การทำแบบจำลองมลพิษทางอากาศเพื่อประเมินผลกระทบจากโรงงานในนิคมอุตสาหกรรม รอบ ๆ บริเวณติดตั้งเครือข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์ระยะที่ 1

ทักษพร ศรีมโนรถ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

การทำแบบจำลองมลพิษทางอากาศเพื่อประเมินผลกระทบจากโรงงานในนิคมอุตสาหกรรม รอบ ๆ บริเวณติดตั้งเครือข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์ระยะที่ 1

ทักษพร ศรีมโนรถ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SIMULATION OF AIR POLLUTANTS DISPERSION TO ASSESS THE IMPACT FROM FACTORIES IN INDUSTRIAL ESTATE AROUND E-NOSE MONITORING NETWORK: PHASE 1

TAKSAPORN SRIMANOROTH

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF BACHELOR IN CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

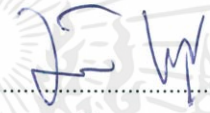
ปริญญานิพนธ์เรื่อง การทำแบบจำลองมลพิษทางอากาศเพื่อประเมินผลกระทบจากโรงงานในนิคมอุตสาหกรรม รอบ ๆ บริเวณติดตั้งเครือข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์ระยะที่ 1

โดย นางสาวทักษพร ศรีมโนรถ

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.นริศรา ทองบุญชู
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์



.....ประธานกรรมการ
(ดร.นริศรา ทองบุญชู)

.....กรรมการ
(ผศ.ดร.สันติ วัฒนานุสรณ์)

.....กรรมการ
(ดร.อมตะ อนันต์พินิจวัฒนา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง	การทำแบบจำลองมลพิษทางอากาศเพื่อประเมินผลกระทบจากโรงงานในนิคมอุตสาหกรรม รอบ ๆ บริเวณติดตั้งเครือข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์ระยะที่ 1
โดย	ทักษพร ศรีมโนรถ
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขา	วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา	2559
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.นริศรา ทองบุญชู

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการทำโครงการนี้คือการศึกษาผลกระทบของมลพิษทางอากาศที่ปลดปล่อยจากโรงงานที่อยู่ใกล้บริเวณที่ติดตั้งเครือข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์ระยะที่ 1 ที่มีต่อชุมชนที่พักอาศัยที่อยู่รอบ ๆ แหล่งกำเนิดมลพิษ โดยใช้ AERMOD แบบจำลองแบบพลูมที่ภาวะคงตัวแบบจำลองที่ได้รับการแนะนำจากองค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา(US-EPA) สำหรับการแก้ไขแผนดำเนินการของมลรัฐสำหรับแหล่งกำเนิดมลพิษที่มีอยู่แล้ว และสำหรับแหล่งกำเนิดใหม่ ถูกเลือกนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินผลกระทบ โดยพื้นที่ศึกษาคิดเป็นพื้นที่ 5.4286 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมโรงงานในนิคมอุตสาหกรรมและพื้นที่ชุมชนโดยรอบ ระยะเวลาที่ศึกษาคือตั้งแต่ เมษายน 2557 - เมษายน 2558 โดยใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาผิวพื้นจากสถานีอุตุนิยมวิทยาระยอง ส่วนข้อมูลอากาศชั้นบนในพื้นที่ไม่มีจึงใช้ข้อมูลจาก NOAA/ESRL Radiosonde Database ที่สถานีบางนาแทน ในส่วนของข้อมูลแหล่งกำเนิดใช้บัญชีการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศที่พัฒนาก่อนหน้านี้ โดยผลที่ได้จากแบบจำลองคุณภาพจะเป็นเป็นกราฟแสดง Contour ความเข้มข้นเฉลี่ยราย 3 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง และ 1 ปี ของ SO_2, NO_x, CO และ PM_{10} มลพิษ โดยความเข้มข้นของสารมลพิษจะมากที่สุดที่บริเวณใกล้แหล่งกำเนิด และจะลดลงตามระยะทางที่ห่างจากแหล่งกำเนิด การกระจายของมลพิษมีการขยายในทิศทาง N-S โดยขยายไปทางทิศเหนือมากกว่าทิศใต้ เนื่องจากลมหลักที่พัดผ่านบริเวณนั้นมาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ เมื่อนำค่าความเข้มข้นที่คำนวณนี้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากตรวจวัดพบว่าค่าความเข้มข้นของ SO_2, NO_x และ PM_{10} ที่ได้จากแบบจำลองมีค่าสูงเกินค่าความเข้มข้นที่ได้จากการตรวจวัดค่อนข้างมาก จึงวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนโดยใช้ข้อมูลการปลดปล่อยของ SO_2 จากการวัดจากปล่องระบายควันของโรงงานที่มีอยู่ในพื้นที่ศึกษา จากการศึกษาพบว่าค่าแบบจำลองจะใกล้เคียงกับค่าจากการตรวจวัดมากขึ้น จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าข้อมูลการปลดปล่อยเป็นส่วนหลักที่ทำให้แบบจำลองมีความคลาดเคลื่อน ดังนั้นควรมีการปรับปรุงบัญชีการปลดปล่อย เพื่อให้ผลจากการจำลองมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report Title	Simulation of air pollutants dispersion to assess the impact from factories in industrial estate around e-nose monitoring network: phase 1
By	Taksaporn Srimanoroth
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Chemical Engineering
Year	2016
Advisors	Dr. Narisara Thongboonchoo

Abstract

The aim of this project is to study impact of air pollutants released by factories which located nearby E-nose monitoring network phase 1 to nearby residential community. AERMOD, a steady-state plume model, a recommended model by US-Environmental Protection Agency (EPA) for State Implementation Plan (SIP) revisions for existing sources and for new sources review, was chosen as a tool to evaluate an impact. Study domain covers area of 5.4286 sq. km including factories in industrial estate and nearby residential area. Period of study are April 2015-April 2015. Ground meteorological data were retrieved from Rayong Meteorological station. Since there is no upper air data in the area, the data from Bangna station were downloaded from NOAA/ESRL Radiosonde Database to use as substituted data. For emission data, emission inventories from previous work were used. The model output is contour plot of 3-hrs, 24-hrs, and annual average concentration of SO_2, NO_x and PM_{10} concentration. The concentration was highest near emission sources and decreased with distance far from sources. The distribution of pollutants was in N-S direction. The contours were expanded in the north than the south direction due to major wind that affected the area is South-westerly wind. When compared modeled data with observation data, the concentration of SO_2, NO_x and PM_{10} were much higher than observation data. The sensitivity analysis was analyzed by using SO_2 emission from available stack measurement of factories in the domain. The results reveal that modeled data is closer to measured data. This information show that emission data is a major contributor to model errors. Therefore, emission inventories should be updated for more accurate of the model results.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความอนุเคราะห์จาก ดร.นริศรา ทองบุญชู อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้กรุณาช่วยเหลือสนับสนุน ให้คำปรึกษา ดูแลเอาใจใส่ ตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไข ถ่ายทอดความรู้แนวคิดการวิเคราะห์ต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ได้

ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมเคมีที่ให้คำปรึกษาทั้งในเรื่องส่วนตัวและการเรียน ทำให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้และมีความสุขตลอดเวลาที่ได้เรียนที่ภาควิชา

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเคมีที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ ทั้งในการเรียนการสอนรวมถึงสถานที่สาหรับทำปริญญานิพนธ์ รวมถึงเจ้าหน้าที่ของภาควิชาที่ได้อำนวยความสะดวกในหลาย ๆ ด้าน

ขอขอบคุณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย สำหรับการเอื้อเฟื้อข้อมูลต่าง ๆ จนถึงการดูแลตลอดระยะเวลาในการเก็บข้อมูลที่ใช้ในการทำปริญญานิพนธ์

ขอขอบคุณกลุ่มเพื่อนในภาควิชาและต่างสาขาที่ให้คำแนะที่ดีเสมอมา

ขอขอบคุณครอบครัวที่ได้อบรมสั่งสอน ทั้งยังสนับสนุนอยู่เบื้องหลัง รวมถึงผู้ที่ไม่ได้กล่าวถึง ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าปริญญานิพนธ์นี้จะเป็นประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมต่อไป

ทักษพร ศรีมโนรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VI
สารบัญภาพ VII
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ 2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ 2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง 3
2.2 อันตรายจากสารมลพิษทางอากาศ 4
2.3 ลักษณะทางด้านอุตุนิยมวิทยาและธรณีวิทยา จังหวัดระยอง 5
2.4 แบบจำลองการแพร่กระจายของมลพิษ 6
2.5 ลักษณะโดยทั่วไปของ AERMOD 10
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 19
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย 21
3.1 ที่ตั้งและขนาดของพื้นที่ศึกษา 21
3.2 การรวบรวมข้อมูลและการจัดรูปแบบข้อมูล 22
3.3 ทำการจำลองการแพร่กระจายสารมลพิษทางอากาศโดยใช้แบบจำลอง 25
3.4 การเปรียบเทียบและการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของมลพิษที่ได้จากแบบจำลองกับค่าความเข้มข้นของสารมลพิษที่ได้จากการตรวจวัด 26
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย 27
4.1 การวิเคราะห์ผลกระทบบริเวณพื้นที่รอบแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ 27
4.2 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารมลพิษที่ได้จากโปรแกรมจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD กับค่าที่ตรวจวัดจริงจากสถานี 31
4.3 การศึกษาความคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง 32
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย และข้อเสนอแนะ 34
5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า
5.2 ข้อเสนอแนะ 34
เอกสารอ้างอิง 35
ภาคผนวก 38
ภาคผนวก ก 39
ภาคผนวก ข 43
ภาคผนวก ค 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 หลักการของแบบจำลอง 10
2.2 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาผิวพื้น..... 12
2.3 ค่า Albedo โดยแบ่งตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและฤดูกาล ในสภาวะที่อากาศแห้ง (Albedo of Ground Covers by Land-Use and Season)..... 13
2.4 ค่า Bowen Ratio โดยแบ่งตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและฤดูกาล ในสภาวะความชื้นปกติ (Daytime Bowen Ratio by Land Use and Season Average Moisture Conditions)..... 14
2.5 ค่า Surface Roughness Length (เมตร) โดยแบ่งตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและฤดูกาล (Surface Roughness Length, in Meters by Land-Use and Season)..... 14
3.1 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาผิวพื้นที่นำมาจัดเรียงในรูปแบบเป็น SCRAM format 22
3.2 การปลดปล่อยมลพิษโดยรวมของแต่ละโรงงาน 24
4.1 ความเข้มข้นของสารมลพิษที่ได้จากแบบจำลองและจากการตรวจวัดจริง..... 31
4.2 เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน 31
4.3 ความเข้มข้นของ SO_2 ที่ได้จากแบบจำลองและจากการตรวจวัดจริง..... 32
4.4 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนก่อนและหลังการปลดปล่อย 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ระบบภาวะมลพิษทางอากาศ 3
2.2 ภูมิประเทศทั่วไปของจังหวัดระยอง 5
2.3 การแพร่กระจายแบบ Gaussian plume ของสารมลพิษ 7
2.4 แบบจำลอง Gaussian plume and puff 8
2.5 ประเภทของแบบจำลองที่เลือกใช้ตามความซับซ้อนของปัญหา 9
2.6 แผนผังการทำงานของโปรแกรม AERMOD 11
2.7 การคำนวณความเข้มข้นทั้งหมดจากโปรแกรมหลัก AERMOD 15
2.8 ลักษณะจำลองแหล่งกำเนิดพลูมสำหรับ Convection Boundary Layer ที่ใช้ในโปรแกรมหลัก AERMOD 16
3.1 พื้นที่ศึกษา 20
3.2 แบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD 25
4.1 กราฟคอนทัวร์ความเข้มข้นของ NO_x เฉลี่ย 3 ชั่วโมง 28
4.2 กราฟคอนทัวร์ความเข้มข้นของ NO_x เฉลี่ย 24 ชั่วโมง 28
4.3 กราฟคอนทัวร์ความเข้มข้นของ NO_x เฉลี่ย 1 ปี 29
4.4 กระแสลมต่าง ๆ ที่พัดผ่านประเทศไทย 30
4.5 Wind rose เฉลี่ยรายปี 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

พื้นที่มาบตาพุด ตั้งอยู่ในตำบลมาบตาพุด อำเภอเมืองระยอง จังหวัดระยอง เป็นที่ตั้งของนิคมอุตสาหกรรม 5 แห่ง และท่าเรือ 1 แห่ง คือ นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด นิคมอุตสาหกรรมผาแดงนิคมอุตสาหกรรมเอเชีย นิคมอุตสาหกรรมเหมราชตะวันออก นิคมอุตสาหกรรมอาร์ ไอแอล และท่าเรืออุตสาหกรรมมาบตาพุด ซึ่งเรียกโดยรวมว่า “มาบตาพุดคอมเพล็กซ์” นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดเป็นนิคมอุตสาหกรรมแห่งแรกที่จัดตั้งในพื้นที่เพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมปิโตรเคมี และอุตสาหกรรมหนักอื่น ๆ แล้วยังเป็นอุตสาหกรรมต้นน้ำสำหรับอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่น ๆ ที่จะผลิตสินค้าอุปโภคต่าง ๆ ปัจจุบันนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดเป็นฐานการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมประเภทปิโตรเคมี เคมีภัณฑ์ เหล็กและโลหะ และโรงกลั่นน้ำมันที่สำคัญของประเทศ เมื่อการพัฒนาภาคอุตสาหกรรมในพื้นที่เติบโตอย่างรวดเร็วทำให้ประสบกับปัญหาการบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อม และอาชีวอนามัยที่ไม่ดี ทำให้เกิดผลกระทบในหลายด้าน อาทิ ด้านคุณภาพอากาศ ปัญหาเกี่ยวกับสุขภาพ ทำให้มีการร้องเรียนจากประชาชนที่อยู่อาศัยรอบ ๆ นิคมอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมากในส่วนของกลิ่น และมลพิษทางอากาศ[1] ซึ่งจากรายงานของกรมควบคุมมลพิษระบุว่า แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศในพื้นที่ส่วนใหญ่มาจากภาคอุตสาหกรรม และภาคการขนส่ง โดยสารมลพิษทางอากาศที่ปนเปื้อนในพื้นที่ ได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10}) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซโอโซน (O_3) และสารอินทรีย์ระเหย(VOCs)[2]

จากความร่วมมือระหว่างสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังและการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ในการพัฒนาเครือข่ายเฝ้าระวังปริมาณการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหย โดยใช้โครงข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์ (E-nose) ซึ่งผลจากการทำโครงการระยะที่ 1 (พ.ศ. 2557-2558) ได้ทำการติดตั้งโครงข่ายอิเล็กทรอนิกส์ในบางส่วนของพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด และได้มีการจัดทำบัญชีปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ (Emission Inventory) ของโรงงานรอบ ๆ บริเวณที่ติดตั้งโครงข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์แล้ว ดังนั้น ในปริญญานิพนธ์นี้จึงสนใจที่จะนำข้อมูลบัญชีปลดปล่อยมลพิษทางอากาศมาศึกษาผลกระทบของปริมาณมลพิษทางอากาศที่ปลดปล่อยจากแหล่งกำเนิดที่มีต่อชุมชนที่อาศัยอยู่รอบ ๆ โดยการใช้แบบจำลองการแพร่กระจายมลพิษ เพื่อให้ทราบถึงลักษณะการแพร่กระจายมลพิษทางอากาศ ซึ่งคือ ทิศทางและปริมาณความเข้มข้นของมลพิษจากแหล่งกำเนิดไปยังผู้รับผลกระทบ เพื่อจัดการปัญหามลพิษทางอากาศในพื้นที่รอบ ๆ โครงข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์ และนำมาใช้ในการเตรียมการป้องกันไม่ให้เกิดปัญหากับชุมชน และสิ่งแวดล้อมโดยรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

ทำแบบจำลองการแพร่กระจายของมลพิษทางอากาศจากโรงงานในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1) ศึกษาการแพร่กระจายของมลพิษทางอากาศจากโรงงานที่ตั้งอยู่รอบ ๆ โครงข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์ ที่ติดตั้งในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด โดยใช้แบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD

2) มลพิษทางอากาศที่สนใจ คือ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10})

3) ช่วงเวลาที่ทำการศึกษา คือ ตั้งแต่เมษายน 2557 ถึง เมษายน 2558

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

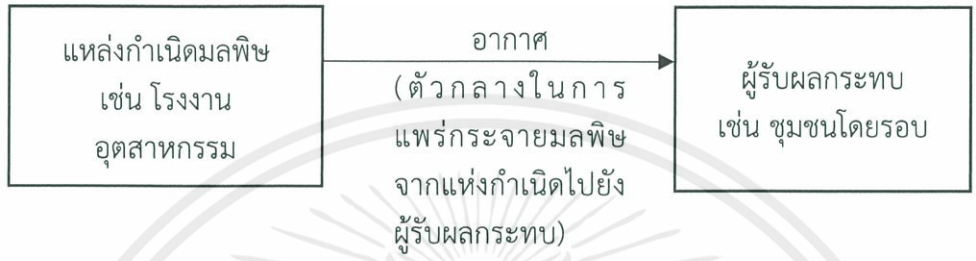
1) สามารถทำนายทิศทางและปริมาณความเข้มข้นของสารมลพิษที่จะส่งผลกระทบในพื้นที่รอบ ๆ โครงข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์

2) รูปแบบการแพร่กระจายของสารมลพิษสามารถใช้เป็นแนวทางในการควบคุมปัญหามลพิษทางอากาศในพื้นที่รอบ ๆ โครงข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์ และใช้ในการเฝ้าระวัง เตรียมการป้องกันไม่ให้เกิดปัญหากับชุมชน และสิ่งแวดล้อมโดยรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทำแบบจำลองการแพร่กระจายมลพิษทางอากาศในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมต้องประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ แหล่งกำเนิดมลพิษ การแพร่กระจายของมลพิษในอากาศ ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นที่และอุตุนิยมวิทยา และผู้รับผลกระทบ ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ระบบภาวะมลพิษทางอากาศ

ดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึง ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่นิคมอุตสาหกรรม ลักษณะอุตุนิยมวิทยาโดยทั่วไป และแบบจำลองที่เลือกใช้ทำการจำลองการแพร่กระจายมลพิษทางอากาศ

2.1 ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง

นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีเนื้อที่กว่า 10,000 ไร่ เป็นพื้นที่สำหรับอุตสาหกรรม 8,000 ไร่ มีจำนวนโรงงาน 62 แห่ง (รวมโรงไฟฟ้าบริเวณท่าเทียบเรือ 2 แห่ง) อุตสาหกรรมหลัก คือ กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี เหล็ก เคมีภัณฑ์ ไฟฟ้า[3] โดยนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีชุมชนอยู่โดยรอบ ได้แก่ ชุมชนหนองแฟบ ชุมชนตากวน-อ่าวประดู่ ชุมชนห้วยโป่ง ชุมชนสำนักมะม่วง ชุมชนมาบชลูด ชุมชนมาบตาพุด ซึ่งเป็นชุมชนที่อยู่ติดกับโรงงาน และชุมชนที่อยู่รอบนอกอีกประมาณ 14 ชุมชนที่ไม่ได้รับผลกระทบโดยตรง ซึ่งบริเวณที่ศึกษาแหล่งกำเนิดมลพิษ คือ บริเวณที่ติดตั้งเครือข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์ระยะที่ 1 และชุมชนที่อยู่ใกล้กับบริเวณนี้ คือ ชุมชนตากวน-อ่าวประดู่[4]

2.1.1 แหล่งกำเนิดมลพิษในพื้นที่บริเวณที่ติดตั้งเครือข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์ระยะที่ 1 [3]

ในพื้นที่บริเวณที่ติดตั้งเครือข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์ระยะที่ 1 ตั้งอยู่ในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรม มีโรงงานทั้งหมด 11 โรง ประกอบด้วย โรงกลั่นน้ำมัน 1 โรง โรงไฟฟ้าถ่านหิน 1 โรง โรงเหล็กขั้นกลาง 2 โรง โรงผลิตมอนอเมอร์ 1 โรง โรงผลิตพอลิเมอร์ 5 โรง และในส่วนของถังกักเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 อันตรายจากสารมลพิษทางอากาศ

การตรวจวัดคุณภาพอากาศในเขตควบคุมมลพิษ จ.ระยอง โดยกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ในปี 2553 มีการตรวจวัดสารมลพิษ (Pollutants) ทั่วไป เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulphur Dioxide: SO_2) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitrogen Dioxide: NO_2) ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (Particular Matter with Diameter < 10 Microns: PM_{10}) ก๊าซโอโซน (Ozone: O_3) ก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ (Carbon Monoxide: CO) และสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) แหล่งกำเนิดมลพิษในพื้นที่ส่วนใหญ่ยังมาจากภาคอุตสาหกรรม และภาคการขนส่ง[2] โดยอันตรายจากสารมลพิษแต่ละชนิดเป็นดังต่อไปนี้

1) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) [5]

คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เป็นก๊าซที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของสารประกอบคาร์บอนเป็นก๊าซที่ไม่มีสีรสและกลิ่นเบากว่าอากาศทั่วไป เมื่อหายใจเข้าไป ก๊าซนี้จะรวมตัวฮีโมโกลบิน (haemoglobin) ในเม็ดเลือดแดงได้มากกว่าออกซิเจนถึง 200-250 เท่า เกิดเป็นคาร์บอกซีฮีโมโกลบิน (Carboxyhemoglobin) ทำให้เม็ดเลือดแดงไม่สามารถรับ O_2 ได้ตามปกติ เมื่อร่างกายได้รับ O_2 น้อยลง ดังนั้นหัวใจต้องสูบฉีดเลือดหนักขึ้นเพื่อให้เลือดผ่านปอดมากขึ้น จะได้มีการรับ O_2 ให้มากขึ้น ส่งผลให้หัวใจและปอดจะต้องทำงานหนักขึ้น อาการทั่วไปเมื่อร่างกายได้รับ CO คือ วิงเวียนศีรษะ หายใจอึดอัด คลื่นไส้อาเจียน ปวดศีรษะมึนงง หากร่างกายได้รับคาร์บอนมอนอกไซด์มากอาจช็อกหมดสติหรือตายได้

2) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) [6]

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) เป็นก๊าซที่เกิดจากเครื่องยนต์ เครื่องจักร ที่ใช้เชื้อเพลิงประเภทน้ำมันเตา เบนซิล ดีเซล ถ่านหิน ที่มีซัลเฟอร์ผสมอยู่ รวมถึงโรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียมก็ทำให้เกิดก๊าซชนิดนี้ขึ้นด้วย โดย SO_2 เป็นก๊าซไม่มีสี แต่มีกลิ่นฉุน มีฤทธิ์เป็นกรด และเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต หากเข้าสู่ร่างกายจะมีผลทำให้หลอดลมอักเสบ ถุงลมโป่งพอง เนื้อเยื่อปอดเป็นพังผืด ไม่มีการแลกเปลี่ยนออกซิเจนกับเลือดเกิดอาการหอบ หัวใจวายได้

3) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) [7]

ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ภาวะอุณหภูมิสูง (1000 องศาเซลเซียส) และออกซิเจนอย่างเพียงพอ โรงงานที่ทำให้เกิด NO_x ขึ้น ได้แก่ อุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมแยกหรือแปรรูปก๊าซธรรมชาติ โรงปูนซีเมนต์ โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน เป็นต้น

4) ฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10}) [8]

ฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10}) คือ ฝุ่นหยาบที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5-10 ไมครอน มีแหล่งกำเนิดจากการจราจรบนถนน การขนส่งวัสดุ กิจกรรมบดย่อยหิน เป็นต้น ฝุ่นละอองขนาดเล็กมีผลกระทบต่อสุขภาพ คือ เมื่อหายใจเข้าไปในปอดจะเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง ในสหรัฐอเมริกาพบว่า ผู้ที่ได้รับฝุ่น PM_{10} ในระดับหนึ่งทำให้เกิดโรคหอบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ลักษณะทางด้านอุตุนิยมวิทยาและธรณีวิทยา จังหวัดระยอง

