

อิทธิพลของสัณฐานวิทยาของเมืองต่อการสะสมของ PM2.5 ที่ระดับทางเท้า:

กรณีศึกษาสยามสแควร์ กรุงเทพมหานคร

The Influence of Urban Morphology on PM2.5 Accumulation at the Pedestrian Level: A Case Study of Siam Square, Bangkok

รัชชานนท์ ธีรประเวศน์กุล^{a*} และ พิมลศิริ ประจঙ্গสาร^a

Ratchanon Teeraprawetkul^{a*} and Pimolsiri Prajongsan^a

^aคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ประเทศไทย

^aFaculty of Architecture, Silpakorn University, Thailand

*Corresponding Author. Email: teeraprawetkul_r@silpakorn.edu

Received: February 27, 2025

Revised: May 8, 2025

Accepted: June 4, 2025

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มุ่งเน้นวิเคราะห์อิทธิพลของสัณฐานวิทยาของเมืองที่มีผลต่อความเร็วลมภายนอกอาคารและการสะสมของมลพิษทางอากาศที่ระดับทางเท้าในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของการใช้ประโยชน์ที่ดินสูง เพื่อหาแนวทางในการออกแบบและวางผังอาคารที่สามารถเพิ่มการระบายอากาศและลดการสะสมของมลพิษ โดยใช้กรอบแนวความคิดการทดลองวางผังอาคารในพื้นที่กรณีศึกษา ได้แก่ หุบเขาถนนพระราม 1 และพื้นที่สยามสแควร์ ในเขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร ภายใต้แนวคิดเมืองที่เติบโตเต็มที่ และใช้การจำลองพลศาสตร์ของไหลภายนอก (External CFD) ของโปรแกรม DesignBuilder เวอร์ชัน 6.1.0.6 เพื่อประเมินความเร็วลมภายนอกอาคารเปรียบเทียบกับความเร็วลมเป้าหมายที่สามารถลดการสะสมของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) โดยอ้างอิงข้อมูลความเร็วลมรายชั่วโมงเฉลี่ยคาบ 10 ปี (พ.ศ. 2553-2562) และทิศทางลมหลักของสถานีตรวจวัดอากาศกรุงเทพมหานคร โดยความเร็วลมตั้งต้นที่ระดับความสูง 10 เมตรเหนือพื้นดินเป็น 1 เมตรต่อวินาที และทิศทางลมหลักของพื้นที่ศึกษา 2 ทิศทาง ได้แก่ ลมจากทิศใต้และทิศตะวันตก ทำการศึกษาใน 3 ประเด็น ได้แก่ 1) ศึกษาอิทธิพลของรูปทรงอาคาร (Building shape) 3 แบบ ได้แก่ สี่เหลี่ยม วงรี และสามเหลี่ยม โดยกำหนด BCR เป็น 35-36% (ค่าต่ำสุดที่เป็นไปได้) 2) ศึกษาอิทธิพลของ BCR สามระดับ ได้แก่ 35-36%, 50% และ 70% โดยใช้ผังอาคารสี่เหลี่ยม และ 3) ศึกษาอิทธิพลของตำแหน่งพื้นที่ว่างระดับพื้นดิน 5 รูปแบบ โดยใช้ผังอาคารสี่เหลี่ยมและ BCR 50%

ผลการศึกษาพบว่า 1) รูปทรงอาคารมีอิทธิพลต่อการไหลเวียนของอากาศในกรณีศึกษาพื้นที่หุบเขาถนนบริเวณสยามสแควร์เพียงเล็กน้อย โดยผังอาคารสี่เหลี่ยมมีร้อยละของพื้นที่ความเร็วลมเป้าหมายสูงสุด รองลงมาคือ ผังอาคารวงรี และผังอาคารสามเหลี่ยม ตามลำดับ 2) BCR มีอิทธิพลชัดเจน พบว่า BCR ที่ต่ำสุด (35-36%) มีร้อยละของพื้นที่ความเร็วลมเป้าหมายสูงสุด ในขณะที่ BCR สูงขึ้น (50-70%) ไม่สามารถช่วยลดการสะสมของ PM2.5 ได้

ภายใต้เงื่อนไขเริ่มต้นของการศึกษา 3) ตำแหน่งของพื้นที่ว่างระดับพื้นดินมีอิทธิพลเพียงเล็กน้อย โดยการวางพื้นที่ว่างให้อยู่ด้านใดด้านหนึ่งของอาคารส่งผลให้การไหลเวียนอากาศในกรณีศึกษาพื้นที่หุบเขาดนนวนริเวณสยามสแควร์ดีกว่า การวางพื้นที่ว่างรอบด้าน และการสลับตำแหน่งพื้นที่ว่างไม่สามารถช่วยลดการสะสมของฝุ่นละอองได้ นอกจากนี้ยังพบว่า อัตราส่วนของหุบเขาดนนวนเฉลี่ย (H/W) หรือความสูงของอาคารต่อความกว้างของถนนในกรณีศึกษาพื้นที่หุบเขาดนนวนริเวณสยามสแควร์ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการไหลเวียนของอากาศ กล่าวคือ เมื่ออาคารมีความสูงมากกว่าความกว้างของถนนจนทำให้อัตราส่วน H/W สูงขึ้น จะช่วยส่งเสริมการไหลเวียนของอากาศภายในหุบเขาดนนวน และลดการสะสมของ PM2.5 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในทางกลับกัน อัตราส่วนความยาวต่อความกว้างของอาคารเฉลี่ย (L/W) มีความสัมพันธ์เชิงลบกับการไหลเวียนของอากาศ กล่าวคือ เมื่ออาคารมีความยาวมากกว่าความกว้างจนทำให้อัตราส่วน L/W สูงขึ้น จะส่งผลให้การไหลเวียนของอากาศลดลง และอาจเพิ่มการสะสมของ PM2.5 ได้ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าปัจจัยทางสัณฐานวิทยาของเมืองเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการไหลเวียนของอากาศและการสะสมของ PM2.5 ในกรณีศึกษาพื้นที่หุบเขาดนนวนริเวณสยามสแควร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของกรุงเทพมหานครซึ่งมีความเร็วลมตั้งต้นในระดับต่ำเกือบตลอดทั้งปี การออกแบบวางผังอาคารและพื้นที่ว่างในเมืองที่เหมาะสมจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยส่งเสริมให้สภาพแวดล้อมเมืองดีขึ้นได้

ABSTRACT

This study examines the impact of urban morphological factors on outdoor wind speed and the accumulation of air pollution at pedestrian level in high-density urban areas. The aim is to identify strategies for building design and urban planning that enhance ventilation and reduce the accumulation of pollutants. An experimental framework was employed to investigate the effects of various building layout configurations within the case study area, covering the Rama 1 Road Valley and Siam Square in the Pathum Wan District of Bangkok. The study is situated within the context of maximum urban growth. Outdoor wind velocity was simulated using the External CFD function of DesignBuilder version 6.1.0.6 and compared against a target wind speed required to mitigate the accumulation of fine particulate matter (PM2.5), defined as at least 2 m/s. Input data were based on ten-year average hourly wind speed records (2010–2019) and prevailing wind directions obtained from the Bangkok meteorological monitoring station. The reference wind speed was set at 1 m/s at a height of 10 meters above ground level (U_{ref}), with two primary wind directions—south and west—applied in the analysis. The study focused on three main variables: 1) the influence of Building shape, using three layouts—rectangular, oval, and triangular—at a BCR of 35-36%; 2) the influence of three BCR levels (35-36%, 50%, and 70%) with a rectangular building layout; and 3) the influence of Open space positioning, with five configurations using a rectangular layout and a BCR of 50%.

The findings reveal that 1) Building shape exerts a marginal influence on airflow in the Rama 1 Road Valley case study area. Among the tested configurations, the rectangular layout produced the

highest proportion of areas achieving the target wind speed, followed by the oval and triangular layouts, respectively. 2) Building Coverage Ratio (BCR) exerts a clear influence, with the lowest BCR level (35–36%) resulting in the greatest proportion of target wind speed areas, whereas higher BCR levels (50–70%) were ineffective in reducing PM2.5 accumulation under the study's initial wind conditions. 3) Open space positioning also exerts a marginal influence. Configurations in which open space was placed on one side of the building block facilitated better airflow than those with peripheral open space. However, alternating the location of open spaces did not contribute to reduced particulate accumulation. In addition, The average aspect ratio of the street canyon (H/W), defined as the ratio of building height to street width in the Siam Square case study area, demonstrates a positive relationship with outdoor wind speed. When buildings are significantly taller than the adjacent street width, resulting in a higher H/W ratio, airflow within the street canyon is enhanced, thereby effectively reducing the accumulation of PM2.5. In contrast, the average building length-to-width ratio (L/W) exhibits a negative relationship with airflow. As building length increases relative to width, leading to a higher L/W ratio, airflow tends to diminish, which may contribute to increased PM2.5 accumulation. These results underscore the importance of urban morphology in influencing airflow and PM2.5 accumulation at pedestrian level, particularly in cities like Bangkok, where low baseline wind speeds prevail year-round. Effective building design and urban space planning are crucial for improving urban environmental conditions.

