

ผลกระทบบจรรจรต่อความเข้มข้ันคาร์บอนมอนอกไซด์: กรณีศึกษาทางหลวงพิเศษหมายเลข 7

เศรษฐา รังษีสุริยะชัย

งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบั้ณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการงานก่อสร้างและงาน โครงสร้างพื้นฐาน
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
สิงหาคม 2559
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

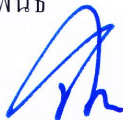
คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์และคณะกรรมการสอบงานนิพนธ์ ได้พิจารณา
งานนิพนธ์ของ เศรษฐา รังษิสุริยะชัย ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการงานก่อสร้างและ
งานโครงสร้างพื้นฐาน ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์

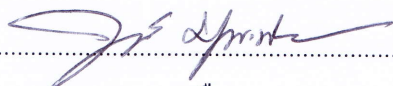


.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ดร. ปิติ โรจนวรรณสินธุ์)

คณะกรรมการสอบงานนิพนธ์



.....ประธาน
(ดร. ปิติ โรจนวรรณสินธุ์)

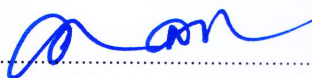


.....กรรมการ
(ดร. นพคุณ บุญกระพือ)



.....กรรมการ
(ดร. สิทธิภัทร์ เอื้ออภิวัชร)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ อนุมัติให้รับงานนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการงานก่อสร้างและ
งานโครงสร้างพื้นฐาน ของมหาวิทยาลัยบูรพา



.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ดร. อาณัติ ดีพัฒนา)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2559

กิตติกรรมประกาศ

งานนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยดีด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยคณบดี ดร. ปิติ โรจน์วรรณสินธุ์ อาจารย์ที่ปรึกษางานนิพนธ์ ผู้ให้การปรึกษา และแนวทางอันเป็นประโยชน์ ตลอดจน ช่วยตรวจสอบแก้ไขรายละเอียดต่าง ๆ ดร. นพคุณ บุญกระพือ และ ดร. สิทธิภัทร์ เอื้ออภิวัชร ที่กรุณารับเป็นกรรมการตรวจสอบงานนิพนธ์ และช่วยเพิ่มเติมเนื้อหาในส่วนที่ควรแก้ไขให้ มีความถูกต้อง สมบูรณ์

ขอขอบคุณ ดร. วิน ไตรวิทยานุรักษ์ สำนักงานสิ่งแวดล้อมและการมีส่วนร่วม กรมทางหลวง ที่ให้ความรู้และคำแนะนำในการศึกษาแบบจำลองทางด้านคุณภาพอากาศ คุณตติยา มะม่วงแก้ว กองแผนงาน การท่าเรือสาขาแหลมฉบัง ที่อนุเคราะห์ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ ต่อการศึกษาในครั้งนี้

ขอขอบคุณ นายช่างโครงการก่อสร้างทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 และเพื่อนร่วมงาน โครงการก่อสร้าง ฯ ที่ให้การช่วยเหลือและเข้าใจถึงความตั้งใจในการทำงานนิพนธ์ครั้งนี้

สุดท้ายนี้ กราบขอบพระคุณ คุณพ่อสว่าง คุณแม่จุฬา รังษีสुरิยะชัย ที่ให้การอบรมเลี้ยงดู ส่งเสริมและสนับสนุนทุนการศึกษา รวมถึงสมาชิกในครอบครัวที่เป็นกำลังใจให้ด้วยดีเสมอมา

เศรษฐา รังษีสुरิยะชัย

56920939: สาขาวิชา: วิศวกรรมการจัดการงานก่อสร้างและงานโครงสร้างพื้นฐาน; วศ.ม.
(วิศวกรรมการจัดการงานก่อสร้างและงานโครงสร้างพื้นฐาน)

คำสำคัญ: ผลกระทบจราจร/ แบบจำลองมลพิษ/ ความเข้มข้นคาร์บอนมอนอกไซด์

เศรษฐา รั้งมีสุริยะชัย: ผลกระทบจราจรต่อความเข้มข้นคาร์บอนมอนอกไซด์:

กรณีศึกษาทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 (IMPACT OF TRAFFIC ON CARBON MONOXIDE CONCENTRATION: A CASE STUDY ON MOTORWAY NO. 7) คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์: ปิติ โรจนวรรณสินธุ์, Ph.D., 141 หน้า. พ.ศ. 2559.

วัตถุประสงค์ของการศึกษารั้งนี้เพื่อ ศึกษาวิเคราะห์หาขนาด และความรุนแรงของการกระจายก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ จากยานพาหนะในทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 ในปีปัจจุบันและปีอนาคต ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยนำแบบจำลอง Gaussian dispersion CALINE4 และ HIWAY2 มาใช้ในการศึกษานี้ โดยแบบจำลองทั้งสามได้ถูกปรับเทียบโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมจากสถานีตรวจวัดที่ติดตั้งอยู่บริเวณข้างทาง ขนาดและความรุนแรงของการกระจายก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ถูกประมวลผลเป็นค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงและค่ารวม 8 ชั่วโมงแบบจำลองถูกประเมินความเหมาะสม โดยเปรียบเทียบผลการทำนายจากแบบจำลองทั้งสามเทียบกับค่าที่วัดได้จริงจากสถานีตรวจวัด ข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองที่สำคัญ ได้แก่ ข้อมูลการปลดปล่อยคาร์บอนมอนอกไซด์และความเร็วของยานพาหนะ ประกอบด้วย รถโดยสารส่วนบุคคล รถบรรทุกทุกขนาดเล็ก รถบรรทุกทุกขนาดกลาง รถบรรทุกทุกขนาดใหญ่ และจักรยานยนต์รวบรวมจากสถานีตรวจวัดข้างทางหลวง รวมทั้งค่า Emission factor ส่วนข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาประกอบด้วย ทิศทางลม ความเร็วลม และอุณหภูมิบรรยากาศ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ได้จากจุดตรวจวัดด้วยเครื่องมือ

ผลการศึกษาพบว่า คุณสมบัติของแบบจำลองสามารถนำเข้ามาประยุกต์ใช้กับการทำนาย CO บริเวณพื้นที่ศึกษาได้ และการตรวจสอบแบบจำลองโดยวิธีการหาค่า Index of agreement และ Factor of two จากแบบจำลองทั้งหมด พบว่าแบบจำลอง Gaussian dispersion มีความน่าเชื่อถือมากกว่าแบบจำลอง CALINE 4 และ HIWAY 2

56920939: MAJOR: CONSTRUCTION MANAGEMENT AND INFRASTRUCTURE
ENGINEERING; M. ENG. (CONSTRUCTION MANAGEMENT AND
INFRASTRUCTURE)

KEYWORDS: IMPACT OF TRAFFIC/ POLLUTION SOURCE MODELS/
CONCENTRATIONS OF CARBONMONOXIDE

SETTHA RUNGSRISURIYACHAI: IMPACT OF TRAFFIC ON CARBON
MONOXIDE CONCENTRATION: A CASE STUDY ON MOTORWAY NO. 7
ADVISORY COMMITTEE: PITI ROTWANNASIN, Ph.D., 141 P. 2016.

This study aimed to determine the level and influence of the carbon monoxide (CO) concentration produced by vehicles driving on Motorway No.7 in the present and future using the line source model named Gaussian Dispersion, CALINE4 and HIWAY2, which these models were calibrated using roadside data. The average of level and influence of the carbon monoxide concentration were estimated on both hourly and totally 8 hours. In this study, the models were evaluated by compared the predicted values and observed data. Two sources data were used in this study. First, roadside data included the standardize values of CO emission, speed, and emission factor of passenger cars, light trucks - semi-truck, heavy trucks and motorcycles. Second, meteorological data included wind direction, wind speed, and ambient temperatures. This study was found that the predicted of CO concentration of three models shown good results. However, Gaussian Dispersion model was outperform compared with CALINE 4 and HIWAY 2 models using index of agreement method.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่ออังกฤษ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่	
1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการศึกษา	3
กรอบแนวคิดในการศึกษา.....	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา.....	4
ขอบเขตของการศึกษา.....	4
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
งานศึกษาที่ผ่านมา.....	7
ทฤษฎีการวิเคราะห์หาปริมาณมลพิษจากแหล่งกำเนิด	11
Stanford research institute CO model.....	15
ทฤษฎีวิเคราะห์การกระจายมลพิษในพื้นที่	15
ทฤษฎีที่ใช้ในการประเมินความเหมาะสมของแบบจำลอง	25
การตรวจวัดและมาตรฐานคุณภาพอากาศ	27
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	30
ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา	30
วิธีการรวบรวมข้อมูล	33
เลือกแบบจำลอง.....	36
ทฤษฎีที่ใช้ในการประเมินความเหมาะสมของแบบจำลองในพื้นที่ศึกษา	37
การประยุกต์แบบจำลองกรณีปัจจุบันและกรณีในอนาคต	38

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์และการประยุกต์แบบจำลองในปีปัจจุบันและปีอนาคต.....	40
การรวบรวมข้อมูลการจราจร	40
การทดสอบแบบจำลองประเภท Gaussian dispersion models	41
การประยุกต์แบบจำลองในปีปัจจุบันและปีอนาคต.....	81
ผลการทำนายความเข้มข้นของสารมลพิษฯ ด้วยแบบจำลอง Gaussian dispersion, CALINE 4 และ HIWAY 2 ที่ตำแหน่งต่าง ๆ.....	86
5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	92
สรุปผลการศึกษา.....	92
ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางสำหรับการศึกษาต่อไป	94
บรรณานุกรม	97
ภาคผนวก	100
ภาคผนวก ก	101
ภาคผนวก ข	105
ภาคผนวก ค	107
ภาคผนวก ง.....	112
ภาคผนวก จ	122
ประวัติย่อของผู้วิจัย	141

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1-1 รายละเอียดรายงานการวิเคราะห์ตามมาตรการติดตามผลกระทบสิ่งแวดล้อม	2
1-2 ปัจจัยสิ่งแวดล้อม ประเด็นศึกษา ผลกระทบสิ่งแวดล้อม และกิจกรรมที่ก่อให้เกิด ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	3
2-1 การแบ่งประเภทการคงตัวของบรรยากาศ	16
2-2 Power-law exponents for six atmospheric stability categories	16
2-3 ความเสถียรของบรรยากาศตามแบบของ Pasquill-gifford	19
2-4 ใช้คำนวณหาค่า Pasquill-Gifford σ_y	21
2-5 ใช้คำนวณหาค่า Pasquill-Gifford σ_z	22
2-6 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ และวิธีการตรวจวัด	28
3-1 มาตรฐานคุณภาพก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในบรรยากาศของประเทศไทย และมาตรฐานวิธีการวัด พ.ศ. 2524 ของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ	38
3-2 มาตรฐานคุณภาพก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในบรรยากาศของประเทศไทย และมาตรฐานวิธีการวัด พ.ศ. 2538 ของกรมควบคุมมลพิษ	38
4-1 ปริมาณรถแยกประเภทในสายทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 สายกรุงเทพมหานคร- บ้านฉาง ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง ระหว่าง กม. 0+000 ถึง กม. 8+500 ปี พ.ศ. 2557 (ปีศึกษา)	40
4-2 ปริมาณรถแยกประเภทในสายทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 สายกรุงเทพมหานคร- บ้านฉาง ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง ระหว่าง กม. 0+000 ถึง กม. 8+500 ปี พ.ศ. 2559 (ปีที่เปิดใช้โครงการ ฯ)	41
4-3 ปริมาณรถแยกประเภทในสายทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 สายกรุงเทพมหานคร- บ้านฉาง ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง ระหว่าง กม. 0+000 ถึง กม. 8+500 ปี พ.ศ. 2569 (ปีอนาคต)	41
4-4 การแบ่งสภาพการคงตัวของบรรยากาศ ตำแหน่ง โรงเรียนเทคโนโลยีศรีราชาใน วันที่เก็บข้อมูล	43
4-5 การแบ่งสภาพการคงตัวของบรรยากาศ ตำแหน่ง ปากทางเข้าท่าเรือแหลมฉบังใน วันที่เก็บข้อมูล	43

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4-6 การแบ่งสภาพการคงตัวของบรรยากาศ ตำแหน่งชุมชนบ้านทุ่งในวันที่เก็บข้อมูล	44
4-7 สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายตามแนวตั้ง σ_z ของ Pasquill-gifford	44
4-8 ค่า Index of agreement ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ บนทางหลวงพิเศษ หมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ตำแหน่ง โรงเรียนเทคโนโลยีศรีราชาโดย Gaussian dispersion line source models	45
4-9 ค่า Index of agreement ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ บนทาง หลวงพิเศษหมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ตำแหน่ง โรงเรียนเทคโนโลยี ศรีราชา โดย CALINE 4 models	45
4-10 ค่า Index of agreement ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ บนทางหลวง พิเศษหมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ตำแหน่ง โรงเรียนเทคโนโลยีศรีราชา โดย HIWAY 2 models	46
4-11 Factor of two ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากการตรวจวัด และจากการทำนายบนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ตำแหน่ง โรงเรียนเทคโนโลยีศรีราชา โดย Gaussian dispersion line source models....	46
4-12 Factor of two ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากการตรวจวัด และจาก การทำนายบนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ตำแหน่ง โรงเรียนเทคโนโลยีศรีราชาโดย CALINE 4 models.....	47
4-13 Factor of two ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากการตรวจวัด และจากการ ทำนายบนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ตำแหน่ง โรงเรียนเทคโนโลยีศรีราชาโดย HIWAY 2 models	47
4-14 ค่า Index of agreement ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ บนทางหลวง พิเศษหมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ตำแหน่งปากทางเข้าท่าเรือ แหลมฉบัง โดย Gaussian dispersion line source models	57
4-15 ค่า Index of agreement ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ บนทาง หลวงพิเศษหมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ตำแหน่งปากทางเข้าท่าเรือ แหลมฉบังโดย CALINE 4 models	57

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4-16 ค่า Index of agreement ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ บนทาง หลวงพิเศษหมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ตำแหน่งปากทางเข้า ท่าเรือแหลมฉบัง โดย HIWAY 2 models	58
4-17 Factor of two ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากการตรวจวัด และจาก การทำนายบนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ตำแหน่ง ปากทางเข้าท่าเรือแหลมฉบัง โดย Gaussian dispersion line source models	58
4-18 Factor of two ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากการตรวจวัด และจาก การทำนายบนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ตำแหน่ง ปากทางเข้าท่าเรือแหลมฉบัง โดย CALINE 4 models.....	59
4-19 Factor of two ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากการตรวจวัด และจาก การทำนายบนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ตำแหน่ง ปากทางเข้าท่าเรือแหลมฉบัง โดย HIWAY 2 models	59
4-20 ค่า Index of agreement ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ บนทางหลวงพิเศษ หมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ตำแหน่งชุมชนบ้านทุ่ง โดย Gaussian line source dispersion models	69
4-21 ค่า Index of agreement ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ บนทางหลวงพิเศษ หมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ตำแหน่งชุมชนบ้านทุ่ง โดย CALINE 4 models.....	69
4-22 ค่า Index of agreement ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ บนทางหลวงพิเศษ หมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ตำแหน่งชุมชนบ้านทุ่ง โดย HIWAY 2 models	70
4-23 Factor of two ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากการตรวจวัด และ จากการทำนายบนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ตำแหน่งชุมชนบ้านทุ่ง โดย Gaussian dispersion line source models.....	70
4-24 Factor of two ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากการตรวจวัด และจาก การทำนายบนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ตำแหน่ง ชุมชนบ้านทุ่ง โดย CALINE 4 models	71

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4-25 Factor of two ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากการตรวจวัด และจากการทำนายบนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ตำแหน่งชุมชนบ้านทุ่ง โดย HIWAY 2 models	71
4-26 ผลการคาดการณ์ปริมาณจราจร สายทางแยกต่างระดับหนองขาม-ทางแยกต่างระดับแหลมฉบัง	84
4-27 ลักษณะทางเรขาคณิตของถนน	84
4-28 ปริมาณการจราจร และความเร็วของกระแสจราจรจากแบบจำลองปี พ.ศ. 2559	85
4-29 ปริมาณการจราจร และความเร็วของกระแสจราจรจากแบบจำลองปี พ.ศ. 2569	85
4-30 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ปี พ.ศ. 2557 (ปีศึกษา) จากการทำนายด้วยแบบจำลอง ๑ Gaussian dispersion, CALINE 4 และ HIWAY 2.....	86
4-31 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ปี พ.ศ. 2559 (ปีที่เปิดใช้โครงการฯ) จากการทำนาย ด้วยแบบจำลอง ๑ Gaussian dispersion ,CALINE 4 และ HIWAY 2..	88
4-32 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ปี พ.ศ. 2569 (ปีอนาคต) จากการทำนายด้วยแบบจำลอง ๑ Gaussian dispersion, CALINE 4 และ HIWAY 2.....	90
5-1 ค่าที่ได้จากการประเมินแบบจำลอง Gaussian dispersion line source model	94

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1-1 แผนดำเนินการศึกษา.....	5
2-1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยกับปริมาณมลพิษของไฮโดรคาร์บอน คาร์บอนมอนอกไซด์ของไนโตรเจน	7
2-2 พฤติกรรมของควันที่ออกมาจากปล่อง.....	18
2-3 การกระจายตัวของควันในรูป 3 มิติ.....	19
2-4 สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายในแนวแกน y	20
2-5 สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายในแนวแกน z	21
3-1 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา (1).....	31
3-2 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา (ต2)	32
3-3 จุดตรวจวัดคุณภาพอากาศ	35
4-1 Gaussian dispersion models ในวันที่ 27-28 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 เวลา 13:00-12:00 น.	48
4-2 Gaussian dispersion models ในวันที่ 28-29 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 เวลา 13:00-12:00 น.	48
4-3 Gaussian dispersion models ในวันที่ 29-30 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 เวลา 13:00-12:00 น.	49
4-4 Gaussian dispersion models ในวันที่ 25-26 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-13:00 น..	49
4-5 Gaussian dispersion models ในวันที่ 26-27 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-13:00 น..	50
4-6 Gaussian dispersion models ในวันที่ 27-28 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-13:00 น.	50
4-7 CALINE 4 models ในวันที่ 27-28 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 เวลา 13:00-12:00 น.....	51
4-8 CALINE 4 models ในวันที่ 28-29 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 เวลา 13:00-12:00 น.....	51
4-9 CALINE 4 models ในวันที่ 29-30 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 เวลา 13:00-12:00 น.....	52
4-10 CALINE 4 models ในวันที่ 25-26 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-13:00 น.	52
4-11 CALINE 4 models ในวันที่ 26-27 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-13:00 น	53
4-12 CALINE 4 models ในวันที่ 27-28 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-13:00 น.	53
4-13 HIWAY 2 models ในวันที่ 27-28 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 เวลา 13:00-12:00 น.....	54
4-14 HIWAY 2 models ในวันที่ 28-29 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 เวลา 13:00-12:00 น.....	54
4-15 HIWAY 2 models ในวันที่ 29-30 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 เวลา 13:00-12:00 น.....	55
4-16 HIWAY 2 models ในวันที่ 25-26 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-13:00 น.	55

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-17 HIWAY 2 models ในวันที่ 26-27 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-13:00 น	56
4-18 HIWAY 2 models ในวันที่ 27-28 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-13:00 น.....	56
4-19 Gaussian dispersion models ในวันที่ 27-28 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 เวลา 09:00-08:00 น.....	60
4-20 Gaussian dispersion models ในวันที่ 28-29 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 เวลา 09:00-08:00 น.	60
4-21 Gaussian dispersion models ในวันที่ 29-30 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 เวลา 09:00-08:00 น	61
4-22 Gaussian dispersion models ในวันที่ 25-26 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-13:00 น..	61
4-23 Gaussian dispersion models ในวันที่ 26-27 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-13:00 น..	62
4-24 Gaussian dispersion models ในวันที่ 27-28 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-13:00 น..	62
4-25 CALINE 4 models ในวันที่ 27-28 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 เวลา 09:00-08:00 น.....	63
4-26 CALINE 4 models ในวันที่ 28-29 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 เวลา 09:00-08:00 น.....	63
4-27 CALINE 4 models ในวันที่ 29-30 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 เวลา 09:00-08:00 น.....	64
4-28 CALINE 4 models ในวันที่ 29-30 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 เวลา 09:00-08:00 น.....	64
4-29 CALINE 4 models ในวันที่ 26-27 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-11:00 น.....	65
4-30 CALINE 4 models ในวันที่ 27-28 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-11:00 น.....	65
4-31 HIWAY 2 models ในวันที่ 27 -28 พฤษภาคม พ.ศ.2557 เวลา 09:00 – 08:00 น.....	66
4-32 HIWAY 2 models ในวันที่ 28-29 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 เวลา 09:00-08:00 น.....	66
4-33 HIWAY 2 models ในวันที่ 29-30 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 เวลา 09:00-08:00 น.....	67
4-34 HIWAY 2 models ในวันที่ 25-26 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-11:00 น.....	67
4-35 HIWAY 2 models ในวันที่ 26-27 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-11:00 น.....	68
4-36 HIWAY 2 models ในวันที่ 27-28 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-11:00 น.....	68
4-37 Gaussian dispersion models ในวันที่ 30-31 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 เวลา 17:00-16:00 น.	72
4-38 Gaussian dispersion models ในวันที่ 31 พฤษภาคม-1 มิถุนายน พ.ศ. 2557 เวลา 17:00-16:00 น.....	72
4-39 Gaussian dispersion models ในวันที่ 1-2 มิถุนายน พ.ศ. 2557 เวลา 17:00-16:00 น...	73
4-40 Gaussian dispersion models ในวันที่ 25-26 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-11:00 น..	73

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-41 Gaussian dispersion models ในวันที่ 26-27 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-11:00 น..	74
4-42 Gaussian dispersion models ในวันที่ 27-28 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-11:00 น..	74
4-43 CALINE 4 models ในวันที่ 30-31 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 เวลา 17:00-16:00 น.....	75
4-44 CALINE 4 models ในวันที่ 31 พฤษภาคม-1 มิถุนายน พ.ศ. 2557 เวลา 17:00-16:00 น.	75
4-45 CALINE 4 models ในวันที่ 1-2 มิถุนายน พ.ศ. 2557 เวลา 17:00-16:00	76
4-46 CALINE 4 models ในวันที่ 25-26 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-11:00 น.	76
4-47 CALINE 4 models ในวันที่ 26-27 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-11:00 น.	77
4-48 CALINE 4 models ในวันที่ 27-28 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-11:00 น.	77
4-49 HIWAY 2 models ในวันที่ 30-31 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 เวลา 17:00-16:00 น.....	78
4-50 HIWAY 2 models ในวันที่ 31 พฤษภาคม-1 มิถุนายน พ.ศ. 2557 เวลา 17:00-16:00 น.	78
4-51 HIWAY 2 models ในวันที่ 1-2 มิถุนายน พ.ศ. 2557 เวลา 17:00-16:00 น	79
4-52 HIWAY 2 models ในวันที่ 25-26 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-11:00 น.	79
4-53 HIWAY 2 models ในวันที่ 26-27 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-11:00 น.	80
4-54 HIWAY 2 models ในวันที่ 27-28 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-11:00 น.	80
4-55 ผลการคาดการณ์ปริมาณจราจรปี พ.ศ. 2559	82
4-56 ผลการคาดการณ์ปริมาณจราจรปี พ.ศ. 2569	83
4-57 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์จากแบบจำลอง Gaussian dispersion CALINE 4 และ HIWAY 2 ปีศึกษา พ.ศ. 2557 ตำแหน่งโรงเรียนเทคโนโลยีศรีราชา ...	86
4-58 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์จากแบบจำลอง Gaussian dispersion CALINE 4 และ HIWAY 2 ปีศึกษา พ.ศ. 2557 ตำแหน่งปากทางเข้าท่าเรือแหลมฉบัง .	87
4-59 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์จากแบบจำลอง Gaussian dispersion CALINE 4 และ HIWAY 2 ปีศึกษา พ.ศ. 2557 บริเวณชุมชนบ้านทุ่ง.....	87
4-60 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์จากแบบจำลอง Gaussian dispersion CALINE 4 และ HIWAY 2 ปีศึกษา พ.ศ. 2559 บริเวณโรงเรียนเทคโนโลยีศรีราชา	88
4-61 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์จากแบบจำลอง Gaussian dispersion CALINE 4 และ HIWAY 2 ปีที่เปิดใช้โครงการ ฯ พ.ศ.2559 บริเวณปากทางเข้า ท่าเรือแหลมฉบัง	89

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-62 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากแบบจำลอง Gaussian dispersion CALINE 4 และ HIWAY 2 ปีศึกษา พ.ศ. 2559 บริเวณชุมชนบ้านทุ่ง.....	89
4-63 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากแบบจำลอง Gaussian dispersion CALINE 4 และ HIWAY 2 ปีศึกษา พ.ศ. 2569 บริเวณโรงเรียนเทคโนโลยี ศรีราชา.....	90
4-64 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากแบบจำลอง Gaussian dispersion CALINE 4 และ HIWAY 2 ปีที่เปิดใช้โครงการฯ พ.ศ.2569 บริเวณปากทางเข้าท่าเรือ แหลมฉบัง	91
4-65 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากแบบจำลอง Gaussian dispersion CALINE 4 และ HIWAY 2 ป้อนาคต พ.ศ. 2569 บริเวณชุมชนบ้านทุ่ง	91

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 สายกรุงเทพมหานคร-บ้านฉาง (ตอนแยกหนองขาม-แยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ช่วง กม.0+000 ถึง กม.8+500 เป็นเส้นทางหลักที่ใช้ขนส่งสินค้าระหว่างท่าเรือแหลมฉบัง กับทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 สายกรุงเทพฯ-ชลบุรี ซึ่งกระจายสินค้าไปยังส่วนต่าง ๆ ของประเทศ การเดินทางและการขนส่งนับเป็นปัจจัยพื้นฐานที่จะสนับสนุนให้เกิดการพัฒนาสำหรับพื้นที่ที่การเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องทางเศรษฐกิจการลงทุนและการท่องเที่ยว จึงต้องมีแผนจัดการ โครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ สำหรับในพื้นที่ที่การเจริญเติบโตอย่างแข็งแกร่ง

การปรับปรุงสภาพการเดินทางและขนส่งเป็นสิ่งที่มีรัฐบาลใช้เป็นเครื่องมือกระตุ้นให้เกิดความเจริญในพื้นที่ทำให้ประชาชนได้รับสิทธิหรือผลประโยชน์อย่างเสมอภาคกันรวมทั้งเป็นการกระจายโอกาสในการเข้าถึงบริการด้านสาธารณสุขูปโภคและ โครงสร้างพื้นฐานภาครัฐ ดังนั้นการเดินทางและการขนส่งจึงถูกใช้เป็นดัชนีชี้วัดถึงความเจริญของพื้นที่อันหนึ่งด้วย

สำหรับทางหลวงพิเศษหมายเลข 3 สุขุมวิท ที่เชื่อมต่อกับโครงการก่อนเข้าท่าเรือแหลมฉบังและยังเชื่อมต่อกับชุมชนต่าง ๆ ของตำบลอ่าวอุดม อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ปัจจุบันการจราจรติดขัด เนื่องจากช่องจราจรไม่เพียงพอกับปริมาณการจราจร กรมทางหลวงจึงได้เตรียมการปรับปรุงทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 สายกรุงเทพมหานคร-บ้านฉาง (ตอนแยกหนองขาม-แยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ช่วง กม. 0+000 ถึง กม. 8+500 เพื่อแก้ปัญหาการติดขัดรองรับปริมาณการจราจรในอนาคต และยกระดับการให้บริการแก่ผู้ใช้ทาง โครงการก่อสร้างจะดำเนินการขยายทางหลวงเดิมจาก 4 ช่องจราจรเป็นถนน 8 ช่องจราจร และอีก 6 ช่องจราจรเป็นถนนคู่ขนานทางหลวงพิเศษ (Frontage road) ก่อสร้างสะพานยกระดับ ก่อสร้างขยายสะพานเดิมและสะพานกลับรถ ด้วยเหตุนี้อาจทำให้สภาพการจราจรในอนาคตของถนนบริเวณพื้นที่ศึกษามีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งปัจจุบันนี้มีถนนคู่ขนานเชื่อมต่อทางหลวงหมายเลข 3 สุขุมวิท (ถนนสวนทองถิ่น) และปริมาณรถประเภทต่าง ๆ จากชุมชนบริเวณใกล้เคียงพื้นที่ศึกษา หากต้องมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของถนนตามโครงการดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อด้านการจราจร เช่น การสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจ และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านสิ่งแวดล้อมทางหลวงหมายเลข 3 สุขุมวิท คือ ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาหมอกพิษในอากาศ

ที่เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ในเครื่องยนต์ คือ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon Monoxide: CO) เป็นมลพิษที่สำคัญเนื่องจากว่าประมาณ 2 ใน 3 ของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในบรรยากาศ เกิดจากการเผาไหม้ จากภายในเครื่องยนต์ซึ่งใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง

กรมควบคุมมลพิษได้ตรวจวัดคุณภาพอากาศในพื้นที่ทั่วไปของกรุงเทพมหานคร และจังหวัดชลบุรี ปี พ.ศ. 2557 (เดือน มกราคม-สิงหาคม) พบว่ามลพิษที่เป็นปัญหาหลัก ได้แก่ ฝุ่น และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ส่วนมลพิษอื่น ได้แก่ สารตะกั่ว ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และพบว่าคุณภาพอากาศบริเวณริมถนนมีปริมาณมลพิษทางอากาศสูงกว่าบริเวณพื้นที่ทั่วไป

การศึกษาสภาพสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ โดยในรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7 สายชลบุรี-พัทยาซึ่งได้รับความเห็นชอบจาก คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติในการประชุมครั้งที่ 5/2551 เมื่อวันที่ 24 พฤศจิกายน พ.ศ. 2551 พบว่ามีปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ทำการศึกษากำหนด 17 ปัจจัย และหนึ่งในปัจจัย คือ คุณภาพอากาศ และบรรยากาศ ตามแนวทางการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของโครงการทางหลวง ซึ่งจัดทำโดยสำนักงานสิ่งแวดล้อมและการมีส่วนร่วมของประชาชน กรมทางหลวง ผู้ศึกษาได้รวบรวมรายละเอียดจากรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA) ที่เกี่ยวข้อง คือ

ตารางที่ 1-1 รายละเอียดรายงานการวิเคราะห์ตามมาตรการติดตามผลกระทบสิ่งแวดล้อม

รายละเอียดการออกแบบที่นำเสนอในรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA)	การออกแบบปรับปรุงที่ดำเนินการภายใต้โครงการนี้
1. การออกแบบแนวเส้นทาง ทำการขยายช่องจราจรให้เป็น 6 ช่องจราจร ผิวคอนกรีตทั้ง 2 ช่วง และควบคุมทางเข้า-ออก โดยสมบูรณ์	1. การออกแบบแนวเส้นทาง ทำการปรับปรุงทางบริการตามที่เสนอไว้ในรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม จากเดิมมีความกว้าง 10 เมตร ให้มีความกว้างเพิ่มขึ้น 17 เมตร และยาวตลอดแนวเส้นทางทั้ง 2 ช่วง จุดกลับรถทำการก่อสร้างเป็นจุดกลับรถต่างระดับไม่มีจุดกลับรถแบบเปิดเกาะ
2. ก่อสร้างทางบริการเพื่อทดแทนเส้นทางเดิมขนาดความกว้าง 10 เมตร ทำการยกเลิกจุดกลับรถแบบเปิดเกาะเดิม 5 แห่งและทำจุดกลับรถในลักษณะทางลอดเพิ่ม 9 แห่ง รวมทั้งยกระดับให้เส้นทางหลักสูง 6 เมตร	

ตารางที่ 1-2 ปัจจัยสิ่งแวดล้อม ประเด็นศึกษา ผลกระทบสิ่งแวดล้อม และกิจกรรมที่ก่อให้เกิด
ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

องค์ประกอบ และปัจจัยด้าน สิ่งแวดล้อม	ประเด็นศึกษา	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	รายละเอียดกิจกรรมที่ ก่อให้เกิดผลกระทบ
1. อากาศและ บรรยากาศ	คุณภาพอากาศ	ผลกระทบจากการเพิ่ม ขึ้นของมลพิษทางอากาศ จากยานพาหนะและ เครื่องจักรต่อพื้นที่ อ่อนไหวด้านสิ่งแวดล้อม	1. การก่อสร้างและ ปรับปรุงถนน 2. การก่อสร้างสะพาน ทางลอดใหม่ และ ขยายสะพานเดิม 3. การจัดการจราจรและ เก็บค่าธรรมเนียม ผ่านทาง

บริเวณโครงการทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 ดังกล่าวอาจเป็นพื้นที่ที่ประสบปัญหาด้านมลพิษทางอากาศจากก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เช่นเดียวกับเมืองใหญ่ แม้ว่าความรุนแรงของปัญหาจะน้อยกว่าในปัจจุบัน แต่ก็มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น ถ้าไม่มีการศึกษาเพื่อหาแนวทางป้องกันคาดว่าปัญหานี้จะรุนแรงขึ้น โดยปัญหาด้านมลพิษทางอากาศจะมีปัจจัยหลักเกิดจากปัญหาด้านการจราจรคือ จำนวนยานพาหนะ และระยะเวลาที่ยานพาหนะอยู่บนถนน นอกจากนั้นยังพบว่ามีความแปรปรวนมากมายที่มีผลต่อปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ เช่น ความเร็วของกระแสการจราจร ความกว้างถนน ลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะภูมิอากาศ ความเร็วลม และทิศทางลม

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาวิเคราะห์หาขนาด และความรุนแรงของการกระจายก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากยานพาหนะในทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 สายกรุงเทพมหานคร-บ้านฉาง (ตอนแยกหนองขาม-แยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ช่วง กม. 0+000 ถึง กม. 8+500 ในปีปัจจุบัน (2557) และปีอนาคตโดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

กรอบแนวคิดในการศึกษา

1. ศึกษาแบบจำลองการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากยานพาหนะ
2. ประเมินการกระจายก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จาก Line source model
3. วิเคราะห์ระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากการจราจรในพื้นที่ศึกษา
4. เปรียบเทียบปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากเครื่องมือตรวจวัดมลพิษ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา

1. ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ กับระดับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ใช้ทำนายระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์
2. สามารถทำนายปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในตำแหน่งที่ไม่มีเครื่องมือตรวจวัดมลพิษ และทำนายปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในพื้นที่ศึกษาในปีปัจจุบัน (2557) และปีอนาคต

ขอบเขตของการศึกษา

ประเมินระดับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้มีการศึกษาไว้แล้ว ดังภาพที่ 1-1

หัวข้อ	กิจกรรม	2557			2558-2559			
		ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.-เม.ย.58	พ.ค.-ก.ค.58	ธ.ค.-ธ.ค.58	ม.ค.-พ.ค.59
1	พิจารณาหัวข้องานนิพนธ์	■■■■■						
2	ทบทวนวรรณกรรม ศึกษาหลักการที่เกี่ยวข้อง		■■■■■					
3	กำหนดพื้นที่ศึกษา			■■■■■				
4	รวบรวมข้อมูลด้านการจราจร และข้อมูลอัตราการปล่อยมลพิษ			■■■■■				
5	รวบรวมข้อมูลด้านอุตุณิยมวิทยา			■■■■■	■■■■■			
6	รวบรวมข้อมูลการตรวจวัดมลพิษ				■■■■■			
7	เลือกแบบจำลอง					■■■■■		
8	ประเมินแบบจำลอง					■■■■■		
9	ประยุกต์แบบจำลองกรณีปัจจุบัน						■■■■■	
10	ประยุกต์แบบจำลองกรณีปีอนาคต							■■■■■
11	สรุปผลการศึกษา / ข้อเสนอแนะ							■■■■■

ภาพที่ 1-1 แผนดำเนินการศึกษา

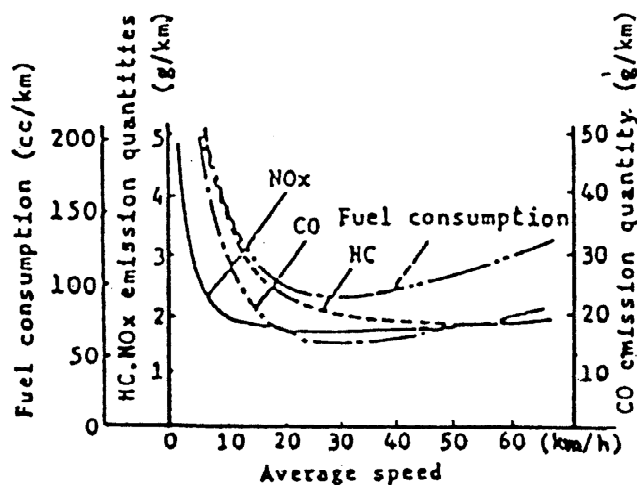
บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ มีสูตรโมเลกุล คือ CO ก๊าซนี้เป็นก๊าซที่ไม่มีสี กลิ่น และรส เราจึงไม่สามารถทราบได้เลยว่าในอากาศมีก๊าซนี้แทรกตัวอยู่ ดังคุณสมบัติที่กล่าวมาจึงทำให้ ผู้ได้รับอันตรายจากการสูดดมเข้าไปในร่างกายโดยไม่รู้ตัว ก๊าซนี้เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง การหุงต้มภายในบ้าน กิจกรรมการเผาต่าง ๆ เช่น เผาขยะ การสูบบุหรี่ การเผาเศษวัสดุ คุณสมบัติของก๊าซนี้จะไวต่อปฏิกิริยาที่อุณหภูมิสูงจะพบรายงานผู้ได้รับผลกระทบในชีวิตประจำวันของผู้ที่ใช้เส้นทางการจราจรที่ติดขัดมาก ๆ

มาริษา ภูภิณโยกุล (2554) กล่าวว่า ผลกระทบต่อสุขภาพ คือ ก๊าซนี้จะไปทำให้ร่างกายขาดออกซิเจนโดยลดความสามารถในการขนส่งออกซิเจนของเลือดทำให้สมอง และหัวใจที่ต้องการออกซิเจนมากทำงานได้ไม่เต็มที่ทำให้หัวใจและหลอดเลือดต้องทำงานหนักขึ้น เพื่อเพิ่มการส่งโลหิตไปเลี้ยงทั่วร่างกาย เพื่อชดเชยกับปริมาณออกซิเจนในเลือดที่ต่ำลง ผลต่อมาก็คือ สมองทำงานช้าลง ตาพร่ามัว มึนงง ปวดศีรษะ คลื่นไส้ อ่อนเพลีย และอาจเกิดโรคหัวใจได้ เมื่อรับก๊าซนี้ติดต่อสะสมเป็นเวลานาน

สุพัฒน์ หวังวงศ์วัฒนา (2536) ได้ศึกษา การขับขีรถตามสภาพการจราจรในเมืองใหญ่ ส่วนมากรถจะวิ่งได้ด้วยความเร็วน้อยกว่า 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งวิ่งและหยุดขณะติดสัญญาณไฟหรือการจราจรแออัด ทำให้เกิดมลพิษทางไอเสียของรถในขณะที่เดินทาง ขณะเร่งในการศึกษาเกี่ยวกับมลพิษที่เกิดจากยานพาหนะชนิดต่าง ๆ ความเร็ว และลดความเร็ว ที่ความเร็วเฉลี่ยต่ำกว่า 10-20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะมีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์สูงและที่ความเร็วสูง (ขณะเร่ง) ก็เช่นเดียวกัน ดังภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยกับปริมาณมลพิษของไฮโดรคาร์บอน คาร์บอนมอนอกไซด์ของไนโตรเจน (สุพัฒน์ หวังวงศ์วัฒนา, 2536)

งานศึกษาที่ผ่านมา

แบบจำลองมลพิษทางอากาศ

การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประเมินความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศในบรรยากาศนั้นเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการศึกษาผลกระทบที่เกิดจากแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ ซึ่งมีผลต่อผู้รับมลพิษ การศึกษาผลกระทบที่ดีที่สุดนั้น ได้แก่ การตรวจวัดมลพิษทางอากาศด้วยเครื่องมือทางฟิสิกส์หรือทางเคมี แต่เนื่องจากการวัดทำได้จำกัด เช่น สามารถตรวจวัดได้เพียงชั่วระยะเวลาหนึ่งหรือบางครั้งต้องใช้เวลาและใช้เครื่องมือตรวจวัดอัตโนมัติที่มีราคาแพงเพื่อต้องการวัดค่าแบบต่อเนื่อง อีกทั้งมีข้อจำกัดอื่น ๆ

ในถนนหรือพื้นที่หนึ่ง ๆ มีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องศึกษาว่ามลพิษเกิดขึ้นได้อย่างไรและแพร่กระจายในอากาศเป็นลักษณะอย่างไร โดยสามารถแยกเป็นทฤษฎีต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

แบบจำลองการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากยานพาหนะ

Johnson, Ludwig, Dabberdt, and Allen (1973) ได้นำเสนอแบบจำลอง Stanford research institute CO โดยได้จากการศึกษาของ Ludwig, Peterson, & Gortmaker (2001) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยมลพิษจากยานพาหนะ (Emission) และความเร็วเฉลี่ยในประเทศสหรัฐอเมริกา แบบจำลองประกอบด้วยค่าคงที่ α และ β ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของยานพาหนะ และสัดส่วนปริมาณยานพาหนะในกระแสรถ และชนิดของอุปกรณ์ติดตั้งควบคุม

มลพิษของยานพาหนะ (Emission control devices) สามารถประมาณค่าคงที่ α และ β เฉลี่ยสำหรับยานพาหนะทุกประเภทได้เท่ากับ 0.12 และ 0.75 ตามลำดับ Hickman and Colwill (1982) ได้ศึกษาอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากกระแสนจราจรในประเทศอังกฤษ พบว่า อัตราการปล่อยมลพิษขึ้นอยู่กับปริมาณการจราจรประเภทยานพาหนะคุณลักษณะของเครื่องยนต์และสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์สองกลุ่มคือ เครื่องยนต์เบนซินและเครื่องยนต์ดีเซล ปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในปริมาณที่เท่ากัน และความเร็วของยานพาหนะจะเป็นค่าที่ใช้บอกสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์เมื่อประยุกต์แบบจำลองของ Stanford research institute CO model สามารถประมาณค่าคงที่ α และ β เฉลี่ยสำหรับยานพาหนะทุกประเภทได้เท่ากับ 0.1031 และ 0.795

ประเมินการกระจายก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จาก Line source model

Sivacoumara and Thanasekaranb (1999) ศึกษาการใช้ General finite line source model (GFLSM) เพื่อทำนายปริมาณความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากแหล่งกำเนิดแบบเป็นแนวในเมืองมัทราส หรือเมืองเจนไนในปัจจุบัน ซึ่งเป็นเมืองใหญ่ ติดกับอ่าวเบงกอล ประเทศอินเดีย โดยเลือกถนนขนาด 4 ช่องจราจร ที่มีการแบ่งแยกทิศทางการจราจร (Divided street) มาเป็นสถานที่เก็บข้อมูล 4 เส้นทาง การเก็บข้อมูล แยกเป็นข้อมูลเกี่ยวกับการจราจร เช่น ปริมาณการจราจร ความเร็วของกระแสนจราจร และข้อมูลทางอุทกนิยวิทยา เช่น ความเร็วลม ทิศทางลม อุณหภูมิ ความชื้น ซึ่งทำการเก็บข้อมูลระหว่าง เดือนพฤษภาคม ค.ศ. 1989 ถึงเดือนมกราคม ค.ศ. 1990 พร้อมกันนั้นได้มีการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ด้วยเครื่องบันทึกแบบอัตโนมัติ โดยวัดตลอด 17 ชั่วโมง (06:00-22:00 น.) ซึ่งวัดเป็นค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง การเก็บข้อมูลปริมาณการจราจรผู้ทำการศึกษาได้มีการแยกประเภทของยานพาหนะ โดยแยกเป็นรถจักรยานยนต์ รถสามล้อ รถที่ใช้น้ำมันเบนซิน รถที่ใช้น้ำมันดีเซล และรถบรรทุกขนาดใหญ่ โดยมีความเร็วเฉลี่ย 40-70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากการตรวจวัดพบว่าความเข้มข้นที่ตำแหน่งพื้นดินจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่ออยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดมากขึ้นการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองใช้วิธีทางสถิติ ได้แก่ Mean square error และ Index of agreement จากการตรวจสอบพบว่า GFLSM มีความเหมาะสมเป็นอย่างมากทั้งนี้ค่าที่ทำนายจากแบบจำลองอาจจะมีค่ามากกว่าความเป็นจริงเมื่อทิศทางลมขนานกับถนนและความผิดพลาดของแบบจำลองอาจเกิดจากอัตราการปล่อยมลพิษไม่สอดคล้องกับคุณลักษณะของยานพาหนะของประเทศอินเดีย

การประยุกต์ Gaussian dispersion models

Okamoto (1978) ศึกษาการทดสอบความใช้ได้ของแบบจำลองที่ใช้สมการ Gaussian plume ณ Keihin ประเทศญี่ปุ่น โดยเปรียบเทียบค่าทางสถิติระหว่างค่าการตรวจวัดจริงกับค่าที่

คำนวณได้จากแบบจำลองของก๊าซ SO₂ ค่าเฉลี่ยรายชั่วโมง ในช่วงระยะเวลา 3 เดือน ใช้จุดตรวจวัดจำนวน 11 สถานีได้ค่า Correlation coefficient อยู่ระหว่าง 0.20-0.58 สำหรับค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง และได้ค่า Correlation coefficient อยู่ระหว่าง 0.09-0.74 สำหรับค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง

Colwill (1979) ได้ทำการทดลองหาแบบจำลองที่จะใช้ในการหาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนตริกออกไซด์ บริเวณ Midlands motorway interchange เมือง Birmingham ประเทศอังกฤษ ซึ่งประกอบด้วยถนนที่เป็นลักษณะทางตรง ทางโค้ง และวงกลมข้อมูลที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย ปริมาณการจราจร อัตราการปล่อยมลพิษ ความสูงของถนน ความเร็วลม ทิศทางลม ลักษณะของเมฆที่ปกคลุมช่วงเวลา และพิกัดตำแหน่ง ขณะที่ทำการเก็บข้อมูลผู้ทำการศึกษาได้ตรวจวัดมลพิษโดยเครื่องตรวจมลพิษเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองที่ใช้เป็นแบบจำลอง Gaussian plume dispersion จากการพิจารณาปริมาณความเข้มข้นของมลพิษที่ได้จากแบบจำลองพบว่า มีความสัมพันธ์กับความสูงของทางยกระดับ และจุดที่พิจารณา กล่าวคือ เมื่อความสูงของทางยกระดับมีค่ามาก จะทำให้มลพิษแพร่กระจายไปได้ไกลและถ้าระยะทางระหว่างแหล่งกำเนิดมลพิษกับจุดที่พิจารณามีระยะทางสั้นจะมีปริมาณมลพิษมากกว่าระยะทางไกล ๆ เมื่อนำค่าที่ได้จากแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการตรวจวัดพบว่ามีความสอดคล้องกันมาก และยังพบว่า บนถนนที่อยู่ใต้ลมจากทางยกระดับมีระดับความเข้มข้นของก๊าซไนตริกออกไซด์สูงมากกว่าปกติเนื่องจากได้รับอิทธิพลจากความสูงของทางยกระดับ สรุปได้ว่านอกจากแบบจำลอง Gaussian plume จะใช้ได้กับถนนแบบทางตรงแล้ว ยังสามารถใช้ได้กับทางโค้ง ถนนที่มีลักษณะวงกลม และวงเวียน

ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และตะกั่วในบรรยากาศ จากถนนสายหลักของกรุงเทพมหานคร

อดิศร เฟื่องธรรม (2538) การศึกษาความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และตะกั่วในบรรยากาศ รวมทั้งปัจจัยบางประการที่มีผลต่อความเข้มข้นของมลพิษทั้ง 2 จากจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 10 จุด ตลอดระยะเวลา 5 วัน บริเวณแนวเส้นทางรถไฟฟ้าระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ (บีทีเอส) 9 จุด และนอกแนว 1 จุด พบว่า มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดใน 1 ชั่วโมงอยู่ระหว่าง 1.53-12.84 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ (50 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) จุดที่มีค่าความเข้มข้นสูงสุดบริเวณถนนสีลม และจุดที่มีค่าความเข้มข้นต่ำสุดอยู่ที่บริเวณโรงเรียนแสงหิรัญ (เชิงสะพานพระโขนง) ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์กับความเข้มข้นของตะกั่วในบรรยากาศบริเวณดังกล่าว พบว่ามีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกันระดับปานกลาง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.5782 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในบรรยากาศ ในช่วงระหว่างวันทำการและ

วันหยุด พบว่า ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ วันทำการจะมีความเข้มข้นสูงกว่าในวันหยุด หากทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% จะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ วันทำการและวันหยุดมีความเข้มข้นไม่แตกต่างกัน สำหรับความเข้มข้นของตะกั่วในบรรยากาศในช่วงระหว่างวันทำการและวันหยุดพบว่า ที่ระดับ 95% มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ วันทำการจะมีความเข้มข้นสูงกว่าในวันหยุด และความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์กับความเข้มข้นของตะกั่วในบรรยากาศกับความเร็วลมในบริเวณดังกล่าว พบว่า มีความสัมพันธ์กันในทิศทางตรงกันข้าม ระดับต่ำ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ -0.2071 และ -0.2933 ตามลำดับ

เนื่องจากความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และความเข้มข้นของตะกั่วในบรรยากาศขึ้นกับปริมาณการเกิดลมสงบ และเป็นปฏิกิริยาผกผันกับความเร็วม ดังนั้นการควบคุมกิจกรรมที่ก่อให้เกิดลมสงบมากขึ้น หรือทำให้ความเร็วมลดลงจึงมีความสำคัญ เช่น ควบคุมอาคารสูง ในบริเวณที่ถนนแคบ และมีการจราจรหนาแน่น ต้องมีการพิจารณาอย่างรอบคอบ หรือขยายถนนในบริเวณที่มีอาคารสูง เหล่านี้จะสามารถช่วยลดปัญหาดังกล่าวลงได้

ผลของการจราจรต่อความเข้มข้นคาร์บอนมอนอกไซด์ ในพื้นที่เขตเมืองเชียงใหม่

สุรัชย์ คำจิณะ (2545) ได้ทำการวิจัยเพื่อวิเคราะห์หาขนาด ความรุนแรงของการกระจายก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากยานพาหนะในตำแหน่งต่าง ๆ ของพื้นที่เขตเมืองเชียงใหม่ในปัจจุบันและปีอนาคต โดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Stanford research institute CO ในการนำมาใช้พิจารณาอัตราการปล่อยมลพิษจากแหล่งกำเนิด และใช้แบบจำลองประเภท Gaussian dispersion models 3 ประเภท คือ 1) Gaussian dispersion line source model 2) Delhe finite source model (DFLSM) และ 3) Finite line source model สำหรับเมืองเชียงใหม่ พบว่าแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุด คือ Gaussian dispersion line source model ผลของการตรวจสอบแบบจำลองอัตราการปล่อยมลพิษจากแหล่งกำเนิดด้วยวิธี Index of agreement มีค่าระหว่าง $0.982-0.999$ R^2 มีค่าระหว่าง $0.963-0.999$ และ Factor of two มีค่า $90.91-100\%$ แสดงว่าแบบจำลอง Stanford research institute CO ที่ถูกปรับเทียบมีความน่าเชื่อถือสูงมาก

การตรวจสอบแบบจำลองการแพร่กระจายมลพิษในอากาศ Gaussian dispersion line source model ในถนน 2 เส้นทาง คือ ถนนนิมมานเหมินท์ และถนนบุญเรืองฤทธิ์ พบว่า ที่ถนนนิมมานเหมินท์ มีความน่าเชื่อถือพอสมควร แต่ถ้าพิจารณาถนนบุญเรืองฤทธิ์ พบว่า แบบจำลองไม่มีความน่าเชื่อถือ ทั้งนี้เนื่องจากถนนบุญเรืองฤทธิ์เป็นถนนคู่ขนานกับถนนรอบคูเมืองเชียงใหม่ (ถนนอารักษ์) ทั้งนี้ผู้วิจัยไม่ได้เก็บข้อมูลทำให้ค่าที่ตรวจวัดมีค่าสูงกว่าค่าจากการทำนาย ส่งผลให้การตรวจสอบแบบจำลองเกิดความผิดพลาด ตำแหน่งที่มีการตรวจสอบค่าความเข้มข้น

ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ของถนน เป็น 2 ลักษณะ คือ ทำนายที่ตำแหน่งทางเท้าข้างถนนที่ระดับความสูงระดับต่าง ๆ จากพื้นดิน และทำนายที่ระดับพื้นดินที่ระยะทางต่าง ๆ ที่เพิ่มขึ้นจากแหล่งกำเนิดมลพิษที่ถูกปล่อยออกมาในช่วงเวลาสั้น ๆ ทำให้พบว่าค่าที่ทำนายยังไม่เกินมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก ซึ่งมีมาตรฐานว่าค่าที่สูงสุดไม่ว่าจะพิจารณาในช่วงเวลาสั้นเท่าใดจะต้องไม่เกิน 100 ppm ซึ่งความเข้มข้นมลพิษแปรผกผันกับลำดับความสูง และด้านเหนือลม ค่าความเข้มข้นมลพิษคงที่ตลอดความสูงที่เพิ่มขึ้น

จากการพิจารณาค่าที่ได้จากการทำนาย และค่าจากการตรวจวัด พบว่า ในช่วงโมงรับรุ่งเช้าค่าที่ได้จากการทำนายมีแนวโน้มสูงกว่าค่าที่ได้จากการตรวจวัดและในช่วงโมงรับรุ่งบ่ายค่าที่ได้จากการทำนายมีแนวโน้มต่ำกว่าค่าที่ได้จากการตรวจวัด เนื่องจากในช่วงเช้าอุณหภูมิค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จะสะสมอยู่บริเวณใกล้พื้นดิน ไม่สามารถแพร่กระจายได้ทำให้ค่าที่ตรวจวัดสูงกว่าค่าที่ทำนาย แต่ในช่วงบ่ายอุณหภูมิสูงก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์สามารถแพร่กระจายได้ดีทำให้ค่าที่ได้จากการทำนายสูงกว่าค่าที่ได้จากการตรวจวัดทั้งนี้การทำนายค่าความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์อาจจะมีความคลาดเคลื่อนได้ เนื่องจากการทำนายในพื้นที่เขตเมืองอาจจะมีผลกระทบเนื่องจากถนนข้างเคียง ส่วนการนำผลที่ได้จากการทำนายจากแบบจำลองไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพอากาศ ในบรรยากาศนั้น เป็นการเปรียบเทียบเชิงคุณภาพมากกว่าปริมาณ

ทฤษฎีการวิเคราะห์หาปริมาณมลพิษจากแหล่งกำเนิด (Source emittant)

มลพิษที่ถูกปล่อยออกจากยานพาหนะประเภทต่าง ๆ จะมีปริมาณมากเพียงใดขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ชนิดเครื่องยนต์ สภาพเครื่องยนต์ ความเร็วของยานพาหนะ ปริมาณการจราจร เป็นต้น การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อที่จะทำนายปริมาณมลพิษจากแหล่งกำเนิดต้องอาศัยการทดลองประกอบซึ่งจะให้แบบจำลองต่าง ๆ เป็นลักษณะแบบ Empirical ดังต่อไปนี้

กลุ่มแบบจำลองที่เสนอโดย Biggs-Akcelik

ที่ใช้ทำนายปริมาณมลพิษที่ปล่อยจากยานพาหนะ ซึ่งประกอบด้วย 4 แบบจำลองที่เหมาะสมกับแต่ละสภาพการณ์ ดังต่อไปนี้

1. Instantaneous model

เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการทำนายปริมาณมลพิษประเภทต่าง ๆ ที่ปล่อยออกมาขณะยานพาหนะ 1 คัน วิ่งต่อหน่วยเวลา ซึ่งเหมาะสมสำหรับถนนที่มียานพาหนะวิ่งผ่านอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา แบบจำลองมีลักษณะดังสมการที่ 1 และ 2

$$\frac{dE(X)}{dt} = \alpha_1 + \beta_1 R_T v + \left[\frac{\beta_2 M a^2 v}{1000} \right]_{a>0} \quad R_T > 0 \quad (2-1)$$

$$\frac{dE(X)}{dt} = \alpha_1 \quad R_T \geq 0 \quad (2-2)$$

เมื่อ $\frac{dE(X)}{dt}$ คือ ปริมาณมลพิษชนิด X ที่ปล่อยออกมาขณะยานพาหนะ 1 คันวิ่ง

ต่อหน่วยเวลา (g/veh/s)

v คือ ความเร็ว (m/s)

a คือ ความเร่ง (m/s²)

R_T คือ แรงจูง (Tractive Force) ที่ใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องยนต์ (kN)

M คือ มวลของยานพาหนะ (kg)

α_1 คือ อัตราการปล่อยมลพิษขณะที่ยานพาหนะจอด (g/s)

β_1 คือ ค่าคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับ การปล่อยมลพิษของเครื่องยนต์ (g/kJ)

β_2 คือ ค่าคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับ การปล่อยมลพิษในขณะที่มีความเร่ง (g/(kJ.ms²))

โดย R_T มีความสัมพันธ์ดังสมการที่ 3

$$R_T = b_1 + b_2 v^2 + \frac{Ma}{1000} + g \left(\frac{M}{1000} \right) \left(\frac{G}{1000} \right) \quad (2-3)$$

เมื่อ g คือ แรงดึงดูดของโลก (m/s²)

G คือ ความชัน (%)

b_1 คือ แรงจูงเนื่องจากความเสียดทานภายในเครื่องยนต์ (kN)

b_2 คือ แรงต้านเนื่องจากความเสียดทานของลม (kg/m)

2. Elemental model

เป็นแบบจำลองที่เหมาะสมในการทำนายมลพิษประเภทต่าง ๆ ที่ปล่อยจาก

ยานพาหนะ 1 คันในบริเวณทางแยก หรือในช่วงถนนหนึ่ง ๆ โดยในแบบจำลองใช้สมมติฐานดังต่อไปนี้

2.1 ยานพาหนะวิ่งด้วยความเร็วคงที่เมื่อเข้าสู่ถนนช่วงที่พิจารณา

2.2 ยานพาหนะจะลดความเร็ว เมื่อยานพาหนะอยู่ในแถวคอย (Queue)

2.3 ในขณะที่อยู่ในแถวคอยยานพาหนะคิดเครื่องยนต์ในสภาวะปกติ (ไม่เร่ง

เครื่องยนต์)

2.4 ยานพาหนะจะเร่งความเร็วเมื่อแถวคอยแยกออกจากกัน

2.5 ยานพาหนะวิ่งด้วยความเร็วคงที่จนกระทั่งออกจากช่วงถนนที่พิจารณา

แบบจำลองชนิดนี้จะพิจารณาผลกระทบจากความล่าช้า (Delays) การรอในแถวคอย (Queuing) และจำนวนครั้งของการจอดจากการควบคุมของสัญญาณไฟจราจร ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองประกอบด้วย ความเร็ว (v_c) จำนวนครั้งของการจอด เวลาที่ใช้ในการจอด (t_1) ระยะของช่วงถนนที่พิจารณา (X_s) และความลาดเฉลี่ยของช่วงถนน มีความสัมพันธ์ดังสมการที่ 4

$$E_s(X) = f_{c1}(x_{s1} - x_d) + F_d + \alpha_{t1} + F_a + f_{c2}(x_{s2} - x_a) \quad (2-4)$$

เมื่อ $E_s(X)$ คือ ปริมาณของมลพิษชนิด X ที่ปล่อยออกมาจากยานพาหนะ 1 คัน

(g/veh)

f_{c1} และ f_{c2} คือ อัตราการปล่อยมลพิษต่อความยาวของความยาวของความเร็วเริ่มต้น (Initial cruising) และความเร็วสุดท้าย (Final cruising) ตามลำดับ (g/m)

x_{s1} และ x_{s2} คือ ระยะทางที่เข้าสู่ (Approach) และออกจาก (Departure) ช่วงถนนตามลำดับ (m)

x_d และ x_a คือ ระยะทางที่ใช้ในการลดความเร็ว (Deceleration) และเร่งความเร็ว (Acceleration) (m)

F_d และ F_a คือ ปริมาณมลพิษที่ปล่อยออกมาเมื่อยานพาหนะลดความเร็วและเร่งความเร็วตามลำดับ (g)

α_{t1} คือ อัตราการปล่อยมลพิษขณะที่ยานพาหนะจอด (g/s)

t_1 คือ เวลาที่ใช้ในการจอด (s)

3. Running speed model (Link model)

เป็นแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับทำนายมลพิษประเภทต่าง ๆ ที่ถูกปล่อยจากยานพาหนะ 1 คันต่อหน่วยระยะทางในโครงข่ายถนน (Road network) และยังมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ร่วมกับแบบจำลองของโครงข่ายการขนส่ง (Transport network model) ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองประกอบด้วย เวลาที่ใช้ในการเดินทาง (t_s , seconds) ระยะทาง (x_s , km) และเวลาที่ยานพาหนะจอด (t_1 , second) ตลอดทั้งเส้นทางที่พิจารณาโดยจะถือว่ายานพาหนะวิ่งด้วยความเร็วคงที่ (v_r , km/hr) รูปแบบสมการแสดงในสมการที่ 2-5

$$E_s = f_r + \frac{\alpha_{t1}}{x_s} \quad (2-5)$$

เมื่อ E_s คือ ปริมาณมลพิษที่ถูกปล่อยจากยานพาหนะ 1 คันต่อหน่วยระยะทาง (g/veh/km)

α_{t1} คือ อัตราการปล่อยมลพิษขณะที่ยานพาหนะจอด (g/s)

โดยที่ f_r คือ ปริมาณมลพิษที่ถูกปล่อยออกมาจากยานพาหนะ 1 คันต่อหน่วยระยะทาง ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 2-6

$$f_r = \frac{3600\alpha}{v_r} + A + B^2 v_r + k_{E1}\beta_1 + ME_{k^+} + k_{E2}\beta_2 ME_{k^+}^2 + gk_G\beta_1 M \frac{G}{100} \quad (2-6)$$

E_{k^+} คือ ผลรวมพลังงานจลน์ที่เปลี่ยนแปลงต่อหน่วยมวลต่อต่อหน่วยระยะทางตลอดช่วงถนนที่พิจารณา ซึ่งสามารถคำนวณจากสมการที่ 2-7

$$E_{k^+} = \max \{0.35 - 0.0025 v_r, 0.5\} \quad (2-7)$$

ค่าคงที่ A, B ได้จากการทดลอง และค่าพารามิเตอร์ k_{E1}, k_{E2} , และ k_G หาได้จากสมการต่อไปนี้

$$k_{E1} = \max \left\{ 0.675 - \frac{1.22}{v_r} 0.5 \right\} \quad (2-8)$$

$$k_{E2} = 2.78 + 0.0178 v_r \quad (2-9)$$

$$k_G = 1 - 1.13 E_{k^+} \quad \text{for } G < 0 \quad (2-10)$$

$$k_G = 0.9 \quad \text{for } G > 0 \quad (2-11)$$

ในที่นี้ v_r หมายถึง Running speed ซึ่งอาจได้จากการสังเกตโดยตรง หรือประมาณจากสมการที่ 2-12

$$v_r = \max \{8.1 + 1.14 v_s^2 - 0.00274 v_s^2, v_s\} \quad (2-12)$$

4. Journey speed model (Average speed model)

เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการทำนายปริมาณมลพิษต่อหน่วยระยะทางในการเดินทางในโครงข่ายขนาดใหญ่ นอกจากนั้นยังใช้กับโครงข่ายที่ยังไม่มีการกำหนด Node และ Link โดยความเร็วที่เหมาะสมที่ใช้ในแบบจำลองควรไม่เกิน 50 km/hr โดยที่ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย (Travel time) หาได้จากระยะทางทั้งหมดหารด้วยเวลาที่ใช้ทั้งหมด ดังสมการที่ 2-13

$$f_x = \frac{f_i}{v_s} + b \quad (2-13)$$

เมื่อ f_x คือ อัตราการปล่อยมลพิษต่อหน่วยระยะทาง (g/km)

f_i คือ อัตราการปล่อยมลพิษขณะที่ยานพาหนะจอด (g/s)

b คือ ค่าพารามิเตอร์ของอัตราการปล่อยมลพิษ ต่อหน่วยระยะทางที่เกิดจากผลของแรงจุด แรงเฉื่อย และความลาดเฉลี่ยของถนนตลอดระยะทางทั้งหมด (g/km)

ค่าพารามิเตอร์ b หาได้จากสมการที่ 2-14

$$b = A + Bv_r^2 + k_{E1}\beta_1 ME_{k^+} + k_{E2}\beta_2 ME_{k^+}^2 + gk_G\beta_1 M \bar{G} \quad (2-14)$$

