

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการตรวจวัด CO₂ และ CH₄
ระหว่างเซนเซอร์ตรวจวัดก๊าซชีวภาพที่พัฒนาติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับกับเครื่องวิเคราะห์
ก๊าซชีวภาพ (Biogas 5000)

The Performance of CO₂ and CH₄ Detection Comparison between the
developed Biogas Sensor-equipped Unmanned Aerial Vehicle and Biogas
Portable Monitoring (Biogas 5000)

สกุลรัตน์ สุทธิประภา*, พลรณภพ สีสวัสดิ์บริรักษ์, นฤมล พันธิทักษ์,
ปนัดดา แก้วหอม และ ศรวงสุดา โถทอง
สถาบันเทคโนโลยีแห่งสุวรรณภูมิ

Sakulrat Sutthiprapa, Polronnapop sisawatborirak, Naruemon punthitak,
Panadda kaewhom and Suangsooda thothong
Suvarnabhumi Institute of Technology*

**Corresponding Author: Sakulrat.sua@svit.ac.th*

บทคัดย่อ

จากรายงานปี พ.ศ. 2563 จากกรมควบคุมมลพิษพบว่าประเทศไทยมีอัตราการผลิตขยะอยู่ที่ 1.5 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน ระบบการฝังกลบอย่างถูกหลักหลักสุขาภิบาล เป็นวิธีการจัดการขยะอีกวิธีหนึ่งที่ได้รับ การยอมรับตามหลักวิชาการ โดยมีเจ้าหน้าที่และผู้ปฏิบัติงานทำงานในพื้นที่หลุมฝังกลบ เช่น พนักงานคัดแยก ขยะ พนักงานขนขยะ นักวิจัย เป็นต้น มีการตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพในพื้นที่หลุมฝังกลบเพื่อนำข้อมูลไปใช้ ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ โดยวิธีการตรวจวัดยังใช้คนลงพื้นที่ตรวจวัดก๊าซชีวภาพโดยตรง ซึ่งมีความอันตรายต่อ ผู้ปฏิบัติงาน จึงได้นำอากาศยานไร้คนขับมาประยุกต์ใช้ โดยการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจวัดก๊าซชีวภาพ เพื่อใช้ในการ ตรวจวัดก๊าซชีวภาพบริเวณหลุมฝังกลบแล้วนำมาเปรียบเทียบกับเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพ การศึกษาใน ครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ ดังนี้ 1) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเซนเซอร์ตรวจวัดก๊าซชีวภาพ (Sensor Arduino) ที่ พัฒนาติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV Biogas Sensor) ในการตรวจวัด CO₂ และ CH₄ เปรียบเทียบกับ

Received : 22 April 2021

Revised : 20 May 2021

Accepted : 1 June 2021

Online publication date : 30 June 2021

การตรวจวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพ (Biogas 5000) 2) เพื่อศึกษาช่วงเวลา และระดับความสูงที่เหมาะสมในการตรวจวัด CO_2 และ CH_4 3) เพื่อศึกษาผลของปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม อุณหภูมิ และความเร็วลมที่มีผลในการตรวจวัด CO_2 และ CH_4 ทำการกำหนดระยะการบินเป็น ช่วงเช้า (09.00 – 11.00 น.) , ช่วงกลางวัน (13.00 – 15.00 น.) และช่วงเย็น (17.00 – 19.00 น.) ที่ระดับความสูงดังนี้ ระดับพื้นดิน, ระดับความสูง 50 เซนติเมตร และระดับความสูง 100 เซนติเมตร

จากการทดลองพบว่า ในระดับพื้นดิน UAV Biogas Sensor และ Biogas 5000 มีประสิทธิภาพสามารถตรวจวัดและเก็บบันทึกผลได้ใกล้เคียงกัน แต่ในความสูงที่ 50 และ 100 เซนติเมตร UAV Biogas Sensor และเครื่อง Biogas 5000 ไม่สามารถตรวจวัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระดับความสูงที่เหมาะสมแก่การตรวจวัด CO_2 และ CH_4 คือ ระดับพื้น ช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 14.00 น. ที่อุณหภูมิระหว่าง 32°C – 35°C เป็นช่วงเวลาที่ผลการตรวจวัด CO_2 และ CH_4 และข้อจำกัดคือหากตรวจวัดก๊าซ CO_2 และ CH_4 ด้วย UAV Biogas Sensor ในช่วงที่อุณหภูมิสูงเกิน 35°C และมีความเร็วลมสูงเกิน จะทำให้ข้อมูลที่ตรวจวัดมีความแปรปรวนความสูง ดังนั้น UAV Biogas Sensor มีประสิทธิภาพสามารถใช้แทนการลงตรวจวัดก๊าซ CO_2 และ CH_4 ของผู้ปฏิบัติงานที่ใช้ Biogas 5000 ตรวจวัดในระดับพื้นได้

คำสำคัญ: อากาศยานไร้คนขับ, ก๊าซชีวภาพ, หลุมฝังกลบขยะชุมชน, เซนเซอร์อาคูโน

Abstract

Thailand currently has a waste production rate of 1.5 kilograms per person per day (year 2020 report). Sanitary landfill is one of the theoretical accepted methods of waste disposal. The occupational groups working in the landfill area are such as waste sorting workers, domestic waste collectors and researchers, etc. Levels of has been monitored in landfill areas to be utilized in various fields. The conventional method of biogas measurement, people usually carried out by sampling in the area using a ground-based instrument danger to the workers. Therefore, the application of unmanned aerial vehicle (UAV) remote sensing platforms equipped with a biogas sensor, for measurement levels of biogas in landfill and then compared with the biogas portable monitoring (Biogas 5000). The objectives of this study were 1) To study the efficiency of developed biogas embedded on UAV and Sensor Arduino programs for detection of CO_2 and CH_4 on measurements compared with a biogas portable monitoring (Biogas 5000). 2) To study the time period to further optimize for measuring CO_2 and CH_4 . 3) To study the effect of environmental factors, temperature, and air velocity for the measurement of CO_2 and CH_4 . The flight of UAV was operated during in the morning (9.00 -

11.00 a.m.), Afternoon (1.00 - 3.00 p.m.), and in the evening (5.00 - 7.00 p.m.) The operations were at ground level, at height of 50 and 100 centimeters.

