โครงการ
การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่น PM2.5 ในกรุงเทพมหานคร และปริมาณจุดความร้อนและทิศทางลมในภูมิภาค
The relation between levels of PM2.5 dust in Bangkok and hotspot and wind's direction in the region.

ชื่อนิสิต ติณณ์ ภวสันต์ **เลขประจำตัว** 5933424123

ภาควิชา ฟิสิกส์

ปีการศึกษา 2563

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่น PM2.5 ในกรุงเทพมหานคร และปริมาณจุดความร้อนและทิศทางลมในภูมิภาค

The relation between levels of PM2.5 dust in Bangkok and hotspot and wind's direction in the region

นาย ติณณ์ ภวสันต์

รหัสนิสิต 5933424123

อาจารย์ที่ปรึกษา อ.ดร. สธน วิจารณ์วรรณลักษณ์

ภาคปลายปีการศึกษา 2562

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

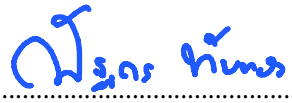
ชื่อโครงงาน	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่น PM2.5 ในกรุงเทพมหานคร และปริมาณจุดความร้อนและทิศทางลมในภูมิภาค
โดย	ติณณ์ ภวสันต์
ภาควิชา	ภาควิชาฟิสิกส์
ปีการศึกษา	2562
ที่ปรึกษาโครงการ	อ.ดร. สธน วิจารณ์วรรณลักษณ์

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2562

คณะกรรมการได้ตรวจรับรองรายงานฉบับนี้แล้ว

.....(ประธานกรรมการ)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พงษ์ ทรงพงษ์)


.....(กรรมการ)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐกร ทับทอง)

.....(อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ)

(อาจารย์ ดร. สธน วิจารณ์วรรณลักษณ์)

ชื่อโครงงาน	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่น PM2.5 ในกรุงเทพมหานคร และปริมาณจุดความร้อนและทิศทางลมในภูมิภาค
โดย	ติณณ์ ภวสันต์
ภาควิชา	ภาควิชาฟิสิกส์
ปีการศึกษา	2562
ที่ปรึกษาโครงการ	อ.ดร. สธน วิจารณ์วรรณลักษณ์

บทคัดย่อ

ปัญหาฝุ่นละออง PM2.5 ในพื้นที่กรุงเทพมหานครนั้นมีการกล่าวถึงสาเหตุที่มาของมันหลากหลายประการ รายงานฉบับนี้จึงมุ่งเน้นไปยังการหาสาเหตุและต้นตอของฝุ่นเหล่านั้นโดยใช้สมมติฐานที่หนึ่งว่าฝุ่นได้ถูกพัดพามาจากจุดที่มีการเผานอกกรุงเทพมหานคร และตั้งสมมติฐานที่สองว่าฝุ่นเกิดจากในกรุงเทพมหานครจากการใช้รถใช้ถนน จากนั้นทำการพิสูจน์สมมติฐานแรกด้วยการทำการทดลองโดยการใช้ข้อมูลฝุ่นจากกรมควบคุมมลพิษ ข้อมูลไฟจาก FIRMS และข้อมูลทิศทางลมจาก HYSPLIT มาประกอบกัน นำข้อมูลจุดที่มีการเผาไหม้ในทิศทางลมในช่วงเวลา 24 ชั่วโมงมาเปรียบเทียบกับฝุ่นในกรุงเทพมหานคร จากการทดลองแล้วพบว่าไม่มีความเกี่ยวข้องซึ่งกันและกัน ต่อมาจึงทดสอบสมมติฐานที่สอง คือการใช้รถใช้ถนนนั้นมีผลต่อฝุ่นในกรุงเทพมหานคร จึงได้ทำการเปรียบเทียบข้อมูลฝุ่นในช่วงปกติของปี พ.ศ. 2562 และช่วงที่มีมาตรการปิดเมืองของ พ.ศ. 2563 ผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่ามาตรการปิดเมืองไม่มีผลต่อปริมาณฝุ่นในกรุงเทพมหานครในช่วงเวลาดังกล่าวเช่นเดียวกัน จากนั้นรายงานฉบับนี้มองไปยังความสัมพันธ์ของทิศทางลมและปริมาณฝุ่น ทำการตรวจสอบว่ารูปแบบลมแบบไหนมีผลต่อปริมาณฝุ่นอย่างไร และกระแสลมนั้นพัดพาฝุ่นไปที่ใดหรือไม่ ผลการทดลองคือในเดือนมกราคม พ.ศ. 2562 ถ้าหากกระแสลมอ่อนพัดกระจายตัวไปทั่วพื้นที่ภาคกลางจะทำให้มีปริมาณฝุ่นในกรุงเทพมหานครสูงมากขึ้น และถ้าหากมีกระแสลมแรงพัดขึ้นจากทะเลจะทำให้พื้นที่ทางเหนือของกรุงเทพมหานครนั้นมีปริมาณฝุ่นมากขึ้นเพราะฝุ่นถูกพัดพาขึ้นไปจากกรุงเทพมหานคร

คำสำคัญ: ฝุ่น/PM2.5/กระแสลม/การเผาไหม้

Project Title	The relation between levels of PM2.5 dust in Bangkok and hotspot and wind's direction in the region
Name	Tin Pavasant
Department	Department of Physics
Academic Year	2019
Advisor	Aj. Sathon Vijarnwannaluk, Ph.D

Abstract

PM 2.5 dust problem in Bangkok are wildly debate for its source. This project mainly aims to locate the origin of the PM2.5 dust with the first hypothesis that the dust travel with the wind into Bangkok from burning spots from the region outside. Data include dust level from Pollution Control Department, wind's direction from HYSPLIT, and fire's spot from FIRMS, with all of this date the fire's spot in wind's direction are counted and compare to dust level in Bangkok with resolution of 24 hour. The result of the first hypothesis is false, dust level and fire's spot in wind's direction isn't related. Second hypothesis is the PM2.5 dust originate directly inside Bangkok from local traffic activity. Experiment setup with normal time in 2019 compare to quarantine time in 2020 and result rejected the second hypothesis as well. After that we look into the relation between wind and dust level in Bangkok to find if the wind pattern effected the dust. We found that when the low speed wind spread across Thailand's central region, dust level in Bangkok will rise and but when the wind blows from sea, south of Bangkok, dust in province north of Bangkok will increase because of the dust form Bangkok.

Keywords: Dust/PM2.5/wind/burning

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้จะเสร็จสมบูรณ์ไม่ได้หากไม่ได้ อ.ดร. สธน วิจารณ์วรรษลักษณ์ ที่ปรึกษาโครงการคอยให้คำปรึกษาติชม ต่าง ๆ จนกระทั่งโครงการผ่านลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอแสดงความขอบคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณกรมควบคุมมลพิษที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านข้อมูลที่ใช้ในรายงานฉบับนี้

ขอขอบคุณพี่ปรินท์ นางสาว วิชวรรณ สกุลสุพิชญ์ รุ่นพี่ที่ให้คำปรึกษาในช่วงต้นของการทำโครงงาน

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พงษ์ ทรงพงษ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐกรณ์ ทับทอง กรรมการทั้งสองท่านที่ช่วยเหลือติชมชี้ข้อบกพร่องระหว่างการกระทำนำเสนอโครงงานในขั้นต้นจนออกมาเป็นรูปเป็นร่าง

ขอขอบคุณเพื่อน รุ่นพี่ และรุ่นน้องในภาค ที่คอยช่วยเหลือสนับสนุนเป็นกำลังใจให้กันตลอดมา

ขอขอบคุณครอบครัวที่ช่วยเหลือและสนับสนุนในทุกด้าน และพร้อมจะให้คำปรึกษาช่วยเหลือโดยไม่มีเงื่อนไขใด ๆ

นาย ติณณ์ ภวสันต์

สารบัญ

บทคัดย่อ ..... ก

Abstract ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญภาพ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 2

1.2 วัตถุประสงค์ 3

1.3 สมมติฐาน 3

1.4 ขอบเขตการวิจัย 4

บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม 5

2.1 สภาพฝุ่นในกรุงเทพมหานคร 6

2.2 แหล่งกำเนิดของฝุ่น**PM**2.5ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล 6

2.3 โปรแกรม HYSPLIT 7

2.4 ข้อมูลไฟจาก FIRMS 8

บทที่ 3 กระบวนการจัดทำโครงงาน 10

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ 11

3.2 วิธีการจัดทำโครงงาน 11

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง 14

4.1 ข้อมูลปริมาณฝุ่นในกรุงเทพมหานคร 15

4.2 ข้อมูลไฟในทิศทางลม 16

4.3 ข้อมูลฝุ่นเปรียบเทียบเมื่อมีมาตรการปิดเมืองและยามปกติ 18

4.4 พิจารณาทิศทางลม 21
4.5 ข้อมูลฝุ่นในบริเวณอื่นรอบ ๆ กรุงเทพมหานคร 27
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 29
อ้างอิง 33
ภาคผนวก 34

สารบัญภาพ

รูปที่ 2.1 รูปแสดงความเข้มของฝุ่น PM 2.5 ในกรุงเทพมหานคร.....6
ระหว่างปี พ.ศ. 2554 – 2561

รูปที่ 2.2 ตัวอย่างของข้อมูลไฟจาก FIRMS ในรูปกราฟฟิก.....8
โดยที่จุดสีแดงหมายถึงบริเวณที่มีการเผาไหม้

รูปที่ 2.3 รูปข้อมูลในตารางที่ได้จาก FIRMS.....9

รูปที่ 3.1 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม HYPLIT.....12

รูปที่ 3.2 รูปแสดงข้อมูลที่ได้จากกรมควบคุมมลพิษ เปิดด้วยโปรแกรม Excel.....13

รูปที่ 4.1 รูปแสดงปริมาณฝุ่นในกรุงเทพมหานครต่อวัน.....16

รูปที่ 4.2 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดไฟและปริมาณฝุ่น.....18

รูปที่ 4.3 รูปแสดงฝุ่นเปรียบเทียบในช่วงเวลาเดียวกันของปี พ.ศ. 2562 และ 2563.....20

รูปที่ 4.4 รูปแสดงเส้นทางลมจากโปรแกรม HYSPLIT.....21 - 24
รายวันในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2562

รูปที่ 4.5 รูปแสดงปริมาณฝุ่นโดยระบุทิศทางลมของแต่ละวัน.....25

รูปที่ 4.6 รูปแสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝุ่น.....28
ในกรุงเทพมหานครและพระนครศรีอยุธยา

รูปที่ 4.6 รูปแสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝุ่น.....28
ในกรุงเทพมหานครและจังหวัดนครสวรรค์

รูปที่ 5.1 รูปแสดงทิศทางลมในวันที่ฝุ่นต่ำสุดของช่วง 26 มีนาคม ถึง 26 เมษายน.....32
ปี พ.ศ 2562 และ 2563

รูปที่ 5.2 รูปแสดงทิศทางลมในวันที่ฝุ่นสูงสุดของช่วง 26 มีนาคม ถึง 26 เมษายน.....32
ปี พ.ศ 2562 และ 2563

รูปที่ ก.1 รูปแสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงของฝุ่นในกรุงเทพมหานคร.....36
และจุดไฟในทิศทางลม
รูปที่ ก.2 รูปแสดงปริมาณฝุ่นในกรุงเทพและปริมณฑล.....37
รูปที่ ก.3 รูปแสดงปริมาณฝุ่นในกรุงเทพมหานครและอยุธยา.....37
รูปที่ ก.4 รูปแสดงปริมาณฝุ่นในกรุงเทพมหานครและนครสวรรค์.....38

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงอัตราส่วนของฝุ่น PM 2.5 ในกรุงเทพมหานครว่ามาจากแหล่งใดบ้าง.....7

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงปริมาณฝุ่นเฉลี่ยในกรุงเทพมหานคร.....15
ในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2562

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงจานวนจุดไฟที่นับได้ในแต่ละวัน.....16

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงประมาณฝุ่นเปรียบเทียบในช่วงเดียวกันของคนละปี.....18

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงรูปแบบลมในแต่ละวัน..... 25

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงค่าฝุ่นในลมแต่ละแบบและค่าเฉลี่ย.....26

ตารางที่ ก.1 ตารางแสดงปริมาณฝุ่นในกรุงเทพมหานครและพื้นที่รอบข้าง.....35

บทที่ 1

บทนำ

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัญหาฝุ่น PM2.5 ที่รบกวนกรุงเทพมหานครและภาคกลางของประเทศไทยในช่วงฤดูแล้งของหลายปีหลังที่ผ่านมานั้น กลับกลายเป็นปัญหาระดับประเทศซึ่งหน่วยงานราชการและนักวิจัยในหลายภาคส่วนได้ทำการวิจัยและวิเคราะห์ถึงปัญหาเอาไว้หลายคน

กล่าวโดยสรุปนั้นต้นตอหลักของฝุ่น PM2.5 ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลนั้นมาจากไอเสียดีเซลและการเผาไหม้ชีวมวลเป็นหลัก กว่าร้อยละ 70 ของฝุ่น PM2.5 ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑลมีสาเหตุมาจากสองสิ่งนี้ โดยเฉพาะในฤดูแล้ง (ช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนพฤษภาคม) ที่จะมีสาเหตุหลักมาจากเผาไหม้ชีวมวลถึงร้อยละ 35.5

แต่ว่าปัญหาที่พบเจอนั้นคือการเผาไหม้ชีวมวลเหล่านี้ ที่นิยามรวมถึงการเผาวัสดุทางการเกษตร การเผาไม้ และการเผาป่านั้น ไม่ใช่สิ่งที่เกิดขึ้นมากในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ทว่ากลับเป็นต้นตอหลักถึงร้อยละ 35.5

มีคำกล่าวอ้างมากมายถึงปริมาณร้อยละ 35.5 นี้มากมาย ทั้งมาจากการเผาวัสดุทางการเกษตร หรือมาจากไฟป่าในประเทศเพื่อนบ้าน แต่ก็ยังไม่ได้การยืนยันแน่ชัด ว่าฝุ่นเหล่านี้มีที่มาจากแหล่งใดบ้าง ที่สำคัญกว่านั้นคืออัตราส่วนของฝุ่นที่มาจากการเผาไหม้ชีวมวลเหล่านี้กลับไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงมากในช่วงเวลาต่าง ๆ ของปี คืออยู่ประมาณร้อยละ 30 และเป็นตัวเลขที่ใกล้เคียงกับฝุ่นจากไอเสียดีเซล เมื่อพิจารณาสภาพภายในกรุงเทพมหานครนั้นก็ไม่มีเหตุให้คิดว่าการใช้ดีเซลนั้นจะลดลงในช่วงใดช่วงหนึ่งของปี ฉะนั้นการที่ปริมาณฝุ่นเพิ่มลดอย่างมากในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝนก็สมควรจะมีสาเหตุด้านสภาพอากาศเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย กล่าวคือฝุ่นที่เกิดจากการเผาไหม้ชีวมวลนั้นน่าจะมีแหล่งกำเนิดมาจากพื้นที่อื่นและถูกพัดพาเข้ามาสะสมตัวในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

ในฤดูแล้ง ฝุ่น PM2.5 ในกรุงเทพมหานครที่มีแหล่งกำเนิดจากการเผาชีวมวลถึงร้อยละ 35.5 นั้น ไม่น่าจะมีสาเหตุมาจากภายในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล หมายความว่าที่จริงแล้วเรานั้นยังไม่สามารถบอกได้ว่าปัญหาการเผาวัสดุทางการเกษตรหรือการเผาป่าในบริเวณชนบทและประเทศเพื่อนบ้านนั้นเป็นผลกระทบโดยตรงต่อปัญหาฝุ่นในกรุงเทพมหานคร

