

พื้นผิวภายในอาคาร: เหตุใดจึงสำคัญต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร

Indoor Surfaces: Why They Matter Indoor Air Quality

มนีรัตน์ องค์กรธรณี^{1,*} ทับทิม ชาตีสวรรณ์²

Maneerat Ongwande^{1,*}, Thabtim Chatsuvan²

¹ วิทยาลัยพัฒนามหานคร มหาวิทยาลัยนวมินทราธิราช

Institute of Metropolitan Development, Navamindradhiraj University

² คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Isan, Khon Kaen Campus

* Email: maneerat.ong@nmu.ac.th

ส่งต้นฉบับบทความ : 1 ก.พ. 66 / ส่งบทความฉบับแก้ไข : 2 เม.ย. 66 / ตอบรับให้เผยแพร่ : 27 มิ.ย. 66 / เผยแพร่ : 30 มิ.ย. 66

การอ้างอิง: มนีรัตน์ องค์กรธรณี และ ทับทิม ชาตีสวรรณ์. (2566). พื้นผิวภายในอาคาร: เหตุใดจึงสำคัญต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร. วารสารสิ่งแวดล้อม, ปีที่ 27 (ฉบับที่ 1).

<https://doi.org/10.35762/EJ.2566002>

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของพื้นผิววัสดุภายในอาคารว่าเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเชิงพลวัตของระดับมลพิษอากาศในอาคาร ซึ่งกำหนดปริมาณการได้รับสัมผัสสารมลพิษอากาศเข้าสู่ร่างกายของผู้ใช้สอยอาคาร ด้วยเหตุผลคือ พื้นผิวทำหน้าที่เป็นแหล่งปล่อยมลพิษจากตัววัสดุเองออกสู่อากาศโดยเฉพะามลพิษประเภทสารอินทรีย์ระเหยง่ายและกึ่งระเหย และในทางกลับกันพื้นผิวยังทำหน้าที่เป็นแหล่งรองรับมลพิษทั้งก๊าซและอนุภาคที่เคลื่อนย้ายออกจากอากาศผ่านกระบวนการดูดซับหรือการตกสู่พื้นผิว กระบวนการนี้ทำให้เกิดการถ่วงหรือยืดเวลาของการปลดปล่อยสารมลพิษกลับคืนสู่อากาศซึ่งทำให้รูปแบบการรับสัมผัสมลพิษอากาศของผู้ใช้อาคารเปลี่ยนไป ตัวอย่างที่เห็นได้อย่างชัดเจนคือปรากฏการณ์คว้นบูหรือมือสาม นอกจากนี้งานวิจัยในปัจจุบันยังมุ่งศึกษาพื้นผิวในสถานะเป็นแหล่งรองรับการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างกันของสารมลพิษต่าง ๆ ที่อยู่บนพื้นผิวแล้วก่อให้เกิดสารมลพิษชนิดใหม่ปลดปล่อยออกสู่อากาศในอาคารอีกด้วย

คำสำคัญ : พื้นผิวภายในอาคาร; การรับสัมผัส; พื้นผิววัสดุต่อปริมาณอากาศ; คว้นบูหรือมือสาม

Abstract

This article aims to highlight the importance of indoor material surfaces as a key driver influencing the dynamic change of indoor air quality, which ultimately determines the extent of pollutant exposure for occupants. Indoor surfaces play a dual role in indoor air environments. On one hand, they act as sources of pollutants emitted directly from building materials, particularly volatile organic compounds (VOCs) and semi-volatile organic compounds (SVOCs). On the other hand, surfaces function as sinks that remove both gaseous and particulate pollutants from the air through processes such as sorption and surface deposition. These interactions can delay or prolong the re-emission of pollutants back into the indoor air, thereby altering the temporal patterns of human exposure to air pollutants. A clear example of this phenomenon is third-hand smoke. Furthermore, recent research has increasingly focused on the role of indoor surfaces as reactive media where chemical reactions among sorbed pollutants can occur, potentially generating new secondary pollutants that are subsequently released back into indoor air.

