

การประเมินศักยภาพของพื้นที่สีเขียวในเมือง ต่อการตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยเทคนิค EDDY COVARIANCE ASSESSMENT OF THE POTENTIAL OF URBAN GREEN SPACES FOR CARBON DIOXIDE SEQUESTRATION USING THE EDDY COVARIANCE TECHNIQUE

ชนาธิป คันฉาย กนกวรรณ พรหมใหม่ และ ปarkin มาสกูลรัตน์*

Chanadhip Kanchai, Kanokwan Phrommai, and Parkin Maskulrath*

ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Environmental Science, Faculty of Environment, Kasetsart University

*corresponding author e-mail: parkin.mas@ku.th

(Received: 22 April 2025; Revised: 30 July 2025; Accepted: 8 August 2025)

บทคัดย่อ

จากการเพิ่มขึ้นของประชากรส่งผลให้มีการขยายตัวของพื้นที่เขตเมืองเพิ่มขึ้น และการใช้ประโยชน์ที่ดินเปลี่ยนแปลงจากป่าเป็นเมือง การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ถือเป็นปัจจัยหลักประการหนึ่งที่มีส่วนทำให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) สู่ชั้นบรรยากาศ ดังนั้นการพัฒนาพื้นที่สีเขียวในเขตเมืองจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการช่วยลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพในการแลกเปลี่ยนและการเคลื่อนที่ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างพื้นที่สองประเภท ได้แก่ พื้นที่ Deep Forest (พื้นที่สีเขียวในเมือง) และในพื้นที่ KU Tower (พื้นที่เมือง) โดยใช้เทคนิค Eddy Covariance ในการวัดการไหลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ เพื่อแสดงถึงความแตกต่างในการใช้ที่ดินและการปกคลุมดิน จึงใช้พื้นที่สีเขียวของโครงการเดอะพอเรสเทียส์ เป็นตัวแทนของพื้นที่สีเขียวในเขตเมือง ในขณะที่เสาตรวจวัดอุตุนิยมวิทยาและมลพิษทางอากาศของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (KU Tower) เป็นตัวแทนของพื้นที่เขตเมือง ผลการศึกษา พบว่า ในพื้นที่สีเขียวปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Sink) ที่คำนวณจากค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ทั้งในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง อยู่ที่ -3.81 และ -2.01 ตันไร่/ปี ตามลำดับ ซึ่งบ่งชี้ถึงการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช ในขณะที่ KU Tower พบว่า มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Source) จากกิจกรรมรอบๆ พื้นที่ อยู่ที่ $+4.21$ และ $+4.13$ ตันไร่/ปี ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง ตามลำดับ โดยรวมแล้วผลการศึกษาเหล่านี้สามารถสนับสนุนในการส่งเสริม

การขยายและบูรณาการพื้นที่สีเขียวในเขตภูมิอากาศเขตร้อนชื้นเพื่อเป็นกลยุทธ์ในการวางแผน
และจัดการพื้นที่สีเขียวในเมือง

คำสำคัญ: การไหลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เทคนิค Eddy Covariance พื้นที่สีเขียวในเขต
เมืองพื้นที่เขตเมือง

Abstract

In the context of ongoing population growth, the expansion of urban areas and the shift in land use from forests to cities have become increasingly evident. These land use changes are regarded as one of the primary contributors to the release of carbon dioxide (CO₂) into the atmosphere. As such, the restoration and development of green spaces in urban areas serve as an important mechanism for capturing carbon dioxide through the photosynthetic process of plants. This study aims to investigate the potential for carbon dioxide exchange and the differences in its movement between urban green areas and built-up urban areas. The Eddy Covariance technique was applied to measure the carbon dioxide flux within the atmosphere. To illustrate the contrast in land use and land cover, the “Deep Forest” area of The Forestias Project was selected to represent the urban green area, while the Kasetsart University Meteorological and Air Pollution Monitoring Tower (KU Tower) was chosen to represent the urban area. The findings suggest that in the Deep Forest green area, the carbon dioxide sequestration (Sink) flux, based on 24-hour average values for the wet and dry seasons, was -3.81 and -2.01 tons/rai/year, respectively, indicating effective carbon absorption through plant photosynthesis. Conversely, the KU Tower area showed carbon dioxide emissions (Source) of +4.21 and +4.13 tons/rai/year during the wet and dry seasons, respectively, reflecting emissions from urban-related activities. Overall, the results support the promotion and integration of urban green spaces in tropical climates as a strategic approach to mitigating the impacts of climate change and enhancing urban sustainability.

Keywords: Carbon dioxide Flux, Eddy Covariance Technique, Urban Green Areas

บทนำ

การปฏิวัติอุตสาหกรรม เป็นจุดเปลี่ยนสำคัญที่นำไปสู่ความก้าวหน้าทางเศรษฐกิจและเทคโนโลยีในระดับโลก อย่างไรก็ตามความเจริญได้ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยเฉพาะการขยายตัวของพื้นที่เมือง (Wang et al., 2022) ซึ่งส่งผลให้เกิดการอพยพของประชากรจากชนบทเข้าสู่พื้นที่เขตเมืองที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว พื้นที่ป่าไม้จำนวนมากจึงถูกเปลี่ยนแปลงเพื่อรองรับการพัฒนาของพื้นที่เมือง ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะในรูปแบบของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญจากกิจกรรมในเขตพื้นที่เมือง (Hong, Hui & Lin, 2022) การเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่เมือง (ภัทรพร และคณะ, 2563) โดยเฉพาะการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากพื้นที่เขตเมืองเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่เมืองที่มีการบูรณาการพื้นที่สีเขียว พบว่า พื้นที่สีเขียวมีบทบาทสำคัญในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งสามารถช่วยลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Krayenhoff et al., 2021; Zhao et al., 2023) การศึกษาประเด็นดังกล่าวมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการวางแผนและพัฒนาเมืองอย่างยั่งยืน

