การศึกษาปริมาณฝุ่นละอองในเขตเทศบาลนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต
Study of Particulate Matter in Phuket Municipality, Phuket Province

ธิดารัตน์ คำล้อม
Tidarat Kumlom
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต
Environmental Science Program, Faculty of Science and Technology,
Phuket Rajabhat University

Submitted 23/4/2021 ; Revised 27/5/2021 ; Accepted 8/6/2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณฝุ่นชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ฝุ่นรวม (TSP) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) และเสนอแนะแนวทางการจัดการฝุ่นละอองในพื้นที่เขตเทศบาลนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต โดยติดตั้งเครื่อง High Volume Air Sampler งานวิจัยนี้ใช้วิธีการตรวจวัดตามระบบกราวิเมตริก ตามมาตรฐานการเก็บตัวอย่างของ U.S.EPA Code of Federal Regulation, Part 50 และตามมาตรฐานของประเทศไทยคือ กรมควบคุมมลพิษ และกรมโรงงานอุตสาหกรรม จากสถานที่เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในอากาศ ได้แก่ วงเวียนสุริยเดช วงเวียนนิมิต วงเวียนสุรินทร์ สวนสาธารณะเฉลิมพระเกียรติ และสวนสาธารณะสะพานหิน ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือน ธันวาคม 2563 – มกราคม 2564 ผลการศึกษาปริมาณฝุ่นละอองในเขตเทศบาลนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต พบว่า ฝุ่น TSP มีค่าเฉลี่ย 0.0329 mg/m^3 (ไม่เกิน 0.33 mg/m^3) PM10 มีค่าเฉลี่ย 0.0329 mg/m^3 (ไม่เกิน 0.12 mg/m^3) และ PM2.5 มีค่าเฉลี่ย 0.0329 mg/m^3 (ไม่เกิน 0.05 mg/m^3) ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศโดยทั่วไปของประเทศไทยที่กำหนดไว้ในเวลา 24 ชั่วโมง ตามเกณฑ์ของกรมควบคุมมลพิษ ส่วนแนวทางการจัดการฝุ่นละออง ควรดำเนินการทั้งมาตรการป้องกันและการควบคุม เช่น การบังคับใช้กฎหมาย การบริหารจัดการเชิงพื้นที่ รวมถึงการป้องกันและลดการเกิดมลพิษที่ต้นทาง

คำสำคัญ: ฝุ่นรวม ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน เทศบาลนครภูเก็ต

***ผู้ประสานงานหลัก (Corresponding Author)**
E-mail: tidarat.k@pkru.ac.th

Abstract

This research aims to study the particulate matter concentrations of total suspended particulate (TSP) and fine particulate matters PM10 and PM2.5 and to suggest dust control management by installing the High Volume Air Sampler. This research used measurement methods regarding the gravimetric system following the U.S.EPA Code of Federal Regulation, Part 50 sampling standards and also based on Thai Standards, which are the Pollution Control Department and the Department of Industrial Works. The sampling areas in this study were Suriyadet Circle, Nimit Circle, Surin Circle, Chaloem Phra Kiat Public Park and Saphan Hin Public Park. The period of data collection was from December 2020 to January 2021. The average particulate matter concentrations of each particle matter were 0.0329 mg/m^3 for TSP (not exceed 0.33 mg/m^3), 0.0329 mg/m^3 for PM10 (not exceed 0.12 mg/m^3), and 0.0329 mg/m^3 for PM2.5 (not exceed 0.05 mg/m^3). These particulate matter concentrations did not exceed the general air quality standards of Thailand set in 24 hours based on the Pollution Control Department's guidelines. In terms of the dust management guidelines, both prevention and control should be well conducted. For instance, law enforcement, spatial management and also prevention and reduction of pollution at the source.

Keyword: TSP, PM10, PM2.5, Phuket Municipality

บทนำ

ปัจจุบันฝุ่นละอองเป็นมลพิษทางอากาศที่เป็นปัญหาหลักในชุมชนขนาดใหญ่ ฝุ่นละอองมีขนาดตั้งแต่ 0.002 ไมครอน ซึ่งเป็นกลุ่มของโมเลกุล ไปจนถึงฝุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่า 500 ไมครอน ซึ่งเป็นฝุ่นทรายขนาดใหญ่ มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ฝุ่นละอองอาจมีสภาพเป็นของแข็งหรือของเหลว ฝุ่นละอองที่แขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานมักจะเป็นฝุ่นละอองขนาดเล็ก (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 10 ไมครอน) เนื่องจากมีความเร็วในการตกตัวต่ำ หากมีแรงกระทำจากภายนอกเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้อง เช่น การไหลเวียนของอากาศ กระแสลม เป็นต้น จะทำให้ฝุ่นเหล่านี้แขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานมากขึ้น ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 100 ไมครอน) อาจแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้เพียง 2-3 นาที แต่ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 0.5 ไมครอน อาจแขวนอยู่ในอากาศได้นานเป็นปี [1] แหล่งที่มาของฝุ่นละอองในบรรยากาศ โดยทั่วไปจะแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ได้แก่ ดิน ทราย หิน ละอองไอน้ำ เขม่าควันจากไฟป่า และฝุ่นเกลือจากทะเล เป็นต้น และฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมที่มนุษย์สร้างขึ้น ได้แก่ ฝุ่นจากการคมนาคมขนส่งและการจราจร เช่น ฝุ่นดินทรายที่ฟุ้งกระจายในถนน และฝุ่นจากการก่อสร้าง การจำแนกอนุภาคฝุ่นตามขนาดแบ่งไว้ 3 ประเภท ได้แก่ อนุภาคฝุ่นทั้งหมด (TSP) คือ อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอนทั้งหมด อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10) และอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (PM 2.5) [2] ฝุ่นละอองมีผลกระทบต่อสภาพบรรยากาศทั่วไป โดยจะลดความสามารถในการมองเห็น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาด ความหนาแน่น และองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองนั้น ๆ ฝุ่นละอองสามารถทำอันตรายต่อวัตถุและสิ่งก่อสร้างได้ เช่น การสึกกร่อนของโลหะ การทำลายผิวหน้าของสิ่งก่อสร้าง ความสกปรกเลอะเทอะของวัตถุ เป็นต้น และผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ คือ ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษหรือเหตุเดือดร้อนรำคาญ ส่วนฝุ่นละอองที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ได้จะมีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน เมื่อเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจจะเกาะตัวหรือตกตัวได้ในส่วนต่าง ๆ ของระบบทางเดินหายใจ ก่อให้เกิดการระคายเคืองและทำลายเนื้อเยื่อของอวัยวะนั้น ๆ เช่น เนื้อเยื่อปอด ซึ่งหากได้รับในปริมาณมากหรือในช่วงเวลานานจะสามารถสะสมในเนื้อเยื่อปอด ทำให้การทำงานของปอดเสื่อมประสิทธิภาพลง และมีโอกาสเกิดโรคของระบบทางเดินหายใจเนื่องจากการติดเชื้อเพิ่มขึ้นได้ [3]