คำสำคัญ: ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ความเร็วลม สัณฐานวิทยาของเมือง การจำลองพลศาสตร์ของไหล

Keywords: PM2.5, Wind Speed, Urban Morphology, Computational Fluid Dynamics (CFD)

บทนำ

มลพิษทางอากาศในเมืองเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อน โดยมีสาเหตุหลักจากกิจกรรมภายในเมืองที่ปลดปล่อยมลพิษและฝุ่นละออง ขณะเดียวกัน โครงสร้างเมืองที่มีความหนาแน่นสูงยังเอื้อต่อการสะสมมลพิษมากยิ่งขึ้น ในปี พ.ศ. 2566 กรุงเทพมหานครติดอันดับเมืองที่มีมลพิษสูงเป็นลำดับที่ 36 ของโลก (IQAir, 2023) หากอ้างอิงมาตรฐานระดับค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) ที่องค์การอนามัยโลกกำหนดไว้ที่ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงไม่เกิน 15 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) และค่าเฉลี่ยรายปีไม่เกิน 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (World Health Organization, 2022) รวมถึงเกณฑ์ของไทยที่ระบุไว้ที่ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงไม่เกิน 37.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และค่าเฉลี่ยรายปีไม่เกิน 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ พบว่าในช่วงปี พ.ศ. 2554-2561 กรุงเทพมหานครมีค่าฝุ่น PM2.5 เกินมาตรฐานในช่วงต้นและปลายปีของทุกปี (กรมควบคุมมลพิษ, 2563)

กรุงเทพมหานครได้รับผลกระทบจากปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมือง และปัญหาการจราจรติดขัด ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ ความเร็วลมที่ระดับทางเท้าจึงมีบทบาทสำคัญในการระบายความร้อนและ

ลดความเข้มข้นของมลพิษจากการจราจร (Jareemit & Srivanit, 2019) นอกจากนี้ ความเร็วลมที่สูงจะช่วยกระจายและเจือจางฝุ่นละอองในอากาศ ส่งผลให้ความเข้มข้นของ PM2.5 ลดลง (Wang & Ogawa, 2015) หลายการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของ PM2.5 มีแนวโน้มสูงเมื่อความเร็วลมต่ำกว่า 1.5 เมตรต่อวินาที และมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเร็วลมสูงกว่า 2 เมตรต่อวินาที (Li, Feng, & Liang, 2017; Munir et al., 2017; Yang Z., Yang X., Xu, & Wang, 2023) อย่างไรก็ตาม ความเร็วลมที่สูงมาก เช่นเกิน 4 เมตรต่อวินาที อาจทำให้ฝุ่นจากพื้นดินฟุ้งกระจายและเพิ่มความเข้มข้นของ PM2.5 ได้ (Liu et al., 2020) เพื่อศึกษาผลกระทบเชิงพื้นที่ เขตปทุมวันซึ่งเป็นพื้นที่ศูนย์กลางของกรุงเทพมหานครจึงถูกเลือกเป็นกรณีศึกษา เนื่องจากมีลักษณะทางกายภาพสอดคล้องกับแนวคิดหุบเขาถนน (Street Canyon) ซึ่งหมายถึงถนนที่มีอาคารขนานสองฝั่ง และสามารถอธิบายผ่านอัตราส่วนระหว่างความสูงของอาคารต่อความกว้างถนน พื้นที่ดังกล่าวเป็นย่านธุรกิจที่มีศูนย์การค้าขนาดใหญ่ อาคารสูงของมหาวิทยาลัย และอาคารพักอาศัยประเภทตึกแถวตั้งเรียงรายบนถนนที่ค่อนข้างแคบ (Chaisri, 2021) จากการศึกษาค่าความเร็วลมตั้งต้นของพื้นที่ศึกษา (U_{ref}) จากสถานีตรวจวัดกรุงเทพมหานครในช่วงปี พ.ศ. 2553-2562 ที่ระดับความสูง 10 เมตรเหนือพื้นดิน พบว่าความเร็วลมเฉลี่ยจากทิศทางลมหลักอยู่ที่ประมาณ 1 เมตรต่อวินาที ซึ่งค่อนข้างต่ำและไม่เอื้อต่อการลดการสะสมของ PM2.5 สภาพภูมิอากาศนี้จึงถือเป็นข้อจำกัดสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการระบายมลพิษในพื้นที่เมืองที่มีความหนาแน่นสูง งานวิจัยฉบับนี้จึงดำเนินการภายใต้ข้อจำกัดด้านสภาพลมดังกล่าว งานวิจัยที่ผ่านมาชี้ให้เห็นว่าปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมวิทยาของเมือง เช่น อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (Floor Area Ratio: FAR) อัตราส่วนพื้นที่อาคารปกคลุมดิน (Building Coverage Ratio: BCR) รวมถึงระยะร่นและความสูงของอาคาร ต่างก็ส่งอิทธิพลต่อการระบายอากาศของเมืองและการสะสมของ PM2.5 ภายในเมือง (Feng et al., 2021; Jareemit, Liu, & Srivanit, 2023; Shi, Xie, Fung, & Ng, 2018) การศึกษาชิ้นนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมวิทยาของเมืองที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบวางผังอาคารต่อการระบายอากาศภายนอกอาคารและการสะสมของ PM2.5 ที่ระดับทางเท้าในพื้นที่เมืองที่มีความหนาแน่นสูง เพื่อนำไปสู่การนำเสนอแนวทางการออกแบบวางผังอาคารที่สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ระดับทางเท้าและลดการสะสมของ PM2.5 ในเมือง

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมวิทยาของเมืองส่งผลต่อการระบายอากาศและการสะสมของ PM2.5 โดยอัตราส่วนของหุบเขาถนน (Height-to-Width Ratio: H/W) มุมมองท้องฟ้า (Sky View Factor: SVF) อัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดิน (FAR) ระยะร่น และความสูงอาคาร ล้วนมีบทบาทต่อการไหลของลมในเมือง การศึกษาของ Huang et al. (2019) ระบุว่าทิศทางลมสัมพันธ์กับแนวถนนในหุบเขาถนน ซึ่งมีอาคารขนานสองฝั่ง โดยลมที่ขนานถนน (15°) ช่วยเสริมการไหลของอากาศ ขณะที่มุมกว้างขึ้น ($45^\circ-75^\circ$) เกิดการไหลแบบ Corkscrew และลมหมุนบริเวณต้นและปลายถนน นอกจากนี้ Ramponi, Blocken, de Coo, & Janssen (2015) พบว่าอัตราส่วน H/W ส่งผลต่อการระบายอากาศโดยการเพิ่มความกว้างถนนช่วยลดปรากฏการณ์เอฟเฟกต์ช่องลม (Wind Channel Effect) ซึ่งเกิดจากการบีบอัดและเร่งความเร็วลมระหว่างอาคารที่แคบเกินไป อีกทั้งยังลด Wake Interference ซึ่งเป็นภาวะที่ลมไม่สามารถฟื้นตัวได้

เต็มที่หลังไหลผ่านสิ่งกีดขวาง ส่งผลให้การระบายอากาศจากถนนหลักสู่ถนนรองมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งนี้ลักษณะ
หุบเขาถนน ความเร็วลม และทิศทางลม ล้วนสัมพันธ์กับการระบายอากาศและการสะสมมลพิษในหุบเขาถนน

การศึกษาของ Yuan, Ng, & Norford (2014) พบว่า รูปทรงและความสูงของอาคารหนาหุบเขาถนนส่งผลต่อ
การกระจายมลพิษที่ระดับทางเท้า โดยเสนอการออกแบบรูปทรงอาคารที่เพิ่มความสามารถในการซึมผ่านของเมือง
เพื่อลดการสะสมมลพิษในเมืองหนาแน่น ด้าน FAR และ SVF พบว่า FAR และความสูงอาคารที่เพิ่มขึ้น และ SVF
ที่ลดลง ส่งผลเสียต่อการระบายอากาศ (Feng et al., 2021) ขณะที่ Jaremit et al. (2023) ในกรุงเทพมหานคร
พบว่าการเพิ่ม SVF และการจัดวางอาคารตามแนวหุบเขาถนนที่สัมพันธ์กับทิศทางลมประจำ ช่วยเพิ่มการระบาย
อากาศ โดยลมที่ขนานถนนช่วยกระจายมลพิษ โดยเฉพาะในพื้นที่จราจรหนาแน่น ในทางกลับกัน ลมที่ไม่ขนานถนน
มีประสิทธิภาพต่ำในการพัดพามลพิษ ทำให้ PM2.5 สะสมมากขึ้น

จากการทบทวนวรรณกรรมทั้งหมดพบว่า ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมวิทยาของเมืองมีอิทธิพลต่อการสะสม PM2.5
โดยผลกระทบเหล่านี้ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศและลักษณะพื้นที่ งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมวิทยาของเมือง
โดยอ้างอิงลักษณะสภาพอากาศและข้อกำหนดทางกฎหมายของกรุงเทพมหานคร เพื่อนำไปสู่แนวทางการออกแบบ
ผังอาคารในพื้นที่ใช้งานหนาแน่น โดยมีสมมติฐานว่า รูปทรงอาคาร (Building shape) อัตราส่วนพื้นที่อาคารปกคลุมดิน
(BCR) และตำแหน่งพื้นที่ว่างระดับพื้นดิน ซึ่งกำหนดลักษณะหุบเขาถนนและ SVF ส่งผลต่อการระบายอากาศและ
การสะสม PM2.5 ที่ระดับทางเท้า

วิธีการศึกษา

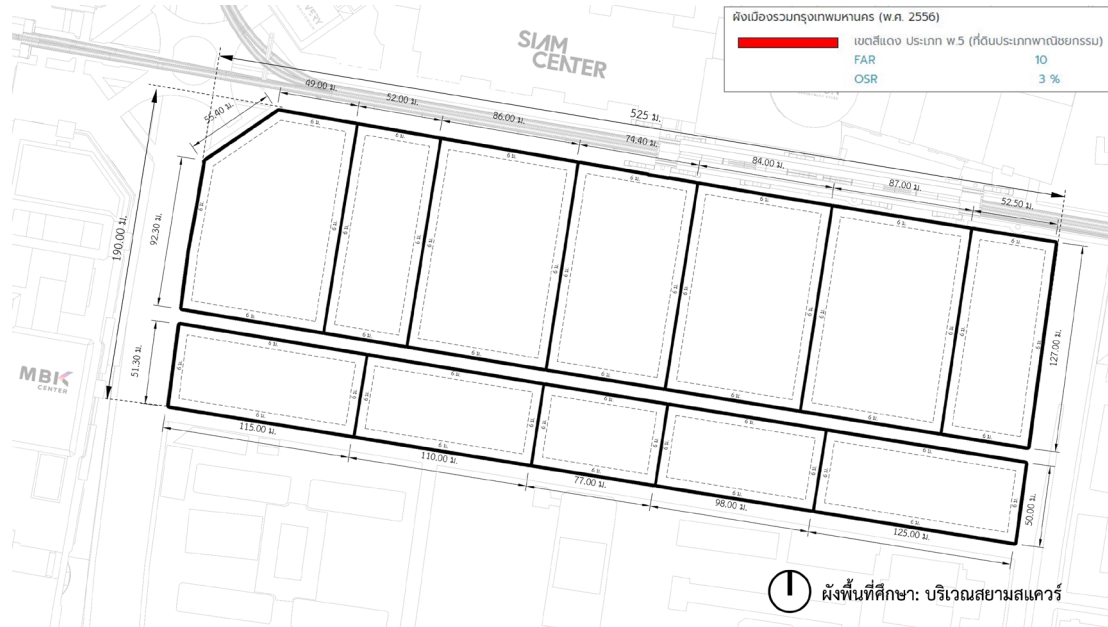
การศึกษาครั้งนี้ใช้แนวทางของการทดลองออกแบบและวางผังอาคารในกรณีศึกษาพื้นที่หุบเขาถนนบริเวณ
สยามสแควร์ตามแนวทางของเมืองที่เติบโตเต็มที่ตามข้อกำหนดทางกฎหมายและอ้างอิงลักษณะทางกายภาพจาก
พื้นที่กรณีศึกษาที่สนใจ และทำการจำลองผลความเร็วลมและลักษณะการระบายอากาศภายนอกอาคารที่ระดับทางเท้า
เพื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับค่าความเร็วลมเป้าหมายที่สามารถลดการสะสมของ PM2.5 ได้คือความเร็วลม
ไม่ต่ำกว่า 2 เมตรต่อวินาที โดยมีขอบเขตและขั้นตอนการศึกษาดังนี้