ปัจจุบันเทคนิค Eddy Covariance ซึ่งเป็นวิธีการวัดการเคลื่อนที่ของพลังงานและมวลสารอย่างแม่นยำ ถือเป็นหนึ่งในเครื่องมือหลักที่ใช้ในการวิเคราะห์การปลดปล่อยและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับพื้นที่ โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำซึ่งการเคลื่อนที่ของมวลสารดังกล่าวจะถูกนำมาวิเคราะห์ในเชิงพื้นที่ต่อเวลาเพื่อคำนวณเป็นอัตราการแลกเปลี่ยนหรือฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 flux) ซึ่งเป็นวิธีตรวจวัดทางอุตุนิยมวิทยาที่มีความแม่นยำในการตรวจวัด CO_2 Flux ในระบบนิเวศต่างๆ โดยเทคนิคนี้ถูกนำไปใช้ในหลากหลายระบบนิเวศ เช่น การแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการถ่ายเทพลังงานพื้นผิวในป่าชายเลน (Maskulrath et al., 2024) เพื่อประเมินการกักเก็บและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อย่างเป็นระบบ อย่างไรก็ตามการประยุกต์ใช้เทคนิคนี้ในเขตเมืองโดยเฉพาะในเขตร้อนชื้นยังมีจำนวนงานวิจัยที่จำกัด เมื่อเทียบกับการศึกษาในเขตเมืองของภูมิภาคเขตอบอุ่นหรือเขตหนาว (Khamchiangta & Dhaka, 2020; Maskulrath et al., 2023)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพและความแตกต่างของการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างพื้นที่สีเขียวเขตเมืองกับพื้นที่เมือง โดยประยุกต์ใช้เทคนิค Eddy Covariance ซึ่งเป็นเทคนิคที่สามารถตรวจวัดการเคลื่อนที่ของก๊าซและพลังงานระหว่างพื้นผิวโลกกับชั้นบรรยากาศได้อย่างแม่นยำและต่อเนื่อง ดังนั้นข้อมูลและผลการวิเคราะห์จากงานวิจัยนี้จะมีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนการวางแผนผังเมือง การเพิ่มประสิทธิภาพของพื้นที่สีเขียว และการกำหนดนโยบายด้านสิ่งแวดล้อมในระดับเมือง เพื่อมุ่งสู่การพัฒนาเมือง

อย่างยั่งยืน ในการตรวจวัด CO_2 Flux ในพื้นที่โครงการเดอะฟอเรสเทียส์ ซึ่งเป็นพื้นที่เขตเมืองที่มีการออกแบบและจัดการพื้นที่สีเขียวอย่างเป็นระบบ การติดตั้งอุปกรณ์วัดจะดำเนินการในช่วงเวลาเฉลี่ย 14 วัน ในทั้งฤดูแล้งและฤดูฝน เพื่อเป็นตัวแทนของฤดูกาล ผลของงานวิจัยนี้สามารถถูกนำไปช่วยในการประเมินปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากพืชพรรณของพื้นที่สีเขียวในเมือง เป็นแนวทางที่สามารถประยุกต์ใช้เป็นกรอบแนวคิดในการวางแผนและออกแบบเมืองสีเขียวอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อสนับสนุนการพัฒนาเมืองสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon neutrality) การส่งเสริมพื้นที่สีเขียวในเมือง จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ทั้งในด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม ทำให้ประชากรตระหนักถึงบทบาทของตนไม้และพื้นที่ธรรมชาติในการลดภาวะโลกร้อน พร้อมทั้งสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการกำหนดนโยบายหรือวางแผนในการพัฒนาเมืองที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมต่อไปในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่ดำเนินการวิจัย

พื้นที่ดำเนินการวิจัยของการเปรียบเทียบศักยภาพของการแลกเปลี่ยนและความแตกต่างของการเคลื่อนที่ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างพื้นที่สีเขียวในเมืองกับพื้นที่เมืองพื้นที่ศึกษาแบ่งเป็น 2 พื้นที่ ได้แก่

1.1 พื้นที่ Deep Forest เป็นพื้นที่สีเขียวที่อยู่ใจกลางในโครงการเดอะฟอเรสเทียส์ ตั้งอยู่บนถนนบางนา-ตราด กม.7 บนพื้นที่ 398 ไร่ โครงการเดอะฟอเรสเทียส์ เป็นโครงการอสังหาริมทรัพย์ขนาดใหญ่ในประเทศไทยที่พัฒนาโดยบริษัท MQDC (Magnolia Quality Development Corporation Limited) (ชนวัฒน์ และคณะ, 2567) ด้วยเหตุที่พื้นที่ Deep Forest มีลักษณะเป็นพื้นที่สีเขียว จึงเป็นตัวแทนของพื้นที่สีเขียวในเมือง เครื่องมือ Eddy Covariance เป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้วัดการแลกเปลี่ยนก๊าซ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไอน้ำ (H_2O) และพลังงาน ระหว่างพื้นผิวโลกกับบรรยากาศ โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ร่วม (Covariance) ระหว่างความแปรผันของความเร็วลมในแนวดิ่งและความเข้มข้นของก๊าซ โดยทำการติดตั้งเครื่องมือ Eddy Covariance ให้อยู่ในระดับชั้นที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากความขรุขระของพื้นผิวดินไม้และเหนือเรือนยอด หรือ Roughness Length (Z_0) ที่ระดับความสูง 15 เมตร จากพื้นผิวดิน เพื่อให้เหนือเรือนยอดและพ้นจากอิทธิพลของความขรุขระพื้นผิว ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การติดตั้งเครื่องมือ Eddy Covariance ในพื้นที่ Deep Forest