จังหวัดภูเก็ตมีการส่งเสริมการท่องเที่ยวตามจุดแข็งของจังหวัด การพัฒนาและขยายตัวทางเศรษฐกิจและสังคมอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ กล่าวคือ มีการอพยพของประชาชนเข้าสู่ย่านการท่องเที่ยวเพื่อทำงาน การจราจรเริ่มหนาแน่นในเทศกาลต่าง ๆ และติดขัดบางพื้นที่ในชั่วโมงเร่งด่วน สารมลพิษที่ถูกปล่อยจากท่อไอเสียของรถยนต์ โดยเฉพาะเครื่องยนต์ดีเซลที่มีการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ และจากการตรวจวัดการกระจายของฝุ่นละอองในอากาศในเขตพื้นที่บริเวณอำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยการสุ่มตัวอย่างบริเวณที่มีประชากรแออัดและมีการจราจรหนาแน่น ในช่วงเดือนมีนาคม-เมษายน 2553 พบว่า ฝุ่นละอองมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.11 – 2.10 mg/m^3 และไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ [4] และจากข้อมูลสถิติจำนวนรถตามกฎหมายรถยนต์จดทะเบียนสะสมประจำปีของสำนักงานขนส่งจังหวัดภูเก็ต พบว่า ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2557 – 2561 มีปริมาณยานพาหนะที่เพิ่มขึ้นในแต่ละปีดังนี้ 424,986 คัน 434,272 คัน 441,320 คัน 452,565 คัน และ 469,448 คัน ตามลำดับ โดยเฉพาะรถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล รถยนต์บริการธุรกิจ และรถยนต์บริการทัศนาจร ที่เป็นรถเครื่องยนต์ดีเซล [5] สิ่งเหล่านี้ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศด้านฝุ่นละอองขึ้นในจังหวัดภูเก็ต โดยเฉพาะในย่านที่เป็นแหล่งท่องเที่ยว จากแนวโน้มปัญหาฝุ่นละอองซึ่งส่งผลต่อปัญหาสุขภาพของประชาชน และความจำเป็นในการเฝ้าระวังการเกิดปัญหาฝุ่นละอองในเมืองใหญ่ การวิจัยนี้จึงเลือกศึกษาปริมาณฝุ่นละอองในเขตเทศบาลนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต เพื่อเพิ่มความสามารถในการเฝ้าระวังปัญหามลพิษทางอากาศ และเป็นประโยชน์แก่หน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการศึกษาติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศ และใช้ประโยชน์ช่วยในการวางแผน กำหนดนโยบาย การติดตามประเมินผลโครงการ การจัดสรรงบประมาณ ตลอดจนการบริหารจัดการเชิงพื้นที่ต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อตรวจวัดปริมาณฝุ่นละออง TSP, PM10 และ PM2.5 ในเขตเทศบาลนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต
2. เพื่อเสนอแนะแนวทางการจัดการฝุ่นละอองในพื้นที่เขตเทศบาลนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต

วิธีดำเนินการวิจัย

ประเภทของฝุ่นละออง

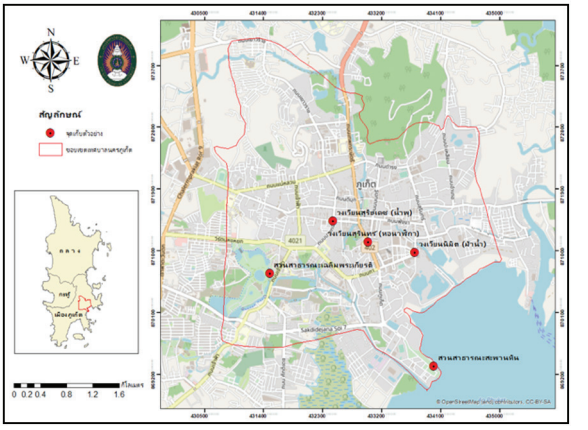
ประเภทของฝุ่นละอองที่ตรวจวัด คือ ปริมาณฝุ่นละอองรวม (TSP) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) ตามมาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ

ระยะเวลาในการตรวจวัด

โดยเก็บตัวอย่างตั้งแต่เดือน ธันวาคม 2563 – มกราคม 2564 จำนวน 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 3 วัน คือ วันเสาร์ วันอาทิตย์ และวันจันทร์

สถานที่ใช้เก็บข้อมูล

สถานที่เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในอากาศจะเน้นไปที่เส้นทางสู่แหล่งท่องเที่ยวและสถานที่พักผ่อนหย่อนใจของเทศบาลนครภูเก็ต ได้แก่ วงเวียนสุริยเดช วงเวียนนิมิต วงเวียนสุรินทร์ สวนสาธารณะเฉลิมพระเกียรติ และสวนสาธารณะสะพานหิน ดังภาพที่ 1 และภาพที่ 2



ภาพที่ 1 จุดเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในเขตเทศบาลนครภูเก็ต

สวนสาธารณะสะพานหิน

วงเวียนนิมิต (ม้าน้ำ)

สวนสาธารณะเฉลิมพระเกียรติ

วงเวียนสุรินทร์ (หอนาฬิกา)

วงเวียนสุริยเดช (น้ำพุ)

ภาพที่ 2 สถานที่เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในเขตเทศบาลนครภูเก็ต

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) ตู้ดูดความชื้น ปากคีบ และเครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียด (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

2) กระดาษชนิดใยแก้ว (สำหรับการเก็บตัวอย่าง TSP) และกระดาษกรองชนิดใยหิน (สำหรับการเก็บตัวอย่าง PM10 และ PM2.5) ขนาด 8×10 นิ้ว

3) เครื่องมือเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในอากาศ รุ่น Ecotech World Class Environmental Monitoring Model Number HVS 3000 Serial Number 18 – 1837 พร้อมชุดอุปกรณ์ควบคุมการไหลของอากาศที่ได้รับการรับรองจากผู้ผลิตแล้ว และชุดปรับเทียบ Calibration Orifice

การเตรียมกระดาษกรอง

การเตรียมกระดาษกรองก่อนและหลังเก็บตัวอย่าง โดยตรวจหารูขนาดเล็กหรือความบกพร่องอื่น และนำกระดาษกรองไปใส่ในตู้ดูดความชื้น ควบคุมสภาวะที่อุณหภูมิห้องระหว่าง 15-30°C (±3°C) และความชื้นสัมพัทธ์น้อยกว่า 50% (±5%) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชั่งกระดาษกรองในหน่วยกรัมและบันทึกน้ำหนักกระดาษกรอง

การเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง

สำหรับ TSP, PM10 และ PM2.5 บริเวณที่กำหนดให้มีความสูงจากพื้น 1.5 เมตร ห่างจากสิ่งกีดขวางในระยะ 5 เมตร ในแนวราบ โดยมีขั้นตอนการเก็บตัวอย่างดังนี้

1) ปรับเทียบการทำงานของเครื่องเก็บตัวอย่างให้ได้อัตราการไหล สำหรับ TSP เท่ากับ 1.4 m^3/min และสำหรับ PM10 และ PM2.5 เท่ากับ 1.2 m^3/min โดยใช้ชุดปรับเทียบ Calibration Orifice

2) เปิดหลังคาเครื่องทำความสะอาดพร้อมนำกรอบโลหะและแผ่นยางออก

นำกระดาษกรองที่ชั่งน้ำหนักแล้ววางบนตะแกรง และจัดวางกระดาษกรองให้สมดุลกับตะแกรง หลังจากนั้นนำกรอบโลหะพร้อมแผนยางปิดทับกระดาษกรองเข้าที่เดิม ตั้งเวลาการทำงานของเครื่อง และปิดประตูและหลังคาของเครื่องพร้อมเปิดเครื่องเมื่อครบกำหนดเวลา 24 ชั่วโมง

นำกระดาษกรองออกจากเครื่อง โดยใช้ปากคีบที่สะอาดจับขอบกระดาษกรองใส่ในถุงพลาสติก นำกลับไปวิเคราะห์หาระดับฝุ่นละอองในอากาศในหน่วยมิลลิกรัมเพื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

การคำนวณความเข้มข้นของฝุ่นละออง TSP, PM10 และ PM2.5 สามารถคำนวณหาปริมาตรอากาศได้จากสมการที่ (1) และคำนวณหาความเข้มข้นฝุ่นละอองในอากาศในหน่วย mg/m^3 ได้จากสมการที่ (2) ที่สภาวะมาตรฐาน อุณหภูมิ 25°C และความกดของอากาศ 760 mmHg ดังนี้

$V_{std} = Q_{std} \times T$ สมการที่ (1)

เมื่อ V_{std} = ปริมาตรอากาศมาตรฐาน (m^3)

Q_{std} = อัตราการไหลของอากาศมาตรฐาน (m^3/min)

T = เวลาในการเก็บตัวอย่าง (min)

ความเข้มข้นของฝุ่นละออง $= \frac{(W_f - W_i)}{V_{std}} \times 10^3$ สมการที่ (2)

เมื่อ W_f คือ น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง (g)

W_i คือ น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง (g)

V_{std} คือ ปริมาตรอากาศที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน (m^3)

ผลที่ได้จะใช้เทียบเคียงกับมาตรฐานจากประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2538) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศทั่วไป และประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 36 (พ.ศ. 2553) เรื่อง กำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในบรรยากาศทั่วไป