Keywords: indoor surface; exposure; surface-to-volume ratio; third-hand smoke

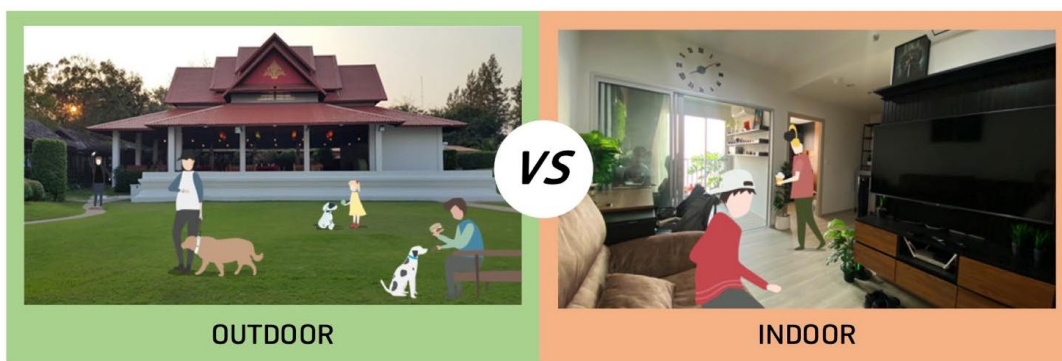
1. บทนำ

เป็นที่ทราบกันดีว่าคนเมืองใช้เวลาส่วนใหญ่อยู่ในอาคารเกือบทั้งวัน (มณีรัตน์ และ กมลชัย, 2565) ดังนั้น การรับสารมลพิษอากาศผ่านการหายใจและการสัมผัสผิวหนังจึงเกิดขึ้นได้ขณะที่อยู่ในอาคาร โดยปริมาณมลพิษอากาศที่เข้าสู่ร่างกายจะมากน้อยเพียงใดขึ้นกับปัจจัยสำคัญคือระยะเวลาที่ได้รับสัมผัส ชนิดและความเข้มข้นของสารมลพิษอากาศในสถานที่นั้น ในบทความนี้จะชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของพื้นผิวภายในอาคารที่ทำหน้าที่เป็นทั้งแหล่งปล่อยสารมลพิษออกสู่อากาศในอาคาร (emission source) เช่น เพอร์นิเจอร์ สีทาและสารเคลือบพื้นผิว เป็นต้น นอกจากนี้วัสดุภายในอาคารเองยังทำหน้าที่เป็นแหล่งรองรับสารมลพิษทั้งก๊าซและอนุภาคที่เคลื่อนที่ให้มาติดหรือตกลงบนพื้นผิว (surface sink) จึงเปรียบเสมือนเป็นถังที่กักเก็บสารมลพิษไว้แล้วค่อยปล่อยคืนออกสู่อากาศภายในอาคารอีกครั้ง ดังนั้น พื้นผิววัสดุจึงสามารถถ่วงหรือยืดเวลาของการปล่อยมลพิษให้ยาวนานขึ้น ตัวอย่างที่ชัดเจนของปรากฏการณ์ในลักษณะนี้คือควันบุหรี่มือสาม (third-hand smoke) ซึ่งมลพิษในควันบุหรี่มือสามประกอบด้วยนิโคติน เบนซีน และอะโครลีน เมื่อผู้สูบได้ปล่อยควันออกมาแล้ว สารพิษในควันบุหรี่เหล่านั้นบางส่วนไม่ได้ถูกการระบายอากาศพาออกจากอาคารเนื่องจากพวกมันสามารถถูกดูดติดอยู่บนพื้นผิวต่าง ๆ หรือถูกดูดติดที่ฝุ่นละอองภายในอาคาร หลังจากนั้นสามารถคายตัวจากพื้นผิวหรือฝุ่นละอองที่มันดูดติดและเคลื่อนย้ายกลับเข้าสู่อากาศภายในอาคารได้อีกครั้ง (Burton, 2011) จึงทำให้ผู้ที่อยู่ในอาคารสูดดมสารมลพิษควันบุหรี่เหล่านั้นเข้าไปในร่างกายถึงแม้จะไม่มี การสูบบุหรี่ก็ตาม นอกจากนี้ การถ่วงหรือยืดเวลาการปล่อยมลพิษจากพื้นผิวยังมีผลโดยตรงต่อการ

เปลี่ยนแปลงรูปแบบการรับสัมผัสมลพิษอากาศของผู้ใช้อาคาร ดังนั้น ชนิดและพื้นที่ผิวของวัสดุจึงเป็นตัวแปรที่สำคัญในการกำหนดปริมาณการรับสัมผัสมลพิษอากาศของคนที่อยู่ภายในอาคาร