1.2 พื้นที่สถานีตรวจวัดอุตุณิยมหาวิทยาลัยใกล้ผิวดินและมลสารทางอากาศ (KU Tower) ตั้งอยู่ที่คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีความสูงอยู่ที่ 117 เมตร มีพื้นที่โดยรอบเป็นพื้นที่เมือง โดยเครื่องมือ Eddy Covariance ติดตั้งที่ความสูง 30 เมตร ดังภาพที่ 2 โดยชั้นความสูงที่ติดตั้งได้ถูกคำนวณ และพบว่า สามารถวัดครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 3 กิโลเมตร (Maskulrath et al., 2023) โดยอยู่ในระดับชั้นที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากความขรุขระของพื้นผิว จึงนำมาเป็นตัวแทนของพื้นที่เมือง



ภาพที่ 2 เครื่องมือ Eddy Covariance ตั้งอยู่ที่คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ผลในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งในพื้นที่สีเขียว Deep Forest และพื้นที่เมือง KU Tower โดยมีการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัด Eddy Covariance ในระยะเวลา 14 วันต่อช่วงฤดูกาล โดยแบ่งเป็นฤดูฝนดำเนินการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 23 สิงหาคม 2567 ถึง 22 กันยายน 2567 (31 วัน) ฤดูแล้งดำเนินการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 29 มกราคม 2568 ถึง 24 กุมภาพันธ์ 2568 (27 วัน) เมื่อได้ข้อมูลแล้วนำมาคัดเลือกข้อมูลที่ครบถ้วนหรือนำข้อมูลที่ผิดปกติออก และปรับเป็นค่าเฉลี่ย 14 วัน การเก็บข้อมูลในแต่ละช่วงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นตัวแทนของแต่ละฤดูกาลในพื้นที่ Deep Forest อย่างเหมาะสมและครอบคลุม ในส่วนของพื้นที่เมือง KU Tower มีการเก็บข้อมูลทุติยภูมิ ซึ่งทำการรวบรวมในช่วงระยะเวลา 3 เดือนต่อฤดูกาล ฤดูฝนตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม 2567 ถึง 31 ตุลาคม 2567 (92 วัน) ฤดูแล้ง ตั้งแต่วันที่ 1 ธันวาคม 2567 ถึง 28 กุมภาพันธ์ 2568 (90 วัน) จากนั้นทำการประมวลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม Easy Flux เพื่อคำนวณค่ารัศมีของการตรวจวัดฟลักซ์ (Flux Footprint) ข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม

Easy Flux ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อระบุ Flux Footprint เป็นขอบเขตรัศมีที่ครอบคลุมพื้นที่ที่มีอิทธิพลต่อการวัดการแลกเปลี่ยนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยคำนวณจากเครื่องมือ Eddy Covariance

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้รับจาก Eddy Covariance ข้อผิดพลาดจากปัจจัยหลายประการ เช่น สภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว หรือการรบกวนจากสิ่งแวดล้อมโดยรอบ ดังนั้นจำเป็นต้องมีการคัดกรองและปรับแก้ข้อมูล โดยมาปรับเป็นค่าเฉลี่ย 14 วัน การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเบื้องต้น ผ่านโปรแกรม Easy Flux ซึ่งจะใช้หลักการทางสถิติและอุณหภูมิมิถวิทยาในการคำนวณปรับแก้ค่าความแปรปรวนที่ได้รับอิทธิพลจากความเสถียรของบรรยากาศ เช่น สภาพลม การยกตัวของอากาศ และอุณหภูมิพื้นแปรในแนวตั้ง ซึ่งมีผลต่อความแม่นยำในการคำนวณฟลักซ์ ทำการศึกษาถึง Flux footprint ที่อธิบายถึงขอบเขตการตรวจวัด (Moncrieff et al., 2004) จากนั้นนำมาตรวจสอบข้อมูลด้วยวิธีการทำด้วยมือต่อการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเบื้องต้น ตรวจสอบค่าที่ผิดปกติ เช่น ค่าที่อยู่นอกช่วงที่เป็นไปได้ กำจัดค่าที่ขาดหาย หรือค่าที่เกิดจากการทำงานผิดพลาดของเครื่องมือก่อนนำไปวิเคราะห์ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เครื่องมือตรวจวัดสภาพอากาศและค่าอุณหภูมิมิถวิทยาใน Eddy Covariance System