1) การเลือกพื้นที่ศึกษา

ผู้วิจัยเลือกพื้นที่บริเวณถนนพระรามที่ 1 และสยามสแควร์ ในเขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร เป็นกรณีศึกษา
ซึ่งเป็นพื้นที่เมืองหนาแน่นสูงในเขตพาณิชย์กรรมหลักที่มีค่า FAR สูงสุด 10:1 ตามผังเมืองรวม มีอาคารต่อเนื่อง
กิจกรรมพาณิชย์กรรม และปริมาณการจราจรหนาแน่น ส่งผลให้ค่าเฉลี่ย PM2.5 ในช่วงปี 2564-2566 อยู่ที่ประมาณ
27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Air4thai, 2566) ซึ่งเกินมาตรฐานคุณภาพอากาศระดับชาติ พื้นที่นี้จึงสะท้อนลักษณะของเมืองที่มีการ
พัฒนาเต็มที่และมีโอกาสสะสมมลพิษสูง สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษาสิ่งแวดล้อมวิทยาของเมืองที่มีผลต่อการ
ระบายอากาศและการสะสมของ PM2.5 ที่ระดับทางเท้า โดยเฉพาะเมื่อถนนสายหลักวางตัวแนวตะวันออก-ตะวันตก
สัมพันธ์กับทิศทางลมประจำฤดู ขอบเขตพื้นที่ศึกษา 190 x 525 เมตร ครอบคลุมพื้นที่จากถนนพระรามที่ 1 ถึงซอย
จุฬาฯ 64 และถนนอังรีดูนังต์ถึงถนนพญาไท (ภาพที่ 1) โดยตามแนวคิดของ Oke, Mills, Christen, & Voogt (2017)
พื้นที่ขนาดดังกล่าวสามารถจัดอยู่ในระดับบล็อก (Block) มีขนาดโดยทั่วไปประมาณ 0.5 x 0.5 กิโลเมตร ซึ่งอยู่ใน
มาตราส่วนภูมิอากาศแบบท้องถิ่น (Local Climate Scale) โดยระดับบล็อกเป็นระดับที่เหมาะสมในการศึกษาการ

อิทธิพลของสิ่งแวดล้อมภายนอกอาคารที่ระดับทางเท้า เนื่องจากสามารถแสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบสิ่งแวดล้อมเมือง เช่น ความหนาแน่นอาคาร รูปแบบถนน และพื้นที่ว่าง อีกทั้งมีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะเกิดปรากฏการณ์ภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่ เช่น การเปลี่ยนทิศทางลม และการสะสมของมลพิษ

ไหลเวียนของลมภายนอกอาคารที่ระดับทางเท้า เนื่องจากสามารถแสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบสิ่งแวดล้อมเมือง เช่น ความหนาแน่นอาคาร รูปแบบถนน และพื้นที่ว่าง อีกทั้งมีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะเกิดปรากฏการณ์ภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่ เช่น การเปลี่ยนทิศทางลม และการสะสมของมลพิษ



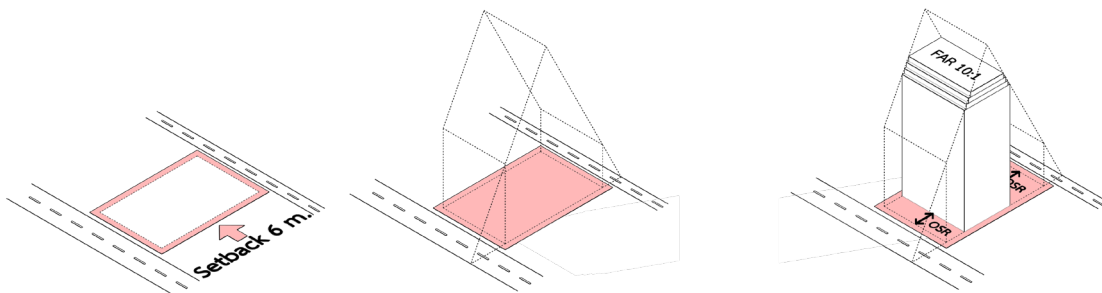
ภาพที่ 1 ผังแสดงพื้นที่ศึกษาบริเวณถนนพระราม 1 และพื้นที่สยามสแควร์ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร

2) การออกแบบกลุ่มอาคารกรณีศึกษา

ผู้วิจัยได้ออกแบบแบบจำลองกลุ่มอาคารในพื้นที่ศึกษาโดยอ้างอิงแนวคิดเมืองที่เติบโตเต็มที่ที่กำหนดระยะร่นและความสูงอาคารตามกฎกระทรวง ฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) และฉบับที่ 55 (พ.ศ. 2543) พร้อมทั้งกำหนดพื้นที่ใช้สอยรวมตามค่า FAR และ OSR จากผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร (ปรับปรุงครั้งที่ 3) พ.ศ. 2556 (ภาพที่ 2) สำหรับการกำหนดลักษณะผังพื้นอาคาร พิจารณาจากความเป็นไปได้ในการก่อสร้างจริง โดยอ้างอิงขนาดผังพื้นจากกรณีศึกษาของอาคารที่มีลักษณะผอมบาง (High Slenderness Ratio) เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดขนาดผังพื้นที่เหมาะสมในบริบทเมืองหนาแน่น (ภาพที่ 3) นำไปสู่การจัดกลุ่มรูปแบบการทดลองตามสมมุติฐานของการศึกษา

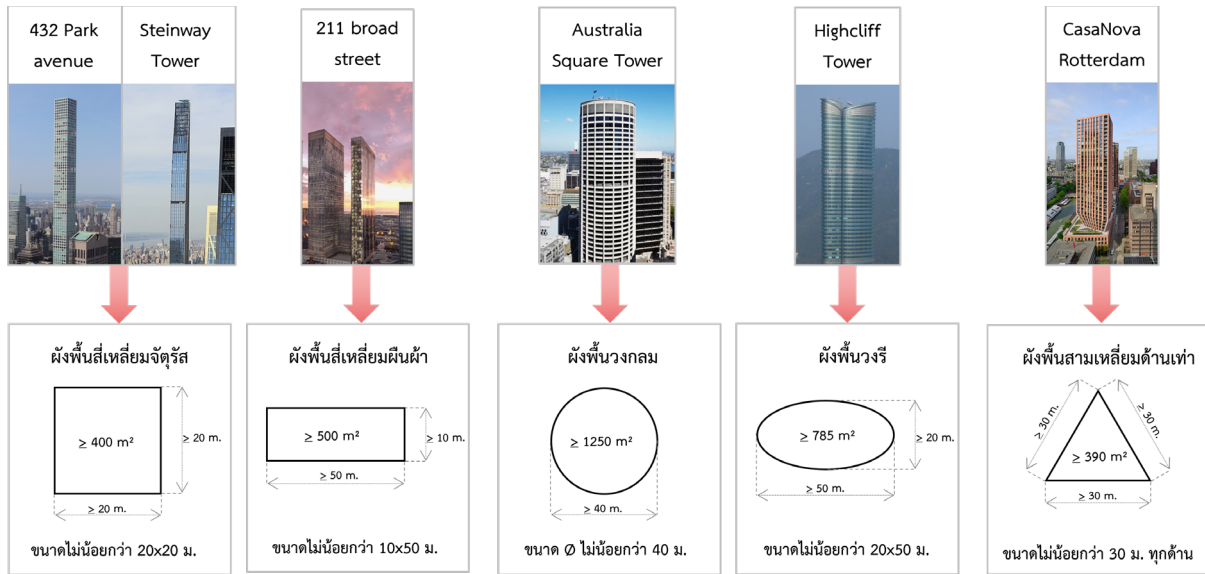
ระยะร่นและความสูงอาคารตามกฎกระทรวง ฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535)

พื้นที่ใช้สอยรวมตามค่า FAR และ OSR จากผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร (ปรับปรุงครั้งที่ 3) พ.ศ. 2556



ภาพที่ 2 ข้อกำหนดระยะร่นและความสูงอาคาร และการใช้พื้นที่อาคารตาม FAR และ OSR

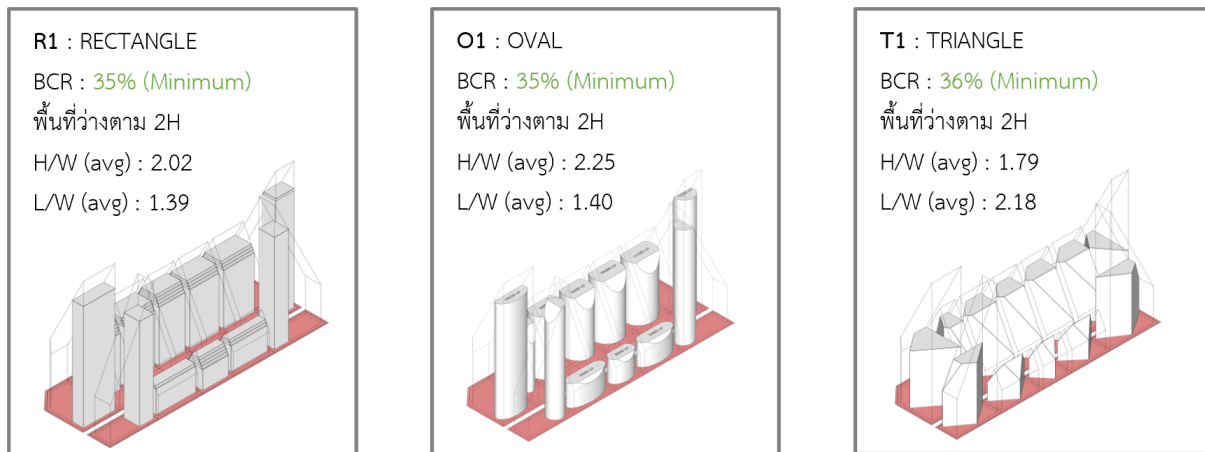
อิทธิพลของสัญญาณวิทยาของเมืองต่อการสะสมของ PM2.5 ที่ระดับทางเท้า: กรณีศึกษาสยามสแควร์ กรุงเทพมหานคร
 รัชชานนท์ ชีรประเวศน์กุล และ พิมลศิริ ประจางสาร