2. พื้นที่ผิววัสดุต่อปริมาตรอากาศ คืออะไร และสำคัญอย่างไร

บางคนอาจตั้งข้อสงสัยว่าทำไมพื้นผิวต่าง ๆ ที่อยู่ภายนอกอาคารจึงไม่ส่งผลกระทบต่อ การรับสัมผัสมลพิษอากาศในชั้นบรรยากาศทั่วไปเมื่อเปรียบเทียบกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นภายในอาคาร (รูปที่ 1) คำตอบของคำถามนี้อยู่ที่ ‘ขนาด (scale)’ ของตัวแปรที่เรียกว่า ‘พื้นที่ผิววัสดุต่อปริมาตรอากาศ ณ บริเวณนั้น (surface-to-volume ratio, S/V)’ โดยมีหน่วย เช่น ตารางเมตรต่อลูกบาศก์เมตร (ตร.ม. ต่อ ลบ.ม.) จะเห็นได้ว่าเมื่ออยู่ด้านนอกอาคารปริมาตรอากาศที่ครอบคลุมนั้นกว้างใหญ่มากจนทำให้ขนาดของค่าของ S/V น้อยมาก แต่เมื่อเราเข้าสู่ภายในอาคารที่มีห้องที่ล้อมรอบด้วยผนัง เพดาน พื้น เฟอร์นิเจอร์ อุปกรณ์เครื่องใช้ต่าง ๆ จะทำให้ขนาดของค่า S/V เพิ่มสูงขึ้น (พื้นผิวในห้องมากต่อปริมาตรอากาศในห้องที่จำกัด) มีการศึกษาเพื่อหาค่า S/V ของห้องน้ำ ห้องนอน ห้องทำงาน และห้องส่วนกลางในที่พักอาศัยจำนวน 9 แห่งในมลรัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกาได้ค่าตัวเลข S/V อยู่ในช่วง 2.2 - 5.4 ตร.ม. ต่อ ลบ.ม. (Hodgson et al., 2004) แปลความหมายได้ว่า ในห้องที่มีปริมาตรอากาศ 1 ลบ.ม. มีพื้นผิววัสดุอาคารและสิ่งของต่าง ๆ รอบตัวเรามีพื้นที่ผิวรวมกันเท่ากับ 2.2 – 5.4 ตร.ม. ซึ่งถือว่ามากเลยทีเดียว และการศึกษาวิจัยวัดพื้นผิวในห้องนอน ห้องครัว และห้องทำงานที่ตั้งอยู่ในมลรัฐเวอร์จิเนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา จำนวน 33 ห้อง ได้ค่าเฉลี่ยของ S/V เท่ากับ 3.2 ± 1.2 ตร.ม. ต่อ ลบ.ม. (Manuja et al., 2019) จากทั้งสองงานวิจัยพบว่าห้องที่มีค่า S/V สูงสุดคือ ห้องน้ำ (ประมาณ 5 ตร.ม. ต่อ ลบ.ม.) และห้องทำงาน (ประมาณ 3.6 ตร.ม. ต่อ ลบ.ม.) โดยประเภทของพื้นผิวในห้องที่มีพื้นที่มากที่สุด ได้แก่ ผนัง เพดาน และพื้น ในขณะที่เฟอร์นิเจอร์และเครื่องใช้ต่าง ๆ ที่นำเข้ามาติดตั้งในห้องสามารถเพิ่มพื้นที่ผิวทั้งหมดให้สูงขึ้นได้ถึง 50% และทำให้ปริมาตรอากาศในห้องลดลงไปประมาณ 10% เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาตรอากาศของห้องที่ไม่มีเฟอร์นิเจอร์และเครื่องใช้ต่าง ๆ



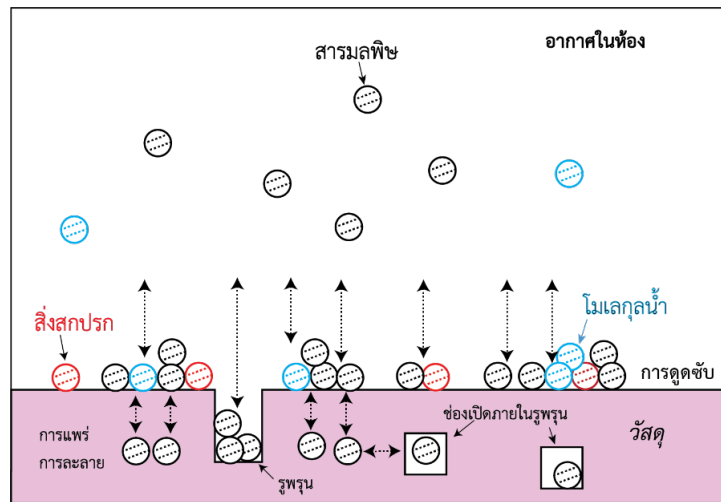
รูปที่ 1 เปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ผิววัสดุต่อปริมาตรอากาศ (surface-to-volume ratio, S/V) ของสิ่งแวดล้อมภายนอกและภายในอาคาร