ผู้เขียนจึงมีความคิดที่จะหาความสัมพันธ์ระหว่างการเผา, ทิศทางลมที่พัดพาฝุ่นไปในอากาศ และปริมาณฝุ่นในกรุงเทพมหานคร เพื่อยืนยันว่าต้นตอของฝุ่นชีวมวลร้อยละ 35.5 นั้นถูกพัดพามาตามลมจากแหล่งกำเนิดไฟจริงหรือไม่

ทั้งนี้เพื่อตรวจสอบการพัดพา จึงได้มีความคิดในการดูความเปลี่ยนแปลงของฝุ่นในพื้นที่เทียบกับทิศทางลมด้วย

อีกหนึ่งในปัจจัยหลักนั่นคือการเผาไหม้ดีเซล ซึ่งเป็นต้นตอประมาณร้อยละ 25 ทั้งในฤดูแล้งและฤดูฝน คำกล่าวอ้างถึงที่มาของฝุ่นในส่วนนี้ส่วนมากคือการใช้รถยนต์บนท้องถนนสาธารณะในกรุงเทพมหานคร ถ้าสามารถตรวจสอบได้ว่าการใช้รถยนต์นั้นมีผลต่อปริมาณฝุ่นได้จริงหรือไม่ การแก้ปัญหาฝุ่นก็จะทำได้โดยมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ก่อนหน้านี้การพิสูจน์ในส่วนนี้อาจจะทำได้ยาก แต่ในสถานการณ์โรคโควิด-19 ระบาดในช่วงต้นปี พ.ศ. 2563 ทำให้รัฐบาลออกมาตรการปิดเมือง ให้ประชาชนทำงานจากบ้าน ทำให้ผู้เขียนมองว่าถ้าหากนำปริมาณฝุ่นในช่วงปิดเมืองนี้เทียบกับผลปกติของปีที่แล้วนั้นก็มีความเป็นไปได้ในการหาผลสรุปในส่วนนี้

1.2 วัตถุประสงค์

(1) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเผาวัสดุทางการเกษตร ทิศทางลม และปริมาณฝุ่น PM 2.5 ในกรุงเทพมหานคร

(2) เพื่อตรวจสอบว่าปริมาณฝุ่นในกรุงเทพช่วงที่มีการปิดเมืองนั้นมีความแตกต่างกับยามปกติหรือไม่

(3) เพื่อระบุหาต้นตอของฝุ่น PM2.5 ที่มาจากการเผาชีวมวลนั้นมาจากจุดที่มีการเผาไหม้และถูกพัดพามาตามจริงหรือไม่

(4) เพื่อตรวจสอบว่าฝุ่นนั้นได้พัดพามาตามลมจริงหรือไม่

1.3 สมมติฐาน

(1) ปริมาณจุดไฟในทิศทางลมมีความสัมพันธ์ต่อปริมาณฝุ่นในกรุงเทพมหานคร

(2) ปริมาณฝุ่นในช่วงที่มีมาตรการปิดเมืองจะน้อยกว่าปริมาณฝุ่นของช่วงเดียวกันในปีที่แล้วที่ไม่ได้มีมาตรการปิดเมือง

1.4 ขอบเขตการวิจัย

(1) พื้นที่ที่ทำการศึกษาปริมาณฝุ่น PM2.5 นั้นจะเน้นผลกระทบต่อกรุงเทพมหานคร

(2) ระยะเวลาทำการศึกษาคือเริ่มจากวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2562 จนถึงวันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2562 วันสิ้นสุดการเก็บข้อมูล

(3) ระยะเวลาในการศึกษาเรื่องฝุ่นจากไอเสียดีเซลเริ่มจาก 26 มีนาคม ถึง 26 เมษายน ของปี พ.ศ. 2562 และ 2563

บทที่ 2

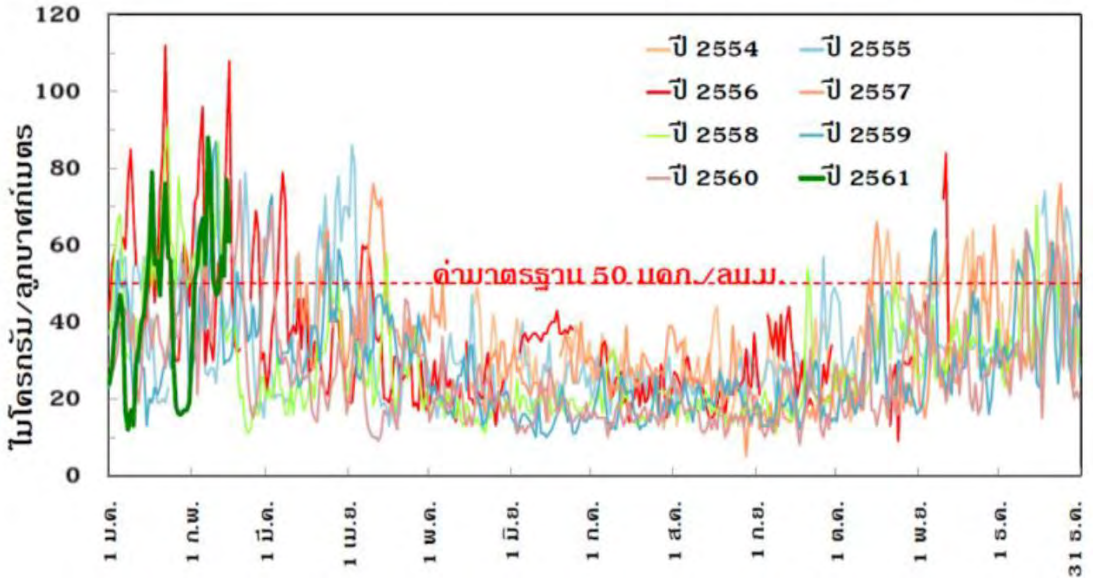
การทบทวนวรรณกรรม

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

2.1 สภาพฝุ่นในกรุงเทพมหานคร

สุพัฒน์ หวังวงศ์วัฒนา [1][4] ได้ให้ข้อมูลเอาไว้ว่า ตลอดหลายปีที่ผ่านมา กรุงเทพมหานครได้พบเจอปัญหาฝุ่นละออง PM 2.5 อย่างมาก ซึ่งปริมาณฝุ่นนั้น ได้เพิ่มขึ้นและลดลงสลับไปมาตลอดทั้งปี และจะเพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงฤดูแล้ง ช่วงเดือนมกราคาถึงเดือนกุมภาพันธ์ ดังรูป



รูปที่ 2.1 รูปแสดงความเข้มของฝุ่น PM 2.5 ในกรุงเทพมหานครระหว่างปี พ.ศ. 2554 – 2561

2.2 แหล่งกำเนิดของฝุ่นPM2.5ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

Kim Oanh [1][5] ได้เสนอผลการศึกษาว่าฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นในกรุงเทพมหานครนั้น มีสาเหตุหลักจากไอเสียดีเซล และการเผาชีวมวล ซึ่งรวมกันแล้วเป็นสาเหตุหลักกว่าครึ่งหนึ่งของฝุ่น PM 2.5 ทั้งหมดในกรุงเทพมหานคร

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงอัตราส่วนของฝุ่น PM 2.5 ในกรุงเทพมหานครว่ามาจากแหล่งใดบ้าง [5]

	Kim, 2007	Kim, 2017				พิสัย
ที่มา	ดินแดง	กรมควบคุมมลพิษ		เอไอที		
		ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	
ไอเสียดีเซล	52	26.4	20.8	29.2	27.2	20.8-29.2
การเผาชีวมวล	35	24.6	35.5	24.9	37.8	24.6-37.8
ฝุ่นทุติยภูมิ	8	20.7	15.8	20.5	15.2	15.2-20.7
โรงงาน	4	5.1	3.4	5.6	5.5	3.4-5.6
ดิน	1	6.0	4.1	9.6	3.8	3.8-9.6
อื่นๆ	-	17.2	20.4	10.2	10.5	10.2-20.4

ซึ่งการเผาไหม้ชีวมวลนี้ หมายถึงการเผาในที่โล่ง เช่นการเผาไร่นา หรือไฟไหม้ป่า ไม่ได้รวมถึงชีวมวลสารไฮโดรคาร์บอนที่เผาไหม้ในเครื่องยนต์สันดาปภายใน ที่จะรวมอยู่ในหมวดของไอเสียดีเซล [5] ซึ่งหมายความว่า ฝุ่น PM2.5 ที่เกิดจากเผาไหม้ชีวมวลเหล่านี้ ไม่ได้เกิดจากกิจกรรมปกติในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ด้วยในกรุงเทพไม่ได้มีพื้นที่ขนาดใหญ่ที่เต็มไปด้วยชีวมวลให้เกิดการเผาไหม้ หรือเกิดการเผาไหม้ในกรุงเทพจริงก็คงจะถูกดับลงในเวลาไม่นาน แปลว่าฝุ่นที่มาจากการเผาไหม้ชีวมวลเหล่านี้ก็น่าจะมีต้นตอมาจากที่อื่นนอกกรุงเทพมหานคร และเดินทางเข้าสู่กรุงเทพมหานครในภายหลัง

2.3 โปรแกรม HYSPLIT

The Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory model (HYSPLIT) คือ แบบจำลองอย่างสมบูรณ์สำหรับการคำนวณการเคลื่อนที่ของอนุภาคอากาศ โดยแบบจำลองนี้ผสมการคำนวณระหว่าง Lagrangian approach ในการคำนวณเคลื่อนที่และการแพร่ของอนุภาคอากาศจากจุดเริ่มต้น และ Eulerian methodology ในการคำนวณความเข้มข้นของมลพิษในอากาศ ซึ่งพัฒนาโดยหน่วยงาน National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) ประเทศสหรัฐเมริกา [6]

แบบจำลองนี้สามารถคำนวณทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศในภูมิภาคต่าง ๆ ได้ สามารถคำนวณจากจุดหนึ่งให้อากาศเดินทางออกไป หรือคำนวณดูว่าอากาศที่เข้ามายังจุดนั้น (Ensemble) จะมาจากที่ไหนบ้างก็ได้เช่นกัน

ในโครงงานนี้จะใช้การคำนวณว่ามีอากาศจากส่วนไหนเดินทางเข้ามายังจุดที่สนใจบ้าง เพื่อใช้ตรวจสอบว่าฝุ่นที่เดินทางเข้ามาในกรุงเทพมหานครนั้นมาจากที่ใด

2.4 ข้อมูลไฟจาก FIRMS

ข้อมูลไฟในเว็บไซต์นี้จะนำมาจากสองส่วนคือ NASA's Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) และ NASA's Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS). โดยทั้งสองเป็นดาวเทียมที่ตรวจภาคผิวดินและใช้ข้อมูลไฟจากแหล่งอินฟราเรดบนผิวโลก [7]

รูปที่ 2.2 ตัวอย่างของข้อมูลไฟจาก FIRMS ในรูปกราฟฟิก โดยที่จุดสีแดงหมายถึงบริเวณที่มีการเผาไหม้

โดยเมื่อทำการขอข้อมูลสามารถดาวโหลดออกมาได้ในรูปไฟล์ .csv ที่ระบุพิกัดละติจูด ลองจิจูด ของตำแหน่งที่เกิดการเผาไหม้ (ตำแหน่งจุดสีแดงในรูป 2) ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้ต่อไป ซึ่งในโครงการนี้จะใช้ข้อมูลของดาวเทียม MODIS เป็นหลัก

โดยข้อมูลในส่วนนี้ จะได้มาเป็นตารางแสดงค่าต่าง ๆ ดังรูป

ititude	longitude	brightness	scan	track	acq_date	acq_time	satellite	instrument	confidence	version	bright_t31	frp	daynight	type
17.268	104.9548	310.1	3.3	1.7	30/12/2018	305	Terra	MODIS	27	6.2	291.5	34.4	D	0
15.6615	104.3405	306.7	3.5	1.8	30/12/2018	305	Terra	MODIS	10	6.2	287	19.2	D	0
13.0405	107.1253	319	1.9	1.4	30/12/2018	306	Terra	MODIS	58	6.2	286	27.3	D	0
13.0318	107.1312	324.5	1.9	1.4	30/12/2018	306	Terra	MODIS	79	6.2	286.1	43.5	D	0
13.1133	107.412	322.4	1.9	1.3	30/12/2018	306	Terra	MODIS	77	6.2	285.6	36.6	D	0
13.1577	107.5371	334	1.8	1.3	30/12/2018	306	Terra	MODIS	87	6.2	286	66.1	D	0
13.152	107.5432	318.1	1.8	1.3	30/12/2018	306	Terra	MODIS	39	6.2	285.1	22.2	D	0
13.1541	107.5266	322.6	1.8	1.3	30/12/2018	306	Terra	MODIS	57	6.2	286.5	33.3	D	0
13.1659	107.528	317.9	1.8	1.3	30/12/2018	306	Terra	MODIS	23	6.2	283	20.9	D	0
13.3131	106.9391	318.7	2	1.4	30/12/2018	306	Terra	MODIS	72	6.2	288.8	29	D	0
13.3155	106.9203	323.4	2	1.4	30/12/2018	306	Terra	MODIS	78	6.2	291.1	42.9	D	0
13.2532	107.505	309.5	1.8	1.3	30/12/2018	306	Terra	MODIS	9	6.2	282.3	8.5	D	0
13.4128	106.354	319.1	2.3	1.5	30/12/2018	306	Terra	MODIS	59	6.2	293.9	28.3	D	0
13.3176	106.9266	331.1	2	1.4	30/12/2018	306	Terra	MODIS	85	6.2	291.2	65	D	0
13.3368	106.8717	319.1	2.1	1.4	30/12/2018	306	Terra	MODIS	73	6.2	292.3	27	D	0
13.4107	106.3598	318.4	2.3	1.5	30/12/2018	306	Terra	MODIS	68	6.2	293.9	28.5	D	0
13.8048	106.2188	311.1	2.3	1.5	30/12/2018	306	Terra	MODIS	48	6.2	289.9	14.8	D	0
14.1227	105.0169	315.5	2.9	1.6	30/12/2018	306	Terra	MODIS	59	6.2	292.3	32.1	D	0
14.1237	105.0233	312.7	2.9	1.6	30/12/2018	306	Terra	MODIS	57	6.2	292.1	22	D	0
14.1268	104.9961	313.6	3	1.6	30/12/2018	306	Terra	MODIS	66	6.2	291.8	26.7	D	0
15.4617	103.5977	324	3.9	1.8	30/12/2018	306	Terra	MODIS	80	6.2	288.1	115.8	D	0
13.3351	106.8655	317.6	2.1	1.4	30/12/2018	306	Terra	MODIS	71	6.2	293	24.6	D	0
13.3332	102.7948	327.2	4.3	1.9	30/12/2018	306	Terra	MODIS	82	6.2	290.5	153.1	D	0
21.736	96.2657	308.8	1.9	1.4	30/12/2018	442	Terra	MODIS	62	6.2	296.8	12.5	D	0
13.1093	107.4532	324.7	1.1	1.1	30/12/2018	609	Aqua	MODIS	80	6.2	284.3	19.1	D	0
13.1246	107.5545	313.9	1.1	1	30/12/2018	609	Aqua	MODIS	49	6.2	274.4	9.7	D	0
12.9731	106.6342	327.9	1.2	1.1	30/12/2018	609	Aqua	MODIS	78	6.2	296.5	23.8	D	0
12.9711	106.9559	319.7	1.2	1.1	30/12/2018	609	Aqua	MODIS	51	6.2	289	11.5	D	0
12.9043	106.6511	326.7	1.2	1.1	30/12/2018	609	Aqua	MODIS	82	6.2	292.4	21.8	D	0
12.8962	106.6639	319.5	1.2	1.1	30/12/2018	609	Aqua	MODIS	37	6.2	294.3	13.2	D	0
12.9504	107.0143	321.5	1.2	1.1	30/12/2018	609	Aqua	MODIS	0	6.2	290.3	14.5	D	0
12.9751	107.302	314.3	1.1	1.1	30/12/2018	609	Aqua	MODIS	65	6.2	280	11.5	D	0
12.9767	107.3122	318.2	1.1	1.1	30/12/2018	609	Aqua	MODIS	73	6.2	277.5	15.7	D	0
12.9334	107.1587	313.4	1.2	1.1	30/12/2018	609	Aqua	MODIS	0	6.2	285.1	8.6	D	0
12.9284	107.1552	312.6	1.2	1.1	30/12/2018	609	Aqua	MODIS	0	6.2	284	6.3	D	0
12.8654	106.9355	320.2	1.2	1.1	30/12/2018	609	Aqua	MODIS	53	6.2	293.1	14.1	D	0
12.8671	106.9463	333.7	1.2	1.1	30/12/2018	609	Aqua	MODIS	88	6.2	296.1	33.8	D	0
12.8155	106.7411	310.1	1.2	1.1	30/12/2018	609	Aqua	MODIS	59	6.2	283	8.4	D	0
12.8172	106.7522	307.1	1.2	1.1	30/12/2018	609	Aqua	MODIS	34	6.2	281.5	5.9	D	0

