

การศึกษาการแพร่กระจายของฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) จากแหล่งกำเนิด
กิจกรรมของมนุษย์ที่มีการปลดปล่อยสูง ในภาคเหนือตอนบน



หนึ่งฤทัย อนุมา

วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

เมษายน 2562

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยพะเยา

การศึกษาการแพร่กระจายของฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) จากแหล่งกำเนิดกิจกรรมของ
มนุษย์ที่มีการปลดปล่อยสูง ในภาคเหนือตอนบน



วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

เมษายน 2562

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยพะเยา

DISPERSION OF PARTICULATE MATTER (PM10) FROM HIGH ANTHROPOGENIC EMISSION
IN UPPER NORTHERN THAILAND



A Thesis Submitted to University of Phayao
in Partial Fulfillment of Requirements
for the Master of Science in Environmental Science
April 2019
Copyright of University of Phayao

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาการแพร่กระจายของฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) จากแหล่งกำเนิดกิจกรรมของ
มนุษย์ที่มีการปลดปล่อยสูง ในภาคเหนือตอนบน

ของ หนึ่งฤทัย อนุมา

ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
ของมหาวิทยาลัยพะเยา

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(ดร.สุกฤษฎี เกิดแสง)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชีรชัย อำนวยล้อมเจริญ)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย พิมลศรี)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนุสรณ์ บุญปก)

..... อาจารย์บัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยพะเยา
(ดร. ปฏิพัทธ์ วงศ์เรือง)

..... คณบดีคณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม
(รองศาสตราจารย์ ดร. ต่อพงศ์ กรีธาชาติ)

เรื่อง:	การศึกษาการแพร่กระจายของฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) จากแหล่งกำเนิดกิจกรรมของมนุษย์ที่มีการปลดปล่อยสูง ในภาคเหนือตอนบน
ผู้วิจัย:	หนึ่งฤทัย อนุมา, วิทยานิพนธ์: วท.ม. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม), มหาวิทยาลัยพะเยา, 2561
อาจารย์ที่ปรึกษา:	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชिरชัย อำนวยชัยเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ลลิตชัช พิมลศรี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุสรณ์ บุญปก
คำสำคัญ	ฝุ่นละออง (PM10), WRF-HYSPLIT, แหล่งกำเนิด, กิจกรรมของมนุษย์

บทคัดย่อ

PM10 เป็นหนึ่งในสารมลพิษที่สำคัญที่สุดจากการปลดปล่อยจากกิจกรรมของมนุษย์สามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ เช่น โรคหอบหืดและไอ แหล่งกำเนิดของ PM10 ในภาคเหนือของประเทศไทย ยังคงกำหนดไว้อย่างเข้มงวดในแง่ของการศึกษา งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำแบบจำลองสภาพอากาศในระดับภูมิภาคมาใช้ร่วมกับแบบจำลอง WRF และแบบจำลองคุณภาพอากาศ HYSPLIT เพื่อตรวจสอบผลกระทบของแหล่งกำเนิดมลพิษจากกิจกรรมของมนุษย์ในพื้นที่ที่มีการปลดปล่อยสูงในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย ในเดือนมีนาคม 2555 โดยใช้ฐานข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษสำหรับงานวิจัยบรรยากาศระดับโลก (EDGAR) ถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลนำเข้าการปลดปล่อยจากกิจกรรมของมนุษย์ ผลการของแบบจำลองจะถูกประเมินโดยเปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัดจากกรมควบคุมมลพิษ (PCD) โดยการทดสอบทางสถิติ ได้แก่ (IOA), Fractional Bias (FB), Normalized Mean Square Error (NMSE) และ (R) ผลการจำลองอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในการจำลองสภาพอุตุนิยมวิทยาที่เกี่ยวข้อง (เช่น $R = 0.6 - 0.8$, $IOA = 0.7 - 0.8$, $NMSE = 0.01 - 0.5$, $FB = 0.2 - 1.8$) เพื่อวิเคราะห์แหล่งกำเนิด PM10 ในภาคเหนือของประเทศไทยโดยจัดกลุ่มทั้งหมด 5 กลุ่ม ได้แก่ 1) การปลดปล่อยจากกิจกรรมของมนุษย์ (เพื่อควบคุม) 2) การปลดปล่อยกิจกรรมของมนุษย์จากภาคพลังงานเท่านั้น 3) การปลดปล่อยกิจกรรมของมนุษย์จากอุตสาหกรรมเท่านั้น 4) การปลดปล่อยกิจกรรมของมนุษย์จากการขนส่งเท่านั้น และ 5) การปลดปล่อยกิจกรรมของมนุษย์จากที่อยู่อาศัยเท่านั้น จากการวิเคราะห์สภาพอากาศจากแบบจำลองพบว่าปริมาณฝนที่ลดลงและการผกผันของอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการเกิดปัญหามลพิษทางอากาศทำให้ระดับความเข้มข้นของ PM10 สูง (~140 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) โดยพบความเข้มข้นเฉลี่ยจากแหล่งกำเนิดที่มีการปลดปล่อยสูงจากการคมนาคมขนส่ง จากพลังงาน จากอุตสาหกรรม และที่อยู่อาศัย เท่ากับ 91 35 33 และ 17% ตามลำดับ

Title: DISPERSION OF PARTICULATE MATTER (PM10) FROM HIGH ANTHROPOGENIC EMISSION IN UPPER NORTHERN THAILAND

Author: Nungruethai Anuma, Thesis: M.S. (Environmental Science), University of Phayao, 2018

Advisor: Assistant Professor Teerachai Amnuaylojaroen , Ph.D. Co–advisor Assistant Professor Sittichai Pimonsree , Ph.D. Assistant Professor Anusorn Boonpoke , Ph.D.

Keyword Particulate Matter (PM10) WRF–HYSPILT source contribution Anthropogenic

ABSTRACT

PM10 is one of the most important pollutants from both anthropogenic and biomass burning emission. It can adversely effect on human health such as asthma and coughing. The sources contribution of PM₁₀ in northern Thailand is still loosely defined in terms of modeling study. This work aims to apply the coupled regional atmospheric model as called WRF and air quality model as called HYSPLIT to investigate source contribution from high antropogenic emission in the upper northern region of Thailand in March 2012. The Emission Database for Global Atmospheric Research (EDGAR) and Fire Inventory from NCAR (FINN) were used as anthropogenic and biomass burning emission input data. Firstly, the model capability was judged by evaluation with the dataset from Pollution Control Department (PCD) that was indicated by statistical tests i.e. Index of Agreement (IOA), Fractional Bias (FB), Normalised Mean Square Error (NMSE) and Correlation Coefficient (R). The model results was an acceptable performance to simulate the related meteorological condition (i.e. R = 0.6 – 0.8, IOA = 0.7 – 0.8, NMSE = 0.01 – 0.5, FB = 0.2 – 1.8). To analysis source contribution of PM10 in northern Thailand, we design to have 5 cases of model simulations with: 1) anthropogenic (control), 2) only anthropogenic from energy sector, 3) only anthropogenic emission from industry, 4) anthropogenic from transportation, and 5) only anthropogenic from residence. The weather analysis from model results reveals that has less amount of rain and temperature inversion were a favorable condition for buildup air pollution problem. The high PM₁₀ concentration (~140 µg/m³). Average concentration from the source high emission of transportation from the energy from the industry and housing equal to 91 35 33 and 17% respectively

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรชัย อำนวย ล้อเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำปรึกษาให้ความรู้มาตลอดระยะเวลาการเรียนและการทำวิทยานิพนธ์ตลอดจนแนวทางแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ อันเป็นผลให้งานวิจัยนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบคุณอาจารย์ ดร.ปฏิพัทธ์ วงศ์เรือง ที่ให้คำแนะนำและให้ความรู้ที่มี คุณค่าสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณคณาจารย์จากวิทยาลัยพลังงานและ สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยาทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ หากการวิจัยนี้มีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

หนึ่งฤทัย อนุมา



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
ขอบเขตของการวิจัย	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
ฝุ่นละออง (Particulate Matter: PM)	5
แหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง.....	8
ผลกระทบของฝุ่นละออง.....	11
สภาพทางอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM10	16
แบบจำลองเชิงตัวเลข.....	21
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	23
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	31
แบบจำลอง Weather Research and Forecasting (WRF).....	31
รวบรวมข้อมูลความเข้มข้น PM10 จากสถานีตรวจวัด	34

บัญชีการปลดปล่อยมลพิษ (Emission Inventory).....	34
ระบบการจำลอง WRF และ HYSPLIT.....	35
การจำลองสภาพอุตุนิยมวิทยา	37
การวิเคราะห์สภาพอากาศ.....	37
การจำลองการแพร่กระจายของฝุ่นละออง	39
การประเมินประสิทธิภาพของการจำลอง	40
บทที่ 4 ผลการทดลอง	42
การทดสอบค่าความถูกต้องจากแบบจำลอง.....	42
ผลการจำลองสภาพอุตุนิยมวิทยา.....	45
การวิเคราะห์สภาพอากาศ.....	50
ผลการจำลองการแพร่กระจายของฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM10 จาก HYSPLIT	65
บทที่ 5 บทสรุป.....	73
สรุปผลการศึกษา.....	73
ข้อเสนอแนะ.....	74
บรรณานุกรม	75
ประวัติผู้วิจัย.....	80

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 พิกัดที่ตั้งสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศภาคพื้นดิน.....	34
ตาราง 2 การตั้งค่าแบบจำลอง WRF.....	36
ตาราง 3 การวิเคราะห์ความเข้มข้นฝุ่นละอองตามประเภทของแหล่งกำเนิด.....	40
ตาราง 4 การตรวจสอบค่าสถิติของความเร็วลมที่ได้จากแบบจำลอง WRF กับข้อมูลการตรวจวัด.....	45
ตาราง 5 การตรวจสอบค่าสถิติของอุณหภูมิที่ได้จากแบบจำลอง WRF กับข้อมูลการตรวจวัด.....	48
ตาราง 6 การตรวจสอบค่าสถิติของปริมาณฝนที่ได้จากแบบจำลอง WRF กับข้อมูลการตรวจวัด.....	50



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพ 1 ขนาดของ PM10 และ PM2.5 เมื่อเทียบกับขนาดเส้นผมและเม็ดทราย	7
ภาพ 2 การแพร่ของฝุ่นละอองขนาดเล็กเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจของมนุษย์	15
ภาพ 3 การเกิดฝนฟ้าคะนอง.....	16
ภาพ 4 ลมมรสุมฤดูร้อน และลมมรสุมฤดูหนาว.....	17
ภาพ 5 ลมภูเขาและลมหุบเขา.....	19
ภาพ 6 ความสูงชั้นผสมกับการแพร่กระจายของมลพิษอากาศ	20
ภาพ 7 กระบวนการในการจำลองบรรยากาศด้วยแบบจำลอง WRF	32
ภาพ 8 ระบบการจำลองการแพร่กระจายฝุ่นละออง.....	33
ภาพ 9 ระบบการจำลองความเข้มข้นและการกระจายฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10).....	36
ภาพ 10 ขอบเขตพื้นที่ศึกษาจากแบบจำลอง WRF.....	37
ภาพ 11 แผนภูมิ SKEW-T DIAGRAM.....	38
ภาพ 12 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิทั้ง 8 สถานี ได้แก่ พะเยา น่าน แพร่ เชียงราย เชียงใหม่ ลำปาง ลำพูน และแม่ฮ่องสอน ในเดือนมีนาคม	44
ภาพ 13 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิทั้ง 8 สถานี ได้แก่ พะเยา น่าน แพร่ เชียงราย เชียงใหม่ ลำปาง ลำพูน และแม่ฮ่องสอน ในเดือนมีนาคม	47
ภาพ 14 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าปริมาณน้ำฝนทั้ง 8 สถานี ได้แก่ พะเยา น่าน แพร่ เชียงราย เชียงใหม่ ลำปาง ลำพูน และแม่ฮ่องสอน ในเดือนมีนาคม	49
ภาพ 15 แสดง Skew-T Diagram ที่จังหวัดเชียงราย ในวันที่ 20 เดือนมีนาคม ปี2555เวลา (a) 00.00 UTC (b) 06.00 UTC.....	54
ภาพ 16 แสดง Skew-T Diagram ที่จังหวัดเชียงใหม่ ในวันที่ 8 เดือนมีนาคม ปี2555เวลา (a) 00.00 UTC (b) 06.00 UTC.....	55