การแพร่กระจายมลพิษจากแหล่งกำเนิดมลพิษไปยังผู้รับผลกระทบ ขึ้นอยู่กับลักษณะทางด้านอุตุนิยมวิทยาและธรณีวิทยาภายในพื้นที่

2.3.1 ลักษณะอากาศทั่วไปของจังหวัดระยอง [9]

จังหวัดระยองอยู่ภายใต้อิทธิพลของมรสุมที่พัดปกคลุมประเทศไทย 2 ชนิด คือ มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดปกคลุมตั้งแต่ประมาณกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ กับมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งพัดปกคลุมในช่วงฤดูฝนประมาณกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม ซึ่งพัดจากทิศตกเฉียงใต้เป็นส่วนใหญ่ และเป็นลมที่พัดผ่านทะเลนำความชื้นและไอน้ำเข้าสู่จังหวัด ทำให้อากาศชุ่มชื้นและมีฝนตกโดยทั่วไป และเนื่องจากจังหวัดระยองเป็นจังหวัดหนึ่งในภาคตะวันออกที่ได้รับอิทธิพลจากลมทะเลอยู่เสมอ จึงทำให้อากาศไม่ร้อนอบอ้าวมากนักในฤดูร้อน และฤดูหนาวอากาศก็ไม่หนาวจัด

2.3.2 ภูมิประเทศทั่วไปของจังหวัดระยอง [10]

สภาพพื้นที่โดยทั่วไปเป็นที่ราบสลับที่ดอนเป็นลูกคลื่น พื้นที่ทางด้านเหนือและด้านตะวันออกเป็นที่ราบสลับภูเขา ลาดต่ำลงสู่อ่าวไทยทางทิศใต้ มีพื้นที่ทิวเขา 2 แนว คือ ทิวเขาชะเมาทางทิศตะวันออก และทิวเขาที่อยู่ประมาณกึ่งกลางของตัวจังหวัดเป็นแนวยาวจากอำเภอเมืองระยองขึ้นไปทางเหนือ จังหวัดระยองมีแม่น้ำสายสั้น ๆ ซึ่งเกิดจากเทือกเขาจันทบุรีและเทือกเขาบรรทัดไหลลงสู่อ่าวไทย นอกจากนี้จังหวัดระยองยังมีชายฝั่งทะเล และมีเกาะเลียบตามแนวชายฝั่งจำนวนมาก ดังรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 ภูมิประเทศทั่วไปของจังหวัดระยอง [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 แบบจำลองการแพร่กระจายของมลพิษ

แบบจำลองการกระจายมลพิษทางอากาศใช้สมการทางคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายสภาพบรรยากาศ การกระจายตัว และกระบวนการทางเคมีและฟิสิกส์ภายในพลูม จากแหล่งกำเนิดมลพิษไปยังผู้รับผลกระทบ เพื่อคำนวณความเข้มข้น ณ สถานที่ต่าง ๆ โดยในหัวข้อนี้จะกล่าวถึง ประเภทของแบบจำลองการแพร่กระจายของมลพิษ และแบบจำลองที่เลือกใช้ในการทำการจำลองการแพร่กระจายสารมลพิษ

2.4.1 ประเภทของแบบจำลองการแพร่กระจายของมลพิษ

แบบจำลองการแพร่กระจายของมลพิษนั้นมีหลายประเภท ในที่นี้จะยกตัวอย่างแบบจำลองการแพร่กระจายของมลพิษมาเพียง 3 แบบ คือ แบบจำลองแบบกล่อง แบบจำลอง Gaussian และแบบจำลอง Lagrangian/Eulerian

1) แบบจำลองแบบกล่อง [11]

แบบจำลองแบบกล่องมีพื้นฐานมาจากสมการอนุรักษ์เชิงมวล โดยสมมติให้พื้นที่ศึกษาเป็นกล่องที่มีสารมลพิษที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากกระบวนการทางเคมีและฟิสิกส์อยู่ภายในกล่อง โดยภายในกล่องจะถือว่ามวลอากาศผสมกันอย่างดี และมีความเข้มข้นที่สม่ำเสมอทั่วทั้งกล่อง แบบจำลองแบบกล่องถือเป็นวิธีการที่ง่าย แต่ไม่เหมาะสำหรับสร้างแบบจำลองภายใต้สภาพแวดล้อมในบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงของอนุภาคที่ได้รับอิทธิพลจากลม ตัวอย่างแบบจำลองประเภทนี้ เช่น Aurora, CPB เป็นต้น

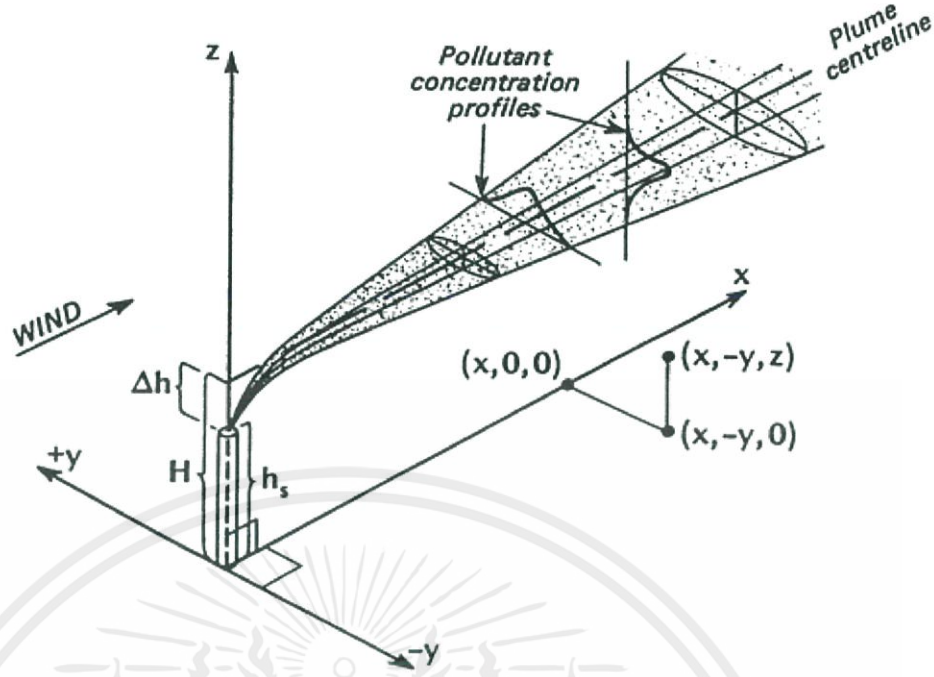
2) แบบจำลอง Gaussian [11-13]

แบบจำลอง Gaussian ถูกใช้อย่างแพร่หลายในการสร้างแบบจำลองการแพร่กระจายทางอากาศ โดยใช้ในการประมาณความเข้มข้นบริเวณใต้ลมของก๊าซปล่อยออกมาผสมกับอากาศและกระจายตัวสู่บรรยากาศ ดังนั้นแบบจำลองนี้จึงใช้กับก๊าซที่มีความเข้มข้นต่ำ ซึ่งโดยทั่วไปอยู่ในระดับส่วนในล้านส่วน แบบจำลองการกระจายตัวแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบจำลองแบบพลูม (Plume model) และแบบจำลองแบบพัฟฟ์ (Puff model)

2.1) แบบจำลอง Gaussian Plume

แบบจำลองการกระจายตัวแบบพลูมใช้คำนวณความเข้มข้นที่สภาวะคงตัวของสารถูกปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเช่น ก๊าซที่ถูกปล่อยออกมาจากปล่องควันสูงจะถูกพัดพาไปตามทิศทางการเคลื่อนที่ของลมดังที่แสดงในรูปที่ 2.3 และตัวอย่างแบบจำลองประเภทนี้ เช่น ISC, AERMOD เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 การแพร่กระจายแบบ Gaussian plume ของสารมลพิษ [14]

สมการที่ใช้ในการคำนวณความเข้มข้น แสดงดังสมการที่ 2.1

$$C(x,y,z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_x\sigma_y u} exp\left[-\frac{(y-y_0)^2}{2{\sigma_y}^2}\right] exp\left[-\frac{(z-z_0)^2}{2{\sigma_z}^2}\right] \quad (2.1)$$

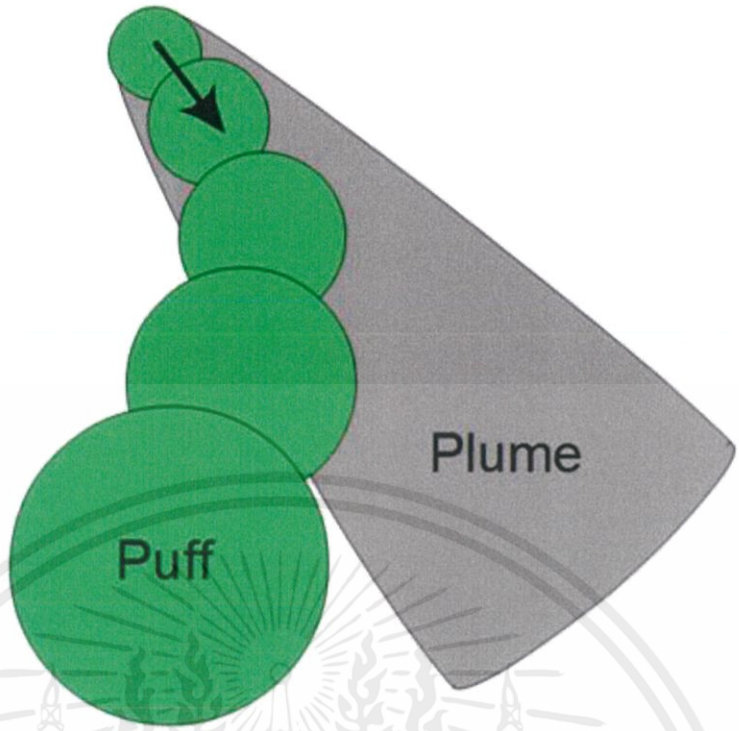
เมื่อ

$C(x,y,z)$	คือ ความเข้มข้นตามทิศลม ณ จุด (x,y,z) (g/m^3)
Q	คือ อัตราการปลดปล่อยของสารมลพิษ (g/s)
σ_y, σ_z	คือ สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายพลูม ณระยะทางในแนวขวางและแนวตั้ง ตามลำดับ (m)
u	คือ ความเร็วเฉลี่ยตามทิศลม ณ ทิศ x (m/s)
y	คือ ระยะทางในแนวขวาง (m)
z	คือ ระยะทางในแนวตั้ง (m)

2.2) แบบจำลอง Gaussian Puff

แบบจำลองการกระจายตัวแบบพัฟฟ์ใช้คำนวณความเข้มข้นชั่วคราวของสารถูกปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดเป็นการกระจายตัวของกลุ่มก๊าซทันทีทันใดจากแหล่งกำเนิด เช่น ก๊าซที่รั่วไหลออกมาจากภาชนะบรรจุที่แตกร้าว ทำให้กลุ่มก๊าซเคลื่อนตัวจากภาชนะบรรจุออกสู่บรรยากาศหาก ก๊าซถูกปล่อยออกมาอย่างต่อเนื่องในสภาวะคงตัว ลักษณะการจำลองแบบ Gaussian plume และ Gaussian puff มีความแตกต่างกันดังรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แบบจำลอง Gaussian plume and puff [15]

สมการที่ใช้ในการคำนวณความเข้มข้น แสดงดังสมการที่ 2.2

$$C(x,y,z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z} g \left\{ exp\left[-\frac{1}{2}\right]\left[\frac{d_a}{\sigma_x}\right]^2 exp\left[-\frac{1}{2}\right]\left[\frac{d_c}{\sigma_y}\right]^2 \right\} \qquad (2.2)$$

$$g = \frac{2}{\sqrt{2\pi}\sigma_z} \sum_{n=-a}^{a} exp\left[-\frac{1}{2}\frac{(H_e+2nh)^2}{{\sigma_z}^2(S)}\right]$$

เมื่อ

C คือ ความเข้มข้นที่ระดับพื้นดิน (g/m^3)
Q คือ มวลของสารมลพิษในพัฟฟ์ (g)
d_a คือ ระยะทางจากจุดกึ่งกลางของพัฟฟ์ถึงผู้รับในทิศขนานกับลม (m)
d_c คือ ระยะทางจากจุดกึ่งกลางของพัฟฟ์ถึงผู้รับในทิศตั้งฉากกับลม (m)
g คือ เทอมในแนวตั้งของสมการ Gaussain (m)
H_e คือ effective height ของกึ่งกลางของพัฟฟ์ (m)
n คือ การสะท้อนกลับซ้อนกันของพัฟฟ์
h คือ ความสูงของชั้นที่ผสมกัน (m)
σ_x คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในทิศขนานกับลม (m)
σ_y คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในทิศตั้งฉากกับลม (m)
σ_z คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้ง (m)
S คือ ระยะทางที่พัฟฟ์เดินทางไปได้ (m)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลอง Gaussian มีข้อจำกัดคือ[16]

1) ความเร็วและทิศทางลมต้องคงที่

2) ใช้ได้ดีในช่วงระยะทาง 100-2,000 กิโลเมตร จากแหล่งกำเนิด

3) เมื่อมลพิษทางอากาศออกจากแหล่งกำเนิดจะต้องลอยขึ้นจนถึงจุดสมดุลแล้วพัดไปตามทิศทางลมโดยรักษาระดับความสูงที่จุดนั้นคงที่ตลอด

4) ช่วงเวลาที่ใช้แบบจำลองต้อง 10 นาทีขึ้นไป

5) มลพิษทางอากาศต้องไม่เปลี่ยนสภาพ

6) แหล่งกำเนิดมลพิษและสภาพทางอุตุนิยมวิทยาต้องคงที่เสมอในช่วงเวลาที่คำนวณ

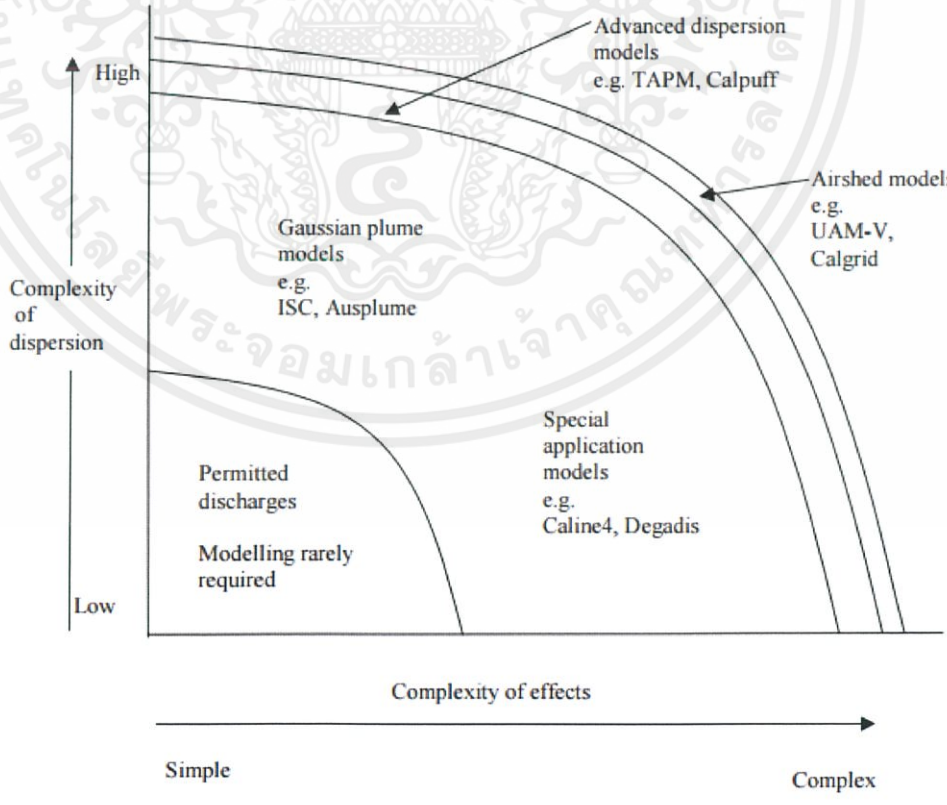
7) การคำนวณแต่ละครั้ง ทิศทางลมเป็นไปในแนวแกน x เสมอ

3) แบบจำลอง Lagrangian/Eulerian [11]

แบบจำลอง Lagrangian/Eulerian มีวิธีการคล้ายกับแบบจำลองแบบกล่อง คือ กำหนดบริเวณที่ศึกษาเป็นกล่องที่มีความเข้มข้นเริ่มต้นของสารมลพิษ โดยจะรวมการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นเนื่องจากความเร็วของไหลเฉลี่ย ความปั่นป่วนของลม และการแพร่ของโมเลกุลเข้าด้วยกัน แบบจำลองนี้ใช้งานได้ดีทั้งสำหรับที่เป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneous) และสภาพหยุดนิ่งเหนือภูมิประเทศที่ราบ และสำหรับที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (Inhomogeneous) และสภาพตัวกลางไม่เสถียรสำหรับภูมิประเทศที่ซับซ้อน ตัวอย่างแบบจำลองประเภทนี้ เช่น GRAL, TAPM เป็นต้น

2.4.2 การเลือกใช้แบบจำลองในการจำลองการแพร่กระจายสารมลพิษ

การเลือกใช้แบบจำลองโดยทั่วไปจะเลือกใช้ตามความซับซ้อนของปัญหา[14] ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ประเภทของแบบจำลองที่เลือกใช้ตามความซับซ้อนของปัญหา [14]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากพื้นที่ศึกษาเป็นโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการปลดปล่อยมลพิษอย่างต่อเนื่อง และสมมติให้ให้ความเร็วลมและทิศทางลมคงที่ในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา ดังนั้นแกนนอนที่เป็นส่วนของ Complexity of effects จะอยู่ในช่วงง่ายถึงปานกลาง และพื้นที่ศึกษายังเป็นบริเวณที่สภาพภูมิประเทศและอากาศมีความซับซ้อนในระดับปานกลางถึงสูง ส่งผลกระทบค่อนข้างมากกับสารมลพิษที่ปลดปล่อยออกมา เนื่องจากเป็นพื้นที่ชายฝั่งติดทะเล ดังนั้นแกนตั้งที่เป็นส่วนของ Complexity of dispersion จะอยู่ตั้งแต่แบบจำลอง Gaussian plume ขึ้นไป

ดังนั้นจึงเลือกใช้แบบจำลอง Gaussian plume และเลือกใช้แบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD นั่นเอง

2.5 ลักษณะโดยทั่วไปของ AERMOD [17-21]

แบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD เป็นแบบจำลองที่ได้รับการพัฒนาขึ้นในสหรัฐอเมริกาในปี ค.ศ.1991 โดยมีแบบจำลองคุณภาพอากาศ ISC (Industrial source complex model) เป็นต้นแบบในการพัฒนา แบบจำลองคุณภาพ AERMOD เป็น Steady-State Plume Model และใช้องค์ความรู้เรื่องชั้นบรรยากาศที่ติดกับผิวโลกหรือ Planetary Boundary Layer (PBL) เป็นหลัก โดยแบ่ง PBL ออกเป็น 2 ส่วน คือ บรรยากาศที่อากาศเกิดการเคลื่อนที่ของมวลอากาศเนื่องมาจากการพาความ ร้อนและผลจากแรงเสียดทานจากผิวโลกหรือ Convective boundary layer (CBL) และชั้นบรรยากาศที่ได้รับเฉพาะผลจากแรงเสียดทานจากผิวโลกหรือ Stable boundary layer (SBL) โดยใน SBL จะสมมติว่ามีการแพร่กระจายความเข้มข้นแบบ Gaussian ทั้งในแนวดิ่งและแนวราบ ส่วนใน CBL มีการแพร่กระจายแบบ Bi-Gaussian Probability Density Function (PDF)[17] ซึ่งกลไกการเคลื่อนที่แบบนี้ถูกนำเข้ามาใช้เป็นหลักการสำคัญใน AERMOD ข้อกำหนดและหลักการประยุกต์ของ AERMOD แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 หลักการของแบบจำลอง AERMOD [18-19]

ข้อกำหนดที่สำคัญ	หลักการประยุกต์
1. ทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ	Planetary Boundary Layer
2. การกำหนดความคงตัวของบรรยากาศ	ใช้ทฤษฎีของ Richardson Number ซึ่งพิจารณาความเร็วลมมีผลต่อความคงตัวของบรรยากาศด้วย
3. ทิศทางลม	พิจารณาลมในแนวราบและแนวดิ่ง
4. ความสูงของชั้นผสม	ใช้ทฤษฎี Synergistic โดยใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาผิวพื้น
5. การคำนวณความสูงของพลูม	ใช้อุณหภูมิที่ระดับความสูงปล่อง

แบบจำลองคุณภาพ AERMOD สามารถใช้ในการประเมินผลกระทบด้านคุณภาพอากาศในบรรยากาศจากการเคลื่อนที่และกระจายตัวของมลพิษจากแหล่งกำเนิดในระยะทางไม่เกิน 50 กิโลเมตร สามารถใช้ได้กับแหล่งกำเนิดมลพิษและลักษณะพื้นที่ดังต่อไปนี้

1. ใช้ได้กับแหล่งกำเนิดทั้งแบบจุด แบบพื้นที่ และแบบปริมาตร (Point, Area and Volume Sources)

2. ใช้กับแหล่งกำเนิดบนผิวดิน เหนือผิวดิน และมีระดับความสูงต่ำของพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

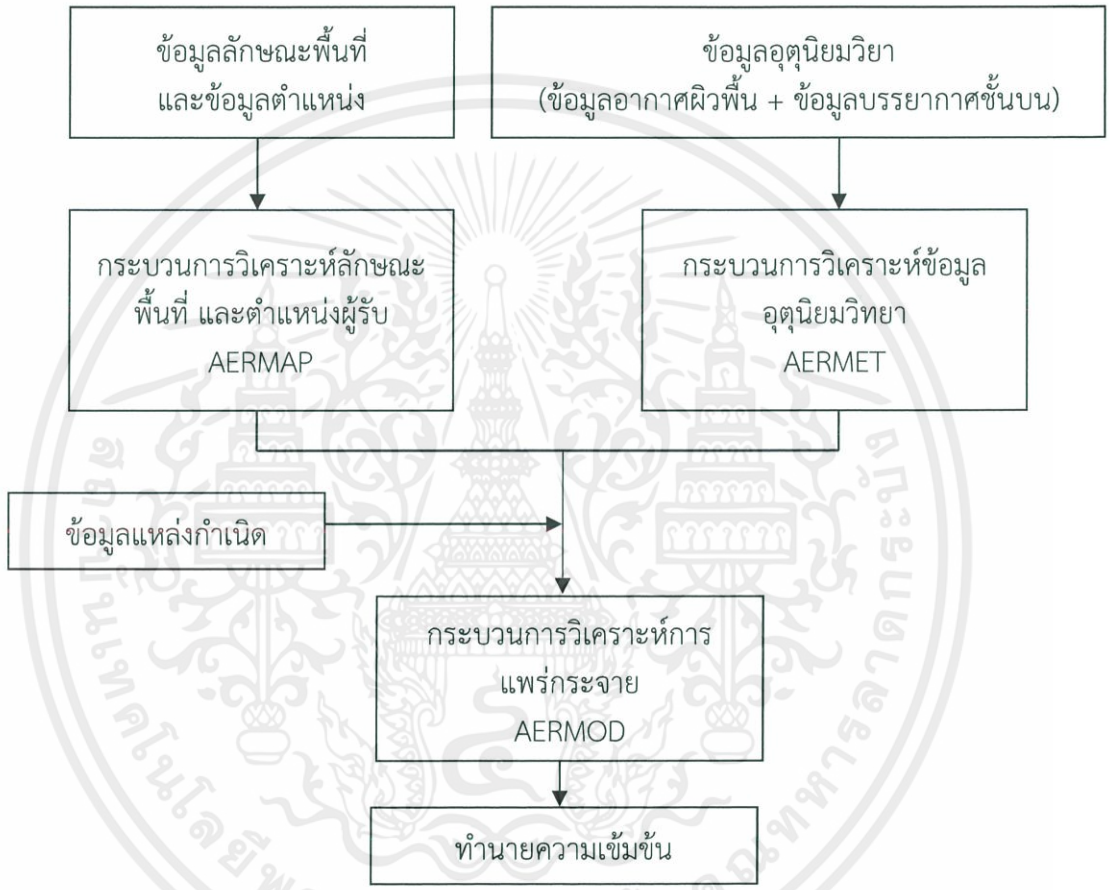
3. ใช้ได้กับพื้นที่ทั้งแบบนอกเมืองและในเมือง (Rural and Urban Areas)