รูปที่ 2.3 รูปข้อมูลในตารางที่ได้จาก FIRMS

แม้ว่าจะมีค่า acq_time ซึ่งหมายถึงเวลาที่ได้บันทึกข้อมูลเหล่านั้น แต่ตัวเลขในจุดนี้เปลี่ยนแปลงไปเรื่อย ๆ ในแต่ละวัน บางครั้งทั้งวันมีค่าเวลาแค่ค่าเดียวจึงไม่สามารถนำไปใช้เป็นเวลาที่ละเอียดได้มากกว่าหนึ่งวันหรือ 24 ชั่วโมง

บทที่ 3

กระบวนการจัดทำโครงงาน

บทที่ 3

กระบวนการจัดทำโครงงาน

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

1. คอมพิวเตอร์

2. ซอฟแวร์สำหรับการคำนวณ

3.2 วิธีการจัดทำโครงงาน

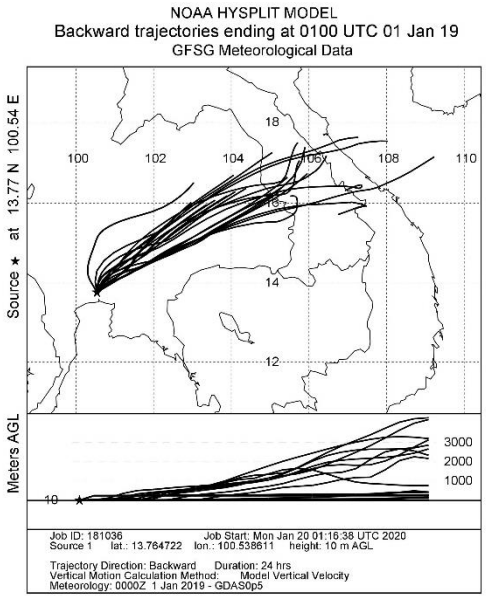
1. รวบรวมข้อมูลที่จะใช้วิเคราะห์ ซึ่งก็คือข้อมูลของฝุ่นและไฟ โดยขอข้อมูลปริมาณฝุ่น PM 2.5 ในกรุงเทพมหานครจากกรมควบคุมมลพิษ ข้อมูลในส่วนนี้จะมาในรูปแบบของไฟล์ .xlxs ซึ่งเป็นไฟล์ของโปรแกรม Microsoft Excel ไฟล์ที่ส่งมาจะแยกเป็นหนึ่งสถานีตรวจวัดต่อหนึ่งไฟล์ ซึ่งภายในแต่ละไฟล์จะมีข้อมูลเป็นรายชั่วโมง

ข้อมูลไฟนั้นจะดาวโหลดจาก FIRMS ที่เป็นข้อมูลของดาวเทียม MODIS ซึ่งจะมาในรูปของไฟล์ .csv ซึ่งสามารถเป็นได้ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel เช่นเดียวกัน ข้อมูลที่ขอมาได้นี้เป็นข้อมูลของปริมาณจุดไฟใน 24 ชั่วโมงของพื้นที่ มาในรูปแบบของพิกัดละติจูดลองจิจูดของตำแหน่งที่เกิดไฟ ในช่วง 22.2 องศาเหนือ 112 องศาตะวันออก ถึง 0.1 องศาเหนือ 95.8 องศาตะวันออก ซึ่งเป็นบริเวณที่ครอบครอบคลุมพื้นที่ภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ของประเทศไทย รวมถึงประเทศ กัมพูชา ลาว และเวียดนาม

2. ใช้โปรแกรม HYSPLIT ทำการคำนวณลม โดยเลือกใช้การคำนวณแบบ Ensemble เพราะจะใช้คำนวณลมที่เดินทางเข้ามาในกรุงเทพมหานคร และใช้โมเดลของ Global Data Assemble System (GDAS) 0.5 degree เพราะเป็นการคำนวณแบบเดียวที่สามารถให้ผลรายวัน และขอข้อมูลในช่วงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2661 ถึงวันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2662 ในความสูง 11 เมตรเหนือพื้นดินเป็นจำนวน 24 เส้นทางลม

ด้วยโปรแกรมนี้ จะทำการจำลองลมที่พัดเข้ามาสู่กรุงเทพมหานครในช่วง 24 ชั่วโมง ทำรายวันตั้งแต่วันที่ 1 ถึงวันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2562 คำนวณทั้งหมด 24 Trajectory โดยให้จุดสิ้นสุดคืออนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ

3. ทำการตรวจสอบจำนวนไฟในทิศทางลม โดยแบบจำลองที่ได้จากโปรแกรม HYSPLIT นั้นจะมาเป็นแผนที่ที่มี Trajectory วาดทับอยู่ ดังรูป



รูปที่ 3.1 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม HYPLIT

จำนวนเส้นที่วาดเอาไว้ดังรูปนี้ก็แสดงถึงทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสลม เมื่อนำไปทาบทับกับพิกัดของจุดไฟ เราก็จะสามารถกำหนดพื้นที่ที่จะสามารถนับจุดไฟได้

โดยการจำลองลมนี้เป็นการจำลองลม 24 ชั่วโมงก่อนหน้าที่พัดพาเข้าสู่กรุงเทพมหานคร การที่นับไฟของวันใดวันหนึ่งจะใช้ข้อมูลไฟของวันก่อนหน้า กล่าวคือหากนับไฟในทิศทางลมวันที่ 1 มกราคม จะใช้ข้อมูลไฟใน 24 ชั่วโมงของวันที่ 31 ธันวาคมปีก่อนหน้านั้น

4. จากข้อมูลฝุ่นที่ได้มา ข้อมูลจะแยกย่อยเป็นแต่ละของสถานีวัดในกรุงเทพมหานคร ทางผู้เขียนได้ทำการมองให้กรุงเทพมหานครเป็นจุด ๆ เดียว และเฉลี่ยค่าฝุ่นทั้งกรุงเทพต่อชั่วโมงเอาไว้เป็นหนึ่งค่า และนำค่าทั้ง 24 ชั่วโมงมาเฉลี่ยเป็นหนึ่งวัน และวาดกราฟของข้อมูลฝุ่นนั้น

โดยข้อมูลฝุ่นที่ได้มาจากกรมควบคุมมลพิษนี้ จะเป็นข้อมูลที่เก็บรายชั่วโมง 24 ครั้งในหนึ่งวัน ซึ่งจะใช้ข้อมูลจาก 9 สถานีวัดที่ติดตั้งและเปิดใช้งานในช่วงเวลาที่ต้องการเก็บข้อมูล ประกอบด้วย

(1) กรมอุตุนิยมวิทยาบางนา

(2) เคหะชุมชนคลองจั่น

(3) สนามกีฬาเคหะชุมชนห้วยขวาง

(4) กรมประชาสัมพันธ์

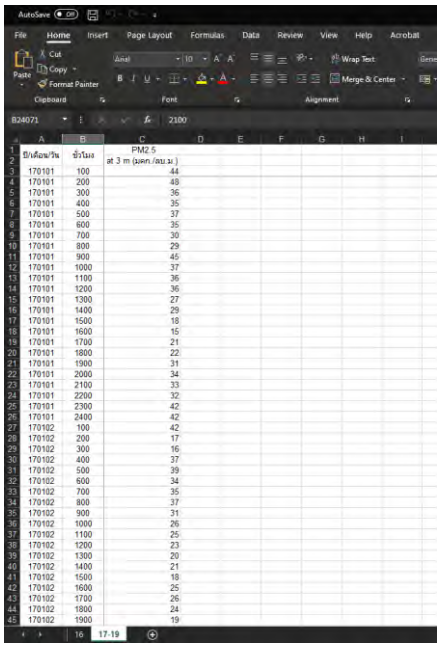
(5) ริมถนนกาญจนาภิเษก เขตบางขุนเทียน

(6) โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

(7) การไฟฟ้าย่อยธนบุรี

(8) สถานีตำรวจนครบาลโชคชัย

(9) การเคหะดินแดง



ปี/เดือน/วัน	ชั่วโมง	PM2.5 at 3 m (มคก./ลบ.ม.)
170101	100	44
170101	200	48
170101	300	36
170101	400	35
170101	500	37
170101	600	35
170101	700	30
170101	800	29
170101	900	45
170101	1000	37
170101	1100	36
170101	1200	36
170101	1300	27
170101	1400	29
170101	1500	18
170101	1600	15
170101	1700	21
170101	1800	22
170101	1900	31
170101	2000	34
170101	2100	33
170101	2200	32
170101	2300	42
170101	2400	42
170102	100	42
170102	200	17
170102	300	16
170102	400	37
170102	500	39
170102	600	34
170102	700	35
170102	800	37
170102	900	31
170102	1000	26
170102	1100	25
170102	1200	23
170102	1300	20
170102	1400	21
170102	1500	18
170102	1600	25
170102	1700	26
170102	1800	24
170102	1900	19

รูปที่ 3.2 รูปแสดงข้อมูลที่ได้จากกรมควบคุมมลพิษ เปิดด้วยโปรแกรม Excel

5. นำจำนวนจุดไฟที่นับได้มาวาดลงในกราฟเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของฝุ่นและไฟเพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นและไฟ

6. นำข้อมูลจากสถานีวัดเดียวกันแต่เป็นช่วง 26 มีนาคม ถึง 26 เมษายน ในปี พ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2563 มาทำแบบเดียวกับข้อมูลฝุ่นก่อนหน้านี้ เฉลี่ยให้เป็นข้อมูลฝุ่นทั้งกรุงเทพใน 1 วัน

7. นำข้อมูลของทั้งปีมาวาดกราฟเปรียบเทียบกันเพื่อดูความแตกต่างของช่วงที่มีมาตรการปิดเมืองและช่วงที่ไม่มี

8 วิเคราะห์ข้อมูลข้อมูลของรูปแบบการเคลื่อนที่ของอากาศเปรียบเทียบกับค่าปริมาณฝุ่นในวันต่าง ๆ

9. ตรวจสอบทิศทางลมในกรุงเทพมหานคร ดูว่าบริเวณรอบ ๆ นั้นมีการเปลี่ยนแปลงของฝุ่นที่สัมพันธ์กับทิศทางลมหรือไม่

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

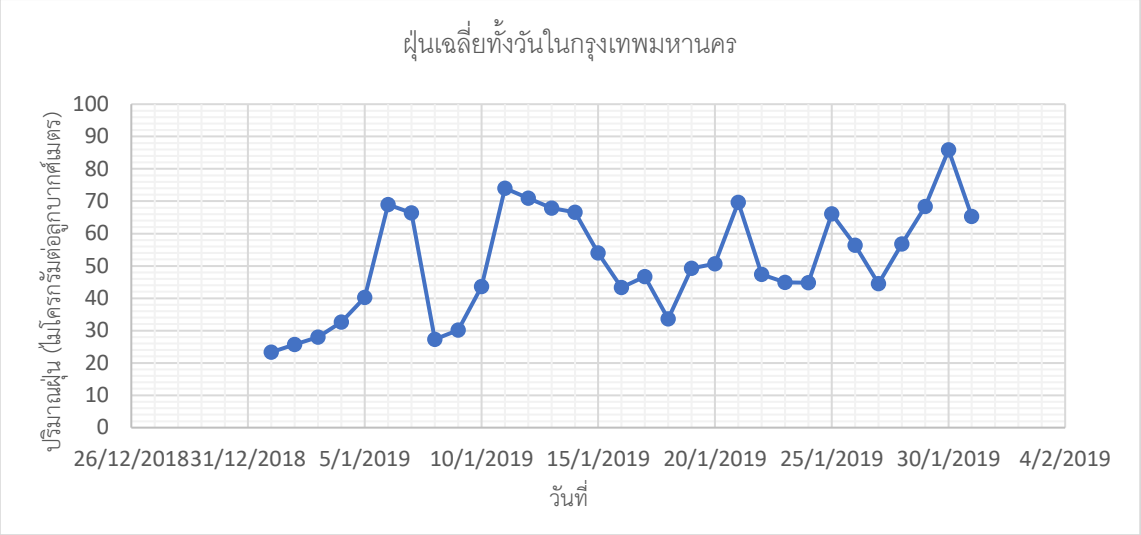
4.1 ข้อมูลปริมาณฝุ่นในกรุงเทพมหานคร

จากข้อมูลที่ได้รับจากกรมควบคุมมลพิษที่เป็นสถานีย่อยกระจายตัวไปทั่วกรุงเทพมหานคร นำข้อมูลของทั้ง 9 สถานีมาเฉลี่ยในช่วง 24 ชั่วโมงได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงปริมาณฝุ่นเฉลี่ยในกรุงเทพมหานครในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2562

Date	ปริมาณฝุ่นเฉลี่ย (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	Date	ปริมาณฝุ่นเฉลี่ย (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
1/1/2019	23.3	17/1/2019	46.7
2/1/2019	25.7	18/1/2019	33.6
3/1/2019	27.9	19/1/2019	49.2
4/1/2019	32.7	20/1/2019	50.6
5/1/2019	40.2	21/1/2019	69.7
6/1/2019	68.9	22/1/2019	47.4
7/1/2019	66.4	23/1/2019	44.9
8/1/2019	27.3	24/1/2019	44.8
9/1/2019	30.2	25/1/2019	66.1
10/1/2019	43.6	26/1/2019	56.4
11/1/2019	74.0	27/1/2019	44.5
12/1/2019	70.9	28/1/2019	56.8
13/1/2019	67.8	29/1/2019	68.4
14/1/2019	66.5	30/1/2019	85.9
15/1/2019	54.0	31/1/2019	65.3
16/1/2019	43.3		

นำข้อมูลจากตารางที่ 4.1 ด้านบนมาวาดเป็นกราฟที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝุ่นได้ดังนี้



รูปที่ 4.1 รูปแสดงปริมาณฝุ่นในกรุงเทพมหานครต่อวัน

ข้อสังเกตการการหนึ่งจากรูปนี่คือฝุ่นมีการขึ้นลงตลอดเวลาไม่ได้เป็นเส้นที่มีความเสถียรตลอดช่วงเดือน