เมื่อพิจารณารูปร่างของพื้นผิวและชนิดของพื้นผิวในอาคารจะพบว่า รูปร่างแบบพื้นเรียบ (flat) มีพื้นที่รวมมากที่สุด เช่น พื้นห้อง พื้นผนัง เพดาน พื้นผิวตู้ หน้าต่าง ประตู ตามมาด้วยพื้นผิวที่เป็นรูปทรงกล่องสี่เหลี่ยม (rectangular prism) เช่น เติง ชั้นวาง กล่อง เครื่องใช้ไฟฟ้าในครัว ส่วนชนิดของพื้นผิวที่ปรากฏมากที่สุด คือ สีทาพื้นผิว (paint) มีค่าถึง $42 \pm 14\%$ ของพื้นผิวทั้งหมดในห้องประเภทต่าง ๆ ตามมาด้วยไม้ย้อม (stained wood) คิดเป็น $22 \pm 12\%$ ของพื้นผิวทั้งหมด ส่วนพื้นผิวพลาสติกและโลหะพบว่ามีมากในห้องครัวและห้องทำงาน (Manuja et al., 2019) พื้นผิวในห้องสามารถจำแนกตามสมบัติวัสดุของการแทรกซึมผ่านเข้าออกของโมเลกุลของสารมลพิษได้เป็น 2 กลุ่ม คือ วัสดุที่สารมลพิษแทรกซึมผ่านได้ (permeable surface material) เช่น สีทา สีย้อมเคลือบ ไม้ ผ้าเส้นใย กระดาษ และวัสดุที่สารมลพิษแทรกซึมผ่านไม่ได้ (impermeable surface material) เช่น แก้วซิลิกา ท็อปหินควอทซ์เคาน์เตอร์ในห้องครัว และโลหะ (Abbatt et al., 2022) ทั้งนี้ การจำแนกว่าวัสดุมีสมบัติที่ยอมให้สารมลพิษเคลื่อนที่ (แพร่) ในเนื้อวัสดุได้หรือไม่ยังต้องพิจารณาจากระยะเวลาที่ศึกษาด้วยเช่นกัน (relevant timescale) ดังนั้น อาจพบว่า คอนกรีตถูกจำแนกเป็นพื้นผิววัสดุที่แทรกซึมผ่านได้ อีกทั้งคอนกรีตยังมีช่องเปิดขนาดเล็กภายในด้วย

3. พื้นผิววัสดุภายในอาคารมีบทบาทอย่างไรต่อคุณภาพอากาศในอาคาร

บทบาทชัดเจนที่สุดที่มีผลทำให้คุณภาพอากาศในอาคารแยกลงของพื้นผิววัสดุภายในอาคารคือ วัสดุเป็นแหล่งปล่อยมลพิษออกสู่อากาศในอาคารโดยเฉพาะมลพิษประเภทสารอินทรีย์ทั้งสารอินทรีย์ระเหยง่าย (volatile organic compounds, VOCs) และสารอินทรีย์กึ่งระเหย (semi volatile organic compounds, SVOCs) มีงานวิจัยโดยการรวบรวมรายงานการตรวจวัดมลพิษอากาศในอาคารสำนักงานทั่วโลกตั้งแต่ปี 2000 จากบทความวิจัยที่เผยแพร่ในฐานข้อมูลวิชาการที่ได้รับความเชื่อถือ พบว่า มีชนิดมลพิษอากาศที่ตรวจพบถึง 342 ชนิด โดยกลุ่มที่มีจำนวนมากที่สุดคือ สารอินทรีย์ระเหยง่ายและอัลดีไฮด์ (aldehydes) ซึ่งมีแหล่งกำเนิดสำคัญมาจากวัสดุเครื่องใช้ในสำนักงาน (Serafin et al., 2021)

พื้นผิววัสดุภายในอาคารยังมีบทบาทอีกด้านที่สำคัญมากคือการทำหน้าที่เป็นแหล่งรองรับสารมลพิษที่เคลื่อนย้ายจากอากาศมาติดที่ผิวแล้วอาจแทรกซึมเข้าไปในเนื้อวัสดุ (sorption) เรียกว่า ‘surface sink’ หรือ ‘surface reservoir’ โดยงานวิจัยในปัจจุบันนิยมใช้คำว่า ‘partitioning’ แทนคำว่า ‘sorption’ ซึ่งบ่งบอกถึงการแบ่งสัดส่วนของสารมลพิษชนิดหนึ่งที่น่าสนใจศึกษาว่ามีปริมาณเท่าไรอยู่ที่ผิวและที่อยู่ในเนื้อวัสดุเมื่อเทียบกับปริมาณที่มีอยู่ในอากาศ ณ สภาวะสมดุลของระบบ ดังนั้นคำว่า ‘partitioning’ จึงสะท้อนให้เห็นถึงบทบาทของวัสดุอย่างชัดเจนว่าเป็นแหล่งที่อยู่ของสารมลพิษทั้งที่อยู่ที่พื้นผิวส่วนสัมผัสกับอากาศด้านนอกและส่วนที่ยอมให้สารมลพิษแทรกซึมเข้าไปในเนื้อหรือช่องว่างรูพรุนด้านในของวัสดุ ในทางกลับกันสารมลพิษที่อยู่ที่วัสดุยังสามารถเคลื่อนย้ายกลับสู่อากาศได้เช่นกัน ปรากฏการณ์นี้จึงเกิดขึ้นแบบพลวัตร (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 ภาพจำลองปรากฏการณ์ระดับโมเลกุลของสารมลพิษบริเวณขอบสัมผัส (interface) ระหว่างผิววัสดุ กับอากาศบริเวณนั้น