ชื่อเครื่องมือตรวจวัด	หน่วย	หน้าที่
เครื่องวิเคราะห์ก๊าซและ	ไมโครโมล/ตารางเมตร/วินาที	วัดความเข้มข้นของ
เครื่องวัดความเร็วลมแบบ	($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)
โซนิค IRGASON		และไอน้ำ (H_2O)
เซ็นเซอร์ควอนตัมปรับเทียบ	ไมโครโมล/ตารางเมตร/วินาที	วัดรังสีที่มีผลต่อการสังเคราะห์
แสงอาทิตย์ รุ่น Apogee SQ-110	($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	แสงและปรับเทียบให้เหมาะสมกับ
		การใช้งานในแสงแดดช่วง
		สเปกตรัมตั้งแต่ 410–655
		นาโนเมตร
เซ็นเซอร์ตรวจวัดรังสีสุทธิ 4	วัตต์/ตารางเมตร (W/m^2)	วัดปริมาณรังสีที่แลกเปลี่ยน
ส่วนประกอบ รุ่น NRO1-L		ระหว่างพื้นผิวโลกกับ
		บรรยากาศ ทั้งรังสีสั้นและรังสี
		คลื่นยาว ทั้งขาเข้าและขาออก
เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและ	องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$)	วัดอุณหภูมิและความชื้น
ความชื้นสัมพัทธ์		สัมพัทธ์

ตารางที่ 1 (ต่อ)

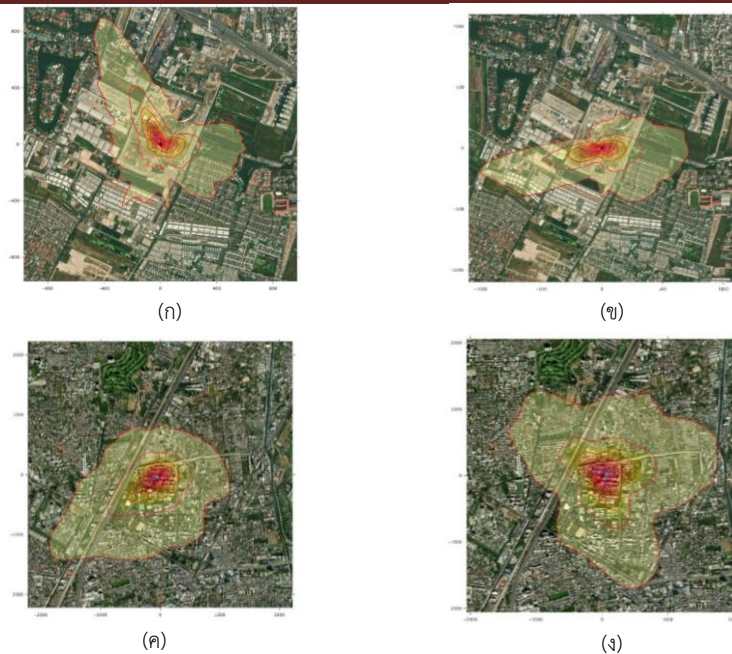
ชื่อเครื่องมือตรวจวัด	หน่วย	หน้าที่
เครื่องบันทึกข้อมูลการวัดและ การควบคุม รุ่น CR3000		เป็นระบบปฏิบัติการออนไลน์ ประกอบด้วยคำสั่งการวัด การประมวลผล และเอาต์พุต สำหรับการเขียนโปรแกรม เครื่องบันทึกข้อมูล

ที่มา: Campbell Scientific, Inc. (2025)

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษารัศมีของการตรวจวัดฟลักซ์ (Flux footprint)

รัศมีของการตรวจวัดฟลักซ์ หรือ Flux footprint เป็นขอบเขตพื้นที่ที่ครอบคลุมบริเวณที่เครื่องมือ Eddy Covariance สามารถตรวจวัดได้ โดยรัศมีของการตรวจวัดฟลักซ์สามารถคำนวณได้จากปัจจัยต่างๆ ได้แก่ เสถียรภาพของชั้นบรรยากาศ ความเร็วลม ทิศทางลม และค่าความขรุขระของพื้นผิว เครื่องมือ Eddy Covariance ถูกติดตั้งในสองพื้นที่ ได้แก่ พื้นที่สีเขียวในเมือง Deep Forest ที่ความสูง 15 เมตร และพื้นที่ KU Tower ซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่เมือง ที่ความสูง 30 เมตร โดยเครื่องมือถูกติดตั้งในระดับที่แตกต่างกัน เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะภูมิประเทศและลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินของแต่ละพื้นที่ เนื่องจากระดับความสูงของเครื่องตรวจวัดถูกกำหนดให้เหมาะสมกับลักษณะของพื้นที่แต่ละแห่ง โดยต้องอยู่ในระดับเหนือเรือนยอดต้นไม้และระดับที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากความขรุขระของพื้นผิว (Floors et al., 2018) โดยรัศมีของการตรวจวัดฟลักซ์ในพื้นที่ Deep Forest ดังภาพที่ 3(ก) และภาพที่ 3(ข) ครอบคลุมพื้นที่สีเขียวเป็นหลัก และพื้นที่เมืองบางส่วน เช่น อาคาร ถนน ในขณะที่พื้นที่ KU Tower ดังภาพที่ 3(ค)–(ง) ซึ่งตั้งอยู่ในเขตเมืองมีรัศมีของการตรวจวัดฟลักซ์ที่ครอบคลุมพื้นที่เมืองโดยรอบ เช่น อาคาร ถนน และพื้นที่สาธารณะ โดยลักษณะของพื้นที่ส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่ที่มีสิ่งปลูกสร้างหนาแน่น ส่งผลให้ลักษณะของฟลักซ์ที่ตรวจวัดได้สะท้อนถึงกิจกรรมของมนุษย์ในเขตเมือง