4.2 ข้อมูลไฟในทิศทางลม

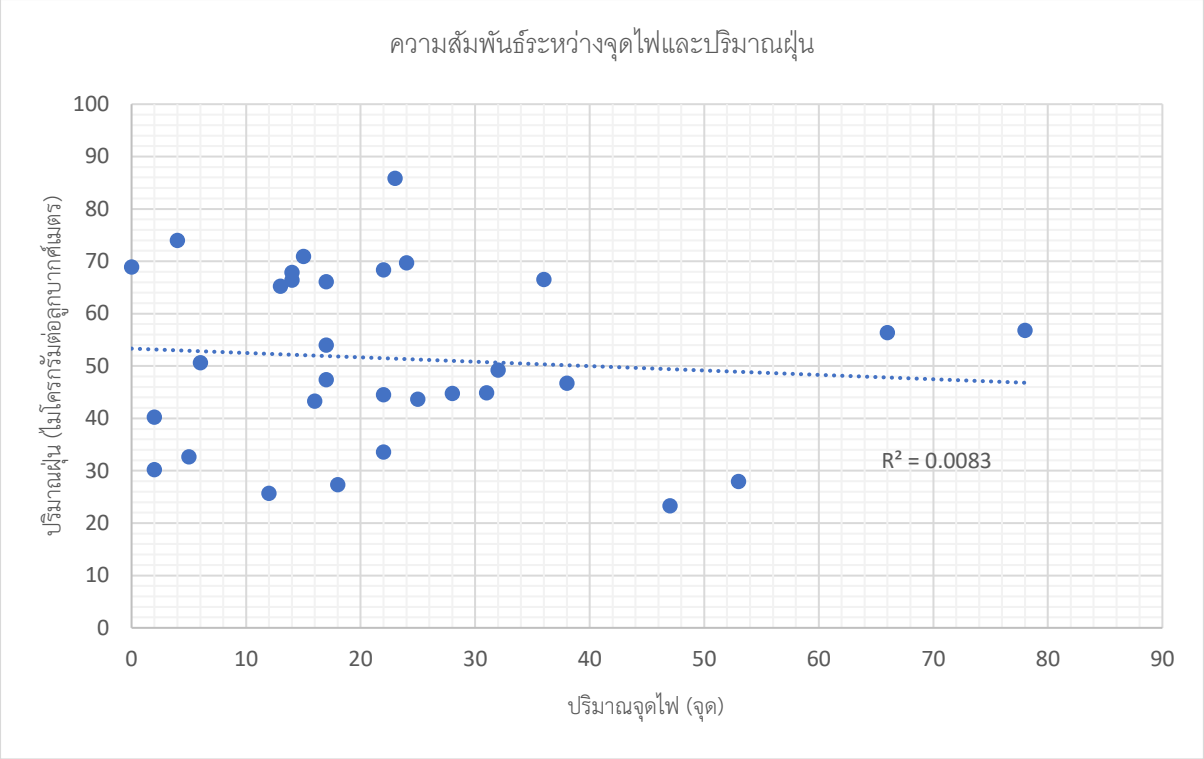
นำข้อมูลไฟมาพลอตลงในแผนที่ และซ้อนทับกับรูปทิศทางลมที่ได้มา จะทำให้กำหนดบริเวณได้ว่าสมควรจะนับจุดจุดไฟในบริเวณไหนบ้าง เมื่อนับจุดไฟเสร็จแล้วก็นำมาใส่ตารางกับปริมาณฝุ่นได้ดังนี้

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงจำนวนจุดไฟที่นับได้ในแต่ละวัน

วันที่	จุดไฟ	ปริมาณฝุ่นเฉลี่ย (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
1/1/2019	47	23.3
2/1/2019	12	25.7
3/1/2019	53	27.9
4/1/2019	5	32.7
5/1/2019	2	40.2
6/1/2019	0	68.9
7/1/2019	14	66.4
8/1/2019	18	27.3
9/1/2019	2	30.2
10/1/2019	25	43.6

วันที่	จุดไฟ	ปริมาณฝุ่นเฉลี่ย (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
11/1/2019	4	74.0
12/1/2019	15	71.0
13/1/2019	14	67.9
14/1/2019	36	66.5
15/1/2019	17	54.0
16/1/2019	16	43.3
17/1/2019	38	46.7
18/1/2019	22	33.6
19/1/2019	32	49.2
20/1/2019	6	50.6
21/1/2019	24	69.7
22/1/2019	17	47.4
23/1/2019	31	44.9
24/1/2019	28	44.8
25/1/2019	17	66.1
26/1/2019	66	56.4
27/1/2019	22	44.5
28/1/2019	78	56.8
29/1/2019	22	68.4
30/1/2019	23	85.9
31/1/2019	13	65.3

นำข้อมูลในตารางนี้ไปวาดกราฟเพื่อดูความเปลี่ยนแปลง ด้วยกราฟอัตราการเปลี่ยนแปลงเบื้องต้นนี้สามารถบอกคร่าว ๆ ได้ว่าไม่มีความสัมพันธ์ต่อกัน (ดูเพิ่มเติมที่รูป ก.1) จึงนำไปยืนยันด้วยค่าทางสถิติโดยให้ปริมาณจุดไฟเป็นแกนนอนและปริมาณฝุ่นเป็นแกนตั้ง แล้ววาด trendline คำนวณหาค่า R^2 ซึ่งเป็นค่าที่แสดงความความสัมพันธ์ของทั้งสองปริมาณ ยิ่งมีค่าเข้าใกล้ 1 ยิ่งแสดงความมีความสัมพันธ์ต่อกัน กลับกันหากเข้าใกล้ 0 แสดงว่าปริมาณทั้งสองเป็นอิสระต่อกัน ได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.2 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดไฟและปริมาณฝุ่น

ค่า R^2 ที่ 0.0083 นี้ทำให้สามารถสรุปได้ว่าปริมาณจุดไฟและปริมาณฝุ่นในเดือนมกราคม พ.ศ. 2562 นั้นไม่มีความสัมพันธ์ต่อกัน ไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ (1)

4.3 ข้อมูลฝุ่นเปรียบเทียบเมื่อมีมาตรการปิดเมืองและยามปกติ

จากข้อมูลฝุ่น ใน 9 สถานีวัดทั่วกรุงเทพมหานครเป็นรายชั่วโมง นำมาเฉลี่ยเป็นค่าใน 1 วันได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงประมาณฝุ่นเปรียบเทียบในช่วงเดียวกันของคนละปี

วัน	ฝุ่นปี พ.ศ. 2562 (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	ฝุ่นปี พ.ศ. 2563 (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
26-มี.ค.	21.4	16.0
27-มี.ค.	20.8	16.4
28-มี.ค.	21.4	22.8
29-มี.ค.	22.0	21.0
30-มี.ค.	22.3	22.3
31-มี.ค.	22.1	28.7

วัน	ฝุ่นปี พ.ศ. 2562 (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	ฝุ่นปี พ.ศ. 2563 (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
1-เม.ย.	22.2	20.7
2-เม.ย.	25.2	17.6
3-เม.ย.	23.1	15.3
4-เม.ย.	22.3	17.3
5-เม.ย.	18.4	17.0
6-เม.ย.	22.0	17.0
7-เม.ย.	18.3	19.1
8-เม.ย.	23.1	16.3
9-เม.ย.	18.0	17.6
10-เม.ย.	19.4	18.8
11-เม.ย.	19.1	21.1
12-เม.ย.	20.3	17.2
13-เม.ย.	17.9	25.6
14-เม.ย.	21.1	19.6
15-เม.ย.	13.0	31.2
16-เม.ย.	15.4	17.3
17-เม.ย.	15.1	15.0
18-เม.ย.	20.4	14.2
19-เม.ย.	22.4	13.2
20-เม.ย.	31.7	15.0
21-เม.ย.	33.5	13.9
22-เม.ย.	22.8	18.0
23-เม.ย.	21.8	19.3
24-เม.ย.	21.1	20.9
25-เม.ย.	24.2	24.4
เฉลี่ย	21.3	18.5
SD	4.5	4.0

จากข้อมูลในตารางจะได้ว่า

$$\Delta = \bar{x}_1 - \bar{x}_2 \quad (1)$$

เมื่อ $\bar{x}_1$ คือค่าเฉลี่ยของฝุ่นในปี พ.ศ. 2562 และ $\bar{x}_2$ คือค่าเฉลี่ยของฝุ่นในปี พ.ศ. 2563

$$\Delta = 21.3 - 18.5 = 2.8 \quad (2)$$

และ

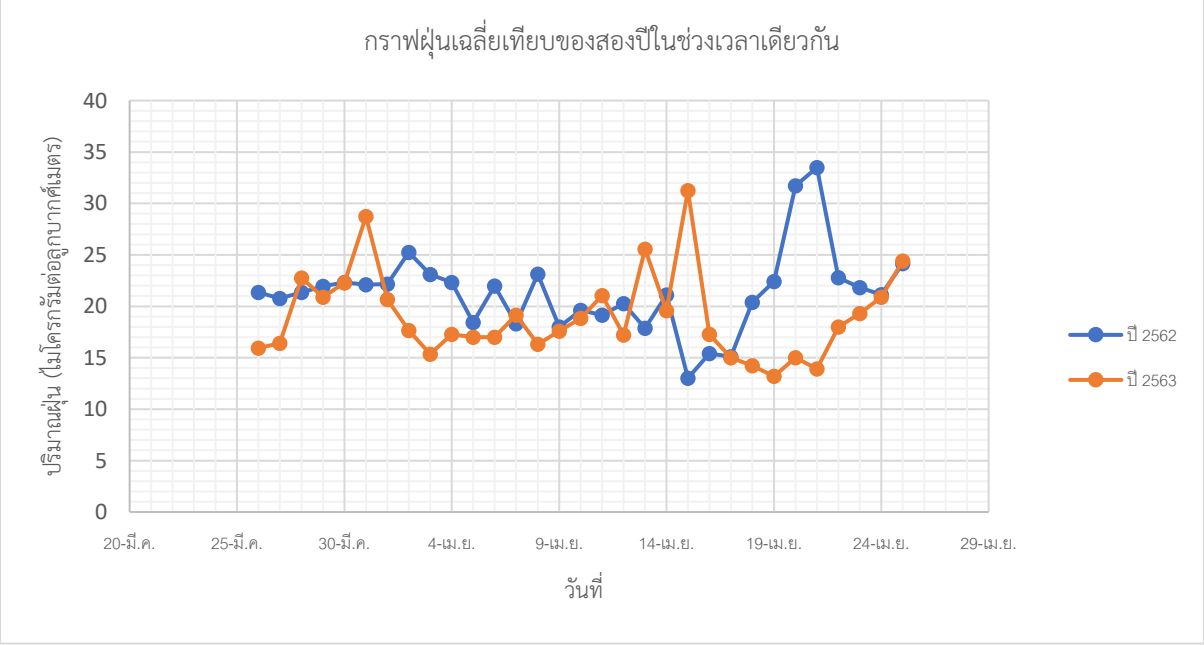
$$\sigma^2 = SD_1^2 + SD_2^2 \quad (3)$$

เมื่อ SD_1 คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยของปี พ.ศ. 2562 และ SD_2 คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานขงค่าเฉลี่ยของปี พ.ศ. 2563

$$\sigma = \sqrt{20.25 + 16} = 6.0 \quad (4)$$

จะเห็นได้ว่าค่า Δ นั้นมีค่าน้อยกว่าค่า σ แสดงให้เห็นว่าปริมาณทั้งสองนั้นไม่มีความแตกต่างกัน

นำข้อมูลของฝุ่นทั้งสองปีมาวาดลงในกราฟได้ดังนี้

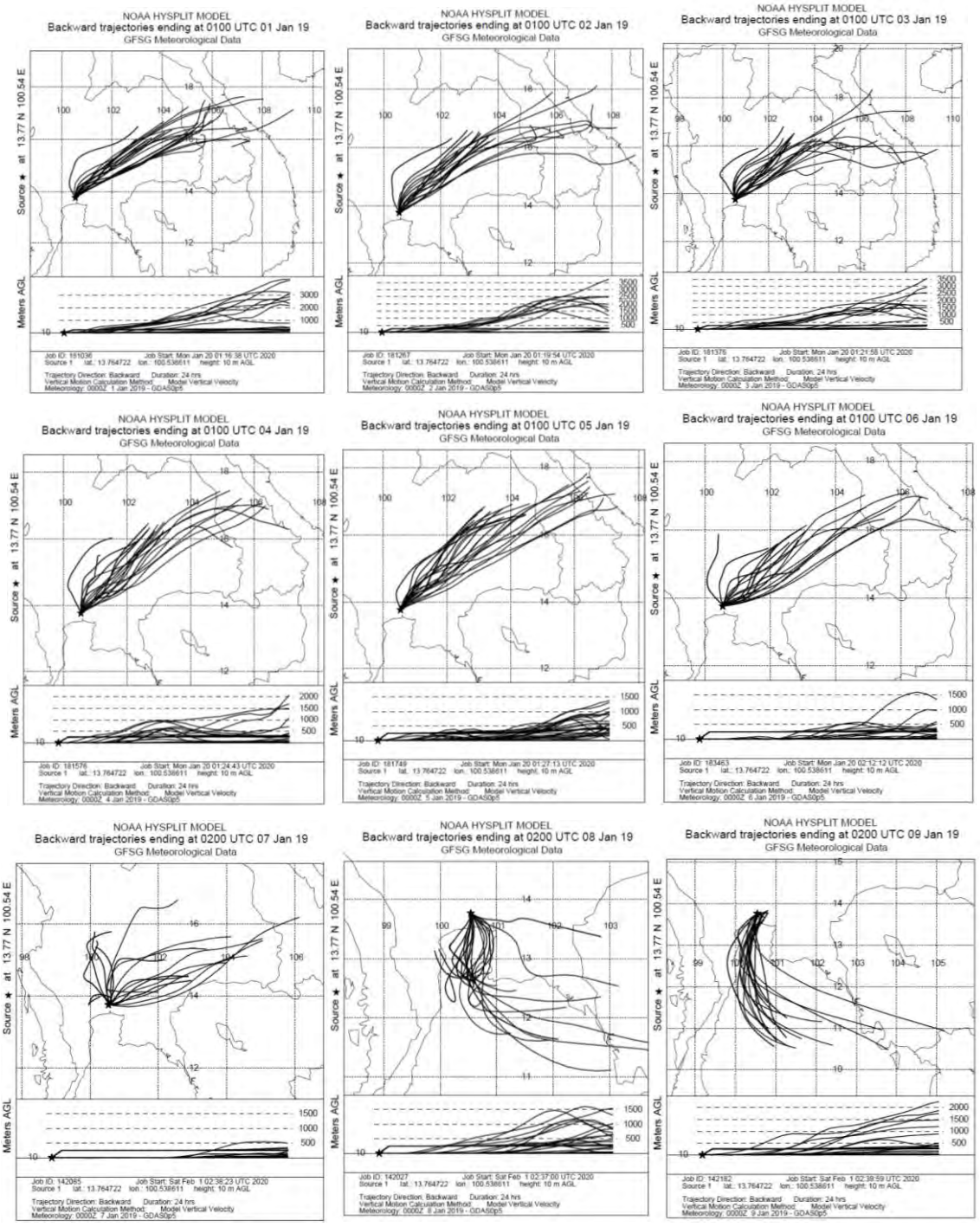


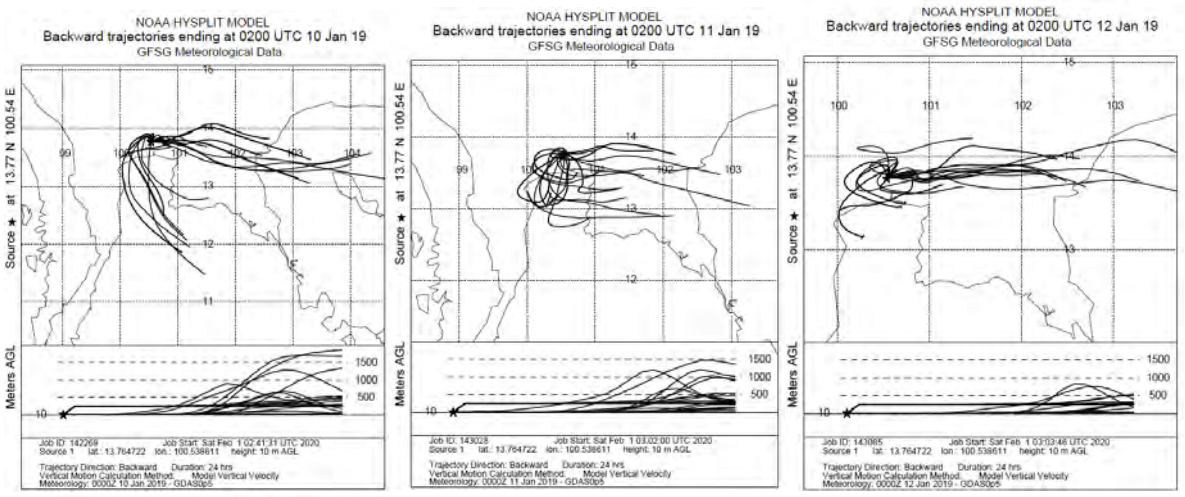
รูปที่ 4.3 รูปแสดงฝุ่นเปรียบเทียบในช่วงเวลาเดียวกันของปี พ.ศ. 2562 และ 2563