ตัวอย่างปรากฏการณ์ที่วัสดุภายในอาคารทำหน้าที่รองรับมลพิษและถ่วงเวลาการปล่อยมลพิษกลับคืนสู่อากาศ เช่น นิโคตินในควันบุหรี่ที่ถูกปล่อยออกมาในขณะที่มีผู้สูบบุหรี่ในห้องสามารถเคลื่อนที่มาติดที่พื้นผิววัสดุได้ดีโดยเฉพาะวัสดุเส้นใย (Ongwandee et al., 2017) จึงทำให้ระดับนิโคตินในอากาศขณะที่มีการสูบบุหรี่ลดต่ำลงกว่าครึ่งหนึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีสมมติที่วัสดุในอาคารไม่มีความสามารถดูดติดโมเลกุลของสารอินทรีย์ได้เลย โดยนิโคตินที่ดูดติดบนวัสดุจะถูกคายตัว (desorption) ออกสู่อากาศภายในอาคารอย่างช้า ๆ และเป็นระยะเวลานานเป็นปี ดังนั้น ผู้อาศัยในห้องที่เคยมีการสูบบุหรี่มาก่อน (แม้จะไม่มีสูบบุหรี่อีกแล้วก็ตาม) จะได้รับนิโคตินอยู่ตลอดเวลาที่อาศัยอยู่ในห้องดังกล่าว โดยการระบายอากาศของอาคารทั่วไปสามารถช่วยกำจัดนิโคตินขณะที่สูบบุหรี่ออกไปได้เพียง 13% เท่านั้น (มณีรัตน์, 2551) อีกหนึ่งตัวอย่างคือ กลิ่นอาหารที่หลงเหลือจากการทำครัวซึ่งมาจากพื้นผิวในครัวจัดเป็นปรากฏการณ์แบบเดียวกัน ดังนั้น รูปแบบการรับสัมผัสมลพิษอากาศของผู้ใช้สอยอาคารถูกทำให้เปลี่ยนแปลงไปได้ตามห้วงเวลาของพลวัตรของสารมลพิษอากาศ

นอกเหนือจากพื้นผิวรองรับมลพิษอากาศจากกระบวนการดูดซับแล้ว พื้นผิวยังรองรับการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารมลพิษต่าง ๆ ภายในอาคารด้วย เช่น ปฏิกิริยาเคมีของก๊าซโอโซนกับสารที่อยู่บนพื้นผิววัสดุสามารถก่อให้เกิดสารมลพิษชนิดใหม่ขึ้นมาได้เรียกว่า สารมลพิษทุติยภูมิ (secondary pollutant) โดยสารมลพิษที่เกิดขึ้นใหม่บนพื้นผิวสามารถเคลื่อนที่เข้าสู่บรรยากาศภายในอาคารได้ ตัวอย่างของสารมลพิษทุติยภูมิจากปฏิกิริยากับโอโซน ได้แก่ สารก่อมะเร็ง (ฟอร์มัลดีไฮด์ อะโครลีน) สารระคายเคือง (คาร์บอนิล กรดคาร์บอกซิลิก) อนุมูลอิสระ (free radical) อนุภาคละอองอินทรีย์ (organic aerosol) เป็นต้น (Morrison, 2008) ซึ่งก๊าซโอโซนในอาคารส่วนใหญ่ถูกพัดพาจากบรรยากาศภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร รวมทั้งมาจากเครื่องใช้ไฟฟ้าบางประเภทที่ใช้ในอาคาร ตัวอย่างปฏิกิริยาเคมีพื้นผิวอื่นเช่น ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่เกิดจากการใช้เตาแก๊สในการทำครัวทำปฏิกิริยากับพื้นผิวที่มีละอองน้ำทำให้เกิดกรดไนตริกและกรดไนตริกสรวมถึงไนตริกออกไซด์ซึ่งเป็นสารระคายเคืองและสามารถกระตุ้นอาการของโรคหอบหืดได้ (Morrison, 2008)