ภาพที่ 3 ขนาดผังพื้นจากกรณีศึกษาของอาคารที่มีลักษณะผอมบาง (High Slenderness Ratio)

ที่มา: ปรับปรุงเพิ่มเติมจาก The Skyscraper Museum (2014)

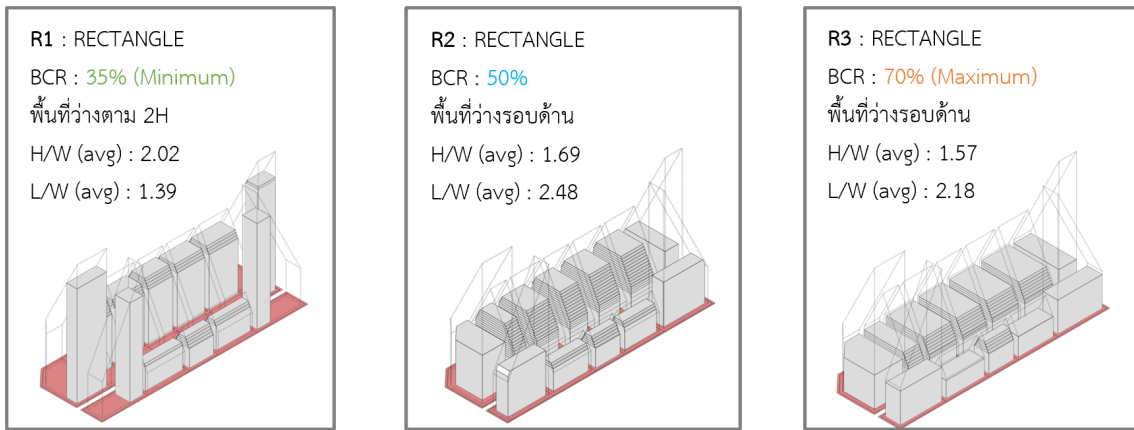
2.1) การศึกษาอิทธิพลของรูปร่างอาคาร (Shape) โดยทำการทดลองรูปร่างอาคาร 3 รูปแบบที่พบว่ามีความเป็นไปได้ในการก่อสร้างสูงมากกว่ารูปแบบอื่น ได้แก่ R1: ผังพื้นอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยม (R1) วงรี (O1) และสามเหลี่ยม (T1) ทั้งนี้ กำหนดให้ทุกกรณีมีค่า FAR=10:1, BCR อยู่ระหว่าง 35%-36%, OSR อยู่ระหว่าง 6.4%-6.5% และความสูงของอาคารเป็นไปตามกฎหมาย (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 รูปแบบการทดลองอิทธิพลของรูปร่างอาคาร

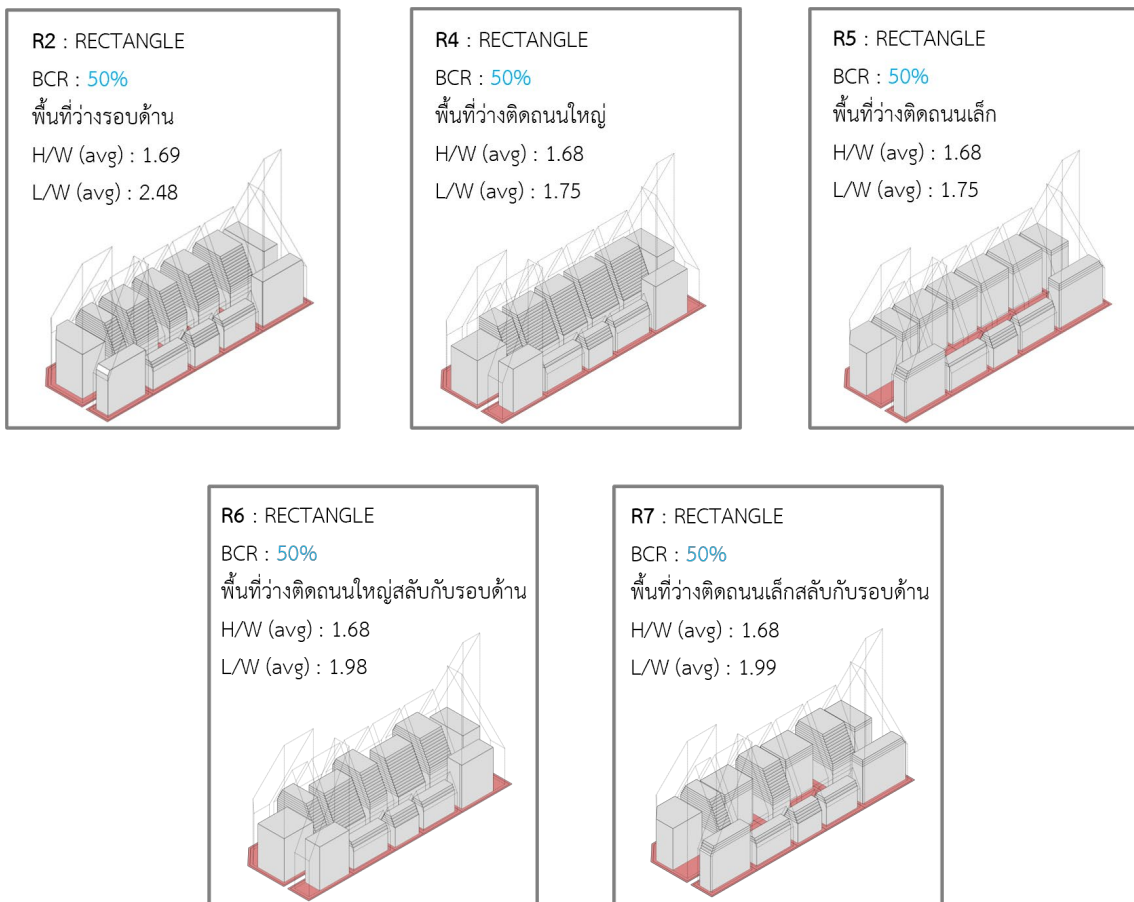
2.2) การศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนพื้นที่อาคารปกคลุมดินต่อพื้นที่ดิน (BCR) โดยทำการทดลองค่า BCR 3 ระดับ ได้แก่ BCR=35%-36% (ค่าน้อยที่สุดที่เป็นไปได้) BCR=50% และ BCR=70% (ค่ามากที่สุดที่เป็นไปได้) ทั้งนี้กำหนดให้ใช้ผังอาคารรูปสี่เหลี่ยมที่มีค่า OSR และความสูงของอาคารเป็นไปตามกฎหมายและมีพื้นที่ว่างที่ระดับพื้นดินโดยรอบอาคาร (ภาพที่ 5)

อิทธิพลของสิ่งแวดล้อมวิทยาของเมืองต่อการสะสมของ PM2.5 ที่ระดับทางเท้า: กรณีศึกษาสยามสแควร์ กรุงเทพมหานคร
 รัชชานนท์ อธิประเวศน์กุล และ พิมลศิริ ประจงสาร



ภาพที่ 5 รูปแบบการทดลองอิทธิพลของอัตราส่วนพื้นที่อาคารปกคลุมดินต่อพื้นที่ดิน

2.3) การศึกษาอิทธิพลของตำแหน่งของพื้นที่ว่างระดับพื้นดิน (Open space positioning) โดยทำการทดลอง 5 รูปแบบที่ครอบคลุมการวางอาคาร และระยะห่างระหว่างอาคารที่หลากหลาย ทั้งนี้กำหนดให้ใช้ผังอาคารรูปสี่เหลี่ยมที่มีค่า BCR=50% ทั้ง 5 รูปแบบ และความสูงของอาคารเป็นไปตามกฎหมาย ได้แก่ R2: พื้นที่ว่างรอบด้าน R4: พื้นที่ว่างติดถนนใหญ่ R5: พื้นที่ว่างติดถนนเล็ก R6: พื้นที่ว่างติดถนนใหญ่สลับกับรอบด้าน และ R7: พื้นที่ว่างติดถนนเล็กสลับกับรอบด้าน (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 รูปแบบการทดลองอิทธิพลของอัตราส่วนพื้นที่อาคารปกคลุมดินต่อพื้นที่ดิน

3) โปรแกรมการจำลองและข้อตกลงในการศึกษา

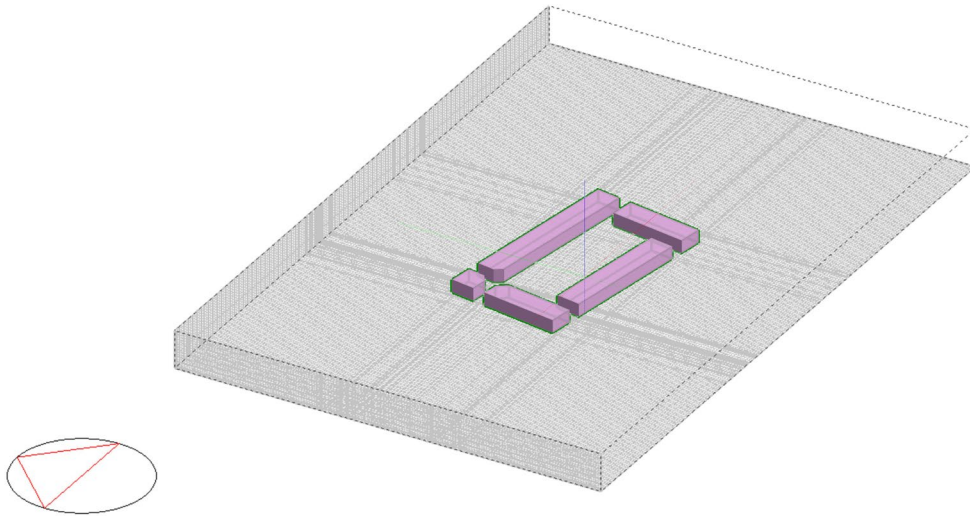
ผู้วิจัยดำเนินการจำลองการไหลของอากาศภายนอกอาคารที่ระดับทางเท้าในพื้นที่ศึกษาด้วยฟังก์ชัน External CFD ของโปรแกรม DesignBuilder เวอร์ชัน 6.1.0.6 โดยกำหนดความเร็วลมตั้งต้น (U_{ref}) ที่ระดับความสูง 10 เมตรจากพื้นดิน ซึ่งเป็นระดับเดียวกับที่ใช้ในการวัดค่าความเร็วลมของกรมอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลจากสถานีตรวจวัด กรุงเทพมหานคร ในช่วงปี พ.ศ. 2553-2562 ระบุว่าค่าความเร็วลมเฉลี่ยจากทิศใต้และทิศตะวันตก ซึ่งเป็นทิศทางลมหลักของพื้นที่ อยู่ในช่วง 0.90-1.00 เมตรต่อวินาที จึงเลือกใช้ค่ากลางที่ 1 เมตรต่อวินาทีในการจำลองเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพจริงโดยรวม โปรแกรมจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์ร่วมกับ EnergyPlus เพื่อคำนวณการเปลี่ยนแปลงของความเร็วลมในแนวดิ่ง โดยความเร็วลมจะลดลงอย่างเป็นระบบเมื่อเข้าใกล้พื้นดิน ทำให้การจำลองสามารถสะท้อนลักษณะการไหลของอากาศได้อย่างเหมาะสม

ในขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง ผู้วิจัยได้ลดทอนความซับซ้อนของบริบทแวดล้อมรอบพื้นที่ศึกษา โดยกำหนดให้อาคารโดยรอบทั้งหมดมีความสูงเท่ากันที่ 50 เมตร เพื่อจำลองสถานการณ์ที่ยากต่อการกระจายตัวของมลพิษที่ระดับทางเท้าของพื้นที่ศึกษา โปรแกรมจะสร้างโครงข่ายการคำนวณ (Grid) โดยอัตโนมัติ โดยเฉพาะในบริเวณที่คาดว่าจะมีความเสี่ยงสูง เช่น มุมของอาคาร ซึ่งจะมีการเพิ่มความละเอียดของกริดมากขึ้น โดยระยะห่างของกริด (Grid spacing) อยู่ในช่วง 1-10 เมตร สำหรับขอบเขตของการจำลอง ได้กำหนดจากอัตราส่วนขนาดโดเมน (Site domain factor) โดยตั้งค่าความกว้าง ความยาว และความสูงของโดเมนให้มากกว่าขนาดพื้นที่ศึกษา 3 เท่า ซึ่งเป็นค่าสูงสุดที่ซอฟต์แวร์สามารถรองรับได้ภายใต้ข้อจำกัดของระบบ ในการจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (CFD) กำหนดจำนวนรอบการคำนวณ (Iterations) ไว้ที่ 1000 รอบ โดยอ้างอิงจากวิจัยของ Zapka, Tran, Peppard, Maskrey, & Meder (2015) ซึ่งระบุว่า การลู่เข้าสู่ค่าคงที่ (Convergence) ของการจำลองหลังจากการวนซ้ำ 1000 รอบอยู่ในระดับที่ดี โดยไม่พบปัญหาที่เป็นอุปสรรคต่อกระบวนการจำลอง ข้อมูลนี้แสดงให้เห็นว่าจำนวนรอบการคำนวณดังกล่าวเพียงพอที่จะให้ผลลัพธ์ที่มีเสถียรภาพและน่าเชื่อถือ (แสดงในภาพที่ 7 และตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ข้อตกลงและข้อมูลขาเข้าในการจำลองผลด้วย External CFD ของโปรแกรม DesignBuilder 6.1.0.6

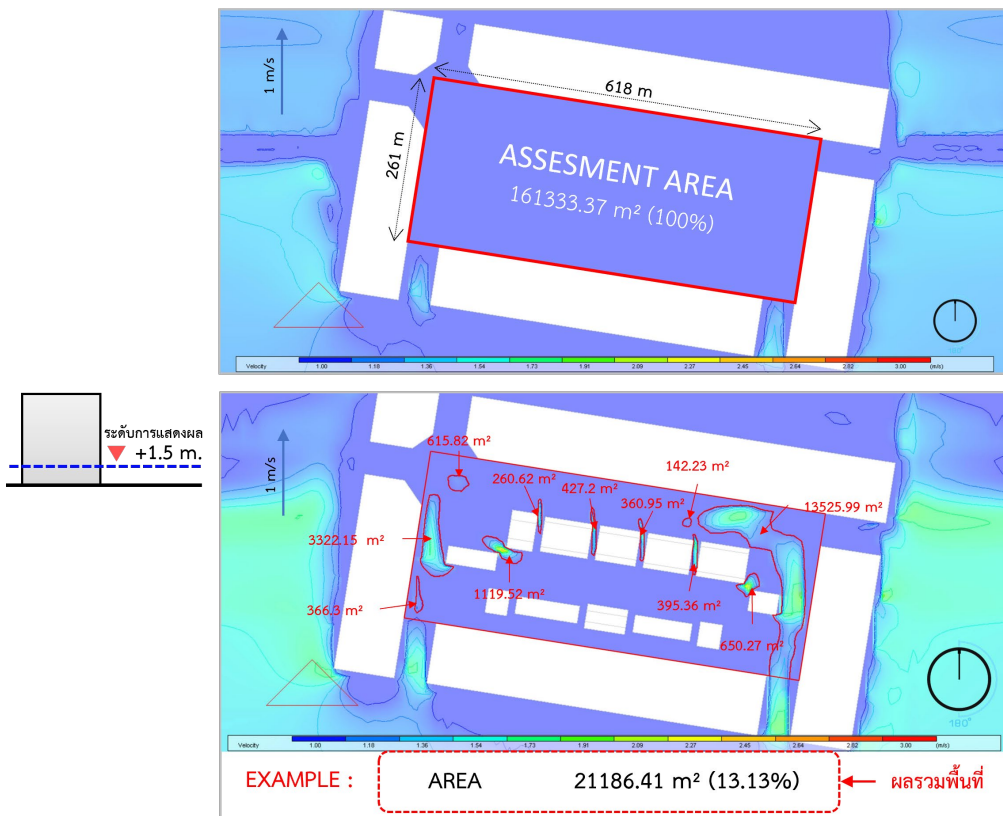
หัวข้อ	ข้อตกลงและข้อมูลขาเข้า
Grid type และ Default grid spacings	Non-Uniform, Grid spacing 10m. (Grid line merge tolerance = 1m.)
Reference wind speed and Directions	1.00m/s, wind direction = 180°, 270°, Exposure = Urban area
Site Domain Factors	Length*Width*Height = 3.00*3.00*3.00
Calculation Option	Turbulence model = K-epsilon, Discretization scheme = Power law, Iterations = 1000 (or the result convergence is observed)
Number X,Y,Z Cells	X = 165, Y = 253, Z = 15

อิทธิพลของสิ่งแวดล้อมวิทยาของเมืองต่อการสะสมของ PM_{2.5} ที่ระดับทางเท้า: กรณีศึกษาสยามสแควร์ กรุงเทพมหานคร
 รัชชานนท์ อีร์ประเวศน์กุล และ พิมลศิริ ประจงสาร



ภาพที่ 7 ขอบเขตการจำลอง External CFD ในโปรแกรม DesignBuilder ของพื้นที่ศึกษา

ทั้งนี้โปรแกรม DesignBuilder ไม่สามารถคำนวณความเข้มข้นของ PM_{2.5} ได้โดยตรง จึงจำเป็นต้องใช้ผลการจำลองความเร็วลมที่ระดับทางเท้าความสูง 1.5 เมตรเหนือพื้นดิน มาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับค่าความเร็วลมเป้าหมายที่สามารถเจือจางและลดความเข้มข้นของ PM_{2.5} ตามการศึกษาที่เกี่ยวข้อง ซึ่งกำหนดไว้ไม่ต่ำกว่า 2 เมตรต่อวินาที โดยผู้วิจัยใช้โปรแกรม SketchUp เพื่อระบุและคำนวณพื้นที่ที่ได้รับความเร็วลมเป้าหมาย และนำมาคำนวณเป็นสัดส่วนร้อยละเมื่อเทียบกับขนาดพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 161,333.37 ตารางเมตร (ภาพที่ 8)

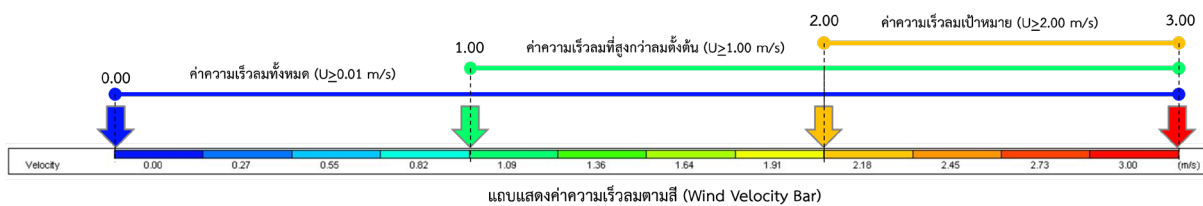


ภาพที่ 8 การประเมินผลจากการคำนวณร้อยละของพื้นที่ที่ได้รับความเร็วลมเป้าหมายเปรียบเทียบกับขนาดของพื้นที่ศึกษา

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาพบว่า ความเร็วลมตั้งต้นของพื้นที่ศึกษา (Uref) ที่ระดับความสูง 10 เมตรจากพื้นดินมีค่าเพียง 1 เมตรต่อวินาที ซึ่งต่ำกว่าความเร็วลมเป้าหมายที่สามารถเจือจางและลดความเข้มข้นของ PM2.5 ($U > 2.00$ m/s) ส่งผลให้ผลการจำลองความเร็วลมที่ระดับทางเท้า (1.50 เมตรจากพื้นดิน) ส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่าเป้าหมายดังกล่าว อย่างไรก็ตาม จากการจำลองพบว่ามีบางกรณีที่สามารถสร้างความเร็วลมเป้าหมายได้ในบางพื้นที่เล็กน้อย แม้ความเร็วลมตั้งต้นจะต่ำ โดยเกิดขึ้นใน 2 จาก 9 รูปแบบการทดลอง เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ผลในเชิงศักยภาพของการระบายอากาศในพื้นที่ได้อย่างครอบคลุมมากขึ้น ผู้วิจัยจึงนำเสนอผลการทดลองเป็น 3 ระดับตามช่วงระดับความเร็วลมที่สนใจได้แก่

1. แสดงผลความเร็วลมจากการจำลองทั้งหมด ($U > 0.01$ m/s) เพื่อนำเสนอภาพรวมของกระแสลมและความเร็วลมภายนอกอาคารที่ระดับทางเท้าทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา
2. แสดงเฉพาะผลความเร็วลมที่สูงกว่าลมตั้งต้น ($U > 1.00$ m/s) โดยพิจารณาว่า พื้นที่ที่มีค่าความเร็วลมที่ไม่ต่ำกว่า 1 เมตรต่อวินาที แสดงถึงศักยภาพในการส่งเสริมการระบายอากาศที่ระดับทางเท้าในพื้นที่
3. แสดงเฉพาะผลความเร็วลมเป้าหมาย ($U > 2.00$ m/s) โดยพิจารณาว่า พื้นที่ที่มีค่าความเร็วลมไม่ต่ำกว่า 2 เมตรต่อวินาที แสดงถึงศักยภาพในการลดสะสมของ PM2.5 ในพื้นที่ ทั้งนี้ระดับที่สองและสามได้จากการปรับเกณฑ์การพิจารณาให้สอดคล้องกับข้อเท็จจริงของพื้นที่และขอบเขตของข้อมูลที่จำลองได้ (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 9 การแบ่งผลการทดลองเป็น 3 ระดับตามช่วงระดับความเร็วลมที่สนใจ