ภาพ 17 แสดง Skew-T Diagram ที่จังหวัดลำปาง ในวันที่ 5 เดือนมีนาคม ปี2555 เวลา (a) 00.00 UTC (b) 06.00 UTC.....	56
ภาพ 18 แสดง Skew-T Diagram ที่จังหวัดลำพูน ในวันที่ 7 เดือนมีนาคม ปี2555 เวลา (a) 00.00 UTC (b) 06.00 UTC.....	57
ภาพ 19 แสดง Skew-T Diagram ที่จังหวัดน่าน ในวันที่ 7 เดือนมีนาคม ปี2555 เวลา (a) 00.00 UTC (b) 06.00 UTC.....	58
ภาพ 20 แสดง Skew-T Diagram ที่จังหวัดพะเยา ในวันที่ 1 เดือนมีนาคม ปี2555 เวลา (a) 00.00 UTC (b) 06.00 UTC.....	59
ภาพ 21 แสดง Skew-T Diagram ที่จังหวัดแพร่ ในวันที่ 1 เดือนมีนาคม ปี2555 เวลา (a) 00.00 UTC (b) 06.00 UTC.....	60
ภาพ 22 แสดง Skew-T Diagram ที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน ในวันที่ 7 เดือนมีนาคม ปี2555 เวลา (a) 00.00 UTC (b) 06.00 UTC	61
ภาพ 23 แสดงทิศทางและความเร็วลมรายสัปดาห์ ในเดือนมีนาคม ปี 2555 (a)สัปดาห์ที่1 (b)สัปดาห์ที่2 (c)สัปดาห์ที่3 (d)สัปดาห์ที่4.....	63
ภาพ 24 แสดงการกระจายตัวปริมาณน้ำฝนสะสมเฉลี่ยรายสัปดาห์ ในเดือนมีนาคม ปี 2555 (a)สัปดาห์ที่1 (b)สัปดาห์ที่2 (c)สัปดาห์ที่3 (d)สัปดาห์ที่4.....	65
ภาพ 25 การจำลองกลุ่ม 1 คัดค่าการปลดปล่อยจากกิจกรรมของมนุษย์ ในพื้นที่ภาคเหนือ ตอนบนประเทศไทย ได้แก่ พะเยา น่าน แพร่ เชียงราย เชียงใหม่ ลำปาง	67
ภาพ 26 แสดงผลการจำลองความเข้มข้น PM10 กลุ่ม 2 คัดค่าการปลดปล่อยจากพลังงาน ในเดือนมีนาคม 2555 ที่โรงไฟฟ้าแม่เมาะ โรงไฟฟ้าบ้านขุนกลาง	68
ภาพ 27 แสดงผลการจำลองความเข้มข้น PM10 กลุ่ม 3 คัดค่าการปลดปล่อยจากโรงงาน อุตสาหกรรม เดือนมีนาคม ปี2555 พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน	69
ภาพ 28 แสดงผลการจำลองความเข้มข้นของ PM10 กลุ่ม 4 คัดค่าการปลดปล่อยจากการขนส่ง 19 มีนาคม ปี2555 ในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน ได้แก่ เชียงราย เชียงใหม่ พะเยา แพร่ น่าน ลำปาง ลำพูน เชียงใหม่ และแม่ฮ่องสอน.....	70

ภาพ 29 แสดงผลการจำลองความเข้มข้นของ PM10 กลุ่ม 5 คัดค่าการปลดปล่อยจากที่อยู่อาศัย เดือนมีนาคม ปี2555 ในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน ได้แก่ เชียงราย เชียงใหม่ พะเยา แพร่ น่าน ลำปาง ลำพูน เชียงใหม่ และแม่ฮ่องสอน71



บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา







วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการกระจายของฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) ที่มาจากกิจกรรมของมนุษย์ที่มีการปลดปล่อยสูง ในเขตพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย

ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาการกระจายของ PM10 ในบริเวณพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย ในเดือนมีนาคม ปี2555
2. ขอบเขตพื้นที่ศึกษาครอบคลุมจังหวัดในเขตภาคเหนือตอนบน ได้แก่ พะเยา เชียงใหม่ เชียงราย ลำปาง ลำพูน แพร่ น่าน และแม่ฮ่องสอน
3. ชนิดฝุ่นละอองที่ศึกษาคือ ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

ทราบการกระจายของ PM10 จากกิจกรรมของมนุษย์ที่มีการปลดปล่อยสูง ในพื้นที่ต่าง ๆ ทั่วภาคเหนือตอนบนเพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบในการวางแผนพื้นที่เสี่ยงภัยจากปัญหามลพิษอากาศ



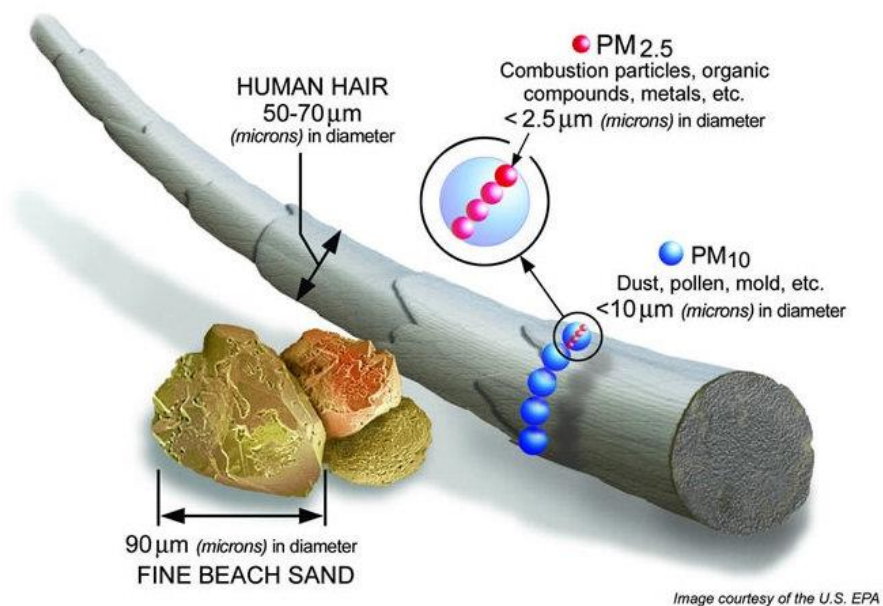
บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

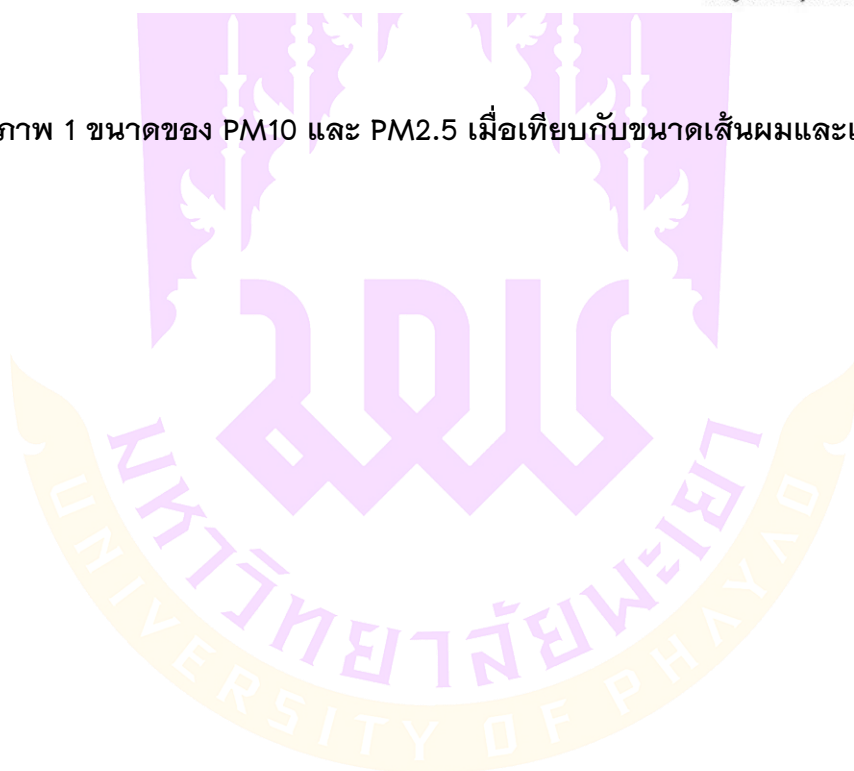
ฝุ่นละออง (Particulate Matter: PM)







ภาพ 1 ขนาดของ PM10 และ PM2.5 เมื่อเทียบกับขนาดเส้นผมและเม็ดทราย



แหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง







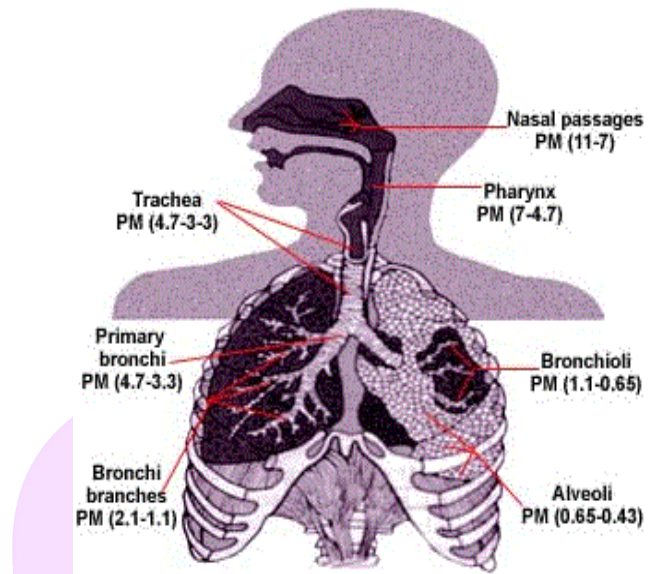
ผลกระทบของผู้ละออง







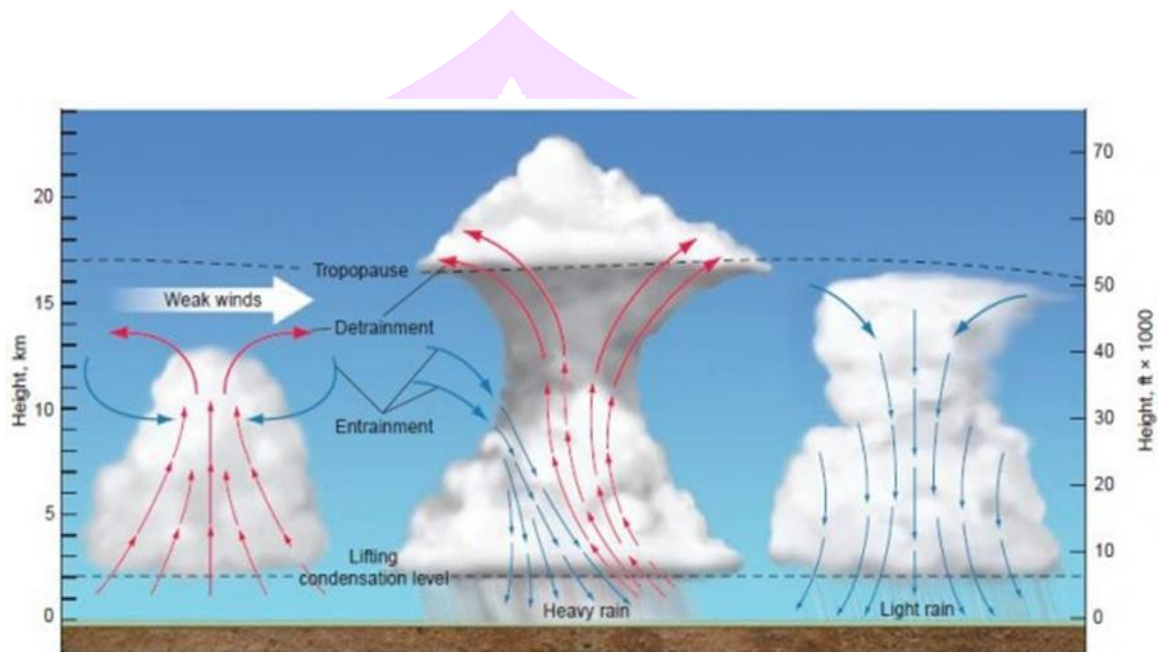




ภาพ 2 การแพร่ของฝุ่นละอองขนาดเล็กเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจของมนุษย์