นอกจากนี้พื้นผิวในบ้านเรือนยังเป็นแหล่งรองรับและสะสมมลพิษอากาศประเภทอนุภาคขนาดเล็ก โดยผลการศึกษาพบว่ากระบวนการเคมีเหล่านี้ถูกขับเคลื่อนด้วยกิจกรรมประจำวันของคนที่อยู่อาศัยและหนึ่งในหัวข้อของการศึกษาคือการตกสะสมของอนุภาคขนาดเล็กระดับนาโนเมตรบนพื้นผิวภายในบ้านโดยพบอนุภาคขนาดเล็กมาก (ultrafine particle) บนบานกระจกในห้องครัวโดยอนุภาคของชั้นฟิล์มมีความหนาเพิ่มขึ้น ในขณะที่ทำครัวด้วยการผัดและชั้นฟิล์มเพิ่มความหนาด้วยอัตราเร็วกว่าในช่วงเวลาที่ไม่มียู่อาศัยในบ้าน อนุภาคที่ตกบนบานกระจกส่วนใหญ่มีขนาดเล็กกว่า 100 นาโนเมตรและมีองค์ประกอบของกรดไขมันที่มาจาก การทำอาหาร ซึ่งโมเลกุลและ/หรืออนุภาคที่อยู่ในอากาศเมื่อเคลื่อนที่มาติดบนพื้นผิวด้วยแรงยึดเหนี่ยว จะสามารถเกิดปฏิกิริยาเคมีได้นานกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับโมเลกุลหรืออนุภาคที่อยู่ในอากาศที่พร้อมจะถูกพา ออกนอกอาคารได้อย่างรวดเร็วจากการระบายอากาศของอาคาร (Farmer et al., 2019)

4. นิยามขอบเขตของพื้นผิวคือตำแหน่งไหน

ปัจจุบันมีการอภิปรายกันอย่างกว้างขวางเกี่ยวกับนิยามของพื้นผิวในอาคารที่ควรครอบคลุมพื้นผิว มากกว่าที่ตาสามารถมองเห็นได้ เนื่องจากนักวิจัยให้ความสำคัญกับกระบวนการต่าง ๆ ทางเคมีที่เกิดขึ้นบน พื้นผิว ดังนั้น นิยามพื้นผิวจึงควรเป็นขอบเขตที่แบ่งระหว่างส่วนเชื่อมต่อของผิววัสดุกับอากาศ (interface) ดังรูปที่ 2 ซึ่งต้องรวมถึงรูพรุนของวัสดุ (pore) ช่องเปิด (void) ในเนื้อวัสดุที่ยอมให้สารมลพิษอากาศแทรกซึม ผ่านเข้าได้ รวมทั้งชั้นฟิล์มของโมเลกุลของน้ำบนพื้นผิว และสิ่งสกปรกที่ติดบนพื้นผิว เช่น อนุภาคละอองที่ตก บนพื้นผิว สารอินทรีย์ที่ควบแน่นบนพื้นผิว (Abbatt et al., 2022) ชั้นของสิ่งปนเปื้อนที่เคลือบพื้นผิวดั้งเดิมจะ ทำให้คุณสมบัติทางเคมีของพื้นผิววัสดุต่างไปจากสมบัติเดิมอย่างสิ้นเชิง ยกตัวอย่างเช่น ความสามารถในการ ดูดซับสารมลพิษอากาศของวัสดุตกแต่งในอาคารที่มีความชื้นในอากาศต่างกันจะมีค่าไม่เท่ากันเนื่องจากชั้น ฟิล์มของน้ำที่คลุมผิววัสดุ (Ongwandee et al., 2017) นอกจากนี้มีการอภิปรายกันเกี่ยวกับผิวหนังของมนุษย์ ของผู้ใช้สอยอาคารหรือแม้แต่เสื้อผ้าที่สวมใส่โดยเฉพาะในสถานที่ที่มีคนอยู่กันค่อนข้างแออัดควรได้รับการ พิจารณาเป็นส่วนหนึ่งของพื้นผิวในอาคารด้วยหรือไม่ เนื่องจากผิวหนังของมนุษย์และเสื้อผ้าที่เปื้อนเหงื่อ สามารถปล่อยสารเคมีหลากหลายชนิด เช่น แอมโมเนีย อะซิโตน กรดอะซิติก และโนนาล (Nonanal – กลิ่นตัวเฉพาะของคนสูงอายุ) เป็นต้น (Bekö et al., 2020; Sekine, 2020) และผิวหนังยังสามารถเกิดปฏิกิริยา เคมีได้เช่นเดียวกับพื้นผิววัสดุอื่น โดยมีการยืนยันแล้วว่า น้ำมันที่ผิวหนังหรือที่เส้นผม หรือเครื่องประดับผิว สามารถทำปฏิกิริยากับก๊าซโอโซนในอาคารได้ (Morrison, 2008; Wisthaler and Weschler 2010; Nazaroff and Weschler 2022; Morrison et al., 2022)