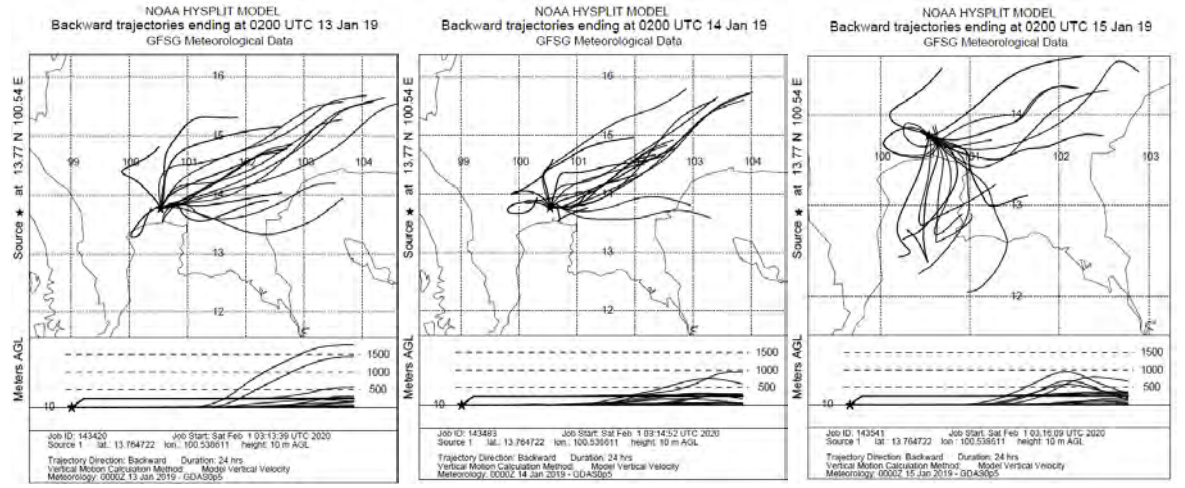
จากรูป จะเห็นได้ว่าฝุ่นมีช่วงมากสุดและน้อยสุดไม่พร้อมกัน แต่ค่าเฉลี่ยนั้นอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันมากจนไม่มีความแตกต่าง เมื่อรวมกับค่าทางสถิติแล้วสามารถสรุปได้ว่าไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ (2) หรือมาตรการปิดเมืองไม่มีผลต่อการลดลงของฝุ่น PM2.5 ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

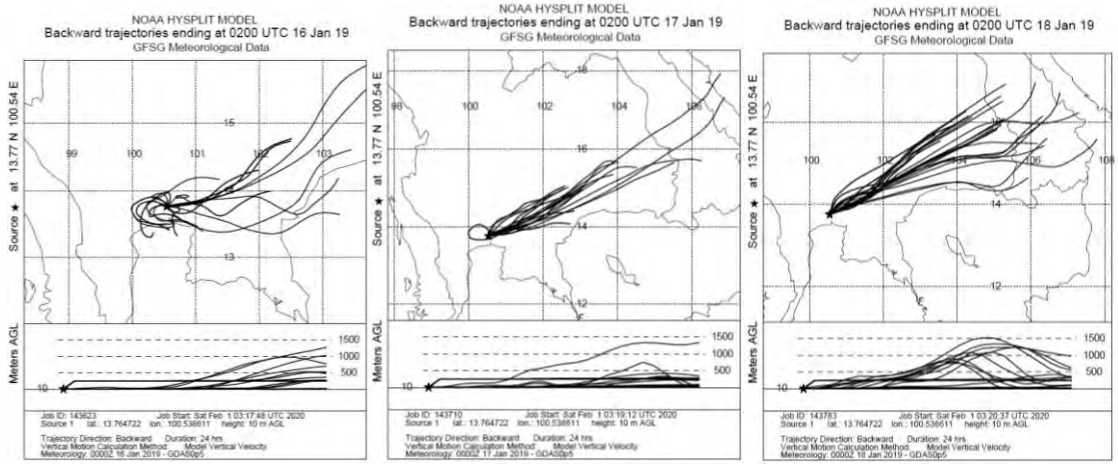
4.4 พิจารณาทิศทางลม

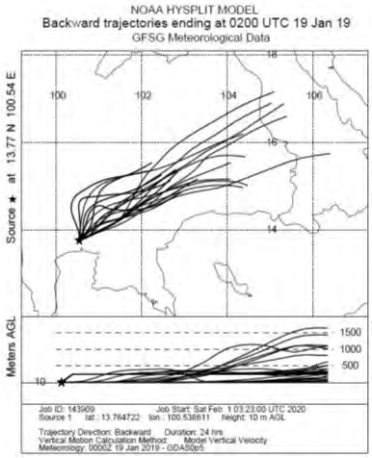
โปรแกรม HYSPLIT นั้นจะให้ภาพออกมารายวัน ในการคำนวณ 24 ชั่วโมงจะสิ้นสุดที่ประมาณช่วง 1 ถึง 3 นาฬิกาของวันนั้น ๆ ผลลัพธ์ของเส้นทางลมรายวันได้ผลดังนี้

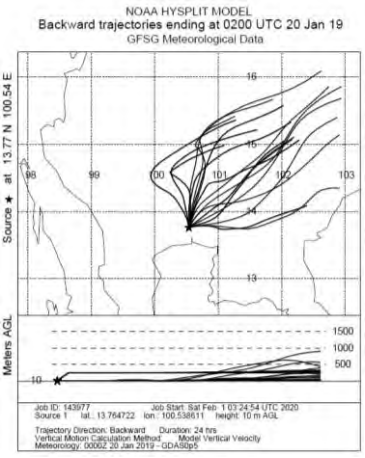


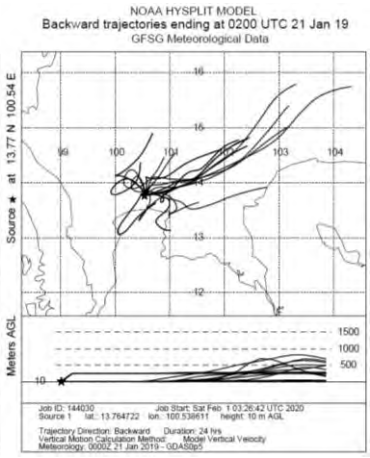

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0200 UTC 10 Jan 19
GFSG Meteorological Data
Source ★ at 13.77 N 100.54 E
Meters AGL
NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0200 UTC 11 Jan 19
GFSG Meteorological Data
Source ★ at 13.77 N 100.54 E
Meters AGL
NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0200 UTC 12 Jan 19
GFSG Meteorological Data
Source ★ at 13.77 N 100.54 E
Meters AGL

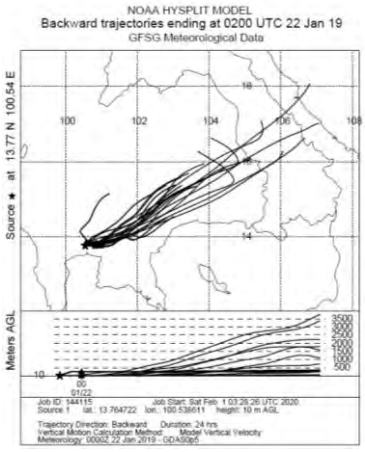

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0200 UTC 13 Jan 19
GFSG Meteorological Data
Source ★ at 13.77 N 100.54 E
Meters AGL
NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0200 UTC 14 Jan 19
GFSG Meteorological Data
Source ★ at 13.77 N 100.54 E
Meters AGL
NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0200 UTC 15 Jan 19
GFSG Meteorological Data
Source ★ at 13.77 N 100.54 E
Meters AGL

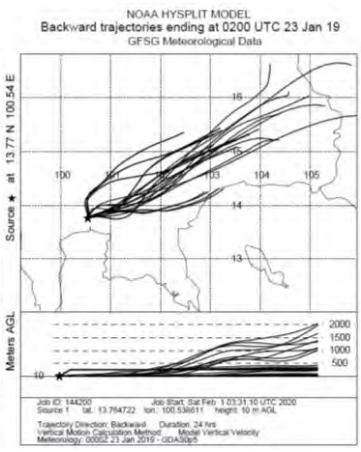

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0200 UTC 16 Jan 19
GFSG Meteorological Data
Source ★ at 13.77 N 100.54 E
Meters AGL
NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0200 UTC 17 Jan 19
GFSG Meteorological Data
Source ★ at 13.77 N 100.54 E
Meters AGL
NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0200 UTC 18 Jan 19
GFSG Meteorological Data
Source ★ at 13.77 N 100.54 E
Meters AGL

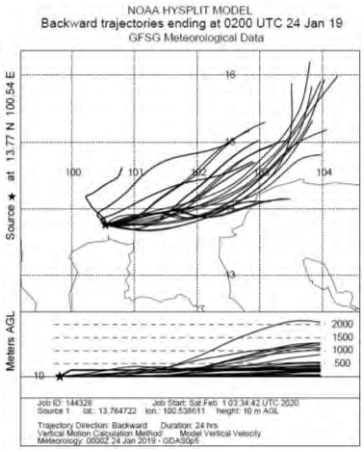

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0200 UTC 19 Jan 19
GFSG Meteorological Data
Source ★ at 13.77 N 100.54 E
Meters AGL

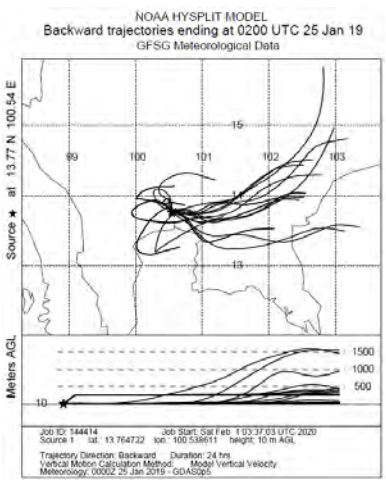

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0200 UTC 20 Jan 19
GFSG Meteorological Data
Source ★ at 13.77 N 100.54 E
Meters AGL

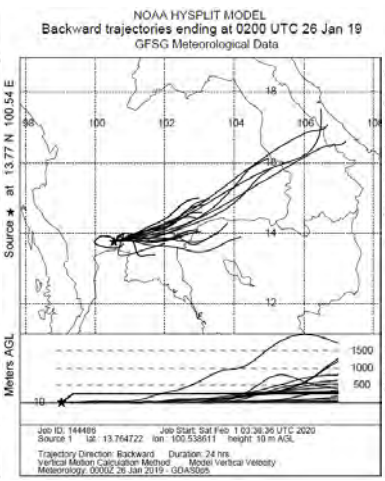

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0200 UTC 21 Jan 19
GFSG Meteorological Data
Source ★ at 13.77 N 100.54 E
Meters AGL

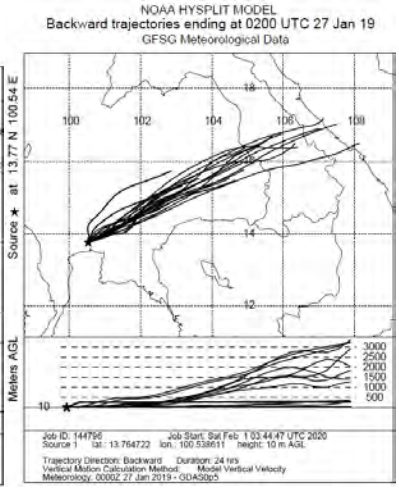

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0200 UTC 22 Jan 19
GFSG Meteorological Data
Source ★ at 13.77 N 100.54 E
Meters AGL

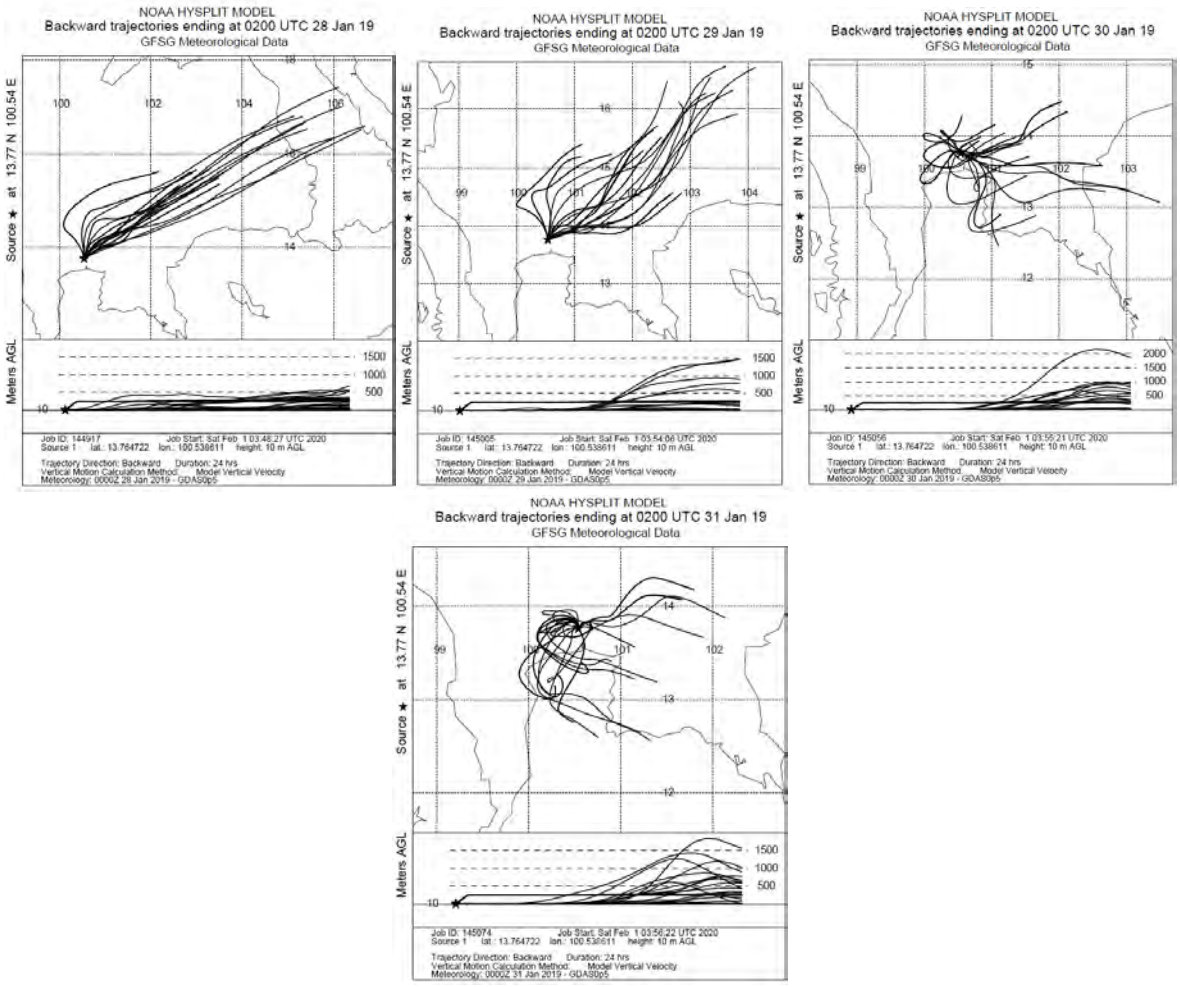

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0200 UTC 23 Jan 19
GFSG Meteorological Data
Source ★ at 13.77 N 100.54 E
Meters AGL


NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0200 UTC 24 Jan 19
GFSG Meteorological Data
Source ★ at 13.77 N 100.54 E
Meters AGL


NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0200 UTC 25 Jan 19
GFSG Meteorological Data
Source ★ at 13.77 N 100.54 E
Meters AGL


NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0200 UTC 26 Jan 19
GFSG Meteorological Data
Source ★ at 13.77 N 100.54 E
Meters AGL


NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0200 UTC 27 Jan 19
GFSG Meteorological Data
Source ★ at 13.77 N 100.54 E
Meters AGL



รูปที่ 4.4 รูปแสดงเส้นทางลมจากโปรแกรม HYSPLIT รายวันในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2562

ทิศทางลมที่แสดงให้เห็นเหล่านี้ สามารถจำแนกออกเป็นได้หลัก ๆ 3 รูปแบบ นั้นคือ

1. ลมแรงที่พัดเข้ามาจากทางตะวันออกเฉียงเหนือ (ช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 6 มกราคม) เส้นทางลมจะมีลักษณะตรง เหยียดยาว เข้ามาจากทางภาคอีสาน

2. สภาพลมแรงที่พัดเข้ามาจากทะเลจากทางใต้ (ช่วงวันที่ 8 และ 9 มกราคม) เส้นทางลมจะเข้ามาจากทะเล มีความเป็นเส้นยาวไม่วกวนเช่นกัน

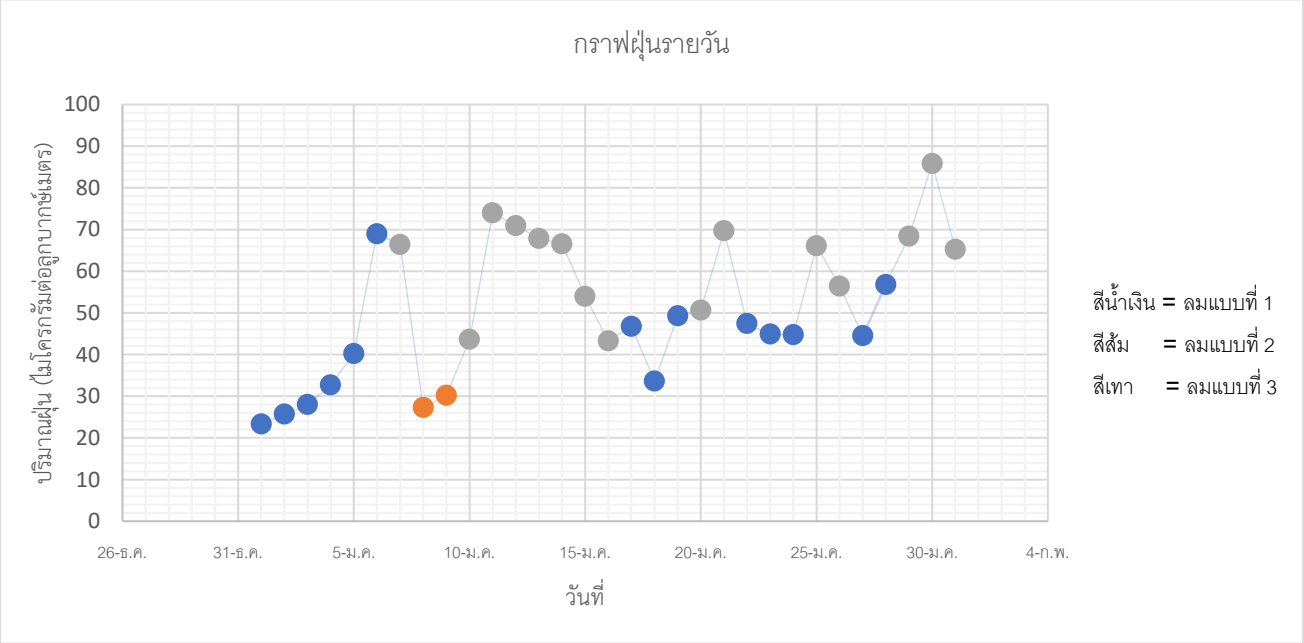
3 สภาพลมอ่อน มีทิศทางไม่แน่นอน (วันที่ 11 มกราคม) เส้นทางลมในส่วนนี้จะไม่ยาวนัก และหลาย ๆ เส้นจะหมุนไปหมุนมา

สามารถสรุปแบบลมได้ดังตาราง

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงรูปแบบลมในแต่ละวัน

วันที่	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
แบบลม	1	1	1	1	1	1	3	2	2
วันที่	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
แบบลม	3	3	3	3	3	3	3	1	1
วันที่	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**
แบบลม	1	3	3	1	1	1	3	3	1
วันที่	**28**	**29**	**30**	**31**					
แบบลม	1	3	3	3					

นำข้อมูลเหล่านี้กลับไปลงสีในกราฟของฝุ่นจะได้ดังนี้



รูปที่ 4.5 รูปแสดงปริมาณฝุ่นโดยระบุทิศทางลมของแต่ละวัน

รูปที่ 8 นี้จะเห็นได้ชัดว่า ปริมาณฝุ่นเพิ่มสูงในลมแบบที่3 (สีเทา) และมีค่าน้อยในลมแบบที่ 1 (สีน้ำเงิน) และแบบที่ 2 (สีส้ม)

นำข้อมูลแยกแต่ละรูปแบบลมมาเฉลี่ยจะได้ดังนี้

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงค่าฝุ่นในลมแต่ละแบบและค่าเฉลี่ย

ลมแบบที่1	ลมแบบที่ 2	ลมแบบที่ 3
23.3	27.3	43.6
25.7	30.2	74.0
27.9		71.0
32.7		67.9
40.2		66.5
68.9		54.0
46.7		43.3
33.6		50.6
49.2		69.7
47.4		66.1
44.8		56.4
44.8		68.4
44.5		85.9
56.8		65.3
เฉลี่ย		
41.9	28.8	63.1
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
12.5	2.1	12.0

จากตาราง ค่าเฉลี่ยของฝุ่นเมื่อเกิดลมแบบที่ 3 นั้นมีค่ามากกว่าแบบที่ 1 อยู่ 21.2 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และแบบที่ 3 มากกว่าแบบที่ 2 อยู่ 34.3 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มากกว่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีค่า 12.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และแบบที่ 1 มีค่ามากกว่าแบบที่ 2 อยู่ 13.1 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มากกว่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ประมาณ 12.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

จากผลทางสถิติก็สามารถสรุปได้ว่าค่าฝุ่นจะมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดในลมแบบที่ 3 น้อยลงในลมแบบที่ 1 และน้อยที่สุดในลมแบบที่ 2

สาเหตุที่ลมแบบที่ 3 ทำให้ค่าฝุ่นสูงกว่าแบบ 2 มากกว่าที่ลมแบบที่ 3 ทำให้ค่าฝุ่นสูงกว่าลมแบบที่ 1 สันนิฐานว่าเพราะลมแบบที่ 2 มาจากทะเลซึ่งมีฝุ่น PM2.5 น้อยกว่าจากแผ่นดินที่ลมแบบที่ 1 พัดผ่านมา

จึงสามารถสรุปได้ว่าในเดือนมกราคม พ.ศ. 2562 นั้น ถ้ากระแสลมอ่อนและมีทิศทางไม่แน่นอนจะมีปริมาณฝุ่นมาก กลับกันถ้าหากเป็นกระแสลมแรงจากทะเลจะมีปริมาณฝุ่นน้อย

4.5 ข้อมูลฝุ่นในบริเวณอื่นรอบ ๆ กรุงเทพมหานคร

จากข้อมูลใน 4.3 ที่ดูเหมือนไม่มีความเกี่ยวข้องซึ่งกันและกัน ทว่าเมื่อพิจารณาในรายละเอียดกลับพบว่า ช่วงที่ฝุ่นมีปริมาณสูงในกรุงเทพมหานคร นั้นคือช่วงวันที่ 6-7 วันที่ 11 – 14 วันที่ 21 และวันที่ 25 นอกจากวันที่ 6 เป็นลมแบบที่ 1 แล้ว วันอื่นล้วนเป็นลมแบบที่ 3 ทั้งสิ้น

นอกเหนือจากนั้น ในวันที่ฝุ่นลดต่ำสุดในเดือนมกราคม พ.ศ. 2562 นั่นคือวันที่ 8 และ 9 เป็นช่วงเดียวของเดือนที่มีลมแบบที่ 2 ปรากฏให้เห็น

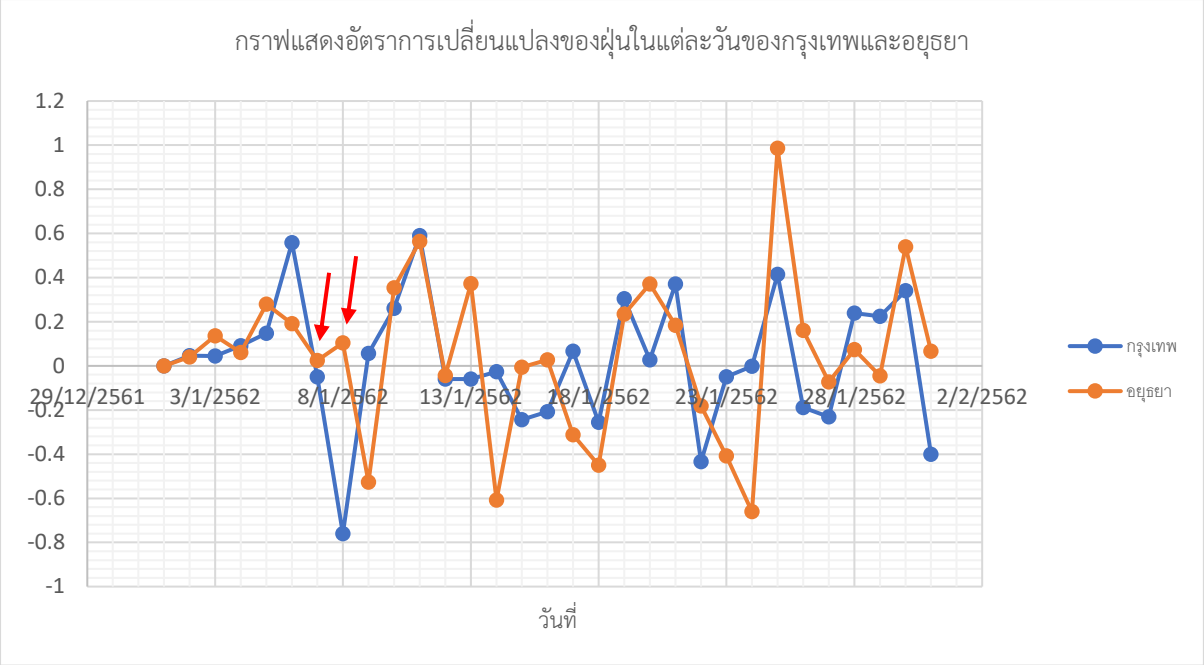
ผู้เขียนจึงเกิดความคิดขึ้นว่า หากไม่ใช่ฝุ่นเดินทางเข้ามาในกรุงเทพมหานครด้วยลมแรง แต่เป็นฝุ่นในกรุงเทพนั้นเกิดการสะสมตัวเพราะลมอ่อน ทำให้วันที่มีลมแรงจากทะเลจะพัดพาฝุ่นออกจากกรุงเทพมหานครออกไป

ผู้เขียนจึงได้วิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติมด้วยการนำค่าจากสถานีวัดต่าง ๆ ในพื้นที่ภาคกลางมาดูข้อมูล (ดูเพิ่มเติมตาราง ก.1) สถานีใกล้ ๆ กรุงเทพนั้น ให้ค่าใกล้เคียงกับกรุงเทพมหานครมาก (ดูเพิ่มเติมที่รูป ก.2) แต่เมื่อดูค่าของจังหวัดที่อยู่เหนือกรุงเทพมหานครที่มีสถานีวัดคือ พระนครศรีอยุธยา (ดูเพิ่มเติมที่รูป ก.3) และจังหวัดนครสวรรค์ (ดูเพิ่มเติมที่รูป ก.4) จะเห็นความแตกต่างได้ชัดเจนในช่วงวันที่ 8 และ 9 มกราคม พ.ศ. 2562 ซึ่งเป็นวันที่มีลมแบบที่สอง

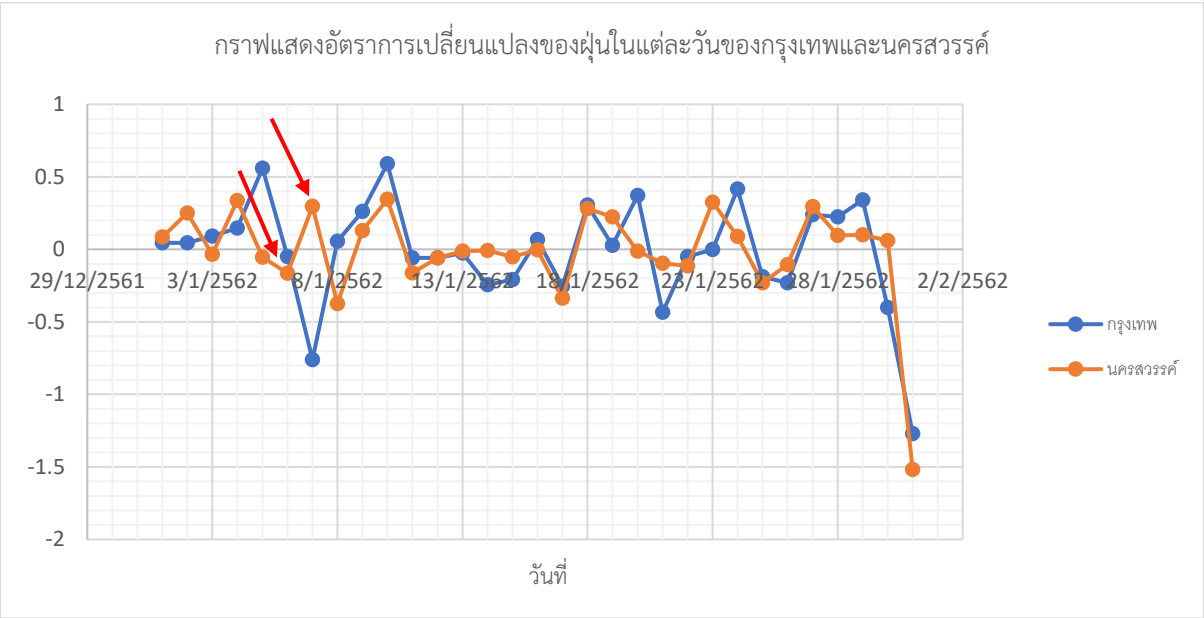
นำตัวเลขฝุ่นของกรุงเทพมหานคร อยุธยาและนครสวรรค์มาหาอัตราการเปลี่ยนแปลงด้วยสมการดังนี้

$$\Delta = \frac{x_{n+1} - x_n}{\bar{x}} \tag{5}$$

โดยที่ x_{n+1} และ x_n คือค่าในวันต่าง ๆ และ $\bar{x}$ คือค่าเฉลี่ย ได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.6 รูปแสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝุ่นในกรุงเทพมหานครและพระนครศรีอยุธยา