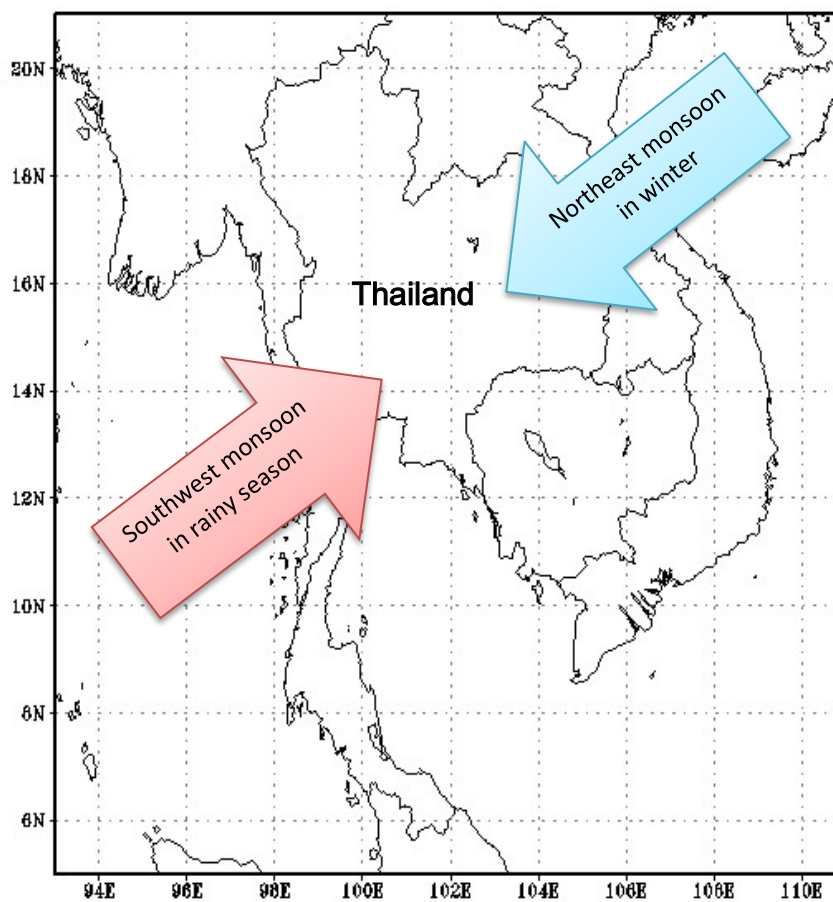


สภาพทางอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM10



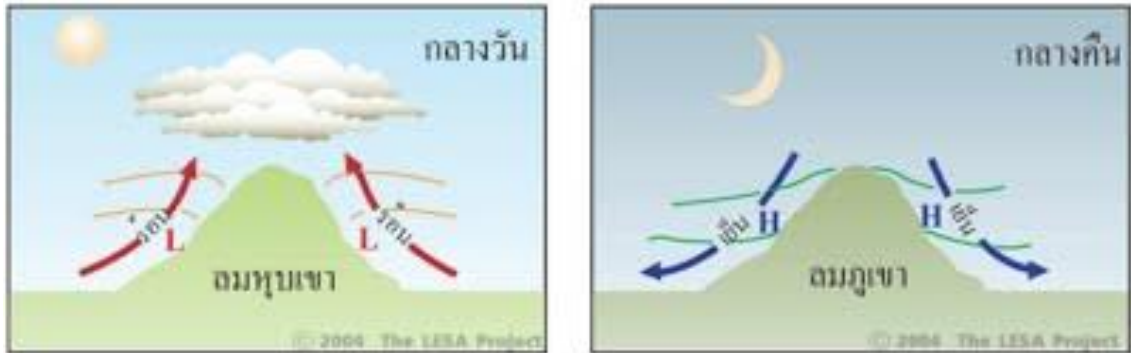
ภาพ 3 การเกิดฝนฟ้าคะนอง





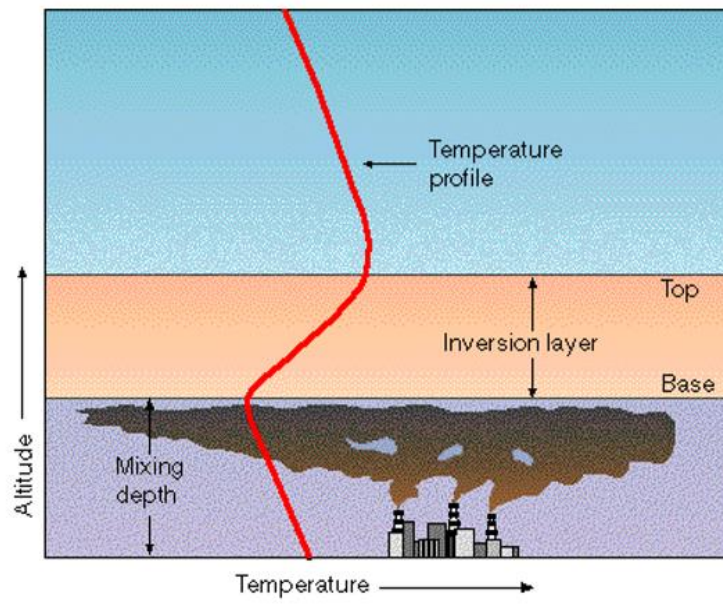
ภาพ 4 ลมมรสุมฤดูร้อน และลมมรสุมฤดูหนาว





ภาพ 5 ลมภูเขาและลมหุบเขา





ภาพ 6 ความสูงชั้นผสมกับการแพร่กระจายของมลพิษอากาศ



แบบจำลองเชิงตัวเลข





งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

















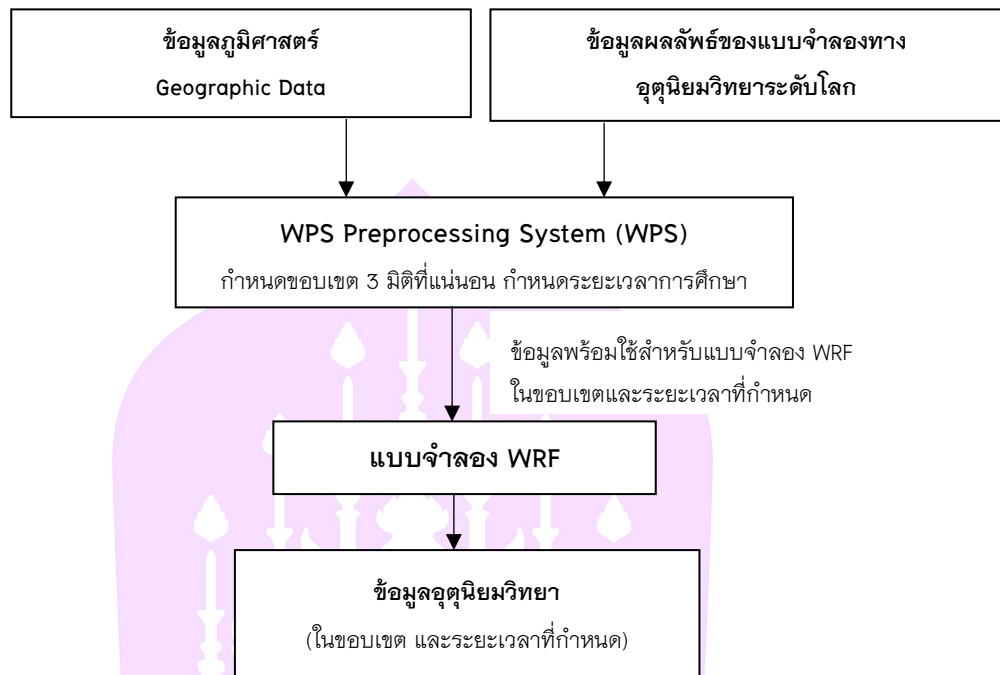
บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้จะเป็นการประยุกต์ใช้ระบบแบบจำลองสภาพอากาศ WRF คู่ควบมลพิษทางอากาศ HYSPLIT เพื่อใช้ในการศึกษาการแพร่กระจายของฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) จากแหล่งกำเนิดของมนุษย์ที่มีการปลดปล่อยสูง โดยก่อนนำข้อมูลไปวิเคราะห์การแพร่กระจายผลลัพธ์จากแบบจำลองจะถูกนำไปทดสอบค่าความถูกต้องโดยการเปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัดภาคพื้นดินจากกรมควบคุมมลพิษ โดยใช้ค่าสถิติในการวิเคราะห์ ได้แก่ IOA, FB, NMSE และ R

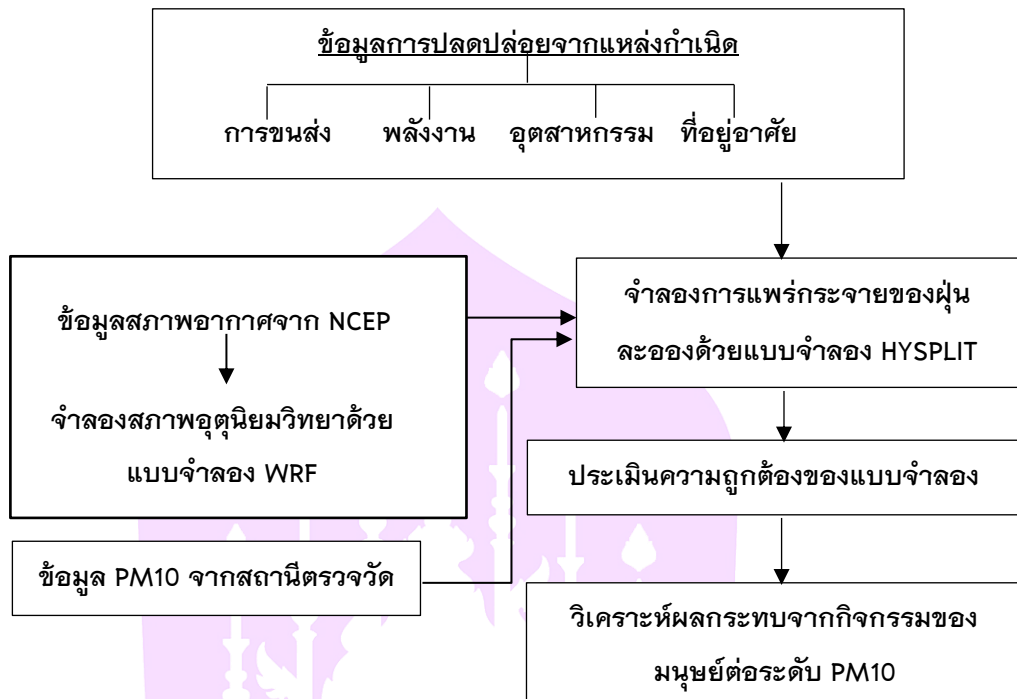
แบบจำลอง Weather Research and Forecasting (WRF)