4. ใช้ศึกษาพื้นที่ราบทั่วไปและในพื้นที่ซึ่งมีความซับซ้อน (Complex Terrain)

5. ใช้ศึกษาความเข้มข้นของมลพิษในระดับความละเอียดได้ตั้งแต่ค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงถึงค่าเฉลี่ยรายปี

6. ใช้ในการศึกษาการแพร่กระจายของมลพิษประเภท Hazardous Air Pollutant (HAPs) ได้

แบบจำลอง AERMOD มีชุดคำสั่งหลัก คือ AERMOD และชุดคำสั่งสนับสนุนอีก 2 ชุด คือ AERMET และ AERMAP โดยมีรายละเอียดการทำงานดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แผนผังการทำงานของโปรแกรม AERMOD [17]

2.5.1 โปรแกรมสนับสนุน AERMAP [17-18, 20]

หน้าที่หลักของ AERMAP คือจะใช้ข้อมูลความสูงของภูมิประเทศ ณ จุดต่าง ๆ ในพื้นที่ศึกษาไปคำนวณความสูงเสมือนของพื้นที่ (Terrain Height Scale; h_0) ซึ่งจะมีความแต่งต่างกันไปในแต่ละจุด ดังนั้นการเคลื่อนที่ของพลูมไปตามพื้นผิวของพื้นที่ศึกษาจึงแตกต่างกันไป และเป็นชุดคำสั่งที่ใช้ในการคำนวณความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศในแต่ละจุดของพื้นที่ (Receptor Grid)

โปรแกรมย่อย AERMAP ต้องการข้อมูลในการนำเข้าดังนี้

1) ลักษณะและตำแหน่งของพื้นที่

2) ตำแหน่งของแหล่งกำเนิดและตำแหน่งของผู้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยแหล่งข้อมูลที่จะนำมาใช้อาจมาได้จาก 2 แหล่ง คือ จากแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหารหรือจากข้อมูลความสูงของโลก GTOPO30 ซึ่งเป็นข้อมูลที่สามารถดาวน์โหลดได้จาก www.webgis.com จากนั้น AERMAP จะส่งข้อมูลตำแหน่งของผู้รับมลพิษ (Receptor Location x_r, y_r) ความสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (z_r) และ Receptor Specific Terrain Height Scale ไปยังโปรแกรมหลัก AERMOD

2.5.2 โปรแกรมสนับสนุน AERMET [17-18, 20]

หน้าที่หลักของ AERMET คือ การคำนวณตัวแปรต่าง ๆ ในชั้นบรรยากาศ และป้อนข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาที่ได้จากการตรวจวัดจริงให้กับ AERMOD เพื่อคำนวณความเข้มข้นของมลพิษ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ โดยผ่านชุดคำสั่งด้านการตีความข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา (Interface)

โปรแกรมย่อย AERMET ต้องการข้อมูลนำเข้าดังนี้

1) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาผิวพื้น (Surface air data) หรืออาจใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาภายในพื้นที่ที่ต้องการศึกษา (On-site data) ได้แก่ ความเร็วลม ทิศทางลม ปริมาณเมฆปกคลุม อุณหภูมิ เป็นข้อมูลรายชั่วโมง โดยสามารถดึงข้อมูลเข้าโปรแกรมย่อย AERMET ได้หลายรูปแบบ เช่น MET-144 format หรือ SCRAM format, CD-144 และ SAMSON format โดยการจัดเรียงในรูปแบบ SCRAM format (MET144) ถือเป็นการจัดเรียงข้อมูลพารามิเตอร์ทางอุตุนิยมวิทยาที่น้อยที่สุดที่โปรแกรมย่อย AERMET ต้องการ

การจัดเรียงข้อมูลแบบ SCRAM format มีการจัดเรียงข้อมูลเป็นรายชั่วโมง ในแต่ละแถวจะมีจำนวนข้อมูลแถวละ 28 ตัวอักษร และข้อมูลอุตุนิยมวิทยาผิวพื้นที่ต้องนำมาจัดรูปแบบเป็นดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาผิวพื้น [21]

คอลัมน์	ข้อมูล
1-5	หมายเลขสถานีผิวพื้น
6-7	ปี (ค.ศ.)
8-9	เดือน
10-11	วัน
12-13	ชั่วโมง
14-16	ความสูงฐานเมฆ (ร้อยเท่าฟุต)
17-18	ทิศทางลม (สิบเท่าองศา)
19-21	ความเร็วลม (นอต)
22-24	อุณหภูมิ (องศาฟาเรนไฮต์)
25-26	ปริมาณเมฆปกคลุมท้องฟ้าทั้งหมด
27-28	ปริมาณเมฆทึบแสง

2) ข้อมูลอากาศชั้นบน (Upper air data) ตรวจวัดได้ตั้งแต่ระยะ 100 เมตร ถึง 5,000 เมตร ได้แก่ ความเร็วลม ทิศทางลม อุณหภูมิ ความสูง เป็นข้อมูลรายชั่วโมง โดยสามารถดึงข้อมูลที่ต้องการได้จากศูนย์ข้อมูลด้านภูมิอากาศแห่งชาติประเทศสหรัฐอเมริกา หรือ National Climatic Data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Center (NCDC) ในหลายรูปแบบ เช่น TD-6201 format, CD-144 format และ FSL format โดยรูปแบบที่เหมาะสำหรับประเทศไทยคือการจัดเรียงข้อมูลแบบ Forecast system laboratory (FSL)

3) ข้อมูลปัจจัยลักษณะผิวพื้น ได้แก่ Albedo (r), Boven ratio (B_0), Surface Roughness length (Z_0)

ซึ่ง Albedo คือ ค่าการสะท้อนของการแผ่รังสี (Solar Radiation) จากพื้นดินกลับสู่บรรยากาศโดยไม่มีการดูดซับ มีค่าระหว่าง 0.1 สำหรับพื้นที่ที่เป็นป่าไม้ผลัดใบ (Deciduous Forest) ถึง 0.9 สำหรับช่วงหิมะตกใหม่ ดังแสดงในตารางที่ 2.3

Bowen Ratio คือ อัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงความร้อน (Sensible Heat Flux) ต่อการเปลี่ยนแปลงของความร้อนแฝง (Latent Heat Flux) ใช้เพื่อพิจารณาพารามิเตอร์สำหรับสภาวะที่เกิดการพา (Convective Condition) ใน PBL เป็นดัชนีของความชื้นที่พื้นผิว ซึ่ง ณ เวลาเที่ยงวัน Bowen ratio มีช่วงอยู่ระหว่าง 0.1 ที่เหนือผิวน้ำ ถึง 10.0 ที่เหนือทะเลทราย ดังแสดงในตารางที่ 2.4

Surface Roughness Length คือ ความสูงที่ความเร็วลมเฉลี่ยในแนวระดับเป็น 0 มีค่าอยู่ในช่วงน้อยกว่า 0.001 เมตร เหนือผิวน้ำที่สงบถึง 1 เมตรหรือมากกว่าที่เหนือพื้นที่ป่าหรือพื้นที่เขตเมือง ดังแสดงในตารางที่ 2.5

ค่าที่แสดงในตารางที่ 2.3 ถึงตารางที่ 2.5 เป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงตามละติจูดและวงจรของการเพาะปลูกใน 1 ปี

ตารางที่ 2.3 ค่า Albedo โดยแบ่งตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและฤดูกาล ในสภาวะที่อากาศแห้ง (Albedo of Ground Covers by Land-Use and Season) [17]

การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use)	ฤดูใบไม้ผลิ (Spring)	ฤดูร้อน (Summer)	ฤดูใบไม้ร่วง (Autumn)	ฤดูหนาว (Winter)
แหล่งน้ำธรรมชาติและน้ำทะเล (Water Fresh and Sea)	0.12	0.10	0.14	0.20
ป่าไม่ผลัดใบ (Deciduous Forest)	0.12	0.12	0.12	0.50
ป่าสน (Coniferous Forest)	0.12	0.12	0.12	0.35
หนองน้ำ บึง (Swamp)	0.12	0.14	0.16	0.30
พื้นที่หลังการเก็บเกี่ยว (Cultivated Land)	0.14	0.20	0.18	0.60
ทุ่งหญ้า (Grassland)	0.18	0.18	0.20	0.60
พื้นที่เขตเมือง (Urban)	0.14	0.16	0.18	0.35
พื้นที่ทะเลทราย (Desert Scrublands)	0.30	0.28	0.28	0.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ค่า Bowen Ratio โดยแบ่งตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและฤดูกาล ในสภาวะความชื้นปกติ (Daytime Bowen Ratio by Land Use and Season Average Moisture Conditions) [17]

การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use)	ฤดูใบไม้ผลิ (Spring)	ฤดูร้อน (Summer)	ฤดูใบไม้ร่วง (Autumn)	ฤดูหนาว (Winter)
แหล่งน้ำธรรมชาติและน้ำทะเล (Water Fresh and Sea)	0.1	0.1	0.1	1.5
ป่าไม่ผลัดใบ (Deciduous Forest)	0.7	0.3	1.0	1.5
ป่าสน (Coniferous Forest)	0.7	0.3	0.8	1.5
หนองน้ำ บึง (Swamp)	0.1	0.1	0.1	1.5
พื้นที่หลังการเก็บเกี่ยว (Cultivated Land)	0.3	0.5	0.7	1.5
ทุ่งหญ้า (Grassland)	0.4	0.8	1.0	1.5
พื้นที่เขตเมือง (Urban)	1.0	2.0	2.0	1.5
พื้นที่ทะเลทราย (Desert Scrublands)	3.0	4.0	6.0	6.0

ตารางที่ 2.5 ค่า Surface Roughness Length (เมตร) โดยแบ่งตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและฤดูกาล (Surface Roughness Length, in Meters by Land-Use and Season) [17]

การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use)	ฤดูใบไม้ผลิ (Spring)	ฤดูร้อน (Summer)	ฤดูใบไม้ร่วง (Autumn)	ฤดูหนาว (Winter)
แหล่งน้ำธรรมชาติและน้ำทะเล (Water Fresh and Sea)	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
ป่าไม่ผลัดใบ (Deciduous Forest)	1.00	1.30	0.80	0.50
ป่าสน (Coniferous Forest)	1.30	1.30	1.30	1.30
หนองน้ำ บึง (Swamp)	0.20	0.20	0.20	0.05
พื้นที่หลังการเก็บเกี่ยว (Cultivated Land)	0.03	0.20	0.05	0.01
ทุ่งหญ้า (Grassland)	0.05	0.10	0.01	0.001
พื้นที่เขตเมือง (Urban)	1.00	1.00	1.00	1.00
พื้นที่ทะเลทราย (Desert Scrublands)	0.30	0.30	0.30	0.15

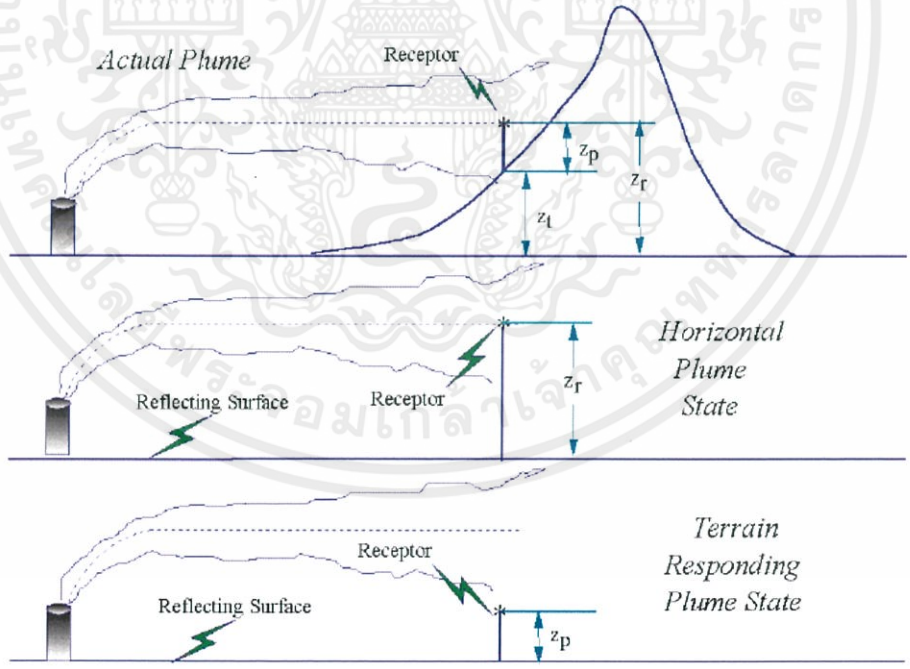
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นโปรแกรมย่อย AERMET จะทำการคำนวณค่า PBL (Planetary Boundary Layer) Parameter ได้แก่ friction velocity (u*), Monin-Obukhov length (L), convective velocity scale (w*), temperature scale (θ), mixing height (z_i), และ sensible heat flux (H) โดยในการคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เหล่านี้ต้องพิจารณาก่อนว่าเป็น Convection Boundary Layer หรือ Stable Boundary Layer เพราะสมการที่ใช้ในการคำนวณค่าพารามิเตอร์บางตัวมีความแตกต่างกัน และจะให้ไฟล์ผลลัพธ์ 2 ไฟล์ คือ AERMET.SFC และ AERMET.PFL ซึ่ง 2 ไฟล์นี้จะทำการรวมไฟล์เพื่อนำเข้าโปรแกรมหลัก AERMOD โดยจะถูกส่งต่อไปยังส่วน Interface ของโปรแกรม AERMOD ซึ่งจะนำไปคำนวณค่า wind speed (u), lateral and vertical turbulent fluctuations (σ_v , σ_w), potential temperature gradient ($d\theta / dz$), potential temperature (θ) และ horizontal lagrangian time scale (T_{Ly}) เพื่อนำไปคำนวณค่าความเข้มข้นต่อไป

2.5.3 โปรแกรม AERMOD [18]

หน้าที่หลักของ AERMOD คือเป็นชุดคำสั่งหลักในการคำนวณความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ภายในพื้นที่ศึกษา โดยอาศัยข้อมูลจากชุดคำสั่งสนับสนุน คือ AERMET และ AERMAP โดยสูตรการคำนวณค่าความเข้มข้นสำหรับ Convection Boundary Layer และ Stable Boundary Layer จะมีความแตกต่างกัน

เนื่องจากในพื้นที่หนึ่ง ๆ มีความสูงชันที่แตกต่างกันไป AERMOD จึงมีการคำนวณความเข้มข้นทั้งหมดจาก 2 ส่วน คือ พลูมในแนวแกน x (Horizontal plume) และพลูมตามภูมิประเทศ (Terrain-following plume) ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การคำนวณความเข้มข้นทั้งหมดจากโปรแกรมหลัก AERMOD [20]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

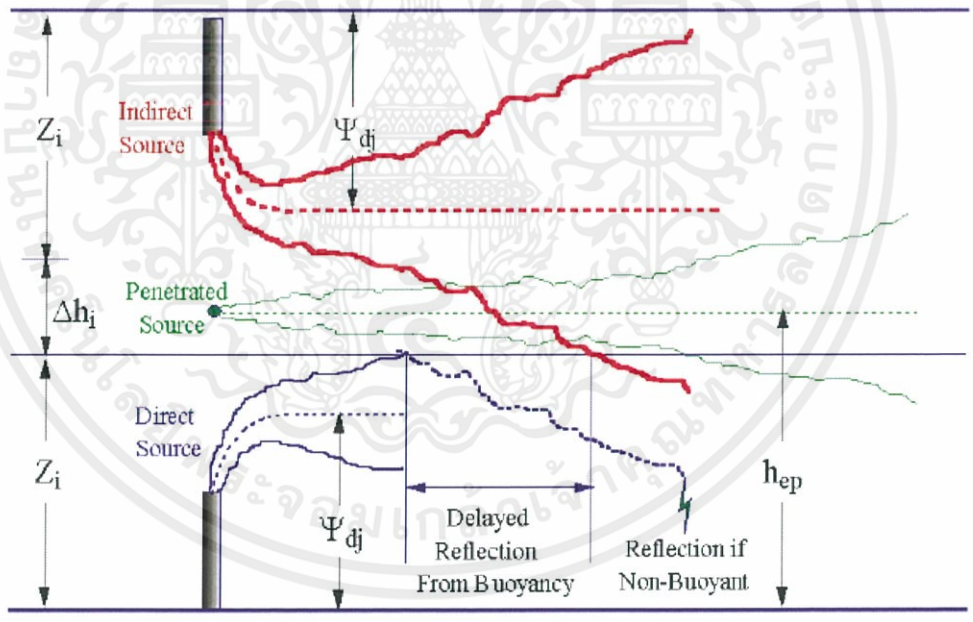
สมการที่ใช้ในการคำนวณความเข้มข้น แสดงดังสมการที่ 2.3

$$C_T\{x_r, y_r, z_r\} = f \cdot C_{c,s}\{x_r, y_r, z_r\} + (1-f) \cdot C_{c,s}\{x_r, y_r, z_p\} \qquad (2.3)$$

เมื่อ

$C_T\{x_r, y_r, z_r\}$ คือ ความเข้มข้นทั้งหมด ณ จุดผู้รับผลกระทบ (x_r, y_r, z_r) (g/m^3)
$C_{c,s}\{x_r, y_r, z_r\}$ คือ ความเข้มข้นของพลูมในแนวแกน x (g/m^3)
$C_{c,s}\{x_r, y_r, z_p\}$ คือ ความเข้มข้นของพลูมตามภูมิประเทศ (g/m^3)
f คือ ฟังก์ชั่นการถ่วงน้ำหนักของพลูม

การคำนวณความค่าความเข้มข้นของมลพิษสำหรับ Convection Boundary Layer จะคำนวณว่ามีแหล่งกำเนิด 3 จุดประกอบกัน คือ แหล่งกำเนิดจริง (Direct source) แหล่งกำเนิดเสมือน (Indirect source) และแหล่งกำเนิดที่เกิดจากการทะลุผ่าน (Penetrated source) โดยแหล่งกำเนิดจริงจะคิดว่าแหล่งกำเนิดมีการปลดปล่อยจากแหล่งกำเนิด แหล่งกำเนิดเสมือนจะเสมือนว่ามีการการปล่อยพลูมในส่วนที่ลอยขึ้นไปชนขอบบนของ Convection Boundary Layer ในระดับของความสูงผสมแล้วสะท้อนกลับลงมาพื้นดิน ส่วนแหล่งกำเนิดที่เกิดจากการทะลุผ่านจะเสมือนว่าปล่อยพลูมส่วนที่ลอยผ่านทะลุระดับของ Convection Boundary Layer ขึ้นไปแล้วแพร่กลับลงมา ซึ่งแหล่งกำเนิดทั้ง 3 แสดงดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ลักษณะจำลองแหล่งกำเนิดพลูมสำหรับ Convection Boundary Layer ที่ใช้ในโปรแกรหลัก AERMOD [20]

ความเข้มข้นของมลพิษในแต่ละตำแหน่งของพลูมจะเป็นผลรวมของความเข้มข้นที่คำนวณได้จากแหล่งกำเนิดจริง แหล่งกำเนิดเสมือน และแหล่งกำเนิดที่เกิดจากการทะลุผ่านดังสมการที่ 2.4

$$C_c\{x_r, y_r, z_r\} = C_d\{x_r, y_r, z_r\} + C_r\{x_r, y_r, z_r\} + C_p\{x_r, y_r, z_r\} \qquad (2.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

$C_c\{x_r, y_r, z_r\}$ คือ ผลรวมความเข้มข้นของมลพิษทั้งหมดในชั้นบรรยากาศ CBL

$C_d\{x_r, y_r, z_r\}$ คือ ความเข้มข้นของมลพิษจากแหล่งกำเนิดจริง

$C_r\{x_r, y_r, z_r\}$ คือ ความเข้มข้นของมลพิษจากแหล่งกำเนิดเสมือน

$C_p\{x_r, y_r, z_r\}$ คือ ความเข้มข้นของมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่เกิดจากการทะลุผ่าน

โดยค่าความเข้มข้นจากที่เกิดจากแหล่งกำเนิดจริง ($C_d\{x_r, y_r, z_r\}$) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.5

$$C_d\{x_r, y_r, z_r\} = \frac{Qf_p}{2\pi\underline{\mu}\sigma_y} exp\left(\frac{-y_r^2}{2\sigma^2 y}\right)\sum_{j=1}^{2}\sum_{m=0}^{\infty}\frac{\lambda_j}{\sigma_{zj}}\left[exp\left(-\frac{(z-\Psi_{dj}-2mz_j)^2}{2\sigma_{zj}^2}\right) + exp\left(-\frac{(z-\Psi_{dj}+2mz_j)^2}{2\sigma_{zj}^2}\right)\right] \quad (2.5)$$

เมื่อ

Ψ_{dj} คือ ความสูงของแหล่งกำเนิดมลพิษจริง

Q คือ อัตราการปลดปล่อยมลพิษจากแหล่งกำเนิด

$z = z_r$ คือ สถานะของพลูมในแนวราบ หรือ

$z = z_p$ คือ สถานะที่เปลี่ยนแปลงตามสภาพภูมิศาสตร์

ส่วนค่าความเข้มข้นจากที่เกิดจากแหล่งกำเนิดเสมือน ($C_r\{x_r, y_r, z_r\}$) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.6

$$C_r\{x_r, y_r, z_r\} = \frac{Qf_p}{2\pi\underline{\mu}\sigma_y} exp\left(\frac{-y_r^2}{2\sigma^2 y}\right)\sum_{j=1}^{2}\sum_{m=0}^{\infty}\frac{\lambda_j}{\sigma_{zj}}\left[exp\left(-\frac{(z-\Psi_{rj}-2mz_i)^2}{2\sigma_{zj}^2}\right) + exp\left(-\frac{(z-\Psi_{rj}+2mz_i)^2}{2\sigma_{zj}^2}\right)\right] \quad (2.6)$$

เมื่อ

Ψ_{dj} คือ ความสูงของแหล่งกำเนิดมลพิษจริง

และค่าความเข้มข้นจากที่เกิดจากแหล่งกำเนิดที่เกิดจากการทะลุผ่าน ($C_p\{x_r, y_r, z_r\}$) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.7

$$C_p\{x_r, y_r, z_r\} = \frac{Q(1-f_p)}{2\pi\underline{\mu}\sigma_{yp}\sigma_{zp}} exp\left(\frac{-y_r^2}{2\sigma_{yp}^2}\right)\sum_{m=-\infty}^{\infty}\left[exp\left(-\frac{(z-h_{ep}-2mz_{ieff})^2}{2\sigma_{zp}^2}\right) + exp\left(-\frac{(z-h_{ep}+2mz_{ieff})^2}{2\sigma_{zp}^2}\right)\right] \quad (2.7)$$

เมื่อ

h_{ep} คือ ความสูงของแหล่งกำเนิดที่เกิดจากการทะลุผ่าน

z_{ieff} คือ ความสูงของพื้นผิวสะท้อนในชั้นบรรยากาศเสถียร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับ Stable boundary layer ความเข้มข้นของมลพิษในแต่ละตำแหน่งของพลูม คำนวณได้จากสมการที่ 2.8

$$C_s\{x_r, y_r, z_r\} = \frac{Q}{\sqrt{2\pi}\underline{\mu}\sigma_{zs}} F_y \sum_{m=-\infty}^{\infty} \left[exp\left(-\frac{(z-h_{es}-2mz_{ieff})^2}{2\sigma_{zs}^2} \right) + exp\left(-\frac{(z-h_{es}+2mz_{ieff})^2}{2\sigma_{zs}^2} \right) \right] \quad (2.8)$$