การเสนอแนะแนวทางการจัดการฝุ่นละอองในพื้นที่เขตเทศบาลเมืองภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต

ใช้วิธีการวิจัยเชิงเอกสาร โดยการสังเคราะห์บทความวิจัยที่อยู่ในฐานข้อมูล รายงาน และเอกสารที่เผยแพร่โดยหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องกับฝุ่นละออง [6]

ผลการวิจัย

ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในเขตเทศบาลนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต

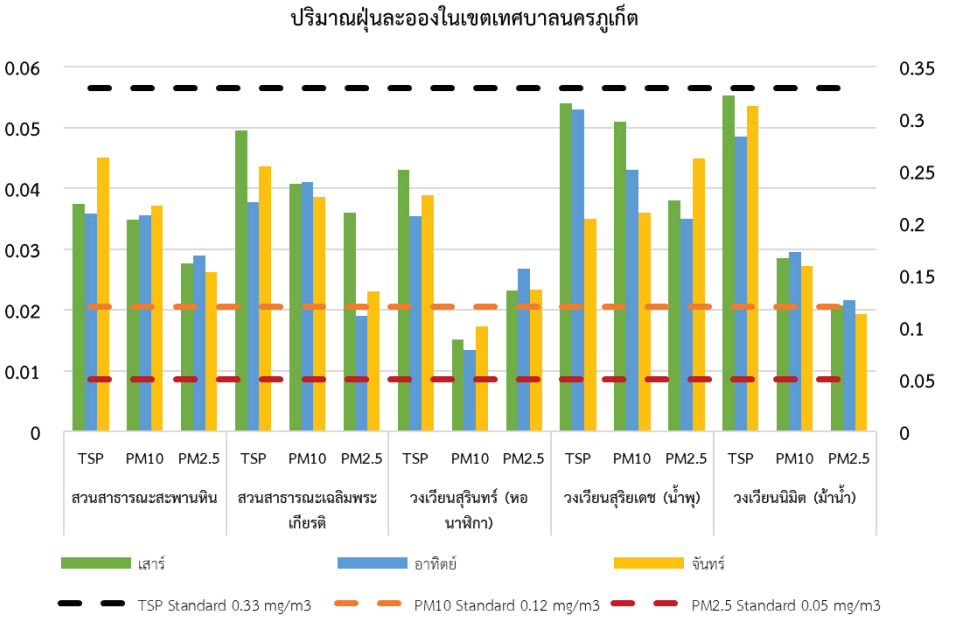
จากการเก็บตัวอย่างปริมาณความเข้มข้นฝุ่นละอองในบรรยากาศบริเวณเทศบาลนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต ด้วยเครื่อง High Volume Air Sampler เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำมาวิเคราะห์หาปริมาณฝุ่นละอองด้วยวิธีการตรวจวัดแบบ Gravimetric method ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองในบรรยากาศ

สถานที่	TSP (mg/m^3)	PM10 (mg/m^3)	PM2.5 (mg/m^3)
สวนสาธารณะสะพานหิน	0.0395	0.0359	0.0276
สวนสาธารณะเฉลิมพระเกียรติ	0.0437	0.0401	0.0260
วงเวียนสุรินทร์ (หอนาฬิกา)	0.0392	0.0153	0.0244
วงเวียนสุริยเดช (น้ำพุ)	0.0470	0.0430	0.0390
วงเวียนนิมิต (ม้าน้ำ)	0.0525	0.0285	0.0206
ค่าเฉลี่ย	**0.0365**	**0.0326**	**0.0275**
ค่า SD	**0.0056**	**0.0111**	**0.0069**
ค่ามาตรฐาน*	**0.33**	**0.12**	**0.05**

*ค่ามาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศทั่วไปของ TSP, PM10 และ PM2.5 ของประเทศไทยที่กำหนดไว้ในเวลา 24 ชั่วโมง ตามเกณฑ์ของกรมควบคุมมลพิษ (กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง TSP, PM10 และ PM2.5 ในบรรยากาศบริเวณเทศบาลนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต ทั้ง 5 สถานี ที่ตรวจวัดเป็นเวลา 3 วัน คือ วันเสาร์ วันอาทิตย์ และวันจันทร์ ได้ผลดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ปริมาณฝุ่นละออง TSP, PM10 และ PM2.5

จากตารางที่ 1 ผลการศึกษาปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง TSP ในบรรยากาศทั้ง 5 บริเวณ พบว่า สถานีที่มีค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นละออง TSP มากที่สุด คือ วงเวียนนิมิต (ม้าน้ำ) รองลงมาคือ วงเวียนสุริยเดช (น้ำพุ) สวนสาธารณะเฉลิมพระเกียรติ สวนสาธารณะสะพานหิน และวงเวียนสุรินทร์ (หอนาฬิกา) ตามลำดับ โดยพบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง TSP ที่ตรวจวัดได้ในเวลา 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.0365 mg/m^3 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2538) ที่กำหนดว่าค่าเฉลี่ยของฝุ่นละออง TSP ในเวลา 24 ชั่วโมง ต้องไม่เกิน 0.33 mg/m^3 และจากภาพที่ 3 เมื่อแยกพิจารณารายวัน พบว่า วงเวียนนิมิต (ม้าน้ำ) มีปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง TSP มากที่สุดในวันเสาร์

ผลการศึกษาปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM10 ในบรรยากาศทั้ง 5 บริเวณ พบว่า สถานีที่มีค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นละออง PM10 มากที่สุด คือ วงเวียนสุริยเดช (น้ำพุ) รองลงมาคือ สวนสาธารณะเฉลิมพระเกียรติ สวนสาธารณะสะพานหิน วงเวียนนิมิต (ม้าน้ำ) และวงเวียนสุรินทร์ (หอนาฬิกา) ตามลำดับ โดยพบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มข้นฝุ่นละออง PM10 ที่ตรวจวัดได้ในเวลา 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.0326 mg/m^3 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2538) ที่กำหนดว่าค่าเฉลี่ยของฝุ่นละออง PM10 ในเวลา 24 ชั่วโมง ต้องไม่เกิน 0.12 mg/m^3 และพบว่า วงเวียนสุริยเดช (น้ำพุ) มีปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM10 มากที่สุดในวันเสาร์

ผลการศึกษาปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM2.5 ในบรรยากาศทั้ง 5 บริเวณ พบว่า สถานีที่มีค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 มากที่สุด คือ วงเวียนสุริยเดช (น้ำพุ) รองลงมาคือ สวนสาธารณะสะพานหิน

สวนสาธารณะเฉลิมพระเกียรติ วงเวียนสุรินทร์ (หอนาฬิกา) และวงเวียนนิมิต (ม้าน้ำ) ตามลำดับ โดยพบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มข้นฝุ่นละอองที่ตรวจวัดได้ในเวลา 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.0275 mg/m^3 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 36 (พ.ศ. 2553) ที่กำหนดว่าค่าเฉลี่ยของฝุ่นละออง PM2.5 ในเวลา 24 ชั่วโมง ต้องไม่เกิน 0.05 mg/m^3 และพบว่า วงเวียนสุริยเดช (น้ำพุ) มีปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM2.5 มากที่สุดในวันเสาร์

ข้อเสนอแนะแนวทางการจัดการฝุ่นละอองในพื้นที่เขตเทศบาลนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต

มาตรการป้องกันและควบคุมปัญหาฝุ่นละออง พบว่า

1) มาตรการด้านกฎหมายในการควบคุมแหล่งกำเนิดเป็นมาตรการที่มีประสิทธิผล ชัดเจน ง่ายต่อการปฏิบัติและกำกับดูแล และมีผลในระยะยาวอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ มาตรฐานคุณภาพเชื้อเพลิงและมาตรฐานไอเสียรถยนต์ เนื่องจากการกำกับดูแลโรงกลั่นน้ำมันและบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ซึ่งมีจำนวนน้อย สามารถทำได้ง่าย อีกทั้งบริษัทสามารถผลักภาระค่าใช้จ่ายไปให้ผู้บริโภคได้

2) มาตรการเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการเชิงพื้นที่ ระยะเร่งด่วน ได้แก่ (1) ติดตามเฝ้าระวังสถานการณ์ ประสานข้อมูลกับกรมควบคุมมลพิษ และ GISTDA (2) จัดทำแผนเผชิญเหตุทั้งก่อน-ระหว่าง-หลัง เกิดเหตุ ตามพระราชบัญญัติป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย พ.ศ. 2550 และ (3) ประชาสัมพันธ์ แจ้งเตือน แนะนำข้อปฏิบัติตนแก่ประชาชน โดยเฉพาะกลุ่มเสี่ยง หลีกเลี่ยงกิจกรรมกลางแจ้ง และสวมใส่หน้ากากอนามัย

3) มาตรการป้องกันและลดการเกิดมลพิษที่ต้นทาง ได้แก่ (1) การขนส่งและจราจร โดยเข้มงวดตรวจจับรถควันดำ เร่งระบายการจราจรไม่ให้ติดขัด ส่งเสริมการใช้ระบบขนส่งสาธารณะ ตรวจสภาพ บำรุงรักษายานพาหนะขนส่งสาธารณะ และทำความสะอาดพื้นผิวถนน (2) การควบคุมการเผาในที่โล่งอย่างเคร่งครัด และ (3) การป้องกันและลดปริมาณฝุ่นละอองจากการก่อสร้าง