5. การศึกษาวิจัยของประเทศไทยเป็นอย่างไร

สำหรับงานวิจัยในประเทศไทยที่ศึกษาประเด็นพื้นผิวภายในอาคารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางเคมี ในอาคารนั้นมีจำนวนน้อยมาก โดยจากประสบการณ์ผู้เขียนบทความที่ทำวิจัยด้านคุณภาพอากาศภายใน อาคารมานานเกือบสองทศวรรษพบว่า ประเทศไทยยังไม่มีฐานข้อมูลวัสดุที่ใช้ภายในอาคารทั้งเชิงปริมาณและ

คุณภาพที่จำแนกไว้เพื่อการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคาร ยกตัวอย่างเช่น การใช้เพื่อประเมินอัตราการปลดปล่อยมลพิษจากวัสดุอาคาร การใช้อธิบายและการทำนายการเกิดปฏิกิริยาเคมีของมลพิษที่พื้นผิวในอาคาร การใช้เพื่อพัฒนาแบบจำลองคุณภาพอากาศภายในอาคารให้มีความแม่นยำ หรือแม้แต่การใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดนโยบายการจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคารของประเทศ ประกอบกับความนิยมที่เปลี่ยนไปของกรุ่นใหม่ในประเทศที่เลือกพักอาศัยในอาคารชุดคอนโดมีเนียมมากขึ้น ห้องพักที่มีขนาดเล็กลงทำให้พื้นผิววัสดุภายในอาคารมีอิทธิพลมากขึ้นต่อชนิดและปริมาณสารมลพิษในอาคารที่เข้าสู่ร่างกายของผู้พักอาศัย การใช้ฐานข้อมูลวัสดุภายในอาคารของต่างประเทศที่มีการศึกษาไว้แล้วนั้นอาจใช้ประโยชน์ได้ระดับหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากลักษณะการอยู่อาศัยและการใช้สอยอาคาร การก่อสร้าง การตกแต่งภายในอาคาร ราคาและสภาพแวดล้อมที่ตั้งอาคารของแต่ละประเทศมีความแตกต่างกัน ล้วนมีผลต่อวัสดุที่ใช้และสัดส่วนของวัสดุที่ใช้ทั้งสิ้น การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับพื้นผิววัสดุจึงมีความสำคัญต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารของประเทศไทย

6. บทสรุป

วัสดุภายในอาคารแทบทั้งหมดสามารถเป็นแหล่งปล่อยมลพิษอากาศภายในอาคารได้ด้วยอัตราการปล่อยมลพิษที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับสมบัติของวัสดุและสภาพการใช้งานโดยวัสดุภายในอาคารสามารถเป็นแหล่งปล่อยทั้งสารมลพิษปฐมภูมิ (สารที่มีอยู่เดิมในวัสดุนั้น) และสารมลพิษทุติยภูมิ (ผลจากปฏิกิริยาเคมีที่พื้นผิว) ดังนั้น ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ใช้อาคารที่สามารถนำไปปฏิบัติเพื่อการสร้างคุณภาพอากาศที่ดีภายในอาคารหรือที่พักของตน ได้แก่ การลดและควบคุมแหล่งกำเนิดมลพิษที่อยู่ภายในอาคาร เช่น การเลือกใช้วัสดุภายในอาคาร เฟอร์นิเจอร์ ของตกแต่ง อุปกรณ์ หรือเครื่องใช้ที่มีการปล่อยมลพิษอากาศสารอินทรีย์ระเหยต่ำ ไม่ปล่อยสารฟอร์มัลดีไฮด์ ไม่ปล่อยก๊าซโอโซน มีการทำความสะอาดสถานที่ใช้สอยเป็นประจำ ไม่สะสมของที่ไม่ใช้ไว้ในบริเวณที่มีกิจกรรมของผู้ใช้อาคารและการปฏิบัติตามมาตรการอื่นร่วมด้วย ได้แก่ หลีกเลี่ยงกิจกรรมการเผาไหม้ภายในอาคาร เช่น การทำครัว สูบบุหรี่ จุดธูปเทียน การจัดให้มีการระบายอากาศของห้อง/อาคารที่เพียงพอและการป้องกันมลพิษอากาศจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารในช่วงเวลาที่มลพิษอากาศภายนอกสูงเกินค่ามาตรฐานด้านสุขภาพ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- มณีรัตน์ องค์กรธรณี. (2551). การขับสารมลพิษควันบุหรี่บนวัสดุภายในอาคาร. วารสารสิ่งแวดล้อม, 12(1), 55 – 60.
- มณีรัตน์ องค์กรธรณี และ กมลชัย ยงประพัฒน์. (2565). การจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคาร – รูปแบบการใช้เวลาภายในอาคารของคนไทยในเขตเมือง. วารสารสิ่งแวดล้อม, 26(2), 1-8.
- Abbatt, J. P. D., Morrison, G. C., Grassian, V. H., Shiraiwa, M., Weschler, C. J., & Ziemann, P. J. (2022). How should we define an indoor surface?. *Indoor air*, 32(1), e12955. <https://doi.org/10.1111/ina.12955>
- Bekö, G., Wargocki, P., Wang, N., Li, M., Weschler, C. J., Morrison, G., Langer, S., Ernle, L., Licina, D., Yang, S., Zannoni, N., & Williams, J. (2020). The Indoor Chemical Human Emissions and Reactivity (ICHEAR)