เมื่อ

$C_s\{x_r, y_r, z_r\}$ คือ ความเข้มข้นจากแหล่งกำเนิดเสถียร

h_{es} คือ ความสูงของแหล่งกำเนิดเสถียร

F_y คือ ฟังค์ชั่นการกระจายไปทางด้านข้าง

การคำนวณความเสถียรของบรรยากาศโดยจะใช้ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาในการคำนวณ

สำหรับ Convection boundary layer ในส่วนของแหล่งกำเนิดจริงและแหล่งกำเนิดเสมือน สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายตัวได้จากสมการที่ 2.9

$$\sigma_{y,z}^2 = \sigma_{ya,zaj}^2 + \sigma_b^2 + \sigma_{ya,zd}^2 \quad (2.9)$$

เมื่อ

$\sigma_{y.z}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์รวมของการกระจายตัว (ทั้งแหล่งกำเนิดจริง และแหล่งกำเนิดเสมือน)

$\sigma_{ya,zaj}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายตัวเนื่องจากความปั่นป่วน (ทั้งแหล่งกำเนิดจริง และแหล่งกำเนิดเสมือน)

σ_b คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายตัวเนื่องจากแรงลอยตัว (เฉพาะแหล่งกำเนิดจริง)

$\sigma_{yd,zd}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายตัวเนื่องจากกระแสลมที่ไหลลง (เฉพาะแหล่งกำเนิดจริง และแหล่งกำเนิดเสมือน)

และในส่วนของแหล่งกำเนิดที่เกิดจากการทะลุผ่านใช้สมการที่ 2.10

$$\sigma_{yp,zp}^2 = \sigma_{yap,zap}^2 + \sigma_{bp}^2 \quad (2.10)$$

เมื่อ

$\sigma_{yp.zp}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์รวมของการกระจายตัว

$\sigma_{yap,zap}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายตัวเนื่องจากความปั่นป่วน

σ_{bp} คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายตัวเนื่องจากแรงลอยตัว

สำหรับ Stable boundary layer ใช้สมการที่ 2.11

$$\sigma_{y,z}^2 = \sigma_{ya,zaj}^2 + \sigma_b^2 + \sigma_{ya,zd}^2 \quad (2.11)$$

เมื่อ

$\sigma_{ys.zs}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์รวมของการกระจายตัว

$\sigma_{yas,zas}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายตัวเนื่องจากความปั่นป่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

σ_{bs} คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายตัวเนื่องจากแรงลอยตัว

$\sigma_{yd,zd}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายตัวเนื่องจากกระแสลมที่ไหลลง

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กัญญาณี แสงเกียรติยุทธ (2554) ศึกษาการกระจายตัวของฝุ่นรวม ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ความเข้มข้นเฉลี่ยรายชั่วโมงของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยจากโรงงานผลิตปูนซีเมนต์ 4 แห่งในเขตอำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรีในรัศมี 25 กิโลเมตรจากตำแหน่งอ้างอิงคือโรงงานผลิตปูนซีเมนต์ของบริษัท ปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด (มหาชน) โดยการตรวจวัดและการทำนายด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ คือ AERMOD ซึ่งใช้สมการคณิตศาสตร์Gaussian Plumeและ CALPUFF ซึ่งใช้สมการคณิตศาสตร์ Gaussian Puff การประเมินสมรรถนะของ AERMOD และ CALPUFF โดยการพล็อต Quantile-Quantile ของความเข้มข้นเฉลี่ยรายชั่วโมงของ NO_2 ในช่วงฤดูและฤดูฝน พบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยรายชั่วโมงของ NO_2 ในฤดูแล้งใกล้เคียงกับเส้นแกนกลาง (ค่าตรวจวัด = ค่าทำนาย) มากกว่าในฤดูฝน แสดงว่าการทำนายผลในฤดูแล้งด้วยแบบจำลองมีความใกล้เคียงกับค่าวัดมากกว่า และจากผลการจำลองพบว่าในฤดูแล้งเส้นทางการแพร่กระจายไปยังทิศเหนือ และ/หรือ เฉียงไปทางตะวันตก และ/หรือ เฉียงไปทางตะวันออกของพื้นที่ศึกษา แต่ในฤดูฝนจะเปลี่ยนทิศไปทางตะวันตกของพื้นที่ศึกษา แสดงให้เห็นว่าการไหลของอากาศและการกระจายตัวของ NO_2 ในพื้นที่ไม่ได้ถูกควบคุมด้วยลมประจำถิ่นและลมประจำฤดูกาลเท่านั้น แต่ยังขึ้นกับความซับซ้อนของสภาพภูมิประเทศ

อมรศรี บังศรี (2554) ศึกษาความสามารถในการประมาณค่าของแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD ใช้ข้อมูลแหล่งกำเนิดจากนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง ข้อมูลนำเข้าอื่น คือ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยารายชั่วโมง จากสถานีอบต.ตาสิทธิ์ สถานีอนามัยมาบตาพุด ชุมสายโทรศัพท์ระยอง และศูนย์วิจัยพืชไร่ ในช่วงเดือนมกราคม - ธันวาคม 2551 สารมลพิษทางอากาศที่ศึกษา คือ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ข้อมูลแหล่งกำเนิดรวม 187 ปล่อง ข้อมูลความสูงต่ำของภูมิประเทศใช้ฐานข้อมูล GTOPO30 โดยศึกษาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างผลที่คำนวณได้จากแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD และค่าที่วัดได้จริง ณ ช่วงเวลาและสถานที่เดียวกัน (Scatterplots) และศึกษาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของการกระจายของความเข้มข้นของมลพิษที่ได้จากการทำนายโดยแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD และที่ได้จากการตรวจวัดจริง (Quantile - Quantile, Q-Q plots) ผลการศึกษาพบว่าสำหรับScatterplots ที่คำนวณได้จาก AERMOD สามารถทำนายค่าที่ตรวจวัดได้จริง 4.2% ส่วนผลจาก Q-Q plots ที่ได้จากการประมาณโดยใช้ AERMOD สามารถอธิบายการกระจายของค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริง 82.4% โดยค่าที่ได้จากการทำนายโดยแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMODจะได้ผลที่ต่ำกว่าค่าที่ตรวจวัดจริงเล็กน้อย สรุปได้ว่าแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD สามารถทำนายความเข้มข้นที่เกิดขึ้นจริง ณ ตำแหน่งและช่วงเวลาเดียวกันในระดับที่ไม่น่าพอใจ แต่สามารถอธิบายการกระจายข้อมูลความเข้มข้นของสารมลพิษที่ได้จากการตรวจวัดจริงได้อย่างน่าพอใจ นับได้ว่าแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD สามารถนำมาใช้ในงานด้านการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านคุณภาพได้

วัชรเดช ไทยวัฒน์ (2552) ในการคาดคะเนปริมาณฝุ่นละอองนั้นสามารถนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เข้ามาช่วย เพื่อความรวดเร็วและมีค่าใช้จ่ายถูกกว่าการตรวจวัดจริง ทั้งยังสามารถทำนาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณและการแพร่กระจายมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่ยังไม่ได้สร้างขึ้น โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ทำนายการแพร่กระจายของมลพิษในวิทยานิพนธ์นี้คือ แบบจำลอง AERMOD เวอร์ชั่น 04300 โดยมีการใช้งานที่สอดคล้องกับทุกพารามิเตอร์ทางอุตุนิยมวิทยา ในการศึกษาครั้งนี้ได้พยากรณ์ปริมาณฝุ่น PM-10 ที่เกิดจากการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่ 2 โครงการ เพื่อนำปริมาณฝุ่น PM-10 ที่เกิดจากกิจกรรมก่อสร้างไปรวมกับปริมาณฝุ่น PM-10 ที่มีอยู่เดิมในบรรยากาศแล้วเปรียบเทียบผลรวมของฝุ่น PM-10 ในบริเวณพื้นที่รับมลพิษที่ศึกษากับค่ามาตรฐานฝุ่น PM-10 ในบรรยากาศ ผลการศึกษาพบว่าผลรวมของฝุ่น PM-10 ในรูปค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงในพื้นที่รับมลพิษทั้งหมดมีค่าเกินมาตรฐาน และทำให้ค่าดัชนีคุณภาพอากาศของพื้นที่รับมลพิษรอบโครงการที่ 1 และโครงการที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 123 และ 137 ตามลำดับซึ่งเป็นระดับที่มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนในลักษณะเฉียบพลัน ในขณะเดียวกันพื้นที่บางส่วนโดยรอบโครงการที่ 1 และโครงการที่ 2 ยังมีผลรวมของค่าเฉลี่ยฝุ่น PM-10 รายปีเกินมาตรฐานโดยคิดเป็น 40 เปอร์เซ็นต์ และ 20 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ทำให้ประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ดังล่าวมีโอกาสรับผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยในลักษณะเรื้อรัง

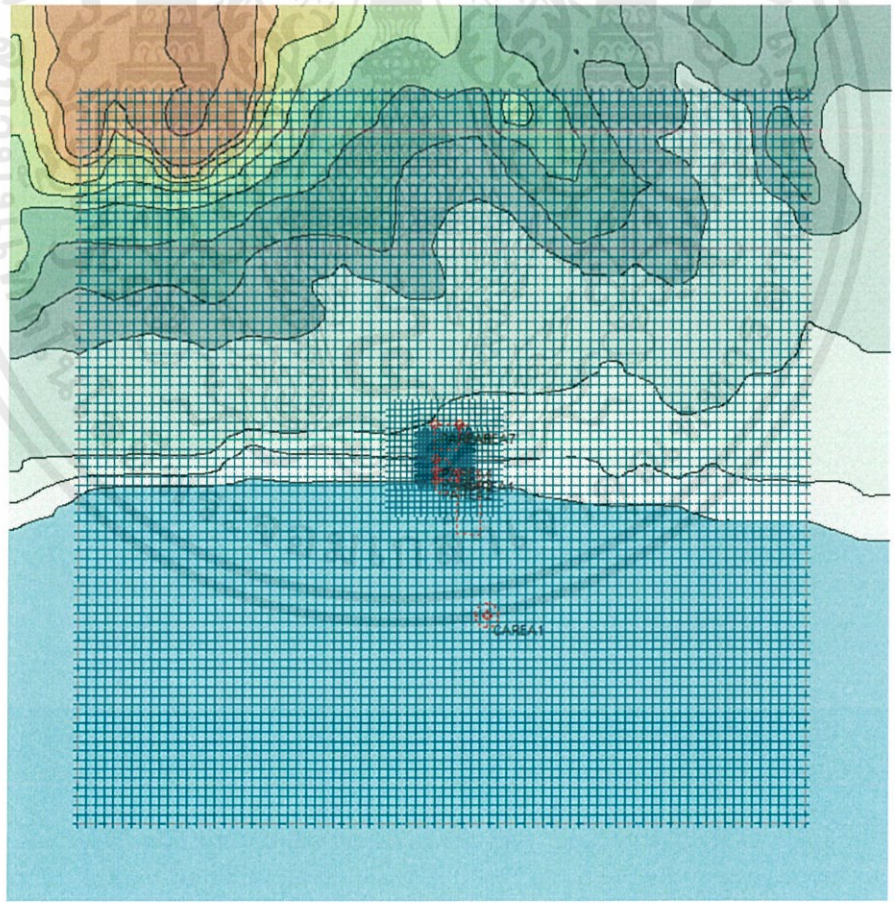
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัยของผู้จัดทำเพื่อทำแบบจำลองการแพร่กระจายของมลพิษทางอากาศจากโรงงานในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดด้วยแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD มีขั้นตอนการดำเนินงานแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน คือ การเลือกขอบเขตศึกษาการกระจายตัวของสารมลพิษ การรวบรวมและจัดรูปแบบข้อมูลเพื่อนำเข้าโปรแกรมย่อย AERMET และ AERMAP จากนั้นทำแบบจำลองการกระจายตัวของอากาศ และเมื่อได้ผลจากแบบจำลองก็จะนำมาเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของมลพิษที่ได้จากการตรวจวัด

3.1 ที่ตั้ง และขนาดของพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ที่เลือกใช้เป็นกรณีศึกษา มีขนาดครอบคลุมโรงงานในนิคมอุตสาหกรรมเท่ากับ 5.4286 ตารางกิโลเมตร และชุมชนโดยรอบ โดยพื้นที่ศึกษาจะครอบคลุมพื้นที่ 20 กิโลเมตร × 20 กิโลเมตร แสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 พื้นที่ศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การรวบรวมข้อมูลและการจัดรูปแบบข้อมูล

3.2.1 ข้อมูลนำเข้าโปรแกรมย่อย AERMET

โปรแกรมย่อย AERMET ต้องการข้อมูลในการนำเข้าดังนี้

3.2.1.1 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาผิวพื้น (Surface air data)

ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาผิวพื้นที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เลือกใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาจากกรมอุตุนิยมวิทยา สถานีระยอง ระยะเวลาตั้งแต่เดือนเมษายน พ.ศ. 2557 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2558

การจัดเรียงข้อมูลอุตุนิยมวิทยาผิวพื้นจะเรียงรูปแบบเป็น SCRAM format (MET144) เนื่องจากเป็นการจัดเรียงข้อมูลพารามิเตอร์ทางอุตุนิยมวิทยาที่น้อยที่สุดที่โปรแกรมย่อย AERMET ต้องการ และพอเพียงกับข้อมูลที่ได้รับมาจากกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งมีข้อมูลอุตุนิยมวิทยาผิวพื้นที่นำมาจัดเรียงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาผิวพื้นที่นำมาจัดเรียงในรูปแบบเป็น SCRAM format

คอลัมน์	ข้อมูล
1-5	หมายเลขสถานีผิวพื้น
6-7	ปี (ค.ศ.)
8-9	เดือน
10-11	วัน
12-13	ชั่วโมง
14-16	ความสูงฐานเมฆ
17-18	ทิศทางลม (สิบเท่าองศา)
19-21	ความเร็วลม (นอต)
22-24	อุณหภูมิ (องศาฟาเรนไฮต์)
25-26	ปริมาณเมฆปกคลุม
27-28	ปริมาณเมฆปกคลุม

เนื่องจากข้อมูลที่ได้มาจากกรมอุตุนิยมวิทยาไม่มีข้อมูลความสูงฐานเมฆ จึงจะใส่ค่า 999 ในคอลัมน์ 14-16[20] และไม่มีข้อมูลปริมาณเมฆทึบแสง จึงใช้ข้อมูลปริมาณเมฆปกคลุมแทนในคอลัมน์ 27-28[12] แลข้อมูลอุตุนิยมวิทยาผิวพื้นที่ได้มาจากกรมอุตุนิยมวิทยา เป็นข้อมูลราย 3 ชั่วโมง ดังนั้นต้องใช้การประมาณค่าข้อมูลในช่วงเชิงเส้นแบบพหุวิธี (Step-wise Linear Interpolation)[16,21]

1) การประมาณค่าข้อมูลในช่วงเชิงเส้นแบบพหุวิธี (Step-wise Linear Interpolation) คือ ใช้การค่าเฉลี่ยเพื่อให้ได้ข้อมูลอีก 2 ชุด สำหรับข้อมูลทั้งหมด โดยให้ชั่วโมงที่ 1 และ 4 ต้องการประมาณข้อมูลในชั่วโมงที่ 2 และ 3 ดังนี้

ชั่วโมงที่ 2 = (ข้อมูลชั่วโมงที่ 1) + (ข้อมูลชั่วโมงที่ 4 - ข้อมูลชั่วโมงที่ 1)/3

ชั่วโมงที่ 3 = (ข้อมูลชั่วโมงที่ 1) + (ข้อมูลชั่วโมงที่ 4 - ข้อมูลชั่วโมงที่ 1)×2/3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) สำหรับทิศทางลม

2.1) ข้อมูลชั่วโมงที่ 1 มากกว่าหรือน้อยกว่าชั่วโมงที่ 4 ตั้งแต่ 90 องศา หรือ ข้อมูลความเร็วลมชั่วโมงที่ 1 หรือ 4 เท่ากับ 0 ให้ใช้ข้อมูลชั่วโมงที่ 2 เท่ากับชั่วโมงที่ 1 และข้อมูลชั่วโมงที่ 3 เท่ากับชั่วโมงที่ 4

2.2) ข้อมูลชั่วโมงที่ 1 มากกว่าหรือน้อยกว่าชั่วโมงที่ 4 น้อยกว่า 90 องศา หรือ ข้อมูลความเร็วลมชั่วโมงที่ 1 และ 4 ไม่เท่ากับ 0 ให้ใช้การประมาณค่าข้อมูลในช่วงเชิงเส้นแบบพหุวิธี (Step-wise Linear Interpolation)

3.2.1.2 ข้อมูลอากาศชั้นบน (Upper air data)

ข้อมูลอากาศชั้นบนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เลือกใช้ข้อมูลจาก NOAA/ESRL Radiosonde Database สถานีบางนา ระยะเวลาตั้งแต่เดือนเมษายน พ.ศ. 2557 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2558 ประกอบไปด้วย ความเร็วลม ทิศทางลม อุณหภูมิ ความสูง

การจัดเรียงข้อมูลอากาศชั้นบนจะเรียงรูปแบบเป็น FSL format เนื่องจากเป็นรูปแบบที่เหมาะกับประเทศไทย และข้อมูลที่ได้มาจาก NOAA/ESRL Radiosonde Database ได้จัดเรียงรูปแบบเป็น FSL format เรียบร้อยแล้ว สามารถนำมาใช้กับโปรแกรมย่อย AERMET ได้เลย

3.2.1.3 ข้อมูลปัจจัยลักษณะผิวพื้น (Surface characteristics)

ข้อมูลปัจจัยลักษณะผิวพื้น ประกอบไปด้วย Albedo (r), Boven ratio (B_0), Surface Roughness length (Z_0)

ข้อมูลค่าปัจจัยลักษณะผิวพื้นที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้ข้อมูลจากวิทยานิพนธ์ของนางสาวอมรศรี บังศรี[22] ได้แก่ค่า Albedo ใช้ค่า 0.2 Boven ratio ใช้ค่า 0.5 และ Surface roughness length ใช้ค่า 0.2

การรวบรวมข้อมูลอุตุนิยมวิทยาผิวพื้น (Surface air data) และข้อมูลอากาศชั้นบน (Upper air data) และการจัดรูปข้อมูลอุตุนิยมวิทยาผิวพื้นเป็น SCRAM format (MET144) และข้อมูลอากาศชั้นบนเป็น FSL format โดยตัวอย่างของข้อมูลที่ทำการรวบรวม และทำการจัดเรียง

3.2.2 ข้อมูลนำเข้าโปรแกรมย่อย AERMAP

โปรแกรมย่อย AERMAP ต้องการข้อมูลในการนำเข้า ดังนี้

1) ลักษณะและตำแหน่งของพื้นที่ศึกษา

2) ตำแหน่งของแหล่งกำเนิดและตำแหน่งของผู้รับ

ซึ่งฐานข้อมูลที่เลือกใช้ คือ GTOPO30 เนื่องจากเป็นฐานข้อมูลที่เข้าถึงได้ง่าย สามารถดาวน์โหลดข้อมูลได้จากเว็บไซต์ www.webgis.com

3.2.3 ข้อมูลการปลดปล่อยสารมลพิษจากแหล่งกำเนิดอยู่กับที่

ศึกษาข้อมูลจากบัญชีปลดปล่อยมลพิษทางอากาศของโรงงานรอบ ๆ บริเวณที่ติดตั้งโครงข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์ระยะที่ 1 ในปริญญานิพนธ์ของนายบัณฑิต ชูแสงศรี

ข้อมูลการปลดปล่อยสารมลพิษจะใช้ข้อมูลจากปริญญานิพนธ์ของนายบัณฑิต ชูแสงศรี ซึ่งเป็นการจัดทำข้อมูลบัญชีการปลดปล่อยสารมลพิษที่คิดรวมเป็นอัตราการปลดปล่อยสารมลพิษทั้งหมด (Total emission rate) ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้ข้อมูลการปลดปล่อยสารมลพิษเป็นแหล่งกำเนิดแบบจุด (Point sources) ได้ จึงนำข้อมูลที่ได้มาใช้เป็นแหล่งกำเนิดแบบพื้นที่ (Area sources) แทน ซึ่งข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษโดยรวมของแต่ละโรงงาน แสดงดังตารางที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 การปลดปล่อยมลพิษโดยรวมของแต่ละโรงงาน [2]

ประเภทโรงงาน	ปริมาณมลพิษทางอากาศ (ตัน/ปี)			
	SO_2	NO_x	PM_{10}	CO
โรงกลั่นน้ำมัน	7642	40856	2383	11710
โรงไฟฟ้าถ่านหิน	5.96	3641	635	165.5
โรงเหล็กขั้นกลาง 1	175	25	0.013	0
โรงเหล็กขั้นกลาง 2	260	37.15	0.019	0
โรงผลิตมอนอเมอร์	0	0	0	0
โรงผลิตพอลิเมอร์ 1	0	0	0	0
โรงผลิตพอลิเมอร์ 2	7.42	12.49	6.11	25.91
โรงผลิตพอลิเมอร์ 3	0.0198	4.62	0.089	0.7915
โรงผลิตพอลิเมอร์ 4	0	0	0	0
โรงผลิตพอลิเมอร์ 5	86.43	180.44	6.34	51.18
ถังกักเก็บ	0	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ทำการจำลองการแพร่กระจายสารมลพิษทางอากาศ

หลังจากการรวบรวมข้อมูลแล้ว จะทำการจำลองการแพร่กระจายมลพิษทางอากาศโดยใช้แบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD โดยจะทำการศึกษาเป็นระยะเวลา 1 ปี และรันโปรแกรมทุก ๆ 1 ชั่วโมง

สำหรับขั้นตอนการทำการจำลองการแพร่กระจายสารมลพิษทางอากาศ มีรายละเอียดดังนี้

1) นำข้อมูลป้อนเข้าโปรแกรมย่อย AERMET (AERMET VIEW)

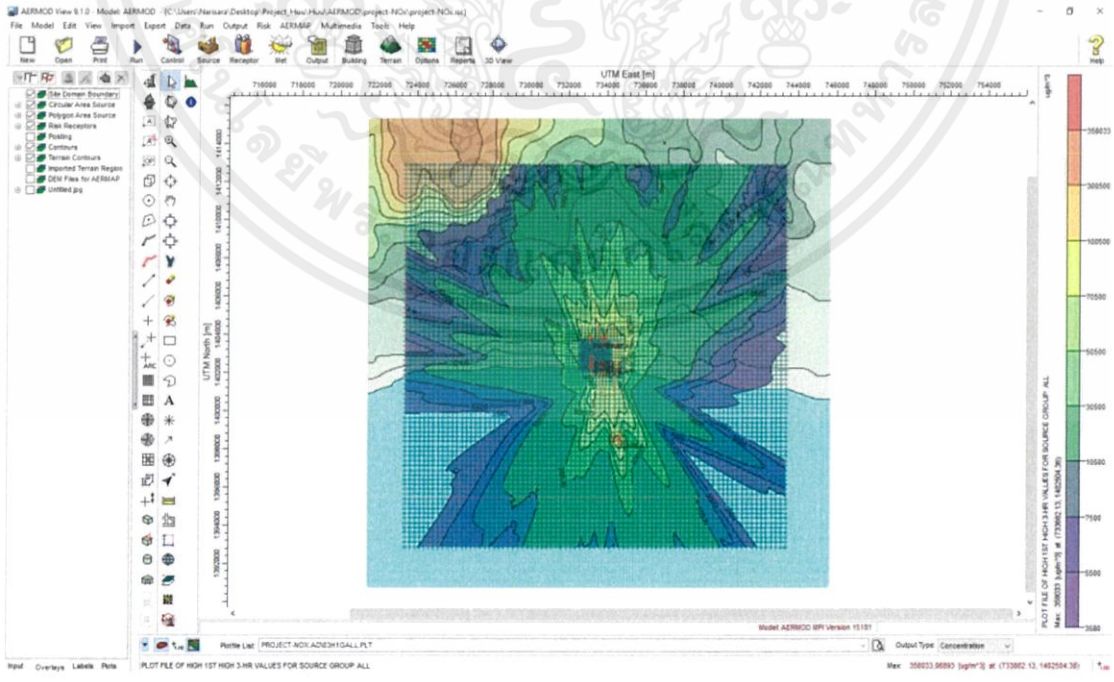
หลังจากที่รวบรวมข้อมูล และทำการจัดรูปแบบข้อมูลเป็น SCRAM format (MET144) และ FSL format แล้ว ต่อจากนั้นจะดึงไฟล์ข้อมูลที่ได้จัดรูปแบบไว้แล้วเข้าโปรแกรมย่อย AERMET รายละเอียดต่าง ๆ สำหรับการป้อนเข้าโปรแกรมย่อย AERMET จะแสดงในภาคผนวก ข