The results showed that at ground level, the Biogas 5000 and UAV Biogas sensor were able to measure and record results, but at heights of 50 and 100 centimeters, biogas 5000 could not be measured due to restrictions of the instrument. The environmental factors such as ambient air temperature influenced the fly of UAV not being fully operated. During win disturbance; the control of UAV did not success as planned. In addition, it was found that the CO₂ and CH₄ gas detection with the developed gas meter was feasible. The measurement during high ambient air temperature at the ground level gave similar results to that of biogas analyzer. Between 10:00 AM and 2:00 PM at ambient air temperature between 32 - 35 degrees celsius is the time when results of CO₂ and CH₄ measurements are taken. The limitation is if measured CO₂ and CH₄ gas with UAV Biogas Sensor in the ambient air temperature range above 35 degrees celsius and the air velocity is too high. Therefore, the UAV Biogas Sensor can be used instead of the operator using the Biogas 5000 to measure at ground level.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Biogas, Landfill, Sensor Arduino

บทนำ

ขยะชุมชนเป็นสิ่งที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตและบริโภคของมนุษย์ ปริมาณขยะที่มากมายขาดการจัดการอย่างมีระบบก่อให้เกิดปัญหาอย่างมากต่อการกำจัด ปัญหาจากขยะชุมชนนับวันยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้น พร้อมกันกับการขยายตัวของเมืองและประชากร ณ ปี พ.ศ. 2563 รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย ปี 2563 ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในประเทศไทย อยู่ที่ 27.35 ล้านตัน โดยมีปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกกำจัดอย่างถูกต้อง 11.19 ล้านตัน และมีปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ 11.93 ล้านตัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2563) ในอดีตขยะมีปริมาณไม่มากและส่วนใหญ่เป็นวัสดุธรรมชาติสามารถกำจัดได้ง่ายโดยวิธีกองทิ้ง (open dump) แต่สังคมปัจจุบันได้อาศัยความสะดวกสบายในการบริโภค ประกอบกับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีของอุตสาหกรรม ทำให้ของเสียที่ผลิตออกมามากต่อการย่อยสลายโดยธรรมชาติ เป็นเหตุให้เกิดแหล่งเพาะพันธุ์เชื้อโรคและพาหะนำโรคต่าง ๆ เช่น แมลงวัน หนู และยุงส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในหลายด้าน เช่น กลิ่นเหม็น การปนเปื้อนสู่ น้ำใต้ดิน ก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพอนามัย รวมไปถึงการทำลายความสวยงามของทัศนียภาพ การกำจัดขยะมูลฝอยขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเขตปริมณฑลทั้งในเขตเมืองใหญ่ เช่น เทศบาลและเขตเมืองใหญ่ที่เป็นศูนย์กลางความเจริญ ในระดับเทศบาลนคร

เทศบาลเมือง จะมีระบบฝังกลบอย่างถูกสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) (ตริยากานต์ พรหมคำ, 2563) แต่ยังมีปัญหาในด้านการดำเนินงานการเนื่องจากขาดการบริหารจัดการทั้งในเรื่องงบการดำเนินการและบุคลากร รวมทั้งการเก็บค่าธรรมเนียมขาดประสิทธิภาพ บางแห่งยังมีปัญหามวลชนต่อต้านการแก้ปัญหาไปด้ระดับหนึ่ง แต่ยังมีปัญหาเรื่องการจัดการขยะมูลฝอยอย่างครบวงจร ซึ่งต้องการการประสานเพื่อการจัดระบบที่สมบูรณ์ และการสนับสนุนจากส่วนกลางด้านวิชาการและบริหารจัดการ