รูปที่ 4.7 รูปแสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝุ่นในกรุงเทพมหานครและจังหวัดนครสวรรค์

จากรูปที่ 4.6 และ 4.7 จะเห็นได้ว่าในช่วงวันที่ 8 และวันที่ 9 ที่มีลมแรงพัดขึ้นจากทะเล ทั้งสองจังหวัดนี้มีฝุ่นมากขึ้นในวันที่ 8 ก่อนจะลดลงไปในวันที่ 9 ขณะที่ในช่วงเวลาเดียวกันในกรุงเทพมหานครแทบจะไม่มีฝุ่นเลย ต่างกับจังหวัดใกล้กรุงเทพ ที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน (ดูเพิ่มเติมที่รูป ก.5)

จากข้อมูลนี้ ให้ข้อสรุปได้ว่า ฝุ่นถูกลมแรงพัดออกจากกรุงเทพไปยังบริเวณอื่น ไม่ได้หายไป

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากข้อมูลและการวิเคราะห์ผลนั้น พบว่าสมมติฐานที่ (1) ปริมาณจุดไฟในทิศทางลมมีความสัมพันธ์ต่อปริมาณฝุ่นในกรุงเทพมหานคร นั้นเป็นเท็จ ไม่พบความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างปริมาณทั้งสองนี้

และสมมติที่ฐานที่ (2) ปริมาณฝุ่นในช่วงที่มีมาตรการปิดเมืองจะน้อยกว่าปริมาณฝุ่นของช่วงเดียวกันในปีที่แล้วที่ไม่ได้มีมาตรการปิดเมือง ก็เป็นเท็จเช่นเดียวกัน ปริมาณฝุ่นของทั้งสองช่วงนั้นแทบไม่มีความแตกต่างกัน

สำหรับสมมติฐานที่ (1) นั้น มีความเป็นไปได้ว่าความละเอียดของข้อมูลที่ไม่เพียงพอ ด้วยข้อจำกัดต่าง ๆ ทำให้ความละเอียดของข้อมูลนั้นถูกจำกัดอยู่ในระดับแค่ 24 ชั่วโมงไม่อาจลงละเอียดกว่านั้น ด้วยเหตุนี้ ฝุ่นอาจจะเดินทางมาถึงก่อนหน้าเวลาที่ทำการวัดจริงได้

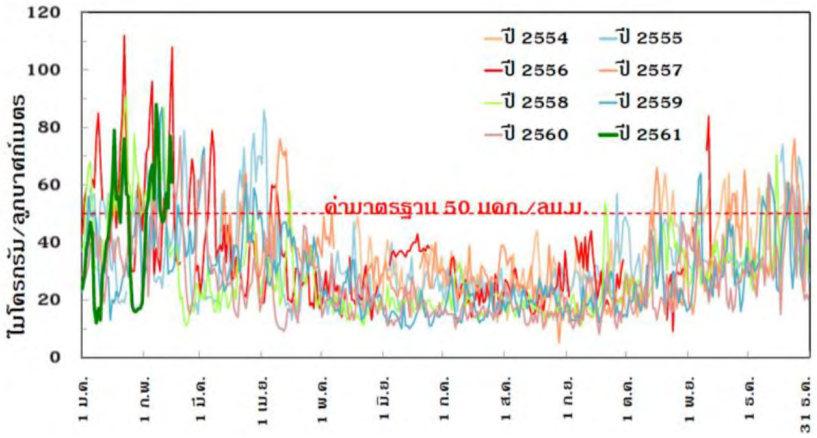
ในอนาคตหากสามารถทำการตรวจสอบข้อมูล realtime ในเวลาจริงของทั้งฝุ่น ลม และไฟ อาจจะสามารถหาความสัมพันธ์ที่ชัดเจนและแตกต่างจากวิธีการที่ใช้ในโครงการนี้ได้

สำหรับสมมติฐานที่ (2) นั้น แม้ว่าการใช้รถใช้ถนนจะลดลงสำหรับคนทั่วไป แต่ระบบขนส่งสาธารณะยังมีการดำเนินการปกติไม่ได้เปลี่ยนแปลง ด้วยสภาพที่ปรับเปลี่ยนไปของผู้คนทำให้บริการส่งของนั้นได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นมาก

ผู้คนสัญจรลดลง แต่กิจกรรมบนท้องถนนอาจจะไม่ได้ลดลงจริงเช่นคนสัญจร ฉะนั้นการที่มีมาตรการปิดเมืองเช่นนี้อาจจะไม่ได้ทำให้ปริมาณไอเสียดีเซลลดลงจริง

กระนั้น จากข้อสรุปในผลการทดลองตอนที่ 4.4 ยืนยันได้ว่าลมคือปัจจัยหลักของปริมาณฝุ่นในกรุงเทพมหานครช่วงเดือน มกราคม พ.ศ. 2562 โดยภาพลมที่อ่อนและพัดกระจายตัวในพื้นที่ภาคกลางนั้นทำให้มีปริมาณฝุ่นในกรุงเทพมหานครสูง และถ้าหากสภาพลมพัดขึ้นจากทะเลทางทิศได้ด้วยความแรง จะทำให้ฝุ่นย้ายจากกรุงเทพขึ้นไปยังพื้นที่ทางเหนือใต้ทิศลม

ข้อสังเกตหนึ่งที่พบระหว่างทำโครงงานคือรูปแบบลมที่จะเพิ่มขึ้นและลดลงกลับไปกลับมาตลอดเวลาดังเช่นกราฟที่เคยนำเสนอไปแล้วครั้งหนึ่งในการวิจารณ์วรรณกรรม

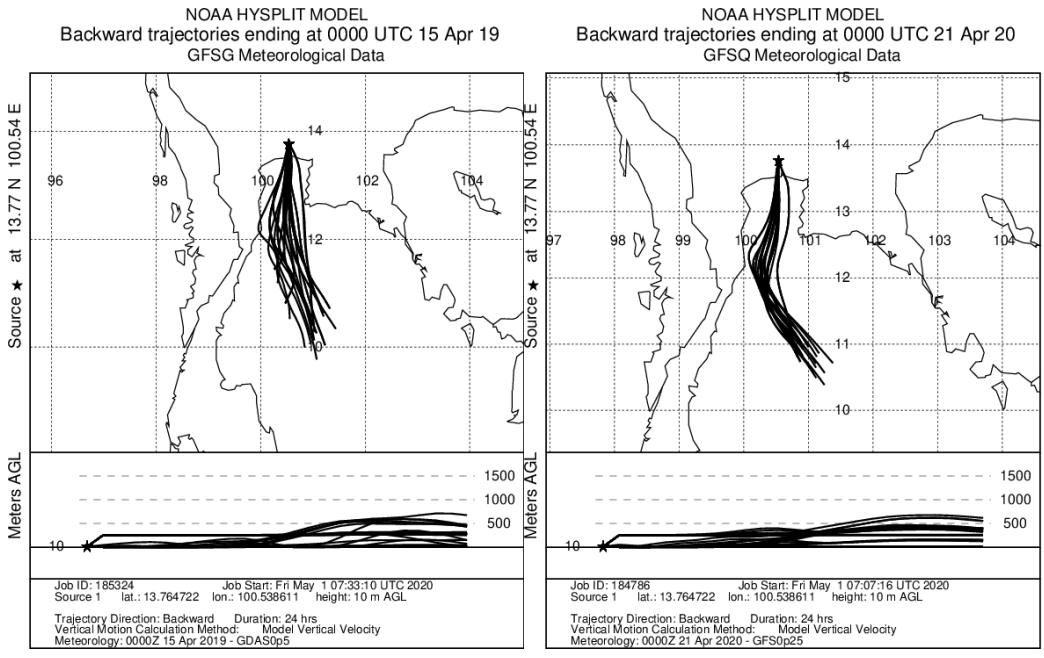


รูปที่ 2.1 รูปแสดงความเข้มของฝุ่น PM 2.5 ในกรุงเทพมหานครระหว่างปี พ.ศ. 2554 – 2561

จากรูปที่ 1 นี้แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝุ่น PM 2.5 ที่มีการขึ้นลงเป็นคาบไปมาตลอดทั้งปี สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้มาในรูปที่ 4.1 ที่เป็นข้อมูลในกรุงเทพมหานครช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2562, รูปที่ 4.5 ของพระนครศรีอยุธยา รูปที่ 4.6 ของจังหวัดนครสวรรค์ โดยเฉพาะรูปที่ 4.7 ที่แสดงให้เห็นชัดเจนว่าช่วงสูงสุดและต่ำสุดไม่ได้เกิดขึ้นพร้อมกัน แต่ก็มีลักษณะสูงสุดต่ำสุดให้เห็นเป็นคลื่น ให้เห็นเป็นคาบเช่นกัน

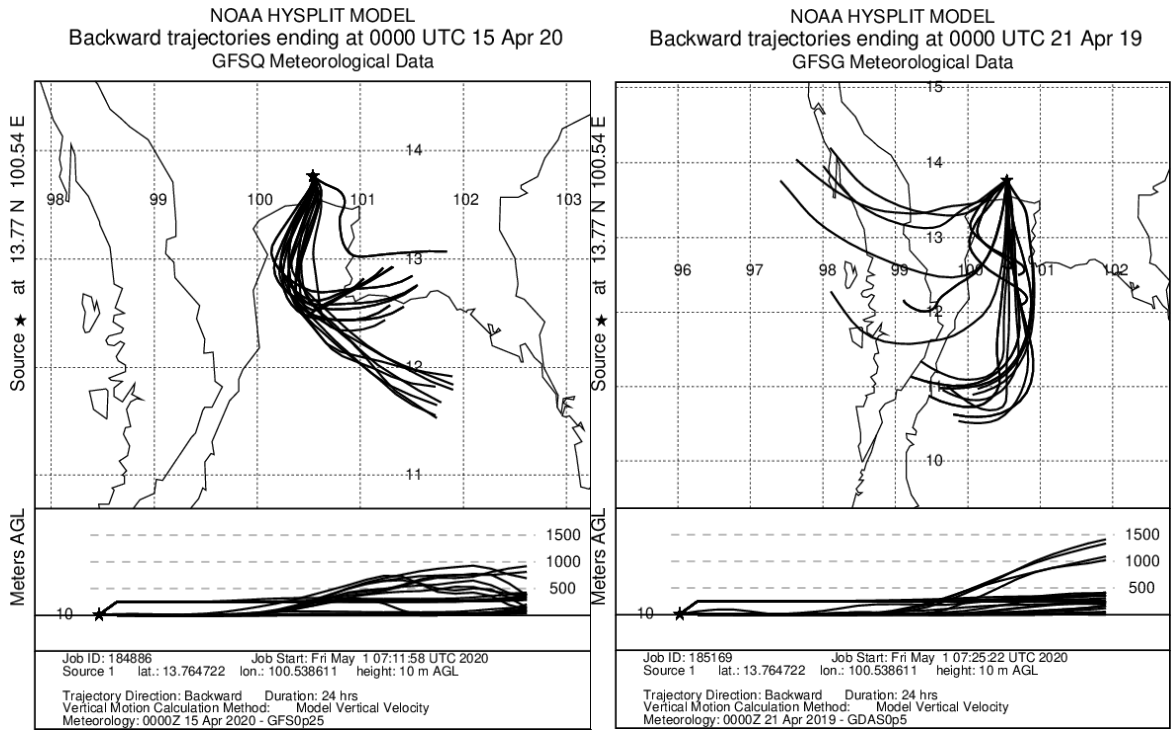
ข้อมูลทั้งหมดนี้แปลว่าปริมาณฝุ่นนี้มีการขึ้นลงเป็นคาบในช่วง 5 ถึง 8 วันเสมอมา ตั้งแต่เริ่มมีการวัดมาถึงปัจจุบัน ถ้าอ้างอิงจากข้อสรุปในรายงานนี้ปัจจัยหลักทำให้ฝุ่นเพิ่มหรือลดคือทิศทางลม ก็แปลว่าทิศทางลมนั้นสนับไปมาตลอดทั้งปี สอดคล้องกับผลการจำลองลม ที่รูปแบบต่างก็ ก็สลับกันไปมาต่อเนื่องตลอดทั้งเดือนเช่นเดียวกัน

จากนั้นเมื่อนำข้อมูลจากรูปที่ 4.2 ไปพิจารณาเพิ่มเติม โดยเฉพาะวันที่ 15 เมษายน และ 21 เมษายน ที่เป็นวันที่กราฟสูงต่ำของทั้งสองปีสลับกันพอดี โดยจะพิจารณาทิศทางลมในวันนั้นได้ผลดังนี้



รูปที่ 5.1 รูปแสดงทิศทางลมในวันที่ฝุ่นต่ำสุดของช่วง 26 มีนาคม ถึง 26 เมษายน ปี พ.ศ 2562 และ 2563

จะเห็นได้ว่าทั้งสองวันเป็นทิศทางลมแบบที่ 2 ที่ให้ปริมาณฝุ่นน้อยสุดในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2562 ทว่าเมื่อพิจารณาวันที่ฝุ่นที่มากที่สุดนั้น กลับให้ผลดังนี้



รูปที่ 5.2 รูปแสดงทิศทางลมในวันที่ฝุ่นสูงสุดของช่วง 26 มีนาคม ถึง 26 เมษายน ปี พ.ศ 2562 และ 2563

จะเห็นได้ว่าวันที่ 21 เมษายน พ.ศ. 2562 นั้นเป็นทิศทางลมรูปแบบที่ไม่ได้พบในเดือนมกราคม พ.ศ. 2562 ทว่าในวันที่ 15 เมษายน มีลักษณะคล้ายลมในแบบที่ 2 ที่เป็นลมที่มีฝุ่นน้อย แต่ว่าเมื่อพิจารณาลงไป ผู้เขียนมีความเห็นว่ามีความแตกต่างกันเล็กน้อย กล่าวคือลมแบบที่ 2 จะพัดเข้ามาจากทะเลเป็นหลัก แต่ลมของวันที่ 15 เมษายน พ.ศ. 2562 นี่มีลักษณะเหมือนพัดมาจากประเทศกัมพูชาผ่านทะเลเข้ามามากกว่าจะพัดเข้ามาจากทะเลโดยตรง

ปัจจัยนี้อาจจะเกี่ยวข้องกับฤดูกาล เพราะในเดือนมกราคมนั้นเป็นฤดูหนาว ขณะที่เดือน มีนาคมและเมษานั้นเป็นฤดูร้อน ระบบอากาศ ระบบลม อาจจะไม่ได้เหมือนกัน สมควรพิจารณาเพิ่มเติมเกี่ยวกับปัจจัยของแต่ละฤดูกาล ทั้งปัจจัยของลมที่ทำให้ฝุ่นเพิ่มหรือลด และปัจจัยที่ทำให้ฝุ่นเพิ่มลดเป็นคาบสลับกันไปมาตลอดทั้งปี