ภาพ 7 กระบวนการในการจำลองบรรยากาศด้วยแบบจำลอง WRF





ภาพ 8 ระบบการจำลองการแพร่กระจายฝุ่นละออง



รวบรวมข้อมูลความเข้มข้น PM10 จากสถานีตรวจวัด

ตาราง 1 พิกัดที่ตั้งสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศภาคพื้นดิน

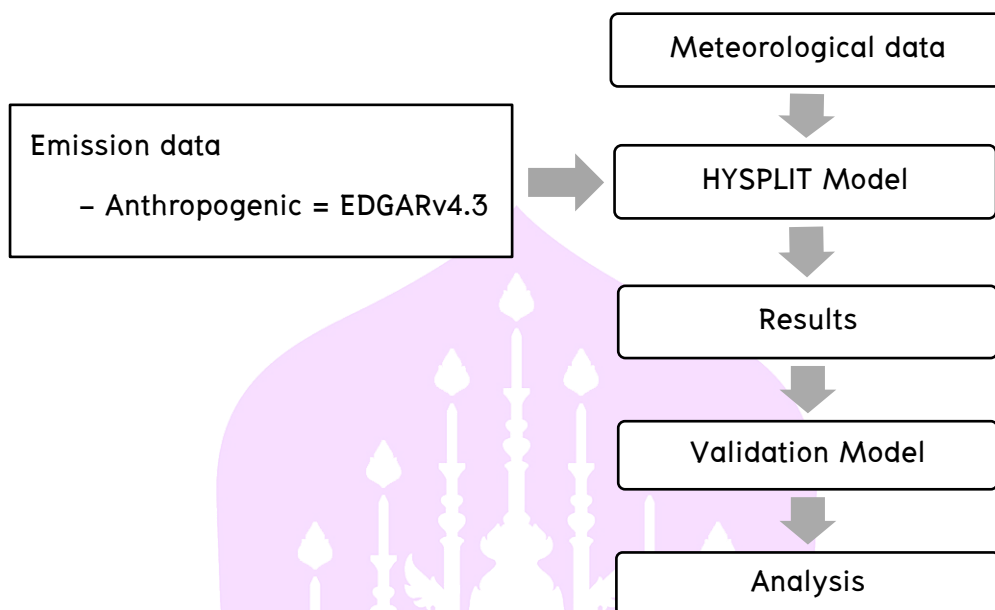
สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ	สถานที่	ละติจูด	ลองจิจูด
สำนักงานเทศบาลเมืองน่าน	น่าน	18.78	100.77
อุตุนิยมวิทยาแพร่	แพร่	18.12	100.16
อุทยานการเรียนรู้กว๊านพะเยา	พะเยา	19.16	99.89
สำนักงานสาธารณสุขแม่สาย	เชียงราย	20.42	99.88
สถานีอนามัยสบป่าด	ลำปาง	18.25	99.76
สนามกีฬา อบจ.ลำพูน	ลำพูน	18.56	99.00
ศาลากลางจังหวัดเชียงใหม่	เชียงใหม่	18.84	98.96
สนง.ทสจ.แม่ฮ่องสอน	แม่ฮ่องสอน	19.30	97.96

บัญชีการปลดปล่อยมลพิษ (Emission Inventory)



ระบบการจำลอง WRF และ HYSPLIT



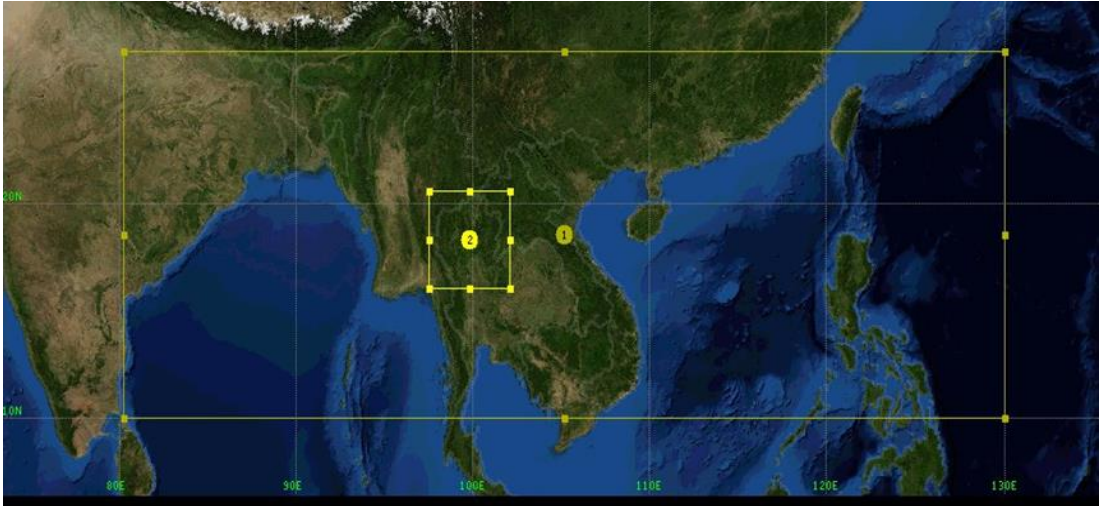


ภาพ 9 ระบบการจำลองความเข้มข้นและการกระจายฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10)

ตาราง 2 การตั้งค่าแบบจำลอง WRF

WRFV3.4	
Microphysics	WRF Single-Moment 3-class scheme
Surface layer	MM5 Monin-Obukhov scheme
Land surface	Noah Land-Surface Model
PLB scheme	YSU
Cumulus option	Kain-Frisch (KF)
Long wave	RRTM scheme
Shot wave	Dudhia scheme

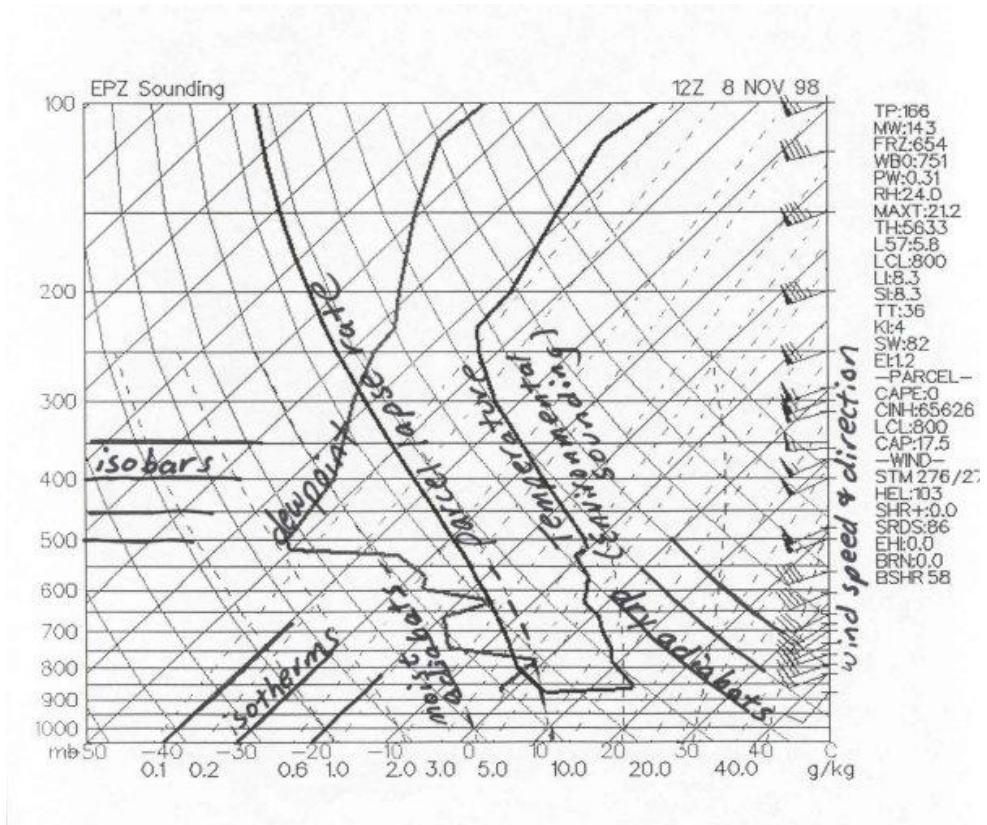
การจำลองสภาพอุตุนิยมวิทยา



ภาพ 10 ขอบเขตพื้นที่ศึกษาจากแบบจำลอง WRF

การวิเคราะห์สภาพอากาศ





ภาพ 11 แผนภูมิ SKEW-T DIAGRAM



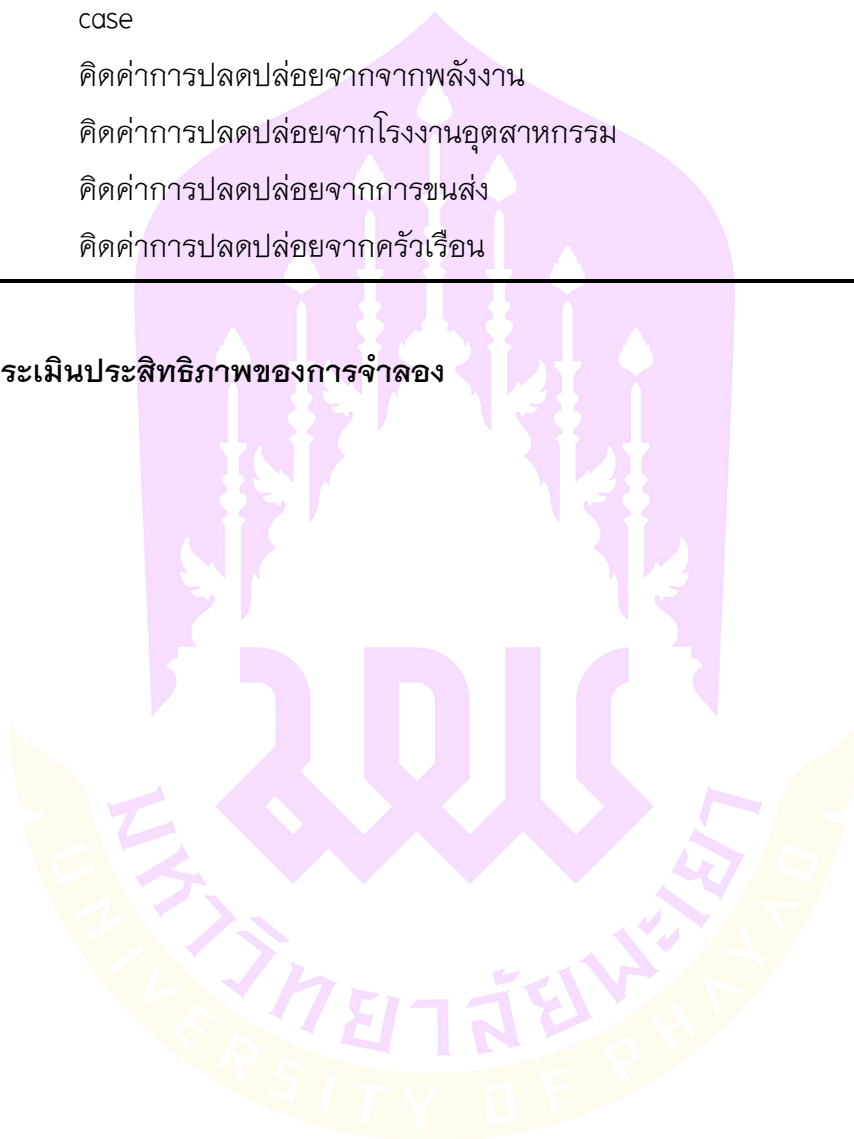
การจำลองการแพร่กระจายของฝุ่นละออง



ตาราง 3 การวิเคราะห์ความเข้มข้นฝุ่นละอองตามประเภทของแหล่งกำเนิด

กลุ่ม	การวิเคราะห์ตามประเภทแหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง
1	คิดค่าการปลดปล่อยจากกิจกรรมของมนุษย์ทั้ง 4 ภาคส่วน เพื่อเป็น Control case
2	คิดค่าการปลดปล่อยจากจากพลังงาน
3	คิดค่าการปลดปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรม
4	คิดค่าการปลดปล่อยจากการขนส่ง
5	คิดค่าการปลดปล่อยจากครัวเรือน