\bar{G} คือ ค่าเฉลี่ยของความลาดถนนตลอดระยะทางทั้งหมด (%)

Stanford research institute CO model

Taylor and Young (1996) กล่าวว่า เป็นแบบจำลองที่แสดงความสัมพันธ์ ระหว่างอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Emission rate) ของยานพาหนะกับความเร็ว พบว่าอัตราการปล่อยมลพิษจะขึ้นอยู่กับความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะ โดยการทดลองทำโดยนำยานพาหนะประเภทต่าง ๆ มาทดสอบ จะได้ความสัมพันธ์ในลักษณะ Empirical formula ดังสมการที่ 2-15

$$E = \alpha s^{-\beta} \quad (2-15)$$

โดย E คือ อัตราการปล่อยมลพิษ (g/veh/km)

S คือ อัตราเร็วเฉลี่ย (km/hr)

α และ β คือ ค่าคงที่ที่ได้จากการทดลอง

ถ้าคุณ E ด้วยปริมาณการจราจร จะได้ความเข้มข้นของมลพิษตามแนวถนน Q จะได้ความสัมพันธ์ดังสมการที่ 2-16

$$Q = VE \quad (2-16)$$

เมื่อ Q คือ อัตราการปล่อยมลพิษจากยานพาหนะ (mg/m/s)

V คือ ปริมาณการจราจร(veh/hr)

ทฤษฎีวิเคราะห์การกระจายมลพิษในพื้นที่

การกระจายมลพิษในพื้นที่ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 2 อย่าง คือ ปรากฏการณ์การกระจายและปรากฏการณ์การแพร่กระจายเนื่องจากแรงลม สำหรับมลภาวะในอากาศ ปรากฏการณ์การแพร่กระจาย เนื่องจากแรงลมถือว่ามีความสำคัญมากที่สุด อัตราการแพร่กระจาย ขึ้นอยู่กับความเร็วลมซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในการคาดคะเนการกระจายมลพิษในพื้นที่

1. Wind velocity profile

Wark and Warner (1981) ได้ศึกษาความเร็วลมที่ความสูงต่าง ๆ พบว่า การเคลื่อนที่ของอากาศในบริเวณใกล้กับพื้นดินจะมีความสัมพันธ์กับลักษณะต่าง ๆ ของพื้นดิน เช่น ลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะของพื้นดินดังกล่าวก่อให้เกิดความต้านทาน หรือความเสียดทานต่อการเคลื่อนที่ของอากาศ ซึ่งมีความแตกต่างกันสำหรับแต่ละลักษณะของพื้นที่ ความเร็วลมจะเปลี่ยนแปลงตามความสูงจากพื้นดิน โดยที่ ความเร็วลมจะมีค่าสูงขึ้นตามระดับความสูงที่เพิ่มมากขึ้น ความเร็วลมที่ระดับความสูงต่าง ๆ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2-17

$$\frac{u}{u_1} = \left[\frac{Z}{Z_1} \right]^P \quad (2-17)$$

เมื่อ u คือ ความเร็วลมที่ระดับความสูง z (m/s)

u_1 คือ ความเร็วลมที่ความสูง Z_1 (m/s) โดยทั่วไปใช้ความสูงมาตรฐาน 10 เมตร

p คือ Power-law exponent ซึ่งเป็นค่าคงที่ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

ค่าคงที่ p จะมีความสัมพันธ์กับสภาพความคงตัวของบรรยากาศในขณะหนึ่ง ๆ

ซึ่งการแบ่งสภาพความคงตัวของบรรยากาศ ดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 การแบ่งประเภทการคงตัวของบรรยากาศ (Heinsohn and Kabel,1999)

(U_{10}) Surface wind speed at 10 m Class	Day , Incoming solar radiation			Night , cloud cover ,Thickly overcast	
	Strong (1)	Moderate (2)	Slight (3)	$> \frac{1}{2}$ Low clouds (4)	$< \frac{3}{8}$ Clouds (5)
< 2 (m/s)	A	A – B	B	Strongly Stable	
2 -3 (m/s)	A – B	B	C	E	F
3 -5 (m/s)	B	B – C	D	D	E
5 -6 (m/s)	C	C – D	D	D	D
> 6 (m/s)	C	D	D	D	D

Heinsohn and Kabel (1999) ได้นำเสนอค่าคงที่ p ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพความคงตัวของบรรยากาศและลักษณะของพื้นที่ที่พิจารณา ดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 Power-law exponents for six atmospheric stability categories (Heinsohn and Kabek, 1999)

Atmospheric Stability	A	B	C	D	E	F
Location						
Urban (p)	0.15	0.15	0.20	0.25	0.30	0.30
Rural (p)	0.07	0.07	0.10	0.15	0.35	0.55

2. The gaussian plume model or the gaussian dispersion model

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบ Gaussian เป็นแบบจำลองที่มีสูตรชัดเจนและมีข้อมูลทางสถิติเกี่ยวกับการแพร่กระจายทำให้ใช้ง่ายและมีความถูกต้องสูง สมการพื้นฐานของ Gaussian มีสูตรดังนี้

$$X(x, y, z : h_e) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z\mu} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{Y}{\sigma_y}\right)^2\right] \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-h_e}{\sigma_z}\right)^2\right] + \left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+h_e}{\sigma_z}\right)^2\right] \right\} \quad (2-18)$$

X คือ ความเข้มข้นของมลพิษ (g/m^3)

(x, y, z) คือ ตำแหน่งที่พิจารณา (m)

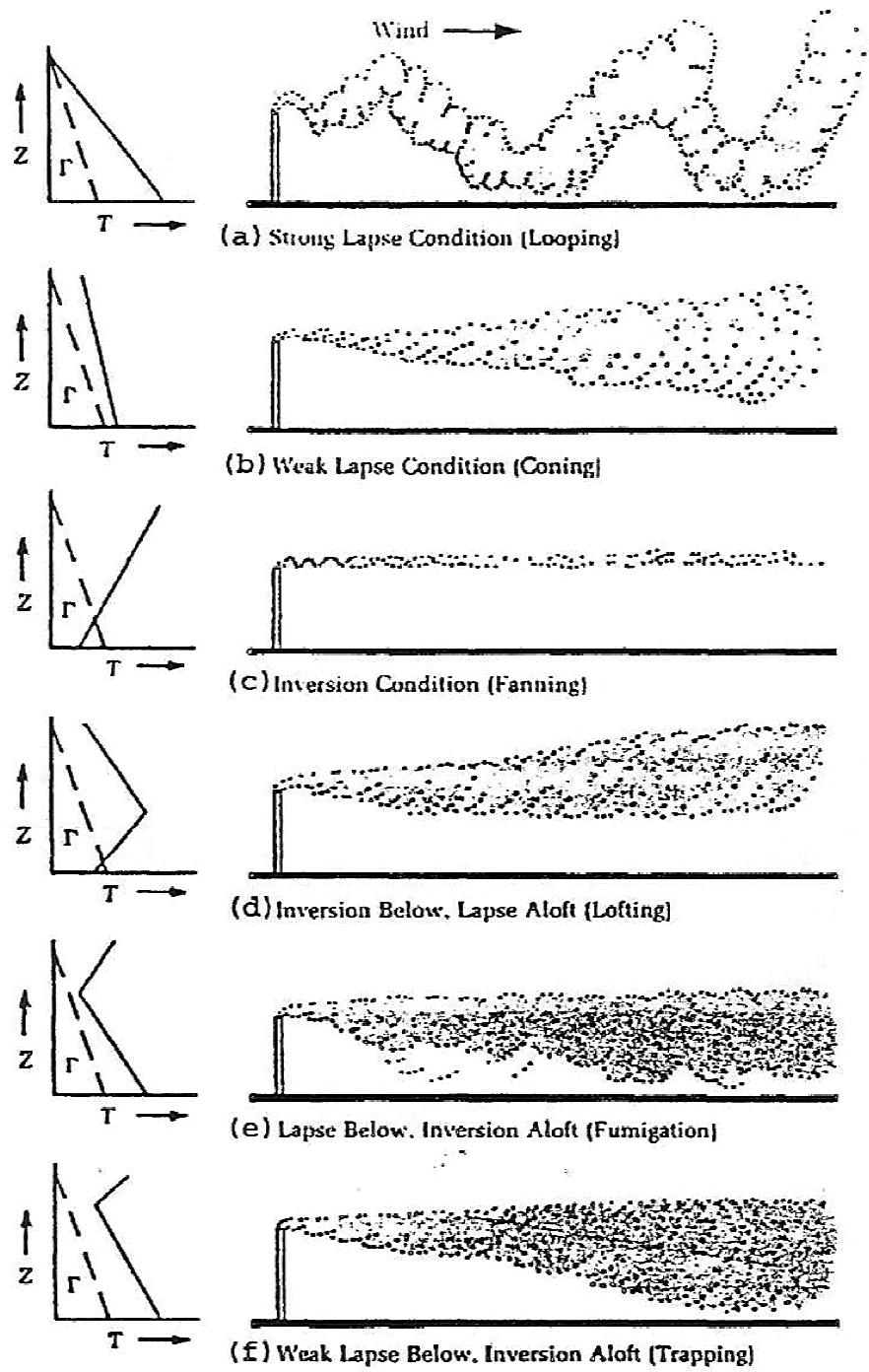
Q คือ อัตราการปล่อยมลพิษ (g/s)

h_e คือ ความสูงของแหล่งกำเนิดมลพิษ (m)

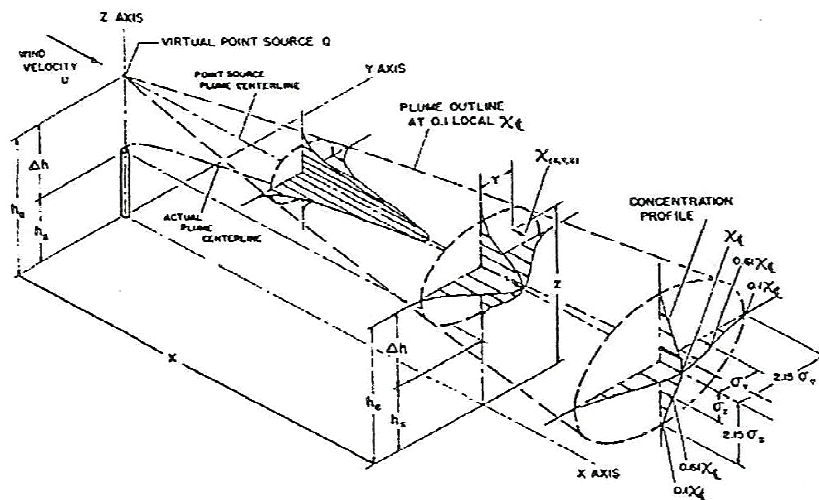
μ คือ ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)

σ_y, σ_z คือ สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายของมลพิษแนวราบ และแนวตั้งระยะ x

ตามทิศทางลมของแนวการแพร่กระจาย



ภาพที่ 2-2 พฤติกรรมของควันที่ออกมาจากปล่อง (Church, 1949)



ภาพที่ 2-3 การกระจายตัวของควันในรูป 3 มิติ

สำหรับค่า σ_y และ σ_z นั้นสามารถดูได้จากภาพที่ 2-4 และ 2-5 เมื่อทราบค่าความเสถียรของบรรยากาศ (เป็นตัวอักษร A-F) ในตารางที่ 2-3 ดังนี้

ตารางที่ 2-3 ความเสถียรของบรรยากาศตามแบบของ Pasquill-gifford (Turner, 1969)

ความเร็วลมเฉลี่ย (เมตร/วินาที) ที่ความสูง 10 เมตร	ช่วงเวลา				
	กลางวัน (มีแสงอาทิตย์)			กลางคืน (ปริมาณเมฆในท้องฟ้า)	
	มาก	ปานกลาง	น้อย	มากกว่าครึ่ง	น้อยกว่าครึ่ง
<2	A	A-B	B	-	-
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

หมายเหตุ: (1) คำว่า “กลางคืน” ให้หมายถึง ช่วงเวลารวมถึงหนึ่งชั่วโมงก่อนพระอาทิตย์ตกและหนึ่งชั่วโมงหลังพระอาทิตย์ขึ้น

(2) คำว่า “แสงอาทิตย์มาก” คือ องศาพระอาทิตย์มากกว่า 60

(3) คำว่า “แสงอาทิตย์ปานกลาง” คือ องศาพระอาทิตย์ระหว่าง 35-60

(4) คำว่า “แสงอาทิตย์น้อย” คือ องศาพระอาทิตย์ระหว่าง 15-35

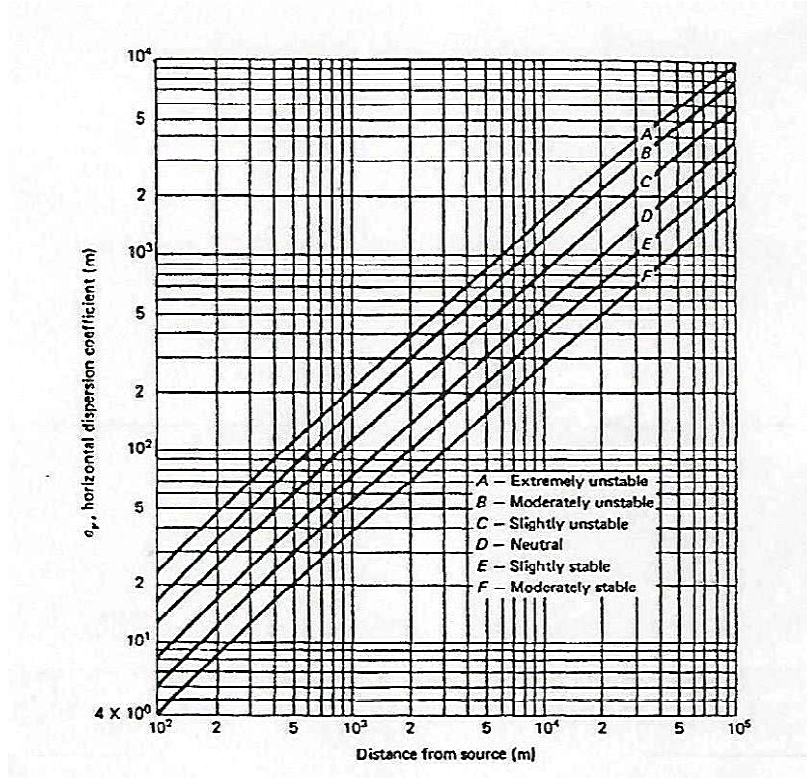
(5) ความคงตัวของบรรยากาศแบบ D (Neutral) เกิดขึ้นเมื่อท้องฟ้าครึ้มทั้งในเวลา กลางวันและกลางคืน

ความเสถียรภาพระดับ A และ B เทียบกับ Very unstable

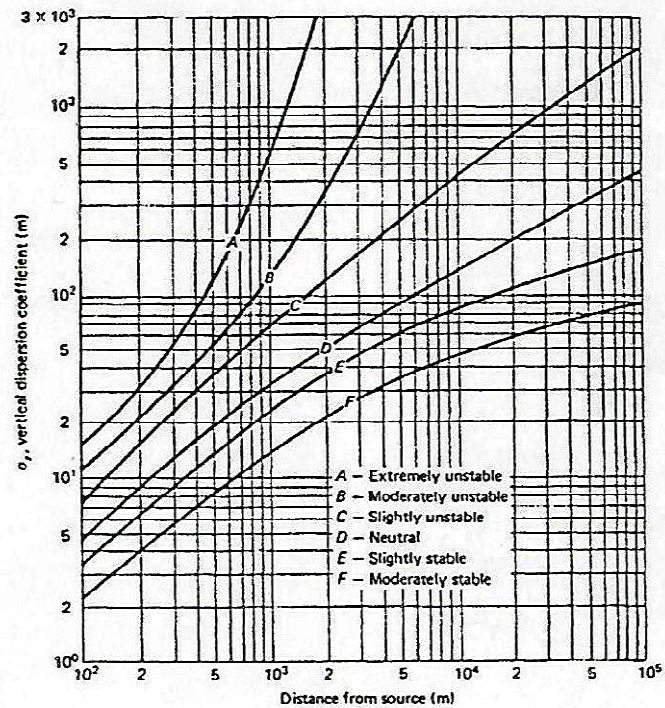
ความเสถียรภาพระดับ C เทียบกับ Unstable

ความเสถียรภาพระดับ D เทียบกับ Neutral

ความเสถียรภาพระดับ E และ F เทียบกับ Stable



ภาพที่ 2-4 สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายในแนวแกน y



ภาพที่ 2-5 สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายในแนวแกน z

ตารางที่ 2-4 ใช้คำนวณหาค่า Pasquill-Gifford σ_y (เมตร)

Pasquill	$\sigma_y = 465.11628(x)\tan(\text{TH})$	
Stability	$\text{TH} = 0.017453293[c-d \ln(x)]$	
Category	c	d
A	24.1670	2.5334
B	18.3330	1.8096
C	12.5000	1.0857
D	8.3330	0.72382
E	6.2500	0.54287
F	4.1667	0.36191

ตารางที่ 2-5 ใช้คำนวณหาค่า Pasquill-Gifford σ_z (เมตร)

Pasquill Stability Category	σ_z (เมตร) = ax^b (x หน่วยกิโลเมตร)		
	X (km0)	a	b
A*	< .10	122.800	0.94470
	0.10-0.15	158.080	1.05420
	0.16-0.20	170.220	1.09320
	0.21-0.25	179.520	1.12620
	0.26-0.30	217.410	1.26440
	0.31-0.40	258.890	1.40940
	0.41-0.50	346.750	1.72830
	0.51-3.11	453.850	2.11660
	>3.11	5,000	5,000
B*	< .20	90.673	0.93198
	0.21-0.40	98.483	0.98332
	>0.40	109.300	1.09710
C*	All	61.141	0.91465
D	< .30	34.459	0.86974
	0.31-1.00	32.093	0.81066
	1.01-3.00	32.093	0.64403
	3.01-10.00	33.504	0.60486
	10.01-30.00	36.650	0.56589
	>30.00	44.053	0.51179

ตารางที่ 2-5 (ต่อ)

Pasquill Stability Category	σ_z (เมตร) = ax^b (x หน่วยกิโลเมตร)		
	X (km0)	a	b
E*	< .10	24.260	0.83660
	0.10-0.30	23.331	0.81956
	0.31-1.00	21.628	0.75660
	1.01-2.00	21.628	0.63077
	2.01-4.00	22.534	0.57154
	4.01-10.00	24.703	0.50527
	10.01-20.00	26.970	0.46713
	20.01-40.00	35.420	0.37615
	>40.00	47.618	0.29592
F	< .20	15.209	0.81558
	0.21-0.70	14.457	0.78407
	0.71-1.00	13.953	0.68465
	1.01-2.00	19.953	0.63227
	2.01-3.00	14.823	0.54503
	3.01-7.00	16.187	0.46490
	7.01-15.00	17.836	0.41507
	15.01-30.00	22.651	0.32681
	30.01-60.00	27.074	0.27436
	> 60.00	34.219	0.21716

3. CALINE 4

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ CALINE 4 เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เพื่อคาดคะเนความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศสำหรับทางเดินรถโดยทั่วไป และแหล่งกำเนิดชนิดเส้น พัฒนาโดย California highway authority โดยใช้สมการพื้นฐาน Guassian นอกจากนี้ยังสามารถใช้กับถนนที่มีลักษณะดังนี้ (Benson, 1989)

กรณีที่ 1 ระดับพื้นผิวดิน โดยแบบจำลองฯ นี้จะไม่ยอมรับการแพร่กระจายของสารมลพิษที่มีการผสมกันที่ระดับต่ำกว่าผิวดิน

กรณีที่ 2 ลักษณะที่เป็นเนิน ในกรณีนี้แบบจำลองฯ จะทำการหาค่าความสูงให้เป็นศูนย์โดยอัตโนมัติ และจะสมมติว่าอากาศพัดไปตามพื้นผิวของถนน

กรณีที่ 3 ลักษณะเป็นหลุมหรือเป็นช่องขุดลงไป

กรณีที่ 4 สะพาน แบบจำลองฯ จะยอมให้อากาศมีการแพร่กระจายทั้งด้านบน และด้านล่างของถนน จนกระทั่งแพร่กระจายมาถึงระยะที่ถูกกำหนดความสูงเอาไว้

กรณีที่ 5 ลานจอดรถ

กรณีที่ 6 ทางด่วนภายในหุบเขาลึก (Street canyon)

โดยมีรูปแบบดังสมการที่ 2-19

$$dC = \frac{qdy}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \left\{ \exp\left[\frac{-y^2}{2\sigma_y^2}\right] \right\} + \left\{ \exp\left[\frac{-(Z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[\frac{-(Z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\} \quad (2-19)$$

โดยที่

dC คือ ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ (g/m^3)

q คือ อัตราการปล่อยสารมลพิษทางอากาศ ($g/m/s$)

H คือ ความสูงของแหล่งกำเนิด (m)

U คือ ความเร็วลม (m/s)

σ_y σ_z คือ การแพร่กระจายตามแนวแกน y และ z (m)

4. HIWAY 2 (US.EPA, 1980)

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HIWAY 2 เป็นแบบจำลองที่ใช้ทำนายมลพิษทางอากาศแบบแหล่งกำเนิดเชิงเส้นต่อเนื่องกันไป สามารถใช้ทำนายความเข้มข้นฯ จากการจราจรที่เป็นทางหลวง โดยการนำสมการการแพร่กระจายมลพิษทางอากาศแบบ Gaussain มาปรับใช้ที่ตำแหน่งจุดรับผลกระทบได้ลม และพัฒนาเพื่อให้ใช้ได้กับความเร็วลมในแนวราบ จึงไม่สามารถใช้ได้กับลักษณะถนนที่มีสิ่งกีดขวางใหญ่ ๆ กั้นอยู่หรือมีอาคาร ต้นไม้ใหญ่ ๆ กีดขวาง โดยมีรูปแบบดังสมการที่ 2-20

$$C = \frac{2q}{\sqrt{2\pi}\sigma_z u \sin \theta} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{Z}{\sigma_z}\right)^2\right] \quad (2-20)$$

โดยที่ C คือ ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ (g/m^3)

q คือ อัตราการปล่อยสารมลพิษทางอากาศ ($g/m/s$)

u คือ ความเร็วลม (m/s)

θ คือ มุมระหว่างทิศทางลมกับแนวถนน (m)

z คือ ความสูงของตำแหน่งที่ต้องการทราบมลพิษทางอากาศ (m)

σ_z คือ การแพร่กระจายของสารมลพิษทางอากาศตามแนวแกน Z (m)

สำหรับการแพร่กระจายตามแนวแกน Z จะเกิดการปั่นป่วน ซึ่งเกิดจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ ใช้หลักการทางด้านอากาศพลศาสตร์ ซึ่งเกี่ยวกับทิศทางลม และความเร็วลม ดังสมการที่ 2-21 และ 2-22

$$\sigma_{z0} = 3.57 - 0.53u_c \quad (2-21)$$

$$\text{โดยที่ } u_c = Au^{0.164} \cos^2 \theta \quad (2-22)$$

เมื่อ u_c = ความเร็วลมปรับแก้ (m/s)

$A = 1.85$ สำหรับการจราจรที่รถสามารถเคลื่อนที่ได้แบบไม่ติดขัด

u = ความเร็วของลม (m/s)

θ = มุมระหว่างทิศทางลมกับแนวทางด่วน (Degree)

สำหรับค่า $u \leq 2$, m/s จะใช้สมการที่ 2-22 สำหรับการปรับแก้การแพร่กระจายตามแนวแกน Z สำหรับกรณีที่มี $u > 2$, m/s จะใช้ค่า $\sigma_{z0} = 1.5$ m.

ทฤษฎีที่ใช้ในการประเมินความเหมาะสมของแบบจำลอง

การประเมินความเหมาะสมแบบจำลองเป็นขั้นตอนสำคัญมาก ที่จะนำแบบจำลองมาใช้ประยุกต์ใช้ ซึ่งการประเมินนิยมใช้วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ (Statistical analysis) โดยข้อมูลที่น่ามาใช้ในการประเมิน ได้แก่ ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการทำนายโดยแบบจำลอง (Predicted concentration) และความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัด (Observed concentration) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบว่าค่าทั้งสองมีความสัมพันธ์กันในระดับใด โดยมีวิธีการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ดรรชนีการยอมรับ (Index of agreement)

ดรรชนีการยอมรับ (d) เป็นค่าที่แสดงค่าในการยอมรับแบบจำลองที่ถูกประเมินมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดย 0 หมายถึง ไม่สามารถยอมรับแบบจำลองได้ 1 หมายถึง แบบจำลองสามารถยอมรับได้ (100%) ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 2-23

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2}; 0 \leq d \leq 1 \quad (2-23)$$

เมื่อ d คือ ครรชนีของการยอมรับ

P_i คือ ความเข้มข้นมลพิษที่ได้จากแบบจำลอง

O_i คือ ความเข้มข้นมลพิษที่ได้จากการตรวจวัด

\bar{O} คือ ค่าเฉลี่ยของมลพิษที่ได้จากการตรวจวัด

2. Factor of Two (Percent within ± 2 ppm)

การประเมินแบบจำลองวิธีนี้เป็นการตรวจวัดความเหมาะสมของแบบจำลองโดยการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการสังเกต (Observed) และค่าที่ได้จากการทำนาย (Predicted) แล้วพิจารณาว่า จุดพิกัด (Coordinate) อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ (± 2 ppm) เป็นร้อยละเท่าใด ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 2-24

$$\text{Factor of Two} = \frac{\text{จำนวนจุดที่อยู่ในช่วง } \pm 2 \text{ ppm}}{\text{จุดทั้งหมด}} \times 100 \quad (2-24)$$

3. สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient)

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) จะมีพิสัย (Range) อยู่ระหว่าง -1 และ +1 โดยถ้าข้อมูลจากการทำนาย และจากการตรวจวัดมีความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ในรูปแบบที่ข้อมูลไปในทิศทางเดียวกันทั้งหมด จะมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ +1 ถ้ากลับทิศกันจะมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -1 แต่ถ้าข้อมูลไม่มีความสัมพันธ์กัน จะมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0 ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 2-25

$$r = \frac{1}{N\sigma_o\sigma_p} \sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})(P_i - \bar{P}) \quad (2-25)$$

เมื่อ r คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

N คือ จำนวนตัวอย่าง

O_i คือ ค่าที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างที่ i

P_i คือ ค่าที่ได้จากการทำนายตัวอย่างที่ i

\bar{O} คือ ค่าเฉลี่ยค่าที่ได้จากการตรวจวัด

\bar{P} คือ ค่าเฉลี่ยค่าที่ได้จากการทำนาย

σ_o คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าที่ได้จากการตรวจวัด

σ_p คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าที่ได้จากการทำนาย

4. Mean Bias

เป็นค่าที่แสดงว่าค่าเฉลี่ยของค่าที่ได้จากการทำนายด้วยแบบจำลองมีความแตกต่างกับค่าเฉลี่ยของค่าที่ได้จากการตรวจวัดมากน้อยเพียงใด สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2-26

$$\text{Mean Bias} = \bar{P} - \bar{O} \quad (2-26)$$

เมื่อ \bar{O} คือ ค่าเฉลี่ยค่าที่ได้จากการตรวจวัด

\bar{P} คือ ค่าเฉลี่ยค่าที่ได้จากการทำนาย

การตรวจวัดและมาตรฐานคุณภาพอากาศ

กองวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (2534) ได้เสนอแนวทางเกี่ยวกับการตรวจวัดคุณภาพอากาศบริเวณทางด่วนพิเศษและถนนหรือทางยกระดับ บางประการได้ดังนี้

1. การตรวจวัดสภาพอุตุนิยมวิทยาตรวจวัดความเร็วลม และระบุทิศทางลม ค่า Mixing high จำนวนวันที่เกิด Inversion stability class อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งระยะเวลาตรวจวัดควรครอบคลุมทั้งวันธรรมดา และวันสุดสัปดาห์ตลอดต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง

2. การตรวจวัดคุณภาพอากาศ

2.1 สถานที่เก็บตัวอย่างกำหนดตาม Sensitive area ได้แก่ โรงเรียน โรงพยาบาล วัด ศาสนาสถาน ชุมชนหนาแน่น สวนสาธารณะ และโบราณสถาน เป็นต้น นอกจากนั้นควรตรวจวัดในบริเวณที่มีการจราจรติดขัดมากเป็นประจำ บริเวณที่มีถนนแคบ และมีอาคารสูง และบริเวณอื่นที่มีการถ่ายเทอากาศไม่ดี

2.2 ตัวแปรที่วิเคราะห์ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO₂) ก๊าซโอโซน (O₃) ตะกั่ว (Pb) ฟุ้งละออง (TPS)

2.3 จำนวนครั้งที่เก็บอย่างน้อยครั้งละ 5 วันติดต่อกันในวันธรรมดา

และวันหยุดราชการ

มาตรฐานคุณภาพอากาศและวิธีการตรวจวัด สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติได้กำหนดโดยอาศัยหลักการมาจากวิธีการของ US. EPA. และมาตรฐานก็ยึดถือเทียบเท่ากับของ US. EPA. เช่นกัน (ONEB, 1989) ดังตารางที่ 2-6

ตารางที่ 2-6 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ และวิธีการตรวจวัด (ONEB, 1989)

มลพิษ	หน่วยมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร				วิธีการตรวจวัด
	1 ชม.	8 ชม.	24 ชม.	1 ปี	
คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	50	20	-	-	Non – dispersive Infrared detection
ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO ₂)	0.32	-	-	-	Chemiluminescence
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂)	-	-	0.30	0.10*	Pararosaniline
โอโซน (O ₃)	0.20	-	-	-	Chemiluminescence
ฝุ่นละออง (TSP)	-	-	0.33	0.10*	Gravimetric – high volume
ตะกั่ว (Pb)	-	-	0.01	-	Wet-ashing

หมายเหตุ * คือ ค่าเฉลี่ยในเวลา 1 ปี จะเป็นค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric mean)

การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์นั้นสามารถจะประเมินค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง หรือ 24 ชั่วโมงหรือ 1 ปี หรือเวลาใด ๆ ก็ได้ แต่จำเป็นต้องทราบข้อมูลของแหล่งกำเนิดและอุตุนิยมวิทยาอย่างถูกต้องที่สุด เพราะผลที่ได้ออกมาจะมีความถูกต้องไม่มากไปกว่าข้อมูลที่ป้อนเข้าไป ข้อดี ของการตรวจวัดสารมลพิษในอากาศด้วยเครื่องมือ คือ จะได้ค่าความเข้มข้นของมลพิษในอากาศที่ถูกต้องและค่าความผิดพลาดจะมีอยู่ในการวิเคราะห์เท่านั้นหากตรวจวัดต่อเนื่องอย่างมีหลักเกณฑ์จะสามารถยืนยันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างถูกต้องที่สุด (เฉพาะจุดที่ตรวจวัด) ข้อเสีย ของการตรวจวัดสารมลพิษในอากาศด้วยเครื่องมือ ได้แก่การตรวจวัดต้องใช้ค่าใช้จ่ายสูง ไม่อาจตั้งเครื่องมือไว้เป็นเวลานาน ๆ และหลาย ๆ จุดให้เพียงพอได้ ทำให้การประเมินผลกระทบผิดพลาด เนื่องจากความผันแปรของอุตุนิยมวิทยา ซึ่งเกิดในช่วงเวลาที่ตรวจวัด

ข้อดี ของแบบจำลอง คือ สามารถใช้ประเมินผลกระทบได้ในทุกกรณีที่ทราบหรือคาดคะเนแหล่งกำเนิดมลพิษ (ที่ตั้ง อัตราการปล่อยสารมลพิษ ลักษณะของการปล่อยสารมลพิษ) และสภาพอุตุนิยมวิทยาในช่วงเวลาที่ต้องการประเมิน (ความเร็วและทิศทางลม ความเสถียรของบรรยากาศ เป็นต้น) จึงสามารถใช้ประเมินผลกระทบจากแหล่งกำเนิดที่ยังมิได้สร้างหรือมีขึ้นได้ โดยใช้ค่าใช้จ่ายน้อยกว่าการตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศจริง สามารถวิเคราะห์ออกมาเป็นเส้นชั้นความเข้มข้น (Contour line) ให้ผลที่ละเอียดและกว้างขวางกว่าทั้งบริเวณที่ศึกษา และทราบผลได้รวดเร็ว จึงเป็นเครื่องมือในการประเมินผลกระทบเบื้องต้นที่ดี เช่น การเลือกจุดตรวจวัดที่เหมาะสม หรือประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงแหล่งกำเนิด