จากที่ได้กล่าวมาในข้างต้น การจัดการขยะชุมชนด้วยระบบฝังกลบอย่างถูกสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) เป็นการกำจัดขยะมูลฝอยโดยการนำไปฝังกลบในพื้นที่ที่ได้จัดเตรียมไว้ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ได้รับการคัดเลือกตามหลักวิชาการทั้งทางด้าน เศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม วิศวกรรม สถาปัตยกรรม และการยินยอมจากประชาชน จากนั้นจึงทำการออกแบบและก่อสร้าง (Sanitary Landfill, 2552) โดยมีการวางมาตรการป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น เช่น การปนเปื้อนของน้ำเสียจากกองขยะมูลฝอยที่เรียกว่า น้ำชะล้างขยะมูลฝอย (Leachate) ซึ่งถือว่าเป็นน้ำเสียที่มีค่าความสกปรกสูงไหลซึมลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน ทำให้คุณภาพน้ำใต้ดินเสื่อมสภาพลงจนส่งผลกระทบต่อประชาชนที่ใช้น้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค นอกจากนี้การจัดการขยะชุมชนด้วยระบบฝังกลบอย่างถูกสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) ทำให้เกิดก๊าซชีวภาพ (Biogas) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยการย่อยสลายทางชีวเคมีของขยะมูลฝอยในบริเวณหลุมฝังกลบ โดยช่วงแรกจะเป็นการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจน จากนั้นจึงเป็นการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนทำได้ โดยปริมาณของก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จะมีมากกว่าก๊าซชนิดอื่น ๆ ซึ่งถ้ามีความเข้มข้นของก๊าซมีเทนมากกว่า 50% ขึ้นไป จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตพลังงานได้ ในพื้นที่จัดการขยะชุมชนด้วยระบบฝังกลบอย่างถูกสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) นอกจากจะมีขยะมูลฝอยจำนวนมากอยู่แล้ว ยังมีเจ้าหน้าที่ และผู้ปฏิบัติงานในส่วนอื่นๆ ที่ทำงานในพื้นที่หลุมฝังกลบ อาจได้รับผลกระทบต่อสุขภาพจากการสูดดมก๊าซชีวภาพในระหว่างปฏิบัติงานอยู่ จึงได้มีการตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพในพื้นที่หลุมฝังกลบอยู่เสมอให้เป็นไปตามมาตรฐานกำหนด โดยวิธีการตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพในพื้นที่หลุมฝังกลบ ยังใช้คนลงพื้นที่ตรวจวัดก๊าซชีวภาพโดยตรง ซึ่งยังคงมีความอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานอยู่

ปัจจุบันมีเทคโนโลยีหลากหลายที่ทำงานแทนมนุษย์ในพื้นที่เสี่ยง เช่น อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) หรือ โดรน คืออากาศยานที่ไม่มีคนขับ มีระบบการควบคุมจากระยะไกลโดยไร้คนขับ ซึ่งรวมไปถึงการควบคุมภาคพื้นดิน ทางคณะผู้วิจัยจึงได้นำอากาศยานไร้คนขับมาประยุกต์ใช้ติดตั้งเซนเซอร์ตรวจวัดก๊าซชีวภาพ เพื่อใช้ในการตรวจวัดก๊าซชีวภาพบริเวณหลุมฝังกลบ นำค่าที่ได้จากการตรวจวัดก๊าซชีวภาพด้วยคน โดยใช้ Biogas 5000 และค่าที่ได้จากการตรวจวัดก๊าซชีวภาพด้วยอากาศยานไร้คนขับมาทำการคำนวณหาความคลาดเคลื่อน และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการตรวจวัด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพเซนเซอร์ตรวจวัดก๊าซชีวภาพ (Sensor Arduino) ที่พัฒนาติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV Biogas Sensor) ในการตรวจวัด CO_2 และ CH_4 เปรียบเทียบกับการตรวจวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพ (Biogas 5000)
2. เพื่อศึกษาช่วงเวลา ระดับความสูงที่เหมาะสมในการตรวจวัด CO_2 และ CH_4
3. เพื่อศึกษาผลของปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม อุณหภูมิ และความเร็วลมที่มีผลในการตรวจวัด CO_2 และ CH_4

สมมติฐานในการวิจัย

1. การใช้อากาศยานไร้คนขับและ Sensor Arduino CO_2 และ CH_4 มีประสิทธิภาพในการตรวจวัดใกล้เคียงกับการตรวจวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพ (Biogas 5000)
2. ช่วงเวลา และระดับความสูงจากพื้นผิวของหลุมฝังกลบขยะชุมชนมีผลต่อการตรวจวัด CO_2 และ CH_4 โดยใช้อากาศยานไร้คนขับ
3. ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ และความเร็วลมมีผลในการตรวจวัด CO_2 และ CH_4

ขอบเขตงานวิจัย

1. ขอบเขตพื้นที่ และกลุ่มตัวอย่าง
 - ขอบเขตพื้นที่ สถาบันเทคโนโลยีแห่งสุวรรณภูมิ
 - กลุ่มตัวอย่าง ขยะ 20 กิโลกรัมจากการสุ่มแบบ Quartering method สร้างเป็นแบบจำลองการบินบนพื้นผิวหลุมฝังกลบขยะชุมชน พื้นที่ 1 ตารางเมตร
2. ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้นที่ 1. การทำงานอากาศยานไร้คนขับร่วมกับโปรแกรม Arduino IDE และ Sensor Arduino

 2. ช่วงเวลาและระดับความสูงที่ใช้ในการบินอากาศยานไร้คนขับ
 3. ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ และความเร็วลม

ตัวแปรตาม 1. ประสิทธิภาพในการตรวจวัดก๊าซชีวภาพ (CO_2 และ CH_4) ในการบินโดยใช้อากาศยานไร้คนขับ

 2. ช่วงเวลาและระดับความสูงที่เหมาะสมเพื่อการตรวจวัดก๊าซชีวภาพ (CO_2 และ CH_4) ในการบินโดยใช้อากาศยานไร้คนขับ
 3. ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมกับการตรวจวัดก๊าซชีวภาพ

รูปแบบงานวิจัย

Experimental Research

ประโยชน์ที่รับจากการวิจัย

1. สามารถนำมาประเมินความเสี่ยงก่อนที่ผู้ปฏิบัติงานจะเข้าไปปฏิบัติงานบนหลุมฝังกลบขยะชุมชน
2. สามารถประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับตรวจวัดก๊าซชีวภาพและคาดคะเนความเข้มข้นของก๊าซชีวภาพชนิดอื่น บนหลุมฝังกลบขยะชุมชน