2) นำข้อมูลป้อนเข้าโปรแกรมหลัก AERMOD

โปรแกรมหลัก AERMOD จะรวมโปรแกรมย่อย AERMAP ไว้ โดยโปรแกรมย่อย AERMAP ต้องการข้อมูลในการนำเข้า คือ ลักษณะและตำแหน่งของพื้นที่ศึกษา และตำแหน่งของแหล่งกำเนิดและตำแหน่งของผู้รับ ซึ่งฐานข้อมูลที่เลือกใช้ คือ GTOPO30 สามารถดาวน์โหลดข้อมูลได้จากเว็บไซต์ www.webgis.com โดยกำหนดให้ใช้ภูมิศาสตร์สัณฐานโลกมาตรฐานแบบ WGS84 กำหนดพื้นที่ศึกษาครอบคลุม 20 กิโลเมตร × 20 กิโลเมตร และกำหนดความละเอียดของกริดเป็นแบบไม่คงที่ (Variable Grid Resolution) คือ บริเวณที่ใกล้แหล่งกำเนิดจะตีกริดที่มีความละเอียดสูง และยิ่งห่างจากแหล่งกำเนิดก็จะตีกริดให้มีความละเอียดลดลง

จากนั้นโปรแกรมหลัก AERMOD ยังต้องการข้อมูลต่าง ๆ เพิ่มเติม เช่น ข้อมูลการปลดปล่อยสารมลพิษ ซึ่งใช้เป็นแหล่งกำเนิดแบบพื้นที่ (Area sources) เป็นต้น โดยรายละเอียดต่าง ๆ สำหรับการป้อนเข้าโปรแกรมย่อย AERMAP และโปรแกรมหลัก AERMOD จะแสดงในภาคผนวก ค

หลังจากนำข้อมูลป้อนเข้าโปรแกรมหลัก AERMOD เรียบร้อยแล้ว จะเป็นไปดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การเปรียบเทียบและการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของมลพิษที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่ได้จากการตรวจวัด

นำข้อมูลค่าความเข้มข้นของสารมลพิษที่ได้จากการตรวจวัดจากสถานีที่อยู่ใกล้ ๆ บริเวณที่ทำการศึกษาซึ่งคือข้อมูลการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของสารมลพิษจากสถานีตรวจวัด แล้วนำมาทำการเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นของสารมลพิษที่ได้จากการทำแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD และวิเคราะห์ข้อมูลเป็นรายเฉลี่ย 3 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง และ 1 ปี เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศของแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

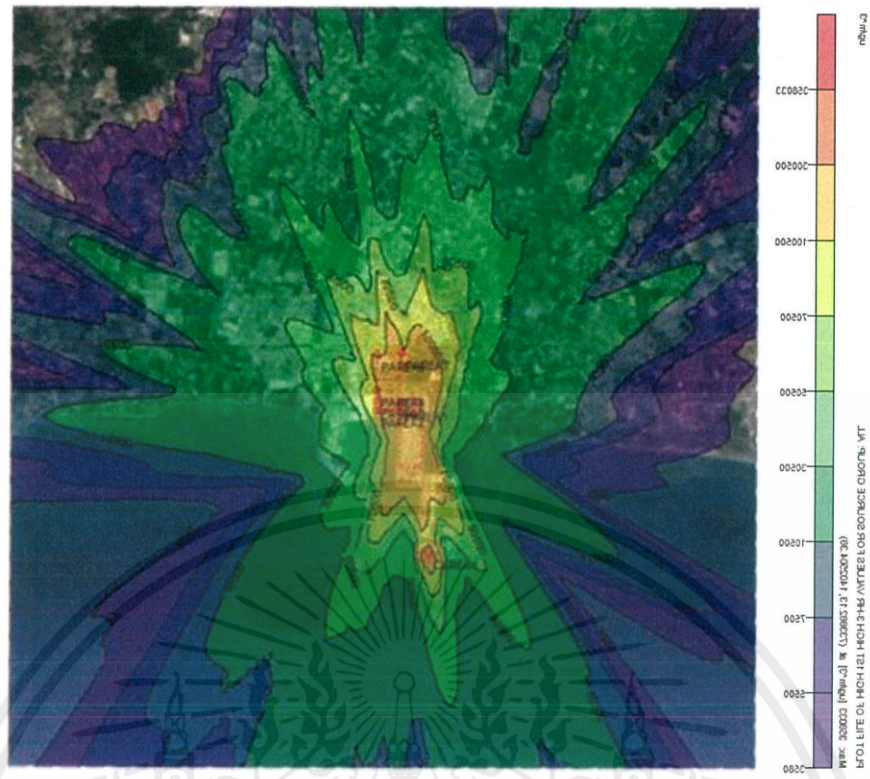
4.1 การวิเคราะห์ผลกระทบบริเวณพื้นที่รอบแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ

ผลที่ได้จากโปรแกรมจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD จะมีลักษณะเป็นกราฟคอนทัวร์ (Contour graph) ของความเข้มข้นที่ตำแหน่งต่าง ๆ บนพื้นที่ ซึ่งมลพิษที่ทำการจำลองมีทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ SO_2, NOx, PM_{10} และ CO โดยสารมลพิษแต่ละชนิดจะสามารถแสดงผลในรูปคอนทัวร์ความเข้มข้นได้ 3 แบบ คือ ความเข้มข้นเฉลี่ย 3 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง และ 1 ปี ซึ่งคอนทัวร์ในแต่ละความเข้มข้นของสารมลพิษทั้ง 4 ชนิดนั้นมีลักษณะคล้ายคลึงกันมาก ดังนั้นจึงแสดงตัวอย่างเพียงกราฟคอนทัวร์ความเข้มข้นของ NO_x ที่แสดงผลความเข้มข้นเฉลี่ย 3 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง และ 1 ปี ดังรูปที่ 4.1-4.3 ตามลำดับ

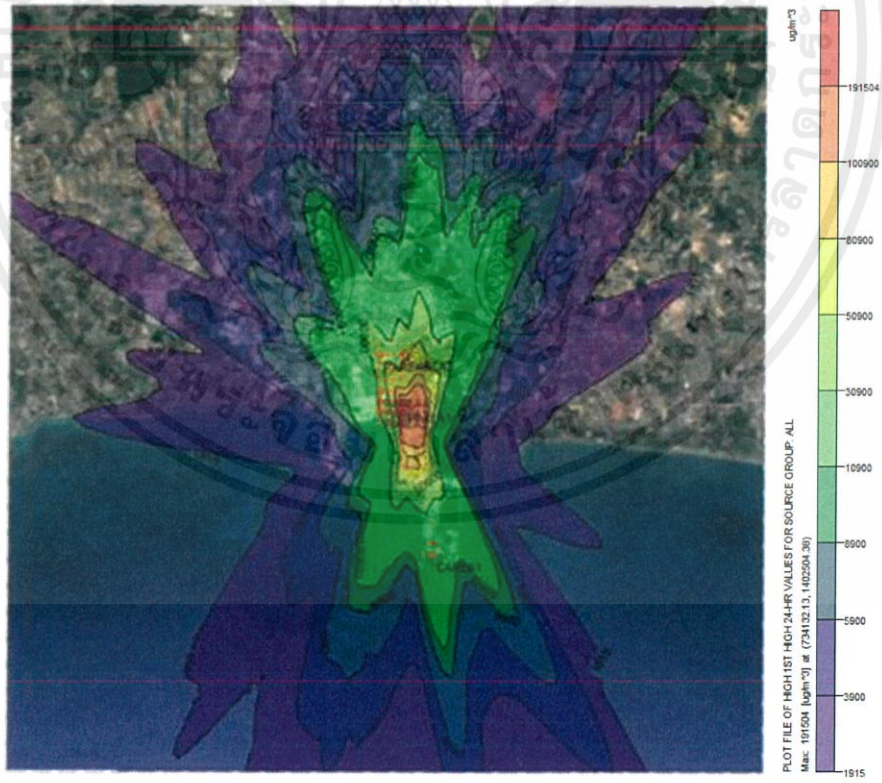
จากรูปที่ 4.1 และ 4.2 คือ แสดงคอนทัวร์ของความเข้มข้นเฉลี่ย 3 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง จะเห็นได้ว่า คอนทัวร์ของทั้ง 2 รูปมีลักษณะคล้ายคลึงกัน แต่ความเข้มข้นต่างกัน โดยรูปร่างของคอนทัวร์มีลักษณะคล้ายดอกไม้ มีการกระจายตัวออกเป็นแฉก ๆ ทุกทิศทุกทาง บริเวณใกล้แหล่งกำเนิดจะมีความเข้มข้นสูงสุด และค่อย ๆ ลดลงตามระยะทางที่ห่างจากแหล่งกำเนิด เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงของทิศทางลมในช่วงเวลาต่าง ๆ

จากรูปที่ 4.3 แสดงคอนทัวร์ของความเข้มข้นเฉลี่ย 1 ปี โดยการเฉลี่ยทิศทางลมเป็น 1 ค่า ดังนั้นจึงเห็นรูปร่างที่ชัดเจนกว่าคอนทัวร์แสดงความเข้มข้นเฉลี่ย 3 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง โดยการกระจายของมลพิษมีการขยายในทิศทาง N-S โดยขยายไปทางทิศเหนือมากกว่าทางทิศใต้ เนื่องจากลมหลักที่พัดผ่านบริเวณนั้นมาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ (ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้) ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม เป็นระยะเวลา 6 เดือน และมาจากทิศใต้ (ลมใต้) ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน เป็นระยะเวลา 3 เดือน ทำให้มลพิษแพร่กระจายไปทางทิศเหนือมากกว่าทิศใต้ ในขณะที่ลมจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ) ในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม เป็นระยะเวลา 3 เดือน จะทำให้มลพิษแพร่กระจายไปในทางทิศใต้มีเฉพาะในช่วงฤดูหนาว สภาพภูมิอากาศบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ได้รับอิทธิพลจากพายุไซโคลนที่พัดมาจากอ่าวเองบอลในราวเดือนพฤษภาคม และได้รับอิทธิพลจากดีเปรสชั่นพายุไซโคลนที่พัดมาจากอ่าวไทยในราวเดือนตุลาคม ทำให้เกิดมลพิษแพร่กระจายไปทางทิศเหนือมากกว่าทิศใต้ โดยกระแสลมต่าง ๆ ที่พัดผ่านประเทศไทยแสดงดังรูปที่ 4.4 และทิศทางลมเฉลี่ยรายปีได้มาจากโปรแกรมย่อย AERMET โดยมาจากทิศใต้และทิศตะวันตกเฉียงใต้เป็นหลัก ซึ่งมีขนาดเฉลี่ย 1.8122 เมตรต่อวินาที แสดงดังรูปที่ 4.5 และคอนทัวร์ที่ได้จากแบบจำลองสามารถบอกถึงลักษณะการแพร่กระจายของมลพิษทางอากาศรอบ ๆ แหล่งกำเนิดสารมลพิษ โดยความเข้มข้นของสารมลพิษจะลดลงตามระยะทาง ยิ่งห่างจากแหล่งกำเนิดมาก ความเข้มข้นของสารมลพิษก็ยิ่งลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

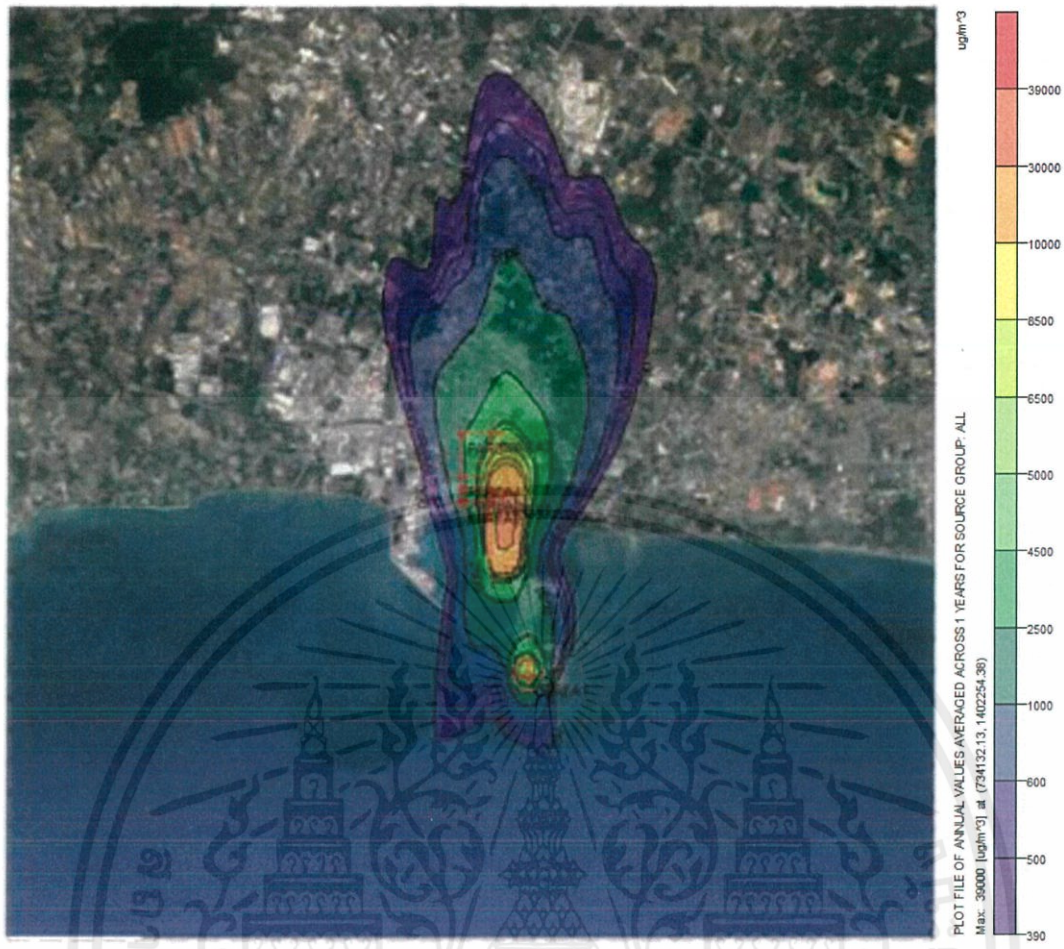


รูปที่ 4.1 กราฟคอนทัวร์ความเข้มข้นของ NO_x เฉลี่ย 3 ชั่วโมง



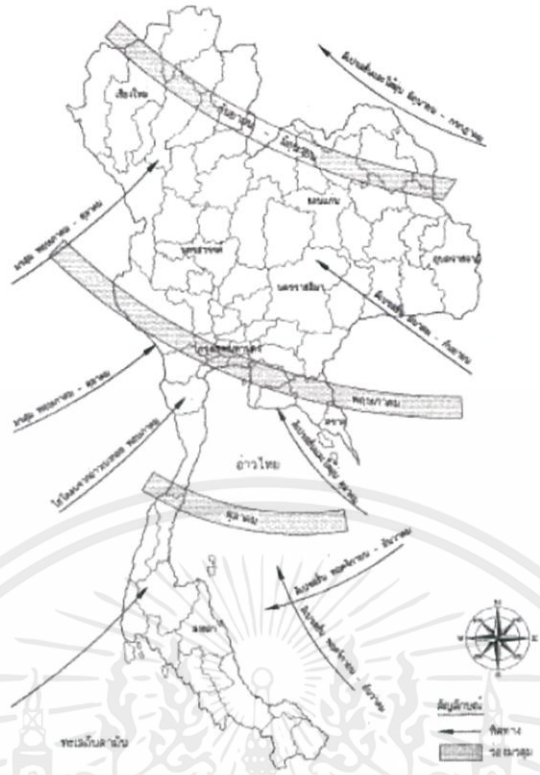
รูปที่ 4.2 กราฟคอนทัวร์ความเข้มข้นของ NO_x เฉลี่ยราย 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

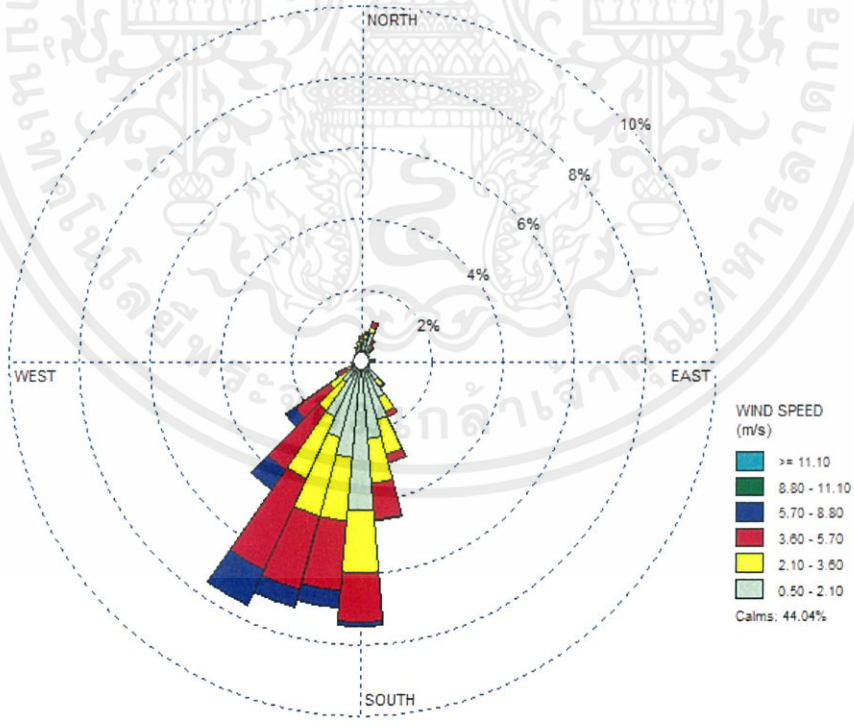


รูปที่ 4.3 กราฟคอนทัวร์ความเข้มข้นของ NO_x เฉลี่ย 1 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 กระแสลมต่าง ๆ ที่พัดผ่านประเทศไทย [17]



รูปที่ 4.5 Wind rose เฉลี่ย 1 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารมลพิษที่ได้จากโปรแกรมจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD กับค่าจากการตรวจวัด

การเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารมลพิษที่ได้จากโปรแกรมจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD กับค่าที่ตรวจวัดจริงจากสถานี เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศของแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD โดยสารมลพิษที่นำมาเปรียบเทียบ คือ SO_2, NO_x, และ PM_{10} ได้เลือกค่าความเข้มข้นของสารมลพิษที่ได้จากการตรวจวัดจากสถานีตากวน ณ ตำแหน่ง ละติจูด 735959.59 ม. ตะวันออกและลองจิจูด 1402001.83 ม. เหนือ นำมาเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นของสารมลพิษที่ได้จากการทำแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD ณ ตำแหน่งเดียวกันกับสถานีตากวน ผลการเปรียบเทียงแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ความเข้มข้นของสารมลพิษที่ได้จากแบบจำลองและจากการตรวจวัดจริง

ประเภทสารมลพิษ	ค่าความเข้มข้นที่ได้จากแบบจำลอง ($\mu g/m^3$)			ค่าความเข้มข้นที่ได้จากการตรวจวัดจริง ($\mu g/m^3$)		
	เฉลี่ย 3 ชั่วโมง	เฉลี่ย 24 ชั่วโมง	เฉลี่ย 1 ปี	เฉลี่ย 3 ชั่วโมง	เฉลี่ย 24 ชั่วโมง	เฉลี่ย 1 ปี
SO_2	6,500	1,000	-	6.30	6.28	6.18
NO_x	30,500	5,900	-	27.38	27.56	27.31
PM_{10}	2,000	395.81	33.12	38.75	40.76	38.48

จากตารางที่ 4.1 เมื่อเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นระหว่างค่าความเข้มข้นที่ได้จากแบบจำลองกับค่าความเข้มข้นที่ได้จากการตรวจวัดจริงเป็นรายเฉลี่ย 3 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง และ 1 ปี โดยจะมีเปอร์เซ็นต์ความความเคลื่อนจากค่าจริง (ค่าความเข้มข้นที่ได้จากการตรวจวัดจริง) ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

ประเภทสารมลพิษ	ความคลาดเคลื่อนจากค่าจริง (%)		
	เฉลี่ย 3 ชั่วโมง	เฉลี่ย 24 ชั่วโมง	เฉลี่ย 1 ปี
SO_2	103,150	15,818	-
NO_x	111,311	21,306	-
PM_{10}	5,061	871	13.92

ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าความเข้มข้นของ SO_2 และ NO_x และ PM_{10} ที่ได้จากแบบจำลองมีความคลาดเคลื่อนจากค่าจริงไปมาก เนื่องจาก

1) ข้อมูลการปลดปล่อยสารมลพิษที่นำมาใช้ในแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD เป็นค่าที่ได้ประมาณค่า จึงอาจมีความคลาดเคลื่อนสูง ส่งผลให้ค่าความเข้มข้นที่ได้จากแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD มีค่าไม่ตรงกับค่าความเข้มข้นที่ได้จากการตรวจวัดจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การคำนวณความเข้มข้นที่ได้จากแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD เป็นการคำนวณตามสมการ Gaussian plume ซึ่งเป็นสมการที่มีสมมติฐาน คือ แหล่งกำเนิดมลพิษต้องมีการปลดปล่อยมลพิษอย่างต่อเนื่อง และทิศทางลมต้องคงที่ในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา โดยในความเป็นจริงแล้วแหล่งกำเนิดไม่ได้มีการปลดปล่อยมลพิษอย่างต่อเนื่องและคงที่ตลอดเวลา และทิศทางลมไม่ได้คงที่ตลอดในช่วงที่ทำการศึกษา ดังนั้นค่าความเข้มข้นที่ได้จากแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD จึงมีค่าสูงเกินค่าความเข้มข้นที่ได้จากการตรวจวัดจริง

3) แบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD เป็นแบบจำลองประเภท Nonreactive pollutants คือ ไม่มีการคำนวณปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงจากสารหนึ่งเป็นอีกสารหนึ่ง แต่สารมลพิษประเภท SO_2 สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำหรืออากาศเปลี่ยนเป็นสารตัวอื่นได้ เช่น H_2SO_4, SO_3 เป็นต้น สารมลพิษประเภท NO_x สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำและแสงแดดเกิดปฏิกิริยากลับไปกลับมาระหว่าง NO กับ NO_2 ได้ และสารมลพิษประเภท PM_{10} จะประกอบไปด้วย high-molecular-weight polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) ซึ่ง PAHs สามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงในสิ่งแวดล้อมได้ เช่น การย่อยสลายทางชีวภาพ การย่อยสลายด้วยแสง เป็นต้น ดังนั้น SO_2, NO_x และ PM_{10} จึงสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงในสิ่งแวดล้อมได้ ค่าความเข้มข้นที่ได้จากแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD จึงมีค่าสูงเกินค่าความเข้มข้นที่ได้จากการตรวจวัดจริงไปมาก

4.3 การศึกษาความคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง

จากผลในหัวข้อ 4.2 ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นมา สามารถเกิดได้จากทั้งข้อมูลการปลดปล่อยสารมลพิษและจากตัวโปรแกรม ดังนั้นจึงต้องพิจารณาว่าปัจจัยใดที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนมากที่สุด จึงได้ลองใช้ข้อมูลการปลดปล่อยสารมลพิษ จากข้อมูลจากปล่องระบายในบริเวณพื้นที่ศึกษา โดยเลือกจำลองการปลดปล่อยของ SO_2 เนื่องจากมีข้อมูลการปลดปล่อยสารมลพิษจากปล่องระบายครบถ้วน อีกทั้งปริมาณ SO_2 ที่ปลดปล่อยมาจากกระบวนการเผาไหม้เป็นหลัก ผลจากการจำลองการแพร่กระจายความเข้มข้นของ SO_2 เป็นดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ความเข้มข้นของ SO_2 ที่ได้จากแบบจำลองและจากการตรวจวัดจริง