ข้อเสียของแบบจำลอง คือ หากข้อมูลแหล่งกำเนิดหรือสภาพอุตุนิยมวิทยา มีความคลาดเคลื่อนการประเมินก็จะผิดพลาดไปด้วย

การใช้ทั้งสองวิธี คือ การใช้แบบจำลองซึ่งได้ผลอย่างรวดเร็ว เพื่อหาว่าจุดใดจะมีผลกระทบสูง จากนั้นนำข้อมูลการตรวจสอบวิเคราะห์ ซึ่งได้ติดตั้งจุดตรวจวัดด้วยวิธีการทางเคมีหรือฟิสิกส์ที่จุดนั้น ๆ และนำผลการตรวจวัดที่ได้จริงทางคุณภาพอากาศที่ได้จากหน่วยงานกรมทางหลวง และการทำเรือแห่งประเทศไทย สาขาทำเรือแหลมฉบังนั้นมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากแบบจำลองเพื่อปรับแต่งข้อมูลที่ใช้กับแบบจำลองและประเมินความถูกต้องของแบบจำลองที่นำมาใช้ในการศึกษานี้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ คือ วิเคราะห์หาขนาด และความรุนแรงของการแพร่กระจาย ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากยานพาหนะในทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 สายกรุงเทพมหานคร-บ้านฉาง (ตอนแยกหนองขาม-แยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ช่วง กม. 0+000-กม. 8+500 โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากในแบบจำลองมีตัวแปรมากมายดังนั้นจึงมีข้อมูลหลายประเภท การวางแผนวิธีดำเนินการศึกษามีดังนี้

ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา

ในการดำเนินการศึกษาประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. รวบรวมข้อมูล (Data collection)

1.1 ข้อมูลด้านการจราจร (Traffic data) ได้แก่ ปริมาณการจราจร ความเร็วของยานพาหนะ และลักษณะทางเรขาคณิตของถนน

1.2 ข้อมูลอัตราการปล่อยมลพิษ (Emission source)

1.3 ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา (Meteorological data)

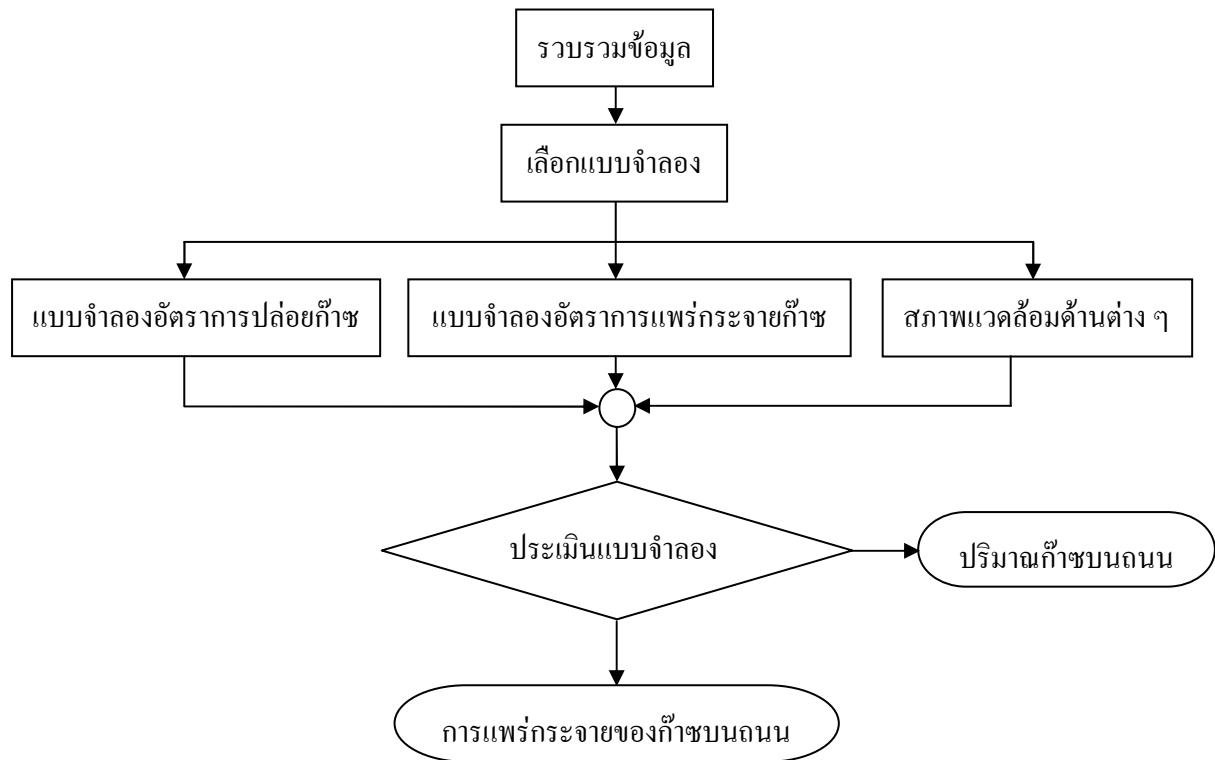
1.4 ข้อมูลการตรวจวัดปริมาณมลพิษในอากาศ (จากหน่วยงานอื่น ๆ)

2. เลือกแบบจำลอง (Model selecting)

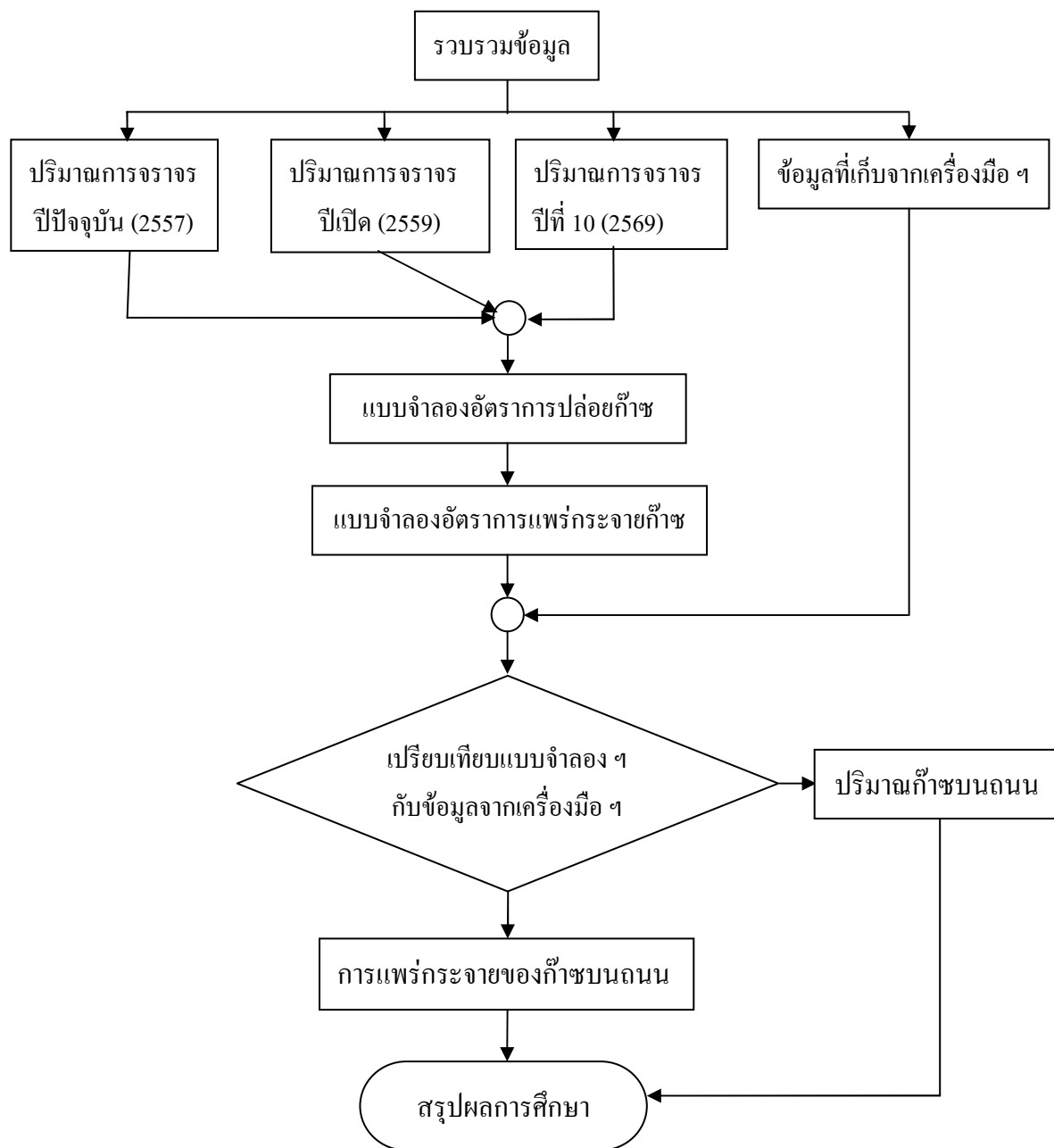
3. ประเมินแบบจำลอง (Model validation)

4. สรุปผลและประยุกต์แบบจำลองกรณีปัจจุบัน และกรณีในอนาคต

ขั้นตอนทั้งหมดแสดงดังภาพที่ 3-1 และ 3-2



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา (1)



ภาพที่ 3-2 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา (2)

รายละเอียดของขั้นตอนการดำเนินการวิจัย แสดงได้ด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

วิธีการรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนนี้สำคัญมากต่อความถูกต้องของแบบจำลอง ข้อมูลที่รวบรวมแยกได้ ดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลด้านการจราจร

เป็นข้อมูลที่มีผลกระทบต่อความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เกิดขึ้น

ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.1 ปริมาณการจราจร (Traffic volume) ได้จากข้อมูลกรมทางหลวง แยกเป็น 4 ประเภท ดังนี้ รถยนต์เครื่องยนต์เบนซิน เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก เครื่องยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ และรถจักรยานยนต์

1.2 ความเร็วของกระแสจราจร (Speed) ได้จากการวัดความเร็วของยานพาหนะในถนน ซึ่งได้ข้อมูลจากกรมทางหลวง

1.3 ลักษณะทางเรขาคณิตของถนน (Geometry of road) ได้แก่ ความกว้างถนนและมุมที่แนวของถนนทำมุมกับทิศเหนือ (มุม Azimuth) ได้จากการวัดในแผนที่

2. ข้อมูลอัตราการปล่อยมลพิษจากยานพาหนะ

มีความสำคัญเพื่อใช้ในการปรับแต่งหาค่าคงที่ที่เหมาะสมสำหรับแบบจำลองการปล่อยมลพิษจากยานพาหนะ (Emission rate model) โดยรวบรวมข้อมูลจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษ แบบแยกประเภทยานพาหนะเป็น 4 ประเภท ของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

3. ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา

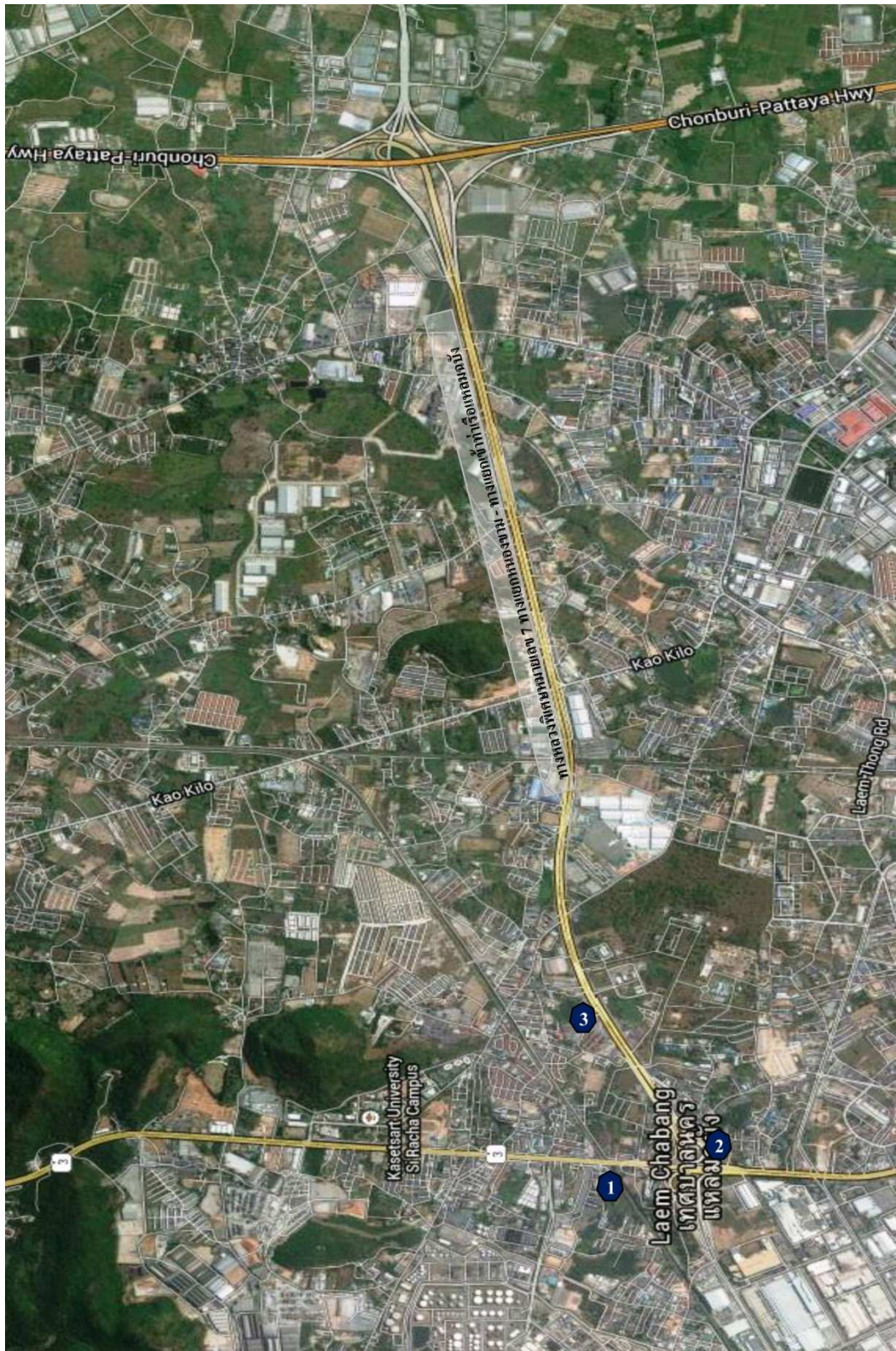
ได้แก่ ความเร็วลม ทิศทางลม อุณหภูมิของบรรยากาศ และระดับเสถียรภาพของบรรยากาศ (Stability class) ขณะตรวจวัดปริมาณมลพิษในอากาศ ทิศทางลม ความเร็วลมเบื้องสูง สภาพปกคลุมของเมฆ รวบรวมจากผลการเก็บข้อมูลรายงานผลการปฏิบัติตามมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อมและมาตรการติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการทำเรือแหลมฉบังขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2 ปี พ.ศ. 2557

4. ข้อมูลการตรวจวัดปริมาณมลพิษในอากาศ

ได้รับข้อมูลจากการตรวจวัดในสนามโดยหน่วยงานของกรมทางหลวง และการทำเรือแห่งประเทศไทย สาขาทำเรือแหลมฉบัง ณ ตำแหน่งที่พิจารณาโดยใช้เครื่องตรวจวัดก๊าซแบบ Gas filter correlation (GFC) แบบถนนทั่วไป 3 ตำแหน่ง โดยที่จุดวางเครื่องมือทดสอบอยู่ห่างจากขอบทางเข้าประมาณ 1.00 ม. และสูงจากพื้นถนนประมาณ 20 ซม. ทำการเก็บข้อมูลตำแหน่งละ 3 วัน ใน 3 ชั่วโมงรีบเร่ง (Peak hour) เช้า และ เย็น รวมทั้งหมด 12 วัน รวมเป็น 72 ชั่วโมง

5. ข้อมูลสภาพพื้นที่

การศึกษานี้ได้กำหนด พื้นที่ศึกษา ได้แก่ ทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 สายกรุงเทพฯ-บ้านฉาง เริ่มต้นกม. 0+000 ถึง กม.8+500 โดยมีตำแหน่งที่ทำการศึกษา จำนวน 3 จุด คือ จุดที่ 1 บริเวณ โรงเรียนเทคโนโลยีศรีราชา จุดที่ 2 บริเวณปากทางเข้าท่าเรือแหลมฉบัง และจุดที่ 3 บริเวณชุมชนบ้านทุ่ง ดังภาพที่ 3-3



ภาพที่ 3-3 จุดตรวจวัดคุณภาพอากาศ

เลือกแบบจำลอง

เมื่อรวบรวมข้อมูลแล้ว จะนำข้อมูลที่ได้มาทั้งหมดนำมาวิเคราะห์หาแบบจำลองที่มีความเหมาะสม และเลือกแบบจำลอง โดยแยกตามประเภทของแบบจำลองดังนี้

1. แบบจำลองที่ใช้วิเคราะห์หาปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากแหล่งกำเนิด (Emittant source)

เมื่อนำข้อมูลการทดลองหาอัตราการปล่อยมลพิษจากยานพาหนะประเภทต่าง ๆ 4 ประเภท ซึ่งทดลองที่ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ กรมควบคุมมลพิษ ทำให้ทราบว่าแบบจำลอง Stanford research institute CO มีความเหมาะสมในการนำมาใช้ในการศึกษานี้ (เพราะประเทศไทยใช้ยานพาหนะ และเชื้อเพลิงต่างกับต่างประเทศ)

ค่าคงที่ในแบบจำลอง คือ α และ β ซึ่งวิเคราะห์จากข้อมูลความเร็วของยานพาหนะประเภทต่าง ๆ กับอัตราการปล่อยมลพิษของยานพาหนะ โดยวิธีการวิเคราะห์แบบระเบียบวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least square)

แบบจำลอง Stanford Research Institute CO ที่ใช้มีรูปแบบสมการที่ 3-1

$$E = \alpha S^{-\beta} \quad (3-1)$$

โดย E คือ อัตราการปล่อยมลพิษ (g/veh/km)

S คือ อัตราเร็วเฉลี่ย (km/hr)

α และ β คือ ค่าคงที่ที่ได้จากการทดลอง

2. แบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์หาการแพร่กระจายของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Dispersion) ในบรรยากาศ (Ambient)

ผู้ศึกษาได้กำหนดพื้นที่เป็นถนนทั่วไป และมีแบบจำลองที่ใช้ทำนายปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในบรรยากาศ คือ แบบจำลอง Gaussian dispersion models มีความเหมาะสมในการทำนายการแพร่กระจายมลพิษในพื้นที่ที่มีขนาดไม่เกิน 20 x 20 ตร.กม. โดยมีค่าคงที่ σ_y และ σ_z ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานที่ใช้ได้กับทุกประเทศทั่วโลกโดยไม่มีการปรับแก้ อีก และได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายหลาย (สถาบันวิจัยสถานะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543) แบบจำลอง GFLSM, CALINE4 และ HIWAY2 โดยผู้ศึกษาทดลองใช้แบบจำลองในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อทำนายปริมาณและความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในพื้นที่ทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 ตอนกรุงเทพมหานคร-บ้านฉาง ช่วงกม.0+000 ถึง กม.8+500 มีรูปแบบ ดังสมการที่ 3-2, 3-3, 3-4 และ 3-5 ตามลำดับ

สำหรับในกรณีจุดที่วัดมลพิษ (Receptor) อยู่ที่ตำแหน่งสูงจากพื้นดิน (Z) จะคำนวณค่าความเข้มข้นมลพิษได้จากสมการที่ 3-2

$$C = \frac{Q}{\sqrt{2\pi U \sigma_z}} \left[\exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{z-H}{\sigma_z} \right)^2 \right\} + \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{z+H}{\sigma_z} \right)^2 \right\} \right] \quad (3-2)$$

$$C = \frac{Q}{2\sqrt{2\pi \sigma_z \mu \sin \theta}} \left[\exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{z+H}{\sigma_z} \right)^2 \right\} + \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{z-H}{\sigma_z} \right)^2 \right\} \right] \quad (3-3)$$

$$\left[\operatorname{erf} \left(\frac{\sin \theta (L/2 - y) - x \cos \theta}{\sqrt{2\sigma_y}} \right) + \operatorname{erf} \left(\frac{\sin \theta (L/2 + y) + x \cos \theta}{\sqrt{2\sigma_y}} \right) \right]$$

$$dC = \frac{qdy}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \left\{ \exp \left[\frac{-y^2}{2\sigma_y^2} \right] \right\} + \left\{ \exp \left[\frac{-(Z-H)^2}{2\sigma_z^2} \right] + \exp \left[\frac{-(Z+H)^2}{2\sigma_z^2} \right] \right\} \quad (3-4)$$

$$C = \frac{2q}{\sqrt{2\pi \sigma_z u \sin \theta}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{Z}{\sigma_z} \right)^2 \right] \quad (3-5)$$

ทฤษฎีที่ใช้ในการประเมินความเหมาะสมของแบบจำลองในพื้นที่ศึกษา (Model evaluation)

เป็นการตรวจสอบแบบจำลองก่อนที่จะนำไปสรุปผลและประยุกต์ใช้ในการทำนายความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในสภาวะต่าง ๆ มีความสำคัญมาก เพราะถ้าแบบจำลองที่ใช้มีความน่าเชื่อถือต่ำ ก็จะทำให้การนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้ไม่น่าเชื่อถือ

Willmott (1981) ได้เสนอแนะให้ใช้ดัชนีการยอมรับ (Index of agreement, d) เป็นค่าที่แสดงความถูกต้องของแบบจำลอง ส่วนอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ประเมินแบบจำลอง คือ Factor of two ซึ่งเป็นวิธีการประเมินแบบจำลองในหน่วยร้อยละของค่าที่ได้จากการทำนาย และค่าที่ได้จากการตรวจวัดอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้คือ $\pm 2 \text{ ppm}$ ดังนั้นผู้ศึกษาจึงเลือกใช้ 2 รูปแบบนี้ในการประเมินแบบจำลอง ดังสมการที่ 3-6 และ 3-7

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2}; 0 \leq d \leq 1 \quad (3-6)$$

เมื่อ d คือ ดรรชนีของการยอมรับ

P_i คือ ความเข้มข้นมลพิษที่ได้จากแบบจำลอง

O_i คือ ความเข้มข้นมลพิษที่ได้จากการตรวจวัด

\bar{O} คือ ค่าเฉลี่ยของมลพิษที่ได้จากการตรวจวัด

$$\text{Factor of Two} = \text{จำนวนจุดที่อยู่ในช่วง } \pm 2 \text{ ppm} / \text{จุดทั้งหมด} \times 100 \quad (3-7)$$

เกณฑ์ที่ใช้ในการตรวจสอบแบบจำลอง

การทดสอบแบบจำลองจะใช้วิธีการใดขึ้นอยู่กับศึกษานั้น ๆ โดยทั่วไปนิยมใช้ค่าความแม่นยำของการทำนายเป็น \pm เปอร์เซนต์ เป็นค่าที่แสดงความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง แต่ไม่ได้กำหนดอย่างแน่นอนว่าต้องมีความแม่นยำเท่าใดจึงเป็นค่าที่ยอมรับได้ ปัจจุบันแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีความแม่นยำในการประเมินไม่เกิน ± 50 เปอร์เซนต์ของความเข้มข้นมลพิษที่เกิดขึ้นจริง (สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543)

การประยุกต์แบบจำลองกรณีปัจจุบัน และกรณีอนาคต

มาตรฐานคุณภาพของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในบรรยากาศ (Ambient) ในปัจจุบันมีหลายมาตรฐาน และช่วงเวลาที่ใช้ในการตรวจวัด สำหรับประเทศไทยได้มีการกำหนดไว้ 2 มาตรฐาน คือ มาตรฐานของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ และมาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ ดังตารางที่ 3-1 และ 3-2

ตารางที่ 3-1 มาตรฐานคุณภาพก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในบรรยากาศของประเทศไทย และมาตรฐานวิธีการวัด พ.ศ. 2524 ของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (ที่สภาวะ 25 องศาเซลเซียส และความดัน 1 บรรยากาศ)

สารมลพิษ	ค่ามาตรฐาน (มิลลิกรัม/ ลูกบาศก์เมตร)		
	1 ชั่วโมง	8 ชั่วโมง	วิธีการตรวจวัด
CO	50	20	Non-dispersive infrared

ตารางที่ 3-2 มาตรฐานคุณภาพก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในบรรยากาศของประเทศไทย และมาตรฐานวิธีการวัด พ.ศ. 2538 ของกรมควบคุมมลพิษ (ที่สภาวะ 25 องศาเซลเซียส และความดัน 1 บรรยากาศ)

สารมลพิษ	ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง		ค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมง		วิธีการตรวจวัด
	มก./ลบ.ม.	ppm.	มก./ลบ.ม.	ppm.	
CO	34.2	30	10.26	9	Non-dispersive infrared

1. กรณีปัจจุบัน

เมื่อได้แบบจำลองที่ผ่านการประเมินแล้วจะนำไปทำนายความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในพื้นที่ศึกษาทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 สายกรุงเทพมหานคร-บ้านฉาง (ตอนแยกหนองขาม-แยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ช่วง กม. 0+000 – กม. 8+500 เลือกทิศทางลมโดยใช้ผังลม (Wind rose) และปริมาณการจราจร ใช้ข้อมูลจากกรมทางหลวง

2. กรณีปีอนาคต

ขั้นตอนแรกใช้ข้อมูลจากแผนการคาดคะเนปริมาณการจราจรในปีอนาคตของกรมทางหลวง ที่ทำการศึกษามาแล้ว ปี พ.ศ. 2554 ปริมาณการจราจรที่ได้มาจะถูกนำมาใช้ในแบบจำลองการวิเคราะห์ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ และประยุกต์แบบจำลองในปีปัจจุบันและปีอนาคต

การรวบรวมข้อมูลการจราจร

ผลการรวบรวมข้อมูลจราจรปี พ.ศ. 2557 ปี พ.ศ. 2559 และปี พ.ศ. 2569 จากกรมทางหลวง และสัดส่วนประเภทของรถ แสดงสรุปได้ดังตารางที่ 4-1 ตารางที่ 4-2 และตารางที่ 4-3 ซึ่งพบว่า ปริมาณรถโดยเฉลี่ย รถโดยสารส่วนบุคคลมีปริมาณมากที่สุด (ปี พ.ศ. 2557 เฉลี่ย 3,904 คันต่อชั่วโมง ปี พ.ศ. 2559 เฉลี่ย 4,760 คันต่อชั่วโมง และปี พ.ศ. 2569 เฉลี่ย 5,932 คันต่อชั่วโมง) รองลงมาคือ รถบรรทุกขนาดใหญ่ (ปี พ.ศ. 2557 เฉลี่ย 2,260 คันต่อชั่วโมง ปี พ.ศ. 2559 เฉลี่ย 2,755 คันต่อชั่วโมง และปี พ.ศ. 2569 เฉลี่ย 3,447 คันต่อชั่วโมง) รถบรรทุกขนาดเล็ก และรถบรรทุกขนาดกลาง (ปี พ.ศ. 2557 เฉลี่ย 588 คันต่อชั่วโมง ปี พ.ศ. 2559 เฉลี่ย 716 คันต่อชั่วโมง และปี พ.ศ. 2569 เฉลี่ย 903 คันต่อชั่วโมง) และรถจักรยานยนต์ (ปี พ.ศ. 2557 เฉลี่ย 116 คันต่อชั่วโมง ปี พ.ศ. 2559 เฉลี่ย 189 คันต่อชั่วโมง และปี พ.ศ. 2569 เฉลี่ย 298 คันต่อชั่วโมง) ตามลำดับ

ตารางที่ 4-1 ปริมาณรถแยกประเภทในสายทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 สายกรุงเทพมหานคร-บ้านฉาง ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง ระหว่าง กม. 0+000 ถึง กม. 8+500 ปี พ.ศ. 2557 (ปีศึกษา)

ประเภทรถ	ปริมาณรถเฉลี่ย (คันต่อชั่วโมง)	สัดส่วนประเภทรถ (%)
1. รถยนต์โดยสารส่วนบุคคล	3,904	57
2. รถบรรทุกขนาดใหญ่	2,260	33
3. รถบรรทุกขนาดเล็กและ รถบรรทุกขนาดกลาง	588	9
4. รถจักรยานยนต์	116	2

ตารางที่ 4-2 ปริมาณรถแยกประเภทในสายทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 สายกรุงเทพมหานคร-
บ้านฉาง ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง ระหว่าง กม. 0+000 ถึง กม. 8+500 ปี
พ.ศ. 2559 (ปีที่เปิดใช้โครงการ ๑)

ประเภทรถ	ปริมาณรถเฉลี่ย (คันต่อชั่วโมง)	สัดส่วนประเภทรถ (%)
1. รถยนต์โดยสารส่วนบุคคล	4,760	57
2. รถบรรทุกขนาดใหญ่	2,755	33
3. รถบรรทุกขนาดเล็กและ รถบรรทุกขนาดกลาง	716	9
4. รถจักรยานยนต์	189	2

ตารางที่ 4-3 ปริมาณรถแยกประเภทในสายทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 สายกรุงเทพมหานคร-
บ้านฉาง ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง ระหว่าง กม. 0+000 ถึง กม. 8+500 ปี
พ.ศ. 2569 (ปีอนาคต)

ประเภทรถ	ปริมาณรถเฉลี่ย (คันต่อชั่วโมง)	สัดส่วนประเภทรถ (%)
1. รถยนต์โดยสารส่วนบุคคล	5,932	56
2. รถบรรทุกขนาดใหญ่	3,447	33
3. รถบรรทุกขนาดเล็กและ รถบรรทุกขนาดกลาง	903	9
4. รถจักรยานยนต์	298	3

การทดสอบแบบจำลองประเภท Gaussian dispersion models

เนื่องจากแบบจำลองประเภท Gaussian dispersion models ที่ใช้งานวิจัยครั้งนี้
จะทดลองใช้แบบจำลองทั้งหมด 3 แบบ คือ

1. Gaussian dispersion line source model ซึ่งมีรูปแบบดังสมการ

$$C = \frac{Q}{\sqrt{2\pi U \sigma_z}} \left[\exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{z-H}{\sigma_z} \right)^2 \right\} + \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{z+H}{\sigma_z} \right)^2 \right\} \right] \quad (4-1)$$

เมื่อ Q คือ อัตราการปล่อยมลพิษต่อความยาวถนน (g/m/s)

Z คือ ความสูงของจุดวัดมลพิษ (Receptor) วัดจากพื้นดิน (m)

H คือ ความสูงของแหล่งกำเนิดมลพิษ (m)

σ_z คือ สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายตามแนวดิ่ง โดยปรับค่าความคลาดเคลื่อน

เนื่องจากทิศทางลม

U คือ ความเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูง H (m/s)

2. CALINE4 (Benson, 1989)

$$dC = \frac{qdy}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \left\{ \exp\left[\frac{-y^2}{2\sigma_y^2}\right] \right\} + \left\{ \exp\left[\frac{-(Z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[\frac{-(Z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\} \quad (4-2)$$

เมื่อ dC คือ ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ (g/m³)

q คือ อัตราการปล่อยสารมลพิษทางอากาศ (g/m/s)

H คือ ความสูงของแหล่งกำเนิด (m)

U คือ ความเร็วลม (m/s)

σ_y, σ_z คือ การแพร่กระจายตามแนวแกน y และ z (m)

3. HIWAY2 (US.EPA, 1980)

$$C = \frac{2q}{\sqrt{2\pi\sigma_z} u \sin \theta} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{Z}{\sigma_z}\right)^2\right] \quad (4-3)$$

เมื่อ C คือ ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ (g/m³)

q คือ อัตราการปล่อยสารมลพิษทางอากาศ (g/m/s)

u คือ ความเร็วลม (m/s)

θ คือ มุมระหว่างทิศทางลมกับแนวดถนน (m)

z คือ ความสูงของตำแหน่งที่ต้องการทราบมลพิษทางอากาศ (m)

σ_z คือ การแพร่กระจายของสารมลพิษทางอากาศตามแนวแกน Z (m)