อภิปรายผลการวิจัย

การตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองรวม (TSP) ในเขตเทศบาลนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต จำนวน 5 สถานี พบว่า มีปริมาณฝุ่นละอองรวมไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศโดยทั่วไปของประเทศไทยที่กำหนดไว้ในเวลา 24 ชั่วโมง (ไม่เกิน 0.33 mg/m^3) โดยพบว่าสถานีที่มีเฉลี่ยปริมาณฝุ่นละอองมากที่สุด คือ วงเวียนนิมิต (ม้าน้ำ) มีปริมาณ 0.0525 mg/m3 และสถานีที่มีเฉลี่ยปริมาณฝุ่นละอองน้อยที่สุด คือ วงเวียนสุรินทร์ (หอนาฬิกา) มีปริมาณ 0.0392 mg/m3 ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องการศึกษาปริมาณฝุ่นละอองรวมบริเวณโรงอาหารแปดเหลี่ยม มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ที่พบว่า ปริมาณฝุ่นละอองรวมมีค่าเฉลี่ย 0.0329 mg/m^3 [7] และการศึกษาการกระจายตัวของฝุ่นละอองในอำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยการสุ่มตัวอย่างบริเวณที่มีประชากรแออัดและการจราจรหนาแน่น พบว่า ปริมาณฝุ่นละอองอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัยตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษปี พ.ศ. 2553 [4] ในบางช่วงที่เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองนั้นมีกระแสลมแรงและทิศทางการเคลื่อนไหวของมวลอากาศเบา สภาพอากาศแห้ง ทำให้มีการแพร่กระจายของฝุ่นละอองได้ง่าย สอดคล้องกับคุณภาพอากาศบนพื้นที่สูงในอิหร่านที่พบว่า การพัดพาโดยลมที่มีความเร็วมากกว่า 5 เมตรต่อนาที ที่พัดจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ไปทิศตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นปัจจัยที่ทำให้ฝุ่นละอองเพิ่มขึ้น [8] นอกจากนี้ เขตเทศบาลนครภูเก็ตมีพื้นที่บางส่วนติดทะเลและเปิดโล่ง จึงได้รับอิทธิพลของลมทะเลโดยเฉพาะในตอนกลางวัน ทำให้มีความแปรปรวนของสภาพอากาศที่เกิดจากลมทะเลมาก ซึ่งลมทะเลจะพัดพาเกลือทะเลและฝุ่นละอองเข้าสู่ฝั่งและเป็นฝุ่นละอองขนาดใหญ่ ส่งผลทำให้ความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่วัดได้มีค่าสูง และในบางช่วงที่เก็บตัวอย่างพบว่า มีสภาพอากาศชื้น เมฆมาก มีฝนตกบ่อยครั้ง และลมสงบ ส่งผลให้มวลอากาศนำพาฝุ่นละอองลดต่ำลง การเคลื่อนย้ายอนุภาคฝุ่นจึงเกิดขึ้นได้น้อยกว่าในสภาพอากาศแห้ง ความเข้มข้นของฝุ่นละอองจึงมีค่าต่ำลง

สำหรับความเร็วและทิศทางลมโดยเฉลี่ยของพื้นที่ในช่วงที่เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองจากข้อมูลอุตุนิยมวิทยาในช่วงเดือนธันวาคมและมกราคม พบว่าทิศทางลมมาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ความเร็วลม 20-35 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทั้งนี้ปริมาณฝุ่นละอองที่วัดได้นั้นยังขึ้นกับสภาพอากาศของแต่ละวันด้วย

การตรวจวัดปริมาณฝุ่นละออง PM10 มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศโดยทั่วไปของประเทศไทยที่กำหนดไว้ในเวลา 24 ชั่วโมง (ไม่เกิน 0.12 mg/m^3) โดยสถานีที่มีค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นละออง PM10 มากที่สุด คือ วงเวียนสุริยเดช (น้ำพุ) มีปริมาณ 0.0430 mg/m^3 และสถานีที่มีค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นละออง PM10 น้อยที่สุด คือ วงเวียนสุรินทร์ (หอนาฬิกา) มีปริมาณ 0.0153 mg/m^3 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่รายงานคุณภาพอากาศในพื้นที่บริเวณ ต. ตลาดใหญ่ อ.เมือง จ.ภูเก็ต ที่มีค่าเฉลี่ย 0.0380 mg/m^3 [2] และการศึกษาองค์ประกอบของฝุ่นละอองในอากาศบนถนนทะเลหลวง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา พบว่า ปริมาณฝุ่นละออง PM10 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.00772 – 0.10802 mg/m^3 โดยมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ระดับ 0.12 mg/m^3 และไม่มีผลต่อสุขภาพ [9] จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของ PM10 ทุกครั้งที่เก็บตัวอย่างจะมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปของกรมควบคุมมลพิษ โดยการตรวจวัดพบว่า วันที่มีฝนตกลงมาจะทำให้ค่าปริมาณฝุ่นละอองที่วัดได้ของสถานีที่ตรวจวัดนั้นมีค่าลดลง และปริมาณฝุ่นละอองขึ้นอยู่กับสภาพอากาศในการเก็บตัวอย่าง เนื่องจากวันที่ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในเกิดฝนตกจึงทำให้เกิดการชะล้างของฝุ่นละออง และมีความชื้นค่อนข้างสูง สอดคล้องกับปริมาณฝุ่นละออง PM10 และ PM2.5 ที่ลดลงเนื่องจากมีความชื้นสูงขึ้น ความเร็วลมและอุณหภูมิที่ลดลง [10] และวงเวียนสุริยเดช (น้ำพุ) มีปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM10 มากที่สุดในวันเสาร์ เนื่องจากบริเวณวงเวียนเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีผู้คนเข้าไปอยู่รวมกันเป็นจำนวนมากในแต่ละวันเพื่อใช้เวลาในการท่องเที่ยวและค้าขาย และยังเป็นถนนสายหลักที่เป็นเส้นทางสู่แหล่งท่องเที่ยว มีการจราจรคับคั่ง ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณฝุ่นละออง TSP และ PM10 ที่เพิ่มขึ้นในเขตเมือง เนื่องจากมีประชาชนและการจราจรที่หนาแน่น [11] และการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง TSP และ PM10 บริเวณที่อยู่อาศัยและย่านพาณิชย์ของกรุงกัวลาลัมเปอร์ พบว่า ในย่านพาณิชย์มีค่าฝุ่นละอองที่สูงกว่าย่านที่อยู่อาศัย [12]