วัสดุและอุปกรณ์ในการวิจัย

1. UAV (Unmanned Aerial Vehicle)
2. บอร์ด Nano 3.0
4. CO₂ Sensor Module
5. SD Card
6. จอ LED
7. CH₄ Sensor Module
8. Biogas 5000 ที่ทำการ calibrate ตามมาตรฐาน ISO17025

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการประกอบอุปกรณ์

1. เตรียมเซนเซอร์, บอร์ด ที่ต้องใช้ (Arduino Board, Arduino Nano 3.0, Gas methane detection sensor module Arduino, Gas carbon dioxide detection sensor module for Arduino) มีการทดสอบความเที่ยงตรงของอุปกรณ์ตรวจวัดในห้องปฏิบัติการก่อนนำไปทดสอบในภาคสนาม
2. อุปกรณ์เสริมอื่น ๆ เช่น กล่องพลาสติก, สายไฟขนาดเล็กสำหรับต่อบอร์ด, เส้นตะกั่ว, จอแสดงผล LED, ท่อหดสำหรับเก็บสายไฟ เป็นต้น
3. ทำการต่อจัดเรียงสายไฟ ให้ตรงตามแบบที่กำหนด จากนั้นทำการบัดกรีเพื่อเชื่อมระหว่างสายไฟและแผงวงจรของบอร์ด
4. เมื่อทำการต่อแผงวงจร และอุปกรณ์เสริมเสร็จแล้ว จากนั้นเขียนโค้ดเพื่อป้อนชุดคำสั่งการทำงาน จากนั้นให้ทำการบรรจุอุปกรณ์ลงกล่องพลาสติกสีดำที่ทำการเจาะช่องสำหรับจอแสดงผล LED จากนั้นใส่ฉนวน ล็อกอุปกรณ์ให้เรียบร้อย จะได้ Gas detection ที่พร้อมใช้งาน
5. ทดสอบอุปกรณ์ตรวจวัดก๊าซสามารถตรวจวัดก๊าซได้หรือไม่และแก้ไขข้อบกพร่อง

6. เมื่อได้ Gas detection ที่พร้อมใช้งานแล้ว ทำการติดตั้งเข้ากับ Unmanned Aerial Vehicle



a)

b)

ภาพที่ 1 a) UAV Gas Detection และ b) เครื่อง biogas 5000

ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาองค์ประกอบ โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างขยะมูลฝอย Quartering Method ในสถาบันเทคโนโลยีแห่งสุวรรณภูมิ ตวงขยะมูลฝอยที่มาจากจุดต่าง ๆ หลาย ๆ จุด แล้วนำมาผสมกัน ชั่งน้ำหนักแล้วนำไปหาความหนาแน่น นำตัวอย่างขยะมูลฝอย เทรวมกันในลักษณะการกองให้เป็นรูปกรวยก่อนแล้วแบ่งเป็น 4 ส่วนเลือกตัวอย่าง 2 ส่วนที่กองอยู่ตรงกันข้ามกันแล้วคลุกให้เข้ากันอีกครั้ง เพื่อให้องค์ประกอบต่างๆ กระจายอย่างทั่วถึง จากนั้น Quartering Method ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งเหลือตัวอย่างที่ต้องการ



ภาพที่ 2 การจำลองหลุมขยะแบบสุขาภิบาล

2. ศึกษาความหนาแน่น (Bulk Density) นำถังขยะไปชั่งน้ำหนักก่อน จากนั้นเติมขยะเข้าไปในถังขยะให้แน่นแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก นำน้ำหนักของถังขยะก่อนใส่ขยะ มาลบกับน้ำหนักถังขยะที่ใส่ขยะแล้ว เราจะได้ น้ำหนักของถังขยะที่ต้องการออกมา นำค่าน้ำหนักขยะและปริมาตรถังขยะ เข้าสูตรเพื่อหาความหนาแน่น

3. การเตรียมขยะที่จะใช้ในการทดลองต้องเตรียมพื้นที่อย่างน้อย 1 ตารางเมตร เทขยะลงไป แล้วนำแผ่นพลาสติกมาคลุมไว้อย่างน้อย 1 สัปดาห์ก่อนการทดลอง เพื่อให้เกิดก๊าซชีวภาพ

4. การตรวจวัด CO_2 และ CH_4 โดยใช้ UAV (Unmanned Aerial Vehicle) และ Biogas 5000 แบ่งช่วงเวลาในการตรวจวัด เป็น 3 ช่วง คือ ช่วงเช้า (09.00 - 11.00 น.) ช่วงกลางวัน (13.00 - 15.00 น.) และ ช่วงเย็น (17.00 - 19.00 น.)

5. นำ UAV (Unmanned Aerial Vehicle) และ Biogas 5000 ทำการตรวจวัดทุก 1 ชั่วโมง ที่ความสูง 3 ระดับ ได้แก่

- ระดับพื้น คือ UAV อยู่บนพื้นกองขยะ
- ระดับความสูง 50 เซนติเมตร คือ UAV ห่างจากพื้นกองขยะเป็นระยะ 50 เซนติเมตร
- ระดับความสูง 100 เซนติเมตร คือ UAV ห่างจากพื้นกองขยะเป็นระยะ 100 เซนติเมตร

โดยแต่ละระดับความสูงจะทำการตรวจวัดระดับละ 5 นาที เก็บค่าความเข้มข้นของก๊าซ ทั้งหมด 5 ค่า

6. นำผลการตรวจวัดที่ได้จาก UAV (Unmanned Aerial Vehicle) และ Biogas 5000 มาหาค่าเฉลี่ยของแต่ละระดับ

7. นำผลที่ได้จากการตรวจวัดโดยใช้ UAV (Unmanned Aerial Vehicle) และผลที่ได้จากการตรวจวัดด้วย Biogas 5000 มาทำการหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

8. ทำการสรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษา

องค์ประกอบขยะ

ผลการสุ่มตัวอย่างขยะมูลฝอยจากพื้นที่สถาบันเทคโนโลยีแห่งสุวรรณภูมิ โดยใช้วิธีการสุ่มแบบ Quartering Method เพื่อตรวจหาองค์ประกอบและปริมาณของขยะ แสดงดังตาราง 1

ตาราง 1 องค์ประกอบและปริมาณขยะ

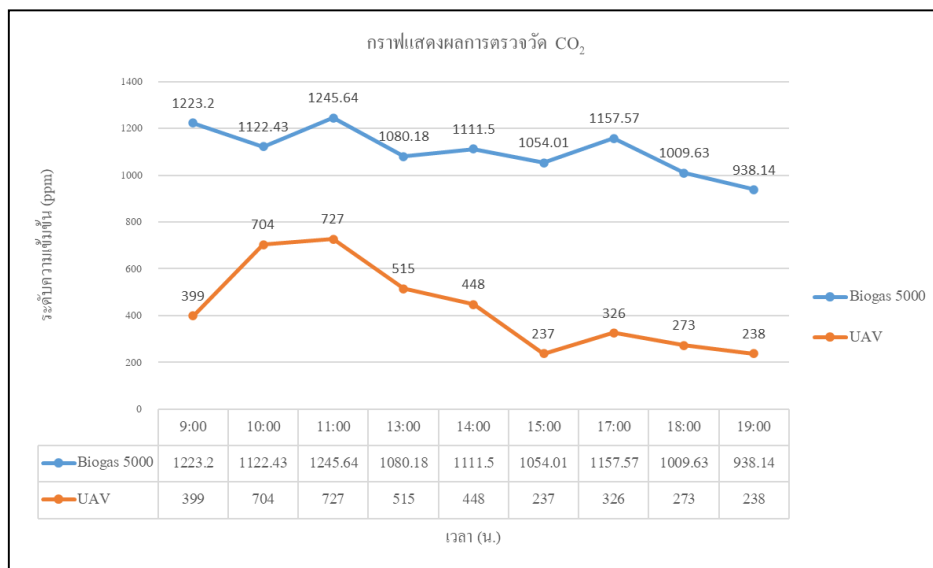
ชนิดขยะ	ปริมาณขยะ	
	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ร้อยละ
กระดาษ	1.30	25.29
พลาสติก	1.50	29.18
ขยะอินทรีย์	1.50	29.18
แก้ว	0.77	14.99
โฟม	0.01	0.19
กระป๋องน้ำ	0.06	1.17
รวม	5.14	100.00

จากตาราง 1 ชนิดขยะที่มีมากที่สุดคือ พลาสติก และขยะอินทรีย์ ซึ่งคิดเป็นชนิดละ 29.21 ร้อยลงมา คือ กระดาษ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 25.32 ส่วน แก้ว โฟม และกระป๋องน้ำ มีปริมาณที่น้อยกว่าร้อยละ 15 การที่มีขยะพลาสติกในปริมาณมากแสดงให้เห็นความสามารถในการเป็นเชื้อเพลิงได้ดี และการที่มีขยะอินทรีย์ปริมาณมากก็มีโอกาสที่จะทำให้เกิดก๊าซชีวภาพได้มาก

ผลการตรวจ CO_2 และ CH_4

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการตรวจวัด CO_2 และ CH_4 โดยนำอากาศยานไร้คนขับตรวจวัดค่าความเข้มข้นของแต่ละก๊าซ เก็บค่าทุก ๆ 1 นาที เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำมาเปรียบเทียบกับ ค่าที่ได้จาก Biogas 5000 ได้ผลการทดสอบดังนี้

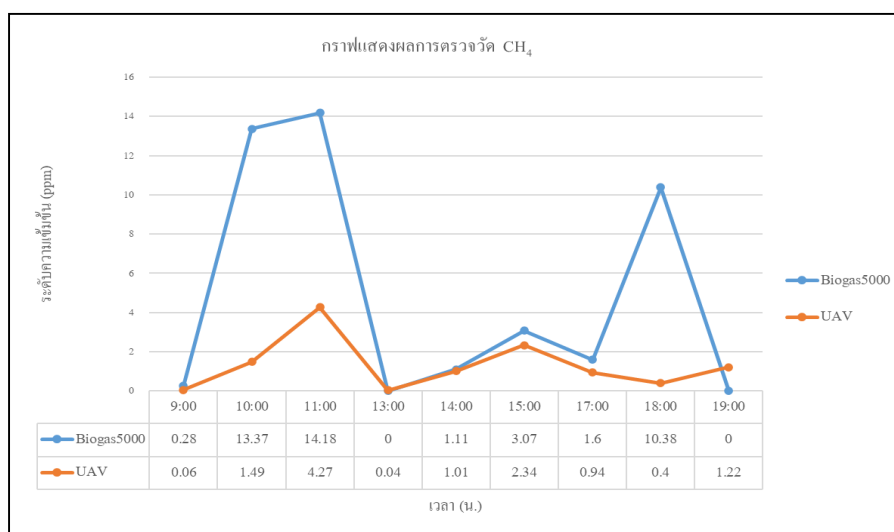
1) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการตรวจวัด CO_2 ด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV Biogas Sensor) เปรียบเทียบกับ Biogas 5000 ที่เวลาต่าง ๆ โดยบันทึกข้อมูลทุก ๆ 1 นาที เป็นเวลา 5 นาทีที่ระดับพื้น แล้วนำมาเฉลี่ย (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD) เท่ากับ 675.03 ± 138.98 ppm มีผลการตรวจวัดดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กราฟแสดงผลการตรวจวัด CO₂