ตามทฤษฎี Gaussian dispersion ทุกแบบจำลองจะมีค่าคงตัว คือ สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายมลพิษตามแนวดิ่ง (σ_z) โดยค่าคงตัวนี้สามารถหาจากการทดลองของ Passquill-gifford หรือ Chock ค่าคงตัวที่ได้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งในแนวการแพร่กระจายมลพิษ และชนิดการคงตัวของบรรยากาศ จากการศึกษานี้จะเลือกใช้ค่าในแต่ละวัน ดังตารางที่ 4-4 ถึง ตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-4 การแบ่งสภาพการคงตัวของบรรยากาศ ตำแหน่งโรงเรียนเทคโนโลยีศรีราชาใน
วันที่เก็บข้อมูล

วันที่	เวลา	ความเร็วลม (m/s)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	Class
27-28 พ.ค. 57	13.00-12.00	0.9	34.5	B
28-29 พ.ค. 57	13.00-12.00	1.2	35.2	B
29-30 พ.ค. 57	13.00-12.00	2.2	36.0	B
25-26 ต.ค. 57	14.00-13.00	1.1	33.9	A
26-27 ต.ค. 57	14.00-13.00	1.1	35.4	A
27-28 ต.ค. 57	14.00-13.00	1.1	34.1	A

ตารางที่ 4-5 การแบ่งสภาพการคงตัวของบรรยากาศ ตำแหน่งปากทางเข้าท่าเรือแหลมฉบังใน
วันที่เก็บข้อมูล

วันที่	เวลา	ความเร็วลม (m/s)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	Class
27-28 พ.ค.57	09.00-08.00	1.4	35.8	B
28-29 พ.ค.57	09.00-08.00	1.1	33.6	A
29-30 พ.ค.57	09.00-08.00	1.0	36.2	A
25-26 ต.ค.57	12.00-11.00	0.5	34.0	A
26-27 ต.ค.57	12.00-11.00	0.6	34.1	B
27-28 ต.ค.57	12.00-11.00	0.8	34.6	B

ตารางที่ 4-6 การแบ่งสภาพการคงตัวของบรรยากาศตำแหน่งชุมชนบ้านทุ่งในวันที่เก็บข้อมูล

วันที่	เวลา	ความเร็วลม (m/s)	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)	Class
30-31 พ.ค.57	17.00-16.00	2.3	35.2	A
31พ.ค. - 1 มิ.ย.57	17.00-16.00	2.2	33.8	A
1-2 มิ.ย.57	17.00-16.00	2.7	35.0	C
25-26 ต.ค.57	12.00-11.00	1.3	34.8	A
26-27 ต.ค.57	12.00-11.00	0.7	33.2	B
27-28 ต.ค.57	12.00-11.00	0.8	36.0	C

ตารางที่ 4-7 สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายตามแนวดิ่ง (σ_z) ของ Pasquill-gifford

วันที่	เวลา	สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายตามแนวดิ่ง (σ_z)
27-28 พ.ค.57	13.00-12.00	1.72
28-29 พ.ค.57	13.00-12.00	1.66
29-30 พ.ค.57	13.00-12.00	1.72
25-26 ต.ค.57	14.00-13.00	1.63
26-27 ต.ค.57	14.00-13.00	1.66
27-28 ต.ค.57	14.00-13.00	1.66

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการตรวจวัด (Observed) และค่าที่ได้จากการทำนาย (Predicted) โดยวิธีการหา Index of agreement แสดงได้ดังตารางที่ 4-8 ถึง 4-10 ส่วนตารางแสดงความสัมพันธ์ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากการตรวจวัด และจากการทำนายที่ตำแหน่งศึกษา โรงเรียนเทคโนโลยีศรีราชา ตำแหน่งปากทางเข้าท่าเรือแหลมฉบัง และบริเวณชุมชนบ้านทุ่ง ดังตารางภาคผนวก จ-1-จ-18

ตารางที่ 4-8 ค่า Index of agreement ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ บนทางหลวงพิเศษ
หมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ตำแหน่ง โรงเรียนเทคโนโลยีศรีราชา
โดย Gaussian dispersion line source models

วันที่	เวลา	Index of agreement (d)
27-28 พ.ค. 2557	13:00-12:00	0.863
28-29 พ.ค. 2557	13:00-12:00	0.821
29-30 พ.ค. 2557	13:00-12:00	0.574
25-26 ต.ค. 2557	12:00-11:00	0.962
26-27 ต.ค. 2557	12:00-11:00	0.579
27-28 ต.ค. 2557	12:00-11:00	0.767

ตารางที่ 4-9 ค่า Index of agreement ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์
บนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ตำแหน่ง
โรงเรียนเทคโนโลยีศรีราชา โดย CALINE 4 models

วันที่	เวลา	Index of agreement (d)
27-28 พ.ค. 2557	13:00-12:00	0.589
28-29 พ.ค. 2557	13:00-12:00	0.594
29-30 พ.ค. 2557	13:00-12:00	0.513
25-26 ต.ค. 2557	12:00-11:00	0.445
26-27 ต.ค. 2557	12:00-11:00	0.330
27-28 ต.ค. 2557	12:00-11:00	0.358

ตารางที่ 4-10 ค่า Index of agreement ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ บนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ตำแหน่งโรงเรียนเทคโนโลยีศรีราชา โดย HIWAY 2 models

วันที่	เวลา	Index of agreement (d)
27-28 พ.ค. 2557	13:00-12:00	0.766
28-29 พ.ค. 2557	13:00-12:00	0.817
29-30 พ.ค. 2557	13:00-12:00	0.824
25-26 ต.ค. 2557	12:00-11:00	0.814
26-27 ต.ค. 2557	12:00-11:00	0.742
27-28 ต.ค. 2557	12:00-11:00	0.680

เมื่อนำค่าที่ได้จากการตรวจวัด และค่าที่ได้จากการทำนายมาประเมินโดยวิธี

Factor of two ได้ค่าดังตารางที่ 4-11 ถึง 4-13

ตารางที่ 4-11 Factor of two ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากการตรวจวัด และจากการทำนายบนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ตำแหน่งโรงเรียนเทคโนโลยีศรีราชา โดย Gaussian dispersion line source models

วันที่	เวลา	Factor of two (%)
27-28 พ.ค. 2557	13:00-12:00	79
28-29 พ.ค. 2557	13:00-12:00	75
29-30 พ.ค. 2557	13:00-12:00	76
25-26 ต.ค. 2557	12:00-11:00	71
26-27 ต.ค. 2557	12:00-11:00	88
27-28 ต.ค. 2557	12:00-11:00	75

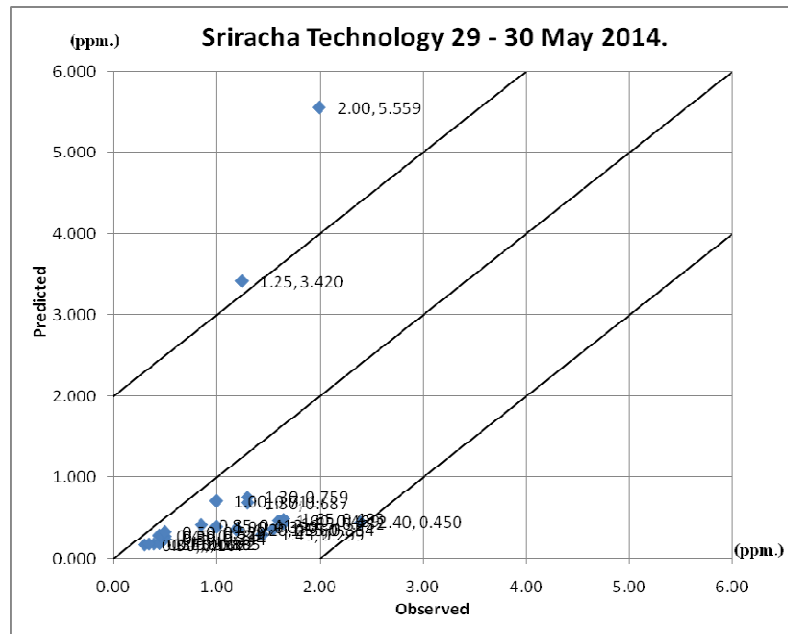
ตารางที่ 4-12 Factor of two ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากการตรวจวัด
และจากการทำนายบนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง)
ตำแหน่งโรงเรียนเทคโนโลยีศรีราชาโดย CALINE 4 models

วันที่	เวลา	Factor of two (%)
27-28 พ.ค. 2557	13:00-12:00	83
28-29 พ.ค. 2557	13:00-12:00	88
29-30 พ.ค. 2557	13:00-12:00	85
25-26 ต.ค. 2557	12:00-11:00	79
26-27 ต.ค. 2557	12:00-11:00	87
27-28 ต.ค. 2557	12:00-11:00	90

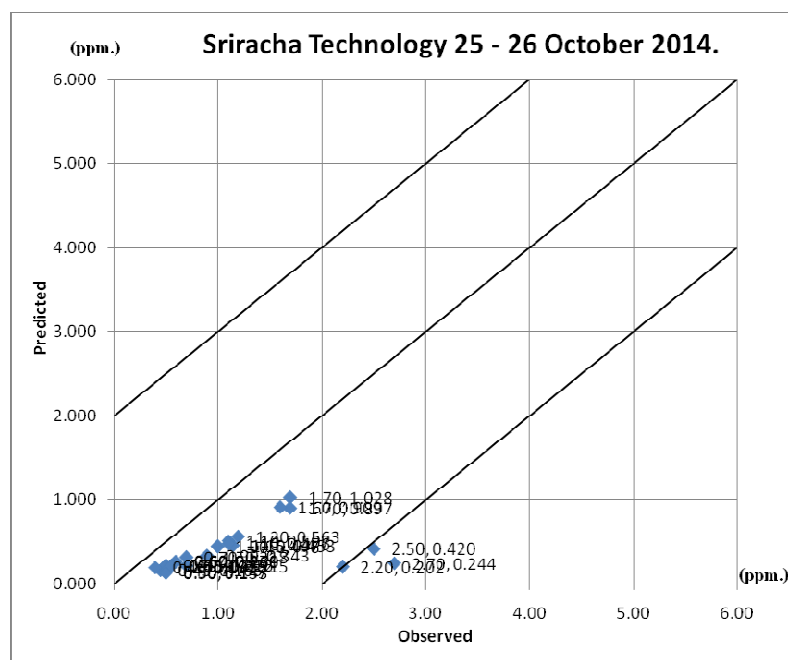
ตารางที่ 4-13 Factor of two ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากการตรวจวัด
และจากการทำนายบนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง)
ตำแหน่งโรงเรียนเทคโนโลยีศรีราชาโดย HIWAY 2 models

วันที่	เวลา	Factor of two (%)
27-28 พ.ค. 2557	13:00-12:00	90
28-29 พ.ค. 2557	13:00-12:00	77
29-30 พ.ค. 2557	13:00-12:00	85
25-26 ต.ค. 2557	12:00-11:00	81
26-27 ต.ค. 2557	12:00-11:00	94
27-28 ต.ค. 2557	12:00-11:00	76

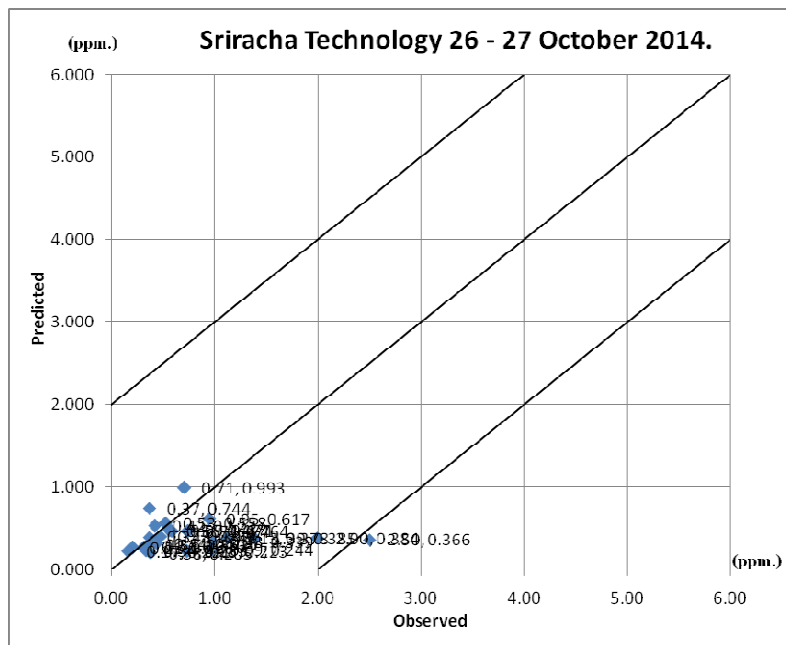
ค่า Factor of two สามารถแสดงได้ด้วยรูปความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัด และค่าที่ได้จากการทำนายตำแหน่งโรงเรียนเทคโนโลยีศรีราชา โดย Gaussian dispersion models ภาพที่ 4-1 ถึง 4-6 CALINE 4 models ภาพที่ 4-7 ถึง 4-12 HIWAY 2 models ดังแสดงในภาพที่ 4-13 ถึง 4-18 ตามลำดับ



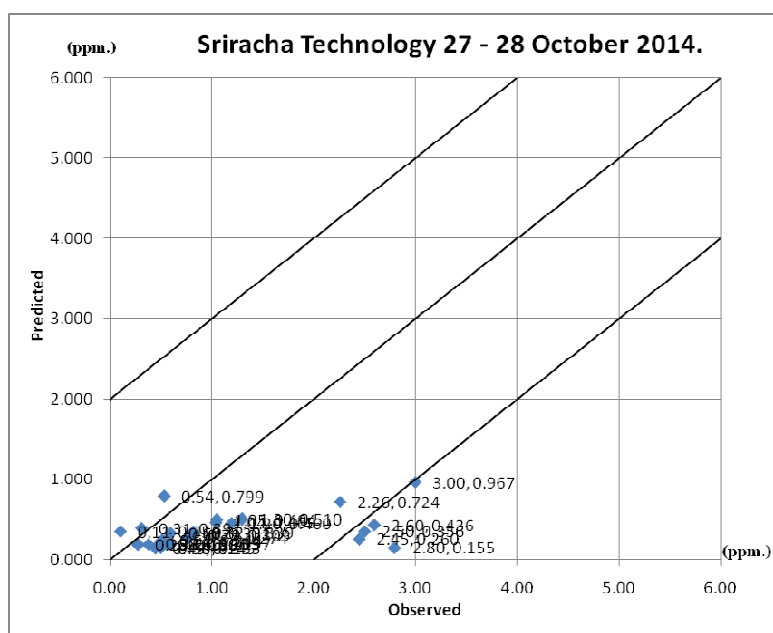
ภาพที่ 4-9 CALINE 4 models ในวันที่ 29-30 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 เวลา 13:00-12:00 น.



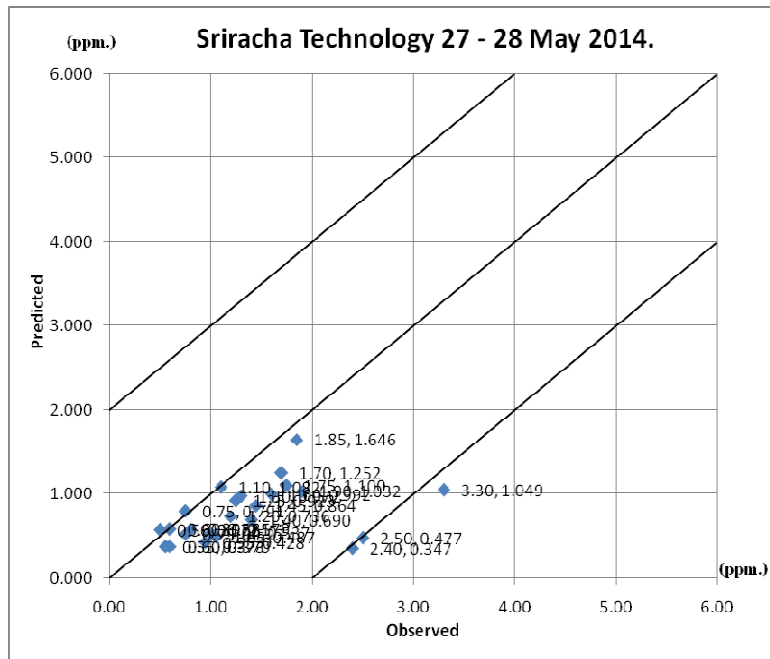
ภาพที่ 4-10 CALINE 4 models ในวันที่ 25-26 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-13:00 น.



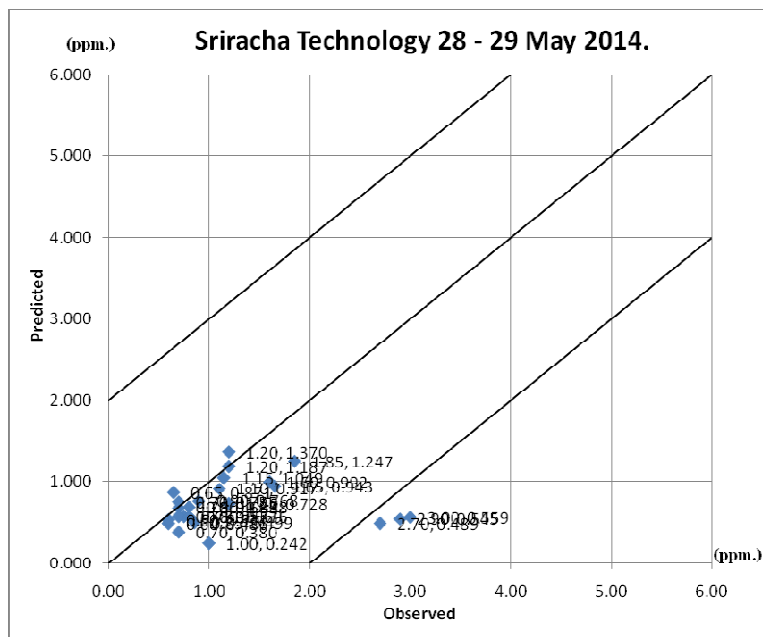
ภาพที่ 4-11 CALINE 4 models ในวันที่ 26-27 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-13:00 น



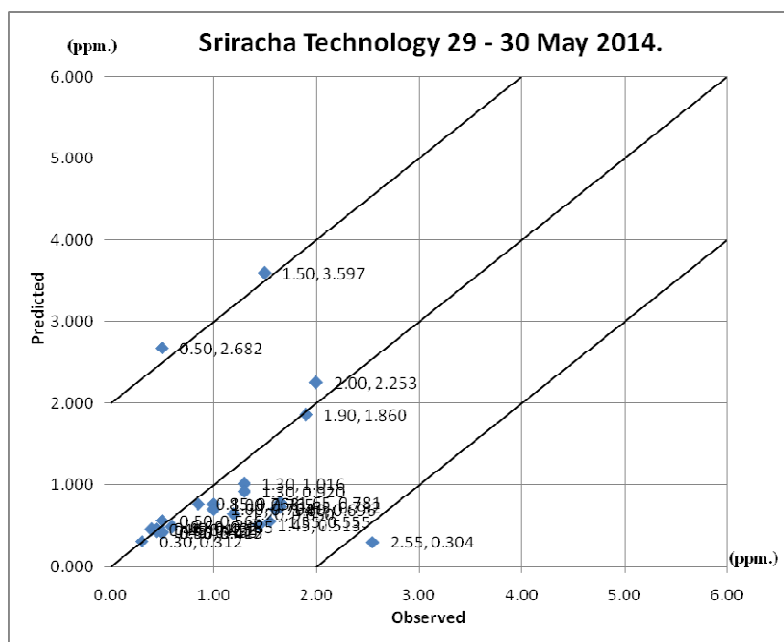
ภาพที่ 4-12 CALINE 4 models ในวันที่ 27-28 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-13:00 น.



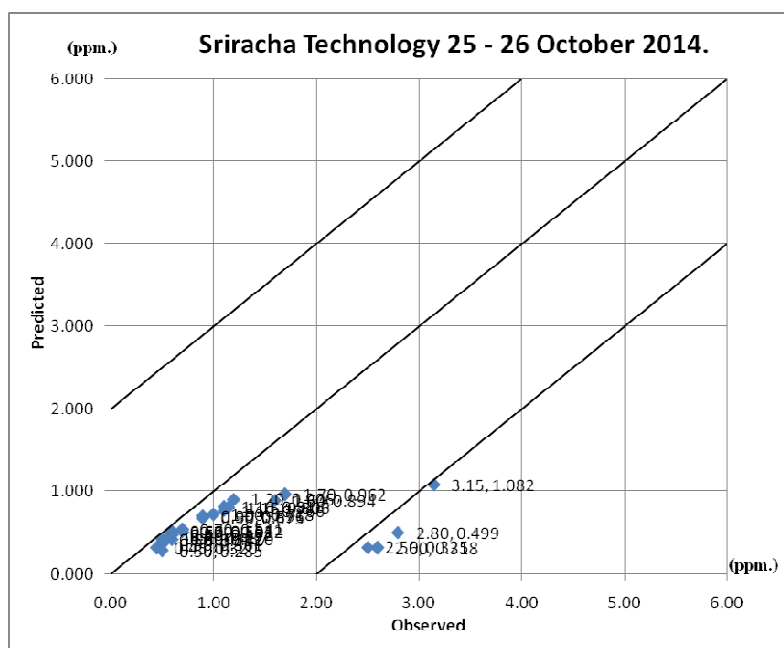
ภาพที่ 4-13 HIWAY 2 models ในวันที่ 27-28 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 เวลา 13:00-12:00 น.



ภาพที่ 4-14 HIWAY 2 models ในวันที่ 28-29 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 เวลา 13:00-12:00 น.



ภาพที่ 4-15 HIWAY 2 models ในวันที่ 29-30 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 เวลา 13:00-12:00 น.



ภาพที่ 4-16 HIWAY 2 models ในวันที่ 25-26 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-13:00 น.

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการตรวจวัด (Observed) และค่าที่ได้จากการทำนาย (Predicted) โดยวิธีการหา Index of agreement แสดงได้ดังตารางที่ 4-14 ถึง 4-16

ตารางที่ 4-14 ค่า Index of agreement ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ บนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ตำแหน่งปากทางเข้าท่าเรือแหลมฉบัง โดย Gaussian dispersion line source models

วันที่	เวลา	Index of agreement (d)
27-28 พ.ค. 2557	09:00-08:00	0.361
28-29 พ.ค. 2557	09:00-08:00	0.721
29-30 พ.ค. 2557	09:00-08:00	0.471
25-26 ต.ค. 2557	12:00-11:00	0.469
26-27 ต.ค. 2557	12:00-11:00	0.656
27-28 ต.ค. 2557	12:00-11:00	0.733

ตารางที่ 4-15 ค่า Index of agreement ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ บนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ตำแหน่งปากทางเข้าท่าเรือแหลมฉบัง โดย CALINE 4 models

วันที่	เวลา	Index of agreement (d)
27-28 พ.ค. 2557	09:00-08:00	0.367
28-29 พ.ค. 2557	09:00-08:00	0.393
29-30 พ.ค. 2557	09:00-08:00	0.473
25-26 ต.ค. 2557	12:00-11:00	0.465
26-27 ต.ค. 2557	12:00-11:00	0.408
27-28 ต.ค. 2557	12:00-11:00	0.459

ตารางที่ 4-16 ค่า Index of agreement ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ บนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ตำแหน่งปากทางเข้าท่าเรือแหลมฉบัง โดย HIWAY 2 models

วันที่	เวลา	Index of agreement (d)
27-28 พ.ค. 2557	09:00-08:00	0.639
28-29 พ.ค. 2557	09:00-08:00	0.520
29-30 พ.ค. 2557	09:00-08:00	0.713
25-26 ต.ค. 2557	12:00-11:00	0.487
26-27 ต.ค. 2557	12:00-11:00	0.632
27-28 ต.ค. 2557	12:00-11:00	0.723

เมื่อนำค่าที่ได้จากการตรวจวัด และค่าที่ได้จากการทำนายมาประเมินโดยวิธี Factor of two ได้ค่าดังตารางที่ 4-17 ถึง 4-19

ตารางที่ 4-17 Factor of two ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากการตรวจวัด และจากการทำนายบนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ตำแหน่งปากทางเข้าท่าเรือแหลมฉบัง โดย Gaussian dispersion line source models

วันที่	เวลา	Factor of two (%)
27-28 พ.ค. 2557	09:00-08:00	80
28-29 พ.ค. 2557	09:00-08:00	93
29-30 พ.ค. 2557	09:00-08:00	77
25-26 ต.ค. 2557	12:00-11:00	65
26-27 ต.ค. 2557	12:00-11:00	82
27-28 ต.ค. 2557	12:00-11:00	90

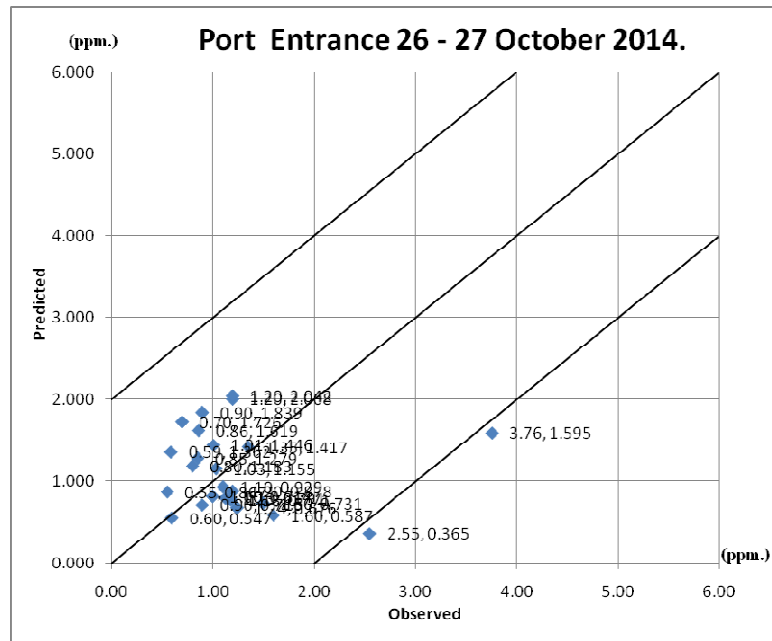
ตารางที่ 4-18 Factor of two ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากการตรวจวัด และจากการทำนายบนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ตำแหน่งปากทางเข้าท่าเรือแหลมฉบัง โดย CALINE 4 models

วันที่	เวลา	Factor of two (%)
27-28 พ.ค. 2557	09:00-08:00	81
28-29 พ.ค. 2557	09:00-08:00	75
29-30 พ.ค. 2557	09:00-08:00	94
25-26 ต.ค. 2557	12:00-11:00	68
26-27 ต.ค. 2557	12:00-11:00	73
27-28 ต.ค. 2557	12:00-11:00	85

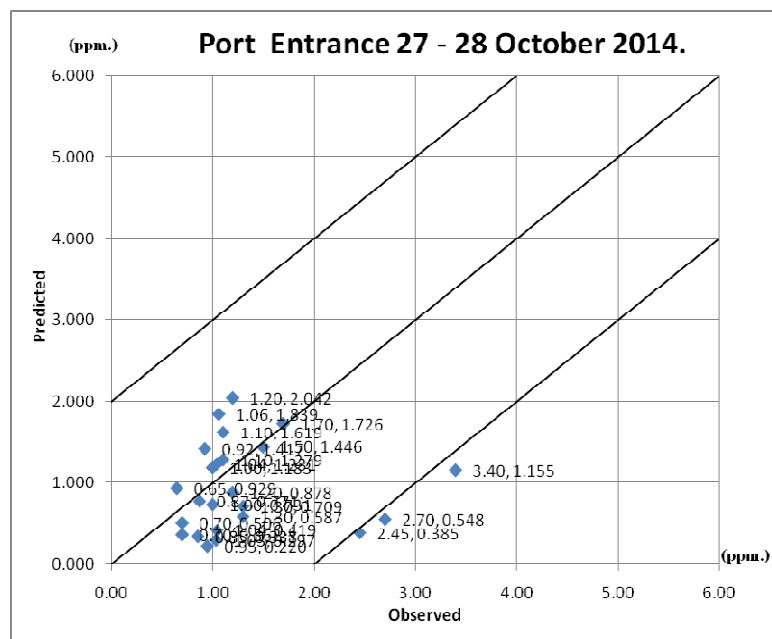
ตารางที่ 4-19 Factor of two ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากการตรวจวัด และจากการทำนายบนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ตำแหน่งปากทางเข้าท่าเรือแหลมฉบัง โดย HIWAY 2 models

วันที่	เวลา	Factor of two (%)
27-28 พ.ค. 2557	09:00-08:00	83
28-29 พ.ค. 2557	09:00-08:00	94
29-30 พ.ค. 2557	09:00-08:00	72
25-26 ต.ค. 2557	12:00-11:00	95
26-27 ต.ค. 2557	12:00-11:00	68
27-28 ต.ค. 2557	12:00-11:00	75

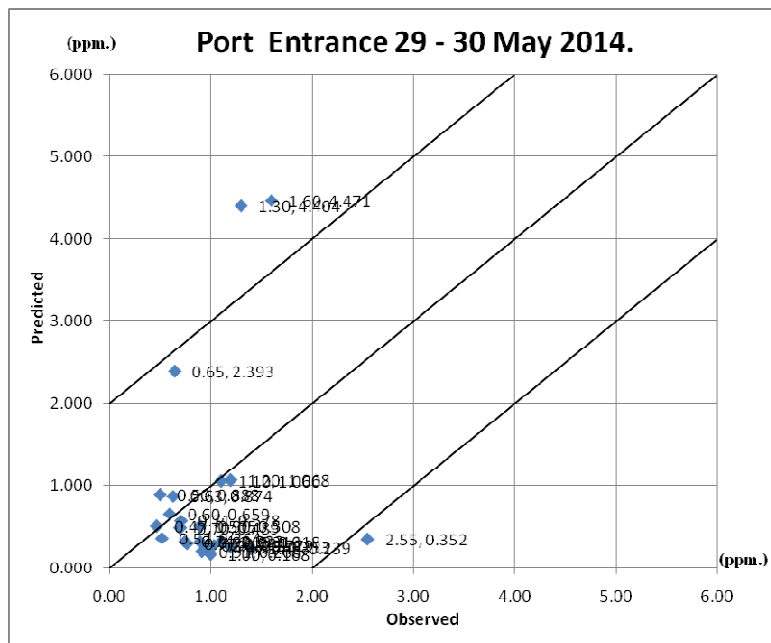
ถ้า Factor of two สามารถแสดงได้ด้วยรูปความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัด และค่าที่ได้จากการทำนายตำแหน่งปากทางเข้าท่าเรือแหลมฉบัง โดย Gaussian dispersion models ภาพที่ 4-19-4-24 CALINE 4 models ภาพที่ 4-25-4-30 และ HIWAY 2 models ภาพที่ 4-31-4-36 ตามลำดับ



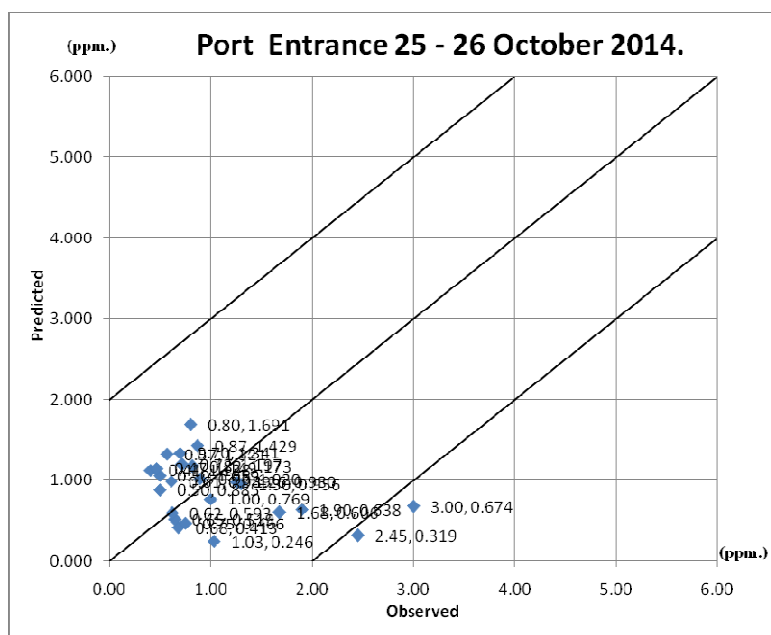
ภาพที่ 4-23 Gaussian dispersion models ในวันที่ 26-27 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-13:00 น.