อ้างอิง

[1] โครงการศึกษาแหล่งกำเนิดและแนวทางการจัดการฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในพื้นที่กรุงเทพและปริมณฑล, กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2561 สืบค้นจาก http://infofile.pcd.go.th/air/PM2.5.pdf?CFID=2132723&CFTOKEN=52299852

[2] วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์ และคณะ (2560 ก), รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ การจัดทำบัญชีแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศในกรุงเทพมหานคร, วิทยาลัยพัฒนามหานคร, 2560

[3] วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์ และคณะ (2560 ข), รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ การประเมินทางสถิติความเข้มข้นมลพิษอากาศในกรุงเทพมหานคร, วิทยาลัยพัฒนามหานคร

[4] สุพัฒน์ หวังวงศ์วัฒนา (2561). ฝุ่น PM2.5 แก้อย่างไรให้ตรงจุด. เอกสารนาเสนอในการเสวนาแก้ไขปัญหา PM2.5 23 มีนาคม 2561

[5] Kim Oanh, A Study in Urban Air Pollution Improvement in Asia AIT, 2017

[6] A. F. Stein, R. R. Draxler, G. D. Rolph, B. J. B. Stunder, and M. D. Cohen NOAA's HYSPLIT Atmospheric Transport and Dispersion Modeling System NOAA/Air Resources Laboratory, 2015

[7] FIRMS team, (2019), About FIRMS, Retrived 7 November 2019 , from https://earthdata.nasa.gov/earth-observation-data/near-real-time/firms/about-firms

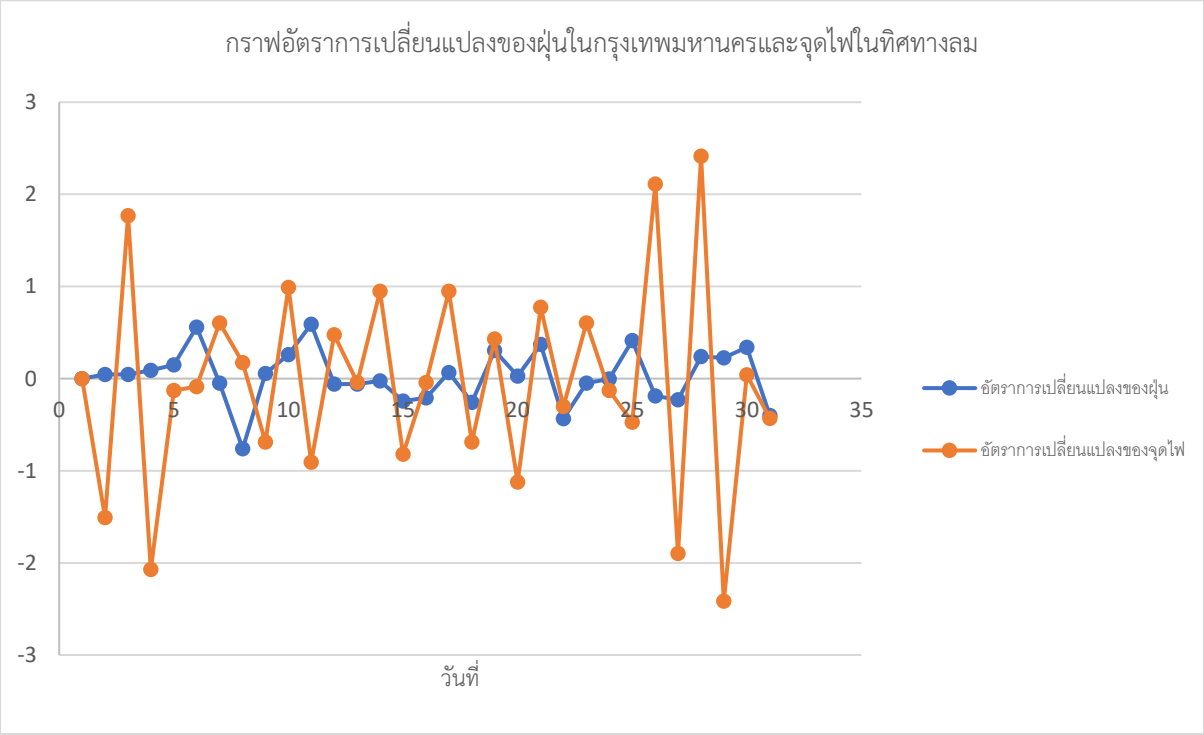
ภาคผนวก

ตารางที่ ก.1 ตารางแสดงปริมาณฝุ่นในกรุงเทพมหานครและพื้นที่รอบข้าง

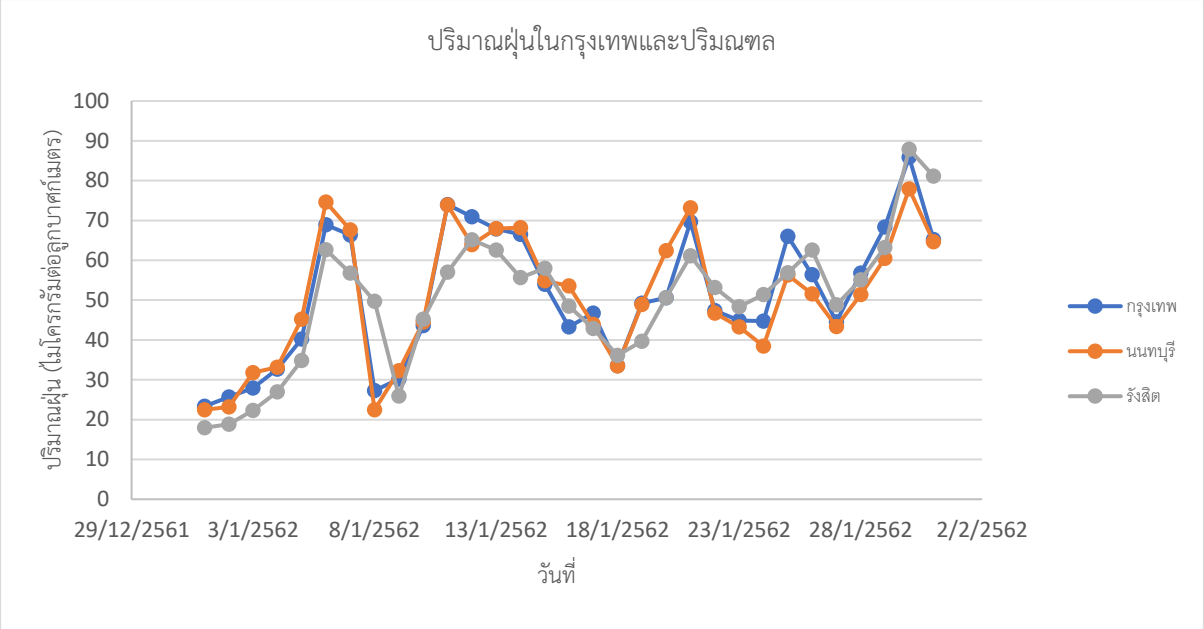
วันที่	ฝุ่นเฉลี่ย (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)					
	กรุงเทพ	นนทบุรี	รังสิต	อยุธยา	ราชบุรี	นครสวรรค์
1/1/2562	23.3	22.5	18.0	12.3	29.1	19.6
2/1/2562	25.7	23.2	18.9	14.2	31.8	23.5
3/1/2562	27.9	31.8	22.3	20.8	36.2	35.1
4/1/2562	32.7	33.2	27.0	23.7	53.2	33.5
5/1/2562	40.2	45.2	34.8	37.3	54.8	49.0
6/1/2562	68.9	74.6	62.6	46.5	65.9	46.5
7/1/2562	66.4	67.6	56.8	47.7	66.5	38.8
8/1/2562	27.3	22.5	49.7	52.7	34.6	52.5
9/1/2562	30.2	32.3	25.9	27.2	27.5	35.2
10/1/2562	43.6	44.5	45.3	44.3	49.5	41.2
11/1/2562	74.0	73.9	57.0	71.7	65.6	57.1
12/1/2562	70.9	64.0	65.2	69.5	74.9	49.6
13/1/2562	67.9	68.0	62.6	87.6	76.5	46.9
14/1/2562	66.5	68.2	55.6	58.2	66.3	46.4
15/1/2562	54.0	54.9	58.0	57.9	60.7	46.0
16/1/2562	43.3	53.6	48.5	59.2	60.2	43.6
17/1/2562	46.7	43.9	42.9	44.1	59.0	43.5
18/1/2562	33.6	33.5	36.1	22.3	58.9	27.9
19/1/2562	49.2	48.9	39.7	33.6	67.0	41.0
20/1/2562	50.6	62.4	50.6	51.6	71.6	51.3
21/1/2562	69.7	73.2	61.1	60.5	75.0	50.8
22/1/2562	47.4	46.8	53.2	51.8	64.9	46.3
23/1/2562	44.9	43.3	48.3	32.0	67.3	41.0
24/1/2562	44.8	38.5	51.4	-	80.3	56.0
25/1/2562	66.1	56.3	56.8	47.8	87.1	60.2
26/1/2562	56.4	51.6	62.5	55.5	89.0	49.5
27/1/2562	44.5	43.3	48.8	52.0	76.9	44.7
28/1/2562	56.8	51.4	55.1	55.5	82.3	58.4

วันที่	ฝุ่นเฉลี่ย (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)					
	กรุงเทพ	นนทบุรี	รังสิต	อยุธยา	ราชบุรี	นครสวรรค์
29/1/2562	68.4	60.5	63.2	53.4	83.3	62.8
30/1/2562	85.9	78.0	87.9	79.5	89.1	67.5
31/1/2562	65.3	64.7	81.2	82.7	101.6	70.3

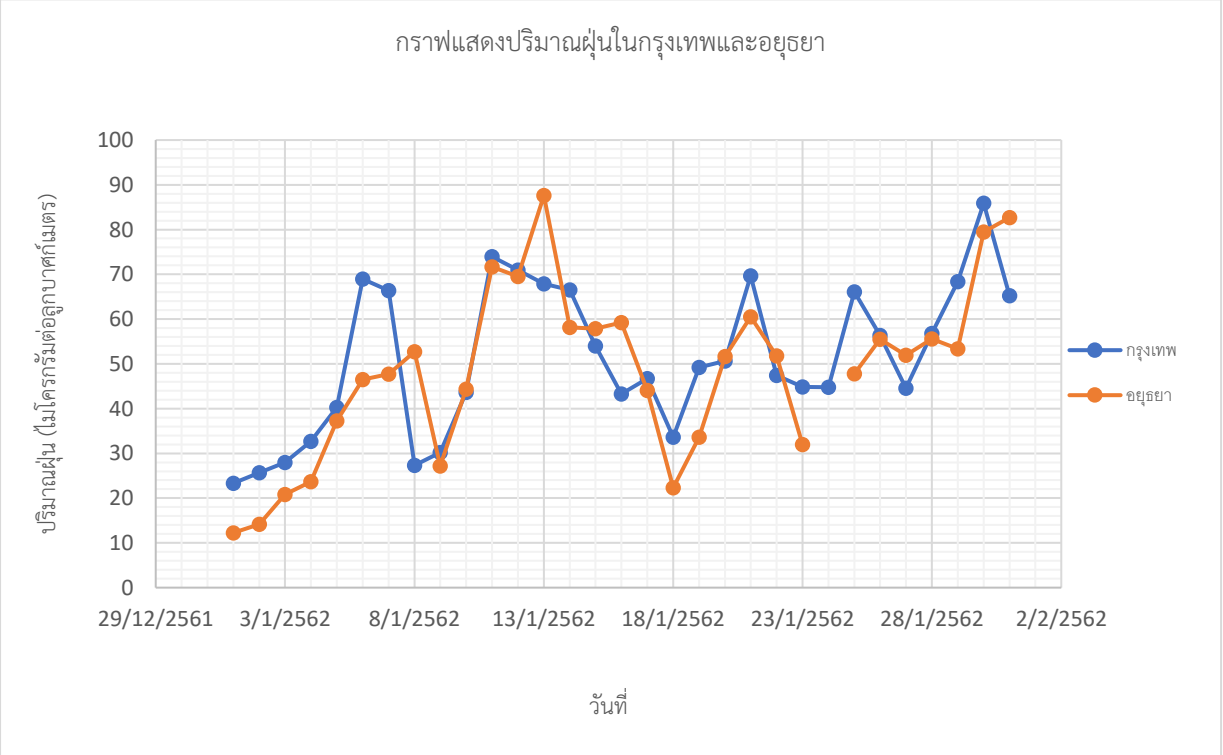
จากข้อมูลในตารางที่ 4.2 นำไปคำนวณด้วยสมการที่ (5) และนำมาวาดกราฟได้ผลดังนี้



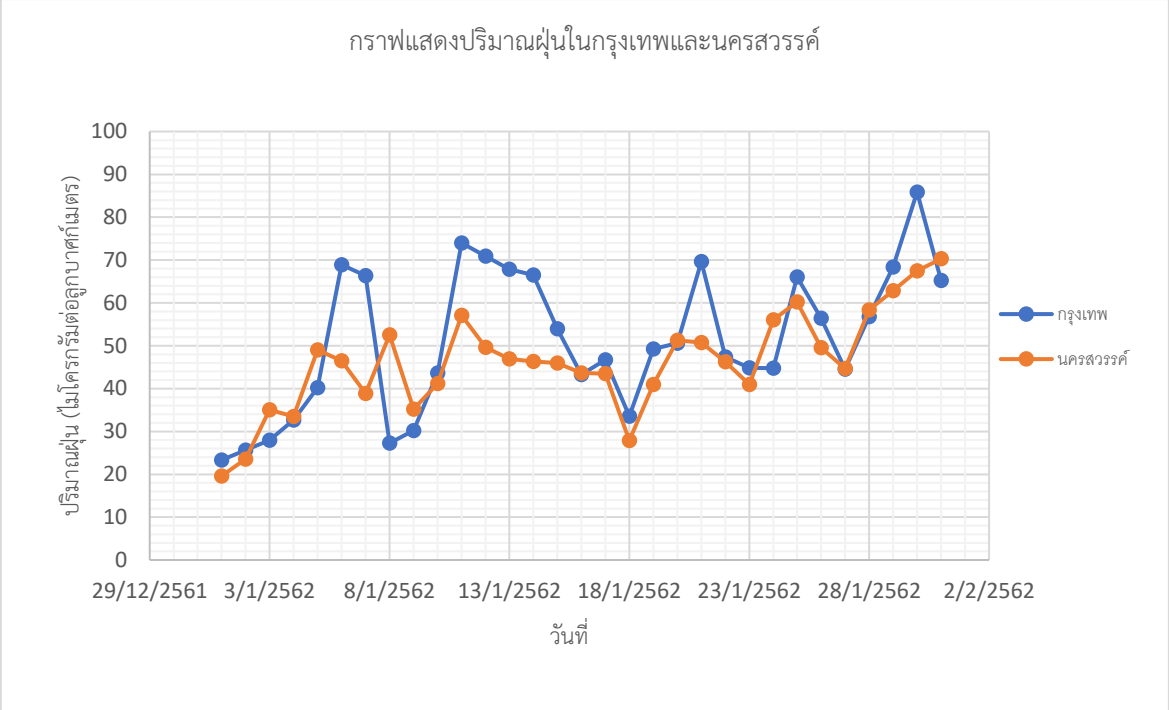
รูป ก.1 รูปแสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงของฝุ่นในกรุงเทพมหานครและจุดไฟในทิศทางลม



รูป ก.2 รูปแสดงปริมาณฝุ่นในกรุงเทพและปริมณฑล



รูป ก.3 รูปแสดงปริมาณฝุ่นในกรุงเทพมหานครและอยุธยา



รูป ก.4 รูปแสดงปริมาณฝุ่นในกรุงเทพมหานครและนครสวรรค์