จากกราฟจะพบว่าที่เวลา 10.00 น. มีผลการตรวจวัดที่คลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คือ 418.43 ppm ซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ที่ 32 °C และความเร็วลมอยู่ที่ 308.2 ft/min และในช่วงเย็น คือ 17.00 น. ถึง 19.00 น. จะเห็นได้ว่าผลการตรวจวัด CO₂ จากอากาศยานไร้คนขับและ Biogas 5000 มีผลการตรวจวัดที่ลดลงไปในทางเดียวกัน เนื่องจากมีอุณหภูมิที่ลดลง และมีความเร็วลมที่ต่ำกว่าช่วงกลางวัน

2) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการตรวจวัด CH₄ ด้วยอากาศยานไร้คนขับเปรียบเทียบกับ Biogas 5000 ที่เวลาต่าง ๆ โดยบันทึกข้อมูลทุก ๆ 1 นาที เป็นเวลา 5 นาทีที่ระดับพื้น แล้วนำมาเฉลี่ย (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD) เท่ากับ 3.82 ± 4.83 ppm มีผลการตรวจวัดดังภาพที่ 4

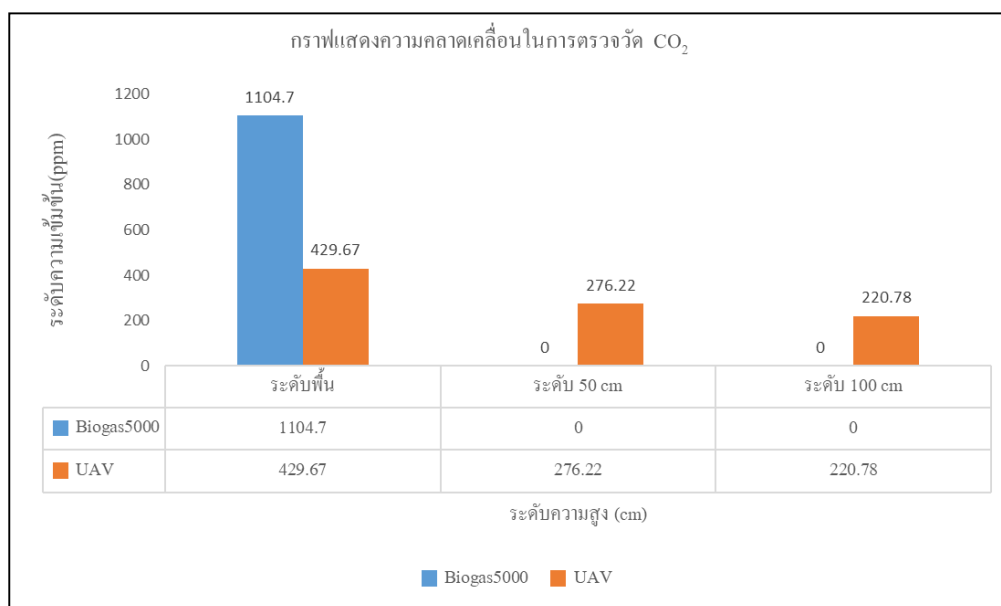


ภาพที่ 4 กราฟแสดงความคลาดเคลื่อนในการตรวจวัด CH₄ ที่ระดับพื้น

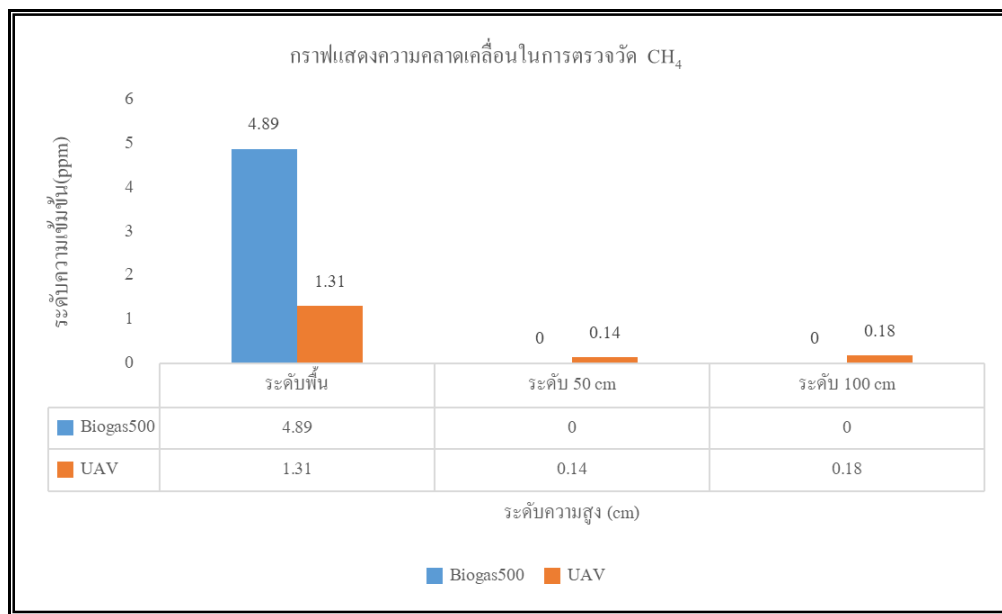
จากกราฟจะเห็นได้ว่าผลการตรวจวัดมีความแปรปรวนมาก เนื่องจาก CH_4 มีความหนาแน่นที่น้อยกว่าอากาศและในระหว่างการตรวจวัดได้รับผลกระทบจากกระแสลม จึงทำให้ผลการตรวจวัดมีความแปรปรวนมาก แต่ในช่วงเวลา 13.00 น. ถึง 14.00 น. มีผลการตรวจวัด ที่คลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คือ 0.04 ppm และ 0.1 ppm ตามลำดับ ซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ที่ 33 °C และ 35 °C ตามลำดับ และความเร็วลมอยู่ที่ 149 ft/min และ 32.8 ft/min ตามลำดับ

3) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการตรวจวัด CO_2 และ CH_4 ด้วยอากาศยานไร้คนขับ

เปรียบเทียบกับ Biogas 5000 ที่ ระดับความสูงต่าง ๆ โดยบันทึกข้อมูลทุก ๆ 1 นาที เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำมาเฉลี่ย มีค่าความคลาดเคลื่อนของ CO_2 และ CH_4 ดังภาพที่ 5 และ 6 จากกราฟจะเห็นได้ว่าสามารถเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนได้ที่ระดับพื้นเท่านั้น ที่ระดับ 50 cm และ 100 cm Biogas 5000 ไม่สามารถตรวจวัดได้ เนื่องจากการตรวจวัดโดยใช้ Biogas 5000 จะต้องใช้แฮมเบอร์ครอปที่พื้น แล้วดูดอากาศเข้าไปเพื่อวิเคราะห์หาความเข้มข้นของก๊าซ และในการการแปลงหน่วยจากเปอร์เซ็นต์เป็น ppm จะต้องนำปริมาตรของแฮมเบอร์มาใช้ในการคำนวณ ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีแฮมเบอร์ที่มีขนาดสูงถึง



ภาพที่ 5 กราฟแสดงความคลาดเคลื่อนในการตรวจวัด CO_2 ที่ระดับต่าง ๆ



ภาพที่ 6 กราฟแสดงความคลาดเคลื่อนในการตรวจวัด CH_4 ที่ระดับต่าง ๆ

อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

อภิปรายผลการดำเนินการ

1) ประสิทธิภาพของ UAV ในการตรวจวัด CO_2 และ CH_4 เทียบกับการตรวจวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพ (Biogas 5000) พบว่าจากการตรวจวัดผ่าน UAV Biogas Sensor และ Biogas 5000 มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน มีค่าความคลาดเคลื่อนของ CO_2 ที่น้อยที่สุดเท่ากับ 418.43 ppm และมากที่สุด 831.57 ppm ผลการตรวจวัดตั้งแต่ 9.00-19.00 น. มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 675.03 ± 138.98 ppm สอดคล้องกับงานวิจัยของนายพงษ์พัฒน์ ไชยมงค์ และคณะ (2561) ที่ศึกษาการพัฒนาชุดตรวจวัดก๊าซสำหรับติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ พบว่าข้อมูลตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยชุดตรวจวัดก๊าซในห้องปฏิบัติการและเครื่องตรวจวัด UAV เซนเซอร์ รุ่น MG-811 พบว่าการตรวจวัดมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันในแต่ละจุดที่ตรวจวัด มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 138-399 ppm ส่วน CH_4 มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยสุด 0.04 ppm มากที่สุด 11.88 ppm แตกต่างจากงานวิจัยของนายพงษ์พัฒน์ ไชยมงค์ และคณะ (2561) ก๊าซมีเทน ให้ผลที่ค่อนข้างแตกต่างจากเครื่องตรวจวัดก๊าซอ้างอิง

2) จากการศึกษาช่วงเวลาและระดับความสูงที่เหมาะสมในการตรวจวัด CO_2 และ CH_4 พบว่าระดับความสูงที่เหมาะสมแก่การตรวจวัด CO_2 และ CH_4 คือ ระดับพื้น ช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 13.00 น. ที่อุณหภูมิระหว่าง $32^\circ\text{C} - 35^\circ\text{C}$ เป็นช่วงเวลาที่ผลการตรวจวัด CO_2 มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าช่วงเวลาอื่น และ

ในช่วงเวลา 13.00 น. ถึง 14.00 น. ที่อุณหภูมิ 33°C–35 °C เป็นช่วงเวลาที่ผลการตรวจวัด CH₄ มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าช่วงเวลาอื่น ๆ

3) จากการศึกษาปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม อุณหภูมิ และความเร็วลมที่มีผลต่อการตรวจวัด CO₂ และ CH₄ พบว่า อุณหภูมิที่ไม่เกิน 35 องศาเซลเซียส สามารถใช้อากาศยานไร้คนขับบินตรวจวัดก๊าซได้ปกติ แต่ในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 35 องศาเซลเซียสขึ้นไป ส่งผลกระทบต่อการบินตรวจวัด เนื่องจากทำให้อุณหภูมิแบตเตอรี่ของอากาศยานไร้คนขับสูงขึ้น ซึ่งเมื่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ที่สูงขึ้นจะทำให้ระยะเวลาในการบินตรวจวัดก๊าซลดลง และเนื่องจากความเร็วลมจากใบพัดของอากาศยานทำให้ความหนาแน่นของก๊าซมีความเบาบาง การตรวจวัดโดยใช้อากาศยานไร้คนขับจึงเหมาะแก่การบินไปยังจุดที่ต้องการและทำการตรวจวัดที่ระดับพื้น เนื่องจากการบินที่ระดับพื้นจะไม่ได้รับผลกระทบจากกระแสลมจากใบพัดของอากาศยานไร้คนขับ ความร้อนจากอุณหภูมิภายนอกส่งผลให้ประสิทธิภาพการบินของอากาศยานไร้คนขับ ลดลงจาก 15 นาทีที่บินได้โดยประมาณ ลดลงเหลือ 7-10 นาที เนื่องจากอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมส่งผลให้แบตเตอรี่อากาศยานไร้คนขับมีอุณหภูมิสูงขึ้นถึง 85 องศาเซลเซียส