	ความเข้มข้นของ SO_2 ($\mu g/m^3$)		
	เฉลี่ย 3 ชั่วโมง	**เฉลี่ย 24 ชั่วโมง**	**เฉลี่ย 1 ปี**
ข้อมูลจากแบบจำลองโดยใช้บัญชีการปลดปล่อย	6,500	1,000	-
ข้อมูลจากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลการปลดปล่อยสารมลพิษจากปล่อง	40	10	1.8
ค่าความเข้มข้นที่ได้จากการตรวจวัด	6.30	6.28	6.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งพบว่าเมื่อนำข้อมูลจากปล่องมาใช้แล้วค่าจะใกล้เคียงกับค่าจากการตรวจวัดมากกว่าการใช้ข้อมูลจากบัญชีการปลดปล่อย เมื่อเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนจากการปรับค่าแล้ว ความคลาดเคลื่อนลดลงอย่างเห็นได้ชัด ตารางที่ 4.4 แสดงความคลาดเคลื่อนก่อนและหลังปรับค่าการปลดปล่อย

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนก่อนและหลังการปลดปล่อย

ประเภท	ความคลาดเคลื่อน (%)		
	เฉลี่ย 3 ชั่วโมง	เฉลี่ย 24 ชั่วโมง	เฉลี่ย 1 ปี
ก่อนปรับค่าการปลดปล่อย	103,150	15,818	-
หลังปรับค่าการปลดปล่อย	534.92	59.24	70.87

ค่าจากตารางแสดงให้เห็นว่าความคลาดเคลื่อนเกิดจากข้อมูลการปลดปล่อยอย่างชัดเจน โดยก่อนปรับค่าการปลดปล่อยมีค่ามากกว่าหลังปรับค่าการปลดปล่อยเป็น 192.83 เท่าสำหรับเฉลี่ย 3 ชั่วโมง และเป็น 267.02 เท่าสำหรับเฉลี่ย 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงานวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการทำแบบจำลองการแพร่กระจายตัวของสารมลพิษทางอากาศเพื่อประเมินผลกระทบจากโรงงานในนิคมอุตสาหกรรมรอบ ๆ บริเวณติดตั้งเครือข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์ระยะที่ 1 เพื่อทำนายทิศทางและปริมาณความเข้มข้นของสารมลพิษที่จะส่งผลกระทบในพื้นที่รอบ ๆ โครงข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์ และรูปแบบการแพร่กระจายของสารมลพิษที่ทำนายได้นี้ สามารถใช้เป็นแนวทางในการควบคุมปัญหามลพิษทางอากาศในพื้นที่รอบ ๆ โครงข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์ และใช้ในการเฝ้าระวัง เตรียมการป้องกันไม่ให้เกิดปัญหากับชุมชน และสิ่งแวดล้อมโดยรอบ ซึ่งสามารถสรุปผลการดำเนินงานวิจัยได้ ดังนี้

จากการทำแบบจำลองการแพร่กระจายตัวของสารมลพิษทางอากาศโดยใช้แบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD ทำการจำลองการแพร่กระจายความเข้มข้นของสารมลพิษชนิดต่าง ๆ ได้แก่ SO_2, NO_x, PM_{10} และ CO ผลที่ได้จากแบบจำลองนี้มีลักษณะเป็นคอนทัวร์แสดงความเข้มข้นของสารมลพิษ จากข้อมูลค่าเฉลี่ยรายปีพบว่าสารมลพิษต่าง ๆ เหล่านี้จะมีการแพร่กระจายไปทางทิศเหนือของพื้นที่มากกว่าทางทิศใต้ เนื่องจากลมหลักที่พัดผ่านบริเวณนี้มีทิศมาจากทางทิศใต้และทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่ส่งผลให้พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบมลพิษทางอากาศมาก คือ บริเวณทางเหนือของพื้นที่ศึกษา ซึ่งคอนทัวร์ที่ได้จากแบบจำลองนี้จะใช้เพื่อระบุพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบรอบ ๆ แหล่งกำเนิดสารมลพิษ จะเห็นได้ว่าความเข้มข้นของสารมลพิษจะลดลงตามระยะทาง ยิ่งห่างจากแหล่งกำเนิดมาก ความเข้มข้นของสารมลพิษก็ยิ่งลดน้อยลง และเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของสารมลพิษที่ได้จากการทำแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD กับค่าความเข้มข้นของสารมลพิษที่ได้จากการตรวจวัดพบว่าค่าความเข้มข้นของ SO_2, NO_x และ PM_{10} ที่ได้จากแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD มีค่าสูงเกินค่าความเข้มข้นที่ได้จากการตรวจวัดไปมาก เมื่อได้ศึกษาความคลาดเคลื่อนโดยการนำข้อมูลการปลดปล่อยจากปล่องมาใช้พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนลดลงอย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่าข้อมูลการปลดปล่อยส่งผลกระทบต่อความคลาดเคลื่อนมากกว่าจากแบบจำลอง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) พื้นที่ศึกษานี้มีความซับซ้อน และมีแหล่งกำเนิดค่อนข้างมาก แบบจำลอง AERMOD อาจไม่เหมาะสมกับการใช้งาน เพราะพื้นที่มีความซับซ้อน นอกจากนี้ในพื้นที่ยังมีมลพิษหลากหลายชนิดซึ่งสามารถทำปฏิกิริยาไปเป็นสารอื่น ๆ การใช้แบบจำลองแบบง่ายอาจไม่เหมาะสมกับการใช้งาน

2) ควรทำการทดสอบข้อมูลการปลดปล่อยโดยใช้แบบจำลอง และปรับแก้ให้ข้อมูลใกล้เคียงกับความเป็นจริงให้มากที่สุด โดยเอาผลจากการเปรียบเทียบกับข้อมูลการตรวจวัดมาใช้ประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย. 2552. *ความเป็นมาของพื้นที่มาบตาพุด จังหวัดระยอง.*
[Online].Available: http://www.hsm.chula.ac.th/maptaphut/problem.html

[2] แผนงานสร้างเสริมนโยบายสาธารณะที่ดี (นสธ.). 2554. *คุณภาพอากาศในพื้นที่มาบตาพุดและบริเวณใกล้เคียง จังหวัดระยอง.*
[Online].Available: http://www.hsm.chula.ac.th/maptaphut/air-maptaphut.pdf

[3] บัณฑิต ชูแสงศรี. 2559. การทำบัญชีปลดปล่อยมลพิษทางอากาศของแหล่งกำเนิดจากโรงงานอุตสาหกรรมในนิคมอุตสาหกรรมเพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนงานวิจัยโครงข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[4] *สรุปเรื่องมาบตาพุด.*
[Online].Available: http://www.fringer.org/wp-content/uploads/class/4lecture.pdf

[5] ผลกระทบของสารมลพิษทางอากาศ. *คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO).*
[Online].Available: http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/ecology/chapter2/chapter2_airpolution5.htm

[6] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. *ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur Dioxide: SO_2)*
[Online].Available: http://www2.diw.go.th/PIC/download/info/so2.pdf

[7] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. *ออกไซด์ของไนโตรเจน (Oxide of Nitrogen: NOx)*
[Online].Available: http://www2.diw.go.th/PIC/download/info/nox.pdf

[8] กระทรวงสาธารณสุข. 2558. *แนวทางการเฝ้าระวังพื้นที่เสี่ยงจากมลพิษทางอากาศ กรณีฝุ่นละอองขนาดเล็ก.*
[Online].Available:http://enhealthplan.anamai.moph.go.th/download/document.pdf

[9] กรมอุตุนิยมวิทยา. 2557. *ภูมิอากาศจังหวัดระยอง.*
[Online].Available: http://climate.tmd.go.th/data/province.pdf

[10] Morrakot Suksri. 2558. *จังหวัดระยอง.*
[Online].Available: http://www.tourtooktee.com/info_topic.asp?nID=708

[11] Holmes N. S. and Morawska L. 2006. *A Review of Dispersion Modelling and its application to the dispersion of particles: An overview of different dispersion models available.* Australia: International Laboratory for Air Quality and Health, Queensland University of Technology.
[Online].Available: http://eprints.qut.edu.au/5156/1/5156.pdf

[12] Daniel A. Crowl and Joseph F. Louvar. 2011. *Chemical Process Safety: Fundamentals with Applications.* 3rd Ed. United States of America: Paul Boger.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[13] กัญญาณี แสงเกียรติยุทธ. 2554. *การวัดและการจำลองการกระจายตัวของมลพิษทางอากาศ.* วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[14] The National Institute of water and Atmospheric Research. 2004. *Good Practice Guide for Atmospheric Dispersion Modelling.* New Zealand: The Ministry for the Environment.
[Online].Available: https://www.mfe.govt.nz/sites/default/files/atmospheric-dispersion-modelling-jun04.pdf

[15] Dispersion of air pollutants. *Lagrangian models.*
[Online].Available:http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/AtmosphericChemistry/ch10s04.html

[16] นพภาพร พานิชและแสงสันติ์ พานิช. 2544. *แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านคุณภาพอากาศ.* พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[17] วราวุธ เสือดี. 2550. บทความทางวิชาการ. *แบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD* (July-September): 23-32.

[18] นายวัชรเดช ไทยวัฒน์. 2552. การทำนายการกระจายตัวของฝุ่นละอองจากโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่เพื่อการประเมินค่าดัชนีคุณภาพอากาศ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัย ภาควิชาวิศวกรรมความปลอดภัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[19] สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยาการธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2556. *แนวทางการใช้แบบจำลองเพื่อประเมินการแพร่กระจายมลพิษทางอากาศ.*
[Online].Available: http://www.onep.go.th/eia/images/6interest/model_air.pdf

[20] United States Environmental Protection Agency (EPA). 2004. *AERMOD: DESCRIPTION OF MODEL FORMULATION.* U.S. Environmental Protection Agency Office of Air Quality Planning and Standards Emissions Monitoring and Analysis Division Research Triangle Park, North Carolina.

[21] THE METEOROLOGICAL RESOURCE CENTER. *SCRAM (MET144) Surface Met Data.*
[Online].Available: http://www.webmet.com/MetGuide/SCRAMSurface.html

[22] อมรศรี บังศรี. 2554. ความสามารถในการประมาณค่าของแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD กับข้อมูลตรวจวัดจริง บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[23] บริษัท อีสเทิร์นอินดัสเตรียลเอสเตท จำกัด. *บทที่ 5 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม.*
[Online].Available:http://iceh.or.th/iceh/Re_EHIA/5703_hemaraj4/Main/7Chapter_5.pdf

[24] NOAA Earth System Research Laboratory. *FSL Output Format Description.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[Online].Available: https://www.esrl.noaa.gov/raobs/intl/fsl_format-new.cgi

[25] Lakes Environmental. 2011. *Modeling Tip: Minimum Requirements for AERMOD Surface Meteorological Data File.*

[Online].Available: https://www.weblakes.com/Newsletter/2011/Jan2011.html

[26] นางสาวชรินทร์ทิพย์ สุขสบาย. 2554. เปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำนายความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็กที่มีผลจากการเผาในที่โล่งระหว่างแบบจำลองคุณภาพอากาศแบบกล่องและแบบจำลองคุณภาพอกาศ ISCST3: กรณีศึกษาจังหวัดขอนแก่น. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[Online].Available: http://digi.library.tu.ac.th/thesis/st/0402/04chapter3.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

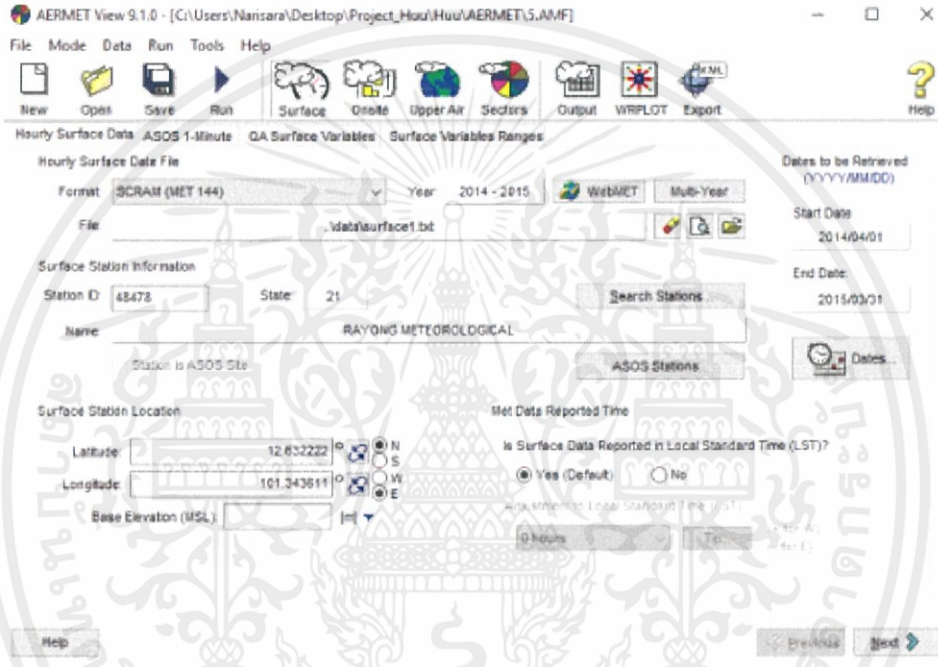
ข้อมูลป้อนเข้าโปรแกรมย่อย AERMET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากที่รวบรวมข้อมูลอุตุนิยมวิทยาผิวพื้น (Surface air data) และข้อมูลอากาศชั้นบน (Upper air data) จากนั้นทำการจัดรูปแบบข้อมูลเป็น SCRAM format (MET144) และ FSL format ตามลำดับ เพื่อที่จะดึงไฟล์ข้อมูลที่ได้จัดรูปแบบไว้แล้วเข้าโปรแกรมย่อย AERMET ซึ่งการดึงข้อมูลต่าง ๆ และการกรอกรายละเอียดเพื่อใช้สำหรับการป้อนเข้าโปรแกรมย่อย AERMET (AERMET VIEW) เป็นไปดังรูป ก-1 ถึง ก-4

1. ดึงไฟล์ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาผิวพื้น

ดึงไฟล์ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาผิวพื้นที่ได้จัดรูปแบบเป็น SCRAM format แล้ว จากนั้นใส่ข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ หมายเลขสถานี ตำแหน่งที่ตั้งของสถานี ดังรูป ก-1

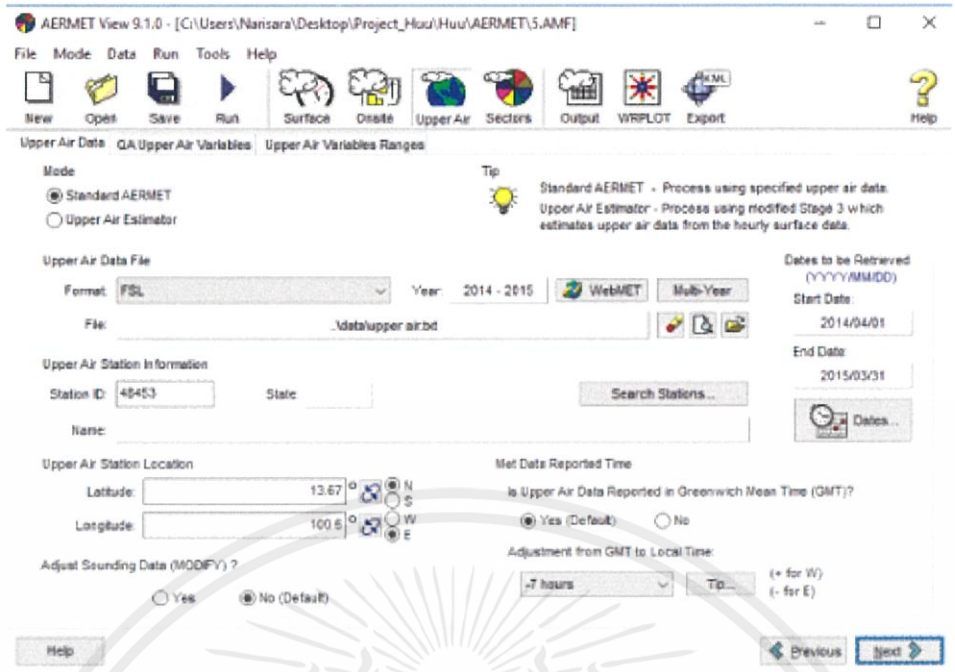


รูป ก-1 ดึงไฟล์ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาผิวพื้น

2. ดึงไฟล์ข้อมูลอากาศชั้นบน

ดึงไฟล์ข้อมูลอากาศชั้นลนที่ได้จาก NOAA/ESRL Radiosonde Database สถานีบางนา ในรูปแบบ FSL format จากนั้นใส่ข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ หมายเลขสถานี ตำแหน่งที่ตั้งของสถานี เวลาท้องถิ่น ดังรูป ก-1

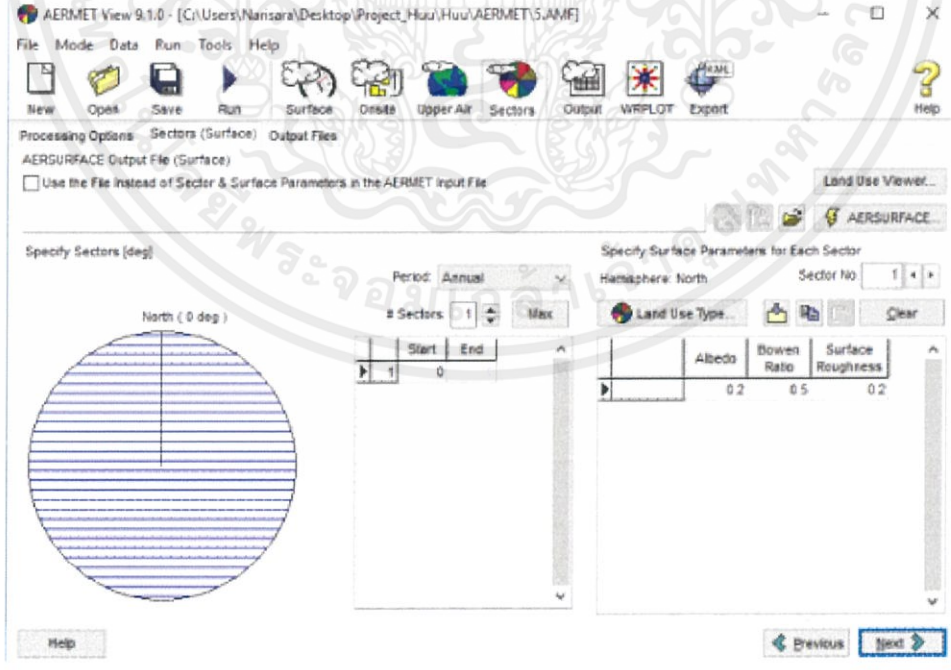
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ก-2 ดึงไฟล์ข้อมูลอากาศชั้นบน

3. ข้อมูลปัจจัยลักษณะผิวพื้น

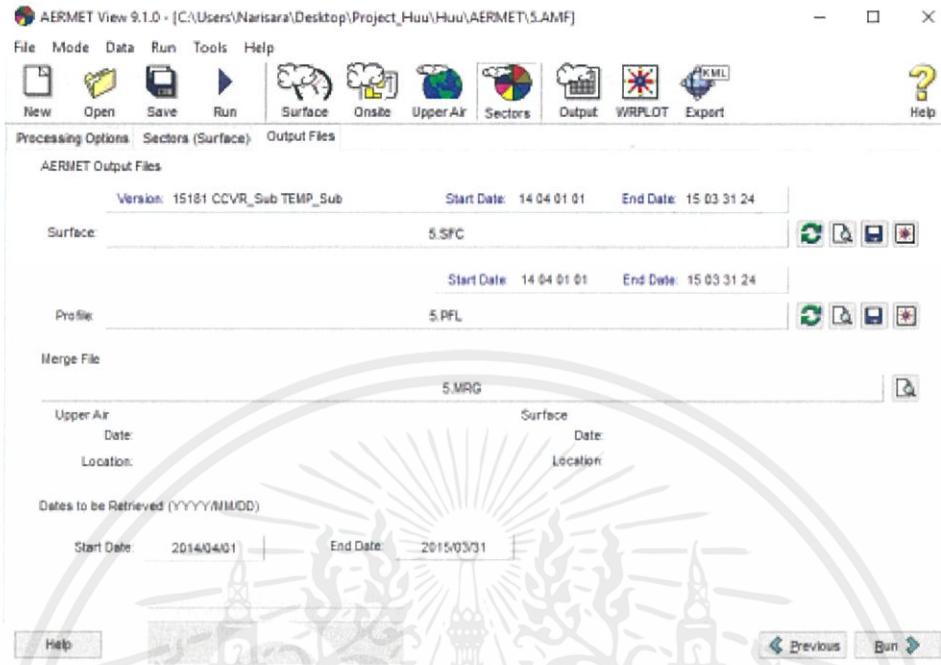
ข้อมูลปัจจัยลักษณะผิวพื้น ได้แก่ Albedo (r), Boven ratio (B_0), Surface Roughness length (Z_0) โดยเลือกข้อมูลกรณีพื้นที่หลังการเก็บเกี่ยวในฤดูร้อน ได้รับการแนะนำจากคู่มือการใช้โปรแกรมย่อย AERMET ขององค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา ปี ค.ศ. 1998 ได้แก่ค่า Albedo ใช้ค่า 0.2 Boven ratio ใช้ค่า 0.5 และ Surface roughness length ใช้ค่า 0.2 ดังรูป ก-3



รูป ก-3 ค่าข้อมูลปัจจัยลักษณะผิวพื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก ข-1 ถึง ข-3 โปรแกรมย่อย AERMET จะทำการ Merge files เข้าด้วยกัน และได้ผลลัพธ์เป็นดังรูป ก-4



รูป ก-4 รวมข้อมูลอุตุนิยมวิทยาผิวพื้น ข้อมูลอากาศชั้นบน และข้อมูลปัจจัยลักษณะผิวพื้น

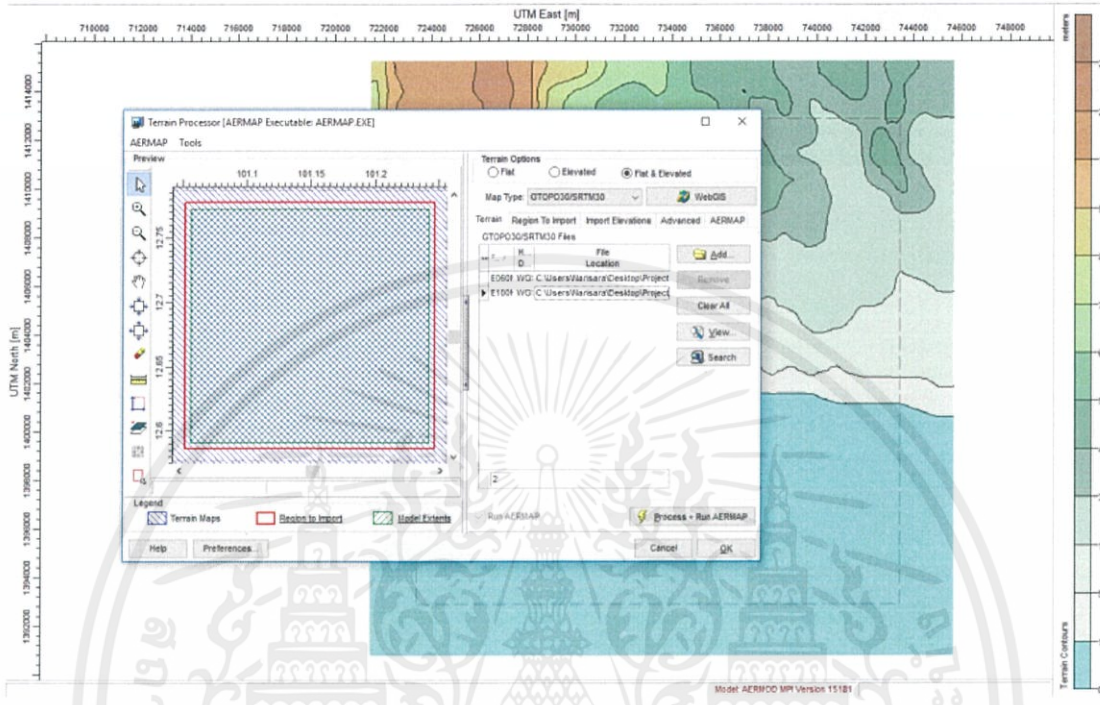
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ข้อมูลป้อนเข้าโปรแกรมหลัก AERMOD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