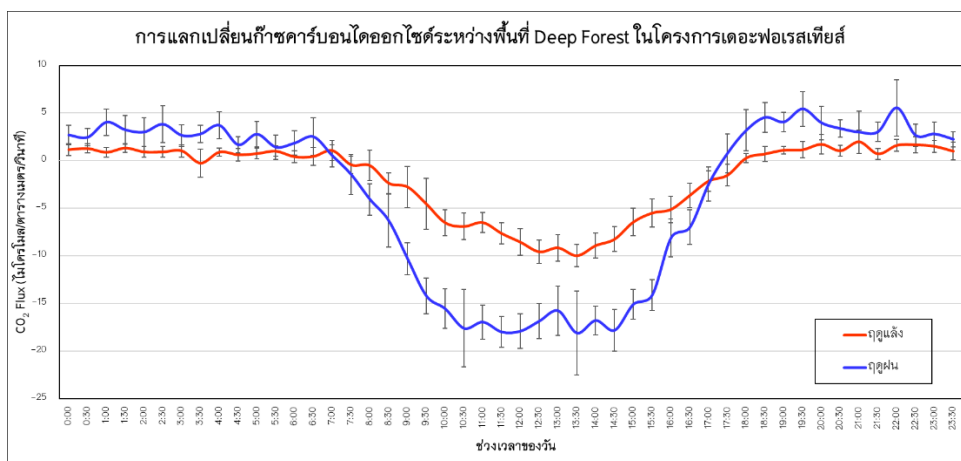


ภาพที่ 3 รัศมีของการตรวจวัดฟลักซ์ (ก) รัศมีของการตรวจวัดฟลักซ์ พื้นที่ Deep Forest ในช่วงฤดูฝน (ข) รัศมีของการตรวจวัดฟลักซ์ พื้นที่ Deep Forest ในช่วงฤดูแล้ง (ค) รัศมีของการตรวจวัดฟลักซ์ พื้นที่ KU Tower เฉลี่ย 3 เดือน ในช่วงฤดูฝน ได้แก่ เดือนสิงหาคม เดือนกันยายน และเดือนตุลาคม (ง) รัศมีของการตรวจวัดฟลักซ์ พื้นที่ KU Tower เฉลี่ย 3 เดือนในช่วงฤดูแล้ง ได้แก่ เดือนมกราคม เดือนกุมภาพันธ์ และเดือนธันวาคม

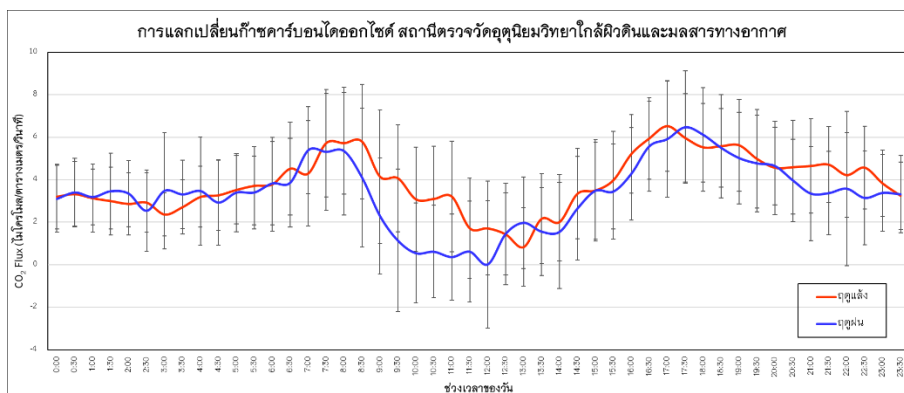
2. ผลการเปรียบเทียบการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดช่วงเวลาของวัน (Carbon Dioxide Flux)

จากผลการศึกษา พบว่า ค่าการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดช่วงเวลาของวันเฉลี่ย 24 ชั่วโมงค่าเฉลี่ย 14 วัน ดังภาพที่ 4 ในพื้นที่ Deep Forest เป็นลบสูงสุดในช่วงเวลา 13:30 น. โดยมีค่าการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง เท่ากับ -18.1 ± 4.41 และ -9.97 ± 1.16 ไมโครโมล/ตารางเมตร/วินาที ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของพื้นที่สีเขียวต่อการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากในพื้นที่ Deep Forest มีต้นไม้ โดยจากการตรวจวัด ค่าเฉลี่ยต้นไม้ (Average) 52 ต้น 29 ชนิด มีความสูงเฉลี่ย (Average height) 7.12 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (Average diameter) 8.01 มิลลิเมตรต่อพื้นที่ 100 ตารางเมตร มีความหนาแน่นเฉลี่ย (Average density) 4 ต้น ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร พบต้นไม้พันธุ์พืชที่พบมากที่สุด คือ มะเดื่ออุทุมพร (ธนวัฒน์ และคณะ, 2567) โดยต้นไม้ทำหน้าที่