ข้อเสนอแนะ

- 1) ควรเลือกใช้งานอากาศยานไร้คนขับเฉพาะช่วงที่สภาพภูมิอากาศเหมาะสม คือที่อุณหภูมิบรรยากาศไม่เกิน 35 องศาเซลเซียสและสภาพลมไม่แปรปรวน
- 2) เนื่องจากกระแสลมจากอากาศยานไร้คนขับมีกำลังค่อนข้างแรงอาจจะพัดเศษขยะปลิวมาติดอากาศยานไร้คนขับจนอาจจะได้รับความเสียหาย ควรใช้ความระมัดระวังในการตรวจวัด
- 3) ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับชนิดอื่น ๆ ในการตรวจวัด รวมถึงการตรวจวัดก๊าซชนิดอื่น ๆ เช่น H₂S, CO, N₂O เป็นต้น
- 4) ควรทำการบินด้วย UAV เพื่อสำรวจลักษณะพื้นผิวหลุมฝังกลบขยะและทำแผนที่ รวมถึงกำหนดจุดเก็บตัวอย่างก่อนทำการตรวจวัด
- 5) ควรมีแบตเตอรี่หรือแหล่งพลังงานสำรองให้กับ UAV เนื่องจากปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมบนหลุมฝังกลบขยะชุมชน ไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิ หรือความเร็วลมมีผลต่อประสิทธิภาพในการบินและการลงจอดเพื่อตรวจวัด และเก็บข้อมูลก๊าซชีวภาพของ UAV

บรรณานุกรม

- กรมควบคุมมลพิษ. (2563) รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย ปี 2563 สืบค้นวันที่ 27 พฤษภาคม 2563. เข้าถึงได้จาก https://www.pcd.go.th/pub_type
- กรมควบคุมมลพิษ. (2552).การจัดขยะมูลฝอยแบบฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) สืบค้นวันที่ 27 พฤษภาคม 2563. เข้าถึงได้จาก <https://www.pcd.go.th>
- จินตพร ยิ้มช้อย. (2558). การศึกษาสมบัติการตรวจวัดแก๊สไฮโดรเจนและเอทานอลของฟิล์ม เซนเซอร์ซิงก์ออกไซด์ที่เจือด้วยแพลเลเดียม. สืบค้นวันที่ 14 กรกฎาคม 2563. เข้าถึงได้จาก <http://ithesisir.su.ac.th/dspace/handle//319?mode=full>
- ตริยากานต์ พรหมคำ. (2563). การศึกษาสภาพปัญหาการจัดการขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลเมืองเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์. วารสารชุมชนวิจัยปีที่ 14 ฉบับที่ 4.(ตุลาคม-ธันวาคม 2563) สืบค้นวันที่ 27 พฤษภาคม 2563. เข้าถึงได้จาก <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/NRRU/article/download/243936/167985/>
- ธราวุฒิ บุญเหลือ. (2561). ประยุกต์ใช้เครื่องบินบังคับอัตโนมัติ เพื่อสร้างฐานข้อมูลแบบจำลองสารสนเทศอาคารสำหรับงานสถาปัตยกรรมผังเมือง กรณีศึกษา อ.ธาตุพนม จ.นครพนม. สืบค้นวันที่ 19 กรกฎาคม 2563. เข้าถึงได้จาก http://rms.msu.ac.th/report/show_research.php?action=show_data&data_id=6112
- พัชรี ศรีฤกตา และอุไรวรรณ อินทร์ม่วง. (2554). การประเมินผลกระทบสุขภาพของชุมชนที่อาศัยอยู่รอบบริเวณสถานที่ฝังกลบมูลฝอย เทศบาลนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น. สืบค้นวันที่ 21 ตุลาคม 2563. เข้าถึงได้จาก <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/kkujphr/article/view/118836>
- พงษ์ชีพพัฒน์ ไชยมงค์, สัจจา เตโชพลและภาสวิชญ์ บุญศรีทอง. (2561). การพัฒนาชุดตรวจวัดก๊าซ สำหรับติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ. สืบค้นวันที่ 23 มีนาคม 2564. เข้าถึงได้จาก <http://sutir.sut.ac.th:8080/jspui/bitstream/123456789/7172/2/Fulltext.pdf>
- สาธิต พันธุ์ชาลี และ อานนท์ อ่อนสกุล. (2559). โครงการเครื่องตรวจจับและแจ้งเตือนแก๊สไวไฟรั่วไหล (LPG Gas alarm sensor). สืบค้นวันที่ 14 กรกฎาคม 2563. เข้าถึงได้ <http://gas-lpg-alarm-sensor.blogspot.com/2017/02/lpg-gas-alarm-sensor.html>
- สมเจตน์ ทองคำ และจินตนา ศิริบุรณ์พิพัฒนา. (2561). ผลกระทบทางด้านสุขภาพของแรงงาน คู้ขยะ ในหลุมฝังกลบขยะ เทศบาลเมืองวารินชำราบ อำเภовารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี. สืบค้นวันที่ 21 ตุลาคม 2563. เข้าถึงได้จาก https://www.ubu.ac.th/web/files_up/08f2018032516250017