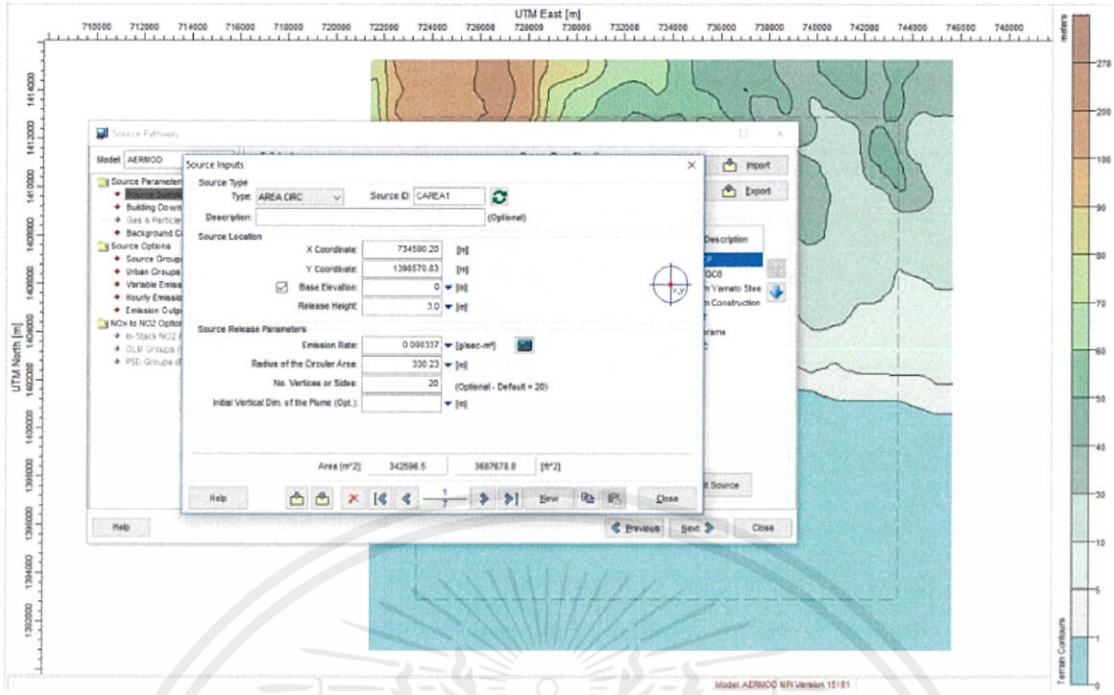
โปรแกรมหลัก AERMOD จะมีโปรแกรมย่อย AERMAP รวมอยู่ด้วย โดยข้อมูลป้อนเข้าโปรแกรมย่อย AERMAP คือ ลักษณะและตำแหน่งของพื้นที่ศึกษา และตำแหน่งของแหล่งกำเนิดและตำแหน่งของผู้รับ สามารถดึงข้อมูลได้จากฐานข้อมูล GTOPO30 โดยสามารถดาวน์โหลดข้อมูลได้จากเว็บไซต์ www.webgis.com ดังรูป ข-1



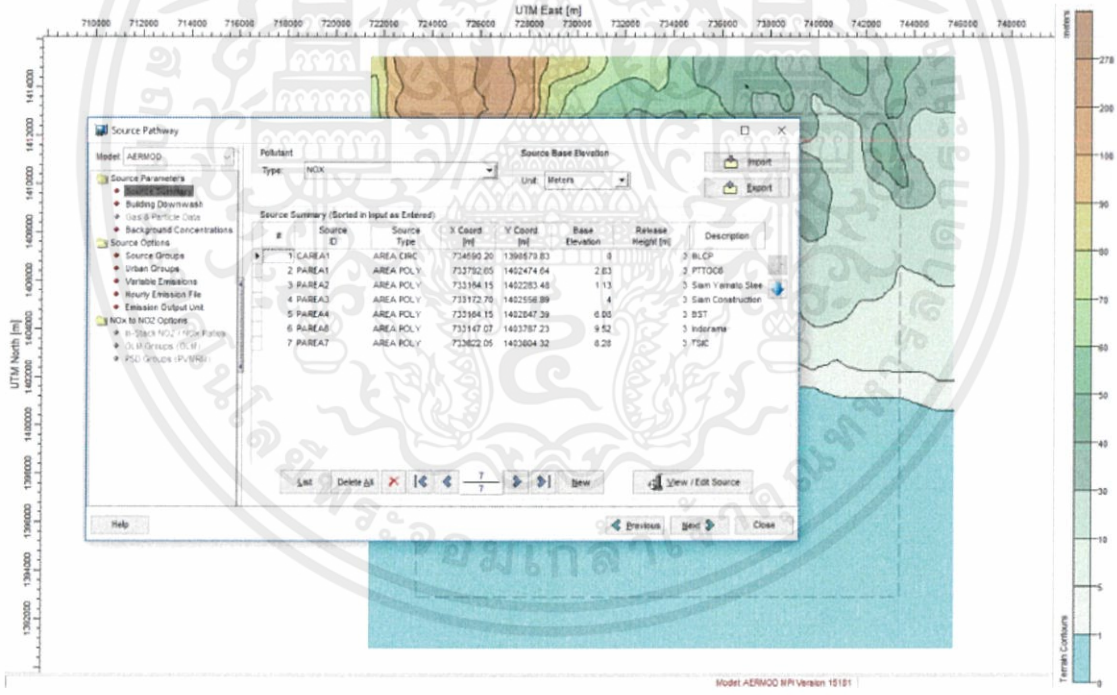
รูป ข-1 ดึงไฟล์ข้อมูลป้อนเข้าโปรแกรมย่อย AERMAP จาก webgis

โปรแกรมย่อย AERMAP ยังต้องการข้อมูลต่าง ๆ เพิ่มเติม ได้แก่ ข้อมูลการปลดปล่อยสารมลพิษ ซึ่งใช้เป็นแหล่งกำเนิดแบบพื้นที่ (Area sources) การกำหนดกริดผู้รับผลกระทบ (Receptor grids) โดยรายละเอียดต่าง ๆ จะแสดงดังรูป ข-2 ถึง ข-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

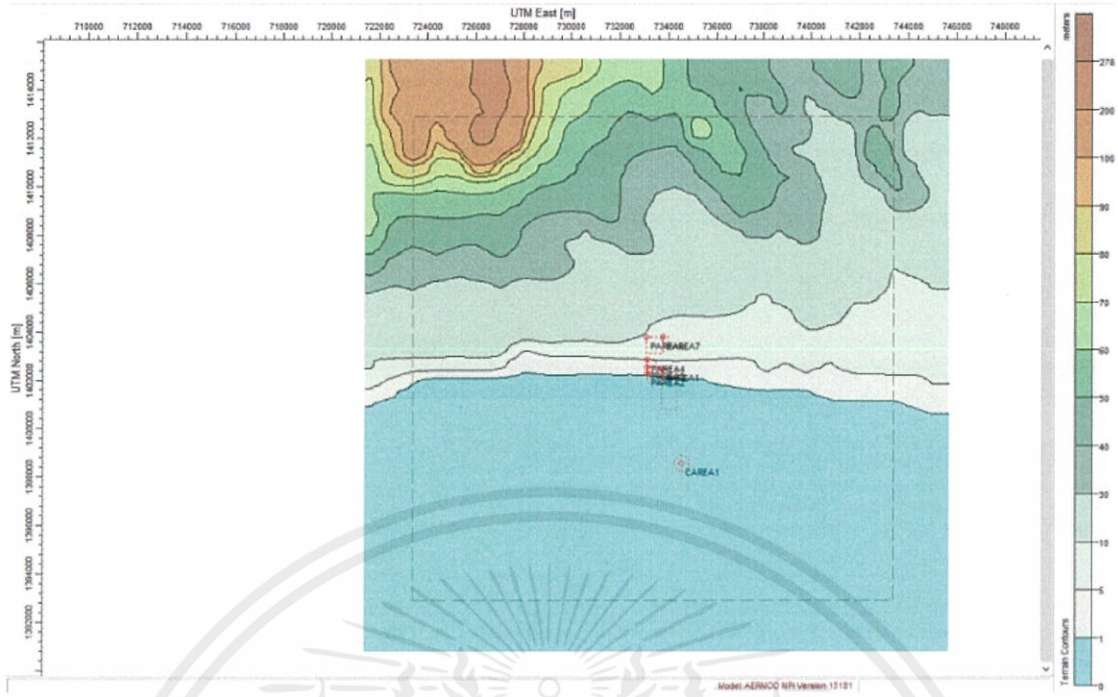


รูป ข-2 ข้อมูลการปลดปล่อยสารมลพิษจากแหล่งกำเนิดแบบพื้นที่

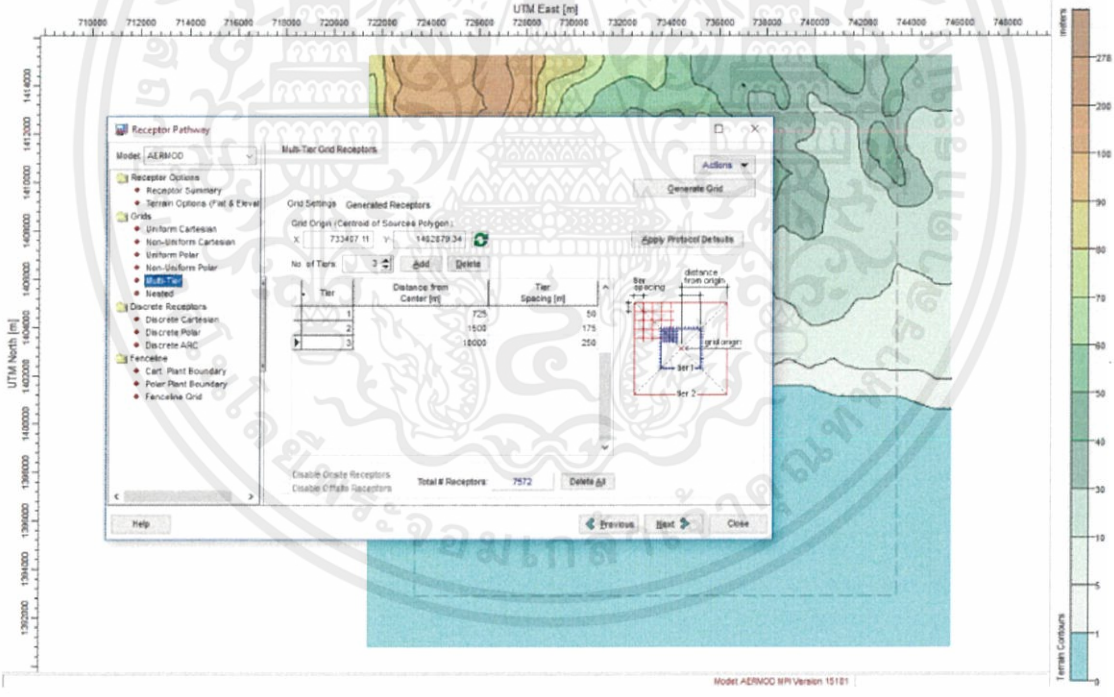


รูป ข-3 การปลดปล่อยสารมลพิษจากแหล่งกำเนิดแบบพื้นที่ในพื้นที่ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

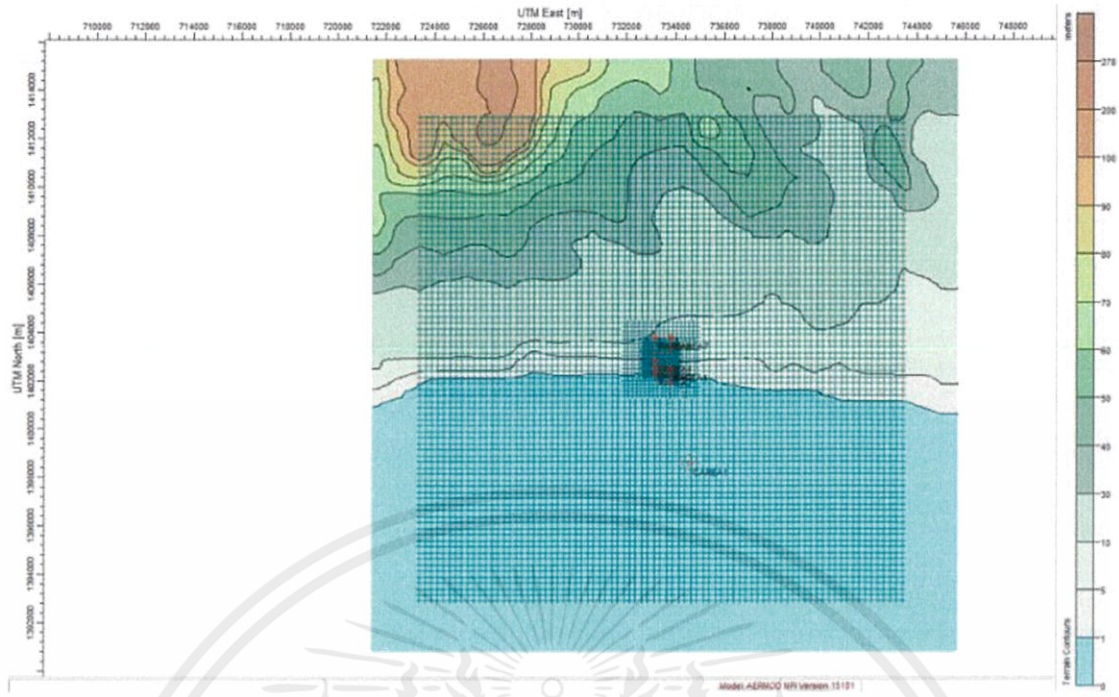


รูป ข-4 แหล่งกำเนิดสารมลพิษแบบพื้นที่



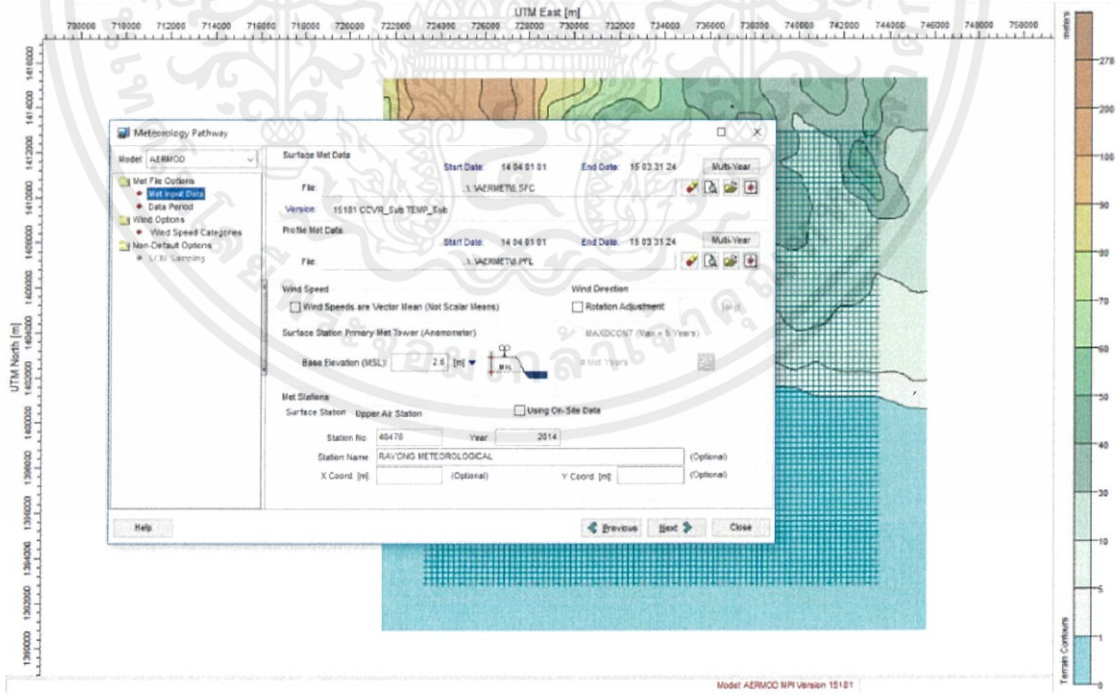
รูป ข-5 การกำหนดกริดผู้รับผลกระทบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ข-6 กริดผู้รับผลกระทบ

หลังจากป้อนข้อมูลเข้าโปรแกรมย่อย AERMAP ลงในโปรแกรมหลัก AERMOD แล้ว โปรแกรมหลัก AERMOD ยังต้องการข้อมูลต่าง คือ Merge files ที่ได้จากโปรแกรมย่อย AERMET ดังรูป ข-7



รูป ข-7 Merge files จากโปรแกรมย่อย AERMET

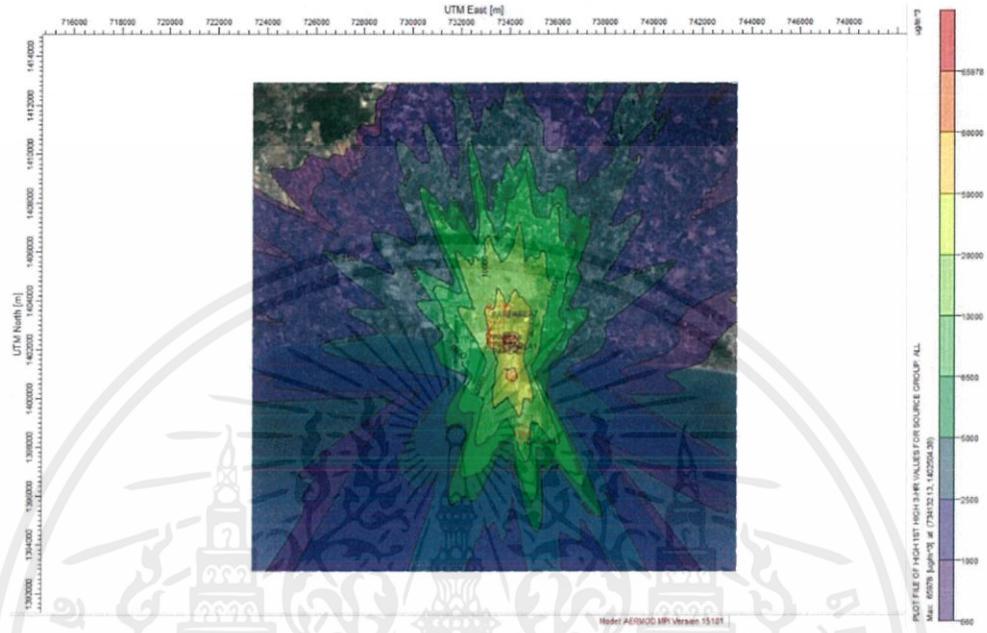
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

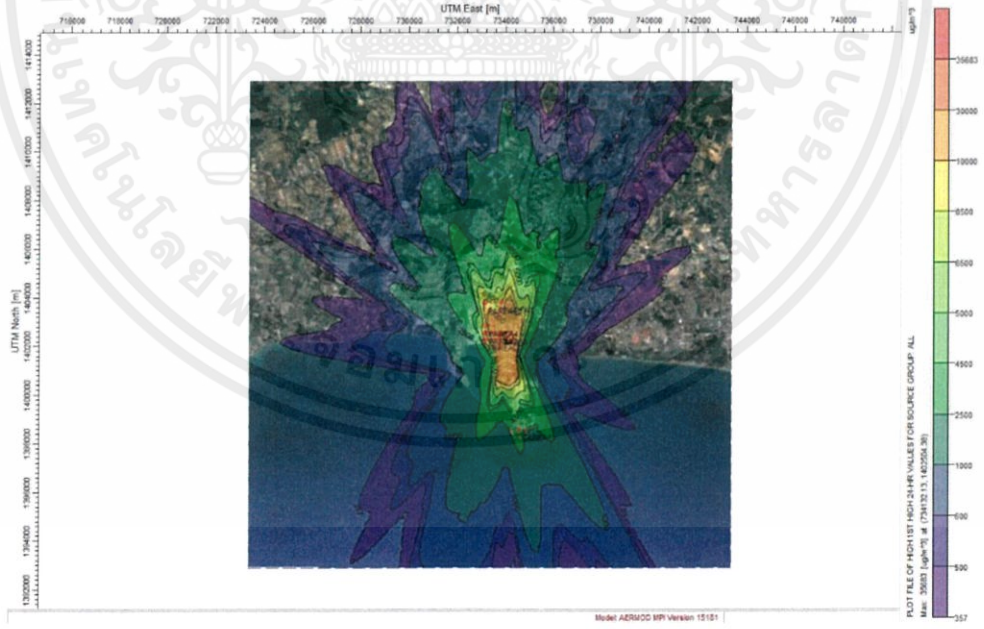
ผลจากโปรแกรมจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลที่ได้จากโปรแกรมจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD จะมีลักษณะเป็นกราฟคอนทัวร์ (Contour graph) ของความเข้มข้นที่ตำแหน่งต่าง ๆ บนพื้นที่ ซึ่งมลพิษที่ทำการจำลองมีทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ SO_2, NO_x, PM_{10} และ CO โดยเป็นความเข้มข้นเฉลี่ยราย 3 ชั่วโมง ราย 24 ชั่วโมง และรายปี ดังรูป ค-1 ถึง ค-3 (SO_2), ค-4 ถึง ค-6 (NO_x), ค-7 ถึง ค-9 (PM_{10}), ค-10 ถึง ค-12 (CO)