เป็นแหล่งดูดซับคาร์บอน (Carbon sink) ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง และในส่วนของพื้นที่ KU Tower เมื่อพิจารณาการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของทั้งสองฤดูในพื้นที่ KU Tower ดังภาพที่ 5 พบว่า ค่าการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดช่วงเวลาของวันเฉลี่ย 24 ชั่วโมง เป็นบวกสูงสุดในสองช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงเวลา 08:00–08:30 น. ในฤดูฝนและฤดูแล้ง อยู่ในช่วงระหว่าง 4.10 ± 3.26 ถึง 5.34 ± 3.01 และ 5.71 ± 2.38 ถึง 5.79 ± 2.68 ไมโครโมล/ตารางเมตร/วินาที ตามลำดับ และช่วงเวลา 17:00–17:30 น. อยู่ในช่วงระหว่าง 5.90 ± 2.74 ถึง 6.64 ± 2.64 และ 5.96 ± 2.08 ถึง 6.51 ± 2.12 ไมโครโมล/ตารางเมตร/วินาที ในฤดูฝนและฤดูแล้ง ตามลำดับ



ภาพที่ 4 การแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดช่วงเวลาของวันในพื้นที่ Deep Forest



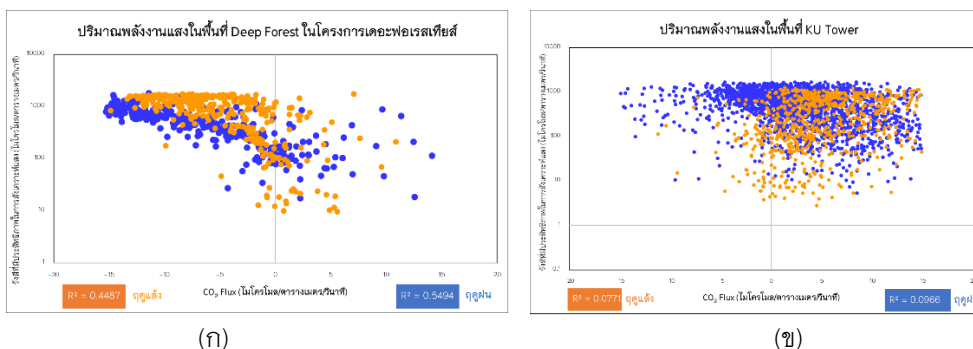
ภาพที่ 5 การแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดช่วงเวลาของวันในสถานีวิจัยวัด อุตุณิยมหาวิทยาลัยใกล้เคียงดินและมลสารทางอากาศ

อภิปรายผล

ผลการศึกษากการเปรียบเทียบการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่ Deep Forest และ พื้นที่ KU Tower ระหว่างฤดูฝน และฤดูแล้ง พบว่า พื้นที่ Deep Forest มีความสามารถในการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้อย่างต่อเนื่องในทั้งสองฤดู โดยในช่วงเวลา 11:00–15:00 น. ต้นไม้จะดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศได้มากที่สุดโดยมีค่าการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นลบมาก เพราะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถูกใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง (อรรถพล, 2555; Amani–Beni et al., 2019) นอกจากนี้ต้นไม้ยังสามารถกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ในเนื้อไม้ ใบ รากและดิน (Soininen et al., 2025) ซึ่งมีค่าการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกคำนวณมาจากค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ในฤดูฝนและฤดูแล้งเท่ากับ -3.81 และ -2.01 ตัน/ไร่/ปี ตามลำดับ ทั้งนี้จะเห็นว่าในฤดูแล้ง ต้นไม้สามารถกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้น้อยกว่าฤดูฝน เนื่องจากต้นไม้จะปิดปากใบ (Stomata) เพื่อลดการสูญเสียน้ำ ซึ่งทำให้การแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำลดลง (นงภัทร และคณะ, 2555; สุริพร และคณะ, 2566) ในขณะที่พื้นที่ KU Tower มีอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของทั้งสองฤดูที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$) โดยมีอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นบวกสูงสุดในสองช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงเวลา 08:00–08:30 น. และ 17:00–17:30 น. พบว่า มีความสัมพันธ์กับช่วงเวลาเร่งด่วน (Rush Hour) และกิจกรรมของมนุษย์สูงสุดในเขตเมือง เป็นช่วงเวลาที่ปริมาณการจราจรหนาแน่น (มนตรี, 2546) เมื่อเปรียบเทียบกับในช่วงเวลา 09:00–16:00 น. พบว่า ค่าการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดช่วงเวลาของวันเฉลี่ย 24 ชั่วโมง มีค่าเป็นบวกน้อย เนื่องจากพื้นที่ KU Tower มีพื้นที่สีเขียวอยู่ 14.20% (Maskulrath et al., 2023) มีต้นไม้อยู่บางส่วน จึงสามารถช่วยในการสังเคราะห์แสงและดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ในระดับหนึ่ง แต่ปริมาณต้นไม้ที่มีอยู่ยังไม่เพียงพอที่จะทำให้ค่าการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดช่วงเวลาของวันเฉลี่ย 24 ชั่วโมง เป็นลบได้ (Carbon Source) โดยรวมแล้ว พื้นที่ KU Tower มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยในฤดูฝนและฤดูแล้ง $+4.21$ และ $+4.13$ ตัน/ไร่/ปี ตามลำดับ

โดยค่าการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดช่วงเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อนำไปทำความเข้าใจความสัมพันธ์กับปริมาณพลังงานแสงที่พืชได้รับในกระบวนการสังเคราะห์แสง (Photosynthetic Photon Flux Density) ดังภาพที่ 6(ก) ในพื้นที่ Deep Forest พบว่า ยังมีค่าปริมาณพลังงานแสงที่พืชได้รับสูงก็จะทำให้พืชสามารถตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากขึ้น โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ในฤดูฝนและฤดูแล้งเท่ากับ 0.5494 และ 0.4487 ตามลำดับ ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญและมีระดับความเชื่อมั่นที่สามารถยอมรับได้ แต่ในขณะเดียวกัน พื้นที่ KU Tower ดังภาพที่ 6(ข) มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.0966 และ 0.0771 ในฤดูฝน