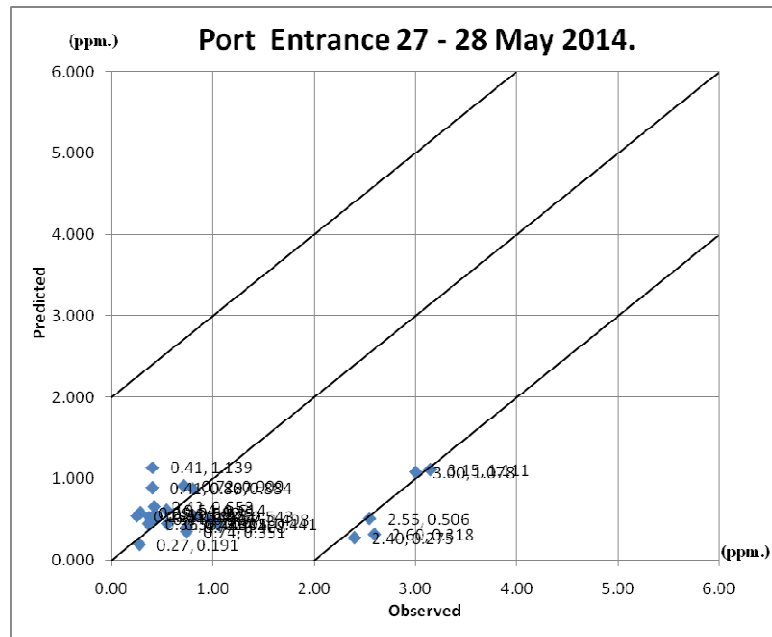
ภาพที่ 4-24 Gaussian dispersion models ในวันที่ 27-28 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-13:00 น.



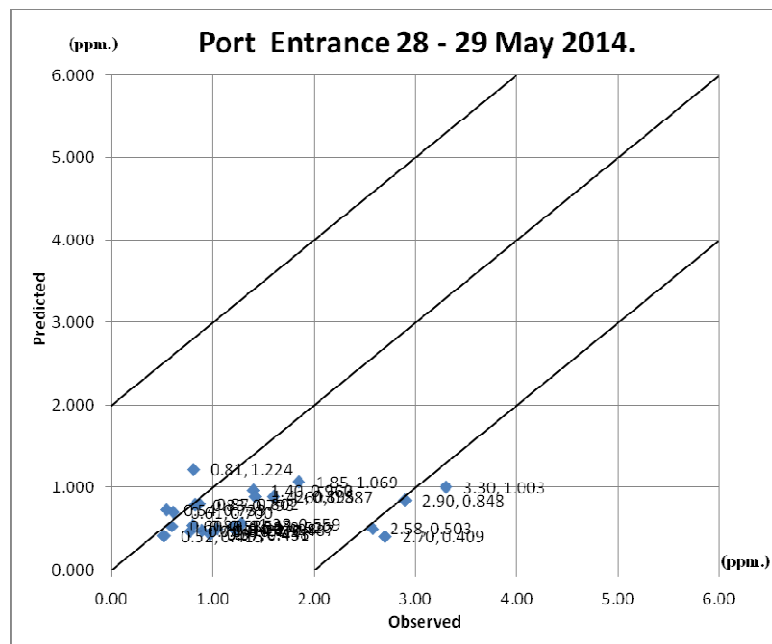
ภาพที่ 4-27 CALINE 4 models ในวันที่ 29-30 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 เวลา 09:00-08:00 น



ภาพที่ 4-28 CALINE 4 models ในวันที่ 25-26 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-11:00 น.



ภาพที่ 4-31 HIWAY 2 models ในวันที่ 27-28 พฤษภาคม พ.ศ.2557 เวลา 09:00 – 08:00 น.



ภาพที่ 4-32 HIWAY 2 models ในวันที่ 28-29 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 เวลา 09:00-08:00 น.

ตารางที่ 4-20 ค่า Index of agreement ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ บนทางหลวง
พิเศษหมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ตำแหน่งชุมชนบ้านทุ่ง
โดย Gaussian line source dispersion models

วันที่	เวลา	Index of agreement (d)
30-31 พ.ค. 2557	17:00-16:00	0.442
31 พ.ค.-1 มิ.ย. 2557	17:00-16:00	0.388
1-2 มิ.ย. 2557	17:00-16:00	0.394
25-26 ต.ค. 2557	12:00-11:00	0.692
26-27 ต.ค. 2557	12:00-11:00	0.520
27-28 ต.ค. 2557	12:00-11:00	0.500

ตารางที่ 4-21 ค่า Index of agreement ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ บนทางหลวง
พิเศษหมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ตำแหน่งชุมชนบ้านทุ่ง
โดย CALINE 4 models

วันที่	เวลา	Index of agreement (d)
30-31 พ.ค. 2557	17:00-16:00	0.326
31 พ.ค.-1 มิ.ย. 2557	17:00-16:00	0.173
1-2 มิ.ย. 2557	17:00-16:00	0.375
25-26 ต.ค. 2557	12:00-11:00	0.401
26-27 ต.ค. 2557	12:00-11:00	0.283
27-28 ต.ค. 2557	12:00-11:00	0.316

ตารางที่ 4-22 ค่า Index of agreement ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ บนทางหลวง
พิเศษหมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง) ตำแหน่งชุมชนบ้านทุ่ง
โดย HIWAY 2 models

วันที่	เวลา	Index of agreement (d)
30-31 พ.ค. 2557	17:00-16:00	0.477
31 พ.ค. – 1 มิ.ย. 2557	17:00-16:00	0.404
1-2 มิ.ย. 2557	17:00-16:00	0.519
25-26 ต.ค. 2557	12:00-11:00	0.542
26-27 ต.ค. 2557	12:00-11:00	0.565
27-28 ต.ค. 2557	12:00-11:00	0.642

เมื่อนำค่าที่ได้จากการตรวจวัด และค่าที่ได้จากการทำนายมาประเมิน โดยวิธี Factor
of two ได้ค่าดังตารางที่ 4-23 ถึง 4-25

ตารางที่ 4-23 Factor of two ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากการตรวจวัด
และจากการทำนายบนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง)
ตำแหน่งชุมชนบ้านทุ่ง โดย Gaussian dispersion line source models

วันที่	เวลา	Factor of two (%)
30-31 พ.ค. 2557	17:00-16:00	66
31 พ.ค. – 1 มิ.ย. 2557	17:00-16:00	59
1-2 มิ.ย. 2557	17:00-16:00	88
25-26 ต.ค. 2557	12:00-11:00	64
26-27 ต.ค. 2557	12:00-11:00	70
27-28 ต.ค. 2557	12:00-11:00	75

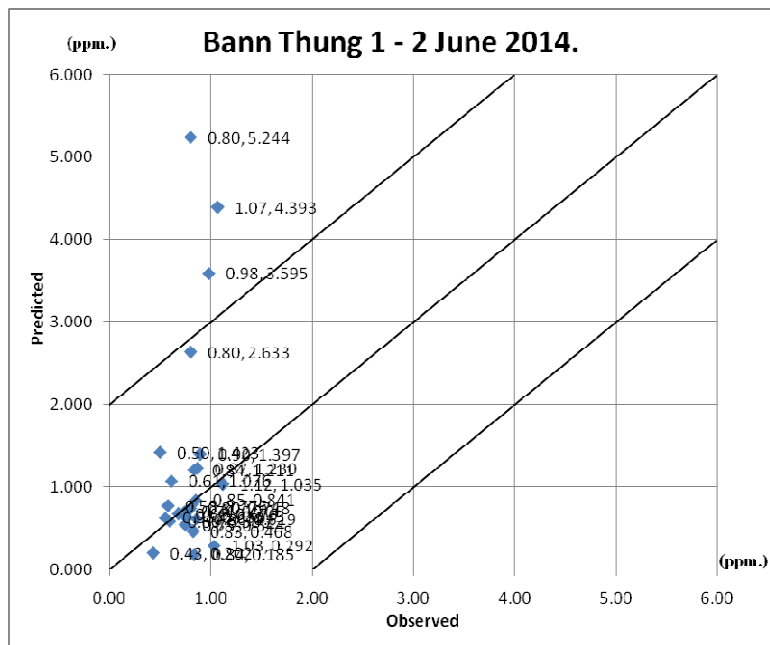
ตารางที่ 4-24 Factor of two ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากการตรวจวัด
และจากการทำนายบนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง)
ตำแหน่งชุมชนบ้านทุ่ง โดย CALINE 4 models

วันที่	เวลา	Factor of two (%)
30-31 พ.ค. 2557	17:00-16:00	91
31 พ.ค.-1 มิ.ย. 2557	17:00-16:00	62
1-2 มิ.ย. 2557	17:00-16:00	78
25-26 ต.ค. 2557	12:00-11:00	86
26-27 ต.ค. 2557	12:00-11:00	75
27-28 ต.ค. 2557	12:00-11:00	81

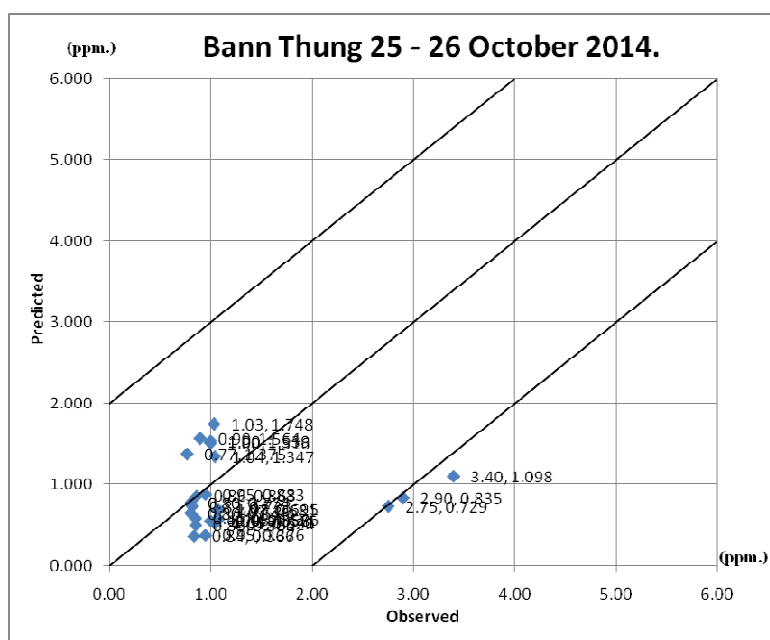
ตารางที่ 4-25 Factor of two ของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากการตรวจวัด
และจากการทำนายบนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง)
ตำแหน่งชุมชนบ้านทุ่ง โดย HIWAY 2 models

วันที่	เวลา	Factor of two (%)
30-31 พ.ค. 2557	17:00-16:00	51
31 พ.ค.-1 มิ.ย. 2557	17:00-16:00	80
1-2 มิ.ย. 2557	17:00-16:00	71
25-26 ต.ค. 2557	12:00-11:00	56
26-27 ต.ค. 2557	12:00-11:00	68
27-28 ต.ค. 2557	12:00-11:00	73

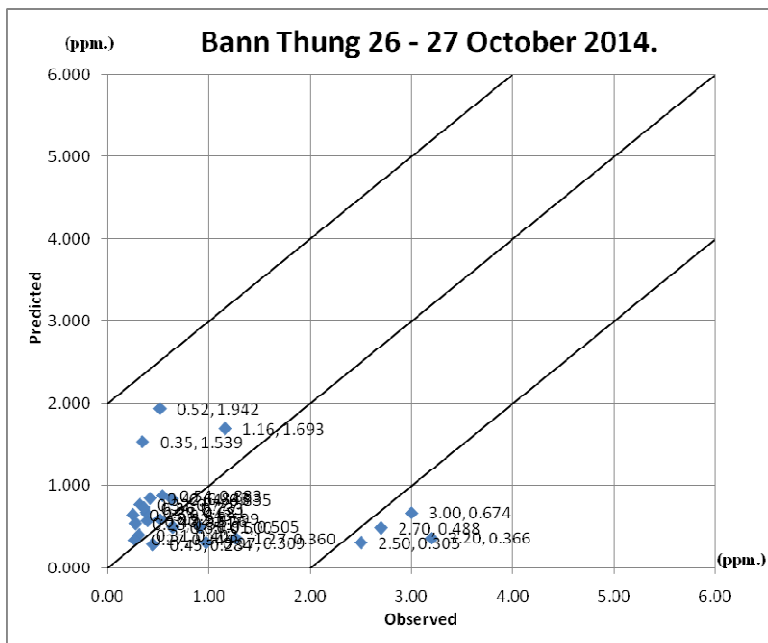
ถ้า Factor of two สามารถแสดงได้ด้วยรูปความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้น
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัด และค่าที่ได้จากการทำนายตำแหน่งชุมชนบ้านทุ่ง
โดย Gaussian dispersion models ภาพที่ 4-37-4-42 CALINE 4 models ภาพที่ 4-43-4-48 และ
HIWAY 2 models ภาพที่ 4-49-4-54 ตามลำดับ



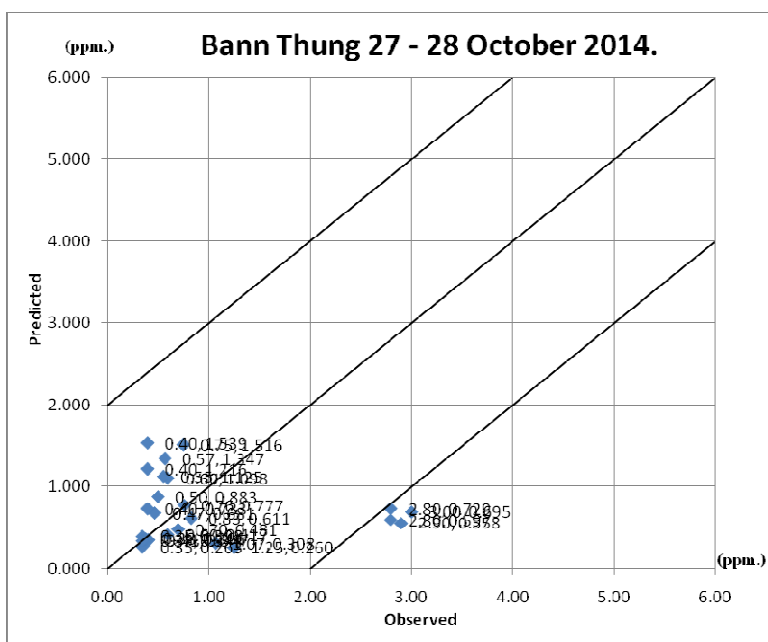
ภาพที่ 4-39 Gaussian dispersion models ในวันที่ 1-2 มิถุนายน พ.ศ. 2557 เวลา 17:00-16:00 น



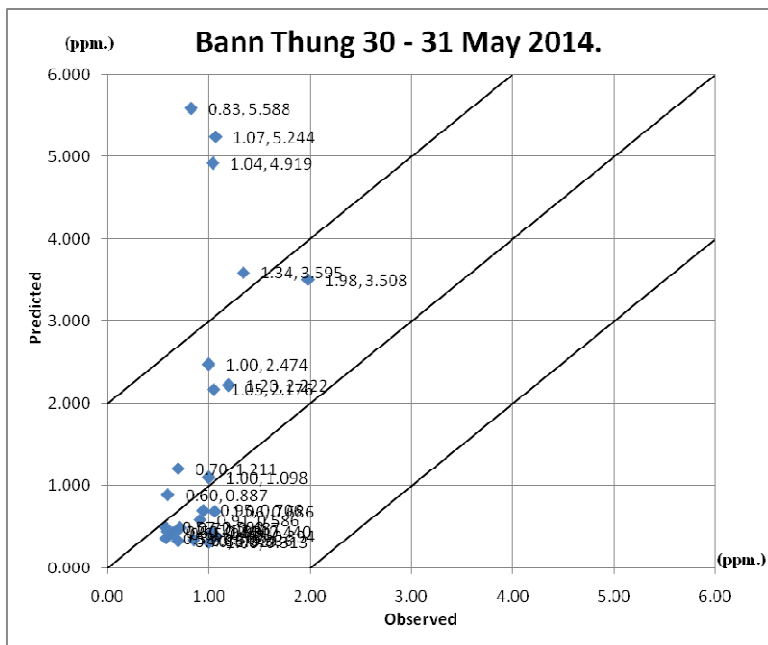
ภาพที่ 4-40 Gaussian dispersion models ในวันที่ 25-26 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-11:00 น.



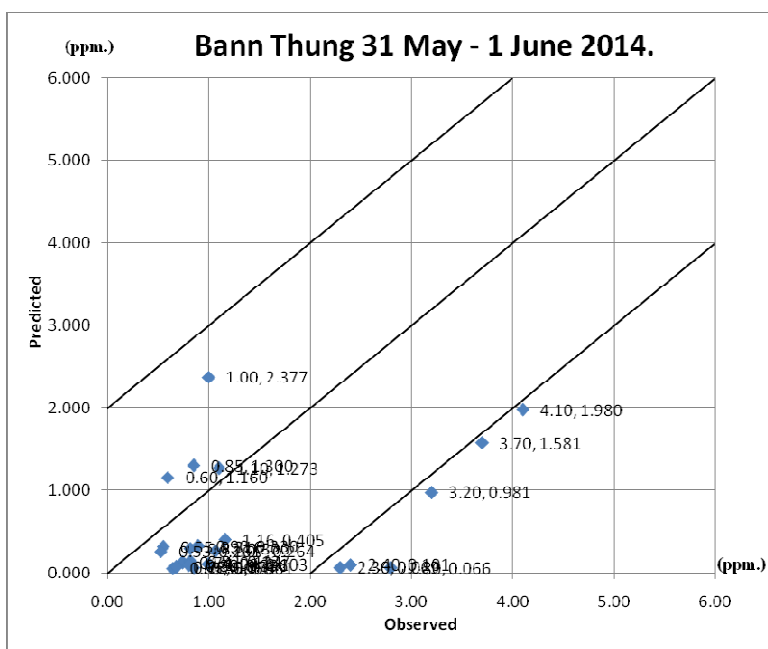
ภาพที่ 4-41 Gaussian dispersion models ในวันที่ 26-27 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-11:00 น.



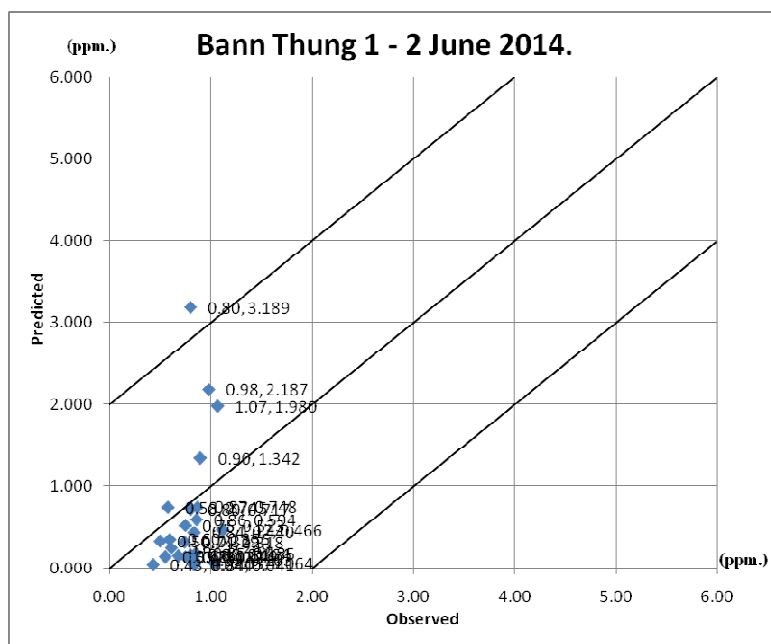
ภาพที่ 4-42 Gaussian dispersion models ในวันที่ 27-28 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-11:00 น.



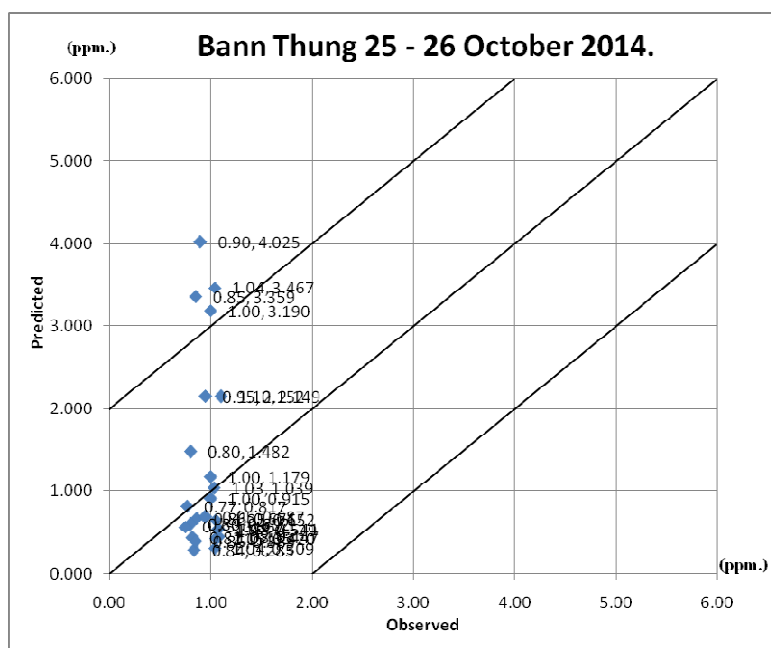
ภาพที่ 4-43 CALINE 4 models ในวันที่ 30-31 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 เวลา 17:00-16:00 น.



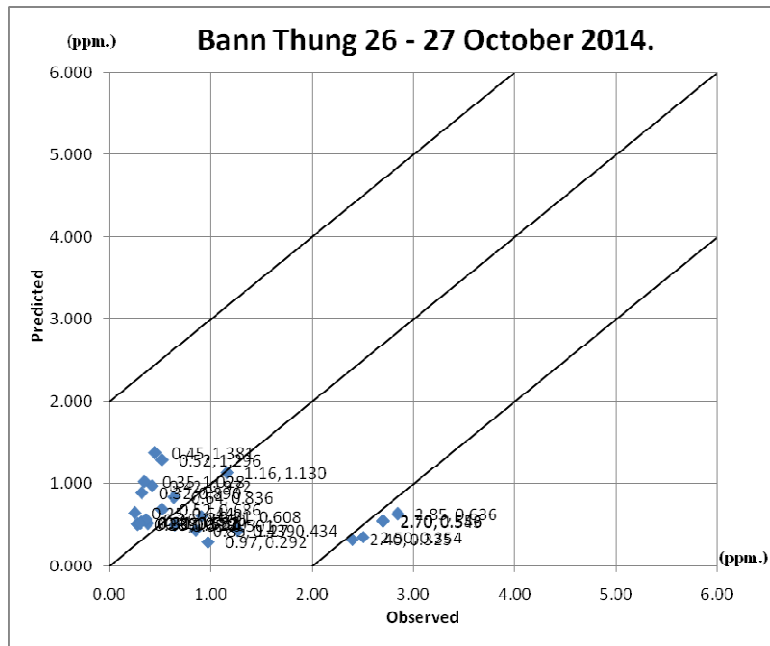
ภาพที่ 4-44 CALINE 4 models ในวันที่ 31 พฤษภาคม-1 มิถุนายน พ.ศ. 2557 เวลา 17:00-16:00 น.



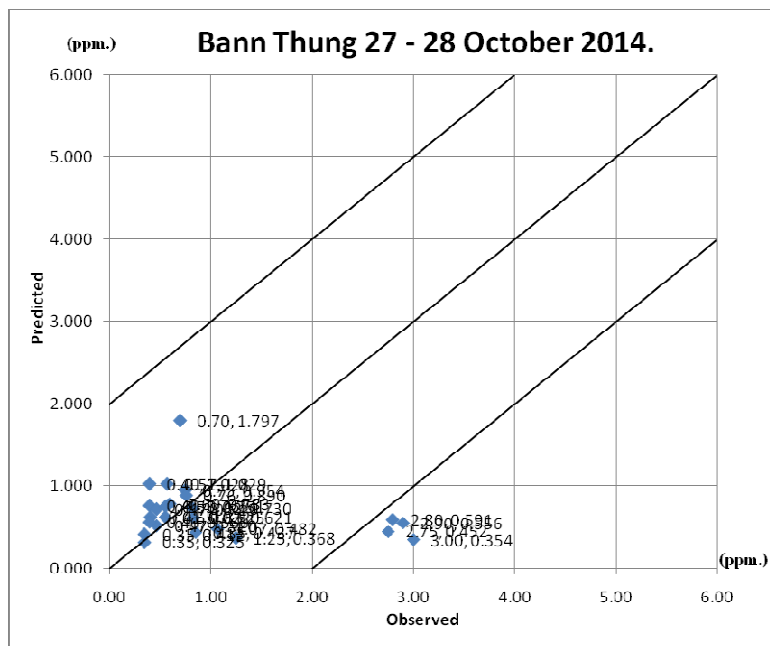
ภาพที่ 4-45 CALINE 4 models ในวันที่ 1-2 มิถุนายน พ.ศ. 2557 เวลา 17:00-16:00



ภาพที่ 4-46 CALINE 4 models ในวันที่ 25-26 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-11:00 น.



ภาพที่ 4-53 HIWAY 2 models ในวันที่ 26-27 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-11:00 น.



ภาพที่ 4-54 HIWAY 2 models ในวันที่ 27-28 ตุลาคม พ.ศ. 2557 เวลา 12:00-11:00 น.

การประยุกต์แบบจำลองในปัจจุบันและอนาคต

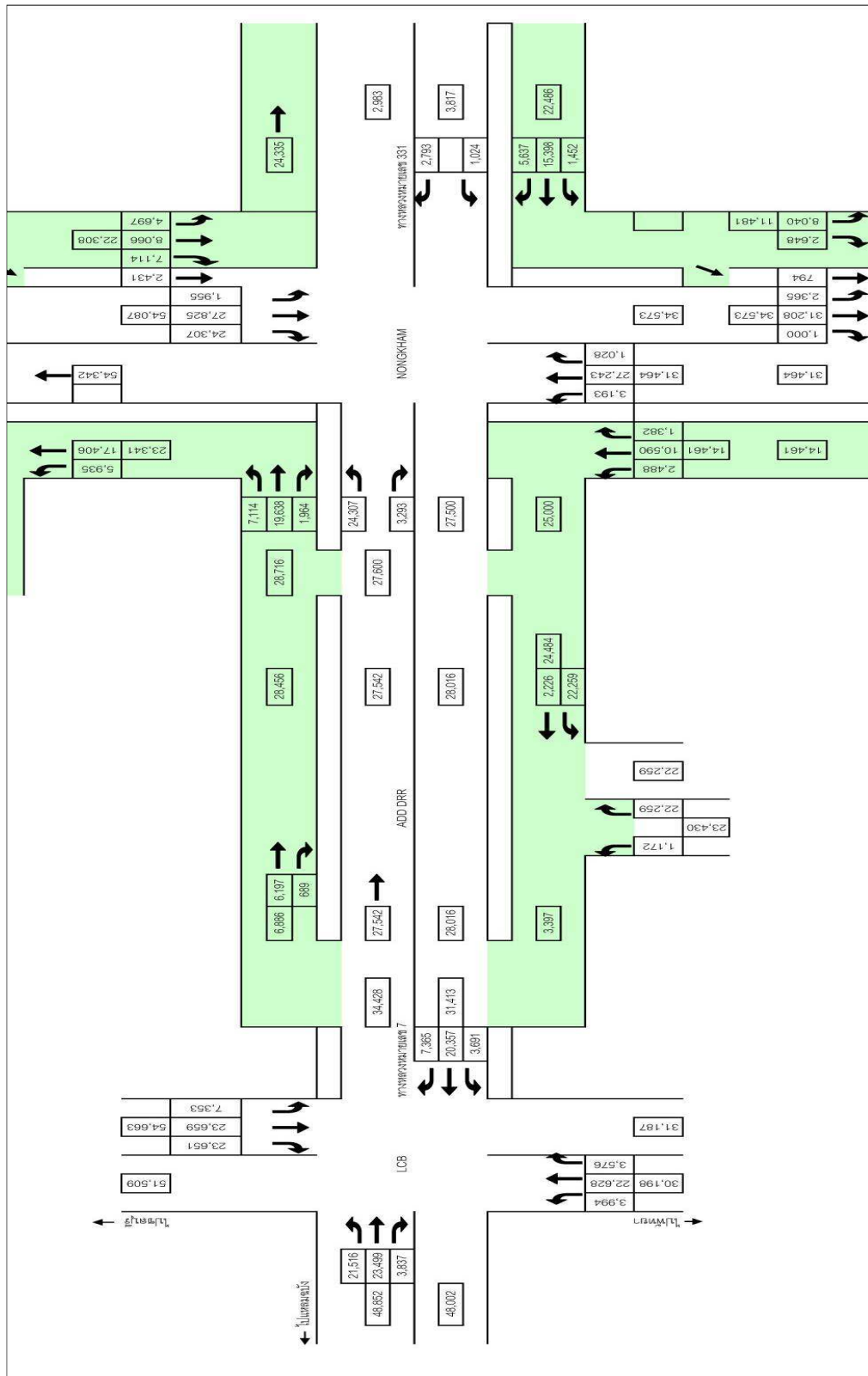
จากวัตถุประสงค์ของการศึกษาซึ่งผู้ศึกษาเลือกทำนายความเข้มข้น
ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ ในปี พ.ศ. 2557 พ.ศ. 2559 และ พ.ศ. 2569 ข้อมูลที่ต้องใช้ในการ
การทำนายแยกเป็นประเภทต่าง ๆ ดังนี้

1. ข้อมูลด้านการจราจร

1.1 ปริมาณการจราจร และความเร็วของกระแสจราจร ได้รวบรวมข้อมูลนี้

จากเอกสาร รายงานปริมาณการจราจรบนทางหลวง ปี พ.ศ. 2557 (Annual Average
Daily Traffic on Highways, 2014) และข้อมูลจากแบบจำลองทางวิศวกรรมวางแผนการจราจร
คาดคะเนปริมาณการจราจร และความเร็วของกระแสจราจรในปีดังกล่าว จากเอกสาร โครงการ
สำรวจและออกแบบโครงการทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 สายทางแยกต่างระดับหนองขาม-ทางแยก
ต่างระดับแหลมฉบัง และออกแบบปรับปรุงทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 สายชลบุรี-พัทยา
ดังต่อไปนี้

ผลการคาดการณ์ปริมาณจราจรในแต่ละทางแยกแสดง ดังภาพที่ 4-54 และภาพที่ 4-55



ภาพที่ 4-56 ผลการคาดการณ์ปริมาณจราจรปี พ.ศ. 2569

ตารางที่ 4-26 ผลการคาดการณ์ปริมาณจราจร สายทางแยกต่างระดับหนองขาม-ทางแยกต่างระดับ
แหลมฉบัง

ช่วง	เส้นทาง	ปริมาณการจราจรรวม 2 ทิศทาง (PCU/ วัน)		
		2557	2559	2569
หนองขาม-แหลมฉบัง	ทางขนาน	37,602	44,400	53,700
	Motorway	35,608	42,700	55,100
	รวม	72,670	87,100	108,800

1.2 ลักษณะทางเรขาคณิตของถนน รูปแบบและข้อมูล จะเปลี่ยนแปลงไปตามปี
ที่ทำการศึกษา

1.3 ข้อมูลอัตราการปล่อยมลพิษจากยานพาหนะ ในปีอนาคตอัตราการปล่อยมลพิษ
จากยานพาหนะจะถูกสมมุติฐานว่ามีอัตราคงที่เท่ากับปีทำการสำรวจข้อมูล

1.4 ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลความเร็วลม ทิศทางลม และสภาพอากาศทั่ว ๆ ไป
จะถูกตั้งสมมุติฐานให้เกิดขึ้นในกรณีวิกฤต (Worst case) โดยใช้ข้อมูลฝั่งลม (Wind rose) ของ
บริเวณจุดทดสอบจากการสังเกต (Observe) ในการเลือกความเร็วลม

2. ลักษณะทางเรขาคณิตของถนน (Geometry of road) ในตำแหน่งที่พิจารณาข้อมูล
ลักษณะทางเรขาคณิตของถนนในตำแหน่งที่สนใจ คือ ความกว้างของถนน จำนวนช่องจราจร
แสดงดังตารางที่ 4-27

ตารางที่ 4-27 ลักษณะทางเรขาคณิตของถนน

ถนนแบบทั่วไป	ความกว้างของถนน (เมตร)	จำนวนช่องจราจร	ทิศทางการจราจร
ถนนทางขนาน Motorway	23	6	2-way
Motorway	38	8	2-way
Interchange Bridge	41	8	2-way

