางเดิน	4.05	14.18	0.661	0.20	0.0003
แบบบ้านรักษ์น้ำ 1					
ห้องอเนกประสงค์	28.00	96.60	1.570	0.07	0.0003
ห้องนอน 1	10.50	36.23	0.165	0.02	0.0003
ห้องนอน 2	10.50	36.23	0.239	0.03	0.0003
ห้องครัว	8.23	28.39	0.066	0.01	0.0006
ห้องน้ำ	3.70	12.77	0.037	0.04	0.0118 m^3/s/unit
โถงทางเดิน	8.40	28.98	0.499	0.07	0.0003

หมายเหตุ: ห้องอเนกประสงค์ =ห้องนั่งเล่น+ห้องรับประทานอาหาร

ตารางที่ 2 การระบายอากาศและอัตราการระบายอากาศของแบบบ้านประหยัดพลังงานทั้ง(ต่อ)

ชื่อห้อง	ขนาดพื้นที่ (m^2)	ปริมาตรห้อง (m^3)	การระบายอากาศ (kg/s)	อัตราการระบายอากาศ ($m^3/s/m^2$)	มาตรฐาน ASHRAE 62.1 ($m^3/s/m^2$)
แบบบ้านรักษ์น้ำ 2					
ห้องอเนกประสงค์	36.00	122.40	2.577	0.09	0.0003
ห้องนอน 1	16.46	55.96	0.165	0.01	0.0003
ห้องนอน 2	12.25	41.65	0.240	0.02	0.0003
ห้องครัว	10.55	35.87	0.067	0.01	0.0006
ห้องน้ำ 1	4.50	15.30	0.037	0.04	0.0118 m^3/s/unit
ห้องน้ำ 2	5.18	17.61	0.037	0.04	0.0118 m^3/s/unit
โถงทางเดิน	9.75	33.15	0.471	0.06	0.0003
แบบบ้านรักษ์น้ำ 3					
ห้องอเนกประสงค์	56.90	182.08	5.248	0.11	0.0003
ห้องนอน 1	29.60	94.72	0.328	0.01	0.0003
ห้องนอน 2	13.30	42.56	0.163	0.01	0.0003
ห้องนอน 3	14.40	46.08	0.211	0.02	0.0003
ห้องน้ำ 2	5.80	18.56	0.038	0.05	0.0118 m^3/s/unit
ห้องน้ำ 3	5.40	17.28	0.039	0.05	0.0118 m^3/s/unit
ห้องครัว (ใต้ถุน)	11.88	33.26	0.176	0.02	0.0006

หมายเหตุ: ห้องอเนกประสงค์ =ห้องนั่งเล่น+ห้องรับประทานอาหาร

จากการวิเคราะห์ผลการศึกษาคุณภาพอากาศภายในบ้าน โดยปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการระบายอากาศได้แก่ การออกแบบพื้นที่ ตำแหน่งช่องเปิด และขนาดช่องเปิด โดยจะเห็นได้ว่าตำแหน่งประตู และหน้าต่างซึ่งเป็นช่องเปิดภายในบ้านประหยัดพลังงานทั้ง 6 แบบนั้น ได้ถูกออกแบบ และจัดวางอยู่ในทุกทิศทางของบ้าน ทำให้สามารถรับลมประจำปีได้ทุกช่วงเวลา จึงทำให้เกิดการถ่ายเทและแลกเปลี่ยนอากาศระหว่างภายในบ้านและนอกบ้านได้ทุกช่วงฤดูกาล ซึ่งปัจจัยดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อการไหลของอากาศ อัตราการไหลของอากาศ และอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในบ้าน และยังแสดงให้เห็นถึงผลของคุณภาพอากาศภายในบ้านนั้นอีกด้วย โดยมีปัจจัยทางกายภาพที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพอากาศภายในบ้าน ได้แก่ความชื้น อุณหภูมิ ทิศทางลม และการกำหนดการไหลของอากาศแปรผันตามสภาพอากาศของกรุงเทพมหานคร จากการจำลองการไหลของอากาศโดยวิธีธรรมชาติ ด้วยการเปิดช่องเปิดทั้งหมดภายในบ้าน พบว่าอัตราการระบายอากาศของทุกห้องในแบบจำลองโดยเฉพาะห้องอเนกประสงค์ที่มีช่องเปิดขนาดใหญ่ และมีขนาดพื้นที่ของช่องเปิด