และฤดูแล้งตามลำดับ ซึ่งบ่งชี้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงที่พืชได้รับและการตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่นี้ต่ำมาก โดยแสดงถึงระดับความเชื่อมั่นที่ต่ำในทั้งสองฤดู เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ Deep Forest เป็นพื้นที่ที่มีต้นไม้ ช่วยส่งเสริมกระบวนการสังเคราะห์แสง ทำให้สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ในพื้นที่ (Carbon Sink) แต่ในขณะเดียวกันพื้นที่ KU Tower แสดงถึงการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่ได้ (Carbon Source) นอกจากนี้ความสามารถของต้นไม้ในการระเหยน้ำยังส่งผลให้เกิดการถ่ายเทพลังงานในรูปของความร้อนแฝง (Latent Heat) ซึ่งมีผลต่ออุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นที่ โดยพบว่า พื้นที่ KU Tower มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงถึง $33.20 \pm 1.40^{\circ}\text{C}$ ขณะที่พื้นที่ Deep Forest มีอุณหภูมิเฉลี่ยเพียง $31.5 \pm 0.56^{\circ}\text{C}$ แสดงให้เห็นถึงบทบาทของต้นไม้ในการควบคุมสภาพภูมิอากาศระดับพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญ



ภาพที่ 6 ปริมาณพลังงานแสงที่พืชได้รับ (ก) ในพื้นที่ Deep Forest และ (ข) ในพื้นที่ KU Tower

สรุปผลการวิจัย

จากการขยายตัวของเขตเมืองอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้บทบาทของพื้นที่สีเขียวในเมืองในฐานะแหล่งดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Sink) มีความสำคัญเพิ่มมากขึ้น โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการใช้เทคนิค Eddy Covariance มาใช้ในการศึกษาพื้นที่สองประเภท ได้แก่ พื้นที่ Deep Forest (พื้นที่สีเขียวในเมือง) และในพื้นที่ KU Tower (พื้นที่เมือง) มาเปรียบเทียบกับพบว่าค่าการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide Flux) ในพื้นที่ Deep Forest ในฤดูฝนและฤดูแล้งเท่ากับ -3.81 และ -2.01 ตัน/ไร่/ปี ตามลำดับ ในขณะที่พื้นที่ KU Tower มีค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ $+4.21$ และ $+4.13$ ตัน/ไร่/ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้งตามลำดับ บ่งชี้ให้เห็นถึงพื้นที่ KU Tower (พื้นที่เมือง) การเป็นแหล่งปลดปล่อยคาร์บอน (Carbon Source) ทั้งนี้มีค่าการปลดปล่อยคาร์บอนสูงสุดในช่วงเวลา 08:00–08:30 น. และ 17:00–17:30 น. อย่างไรก็ตาม พบว่า มีความสอดคล้องกับช่วงเวลาเร่งด่วนที่มีการจราจรหนาแน่น ผลการศึกษานี้

สะท้อนถึงความสำคัญของพื้นที่สีเขียวในเขตเมืองในการช่วยดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และลดผลกระทบจากภาวะเรือนกระจก อีกทั้งยังเป็นข้อมูลเชิงปริมาณที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางส่งเสริมการจัดสรรพื้นที่สีเขียวในเขตเมืองอย่างเหมาะสมในอนาคต ทั้งนี้ หากมีการเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี จะช่วยให้สามารถประเมินความสามารถที่แท้จริงของพื้นที่สีเขียวในเมืองได้อย่างครบถ้วนและแม่นยำ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ที่ได้รับทุนสนับสนุนจาก บริษัท แม็กโนเลีย ควอลิตี้ ดีเวล็อปเม้นต์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด และกลุ่มวิจัยวิทยาศาสตร์บรรยากาศ คณะสิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทั้งนี้ ขอขอบคุณคุณธนวัฒน์ จินจาร์ักษ์ และคุณพันธ์พิสุ จุลพันธ์วัฒนา ที่ให้คำปรึกษาและเสียสละเวลาในการให้ความรู้ ข้อคิด ข้อเสนอแนะ สุดท้ายนี้ผู้เขียนหวังว่ารายงานฉบับนี้คงเป็นประโยชน์สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้สนใจศึกษาต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- ธนวัฒน์ จินจาร์ักษ์, สรวุฑ สังข์แก้ว, ธีราดล ทันด่วน, พัชรินทร์ พุ่มแจ้, วรุสิริ ผลสวัสดิ์, ภคกร คำโสภา, สุธิณี อ่อนอ่วม, และศตายุ ปานจินดา. (2567). **พลวัตของไม้ต้นที่ปลูกจากกล้าในพื้นที่ป่ามิมเวศเมืองโครงการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์** (รายงานการประชุมวิชาการ). กรุงเทพฯ: คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นงภัทร ไชยชนะ, ทิวา พาโคกทม, และเจษฎา ภัทรเลอพงศ์. (2555). **การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9: สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ, สาขาสัตว์และสัตวแพทย์ สาขาศึกษาธรรมชาติและพัฒนศาสตร์**. นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.
- ภัทราพร สร้อยทอง, กรรณิการ์ จันทร์ชิดฟ้า, สุชาติ ชายหาต, และนราธิป เพ่งพิศ. (2563). **การวิเคราะห์ปรากฏการณ์เกาะความร้อนและก๊าซเรือนกระจกในการพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออก**. สืบค้นเมื่อ 10 เมษายน 2568, จาก <https://buuir.buu.ac.th/xmlui/handle/1234567890/3838>
- มนตรี ตั้งศิริมงคล. (2546). **ลักษณะขององค์ประกอบภูมิทัศน์เมืองที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศบริเวณถนน: กรณีศึกษา ถนนเจริญราษฎร์**. สืบค้นเมื่อ 10 เมษายน 2568, จาก <https://www.car.chula.ac.th/display7.php?bib=1681876>
- สุริพร นันทดี, โจนาลิษา แอล เชียงหลิว, อนุรักษ์ อรัญญานาค, อภิชาติ วรรณวิจิตร, และคัทลียา ฉัตรเที่ยง. (2566). **ผลกระทบของการขาดน้ำในระยะสืบพันธุ์ต่ออัตราการแลกเปลี่ยนแก๊สในใบข้าวพันธุ์ไทย**. *วารสารแก่นเกษตร*, 51(4), 736–752.
- อรธพล ศรีประดิษฐ์. (2555). **การศึกษาความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ในช่วงความยาวคลื่นที่พืชใช้สังเคราะห์แสงที่สถานีวัด 4 แห่งในภูมิภาคหลักของประเทศไทย**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศิลปากร, คณะวิทยาศาสตร์, วิชาฟิสิกส์.