3. หลักการพิจารณาผลกระทบของมลพิษ ณ จุดที่สนใจในกรณีวิกฤติ (Worst case) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จะเกิดขึ้นมากเท่าใดขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ แต่ที่สำคัญที่สุด คือ ปริมาณการจราจรและความเร็วของกระแสจราจร ดังนั้นหลักในการพิจารณา ควรพิจารณาปริมาณการจราจร และความเร็วของกระแสจราจรในช่วงโม่งรีบเร่ง (Peak hour) Hickman and Colwill (1982) ส่วนองค์ประกอบด้านอุตุนิยมิวิทยา ควรใช้ความเร็วลมประมาณ 1 เมตรต่อวินาที ส่วนทิศทางลมจะขึ้นอยู่กับสภาพของลักษณะภูมิประเทศ และตำแหน่งของบริเวณที่สนใจ โดยพิจารณาว่ามีความสัมพันธ์กับแนวแหล่งกำเนิดมลพิษ (Line source) เป็นแนวใด

4. ปริมาณการจราจรและความเร็วของกระแสจราจร

ปริมาณการจราจรและความเร็วของกระแสจราจรที่จะใช้ในการทำนายปริมาณมลพิษ คือ ในปีอนาคตใช้เอกสาร โครงการสำรวจและออกแบบโครงการทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 สายทางแยกต่างระดับหนองขาม-ทางแยกต่างระดับแหลมฉบัง และออกแบบปรับปรุงทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 สายชลบุรี-พัทยา โดยใช้ข้อมูลในช่วงชั่วโมงรีบเร่ง (Peak hour) และความเร็วของกระแสจราจร ทั้งความเร็ว และทิศทางลมใช้ตามเงื่อนไขของกรณีวิกฤติ (Worst case) จะแสดงดังตารางที่ 4-28 และ 4-29

ตารางที่ 4-28 ปริมาณการจราจร และความเร็วของกระแสจราจรจากแบบจำลองปี พ.ศ. 2559

ถนน	ปริมาณการจราจร (pcu/ hr)	ความเร็ว (กม./ ชม.)
ทางหลวงพิเศษหมายเลข 7	1,850 (ทางขนาน)	70
สายทางแยกต่างระดับหนองขาม -ทางแยกต่างระดับแหลมฉบัง	1,779 (Motorway)	90

ตารางที่ 4-29 ปริมาณการจราจร และความเร็วของกระแสจราจรจากแบบจำลองปี พ.ศ. 2569

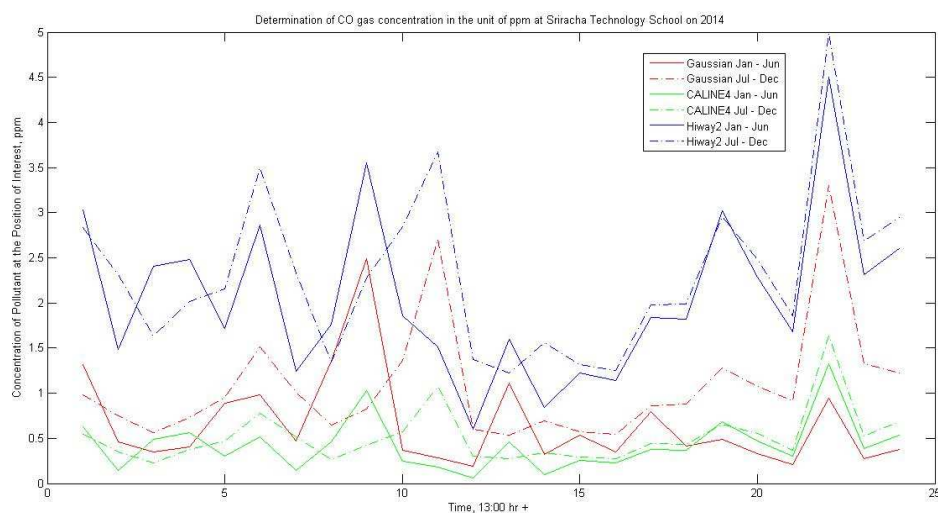
ถนน	ปริมาณการจราจร (pcu/ hr)	ความเร็ว (กม./ ชม.)
ทางหลวงพิเศษหมายเลข 7	2,238 (ทางขนาน)	80
สายทางแยกต่างระดับหนองขาม ทางแยกต่างระดับแหลมฉบัง	2,296 (Motorway)	110

ผลการทำนายความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศด้วยแบบจำลอง ๑ Gaussian dispersion, CALINE 4 และ HIWAY 2 ที่ตำแหน่งศึกษาต่าง ๆ

ผลการทำนายความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ด้วยแบบจำลอง ๑ Gaussian dispersion CALINE 4 และ HIWAY 2 ที่ตำแหน่งศึกษาต่าง ๆ สรุปผลการทำนายแสดงดังตารางที่ 4-30 ถึง 4-32 และภาพที่ 4-56 ถึง 4-65 ส่วนตารางแสดงผลการทำนายที่ตำแหน่งศึกษาต่าง ๆ แสดงในภาคผนวก จ-1 ถึง จ-18

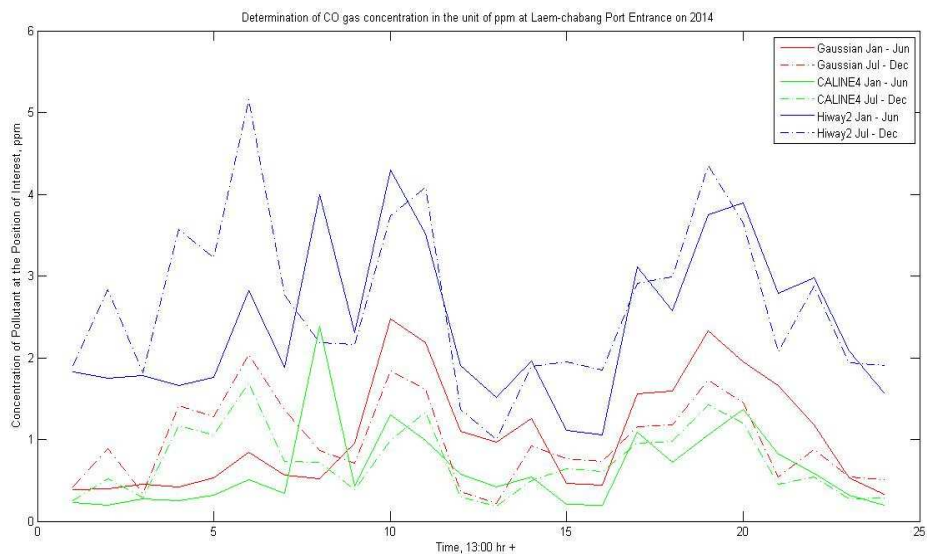
ตารางที่ 4-30 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ปี พ.ศ. 2557 (ปีศึกษา) จากการทำนายด้วยแบบจำลอง ๑ Gaussian dispersion ,CALINE 4 และ HIWAY 2

ตำแหน่งศึกษา	Gaussian dispersion เฉลี่ย (ppm)	CALINE 4 เฉลี่ย (ppm)	HIWAY 2 เฉลี่ย (ppm)
1. โรงเรียนเทคโนโลยีศรีราชา	0.557	0.303	1.405
2. ปากทางเข้าท่าเรือแหลมฉบัง	0.654	0.439	1.636
3. บริเวณชุมชนบ้านทุ่ง	0.485	0.532	1.615

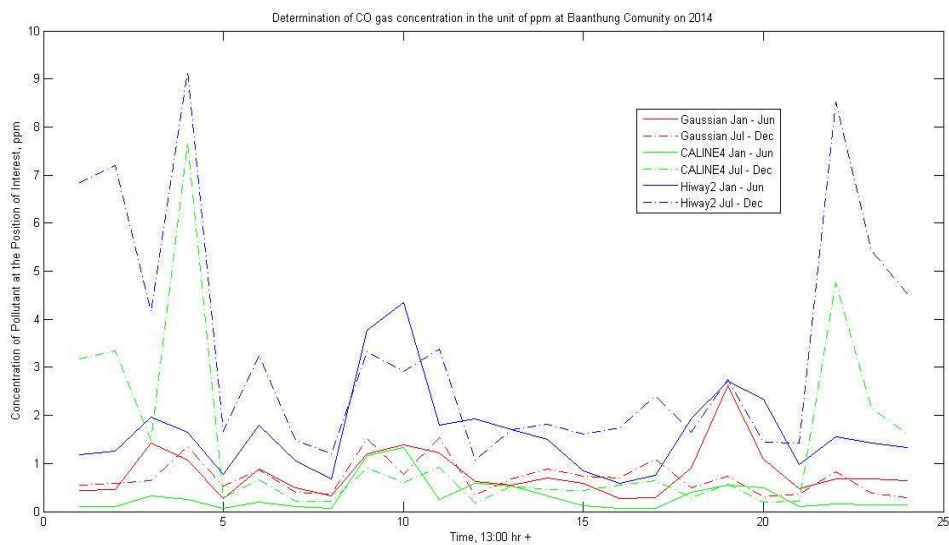


ภาพที่ 4-57 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากแบบจำลอง Gaussian dispersion

CALINE 4 และ HIWAY 2 ปีศึกษา พ.ศ. 2557 ตำแหน่ง โรงเรียนเทคโนโลยีศรีราชา



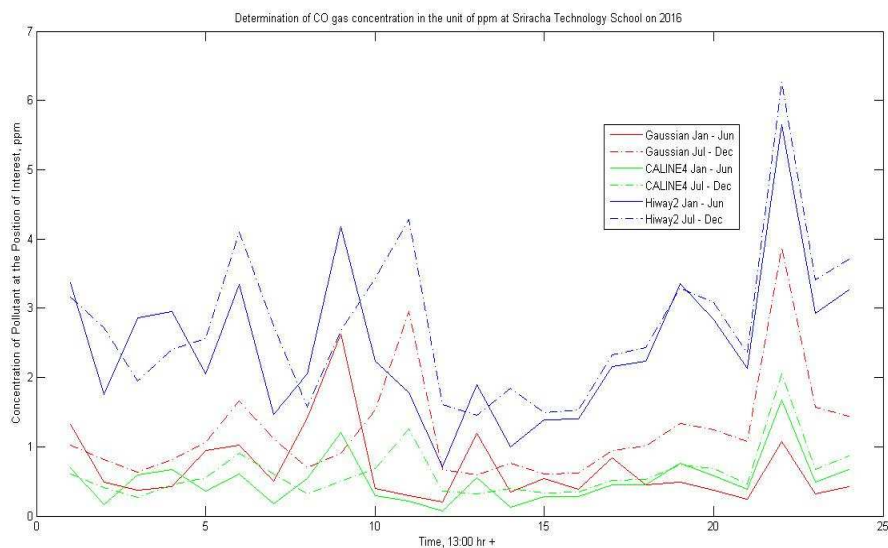
ภาพที่ 4-58 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากแบบจำลอง Gaussian dispersion CALINE 4 และ HIWAY 2 ปีศึกษา พ.ศ. 2557 ตำแหน่งปากทางเข้าท่าเรือแหลมฉบัง



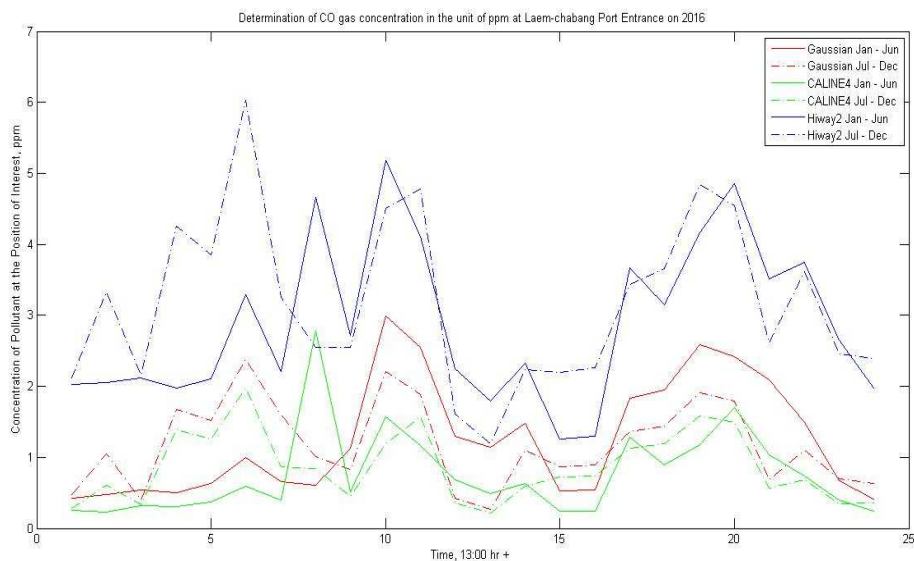
ภาพที่ 4-59 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากแบบจำลอง Gaussian dispersion CALINE 4 และ HIWAY 2 ปีศึกษา พ.ศ. 2557 บริเวณชุมชนบ้านทุ่ง

ตารางที่ 4-31 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ปี พ.ศ. 2559 (ปีที่เปิดใช้โครงการ ฯ)
จากการทำนาย ด้วยแบบจำลอง ฯ Gaussian dispersion, CALINE 4 และ HIWAY 2

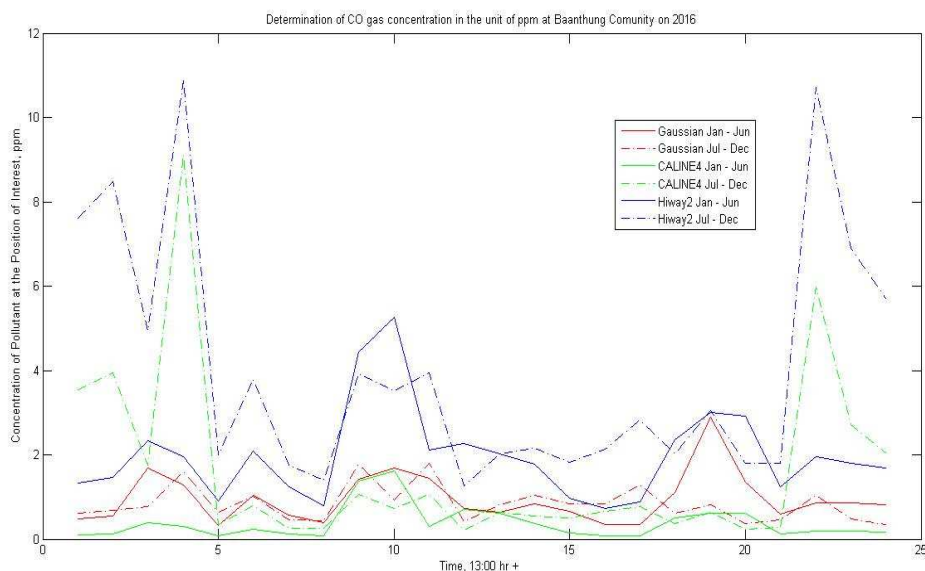
ตำแหน่งศึกษา	Gaussian Dispersion เฉลี่ย (ppm)	CALINE 4 เฉลี่ย (ppm)	HIWAY 2 เฉลี่ย (ppm)
1. โรงเรียนเทคโนโลยีศรีราชา	0.611	0.363	1.680
2. ปากทางเข้าท่าเรือแหลมฉบัง	0.779	0.522	1.949
3. บริเวณชุมชนบ้านทุ่ง	0.575	0.636	1.929



ภาพที่ 4-60 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากแบบจำลอง Gaussian dispersion
CALINE 4 และ HIWAY 2 ปีศึกษา พ.ศ. 2559 บริเวณโรงเรียนเทคโนโลยีศรีราชา



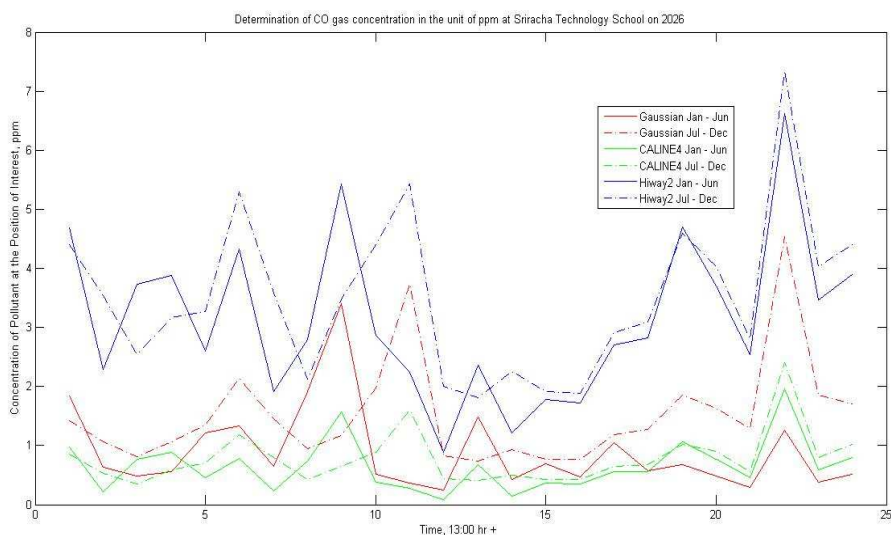
ภาพที่ 4-61 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากแบบจำลอง Gaussian dispersion CALINE 4 และ HIWAY 2 ปีที่เปิดใช้โครงการ ฯ พ.ศ. 2559 บริเวณปากทางเข้าท่าเรือแหลมฉบัง



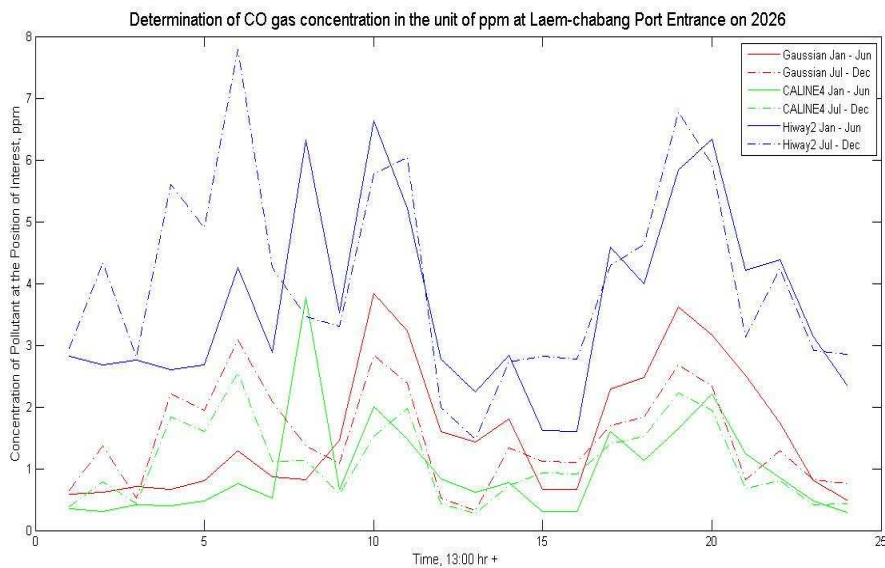
ภาพที่ 4-62 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากแบบจำลอง Gaussian dispersion CALINE 4 และ HIWAY 2 ปีศึกษา พ.ศ. 2559 บริเวณชุมชนบ้านทุ่ง

ตารางที่ 4-32 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ปี พ.ศ. 2569 (ปีอนาคต) จากการทำนาย
ด้วยแบบจำลอง ๑ Gaussian dispersion, CALINE 4 และ HIWAY 2

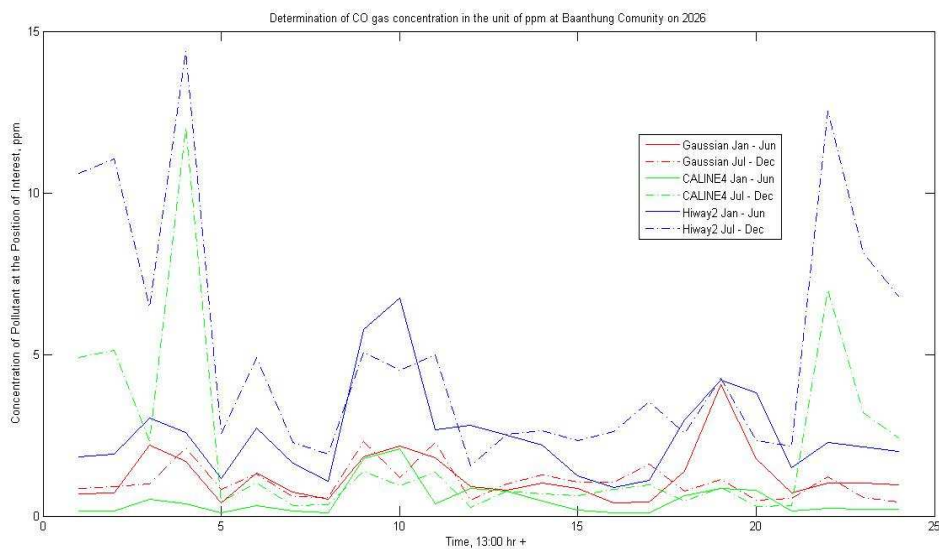
ตำแหน่งศึกษา	Gaussian dispersion เฉลี่ย (ppm)	CALINE 4 เฉลี่ย (ppm)	HIWAY 2 เฉลี่ย (ppm)
1. โรงเรียนเทคโนโลยีศรีราชา	0.776	0.460	2.136
2. ปากทางเข้าท่าเรือแหลมฉบัง	0.995	0.671	2.492
3. บริเวณชุมชนบ้านทุ่ง	0.737	0.811	2.457



ภาพที่ 4-63 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากแบบจำลอง Gaussian dispersion
CALINE 4 และ HIWAY 2 ปีศึกษา พ.ศ. 2569 บริเวณ โรงเรียนเทคโนโลยี ศรีราชา



ภาพที่ 4-64 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากแบบจำลอง Gaussian dispersion CALINE 4 และ HIWAY 2 ปีที่เปิดใช้โครงการ ฯ พ.ศ. 2569 บริเวณปากทางเข้าท่าเรือแหลมฉบัง



ภาพที่ 4-65 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากแบบจำลอง Gaussian dispersion CALINE 4 และ HIWAY 2 ป้อนาคต พ.ศ. 2569 บริเวณชุมชนบ้านทุ่ง

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา

จากการดำเนินการศึกษาทั้งหมด สามารถนำมาสรุปแยกเป็นประเภท ได้ดังต่อไปนี้

1. แบบจำลองที่นำมาใช้กับทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 (ช่วงที่ดำเนินการศึกษา)

โดยวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ คือ เพื่อวิเคราะห์หาขนาด และความรุนแรงของการกระจายก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์จากยานพาหนะในตำแหน่งต่าง ๆ ของทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 ในปีปัจจุบันและปีอนาคต โดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นการเลือกแบบจำลองจึงมีความสำคัญมาก จากการเลือกแบบจำลองและเปรียบเทียบแบบจำลองแล้ว นำแบบจำลองมาใช้วิเคราะห์ผลได้ดังต่อไปนี้

1.1 แบบจำลองอัตราการปล่อยมลพิษจากแหล่งกำเนิด (Source emittant) งานศึกษานี้ได้เลือกใช้แบบจำลอง Stanford research institute CO เมื่อนำข้อมูลพื้นฐานจากโครงการศึกษาเพื่อจัดทำแผนแม่บทในการพัฒนาระบบการขนส่งที่ยั่งยืนและลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดย สำนักแผนและความปลอดภัย สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.) กระทรวงคมนาคม ได้แบบจำลองดังนี้

$$E_m = 41.614 S_m^{-0.429} \text{ (Motorcycle-gasoline 91)}$$

$$E_m = 67.846 S_m^{-0.551} \text{ (Motorcycle-gasoline 95)}$$

$$E_c = 0.373 S_c^{0.114} \text{ (Passenger var-gasoline 91-euro II)}$$

$$E_c = 0.606 S_c^{-0.253} \text{ (Passenger car-gasoline 91-euro III)}$$

$$E_T = 20.58 S_T^{-0.58} \text{ (Heavy-duty vehicles-diesel)}$$

$$E_l = 6.513 S_l^{-0.928} \text{ (Light - duty vehicles-diesel-euro II)}$$

$$E_l = 7.471 S_l^{-0.729} \text{ (Light - duty vehicles-diesel-euro III)}$$

เมื่อ E_m คือ อัตราการระบายก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์จากรถจักรยานยนต์ (g/km/Veh)

E_c คือ อัตราการระบายก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์จากรถยนต์เครื่องยนต์เบนซิน

(g/km/Veh)

E_T คือ อัตราการระบายก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์จากรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ (g/km/Veh)

E_l คือ อัตราการระบายก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์จากรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซล

ขนาดเล็ก (g/km/Veh)

S_m คือ ความเร็วเฉลี่ยของรถจักรยานยนต์ (km/hr)

S_c คือ ความเร็วเฉลี่ยของรถยนต์เครื่องยนต์เบนซิน (km/hr)

S_T คือ ความเร็วเฉลี่ยของรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ (km/hr)

S_L คือ ความเร็วเฉลี่ยของรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก (km/hr)

1.2 แบบจำลองการแพร่กระจายมลพิษในอากาศ (Dispersion model) ของถนนทั่วไปจากการทดสอบแบบจำลองประเภท Gaussian dispersion models 3 ประเภท คือ Gaussian Dispersion line source model, CALINE 4 model, และ HIWAY 2 model สำหรับทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 พบว่าแบบจำลองที่มีความเหมาะสมที่สุดคือ Gaussian dispersion line source model ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

Gaussian dispersion line source model

$$C = \frac{Q}{\sqrt{2\pi U \sigma_z}} \left[\exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{z-H}{\sigma_z} \right)^2 \right\} + \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{z+H}{\sigma_z} \right)^2 \right\} \right]$$

2. การตรวจสอบแบบจำลอง

การตรวจสอบแบบจำลองได้จากการพิจารณาค่า Index of agreement (d) และ Factor of two โดยแยกตามประเภทแบบจำลองดังนี้

ผลของการตรวจสอบแบบจำลองการแพร่กระจายมลพิษในอากาศ Gaussian dispersion line source model ในทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 (ตอนแยกเข้าท่าเรือแหลมฉบัง)

2.1 บริเวณโรงเรียนเทคโนโลยีศรีราชา ค่า Index of agreement มีค่าระหว่าง 0.574-0.962 และ Factor of two มีค่า 71-88 %

2.2 บริเวณปากทางเข้าท่าเรือแหลมฉบัง ค่า Index of agreement มีค่าระหว่าง 0.361-0.733 และ Factor of two มีค่า 77-93 %

2.3 บริเวณชุมชนบ้านทุ่ง ค่า Index of agreement มีค่าระหว่าง 0.388-0.692 และ Factor of two มีค่า 59-88 %

จากค่าที่ได้จากการตรวจสอบแบบจำลอง แล้วพิจารณาค่าต่าง ๆ ของทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 พบว่าแบบจำลองมีความน่าเชื่อถือพอสมควร เพราะผู้ศึกษานำข้อมูลที่รวบรวมจากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ มาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับแบบจำลอง ซึ่งค่าที่ตรวจวัด (Observed) มีค่าน้อยกว่าค่าจากการทำนาย (Predicted)

ตารางที่ 5-1 ค่าที่ได้จากการประเมินแบบจำลอง Gaussian dispersion line source model

จุดตรวจวัด	Index of agreement (d)	Factor of two
บริเวณโรงเรียนเทคโนโลยีศรีราชา	0.574-0.962	71-88
บริเวณปากทางเข้าท่าเรือแหลมฉบัง	0.361-0.733	77-93
บริเวณชุมชนบ้านทุ่ง	0.388-0.692	59-88

3. การประยุกต์แบบจำลองในปัจจุบัน และปีอนาคต

เนื่องจากมาตรฐานคุณภาพคุณภาพของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในบรรยากาศของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ และมาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ กำหนดให้เป็นค่าที่วัดในระยะเวลา 1 ชั่วโมง และ 8 ชั่วโมง แต่งานศึกษาครั้งนี้เป็นค่าความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาในช่วงเวลาสั้น ๆ ซึ่งเป็นค่าที่เปรียบเทียบได้เป็นค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง และค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมง ดังนั้นถ้าค่าจากแบบจำลองในจุดใดมีค่าเกิน 30 ppm. (1 ชั่วโมง) และ 9 ppm. (8 ชั่วโมง) จะถือว่าเกินมาตรฐาน ดังนั้นจากการประยุกต์แบบจำลองในปีอนาคต จึงสรุปปริมาณความเข้มข้นจากการทำนายของถนนประเภทนี้ ทำนายได้เป็น 2 แบบ คือ ทำนายที่ตำแหน่งทางเท้าข้างถนนที่ระดับความสูงจากพื้นดิน และทำนายที่ระดับพื้นดินที่ระยะทางต่าง ๆ ที่เพิ่มขึ้นจากแหล่งกำเนิดมลพิษ และการพิจารณาค่าแห่งที่มีความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เกินมาตรฐานจึงแยกประเภทให้สอดคล้องกับค่าที่ได้จากการทำนายที่ตำแหน่งทางเท้าข้างถนนที่ระดับความสูง 80 เซนติเมตร จากระดับทางเท้า และทำนายที่ระดับพื้นดิน ที่ระยะทางต่าง ๆ ที่เพิ่มขึ้นจากแหล่งกำเนิดมลพิษ โดยประยุกต์แบบจำลองในปีอนาคตพบว่าค่าที่ทำนายได้ยังไม่เกินมาตรฐาน

ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางสำหรับการศึกษาต่อไป

1. ข้อเสนอแนะสำหรับแบบจำลอง

1.1 แบบจำลอง Stanford research institute CO

ผู้ทำการศึกษาต่อไป ควรตรวจสอบความถูกต้องของอัตราการปล่อยมลพิษ (Emission rate) จากยานพาหนะ เพราะในอนาคตการพัฒนาระบบเครื่องยนต์อาจส่งผลให้อัตราการปล่อยก๊าซมลพิษเปลี่ยนไป ถ้ามีการนำข้อมูลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยก๊าซมลพิษกับความเร็วจากยานพาหนะให้มีการเปรียบเทียบแบบจำลอง Stanford research institute CO นี้ ก่อนนำค่าที่ได้ไปใช้ประกอบการศึกษา

1.2 แบบจำลอง Gaussian dispersion line source

การทำนายปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ของแบบจำลองประเภทนี้ประกอบไปด้วยอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ทั้งหมดของกระแสดรจรแบบคงที่ ความเร็วลม และทิศทางลมที่ได้จากข้อมูลจากการตรวจวัด ส่วนค่าคงที่ของการแพร่กระจายก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในแนวดิ่ง (σ_z) ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการทดลองในต่างประเทศก็มีส่วนทำให้แบบจำลองมีความคลาดเคลื่อน แต่ปัจจุบันค่าคงที่นี้ก็ยังเป็นที่ยอมรับในการนำมาประยุกต์ใช้กับถนนทั่วไป ส่วนการศึกษาเพิ่มเติมเมื่อในสภาวะที่เลวร้ายที่สุด (Worst case) ที่เกิดขึ้นเมื่อความเร็วลมมีค่าน้อย ในที่นี้สมมติให้มีค่าเท่ากับ 1 เมตรต่อวินาที หรือ 3.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งผลของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้มากกว่าเมื่อเทียบกับผลจากการตรวจวัดทำให้มีสภาวะที่เลวร้ายที่สุดตามที่ได้สมมติขึ้น ซึ่งถ้ามีการศึกษาต่อไปควรทำการปรับเทียบค่าคงที่นี้ให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ ลักษณะภูมิประเทศที่ทำการศึกษา

1.3 แบบจำลอง CALINE 4 และ HIWAY 2

ถึงแม้ในแบบจำลอง CALINE 4 และ HIWAY 2 จะมีวิธีการที่จะรวมการเปลี่ยนแปลงตามองค์ประกอบต่าง ๆ ที่เหมือนกับแบบจำลอง Gaussian dispersion line source แต่แบบจำลอง CALINE 4 และ HIWAY 2 นี้ได้ค่าความเข้มข้นที่มากกว่าหรือน้อยกว่า ซึ่งขึ้นอยู่กับพื้นที่ ๆ ผู้ใช้แบบจำลองกำหนด ค่าตัวแปรอื่น ๆ คือ ความยาวถนน ความสูงชั้นผสม ความกว้างถนน ความเร็วลม โครงสร้างของอาคารริมถนน และการนำเข้าส่วนนี้ก็สามารถกำหนดเพิ่มเติมเมื่อในสภาวะที่เลวร้ายที่สุด (Worst case) ที่เกิดขึ้นเมื่อความเร็วลมมีค่าน้อย ในที่นี้สมมติให้มีค่าเท่ากับ 1 เมตรต่อวินาที หรือ 3.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งผลของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้มากกว่าเมื่อเทียบกับผลจากการตรวจวัดทำให้มีสภาวะที่เลวร้ายที่สุดตามที่ได้สมมติขึ้นเช่นเดียวกับแบบจำลอง Gaussian dispersion line source