มากกว่าห้องอื่นๆ มีอัตราการระบายอากาศที่สูงที่สุดอยู่ที่ 0.11 $m^3/s/m^2$ เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าอัตราการระบายอากาศที่ได้จากแบบจำลองกับมาตรฐาน ASHRAE 62.1 พบว่าทุกห้องภายในบ้านนั้นมีค่าอัตราการระบายอากาศสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้ ซึ่งหมายถึงทุกห้องภายในบ้านมีการหมุนเวียนของอากาศ มีการระบายอากาศที่มีความเพียงพอต่อการอยู่อาศัยโดยไม่ก่อให้เกิดการเจ็บป่วย

สรุปผลงานวิจัย

การจำลองการไหลของอากาศโดยวิธีธรรมชาติผ่านช่องเปิดทั้งหมด ภายในบ้าน พบว่าทุกห้องภายในบ้าน มีการระบายอากาศผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งในห้องอเนกประสงค์และห้องนอนมาตรฐาน ASHRAE 62.1 กำหนดอัตราการระบายอากาศขั้นต่ำที่ 0.0003 $m^3/s/m^2$ ผลจากการจำลองห้องอเนกประสงค์อยู่ในช่วง 0.07-0.11 $m^3/s/m^2$ ห้องนอนอยู่ในช่วง 0.01-0.03 $m^3/s/m^2$ ในส่วนห้องครัว มาตรฐานกำหนดไว้ที่ 0.0006 $m^3/s/m^2$ จากการจำลองได้ค่าอยู่ในช่วง 0.01-0.02 $m^3/s/m^2$ และห้องน้ำมาตรฐานกำหนดไว้ที่ 0.0118 $m^3/s/unit$ จากการจำลองได้ค่าอยู่ในช่วง 0.04-0.05 $m^3/s/unit$ จะเห็นได้ว่าการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติของบ้านประหยัดพลังงานนั้น มีอัตราการระบายอากาศที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งหมายถึงอากาศภายนอก สามารถเข้ามาเติมอากาศภายในบ้านได้เพียงพอ เพื่อรักษาคุณภาพอากาศภายใน (IAQ) ไว้ในระดับที่ยอมรับได้โดยไม่ต้องใช้กับระบบปรับอากาศ และการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาตินั้นยังเป็น Passive Cooling ที่มีความสำคัญต่อผู้อยู่อาศัยทั้งทางตรงและทางอ้อม ไม่เพียงแต่ช่วยให้เกิดการถ่ายเทอากาศที่เหมาะสมและเพียงพอ ยังสามารถช่วยลดสภาวะโลกร้อน และลดภาระค่าไฟสำหรับผู้อยู่อาศัยได้อีกด้วย ซึ่งหากการนำแบบบ้านประหยัดพลังงานไปก่อสร้างเพื่อการอยู่อาศัยโดยที่ไม่ติดตั้งระบบปรับอากาศก็สามารถทำได้

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

ธวัชชัย เสถียรรัตนกุล. (2545). *คุณภาพอากาศภายในอาคาร*. บทความวิชาการ ชุดที่ 15. 127-134.

วรสันต์ ชื่นชีพ. (2548). *การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติของอาคารใต้ดิน*.กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มานิตา พรหมประสิทธิ์. (2562).*การจำลองและวิเคราะห์การไหลของอากาศภายในบ้านประหยัดพลังงาน*. กรุงเทพฯ: วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

สาริณี ชมภู, พลกฤต กฤชไมตรี, ณัฐศักดิ์ บุญมี, เอกไท วิโรจน์สกุลชัย. (2561). การจำลองระบบอัดอากาศของบันไดหนีไฟด้วยโปรแกรม CONTAM. นครราชสีมา : วิทยาลัยนครราชสีมา.

ภาษาต่างประเทศ

ASHRAE (2019). *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, ANSI/ASHRAE Standard 62.1*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineer (ASHRAE), Atlanta, Georgia.

Gladyszewska-Fiedoruk, K., Zhelykh, V., and Pushchinskyi, A. (2019). *Simulation and Analysis of Various Ventilation Systems Given in an Example in the Same Schoolof Indoor Air Quality.* Energies, 12, 2845.doi:10.3390/en12152845.

Persily, A., Musser, A., and Emmerich, S. J. (2010*). Modeled infiltration rate distributions for U.S. housing*. Indoor Air, 20, 473-485.

Temenos, N., Nikolopoulos, D., Petraki, E., and Yannakopoulos, P.H. (2015). *Modelling of Indoor Air Quality of Greek Apartments Using CONTAM(W) Software*. Journal of Physical Chemistry&Biophysics, 5(6), 1-10.

Verijkazemi, K., Mansouri, N., Moattar, F., and Khezri, S. M. (2018). *Evaluation of Indoor PM Distribution by CONTAM Airflow Model and Real Time Measuring: Model Description and Validation*. Avicenna J Environ Health Eng, 5(1), 42-49.