1) ผลการศึกษานิเทศของรูปทรงอาคาร

ผลการจำลองพบว่ารูปทรงอาคารสี่เหลี่ยม (R1) มีร้อยละของพื้นที่ $U \geq 1.00$ m/s มากที่สุดจากลมทิศใต้ คือ 13.13% และรูปทรงอาคารวงรี (O1) มีร้อยละของพื้นที่ $U \geq 1.00$ m/s มากที่สุดจากลมทิศตะวันตก คือ 3.32% ซึ่งเมื่อพิจารณาผลการจำลองจากทิศทางลมตั้งต้นทั้ง 2 ทิศทางพบว่า รูปทรงอาคารสี่เหลี่ยมและวงรีมีร้อยละของพื้นที่ $U \geq 1.00$ m/s แตกต่างกันเล็กน้อยแต่มีค่าสูงกว่าอาคารรูปทรงสามเหลี่ยม และผลการศึกษาร้อยละของพื้นที่ที่ได้รับความเร็วลมเป้าหมายพบว่าร้อยละของพื้นที่ $U \geq 2.00$ m/s ของทุกกรณีนั้นต่ำมาก โดยค่าสูงสุดเกิดขึ้นกับรูปทรงอาคารวงรี (O1) มีร้อยละของพื้นที่ 0.14% เมื่อทิศทางลมมาจากทางทิศใต้ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลการจำลองอิทธิพลของรูปทรงอาคารที่ระดับทางเท้า กรณีลมมาจากทางทิศใต้และทิศตะวันตก

รูปแบบ	R1	O1	T1
ลมทิศใต้ (180°)			
$U \geq 0.01 \text{ m/s}$			
$U \geq 1.00 \text{ m/s}$			
Area	21186.41 m ² (13.13%)	17877.22 m ² (11.08%)	15476.81 m ² (9.59%)
$U \geq 2.00 \text{ m/s}$			
Area	148.13 m ² (0.09%)	233.45 m ² (0.14%)	0.00 m ² (0.00%)
ลมทิศตะวันตก (270°)			
$U \geq 0.01 \text{ m/s}$			
$U \geq 1.00 \text{ m/s}$			
Area	3278.42 m ² (2.03%)	5349.23 m ² (3.32%)	39.89 m ² (0.02%)
$U \geq 2.00 \text{ m/s}$			
Area	0.00 m ² (0.00%)	0.00 m ² (0.00%)	0.00 m ² (0.00%)

2) ผลการศึกษาอิทธิพลของ BCR

ผลการจำลองพบว่า การเพิ่มค่า BCR จาก 35% เป็น 50% และ 70% ส่งผลทำให้ความเร็วลมภายนอกอาคารลดลง และร้อยละของพื้นที่ $U > 1.00 \text{ m/s}$ ลดลงอย่างชัดเจน โดยร้อยละของพื้นที่ $U > 1.00 \text{ m/s}$ สูงสุดจากทิศทางลมทั้งสองทิศทางเกิดขึ้นในกรณี BCR=35% คือ 13.13% และ 2.03% กรณีลมมาจากทิศใต้และทิศตะวันตกตามลำดับ ผลการศึกษายังพบว่า ร้อยละของพื้นที่ที่ได้รับความเร็วลมเป้าหมาย $U > 2.00 \text{ m/s}$ ของทุกกรณีนั้นต่ำมาก โดยค่าสูงสุดคือ 0.09% จากกรณี BCR=35% ทิศทางลมมาจากทิศใต้ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ผลการจำลองอิทธิพลของ BCR กรณีลมมาจากทางทิศใต้และทิศตะวันตก

รูปแบบ	R1	R2	R3
ลมทิศใต้ (180°)			
$U \geq 0.01 \text{ m/s}$			
$U \geq 1.00 \text{ m/s}$			
Area	21186.41 m ² (13.13%)	8220.82 m ² (5.10%)	8940.79 m ² (5.54%)
$U \geq 2.00 \text{ m/s}$			
Area	148.13 m ² (0.09%)	0.00 m ² (0.00%)	0.00 m ² (0.00%)
ลมทิศตะวันตก (270°)			
$U \geq 0.01 \text{ m/s}$			
$U \geq 1.00 \text{ m/s}$			
Area	3278.42 m ² (2.03%)	273.44 m ² (0.17%)	0.00 m ² (0.00%)
$U \geq 2.00 \text{ m/s}$			
Area	0.00 m ² (0.00%)	0.00 m ² (0.00%)	0.00 m ² (0.00%)

3) ผลการศึกษาอิทธิพลของตำแหน่งของพื้นที่ว่างระดับพื้นดิน

ผลการจำลองกรณีทิศทางลมมาจากทางทิศใต้ซึ่งมีลักษณะการเคลื่อนที่ตึงเกือบฉากกับพื้นที่ที่กรณีศึกษาพบว่ารูปแบบพื้นที่ว่างติดถนนเล็กสลับรอบด้าน (R7) และ พื้นที่ว่างติดถนนเล็ก (R5) ให้ผลร้อยละของพื้นที่ $U > 1.00 \text{ m/s}$ สูงสุดที่ 6.88% และ 6.86% ตามลำดับ ในขณะที่รูปแบบพื้นที่ว่างรอบด้าน (R2) ให้ผลร้อยละของพื้นที่ $U > 1.00 \text{ m/s}$ ต่ำที่สุดที่ 5.10% ส่วนกรณีทิศทางลมมาจากทางทิศตะวันตกซึ่งมีลักษณะการเคลื่อนที่ขนานกับพื้นที่ศึกษาพบว่าผลการศึกษาเป็นไปในทิศทางเดียวกันแต่ร้อยละของพื้นที่ $U > 1.00 \text{ m/s}$ ต่ำกว่ากรณีลมมาจากทางทิศใต้ ผลการศึกษายังพบว่าร้อยละของพื้นที่ที่ได้รับความเร็วลมเป้าหมาย $U > 2.00 \text{ m/s}$ ของทุกกรณีเป็น 0% (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ผลการจำลองอิทธิพลของตำแหน่งของพื้นที่วางระดับพื้นดิน กรณีลมมาจากทางทิศใต้และทิศตะวันตก

รูปแบบ	R2	R4	R5	R6	R7
ลมทิศใต้ (180°)					
U _{≥0.01m/s}					
U _{≥1.00m/s}					
Area	8220.82 m ² (5.10%)	10647.20 m ² (6.60%)	11075.39 m ² (6.86%)	9556.46 m ² (5.92%)	11104.33 m ² (6.88%)
U _{≥2.00m/s}					
Area	0.00 m ² (0.00%)	0.00 m ² (0.00%)	0.00 m ² (0.00%)	0.00 m ² (0.00%)	0.00 m ² (0.00%)
ลมทิศตะวันตก (270°)					
U _{≥0.01m/s}					
U _{≥1.00m/s}					
Area	273.44 m ² (0.17%)	321.55 m ² (0.20%)	1158.36 m ² (0.72%)	240.55 m ² (0.15%)	803.46 m ² (0.50%)
U _{≥2.00m/s}					
Area	0.00 m ² (0.00%)	0.00 m ² (0.00%)	0.00 m ² (0.00%)	0.00 m ² (0.00%)	0.00 m ² (0.00%)

การอภิปรายผลและสรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมวิทยาของเมืองที่มีต่อการระบายอากาศภายนอกอาคารและการสะสมของที่ระดับทางเท้าผ่านการทดลองออกแบบและวางผังอาคารในพื้นที่ศึกษาที่มีความหนาแน่นสูงตามแนวทางของเมืองที่เติบโตเต็มโดยใช้พื้นที่กรณีศึกษาในเขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร พบว่า

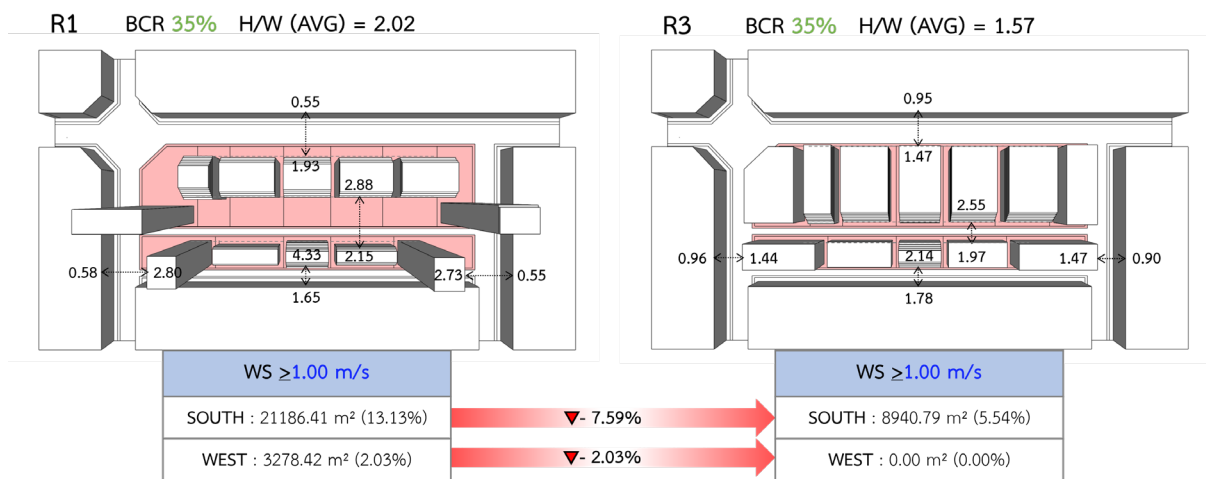
1) รูปทรงอาคารส่งผลเล็กน้อยต่อการระบายอากาศภายนอกอาคารและการสะสมของ PM2.5 ที่ระดับทางเท้า อย่างไรก็ตาม พบว่ารูปทรงอาคารสี่เหลี่ยมมีค่าร้อยละของพื้นที่ที่ได้รับความเร็วลมเป้าหมายสูงสุด รองลงมาคือรูปทรงอาคารวงรี และรูปทรงอาคารสามเหลี่ยมตามลำดับ