การประเมินประสิทธิภาพของการจำลอง





บทที่ 4

ผลการทดลอง

การทดสอบค่าความถูกต้องจากแบบจำลอง





ภาพ 12 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิทั้ง 8 สถานี ได้แก่ พระเขาน่าน แพร่
เชียงราย เชียงใหม่ ลำปาง ลำพูน และแม่ฮ่องสอน ในเดือนมีนาคม
พ.ศ. 2555 ระหว่างผลการคำนวณโดยแบบจำลอง WRF
และผลการตรวจวัดจากกรมควบคุมมลพิษ (PCD)



ตาราง 4 การตรวจสอบค่าสถิติของความเร็วลมที่ได้จากแบบจำลอง WRF กับข้อมูลการตรวจวัด

สถานี	IOA	FB	NMSE	R
น่าน	-5.45	-0.94	1.24	-0.01
แพร่	-2.98	-1.09	2.12	0.24
พะเยา	-4.56	-0.98	1.32	0.5
เชียงใหม่	-17.63	-1.19	2.26	0.1
เชียงใหม่	0.56	-0.14	0.09	0.1
ลำปาง	-0.72	-0.72	0.85	-0.13
ลำพูน	-3.49	-0.92	1.21	0.22
แม่ฮ่องสอน	-10.24	-1.08	1.76	-0.10
ค่าเฉลี่ย	-5.56	-0.88	1.36	0.11

ผลการจำลองสภาพอุตุนิยมวิทยา





ภาพ 13 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิทั้ง 8 สถานี ได้แก่ พะเยา น่าน แพร่
เชียงราย เชียงใหม่ ลำปาง ลำพูน และแม่ฮ่องสอน ในเดือนมีนาคม
พ.ศ. 2555 ระหว่างผลการคำนวณโดยแบบจำลอง WRF
และผลการตรวจวัดจากกรมควบคุมมลพิษ (PCD)



ตาราง 5 การตรวจสอบค่าสถิติของอุณหภูมิที่ได้จากแบบจำลอง WRF กับข้อมูลการตรวจวัด

สถานี	IOA	FB	NMSE	R
น่าน	0.52	0.05	0.01	0.44
แพร่	0.82	0.19	0.18	0.22
พะเยา	0.22	0.08	0.01	0.50
เชียงราย	0.17	0.09	0.02	0.14
เชียงใหม่	-2.03	0.16	0.03	0.01
ลำปาง	0.65	-0.05	0.01	0.01
ลำพูน	0.61	0.05	0.01	0.48
แม่ฮ่องสอน	0.42	0.11	0.02	0.83
ค่าเฉลี่ย	0.17	0.09	0.03	0.33

ภาพ 14 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าปริมาณน้ำฝนทั้ง 8 สถานี ได้แก่ พะเยา น่าน แพร่
เชียงราย เชียงใหม่ ลำปาง ลำพูน และแม่ฮ่องสอน ในเดือนมีนาคม
พ.ศ. 2555 ระหว่างผลการคำนวณโดยแบบจำลอง WRF
และผลการตรวจวัดจากกรมควบคุมมลพิษ (PCD)



ตาราง 6 การตรวจสอบค่าสถิติของปริมาณฝนที่ได้จากแบบจำลอง WRF กับข้อมูลการตรวจวัด

สถานี	IOA	FB	NMSE	R
น่าน	0.59	1.86	79.33	0.31
แพร่	0.28	-1.19	43.77	0.6
พะเยา	0.7	0.25	17.42	0.43
เชียงราย	0.78	1.92	273.72	0.02
เชียงใหม่	0.70	-0.23	0.90	1.0
ลำปาง	0.86	1.34	34.02	0.21
ลำพูน	0.23	-0.38	46.05	-0.01
แม่ฮ่องสอน	0.71	0.68	23.83	-0.1
ค่าเฉลี่ย	0.61	0.53	64.88	0.31

การวิเคราะห์สภาพอากาศ









ภาพ 15 แสดง Skew-T Diagram ที่จังหวัดเชียงราย ในวันที่ 20 เดือนมีนาคม ปี 2555
เวลา (a) 00.00 UTC (b) 06.00 UTC



ภาพ 16 แสดง Skew-T Diagram ที่จังหวัดเชียงใหม่ ในวันที่ 8 เดือนมีนาคม ปี2555
เวลา (a) 00.00 UTC (b) 06.00 UTC



ภาพ 17 แสดง Skew-T Diagram ที่จังหวัดลำปาง ในวันที่ 5 เดือนมีนาคม ปี 2555 เวลา
(a) 00.00 UTC (b) 06.00 UTC



ภาพ 18 แสดง Skew-T Diagram ที่จังหวัดลำพูน ในวันที่ 7 เดือนมีนาคม ปี2555 เวลา
(a) 00.00 UTC (b) 06.00 UTC



ภาพ 19 แสดง Skew-T Diagram ที่จังหวัดน่าน ในวันที่ 7 เดือนมีนาคม ปี2555 เวลา
(a) 00.00 UTC (b) 06.00 UTC



ภาพ 20 แสดง Skew-T Diagram ที่จังหวัดพะเยา ในวันที่ 1 เดือนมีนาคม ปี2555 เวลา

(a) 00.00 UTC (b) 06.00 UTC



ภาพ 21 แสดง Skew-T Diagram ที่จังหวัดแพร่ ในวันที่ 1 เดือนมีนาคม ปี 2555 เวลา
(a) 00.00 UTC (b) 06.00 UTC



ภาพ 22 แสดง Skew-T Diagram ที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน ในวันที่ 7 เดือนมีนาคม ปี 2555
เวลา (a) 00.00 UTC (b) 06.00 UTC





ภาพ 23 แสดงทิศทางและความเร็วลมรายสัปดาห์ ในเดือนมีนาคม ปี 2555 (a)สัปดาห์
ที่1 (b)สัปดาห์ที่2 (c)สัปดาห์ที่3 (d)สัปดาห์ที่4





ภาพ 24 แสดงการกระจายตัวปริมาณน้ำฝนสะสมเฉลี่ยรายสัปดาห์ ในเดือนมีนาคม ปี 2555 (a)สัปดาห์ที่1 (b)สัปดาห์ที่2 (c)สัปดาห์ที่3 (d)สัปดาห์ที่4

ผลการจำลองการแพร่กระจายของฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM10 จาก HYSPLIT

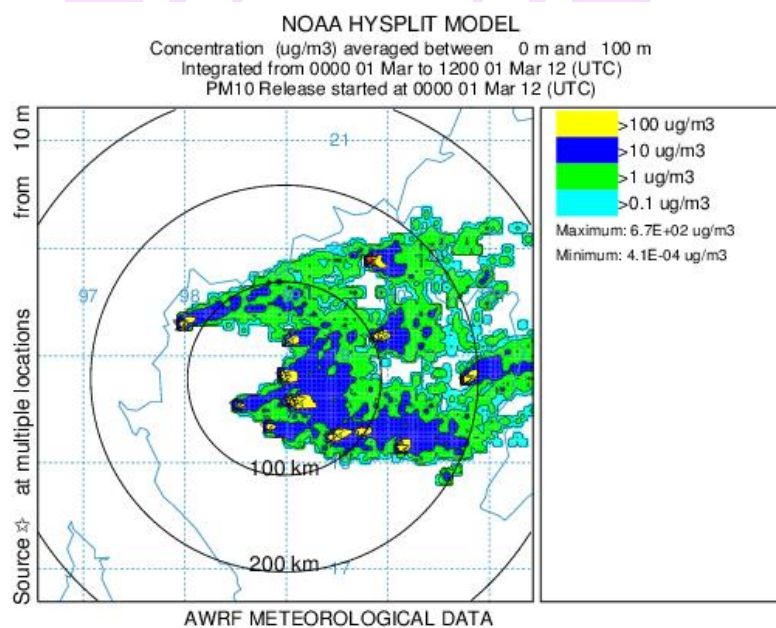
การจำลองความเข้มข้นและการกระจายของฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM10 ด้วยแบบจำลองในระดับ Mesoscale เป็นแบบจำลองคุณภาพอากาศที่ถูกพัฒนาโดย Air Resources Laboratory (ARL), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), USA. ถือว่าเป็นระบบที่สมบูรณ์เรียบง่ายสำหรับการคำนวณเส้นทางการเคลื่อนที่ของมลพิษทางอากาศ นอกจากนี้ยังได้ถูกนำมาใช้ในความหลากหลายของการจำลองเพื่ออธิบายความเข้มข้นและการกระจายตัวรวมถึงการสะสมของสารมลพิษอีกด้วย แบบจำลอง HYSPLIT ได้นำมาประยุกต์ใช้ร่วมกันคือการวิเคราะห์เส้นทางการเคลื่อนที่แบบย้อนกลับเพื่อหาแหล่งกำเนิดของมลพิษทางอากาศ ทำให้เห็นถึงแหล่งกำเนิดและผู้รับสารมลพิษแบบจำลอง HYSPLIT การ

จำลองความเข้มข้นและการแพร่กระจายของฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM10 ด้วยแบบจำลองใน ระดับ Mesoscale ปัจจุบันเป็นที่นิยมกันอย่างกว้างขวางเนื่องจากสามารถใช้จำลองสถานการณ์ มลพิษทางอากาศ ใช้ในการประเมิน และวางแผนในการควบคุมมลพิษทางอากาศได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้การจำลองด้วยแบบจำลองยังใช้งบประมาณน้อยกว่าการติดตั้งสถานีตรวจวัดทำให้ ประหยัดค่าใช้จ่ายอีกด้วย แบบจำลองจึงถือเป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับติดตามตรวจสอบ คุณภาพอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษานี้ได้เลือกใช้แบบจำลอง HYSPLIT ซึ่งเป็น แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีการพัฒนามาอย่างยาวนานจนถึงปัจจุบัน ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ ในการศึกษาและประเมินหรือทำนายความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศในบรรยากาศ โดย จะรวบรวมปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการแพร่กระจายของสารมลพิษทางอากาศมาประเมินคุณภาพ อากาศและนำผลที่ได้จากการประเมินไปใช้ในการวางแผนหรือหามาตรการในการป้องกันแก้ไข ปัญหาต่อไป