ส่วนปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศโดยทั่วไปของประเทศไทยที่กำหนดไว้ในเวลา 24 ชั่วโมง (ไม่เกิน 0.05 mg/m^3) เนื่องจากมีการเคลื่อนที่ของผู้คนน้อยลง การจราจร ตลาด และอุตสาหกรรมขนาดเล็กปิดตัวลง เพื่อหยุดการแพร่กระจายของ COVID-19 ส่งผลให้ปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 ลดลง [13] โดยพบว่าสถานีที่มีเฉลี่ยปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 มากที่สุด คือ วงเวียนสุริยเดช (น้ำพุ) มีปริมาณ 0.0390 mg/m^3 และสถานีที่มีเฉลี่ยปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 น้อยที่สุด คือ วงเวียนนิมิต (ม้าน้ำ) มีปริมาณ 0.0206 mg/m^3 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานคุณภาพอากาศในพื้นที่บริเวณ ต. ตลาดใหญ่ อ.เมือง จ.ภูเก็ต ซึ่งมีค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 ปริมาณ 0.0200 mg/m^3 [2] และวงเวียนสุริยเดช (น้ำพุ)

มีปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM2.5 มากที่สุดในวันเสาร์ เพราะฝุ่นละอองส่วนใหญ่มาจากการจราจรที่คับคั่งจากรถยนต์ที่มีปริมาณมากของนักท่องเที่ยว ซึ่งสอดคล้องกับรายงานผลการศึกษาการส่งเสริมการท่องเที่ยวกับการฟุ้งกระจายของสภาวะฝุ่นละอองในเส้นทางสู่แหล่งท่องเที่ยวจังหวัดสมุทรสงคราม พบว่า ปริมาณฝุ่นละออง TSP และ PM10 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดในวันเสาร์ในเส้นทางสู่แหล่งท่องเที่ยวตลาดน้ำนาคา สาเหตุมากจากยานพาหนะ ร้อยละ 76.19 และเมื่อมีการจราจรหนาแน่นก็ตรวจวัดฝุ่นละอองได้ในปริมาณสูงในบริเวณนั้น [14]

แนวทางในการจัดการฝุ่นละอองควรดำเนินการทั้งการป้องกันและการควบคุม เช่น การบังคับใช้กฎหมาย การป้องกันและลดการเกิดมลพิษที่ต้นทาง การถ่ายทอดองค์ความรู้ ผลเสียหายและผลกระทบที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับฝุ่นละอองทั้งด้านเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และคุณภาพชีวิตที่เกิดขึ้นให้กับประชาชนได้รับทราบ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาแนวทางการจัดการ PM2.5 บริเวณภาคเหนือของประเทศไทย โดยเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ ในระยะเริ่มแรกควรมีการออกกฎหมายกำหนดช่วงเวลาในการใช้รถดีเซล เพราะไอเสีย

รถดีเซลเป็นแหล่งกำเนิดของ PM2.5 ส่วนในระยะยาวควรมีการเปลี่ยนประเภทของเชื้อเพลิง มีการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันเชื้อเพลิง นอกจากนี้ยังควรกำหนดมาตรการเกี่ยวกับอายุการใช้งานของรถแต่ละประเภทอย่างเข้มงวด [6] การพัฒนาโครงข่ายการให้บริการขนส่งสาธารณะให้เชื่อมโยงทุกระบบ ผลักดันให้ใช้รถโดยสารปรับอากาศที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ รถโดยสารไฟฟ้า รถโดยสารไฮบริด รถไฟฟ้า ลดภาษีรถยนต์ไฟฟ้า ทดแทนรถราชการเก่าด้วยรถยนต์ไฟฟ้า และจำกัดจำนวนรถเข้าเมืองในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็น [15] และมีการบังคับใช้อย่างจริงจัง เช่น พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 มีบทบัญญัติให้มีการประกาศกำหนดให้โครงการหรือกิจการซึ่งต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม โดยผู้จัดทำรายงานจะต้องระบุมาตรการป้องกันฝุ่นละอองและมาตรการติดตามผลกระทบสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการตั้งหน่วยงานเพื่อมาบังคับใช้กฎหมายต่อการควบคุมและการป้องกันมลพิษฝุ่นละอองอย่างชัดเจน การวิจัยครั้งต่อไปควรเป็นการศึกษาในทุกฤดูกาล เพื่อให้ครอบคลุมระบบการพัดของลมและการสะสมของมลพิษทางอากาศในจังหวัดภูเก็ต และควรมีการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองอย่างต่อเนื่อง เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศด้านฝุ่นละออง

ปัญหาอุปสรรคของงานวิจัย

เนื่องจากช่วงเก็บตัวอย่างงานวิจัยเกิดสถานการณ์โรคระบาด COVID–9 จึงทำให้มีอุปสรรคในการเก็บตัวอย่างภาคสนามในเรื่องความปลอดภัยของทีมงานและเครื่องมือ ในระหว่างเก็บข้อมูลมีฝนตกหนัก ทำให้เกิดการชะล้างของฝุ่นละออง ซึ่งเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ คือ สภาพอากาศ และเกิดปัญหาขัดข้องเกี่ยวกับระบบไฟฟ้าและการตั้งเครื่องมือในพื้นที่ชุมชน