- project: Overview of experimental methodology and preliminary results. *Indoor air*, 30(6), 1213–1228. <https://doi.org/10.1111/ina.12687>
- Burton A. (2011). Does the smoke ever really clear? Thirdhand smoke exposure raises new concerns. *Environmental health perspectives*, 119(2), A70–A74. <https://doi.org/10.1289/ehp.119-a70>
- Farmer, D. K., Vance, M. E., Abbatt, J. P. D., Abeleira, A., Alves, M. R., Arata, C., Boedicker, E., Bourne, S., Cardoso-Saldaña, F., Corsi, R., DeCarlo, P. F., Goldstein, A. H., Grassian, V. H., Hildebrandt Ruiz, L., Jimenez, J. L., Kahan, T. F., Katz, E. F., Mattila, J. M., Nazaroff, W. W., . . . Zhou, Y. (2019). Overview of HOMEChem: House Observations of Microbial and Environmental Chemistry [10.1039/C9EM00228F]. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 21(8), 1280-1300. <https://doi.org/10.1039/C9EM00228F>
- Hodgson, A.T. Ming, K.Y. and Singer, B.C. (2004). Quantifying object and material surface areas in residences. Indoor Environment Department Report LBNL-56786, Lawrence Berkeley Laboratory.
- Manuja, A., , Ritchie, J., , Buch, K., , Wu, Y., , Eichler, C. M. A., , Little, J. C., , & Marr, L. C., (2019). Total surface area in indoor environments. *Environmental science. Processes & impacts*, 21(8), 1384–1392. <https://doi.org/10.1039/c9em00157c>
- Morrison G. (2008). Interfacial chemistry in indoor environments. *Environmental science & technology*, 42(10), 3494–3499. <https://doi.org/10.1021/es087114b>
- Morrison, G., Eftekhari, A., Fan, A., Majluf, F., & Krechmer, J. E. (2022). The influence of personal care products on ozone-skin surface chemistry. *PloS one*, 17(9), e0268263. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268263>
- Nazaroff, W. W., & Weschler, C. J. (2022). Indoor ozone: Concentrations and influencing factors. *Indoor air*, 32(1), e12942. <https://doi.org/10.1111/ina.12942>
- Ongwandee, M., Chatsuvan, T., Suksawas Na Ayudhya, W., & Morris, J. (2017). Understanding interactions in the adsorption of gaseous organic compounds to indoor materials. *Environmental science and pollution research international*, 24(6), 5654–5668. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-8302-9>
- Sérafín, G., Blondeau, P., & Mandin, C. (2021). Indoor air pollutant health prioritization in office buildings. *Indoor air*, 31(3), 646–659. <https://doi.org/10.1111/ina.12776>
- Sekine, Y. (2020, November 1-4). Human Skin Gas and Indoor Environment. In Plenary Session: Indoor Air Pollution. The 16th Conference of the International Society of Indoor Air Quality & Climate (Indoor Air 2020), Virtual Conference.
- Wisthaler, A., & Weschler, C. J. (2010). Reactions of ozone with human skin lipids: sources of carbonyls, dicarbonyls, and hydroxycarbonyls in indoor air. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(15), 6568–6575. <https://doi.org/10.1073/pnas.0904498106>