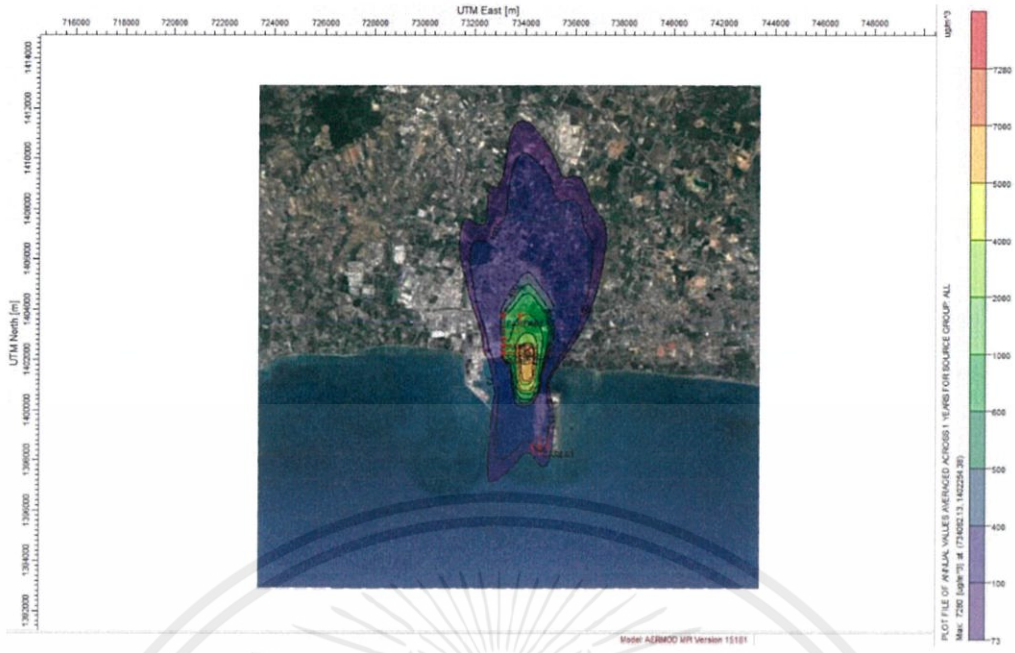


รูป ค-1 กราฟคอนทัวร์ความเข้มข้นของ SO_2 เฉลี่ยราย 3 ชั่วโมง

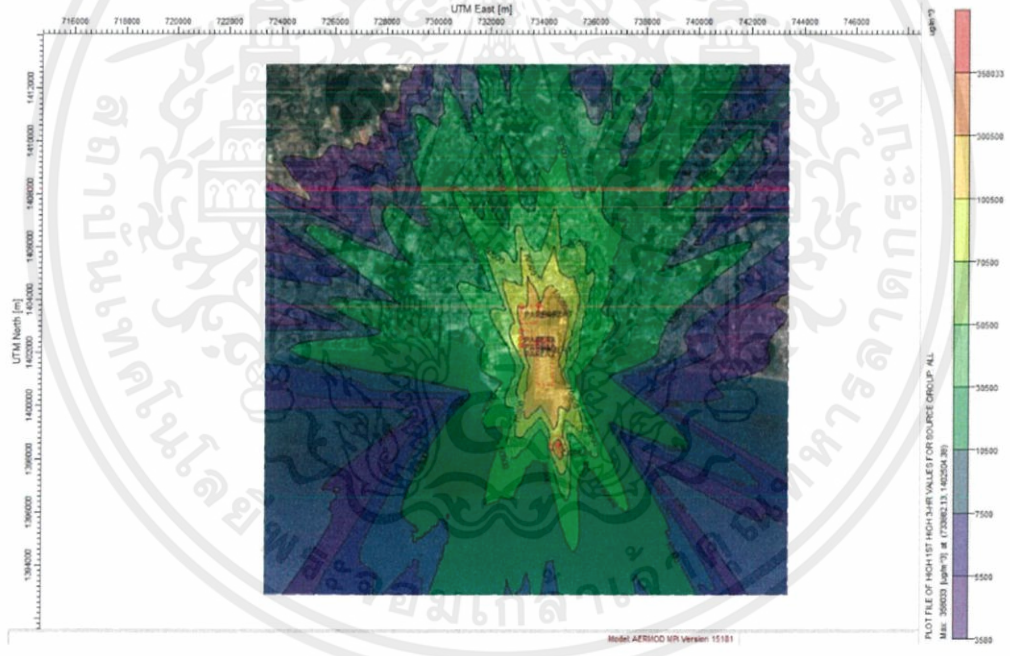


รูป ค-2 กราฟคอนทัวร์ความเข้มข้นของ SO_2 เฉลี่ยราย 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

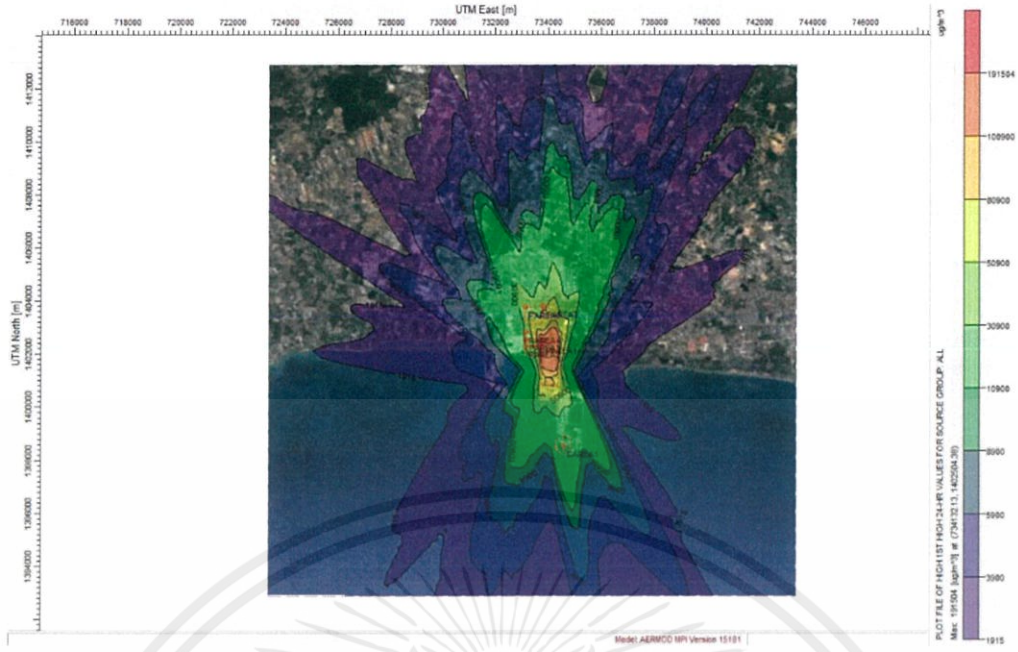


รูป ค-3 กราฟคอนทัวร์ความเข้มข้นของ SO_2 เฉลี่ย 1 ปี

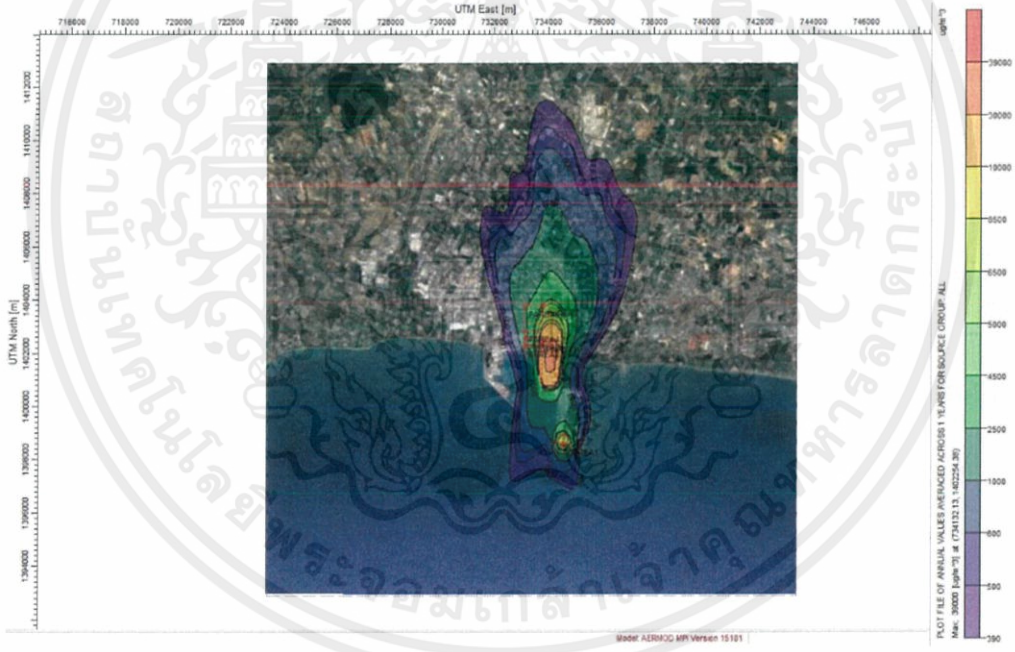


รูป ค-4 กราฟคอนทัวร์ความเข้มข้นของ NO_x เฉลี่ยราย 3 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

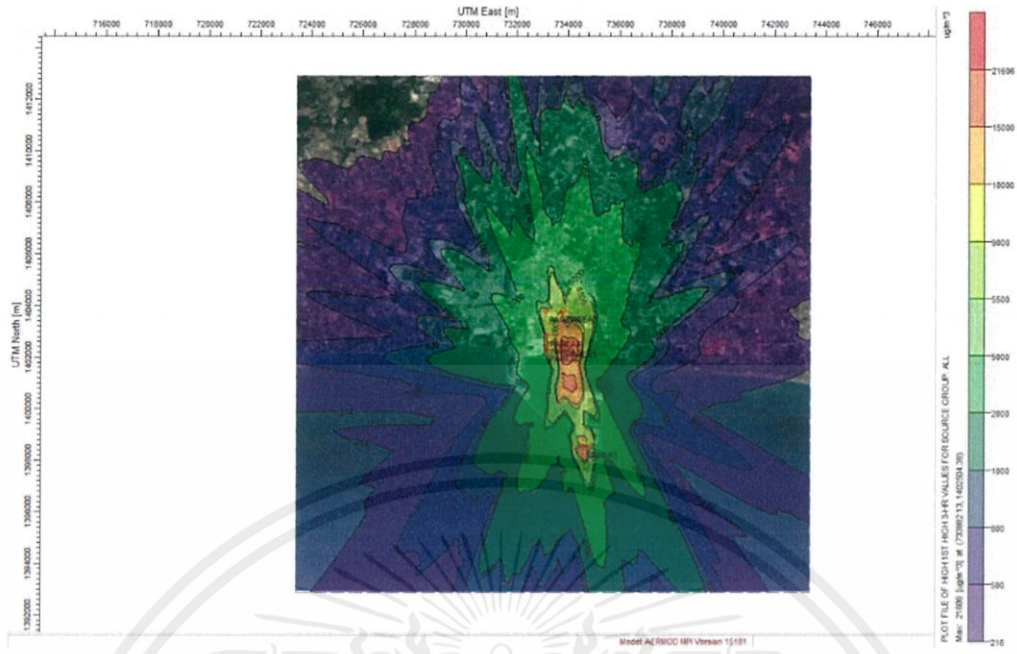


รูป ค-5 กราฟคอนทัวร์ความเข้มข้นของ NO_x เฉลี่ยราย 24 ชั่วโมง

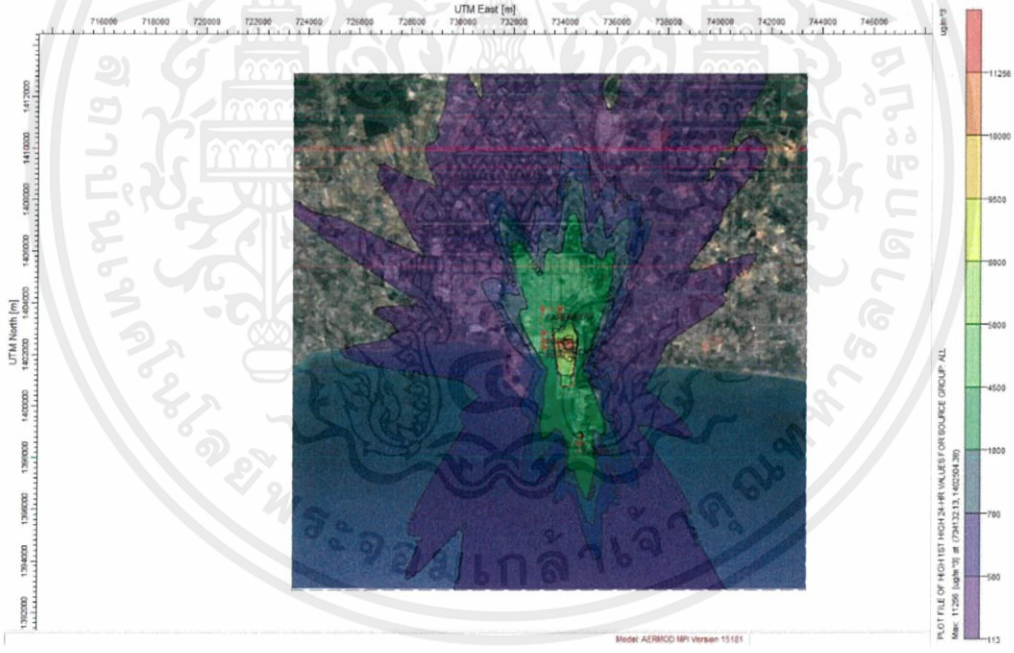


รูป ค-6 กราฟคอนทัวร์ความเข้มข้นของ NO_x เฉลี่ย 1 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

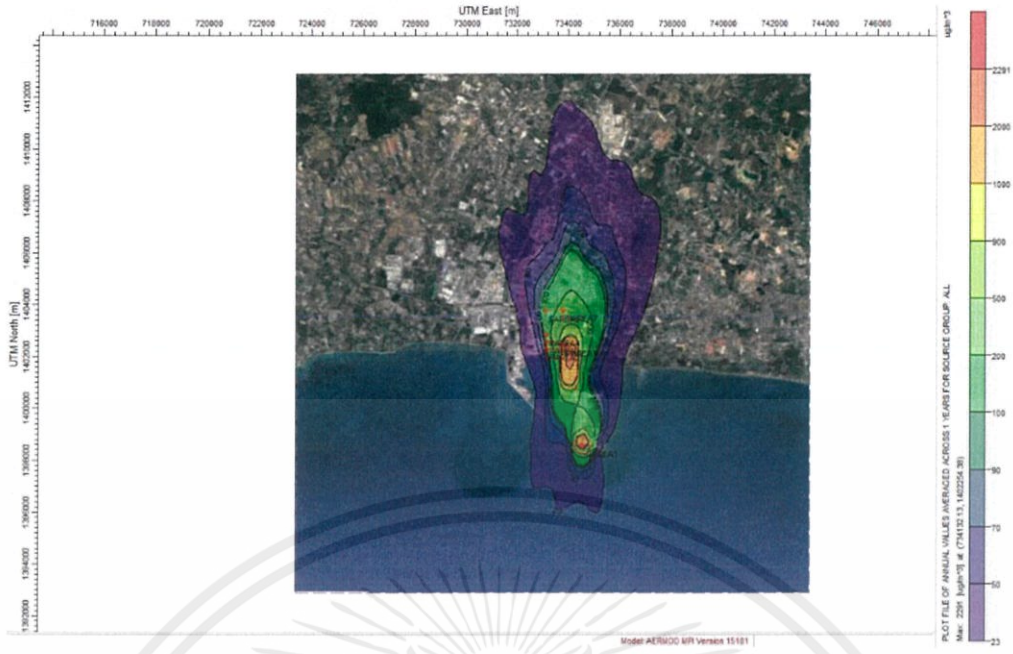


รูป ค-7 กราฟคอนทัวร์ความเข้มข้นของ PM_{10} เฉลี่ยราย 3 ชั่วโมง



รูป ค-8 กราฟคอนทัวร์ความเข้มข้นของ PM_{10} เฉลี่ยราย 24 ชั่วโมง

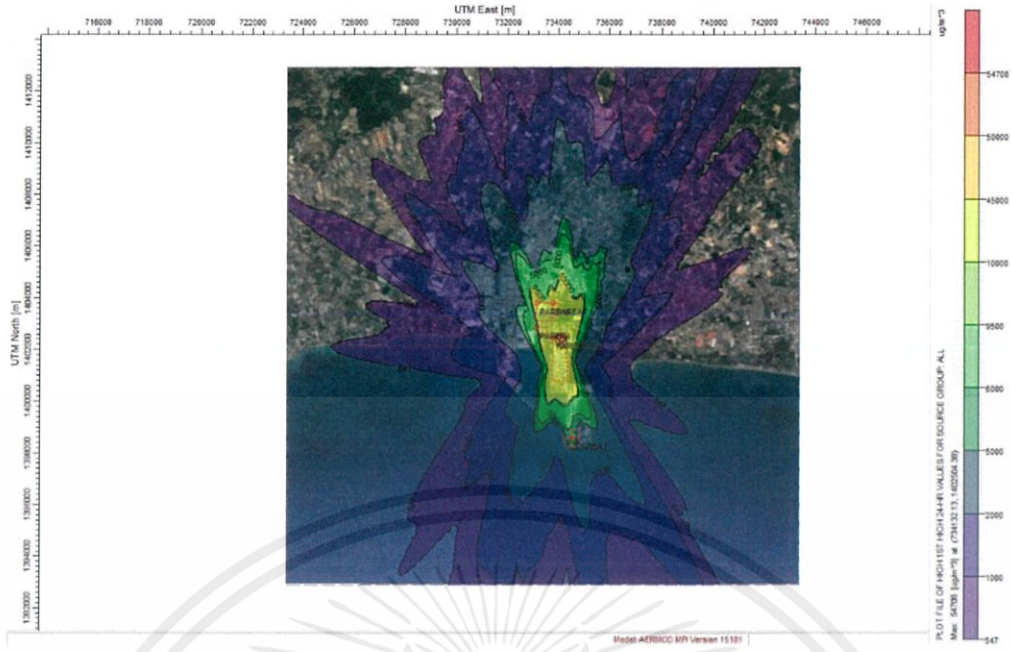
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ค-9 กราฟคอนทัวร์ความเข้มข้นของ PM_{10} เฉลี่ย 1 ปี

รูป ค-10 กราฟคอนทัวร์ความเข้มข้นของ CO เฉลี่ย 3 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

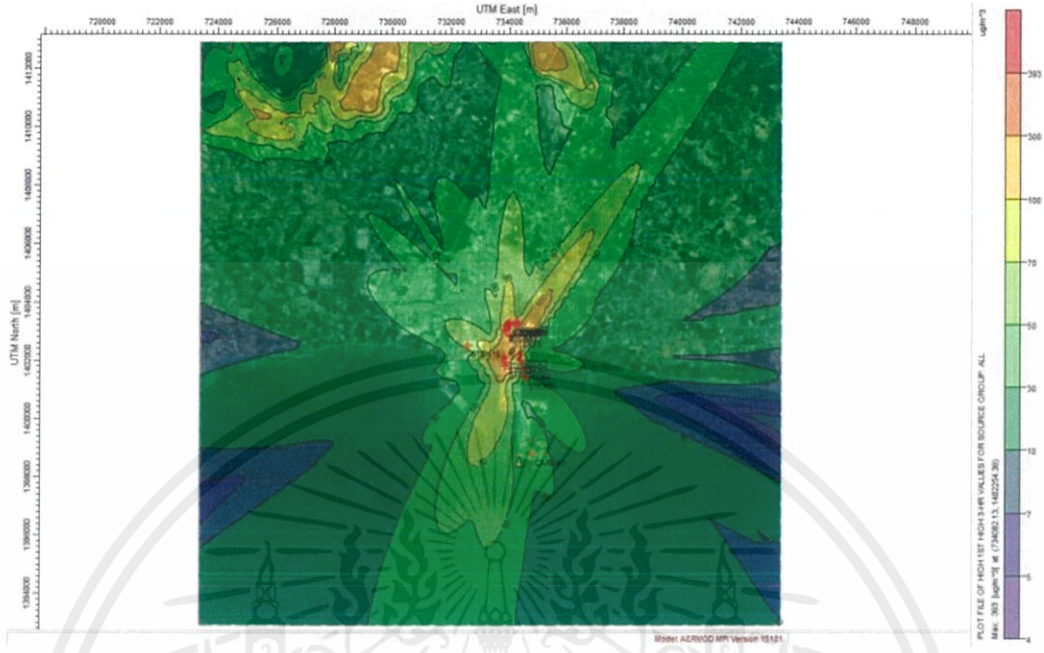


รูป ค-11 กราฟคอนทัวร์ความเข้มข้นของ CO เฉลี่ย 24 ชั่วโมง

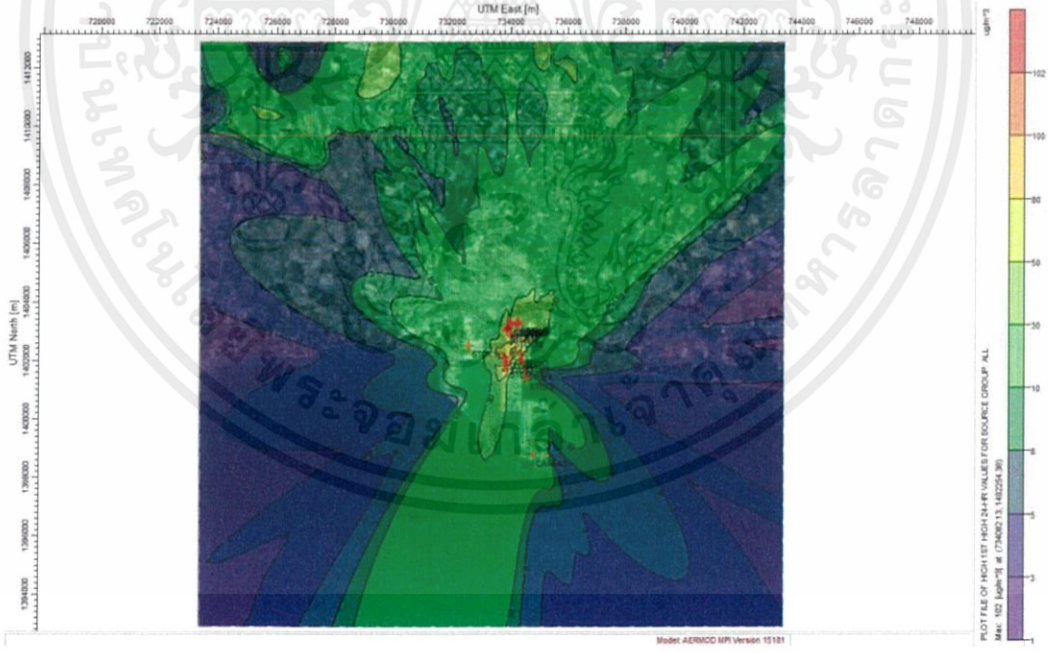
รูป ค-12 กราฟคอนทัวร์ความเข้มข้นของ CO เฉลี่ย 1 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลความเข้มข้นของ SO_2 ที่ได้จากโปรแกรมจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD เมื่อใช้ข้อมูลนำเข้าเป็นข้อมูลจากปล่องระบาย เป็นดังรูป ค-13 ถึง ค-15

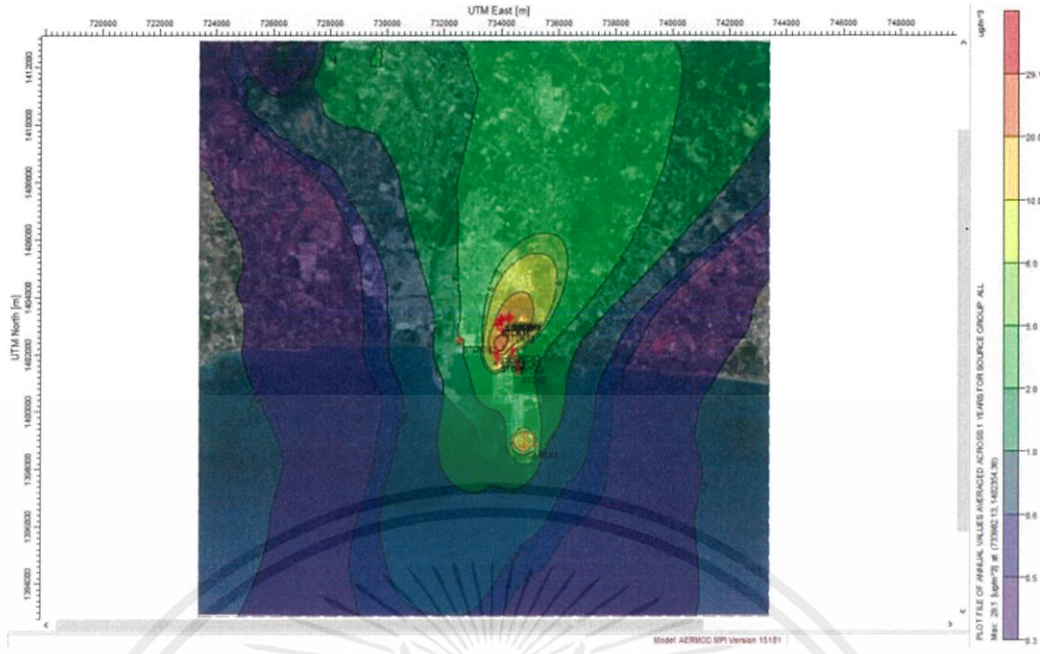


รูป ค-13 กราฟคอนทัวร์ความเข้มข้นของ SO_2 เฉลี่ยราย 3 ชั่วโมง



รูป ค-14 กราฟคอนทัวร์ความเข้มข้นของ SO_2 เฉลี่ยราย 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ค-15 กราฟคอนทัวร์ความเข้มข้นของ SO_2 เฉลี่ยราย 1 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้