สรุปผลการวิจัย

การตรวจวัดปริมาณฝุ่นละออง TSP, PM10 และ PM2.5 โดยการเก็บตัวอย่างปริมาณฝุ่นละอองแบบต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง ด้วยเครื่อง High Volume Air Sampler ในเขตเทศบาลนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต จำนวน 5 สถานี มีค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นละอองไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศโดยทั่วไปของประเทศไทยที่กำหนดไว้ในเวลา 24 ชั่วโมง และแนวทางในการจัดการฝุ่นละอองควรดำเนินการทั้งการป้องกันและการควบคุม เช่น การบังคับใช้กฎหมาย การป้องกันและลดการเกิดมลพิษที่ต้นทาง การถ่ายทอดองค์ความรู้ ผลเสียหายและผลกระทบที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับฝุ่นละออง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต โครงการทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2563 สัญญาเลขที่ มรภ.11/2563 สนับสนุนทางด้านงบประมาณเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัย ขอขอบคุณสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 15 ที่ให้การสนับสนุนผู้เชี่ยวชาญ เครื่องมือเก็บข้อมูลและการใช้ห้องปฏิบัติการ และขอขอบคุณผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ทุกฝ่ายจากเทศบาลนครภูเก็ต ในจังหวัดภูเก็ต ที่กรุณาเสียสละเวลาในการติดตั้งสายไฟฟ้าและอำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่เพื่อเก็บข้อมูลวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] ศิวพันธุ์ ชูอินทร์. (2559). *มลพิษทางอากาศ (พิมพ์ครั้งที่ 2).* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[2] กรมควบคุมมลพิษ. (2564). *คุณภาพอากาศในพื้นที่บริเวณ ณ ต.ตลาดใหญ่ อ.เมือง จ.ภูเก็ต ปี 2564.* [ออนไลน์], สืบค้นจาก http://air4thai.pcd.go.th/webV2/download. php. (15 กุมภาพันธ์ 2564).

[3] กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง. (2547). *เกร็ดความรู้เรื่องฝุ่นละออง.* [ออนไลน์], สืบค้นจาก http://pcd.go.th/info_serv/air_dust.htm (17 พฤษภาคม 2564).

[4] สิริพร อุยสุย. (2553). *การตรวจวัดการกระจายของฝุ่นละอองในอากาศในเขตพื้นที่บริเวณ อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี.* รายงานการวิจัย. สุราษฎร์ธานี: มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี.

[5] สำนักงานขนส่งจังหวัดภูเก็ต. (2561). *สถิติจำนวนรถตามกฎหมายขนส่งจดทะเบียนสะสมประจำปีปฏิทิน*. [ออนไลน์], สืบค้นจาก https://www.dlt.go.th/site/phuket/m-download/5060/ (17 พฤษภาคม 2564).

[6] ขนิษฐา ชัยรัตนาวรรณ, และณัฐพศุตม์ ภัทธิราสินสิริ. (2563). แหล่งกำเนิด ผลกระทบ และแนวทางการจัดการ PM2.5 บริเวณภาคเหนือของประเทศไทย. *วารสารสมาคมนักวิจัย สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์,* 25(1), 461–474.

[7] Kumlom, T., & Choocherd, C. (2020). Quantity of particulate TSP and PM10 in cafeteria area Phuket Rajabhat University, Thailand using the high volume air sampler (pp 66 - 78). In *International Conference Sharing interlocal adaptation lessons: Climate Change Adaptations and Development in East and Southeast Asia Vietnam Institute of Economics (VIE)*. Vietnam.

[8] Fazel, M. M., Mohsen. H., Marzieh, F., Mehraban, S., Soleiman F., Ali, A., & Elahe, K. G. (2020). TSP, PM10, PM2.5, and PM1 in ambient air of Shahr-e Kord, Iran's rooftop; levels, characterization and health risk assessment of particles-bound heavy metals. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 1-16.

[9] วราวุฒิ ดวงศิริ, สมบูรณ์ ประสงค์จันทร์, และณิชา ประสงค์จันทร์. (2561). องค์ประกอบของฝุ่นละอองในอากาศบนถนนทะเลหลวง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา. *วารสารวิจัย มทร.กรุงเทพ*, 12(2), 26-39.

[10] Azam, N., Hossein, A., Zahra, A., & Mohammad, F. (2020). Indoor and outdoor concentration of PM10, PM2.5 and PM1 in residential building and evaluation of negative air ions (NAIs) in indoor PM removal. *Environmental Pollutants and Bioavailability*, 32(1), 47-55.

[11] Menichini, E., & Monfredini, F. (1995). A field comparison of total suspended particles and PM10 air samplers in collecting polycyclic aromatic hydrocarbons. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 61(4), 299-307.

[12] Rashid, Y. (1993). PM10 and TSP concentration at two sites of Kuala Lumpur. *Asian Environment*, 15, 41–52.

[13] Akshansha, C., & Ramesh, P. S. (2020). Decline in PM2.5 concentrations over major cities around the world associated with COVID-19. *Environmental Research*, 187, 1-4.

[14] อรัญ ขวัญปาน. (2553). *การส่งเสริมการท่องเที่ยวกับการฟุ้งกระจายของสภาวะฝุ่นละอองในเส้นทางสู่แหล่งท่องเที่ยวจังหวัดสมุทรสงคราม.* รายงานการวิจัย. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

[15] วิจิตตราภรณ์ สุขเจริญ, พิชชากร ตั้งอารมณ์สุข, มุกตาภา สนธิอัชชรา, กชพร ไวทยกุล, จิรายุ เศวตไกรพ, จิดาภา ภู่พงศ์เพ็ชร, รตรัฐ เข่งคุ้ม, ศักรินทร์ ภูผานิล และศราวุธ ลาภมณีย์. (2020). การศึกษามาตรการจัดการปัญหาฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ของประเทศไทยตามแนวทางองค์การอนามัยโลก. *วชิรเวชสารและวารสารเวชศาสตร์เขตเมือง*, 64(5), 345–356.