- Amani–Beni, M., Zhang, B., Xie, G.D., & Shi, Y. (2019). Impacts of Urban Green Landscape Patterns on Land Surface Temperature: Evidence from the Adjacent Area of Olympic Forest Park of Beijing, China. **Sustainability**, 11(513), 1–10.
- Campbell Scientific, Inc. (n.d.). **Data loggers for environmental monitoring**. Retrieved June, 28, 2025, from <https://www.campbellsci.com>
- Floors, R., Enevoldsen, P., Davis, N., Amqvist, J., & Dellwik, E. (2018). From lidar scans to roughness maps for wind resource modelling in forested areas. **Wind Energy Science**, 3(1), 353–370.
- Khamchiangta, D., & Dhakal, S. (2020). Time series analysis of land use and land cover changes related to urban heat island intensity: Case of Bangkok Metropolitan Area in Thailand. **Journal of Urban Management**, 9(4), 383–395.
- Khamchiangta, D., & Dhakal, S. (2021). Future urban expansion and local climate zone changes in relation to land surface temperature: Case of Bangkok Metropolitan Administration, Thailand. **Urban Climate**, 37, 2–14.
- Kljun, N., Calanca, P., Rotach, M.W., & Schmid, H.P. (n.d.). **A simple two-dimensional parameterisation for Flux Footprint Prediction (FFP)**. Retrieved June, 28, 2025, from <https://footprint.kljun.net>
- Krayenhoff, S., Broadbent, A., Zhao, L., Georgescu, M., Middel, A., Voogt, J., Martilli, A., Sailor, D., & Erell, E. (2021). Cooling hot cities: a systematic and critical review of the numerical modelling literature. **Environmental Research Letters**, 16(5), 2–23.
- Soininen, J., Kohonen, K.M., Rantala, P., Kulmala, L., Aaltonen, H., & Järvi, L. (2025). Carbon uptake of an urban green space inferred from carbonyl sulfide fluxes. **npj Climate and Atmospheric Science**, 8(90), 1–6.
- Maskulrath, P., Bualert, S., Szymanski, W.W., Choomanee, P., Chunkao, K., Pattamapitoon, T., Saiohai, J., Phupijit, J., Utavong, T., Rattanapotanan, T., Fakkaew, N., Chueytawarit, O., & Fungkeit, Y. (2023). Assessment of urban green areas towards changing surface energy balance fluxes in tropical study sites, Central Thailand. **Environmental Challenges**, 11, 2–7.
- Maskulrath, P., Bualert, S., Dumpin, N., Pattamapitoon, T., Chunkao, K., & Tudsatton, C. (2024). Carbon sequestration and surface energy balance measurement using eddy covariance technique for mangrove forest under influence of treated domestic wastewater, Phetchaburi province, Thailand. **Agriculture and Natural Resources**, 58(1), 43–48.
- Moncrieff, J., Clement, R., Finnigan, J., & Meyers, T. (2004). Averaging, detrending, and filtering of eddy covariance time series. **Handbook of Micrometeorology**, 7–31.
- Hong, S., Hui, E.C.M., & Lin, Y. (2022). Relationships between carbon emissions and urban population size and density, based on geo–urban scaling analysis: A multi-carbon source empirical study. **Urban Climate**, 46, 2–10.

- Wang, Y., Hu, Y., Niu, X., Yan, H., & Zhen, L. (2022). Land Use/Cover Change and Its Driving Mechanism in Thailand from 2000 to 2020. **Land**, 11(12), 2–19.
- Zhao, D., Cai, J., Xu, Y., Liu, Y. & Yao, M. (2023). Carbon sinks in urban public green spaces under carbon neutrality: A bibliometric analysis and systematic literature review. **Urban Forestry & Urban Greening**, 86, 2–14.