2) ค่า BCR ส่งผลต่อการระบายอากาศภายนอกอาคารและการสะสมของ PM2.5 ที่ระดับทางเท้าอย่างชัดเจน โดย BCR ในช่วง 35-50% มีความสัมพันธ์เชิงลบกับร้อยละของพื้นที่ที่ได้รับความเร็วลมสูงทั้งสองระดับ เช่น การเพิ่มค่า BCR จาก 35% เป็น 50% ส่งผลให้ร้อยละของพื้นที่ที่ U > 1.00 m/s ลดลงไป 8.03% ในทิศใต้ และลดลงไป 1.86% ในลมทิศตะวันตก อย่างไรก็ตาม ค่า BCR ในช่วง 50-70% ไม่แสดงความสัมพันธ์ที่ชัดเจนกับร้อยละของพื้นที่

$U > 1.00 \text{ m/s}$ และพื้นที่ที่ได้รับความเร็วลมเป้าหมาย $U > 2.00 \text{ m/s}$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า BCR ที่สูงขึ้นส่งผลให้ศักยภาพในการระบายอากาศและการลดการสะสมของ PM2.5 ลดลง และมีแนวโน้มเพิ่มความเข้มข้นของมลพิษในพื้นที่ดังกล่าว

3) ตำแหน่งของพื้นที่ว่างระดับพื้นดินส่งผลเล็กน้อยต่อการระบายอากาศภายนอกอาคารและการสะสมของ PM2.5 ที่ระดับทางเท้า อย่างไรก็ตาม การวางตำแหน่งพื้นที่ว่างเพียงด้านใดด้านหนึ่งเพื่อเปิดที่ว่างที่กว้างขึ้นต่อเนื่องไปตามหุบเขาถนนทำให้การระบายอากาศภายนอกอาคารมีประสิทธิภาพสูงกว่าการเว้นพื้นที่ว่างขนาดเล็กโดยรอบอาคารหรือการวางตำแหน่งพื้นที่ว่างสลับกัน

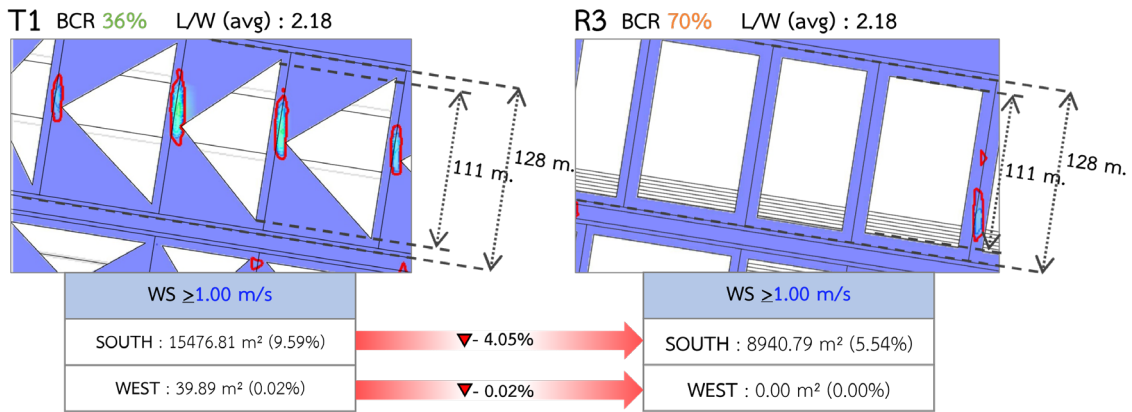
4) อัตราส่วนของหุบเขาถนนเฉลี่ย (Average Height-to-Width Ratio: H/W) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับร้อยละของพื้นที่ที่ได้รับความเร็วลมสูงทั้งสองระดับ เช่นกรณีที่มีค่า BCR เท่ากันที่ 35% พบว่าพื้นที่ที่มีค่า H/W เฉลี่ย 2.02 มีร้อยละของพื้นที่ที่ $U > 1.00 \text{ m/s}$ มากกว่าถึง 7.59% เมื่อเทียบกับกรณีที่มีค่า H/W เฉลี่ย 1.57 ในลมทิศใต้ (ภาพที่ 10) ขณะที่ในกรณีที่มีค่า H/W เท่ากันที่ 1.68 ผลการวิเคราะห์ในทั้งลมทิศใต้และลมทิศตะวันตก พบว่าร้อยละของพื้นที่ที่ $U > 1.00 \text{ m/s}$ มีค่าแตกต่างกันไม่เกิน 1% ซึ่งบ่งชี้ถึงความเสถียรของผลกระทบจากค่า H/W ต่อการกระจายตัวของความเร็วลมที่ระดับทางเท้า



ภาพที่ 10 เปรียบเทียบระหว่างกรณีที่มีค่า H/W เฉลี่ยต่างกัน ระหว่าง R1 และ R3

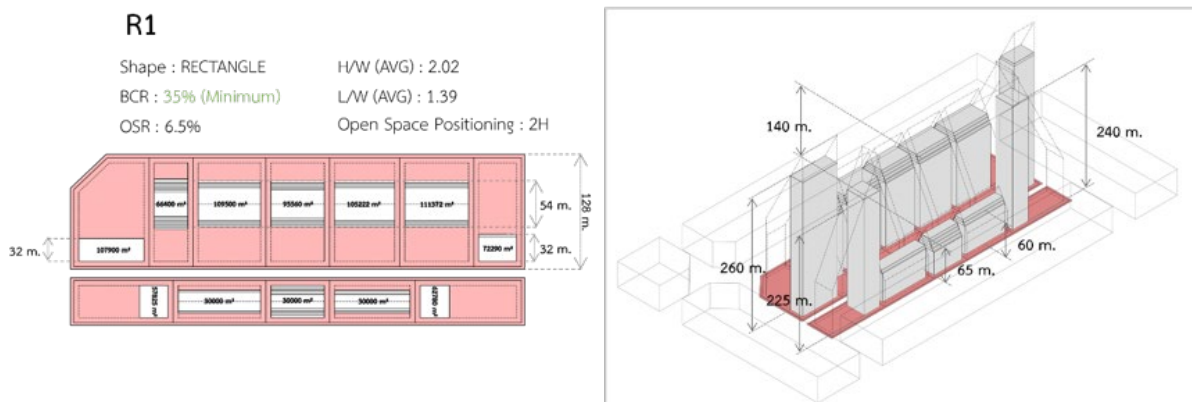
5) อัตราส่วนของความยาวต่อความกว้างของอาคารเฉลี่ย (Average Length-to-Width Ratio: L/W) มีความสัมพันธ์เชิงลบกับร้อยละของพื้นที่ที่ได้รับความเร็วลมสูงทั้งสองระดับ โดยเมื่อค่า L/W เฉลี่ยลดลง พื้นที่ที่มีศักยภาพในการส่งเสริมการระบายอากาศและลดการสะสมของ PM2.5 จะเพิ่มขึ้น และพบข้อสังเกตจากการเปรียบเทียบระหว่างกรณีที่มีค่า L/W เฉลี่ยเท่ากันที่ 2.18 ระหว่าง T1 และ R3 พบว่า T1 ซึ่งมีค่า BCR ต่ำกว่า มีร้อยละของพื้นที่ที่ $U > 1.00 \text{ m/s}$ มากกว่า R3 ถึง 4.05% ในลมทิศใต้ ข้อสังเกตนี้แสดงให้เห็นว่า ค่า BCR เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการระบายอากาศภายนอกอาคารมากกว่าค่า L/W เฉลี่ย

อิทธิพลของสิ่งแวดล้อมวิทยาของเมืองต่อการสะสมของ PM2.5 ที่ระดับทางเท้า: กรณีศึกษาสยามสแควร์ กรุงเทพมหานคร
 รัชชานนท์ อธิประเวศน์กุล และ พิมลศิริ ประจงสาร

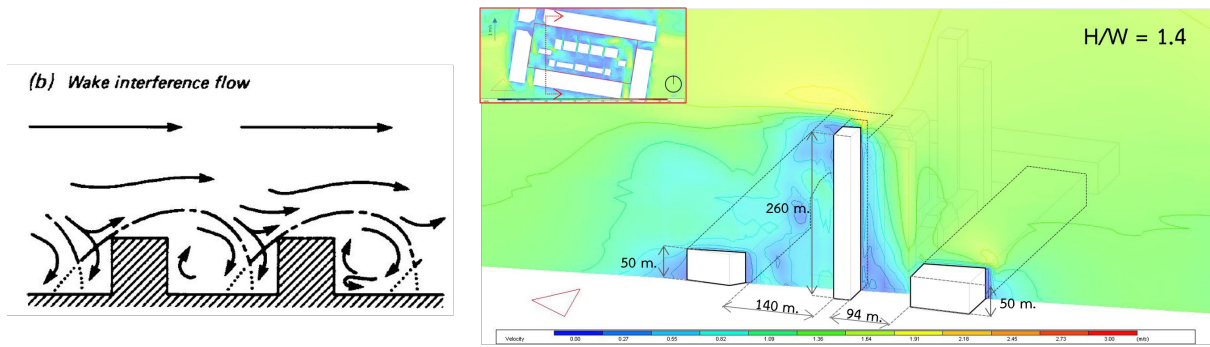


ภาพที่ 11 เปรียบเทียบระหว่างกรณีที่มีค่า L/W เฉลี่ยเท่ากัน ระหว่าง T1 และ R3

6) การออกแบบรูปทรงอาคารและการวางตำแหน่งของพื้นที่ว่างที่ให้ผลร้อยละของพื้นที่ $U \geq 1.00 \text{ m/s}$ และ $U \geq 2.00 \text{ m/s}$ สูงที่สุดในกรณีศึกษาพื้นที่หุบเขาถนนบริเวณสยามสแควร์ คือ กรณี R1 ซึ่งใช้ผังอาคารสี่เหลี่ยม มี BCR=35% ซึ่งเป็นอัตราส่วนสูงที่สุดที่จะเป็นกรณี FAR 10:1 และมีตำแหน่งที่ว่างที่ระดับพื้นดินรอบด้านตามข้อกำหนดความสูงอาคาร (ภาพที่ 12) ซึ่งในกรณีดังกล่าวมีลักษณะการวางผังพื้นที่ที่มีแนวโน้มว่าค่า SVF สูงจากความโปร่งโล่งของพื้นที่และขนาดอาคารที่แคบและสูง ซึ่งสามารถลดโอกาสในการเกิด Wake Interference ได้ (ภาพที่ 13) แต่ในขณะเดียวกันก็มีอาคารที่วางตัวดักลมและเพิ่ม Wind Channel Effect ได้ด้วยทำให้ผลการออกแบบวางผังในกรณีดังกล่าวมีการประสานกันระหว่างการเร่งให้เกิดความเร็วลมในพื้นที่ได้ในขณะเดียวกันก็สามารถกระจายลมภายในพื้นที่ได้ดี ซึ่งเป็นกรณีที่เหมาะสมกับพื้นที่ที่มีความเร็วลมตั้งต้นต่ำเช่นกรุงเทพมหานคร (ภาพที่ 14)