ในการศึกษารุ่นนี้แหล่งที่มาถูกจัดกลุ่มตามประเภทของแหล่งกำเนิดของสารมลพิษ ทั้งหมดออกเป็น 5 กลุ่มย่อยโดยจะประเมินผลกลุ่มเหล่านี้โดยใช้ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาด เล็ก (PM10) ข้อมูลของฝุ่นละอองขนาดเล็กจากแหล่งกำเนิดหลัก ๆ คือแหล่งกำเนิดที่มาจาก กิจกรรมของมนุษย์โดยแบ่งออกเป็น 4 ภาคส่วนได้แก่ การขนส่ง โรงงานอุตสาหกรรม พลังงาน และที่อยู่อาศัย โดยข้อมูลที่ได้จาก EDGAR สร้างขึ้นภายใต้สภาวะการปลดปล่อยและสภาวะ ทางอุตุนิยมวิทยาเดียวกันเพื่อระบุแหล่งกำเนิดที่มีปัญหาในช่วงเดือนมีนาคม ปี 2555 โดยการ จำลองกลุ่ม 1 แสดงจำลองการกระจายของ PM10 ในบริเวณพื้นที่ภาคเหนือตอนบน ในช่วง เดือนมีนาคม ปี 2555 โดยจะพิจารณาค่าความเข้มข้นของ PM10 ที่มาจากแหล่งกำเนิดการ ปลดปล่อยมลพิษจากกิจกรรมมนุษย์ (Anthropogenic emission) รวมทั้งหมด 4 ภาคส่วน ดัง ภาพ 25 การจำลองกลุ่ม 2 แสดงการจำลองการกระจายและความเข้มข้นของ PM10 โดยจะ พิจารณาค่าความเข้มข้นของ PM10 เฉพาะแหล่งกำเนิดที่มีการปลดปล่อยสูงจากพลังงาน เท่านั้น ดังภาพ 26 การจำลองกลุ่ม 3 แสดงการจำลองการกระจายและความเข้มข้นของ PM10 โดยจะพิจารณาค่าความเข้มข้นของ PM10 เฉพาะแหล่งกำเนิดที่มีการปลดปล่อยสูงจาก โรงงานอุตสาหกรรมเท่านั้น ดังภาพ 27 การจำลองกลุ่ม 4 แสดงการจำลองการกระจายและ ความเข้มข้นของ PM10 โดยจะพิจารณาค่าความเข้มข้นของ PM10 เฉพาะแหล่งกำเนิดที่มีการ ปลดปล่อยสูงจากการขนส่งเท่านั้น ดังภาพ 28 และการจำลองกลุ่ม 5 แสดงการจำลองการ กระจายและความเข้มข้นของ PM10 โดยจะพิจารณาค่าความเข้มข้นของ PM10 เฉพาะ แหล่งกำเนิดที่มีการปลดปล่อยสูงจากที่อยู่อาศัย ดังภาพ 29

1. ผลการจำลองกลุ่ม 1 จำลองการปลดปล่อยจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยรวมทั้งหมด 4 ภาคส่วน ได้แก่ การขนส่ง พลังงาน อุตสาหกรรม และที่อยู่อาศัย

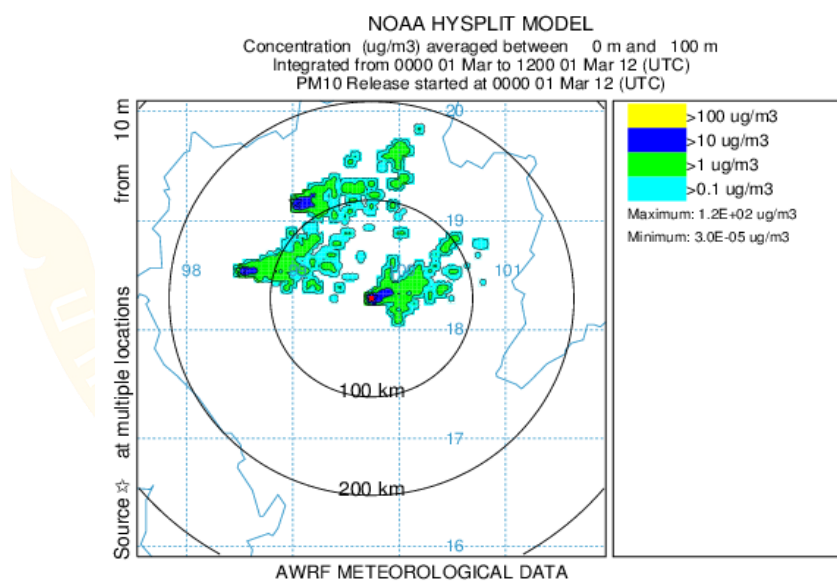
ผลการจำลองความเข้มข้นและการกระจายของฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM10 กลุ่ม 1 แสดงการจำลองการปลดปล่อยจากกิจกรรมของมนุษย์ทั้ง 4 ภาคส่วน ในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนทั้ง 8 จังหวัด จากการจำลองพบว่าแบบจำลองได้จำลองการกระจายและความเข้มข้นของ PM10 ในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนทั้ง 8 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดพะเยา จังหวัดแพร่ จังหวัดน่าน จังหวัดลำปาง จังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยตรวจวัดค่าความเข้มข้นของ PM10 เฉลี่ยรายเดือนได้เท่ากับ $113 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ผลที่ได้จากการจำลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าระบบการจำลอง HYSPLIT สามารถจำลองผลจากการปลดปล่อยจากกิจกรรมของมนุษย์ได้ ระดับความเข้มข้นของ PM10 สูงสุดสามารถเห็นได้ชัดเจนโดยระบุแหล่งกำเนิดบริเวณใกล้เคียงและการกระจายตัวของมลพิษทางอากาศในการศึกษานี้ส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับสภาพอุตุนิยมวิทยาด้วย ดังภาพ 25



ภาพ 25 การจำลองกลุ่ม 1 คัดค่าการปลดปล่อยจากกิจกรรมของมนุษย์ ในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนประเทศไทย ได้แก่ พะเยา น่าน แพร่ เชียงราย เชียงใหม่ ลำปาง ลำพูน และแม่ฮ่องสอน ในเดือนมีนาคม พ.ศ 2555

2. ผลการจำลอง PM10 จากการปลดปล่อยภาคพลังงาน

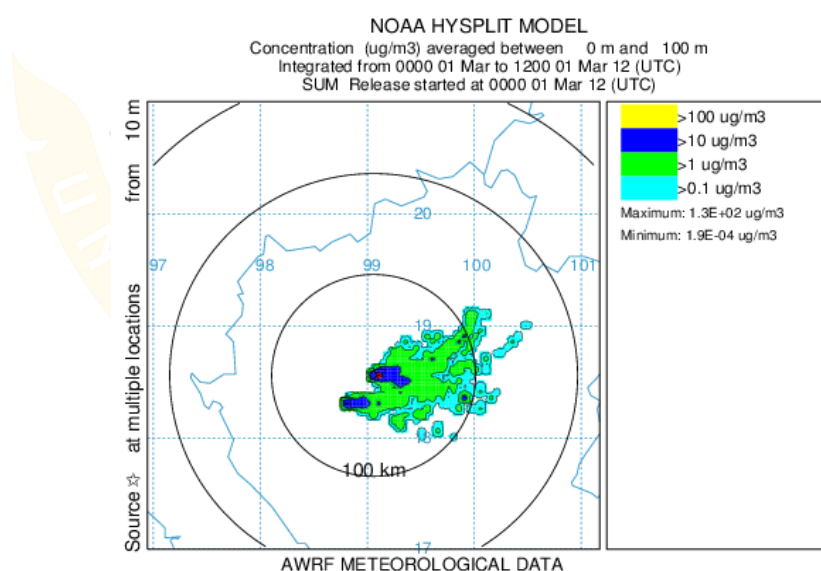
การจำลองกลุ่ม 2 คัดค่าการปลดปล่อยจากพลังงาน ในเดือนมีนาคม ปี 2555 แสดงดังภาพ 26 ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดลำปางเท่านั้นเนื่องจากพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยมีแหล่งผลิตกระแสไฟฟ้าขนาดใหญ่เพียง 3 แห่งเท่านั้น ดังนั้นในการศึกษานี้จะเลือกใช้พื้นที่จังหวัดที่มีโรงไฟฟ้าทั้งหมด 3 แห่ง ได้แก่โรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง โรงไฟฟ้าบ้านขุนกลาง จังหวัดเชียงใหม่ และโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล จังหวัดเชียงใหม่ โดยผลการจำลองพบว่า ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของ PM10 ตรวจวัดได้เท่ากับ $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ พบความเข้มข้นสูงที่โรงไฟฟ้าแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ซึ่งเป็นไปได้ว่าที่โรงไฟฟ้าแม่เมาะเป็นแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าขนาดใหญ่ในภาคเหนือมีกำลังการผลิตรวมทั้งสิ้นถึง 2,455 เมกะวัตต์ จึงทำให้พบค่าความเข้มข้นของ PM10 เยอะกว่าที่โรงไฟฟ้าบ้านขุนกลาง และโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล จังหวัดเชียงใหม่ และพบการกระจายตัวของสารมลพิษไปทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ โดยความเข้มข้นและการกระจายของ PM10 สูงสามารถระบุแหล่งกำเนิดได้อย่างชัดเจน



ภาพ 26 แสดงผลการจำลองความเข้มข้น PM10 กลุ่ม 2 คัดค่าการปลดปล่อยจากพลังงาน ในเดือนมีนาคม 2555 ที่โรงไฟฟ้าแม่เมาะ โรงไฟฟ้าบ้านขุนกลาง และโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล

3. ผลการจำลอง PM10 จากการปลดปล่อยภาคโรงงานอุตสาหกรรม

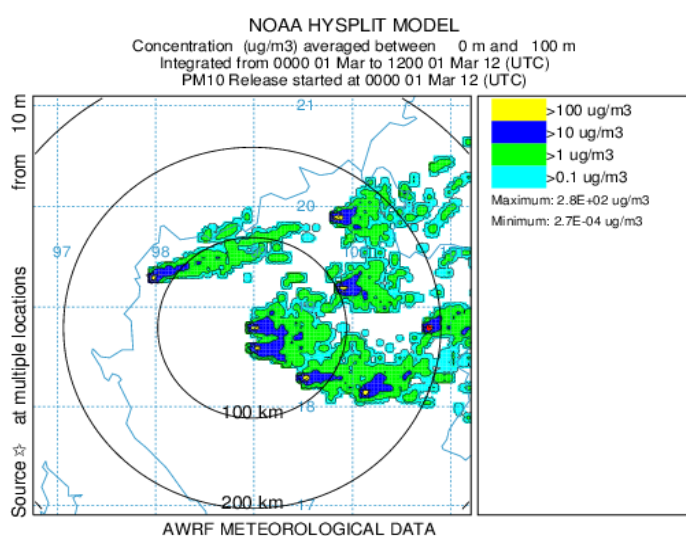
การจำลองกลุ่ม 3 คัดค่าการปลดปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรม แสดงดังภาพ 27 โดยพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยมีนิคมอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่จังหวัดลำพูนเพียงแห่งเดียว ดังนั้นในการศึกษานี้จึงเลือกจังหวัดลำพูนซึ่งเป็นพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมขนาดใหญ่เป็นพื้นที่ในการจำลอง โดยเลือกมาทั้งหมด 3 ตำบล ที่มีโรงงานมากที่สุด ได้แก่ ตำบลบ้านกลาง ตำบลมะเขือแจ้ และตำบลบ้านโอง อำเภอมือง จังหวัดลำพูน ผลการจำลองพบว่า ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของ PM10 ตรวจวัดได้เท่ากับ $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ พบระดับความเข้มข้นของ PM10 สูงที่สุดที่ตำบลบ้านกลาง อำเภอมือง จังหวัดลำพูน รองลงมาคือตำบลมะเขือแจ้ อำเภอมือง จังหวัดลำพูน และตำบลบ้านโอง อำเภอมือง จังหวัดลำพูน ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าตำบลบ้านกลาง อำเภอมือง จังหวัดลำพูนนั้นมีโรงงานมากถึง 69 แห่ง รองลงมาคือตำบลมะเขือแจ้ อำเภอมือง จังหวัดลำพูนซึ่งมีโรงงานอุตสาหกรรม 4 แห่ง และตำบลบ้านโอง อำเภอมือง จังหวัดลำพูนมีโรงงานอุตสาหกรรมเพียง 1 แห่งเท่านั้น ดังนั้นจึงทำให้ตำบลบ้านกลาง อำเภอมือง จังหวัดลำพูน พบระดับความเข้มข้นและการกระจายของ PM10 มากที่สุด และการกระจายตัวของ PM10 กระจายตัวบริเวณใกล้แหล่งกำเนิดและพัดไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ



ภาพ 27 แสดงผลการจำลองความเข้มข้น PM10 กลุ่ม 3 คัดค่าการปลดปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรม เดือนมีนาคม ปี 2555 พื้นที่อำเภอมือง จังหวัดลำพูน ได้แก่ ตำบลบ้านกลาง, ตำบลมะเขือแจ้ และตำบลบ้านโอง

4. ผลการจำลอง PM10 จากการปลดปล่อยภาคการขนส่ง

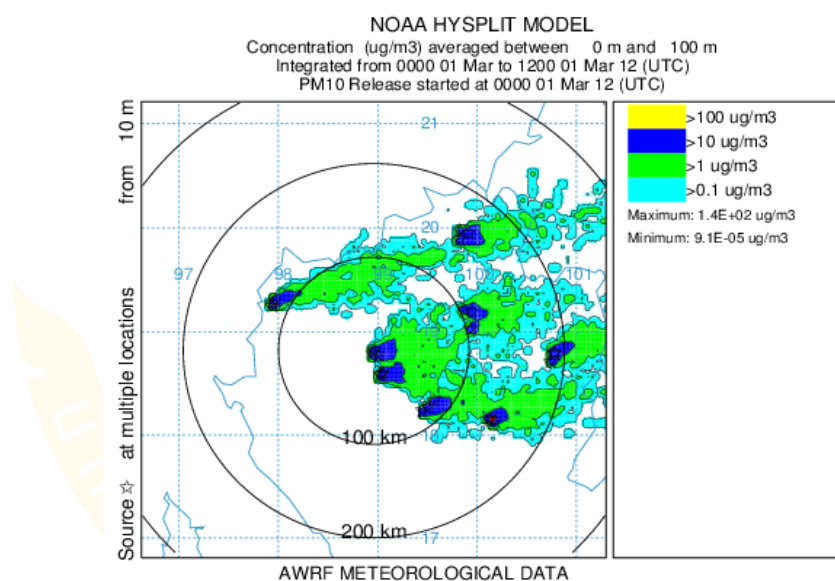
การจำลองกลุ่ม 4 คัดค่าการปลดปล่อยจากการขนส่ง แสดงดังภาพ 28 โดยงานวิจัยนี้จะเลือกพื้นที่การศึกษาที่มีการจราจรติดขัด การขนส่งและประชากรหนาแน่นเพื่อมาเป็นตัวแทนของแต่ละจังหวัดซึ่งมีทั้งหมด 8 จังหวัดด้วยกัน ได้แก่ ตำบลศรีภูมิ อำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่, ตำบลรอบเวียง อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย, ตำบลในเวียง อำเภอเมืองจังหวัดแพร่, ตำบลพระบาท อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง, ตำบลในเวียง อำเภอเมือง จังหวัดน่าน, ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน, ตำบลท่าวังทอง อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา และตำบลจองคำ อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยผลการจำลองพบว่า PM10 มีความเข้มข้นและการกระจายตัวครอบคลุมทั้งหมด 8 จังหวัด ได้แก่ ตำบลศรีภูมิ อำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่, ตำบลรอบเวียง อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย, ตำบลในเวียง อำเภอเมืองจังหวัดแพร่, ตำบลพระบาท อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง, ตำบลในเวียง อำเภอเมือง จังหวัดน่าน, ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน, ตำบลท่าวังทอง อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา และตำบลจองคำ อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน พบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของ PM10 เท่ากับ $91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ พบระดับความเข้มข้นสูงบริเวณแหล่งกำเนิด และการกระจายตัวของสารมลพิษจะพัดไปทางด้านทิศตะวันออกและตะวันออกเฉียงเหนือของภาคเหนือตอนบนโดยพบการกระจายตัวบริเวณรอบ ๆ แหล่งกำเนิด



ภาพ 28 แสดงผลการจำลองความเข้มข้นของ PM10 กลุ่ม 4 คัดค่าการปลดปล่อยจากการขนส่ง 19 มีนาคม ปี 2555 ในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน ได้แก่ เชียงราย เชียงใหม่ พะเยา แพร่ น่าน ลำปาง ลำพูน เชียงใหม่ และแม่ฮ่องสอน

5. ผลการจำลอง PM10 จากการปลดปล่อยภาคที่อยู่อาศัย

การจำลองกลุ่ม 5 คัดค่าการปลดปล่อยจากครัวเรือน แสดงดังภาพ 29 โดยเลือกพื้นที่การศึกษาของแต่ละจังหวัดของภาคเหนือตอนบนที่มีจำนวนหลังคาเรือนมากที่สุด เพื่อเป็นตัวแทนของแต่ละจังหวัด โดยเลือกพื้นที่การศึกษาได้ดังนี้แก่ ตำบลรอบเวียง อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย, ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่, ตำบลบ้านกลาง อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน, ตำบลชมพู อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง, ตำบลในเวียง อำเภอเมือง จังหวัดน่าน, ตำบลในเวียง อำเภอเมือง จังหวัดแพร่, ตำบลท่าวังทอง อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา, และตำบลปางหมู อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน พบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของ PM10 ตรวจวัดได้เท่ากับ $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ระดับความเข้มข้นและการกระจายของ PM10 ครอบคลุมทุก ๆ พื้นที่ของจังหวัดพะเยา น่าน และครอบคลุมบางพื้นที่ของจังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง แพร่ และแม่ฮ่องสอน



ภาพ 29 แสดงผลการจำลองความเข้มข้นของ PM10 กลุ่ม 5 คัดค่าการปลดปล่อยจากที่อยู่อาศัย เดือนมีนาคม ปี 2555 ในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน ได้แก่ เชียงราย เชียงใหม่ พะเยา แพร่ น่าน ลำปาง ลำพูน เชียงใหม่ และแม่ฮ่องสอน

จากการพิจารณาความเข้มข้น PM10 จากแหล่งกำเนิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ได้แก่ ที่อยู่อาศัย การขนส่ง โรงงานอุตสาหกรรม และพลังงาน ข้อมูลจาก EDGAR โดยการจำลองความเข้มข้นของ PM10 เฉพาะการปลดปล่อยจากกิจกรรมของมนุษย์แบ่งออกเป็น 4 ประเภท ในช่วงเดือนมีนาคม ปี พ.ศ.2555 ตามแหล่งกำเนิด พบว่ามีความเข้มข้นของ PM10 เฉลี่ยจากแบบจำลองในแต่ละภาคส่วนมีค่าไม่สูงมาก โดยพบความเข้มข้นสูงในพื้นที่ที่เป็นชุมชนเมือง ซึ่งมีการจราจรหนาแน่นและติดขัดอยู่ตลอดเวลา และพื้นที่มีโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ลำปาง ลำพูน และแม่ฮ่องสอน เป็นต้น จึงทำให้มีการปลดปล่อยจากกิจกรรมของมนุษย์สูง จากการวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นและการกระจายของฝุ่นละอองในช่วงเดือนมีนาคม ปี พ.ศ.2555 โดยการจำลองความเข้มข้นของ PM10 เฉพาะการปลดปล่อยจากการกิจกรรมของมนุษย์ พบว่าระดับความเข้มข้นของ PM10 เฉลี่ยสูงบริเวณพื้นที่ใกล้แหล่งกำเนิด โดยพิจารณาการปลดปล่อยจากแหล่งกำเนิดทั้งหมด 4 ประเภท ได้แก่ การขนส่ง พลังงาน โรงงานอุตสาหกรรม และที่อยู่อาศัย พบว่าค่าความเข้มข้น PM10 เฉลี่ยที่มาจากการปลดปล่อยจากการขนส่ง จากอุตสาหกรรม จากพลังงาน และจากการปลดปล่อยจากที่อยู่อาศัย โดยพบค่าความเข้มข้นเฉลี่ยมากโดยมาจากการปลดปล่อยจากการขนส่ง เท่ากับ $91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ รองลงมาจากการปลดปล่อยจากพลังงาน $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ การปลดปล่อยจากอุตสาหกรรม $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และการปลดปล่อยจากที่อยู่อาศัยเท่ากับ $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ดังนั้นการกระจายของการจำลองความเข้มข้น PM10 โดยแบบจำลอง HYSPLIT สามารถระบุแหล่งกำเนิดได้อย่างชัดเจน โดยพื้นที่โดยรอบจะมีความเข้มข้นค่อนข้างสูงมากกว่า $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ นอกจากนี้การกระจายตัวของมลพิษทางอากาศในการศึกษานี้ขึ้นอยู่กับสภาพอุตุนิยมวิทยาที่แตกต่างกันโดยมีปัจจัยหลัก อาทิเช่น ทิศทางลม ความเร็วลม และฝน เป็นต้น

บทที่ 5

บทสรุป

สรุปผลการศึกษา

ในการศึกษานี้ใช้แบบจำลองสภาพอากาศควบคุมมลพิษทางอากาศ WRF/HYSPLIT เพื่อใช้ในการจำลองการกระจายของฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) ในเดือนมีนาคม ปี 2555 ในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลเงื่อนไขเริ่มต้นและขอบเขตทางอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Initial and Boundary conditions) จากแบบจำลองการหมุนเวียนบรรยากาศโลก (Global Circulation Model) เป็นข้อมูลในการนำเข้าแบบจำลองสภาพอากาศ WRF และทำการลดขนาดเชิงพลวัต (Dynamical downscaling) เพื่อได้ข้อมูลสภาพอากาศที่มีความละเอียด 10×10 ตารางกิโลเมตร ใช้เป็นข้อมูลนำเข้าแบบจำลองมลพิษทางอากาศ HYSPLIT ร่วมกับข้อมูลการปลดปล่อยจากกิจกรรมของมนุษย์จากฐานข้อมูล EDGAR ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลการปลดปล่อยจาก 4 ภาคส่วนได้แก่ จากภาคพลังงาน คริวเรือน การคมนาคมขนส่ง และอุตสาหกรรม ข้อมูลที่ได้จากระบบแบบจำลอง WRF/HYSPLIT ได้แก่ ฝน อุณหภูมิ ลม ถูกนำไปทดสอบความถูกต้องโดยเทียบกับข้อมูลตรวจวัดจริงจากกรมควบคุมมลพิษ จากการทดสอบค่าความถูกต้องทางสถิติพบว่า โดยรวมค่าที่ได้จากแบบจำลองให้ความสอดคล้องในระดับที่พอใช้เมื่อเทียบกับค่าตรวจวัดจริง โดยให้ค่า IOA อยู่ในช่วงประมาณ 0.1 – 0.8 ซึ่งบริเวณที่มีความสอดคล้องกันมากที่สุดพบที่ จังหวัดเชียงใหม่ แพร่ และ ลำปาง สำหรับตัวแปร ลม อุณหภูมิ และ ฝน ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามค่าที่ได้จากแบบจำลองให้ค่าที่สูงกว่าค่าจากการตรวจวัดจริงสำหรับปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ ขณะที่ลมให้ค่าต่ำกว่าค่าตรวจวัดจริง จากการวิเคราะห์สภาพอากาศในช่วงเดือนมีนาคมพบว่าสภาพอากาศมีลักษณะเอื้อต่อการเกิดมลพิษทางอากาศ โดยพบว่าปริมาณฝนเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 0 – 2 mm/day กระจายอยู่ทั่วพื้นที่ภาคเหนือตอนบน ลมที่พัดมีค่าอยู่ในช่วง 1 – 2 m/s ซึ่งเป็นลมเบา อีกทั้งเสถียรภาพอากาศเป็นแบบมีเสถียรภาพและมีอุณหภูมิผกผันเกิดขึ้นในช่วงความสูงไม่เกิน 3 กิโลเมตร และค่าความสูงผสมมีค่าไม่เกิน 2 กิโลเมตร ผลจากการจำลองการกระจายของฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) จากการปลดปล่อยของมนุษย์ที่มีการปลดปล่อยสูงทุกภาคส่วนพบ ค่าความเข้มข้นของ PM10 สูงกว่า $170 \mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยค่าความเข้มข้นจะสูงที่สุดในบริเวณใกล้แหล่งกำเนิด และมีการกระจายตามทิศทางลมไปทางทิศตะวันตกของภาคเหนือตอนบน ในขณะที่เดียวกันเมื่อพิจารณาภาคส่วนพลังงานพบว่าค่าความเข้มข้นของ PM10 มีค่าเท่ากับ $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ภาคส่วนการ