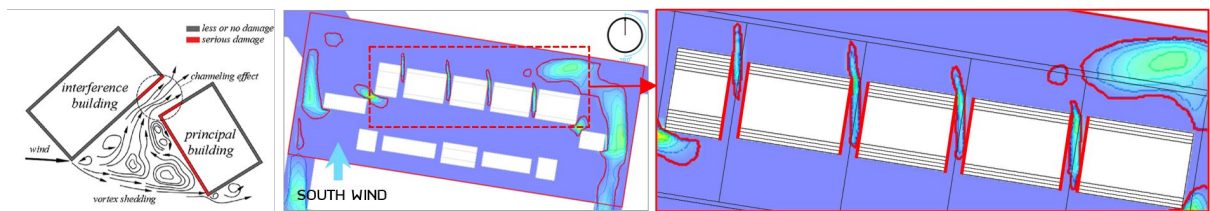


ภาพที่ 12 กรณีการออกแบบรูปทรงอาคารและการวางผังพื้นที่ว่าง R1



ภาพที่ 13 ลักษณะ Wake Interference ที่เกิดขึ้นในกรณี R1

ที่มา: ปรับปรุงเพิ่มเติมจาก Oke et al. (2017)



ภาพที่ 14 ลักษณะ Wind Channel Effect ที่เกิดขึ้นในกรณี R1

ที่มา: ปรับปรุงเพิ่มเติมจาก Liang et al. (2020)

การศึกษาพบว่าลักษณะสิ่งแวดล้อมวิทยาของเมือง ได้แก่ ทิศทางของถนนที่สัมพันธ์กับทิศทางลมประจำระยะกว้างของถนน ตลอดจนข้อกำหนดด้านความสูงอาคารและระยะร่น ล้วนส่งผลต่ออัตราส่วนของหุบเขาถนน (H/W) และมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของการระบายอากาศและการสะสมของ PM2.5 ที่ระดับทางเท้าของเมือง โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นสูงและมีความเร็วลมตั้งต้นต่ำ เมื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อความเร็วลมภายนอกอาคารในระดับช่องถนน พบว่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารปกคลุมดินต่อพื้นที่ดิน (BCR) เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความเร็วลมและการสะสมของ PM2.5 ที่ระดับทางเท้าชัดเจนที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับรูปร่างอาคารและตำแหน่งของพื้นที่ว่างระดับพื้นดิน แม้การทดลองจะไม่พบปัจจัยที่สามารถลดการสะสมของ PM2.5 ได้อย่างชัดเจนในกรณีศึกษาพื้นที่หุบเขาถนนบริเวณสยามสแควร์ แต่ปัจจัยเหล่านี้สามารถเพิ่มพื้นที่ที่มีความเร็วลมสูงกว่าค่าลมตั้งต้น ($U > 1.00$ m/s) ได้ ซึ่งในกรณีนี้ความเร็วลมตั้งต้นมากกว่า 1 เมตรต่อวินาที พื้นที่ที่ได้รับความเร็วลมเป้าหมาย ($U > 2.00$ m/s) ก็อาจเพิ่มขึ้นและส่งผลดีต่อการกระจายตัวของฝุ่นละอองในบรรยากาศ ข้อกำหนดทางผังเมืองรวมถึงการออกแบบวางผังอาคารจึงมีความสำคัญต่อคุณภาพอากาศและคุณภาพชีวิตของผู้คนในเมืองซึ่งนักออกแบบวางผังควรคำนึงถึง

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากข้อจำกัดของซอฟต์แวร์ที่ไม่สามารถคำนวณความเข้มข้นของ PM2.5 ได้โดยตรงในการจำลองผลรวมถึงข้อมูลความเร็วลมตั้งต้นของพื้นที่ศึกษาค่อนข้างต่ำและไม่เอื้อต่อการลดการสะสมของ PM2.5 การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นการวิเคราะห์แนวโน้มเบื้องต้นภายใต้ขอบเขตของการศึกษาอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมวิทยาของเมือง 3 ปัจจัยที่มีผลต่อความเร็วลมภายนอกอาคารที่ระดับทางเท้าของพื้นที่ศึกษา ซึ่งผู้วิจัยไม่นำปัจจัยอื่นทางอุตุนิยมวิทยา มาศึกษา

อิทธิพลของสิ่งแวดล้อมวิทยาของเมืองต่อการสะสมของ PM2.5 ที่ระดับทางเท้า: กรณีศึกษาสยามสแควร์ กรุงเทพมหานคร
รัชชานนท์ อธิประเวศน์กุล และ พิมลศิริ ประจঙ্গสาร

ร่วมด้วย และเป็นการศึกษาผ่านการทดลองการออกแบบพื้นที่กรณีศึกษาพื้นที่หุบเขาดนบริเวณสยามสแควร์เท่านั้น
โดยผู้วิจัยไม่ได้นำลักษณะทางกายภาพในระดับเมืองเข้ามาจำลองผลด้วยเนื่องจากข้อจำกัดในการจำลองผล

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. (2563). *โครงการศึกษาแหล่งกำเนิดและแนวทางการจัดการฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล*. (ม.ป.ท.). https://www.pcd.go.th/wp-content/uploads/2020/06/pcdnew-2020-06-05_02-34-12_147817.pdf
- Air4Thai. (2566). *ข้อมูลย้อนหลัง*. <http://air4thai.pcd.go.th/webV3/#/History>
- Chaisri, P. (2021). *The Prediction of PM2.5 Dispersion in Bangkok (Pathumwan District) using CFD Modeling* [Master's thesis, Chulalongkorn University]. Chula Digital Collections. <https://digital.car.chula.ac.th/cgi/viewcontent.cgi?article=5593&context=chulaetd>
- Feng, W., Ding, W., Fei, M., Yang, Y., Zou, W., Wang, L., & Zhen, M. (2021). Effects of traditional block morphology on wind environment at the pedestrian level in cold regions of Xi'an, China. *Environment, Development and Sustainability*, 23(3), 3218-3235. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00714-0>
- Huang, Y. D., Hou, R. W., Liu, Z. Y., Song, Y., Cui, P. Y., & Kim, C. N. (2019). Effects of Wind Direction on the Airflow and Pollutant Dispersion inside a Long Street Canyon. *Aerosol and Air Quality Research*, 19(5), 1152-1171. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2018.09.0344>
- IQAir. (2023). *World air quality report region & city PM2.5 ranking*. <https://www.iqair.com/th-en/world-most-polluted-countries>
- Jareemit, D., & Srivanit, M. (2019). Effect of Street Canyon Configurations and Orientations on Urban Wind Velocity in Bangkok Suburb Areas. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 690(1), 012006. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/690/1/012006>
- Jareemit, D., Liu, J., & Srivanit, M. (2023). Modeling the effects of urban form on ventilation patterns and traffic-related PM_{2.5} pollution in a central business area of Bangkok. *Building and Environment*, 244, 110756. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110756>
- Li, X., Feng, Y., & Liang, H. (2017). The Impact of Meteorological Factors on PM2.5 Variations in Hong Kong. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 78(1), 012003. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/78/1/012003>
- Liang, Q. S., Fu, J. Y., Li, Z., Yan, B. W., Shu, Z. R., & He, Y. C. (2020). Bimodal distribution of wind pressure on windward facades of high-rise buildings induced by interference effects. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 200, 104156. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2020.104156>

- Liu, Z., Shen, L., Yan, C., Du, J., Li, Y., & Zhao, H. (2020). Analysis of the Influence of Precipitation and Wind on PM_{2.5} and PM₁₀ in the Atmosphere. *Advances in Meteorology*, 2020(1), 5039613. <https://doi.org/10.1155/2020/5039613>
- Munir, S., Habeebullah, T. M., Mohammed, A. M., Morsy, E. A., Rehan, M., & Ali, K. (2017). Analysing PM_{2.5} and its association with PM₁₀ and meteorology in the arid climate of Makkah, Saudi Arabia. *Aerosol and Air Quality Research*, 17(2), 453-464. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2016.03.0117>
- Oke, T. R., Mills, G., Christen, A., & Voogt, J. A. (2017). *Urban climates*. Cambridge University Press.
- Ramponi, R., Blocken, B., de Coo, L. B., & Janssen, W. D. (2015). CFD simulation of outdoor ventilation of generic urban configurations with different urban densities and equal and unequal street widths. *Building and Environment*, 92, 152-166. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.04.018>
- Shi, Y., Xie, X., Fung, J. C. H., & Ng, E. (2018). Identifying critical building morphological design factors of street-level air pollution dispersion in high-density built environment using mobile monitoring. *Building and Environment*, 128, 248-259. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.11.043>
- The Skyscraper Museum. (2014, June 15). *SKY HIGH & the logic of luxury*. <https://skyscraper.org/sky-high-and-the-logic-of-luxury/>
- Wang, J., & Ogawa, S. (2015). Effects of Meteorological Conditions on PM_{2.5} Concentrations in Nagasaki, Japan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(8), 9089-9101. <https://doi.org/10.3390/ijerph120809089>
- World Health Organization. (2022, April 4). *Billions of people still breathe unhealthy air: new WHO data*. <https://www.who.int/news/item/04-04-2022-billions-of-people-still-breathe-unhealthy-air-new-who-data>
- Yang, Z., Yang, X., Xu, C., & Wang, Q. (2023). The Effect of Meteorological Features on Pollution Characteristics of PM_{2.5} in the South Area of Beijing, China. *Atmosphere*, 14(12), 1753. <https://doi.org/10.3390/atmos14121753>
- Yuan, C., Ng, E., & Norford, L. K. (2014). Improving air quality in high-density cities by understanding the relationship between air pollutant dispersion and urban morphologies. *Building and Environment*, 71, 245-258. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.10.008>
- Zapka, M. J., Tran, T., Peppard, E., Maskrey, A. J., & Meder, S. (2015). *Computational Fluid Dynamics (CFD) Applications at the School of Architecture, University of Hawaii: Summary & Conclusion for Occupant Comfort in Naturally Ventilated Spaces*. (n.p.). <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/39962>