คมนาคมขนส่ง อุตสาหกรรม และครัวเรือน มีค่าเท่ากับ $91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และ $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

การวิจัยในครั้งนี้พิจารณาเพียงการปลดปล่อยจากมนุษย์ในพื้นที่ที่มีการปลดปล่อยสูงเท่านั้นมิได้พิจารณาการปลดปล่อยจากการเผาไหม้ชีวมวลและควรพิจารณาการปลดปล่อยจากกิจกรรมของมนุษย์ที่ครอบคลุมทุกพื้นที่ด้วย ซึ่งจะส่งผลต่อค่าความเข้มข้นของ PM10 ดังนั้นในการพิจารณาการแพร่กระจายของ PM10 ในอนาคตควรมีการพิจารณาในส่วนนี้ร่วมด้วย



บรรณานุกรม

- Alexis, W. (2018). **Smoke Gets in Your Eyes – And Hurts Your Brain**. Retrieved May 9, 2018. from <http://www.brainfacts.org/thinking-sensing-and-behaving/diet-and-lifestyle/2018/smoke-gets-in-your-eyes-and-hurts-your-brain-122618>
- Brook, R.D., Franklin, B., Cascio, W., Hong, Y., Howard, G., Lipsett, M., et al. (2004). Air Pollution and Cardiovascular Disease. **Circulation**. 109, 2655–2671.
- Didin, A. P., and Nguyen, T. K. O. (2012). Assessment of biomass open burning emissions in Indonesia and potential climate forcing impact. **Atmospheric Environment**, 78, 250–258.
- Gan, Z., Jun, L., Xiang-Dong, L., Yue, X., Ling-Li, G., Jian-Hui, T., et al. (2010). Impact of anthropogenic emissions and open biomass burning on regional carbonaceous aerosols in South China. **Environmental Pollution**, 158, 3392–3400
- Grambsch, A., Hemming, B. L., and Weaver, C. P. (2009). **Assessment of the impacts of global change on regional US air quality: A synthesis of climate change impacts on ground-level ozone**. Retrieved May 12, 2018. from <https://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deid=203459>
- Hansard, R., Maher, B.A., and Kinnersley, R., (2011). Biomagnetic monitoring of industry-derived particulate pollution. **Environmental Pollution** 159, 1673–1681.
- Hieu, N.T. and Lee, B.K. (2010). Characteristics of Particulate Matter and Metals in the Ambient Air from Residential Area in the Largest Industrial City in Korea. **Atmos. Environ.** 98: 536–537.
- Huang, K., Fu, J. S., Hsu, N. C., Gao, Y., Dong, X., Tsay, S.-C., et al. (2013). Impact assessment of biomass burning on air quality in Southeast and East Asia during BASE-ASIA. **Atmospheric Environment**, 78, 291–302.
- Huang, K., Zhuang, G., Lin, Y., Wang, Q., Fu, J. S., Zhang, R., et al. (2012). Impact of anthropogenic emission on air quality over a megacity revealed from an intensive atmospheric campaign during the Chinese Spring Festival. **Atmospheric Chemistry and Physics**, 12, 11631–11645.

- Koppmann, R., Czapiewski, K. V., and Reid, J. S. (2005). A review of biomass burning emissions. **Atmospheric chemistry and physics discussions**, 5(5), 10455–10516.
- Hyung-Don, L, Jung-Woo, Y, Min-Kyoung, K. Ji-Soon, K. Jong Hyun, J. and Kwang-Joong, O. (2014). Evaluation of concentrations and source contribution of PM10 and SO2 emitted from industrial complexes in Ulsan, Korea: Interfacing of the WRF-CALPUFF modeling tools. **Atmospheric Pollution Research**, 5, 664–676
- Lew, J. (1998). **Survey of Meteorology Class Notes**. Retrieved June 22, 2018. from http://apollo.lsc.vsc.edu/classes/met130/notes/chapter18/graphics/inversion_trap.gif
- Ma, J., Yi, H., Tang, X., Zhang, Y., Xiang, Y. and Pu, L. (2013). Application of AERMOD on near future air quality simulation under the latest national emission control policy of China: A case study on an industrial city. **Journal of Environmental Sciences**, 25, 1608–1617.
- Maria, F., Garcia Ferreyra, Gabriele, C. and Mario, L. (2016). First Implementation of the WRF-CHIMERE-EDGAR Modeling System Over Argentina. **journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing**, 28, 1939–1404.
- Mastura, M. (2004). Assessment of atmospheric impacts of biomass open burning in Kalimantan, Borneo during 2004. **Atmospheric Environment**, 78, 242–249
- Medhavi, G., and Manju, M. (2013). Assessment of contribution to PM10 concentrations from long range transport of pollutants using WRF/Chem over a subtropical urban airshed. **Atmospheric Pollution Research**, 4, 405–410.
- PAGE, W. U. (2017). **User's Guides for the Advanced Research WRF (ARW) Modeling System**. Retrieved May 20, 2018. from http://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/docs/user_guide_V3/contents.html
- Raheleh, G., Mohammad, A. and Massoud, T. (2012). Contribution of the Middle Eastern dust source areas to PM10 levels in urban receptors: Case study of Tehran, Iran. **Atmospheric Environment**, 75, 287–295.
- Sam-Quarcoo, D., Lalit, D., Mohammad I. P. and Liyanage C. D. S. (2016). Influence of Southeast Asian Haze episodes on high PM10 concentrations across Brunei Darussalam. **Environmental Pollution**, 219, 337–352.

- United state Environmental Protection Agency. (2004). The particle pollution report; current understanding of air quality and emission through 2003. **North Carolina: Author.**
- USEPA, NC, (1999). **Office of air quality planning and standards emission, monitoring and analysis division, PCRAMMET user's guide.** Retrieved May 29, 2018. from http://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/docs/user_guide_V3/contents.html
- Wenpo, S. Y., Y. Haixia, L., and Shuxuan, L. (2009). A meteorological analysis of ozone episodes using HYSPLIT model and surface data. **Atmospheric Research**, 93(4), 767–776.
- Wiedinmyer, C., Akagi, S. K., Yokelson, R. J., Emmons, L. K., Al-Saadi, J. A., Orlando, J. J., et al. (2011). The Fire INventory from NCAR (FINN): a high resolution global model to estimate the emissions from open burning. **Geoscientific Model Development**, 4(3), 625.
- Xiaozhen, F., Xiaohui, B.Hong, X., Jianhui, W., Yufen, Z., and Yinchang, F. (2016). Source apportionment of ambient PM10 and PM2.5 in Haikou. **Atmospheric Research**, 190, 1–9.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2555). **รายงานสถานการณ์และการจัดการคุณภาพอากาศและเสียง ปี 2555. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. สืบค้นเมื่อ 11 มกราคม 2561 จาก <http://www.pcd.go.th/>.**
- ตระวรรณ หาญกิจรุ่ง. (2556). **อิทธิพลของปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาและการจราจรต่อปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนของพื้นที่ริมถนนในเขตกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ วท.ม., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.**
- นริศรา ทองบุญชู. (2554). **โครงการแบบจำลองมลพิษทางอากาศจากการเผาชีวมวลในพื้นที่แถบลุ่มแม่น้ำโขงตอนล่าง (ประเทศไทย กัมพูชา ลาว และเวียดนาม). กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.**
- นพภาพร พานิช และแสงสันต์ พานิช. (2544). **แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านคุณภาพอากาศ. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.**
- บริษัทศูนย์วิจัยกลีกรไทยจำกัด. (2550). **ปัญหาหมอกควันทางภาคเหนือตอนบน : กระทบธุรกิจท่องเที่ยวและบริการ 2,000 ล้านบาท. ไทยพาณิชย์. สืบค้นเมื่อ 12 มีนาคม**

2560 จาก <https://positioningmag.com/33380>

ปฏิพัทธ์ วงศ์เรือง. (2555). **การเปลี่ยนแปลงของการระบายมลพิษอากาศจากการเผาไหม้ในที่โล่งในเขตภาคเหนือ**. วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยพะเยา, พะเยา.

ปฏิพัทธ์ วงศ์เรือง. (2559). **การจำลองการแพร่กระจายฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนจากการเผาชีวมวลในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ตอนบน**. วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยพะเยา, พะเยา.

พงศ์เทพ วิวรรณเดชะ มุกิตา ตระกูลทิวากร เฉลิม ลีวศรีสกุล สุวรรรัตน์ ยิบมันตะสิริ และ นิमित อินปิ่นแก้ว. (2550). **โครงการการศึกษาระดับรายวันของฝุ่นในอากาศและผลกระทบต่อสุขภาพในผู้ป่วยที่เป็นโรคหอบหืดภายในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน**. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว). สืบค้นเมื่อ 8 มกราคม 2561 จาก <http://www.etm.sc.mahidol.ac.th/a16.shtml#top>.

พัชราพร ทิมวัฒน์. (2559). **ความร่วมมือในการจัดการปัญหาหมอกควันของประเทศไทยเพื่อนบ้านที่ข้ามแดนมาสู่ประเทศไทยภายใต้ข้อตกลงอาเซียนเรื่องมลพิษจากหมอกควันข้ามแดน**. สืบค้นเมื่อ 14 ตุลาคม 2561 จาก <http://www.copag.msu.ac.th/conference4/files/PDF/12.6%20Pacharaporn%20Timwat%20362-368.pdf>

วนิดา จินตศาสตร์. (2551). **มลพิษอากาศและการจัดการคุณภาพอากาศ**. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมเกียรติ ศิริรัตน์พฤษ. (2552). **สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. กรมควบคุมโรค**. สืบค้นเมื่อ 10 มิถุนายน 2561 จาก <http://www.rakdara.net/overview.php?c=9&id=4768>

วิจารณ์ สิมฉายา. (2554). **วิกฤตโลกร้อนมลพิษหมอกควัน มหันตภัยใกล้ตัว. เอกสารสำหรับการสัมมนา**. เชียงใหม่: คณะกรรมการธิการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

สิทธิชัย พิมพ์ศรี และ ภาวัต อารินทร์. (2553). **สถานการณ์ปัญหาฝุ่นละอองในบรรยากาศและผลกระทบต่อสุขภาพประชาชนในจังหวัดลำปาง**. **นเรศวรวิจัย**. 6, 9-10.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	หนึ่งฤทัย อนุมา
วัน เดือน ปี เกิด	29 มีนาคม 2536
สถานที่เกิด	น่าน
วุฒิการศึกษา	พศ. 2554 วท.บ. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม), มหาวิทยาลัยราชภัฏ เชียงราย, เชียงราย
ที่อยู่ปัจจุบัน	43 หมู่ 3 ตำบลไหล่น่าน อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน 55110
ผลงานตีพิมพ์	หนึ่งฤทัย อนุมา และธีรชัย อำนวยชัย อำนวยชัย. (ผู้บรรยาย). (19-20 กรกฎาคม 2561). การวิเคราะห์สภาพอากาศในช่วงการเผาไหม้ชีวมวล ในเขตภาคเหนือตอนบน. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติด้าน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1 (หน้า 810-819). กรุงเทพฯ: คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