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้

จากการพิจารณาค่าที่ได้จากการทำนาย และค่าที่ได้จากการตรวจสอบพบว่า วันทำการในชั่วโมงเร่งด่วน จะมีค่าความเข้มข้นสูงกว่า (แตกต่าง) วันหยุด และมีแนวโน้มความเข้มข้นสูงกว่าในทุกวันทั้งวันธรรมดา และในวันหยุด และในชั่วโมงเร่งด่วนค่าที่ได้จากการทำนายมีแนวโน้มสูงกว่าค่าที่ได้จากการตรวจวัด ส่วนในชั่วโมงเร่งด่วนค่าที่ได้จากการทำนายมีแนวโน้มต่ำกว่าค่าที่ได้จากการตรวจวัด เพราะในช่วงบ่ายอุณหภูมิสูง ทำให้ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์สามารถแพร่กระจายได้ดีบนพื้นผิวทางคอนกรีต ทำให้ค่าที่ได้จากการทำนายสูงกว่าค่าที่ได้จากการตรวจวัด ทั้งนี้การทำนายค่าความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์อาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้เนื่องจาก

การทำนายในทางหลวงพิเศษมีผลกระทบจากถนนขนาน (สามารถเข้า-ออกทางหลวงพิเศษได้ในบางช่วง) ดังนั้นเพื่อให้มีความน่าเชื่อถือของค่าความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้ควรใช้ค่าการตรวจวัดจริงในการพิจารณา แต่ใช้แบบจำลองเพื่อแสดงแนวโน้มของคุณภาพอากาศในการพิจารณาการกำหนดจุดตรวจสอบบริเวณพื้นที่ ๆ สนใจ และยืนยันด้วยการตรวจวัดจริงอยู่เสมอ

สำหรับมาตรการในการควบคุมปริมาณมลพิษจากก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตบริเวณที่ใกล้ทางหลวงก็คือ การจัดการให้การจราจรไหลไปได้อย่างต่อเนื่อง มีการติดขัดน้อยที่สุด (Traffic flow improvement) จะเป็นมาตรการที่สำคัญ ร่วมกับการจัดการตามความต้องการการเดินทาง (Management of travel demand) ซึ่งมีเทคนิคต่าง ๆ ในการควบคุมการไหลของการจราจร เช่น ช่วงเวลาเร่งด่วน-ไม่เร่งด่วน การปรับปรุงทางเข้าออกด่านเก็บค่าผ่านทางให้มีความคล่องตัวมากขึ้น การก่อสร้างเพิ่มช่องจราจร (ในปีที่ทำการศึกษา) แต่สิ่งที่สำคัญไม่ยิ่งหย่อนกว่ามาตรการหรือนโยบายจากภาครัฐ คือ การสร้างค่านิยมให้คนหันมาใช้ระบบขนส่งมวลชนมากขึ้น ใช้รถส่วนตัวเท่าที่จำเป็น และขับรถอย่างมีวินัย และเคารพกฎจราจรอย่างเคร่งครัด

บรรณานุกรม

- กองวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม. (2534). *แนวทางเบื้องต้นการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการทางด่วนพิเศษและถนนหรือทางยกระดับ*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ.
- การทำเรือ สาขาแหลมฉบัง. (2558). *รายงานผลการปฏิบัติตามมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อมและมาตรการติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการท่าเรือแหลมฉบังขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2*. ชลบุรี: การท่าเรือ สาขาแหลมฉบัง.
- ภัทรดา กุสุวิมล. (2546). *เปรียบเทียบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การกระจายจากแหล่งกำเนิดแบบเส้น CALINE4 และ HIWAY2 ในการทำนายความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน จากทางพิเศษ*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- มาริษา ภูักัญญากุล. (2554). *การศึกษาการผลิตเกลือบริโกลเสริมไอโอดีน ในอำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน*. *ข่าวสารเกษตรศาสตร์*, 57(1), 25-32.
- สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2543). *การประเมินคุณภาพอากาศจากแหล่งกำเนิดด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง.
- สุพัฒน์ หวังวงศ์วัฒนา. (2536). *แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ การแพร่กระจายมลพิษทางอากาศ*. *Thai Environmental Engineering*, 12(13), 37-38.
- สุรัชย์ คำจิณะ. (2545). *ผลของการจราจรต่อความเข้มข้นคาร์บอนมอนอกไซด์ในพื้นที่เขตเมืองเชียงใหม่*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สำนักแผนและความปลอดภัย สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งจราจร. (2555). *โครงการศึกษาเพื่อจัดทำแผนแม่บทในการพัฒนาระบบการขนส่งที่ยั่งยืนและลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ*. กรุงเทพฯ: กระทรวงคมนาคม
- สำนักสำรวจและออกแบบ กรมทางหลวง. (2554). *โครงการสำรวจและออกแบบทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 สายทางแยกต่างระดับหนองขาม-ทางแยกต่างระดับแหลมฉบัง และออกแบบปรับปรุงทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 สายชลบุรี-พัทยา*. กรุงเทพฯ: กระทรวงคมนาคม.

- สำนักอำนวยการความปลอดภัย กรมทางหลวง. (2557). รายงานปริมาณการจราจรบนทางหลวง ปี 2557. กรุงเทพฯ: กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม.
- อดิสร เฟื่องธรรม. (2538). ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และตะกั่วในบรรยากาศ จาก ถนนสายหลักของกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Annual average daily traffic on highways 2014*. (2014). Retrieve from [http://www.doh.go.th/WEB/hwyorg42000/Data%20pdf/ADDT57-DIVISION%2012%20\(CHON%20BURI\).pdf](http://www.doh.go.th/WEB/hwyorg42000/Data%20pdf/ADDT57-DIVISION%2012%20(CHON%20BURI).pdf)
- Benson, D. F. (1989). The neurology of human emotion. *Bulletin of Clinical Neurosciences*, 49, 23-42.
- Colwill, D. M. (1979). A gaussian plume dispersion model applicable to a complex motorway interchange. *Transport and Road Research Laboratory*, no.505 , 1-25.
- Chok, D. P. (1978). A Simple line-source model for dispersion near roadway. *Atmospheric Environment*, 12, 823-830.
- Church P. E. (1949). Dilution of Waste Stack Gases in the Atmosphere. *Industr. Engng. Chem.*, 41, 2753-275
- Heinsohn, R. J., & Kabel, R. L. (1999). *Source and control of air pollution*. New Jersey: Prentice Hall.
- Hickman, A. J., & Colwill, D. M. (1982). The estimation of air pollution concentrations from road traffic. *Transport and Road Research Laboratory*. no 1052.
- Johnson, W. B., Ludwig, F. L., Dabberdt, W. F., & Allen, R. L. (1973). An urban diffusion simulation model for carbon monoxide. *Journal of the Air Pollution Control Association*, 23(6), 490-498.
- Ludwing, D. S., Peterson, K. E., & Gortmaker, S. L. (2001). Relation between consumption of sugar-sweetened drinks and childhood obesity: a prospective, observational analysis. *The Lancet*, 357(9255), 505-508.
- Okamoto, S. (1978). Factors affecting protein film formation. *Cereal Foods World*, 23(5), 256.
- ONEB. (1989). *Law and standards on pollution control in Thailand* (2nd ed.). Bangkok: Environmental Quality Standard Division of the National Environment.

- Sivacoumara, R., & Thanasekaranb, K. (1999). Line source model for vehicular pollution near roadways and model evaluation through statistical analysis. *Environmental Pollution*, 104(3), 389-395.
- Taylor, M. A., & Young, T. M. (1996). Developing a set of fuel consumption and emissions model of use in traffic network modeling. *Proceeding of the 13th International Symposium on Transportation and Traffic Theory* (pp. 289-314). France: Lyon.
- Turner, V. (1969). *Structure and anti-structure*. London: Alsin Transaction.
- US.EPA. (1980). *EPA's hazardous waste regulations effective November 19*. Retrieve from <https://www.epa.gov/aboutepa/epas-hazardous-waste-regulations-effective-november-19-1980>
- Wark, K. & Warner, C. F. (1981). *Air pollution: Its origin and control*. New York: Harper & Row.
- Willmott, C. J. (1981). On the validation of models. *Physical Geography*, 2, 184-194.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลการตรวจนับปริมาณการจราจร

ตารางภาคผนวก ก-1 ปริมาณการจราจรของรถแต่ละประเภท ปี พ.ศ. 2557

ลำดับ ข้อมูล	รถจักรยานยนต์ คัน	รถยนต์ส่วนบุคคล คัน	รถบรรทุก เล็ก คัน	รถบรรทุก ขนาดใหญ่ (คัน)	รวม คัน
1	182	5,570	855	3,098	9,705
2	150	5,909	786	3,422	10,267
3	147	3,689	881	3,398	8,114
4	153	3,396	845	3,137	7,531
5	150	3,532	857	2,132	6,671
6	144	6,470	609	2,977	10,200
7	184	3,036	785	3,174	7,179
8	149	1,951	860	1,732	4,691
9	122	4,089	755	3,465	8,430
10	120	5,829	554	2,715	9,218
11	116	5,046	431	2,483	8,075
12	66	2,426	756	1,171	4,419
13	57	2,130	606	1,059	3,852
14	53	3,196	353	1,047	4,648
15	42	1,796	392	1,975	4,205
16	101	1,787	285	1,539	3,711
17	78	3,557	545	1,760	5,939
18	159	3,579	427	1,603	5,768
19	113	5,403	408	2,678	8,602
20	104	4,273	569	2,456	7,402
21	107	3,240	555	2,520	6,422
22	143	6,589	438	2,482	9,651
23	108	5,841	586	2,386	8,921
24	162	5,275	572	2,090	8,098

ตารางภาคผนวก ก-2 ปริมาณการจราจรของรถแต่ละประเภท พ.ศ. 2559

ลำดับ ข้อมูล	รถจักรยานยนต์ คัน	รถยนต์ส่วนบุคคล คัน	รถบรรทุกเล็ก คัน	รถบรรทุก ขนาดใหญ่ (คัน)	รวม คัน
1	262	5,762	855	3,820	10,699
2	230	6,792	786	4,085	11,893
3	212	4,304	881	4,055	9,451
4	235	3,904	845	3,744	8,728
5	230	4,263	857	2,320	7,669
6	221	7,612	609	3,239	11,681
7	265	3,665	785	3,454	8,167
8	228	2,242	860	1,885	5,214
9	186	4,935	780	3,770	9,671
10	184	7,035	554	3,139	10,912
11	177	5,800	445	2,871	9,293
12	92	2,927	761	1,275	5,055
13	72	2,570	610	1,225	4,477
14	74	3,858	364	1,106	5,402
15	59	2,064	592	2,092	4,806
16	141	2,157	442	1,810	4,549
17	109	4,088	823	2,070	7,090
18	223	4,320	641	1,886	7,069
19	150	5,605	612	3,348	9,715
20	239	4,912	859	3,070	9,080
21	246	3,724	838	3,150	7,958
22	219	8,140	661	3,102	12,121
23	248	7,050	879	2,982	11,159
24	232	6,516	858	2,612	10,219

ตารางภาคผนวก ก-3 ปริมาณการจราจรของรถแต่ละประเภท ปี พ.ศ. 2569

ลำดับ ข้อมูล	รถจักรยานยนต์ คัน	รถยนต์ส่วนบุคคล คัน	รถบรรทุกเล็ก คัน	รถบรรทุก ขนาดใหญ่ (คัน)	รวม คัน
1	410	8,003	1,083	5,163	14,658
2	360	8,490	996	5,520	15,366
3	331	5,300	1,115	5,480	12,227
4	367	4,880	1,070	5,060	11,377
5	360	5,075	1,085	3,135	9,655
6	346	9,515	771	4,378	15,010
7	414	4,450	994	4,668	10,525
8	356	2,915	1,089	2,548	6,907
9	292	6,110	956	5,095	12,452
10	280	8,710	720	4,243	13,952
11	270	7,250	545	3,570	11,634
12	154	3,485	958	1,585	6,181
13	133	3,060	768	1,523	5,483
14	123	4,593	447	1,375	6,537
15	98	2,580	745	2,673	6,095
16	235	2,568	542	2,082	5,425
17	182	5,110	1,036	2,381	8,708
18	371	5,348	811	2,169	8,699
19	263	8,073	775	4,185	13,296
20	364	6,386	1,081	3,838	11,668
21	375	4,655	1,055	3,150	9,234
22	333	9,612	832	3,180	13,957
23	378	8,393	1,113	3,057	12,940
24	354	7,820	1,087	2,677	11,937

ภาคผนวก ข

ข้อมูลความเร็วของกระแสน้ำ ปี พ.ศ. 2557

ตารางภาคผนวก ข-1 ข้อมูลความเร็วของกระแสน้ำ ปี พ.ศ. 2557

ช่วงเวลา	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุกเล็ก	รถบรรทุกขนาดใหญ่
	กม./ ชม.	ส่วนบุคคล กม./ ชม.	กม./ ชม.	กม./ ชม.
7.00-7.30	58	65	68	70
7.30-8.00	72	81	72	45
8.00-8.30	69	71	76	66
8.30-9.00	61	66	80	68
9.00-9.30	68	67	75	77
9.30-10.00	61	64	66	0
10.00-10.30	68	69	68	52
10.30-11.00	66	70	79	65
11.00-11.30	71	70	72	50
11.30-12.00	64	72	69	57
12.00-12.30	62	61	64	66
12.30-13.00	70	67	70	64
13.00-13.30	62	64	72	58
13.30-14.00	66	61	58	67
14.00-14.30	67	55	61	42
14.30-15.00	67	67	64	65
15.00-15.30	56	69	66	70
15.30-16.00	59	64	57	50
16.00-16.30	46	72	74	62
16.30-17.00	54	68	65	67
17.00-17.30	51	83	64	58
17.30-18.00	52	92	71	47
18.00-18.30	56	67	73	62
18.30-19.00	55	75	62	60

ภาคผนวก ค

สัมประสิทธิ์การปล่อยสารมลพิษทางอากาศ

ตารางภาคผนวก ค-1 ค่าตัวคูณอัตราการปล่อยมลพิษ (Emission factor) ทางอากาศที่ความเร็วต่าง ๆ ของรถจักรยานยนต์ เชื้อเพลิงเบนซิน

Pre-2003		Motorcycle - (Gasoline 91)										
Pollutant	Formula	Average Traffic Speed V (km/h)										
	(EF=aV ^b)	a	b	10	20	30	40	50	60	70	80	90
CO (g/km)		41.641	-0.429	15.497	11.511	9.673	8.550	7.769	7.185	6.725	6.351	6.038
2004-2008		Motorcycle - (Gasoline 95)										
Pollutant	Formula	Average Traffic Speed V (km/h)										
	(EF=aV ^b)	a	b	10	20	30	40	50	60	70	80	90
CO (g/km)		67.846	-0.551	19.078	13.021	10.414	8.888	7.859	7.108	6.529	6.066	5.685

ตารางภาคผนวก ค-2 ค่าตัวคูณอัตราการปล่อยมลพิษ (Emission factor) ทางอากาศที่ความเร็วต่าง ๆ ของรถยนต์ส่วนบุคคล เชื้อเพลิงเบนซิน

Euro II		Gasoline Vehicles (Passenger Car)- (Gasoline 91)										
Pollutant	Formula	Average Traffic Speed V (km/h)										
	(EF=aV ^b)	a	b	10	20	30	40	50	60	70	80	90
CO (g/km)		0.373	0.114	0.485	0.525	0.550	0.568	0.583	0.595	0.606	0.615	0.623
Euro III		Gasoline Vehicles (Passenger Car)- (Gasoline 91)										
Pollutant	Formula	Average Traffic Speed V (km/h)										
	(EF=aV ^b)	a	b	10	20	30	40	50	60	70	80	90
CO (g/km)		0.606	-0.253	0.338	0.289	0.256	0.238	0.225	0.2150	0.2068	0.1999	0.1940

ตารางภาคผนวก ค-3 ค่าตัวคูณอัตราการปล่อยมลพิษ (Emission factor) ทางอากาศที่ความเร็วต่างๆของรถยนต์บรรทุกขนาดใหญ่ เชื้อเพลิงดีเซล

2001 & Later		Heavy-Duty Vehicles (TRUCK)- (Diesel)									
Pollutant	Formula (EF=aV ^b)	Average Traffic Speed V (km/h)									
	a	b	10	20	30	40	50	60	70	80	90
CO (g/km)	20.58	-0.58	5.40	3.61	2.85	2.41	2.12	1.90	1.90	2.00	2.13

ตารางภาคผนวก ค -4 ค่าตัวคูณอัตราการปล่อยมลพิษ (Emission factor) ทางอากาศที่ความเร็วต่าง ๆ ของรถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก เชื้อเพลิงดีเซล

Euro II		Light-Duty Vehicles (Pick-up)- (Diesel B3)										
Pollutant	Formula	Average Traffic Speed V (km/h)										
	(EF=aV ^b)	a	b	10	20	30	40	50	60	70	80	90
CO (g/km)		6.153	-0.928	0.726	0.382	0.262	0.201	0.163	0.138	0.119	0.105	0.095
2001 & Later		Heavy-Duty Vehicles (TRUCK)- (Diesel)										
Pollutant	Formula	Average Traffic Speed V (km/h)										
	(EF=aV ^b)	a	b	10	20	30	40	50	60	70	80	90
CO (g/km)		7.471	-0.729	1.394	0.841	0.626	0.508	0.431	0.378	0.338	0.306	0.281

ภาคผนวก ง

ข้อมูลความเร็วลม และทิศทางลม

ตารางภาคผนวก ง-1 ความเร็วและทิศทางลม ตำแหน่งโรงเรียนเทคโนโลยีศรีราชา
27-29 พฤษภาคม พ.ศ. 2557

ช่วงเวลา	ความเร็ว (ม./วินาที)	มุม (องศา)	ช่วงเวลา	ความเร็ว (ม./วินาที)	มุม (องศา)
28-29			27-28		
13:00	2.7	160	13:00	0.9	340
14:00	2.7	170	14:00	0.9	340
15:00	3.1	160	15:00	0.4	40
16:00	2.2	160	16:00	0.9	20
17:00	1.3	120	17:00	0.9	20
18:00	1.3	120	18:00	0.4	20
19:00	1.8	140	19:00	1.3	120
20:00	1.8	140	20:00	0.4	90
21:00	0.4	140	21:00	0.4	40
22:00	0.4	40	22:00	0.4	360
23:00	0.4	20	23:00	0.4	20
24:00	0.4	20	24:00	0.4	360
1:00	0.4	40	1:00	0.4	360
2:00	0.4	20	2:00	0.9	360
3:00	0.4	310	3:00	0.9	340
4:00	0.4	340	4:00	1.3	210
5:00	0.9	340	5:00	9.4	360
6:00	0.9	340	6:00	1.3	340
7:00	0.9	360	7:00	1.3	360
8:00	0.9	360	8:00	0.4	360
9:00	0.4	140	9:00	0.4	360
10:00	1.3	160	10:00	0.9	160
11:00	1.8	160	11:00	1.8	160
12:00	1.2	160	12:00	2.7	160

ตารางภาคผนวก ง-2 ความเร็วและทิศทางลม ตำแหน่งบริเวณโรงเรียนเทคโนโลยีศรีราชา
วันที่ 29-30 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 และ 25-26 ตุลาคม พ.ศ. 2557

ช่วงเวลา	ความเร็ว (ม./ วินาที)	มุม (องศา)	ช่วงเวลา	ความเร็ว (ม./วินาที)	มุม (องศา)
25-26			29-30		
14:00	0.9	240	13:00	2.2	160
15:00	0.9	70	14:00	2.7	170
16:00	1.3	70	15:00	2.7	160
17:00	1.3	70	16:00	0.9	220
18:00	0.9	70	17:00	0.5	220
19:00	1.3	70	18:00	0.5	220
20:00	1.3	70	19:00	0.4	220
21:00	0.4	40	20:00	1.3	210
22:00	0.9	70	21:00	3.6	210
23:00	0.9	70	22:00	3.1	210
24:00	0.9	70	23:00	3.6	210
1:00	0.9	70	24:00	2.7	170
2:00	0.9	40	1:00	2.2	170
3:00	1.3	70	2:00	1.8	170
4:00	0.9	70	3:00	1.3	170
5:00	0.9	70	4:00	0.9	170
6:00	1.3	70	5:00	0.9	170
7:00	0.9	70	6:00	1.8	170
8:00	0.4	70	7:00	2.2	160
9:00	0.4	340	8:00	2.7	160
10:00	1.3	310	9:00	3.6	160
11:00	3.1	290	10:00	4.0	160
12:00	1.8	290	11:00	4.0	160
13:00	1.8	240	12:00	4.0	160

ตารางภาคผนวก ง-3 ความเร็วและทิศทางลม ตำแหน่งบริเวณโรงเรียนเทคโนโลยีศรีราชา
วันที่ 26-28 ตุลาคม พ.ศ. 2557

ช่วงเวลา 27-28	ความเร็ว (ม./ วินาที)	มุม (องศา)	ช่วงเวลา 26-27	ความเร็ว (ม./วินาที)	มุม (องศา)
14:00	2.2	90	14:00	1.3	40
15:00	0.9	40	15:00	1.3	40
16:00	0.9	70	16:00	0.9	40
17:00	0.9	70	17:00	0.9	40
18:00	2.7	70	18:00	0.9	20
19:00	1.3	70	19:00	1.3	40
20:00	0.9	20	20:00	0.4	40
21:00	0.4	360	21:00	1.3	40
22:00	0.4	20	22:00	0.9	40
23:00	1.3	70	23:00	0.9	40
24:00	1.3	70	24:00	0.9	40
1:00	0.9	70	1:00	0.9	40
2:00	0.4	360	2:00	0.9	40
3:00	1.3	40	3:00	0.9	40
4:00	1.3	40	4:00	0.4	40
5:00	0.9	40	5:00	0.4	40
6:00	0.9	40	6:00	0.9	40
7:00	0.9	40	7:00	0.9	360
8:00	0.4	360	8:00	1.3	360
9:00	0.9	360	9:00	1.3	40
10:00	0.9	290	10:00	0.9	260
11:00	0.9	290	11:00	1.3	260
12:00	1.3	260	12:00	3.6	220
13:00	2.2	260	13:00	1.3	40

ตารางภาคผนวก ง-4 ความเร็วและทิศทางลม ตำแหน่งบริเวณปากทางเข้าท่าเรือแหลมฉบัง
วันที่ 27-29 พฤษภาคม พ.ศ. 2557

ช่วงเวลา	ความเร็ว	มุม (องศา)	ช่วงเวลา	ความเร็ว	มุม (องศา)
28-29	(ม./วินาที)		27-28	(ม./วินาที)	
9:00	0.4	290	9:00	0.9	260
10:00	0.9	290	10:00	2.2	290
11:00	1.3	260	11:00	2.7	290
12:00	2.7	260	12:00	2.7	290
13:00	2.7	260	13:00	3.1	290
14:00	2.7	290	14:00	2.7	290
15:00	2.7	260	15:00	1.3	290
16:00	1.8	260	16:00	2.7	290
17:00	1.3	260	17:00	3.6	290
18:00	1.3	260	18:00	2.7	290
19:00	1.3	260	19:00	1.3	260
20:00	0.9	260	20:00	0.4	260
21:00	0.4	240	21:00	0.9	90
22:00	0.4	70	22:00	0.4	90
23:00	0.4	90	23:00	0.4	70
24:00	0.4	70	24:00	0.4	90
1:00	0.4	240	1:00	0.4	90
2:00	0.4	240	2:00	0.4	90
3:00	0.4	90	3:00	0.9	90
4:00	0.4	70	4:00	3.1	340
5:00	0.4	120	5:00	0.4	120
6:00	0.4	90	6:00	0.4	120
7:00	0.4	90	7:00	0.9	120
8:00	0.4	90	8:00	0.4	120

ตารางภาคผนวก ง-5 ความเร็วและทิศทางลม ตำแหน่งบริเวณปากทางเข้าท่าเรือแหลมฉบัง
วันที่ 29-30 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 และ 25-26 ตุลาคม พ.ศ. 2557

ช่วงเวลา 25-26	ความเร็ว (ม./วินาที)	มุม (องศา)	ช่วงเวลา 29-30	ความเร็ว (ม./วินาที)	มุม (องศา)
12:00	0.9	310	9:00	0.4	70
13:00	1.8	290	10:00	1.3	260
14:00	0.9	290	11:00	1.8	260
15:00	0.4	290	12:00	1.8	260
16:00	0.4	120	13:00	2.2	260
17:00	0.4	120	14:00	2.7	260
18:00	0.4	120	15:00	1.8	260
19:00	0.4	120	16:00	1.8	260
20:00	0.4	90	17:00	1.3	260
21:00	0.4	120	18:00	1.3	260
22:00	0.4	90	19:00	0.9	240
23:00	0.4	120	20:00	0.9	220
24:00	0.4	120	21:00	0.9	220
1:00	0.4	120	22:00	0.4	240
2:00	0.4	120	23:00	0.9	220
3:00	0.4	120	24:00	0.4	70
4:00	0.4	120	1:00	0.4	70
5:00	0.4	120	2:00	0.4	70
6:00	0.4	120	3:00	1.3	70
7:00	0.4	120	4:00	0.9	90
8:00	0.4	120	5:00	0.9	70
9:00	0.4	120	6:00	0.9	90
10:00	0.4	290	7:00	0.4	90
11:00	1.3	290	8:00	0.4	90

ตารางภาคผนวก ง-6 ความเร็วและทิศทางลม ตำแหน่งบริเวณปากทางเข้าท่าเรือแหลมฉบัง
26-28 ตุลาคม พ.ศ. 2557

ช่วงเวลา 27-28	ความเร็ว (ม./ วินาที)	มุม (องศา)	ช่วงเวลา 26-27	ความเร็ว (ม./วินาที)	มุม (องศา)
12:00	1.3	310	12:00	1.8	290
13:00	1.3	340	13:00	1.3	290
14:00	2.7	310	14:00	0.4	90
15:00	1.8	120	15:00	0.9	90
16:00	0.4	120	16:00	0.4	120
17:00	0.4	120	17:00	0.4	120
18:00	0.4	120	18:00	0.4	90
19:00	1.3	120	19:00	0.4	90
20:00	0.9	90	20:00	0.4	120
21:00	0.9	90	21:00	0.4	120
22:00	0.4	90	22:00	0.4	120
23:00	0.4	70	23:00	0.4	120
24:00	0.9	120	24:00	0.4	120
1:00	1.3	120	1:00	0.4	120
2:00	0.4	120	2:00	0.4	90
3:00	0.4	120	3:00	0.4	120
4:00	0.4	120	4:00	0.4	120
5:00	0.4	120	5:00	0.4	120
6:00	0.4	120	6:00	0.4	120
7:00	0.4	120	7:00	0.4	120
8:00	0.4	120	8:00	0.4	120
9:00	0.4	40	9:00	0.9	120
10:00	0.9	70	10:00	0.9	120
11:00	1.3	360	11:00	0.9	290

ตารางภาคผนวก ง-7 ความเร็วและทิศทางลม ตำแหน่งบริเวณชุมชนบ้านทุ่ง วันที่ 30-31 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 และ 31 พฤษภาคม-1 มิถุนายน พ.ศ. 2557

ช่วงเวลา 31-1	ความเร็ว (ม./วินาที)	มุม (องศา)	ช่วงเวลา 30-31	ความเร็ว (ม./วินาที)	มุม (องศา)
17:00	5.7	360	17:00	3.1	20
18:00	4.4	360	18:00	2.8	20
19:00	4.8	140	19:00	3.4	360
20:00	3.2	160	20:00	3.2	170
21:00	1.6	140	21:00	1.6	160
22:00	1.6	140	22:00	0.4	220
23:00	0.4	90	23:00	0.4	220
24:00	0.4	160	24:00	0.4	220
1:00	0.4	210	1:00	0.4	220
2:00	0.4	210	2:00	1.6	210
3:00	1.6	210	3:00	1.6	220
4:00	3.2	360	4:00	0.4	220
5:00	0.4	210	5:00	0.4	210
6:00	1.6	210	6:00	0.4	220
7:00	0.4	220	7:00	0.4	220
8:00	0.4	210	8:00	1.6	210
9:00	3.2	360	9:00	3.4	20
10:00	1.6	360	10:00	3.5	20
11:00	1.6	160	11:00	5.5	360
12:00	3.2	360	12:00	5.5	360
13:00	5.3	360	13:00	5.5	360
14:00	5.3	360	14:00	5.5	360
15:00	5.9	360	15:00	5.5	360
16:00	5.7	360	16:00	5.5	360

ตารางภาคผนวก ง-8 ความเร็วและทิศทางลม ตำแหน่งบริเวณชุมชนบ้านทุ่ง วันที่ 1-2 มิถุนายน
พ.ศ. 2557 และ 25-26 ตุลาคม พ.ศ. 2557

ช่วงเวลา 25-26	ความเร็ว (ม./วินาที)	มุม (องศา)	ช่วงเวลา 1-2	ความเร็ว (ม./วินาที)	มุม (องศา)
12:00	0.4	220	17:00	7.7	360
13:00	1.3	220	18:00	3.2	160
14:00	1.3	220	19:00	1.6	210
15:00	0.9	160	20:00	0.4	70
16:00	0.4	220	21:00	1.6	120
17:00	0.9	340	22:00	1.6	160
18:00	0.9	340	23:00	1.6	170
19:00	0.9	340	24:00	1.6	160
20:00	0.9	340	1:00	1.6	160
21:00	0.4	340	2:00	1.6	210
22:00	0.4	310	3:00	1.6	170
23:00	0.4	310	4:00	4.8	360
24:00	0.4	340	5:00	4.8	360
1:00	0.4	340	6:00	0.4	170
2:00	0.4	340	7:00	0.4	170
3:00	0.4	310	8:00	0.4	210
4:00	0.4	340	9:00	3.2	360
5:00	0.4	310	10:00	3.8	360
6:00	0.9	340	11:00	3.2	360
7:00	0.9	340	12:00	3.1	360
8:00	0.4	310	13:00	3.1	360
9:00	0.9	310	14:00	2.9	360
10:00	0.9	220	15:00	1.3	20
11:00	1.8	220	16:00	1.6	20

ตารางภาคผนวก ง-9 ความเร็วและทิศทางลม ตำแหน่งบริเวณชุมชนบ้านทุ่ง 26-28 ตุลาคม
พ.ศ. 2557

ช่วงเวลา 27-28	ความเร็ว (ม./วินาที)	มุม (องศา)	ช่วงเวลา 26-27	ความเร็ว (ม./วินาที)	มุม (องศา)
12:00	1.3	220	12:00	2.2	220
13:00	1.3	140	13:00	1.8	140
14:00	2.2	340	14:00	0.9	340
15:00	2.2	310	15:00	0.9	310
16:00	0.4	340	16:00	0.9	340
17:00	0.4	360	17:00	0.9	360
18:00	1.3	310	18:00	0.4	310
19:00	1.3	360	19:00	0.9	360
20:00	0.9	20	20:00	0.9	20
21:00	0.4	360	21:00	0.9	360
22:00	0.9	340	22:00	0.9	340
23:00	0.4	310	23:00	0.4	310
24:00	0.9	360	24:00	0.9	360
1:00	0.4	340	1:00	0.4	340
2:00	0.4	360	2:00	0.4	360
3:00	0.4	340	3:00	0.4	340
4:00	0.4	360	4:00	0.9	360
5:00	0.4	40	5:00	0.9	40
6:00	0.4	310	6:00	0.9	310
7:00	0.9	310	7:00	1.3	310
8:00	0.9	290	8:00	1.8	290
9:00	1.8	310	9:00	1.3	310
10:00	1.8	310	10:00	0.9	310
11:00	2.2	310	11:00	0.4	310

ภาคผนวก จ

ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากผลการตรวจวัดจริง และจากการทำนาย
ด้วยแบบจำลอง Gaussian Dispersion CALINE 4 และ HIWAY 2 ที่ตำแหน่งต่าง ๆ

ตารางภาคผนวก จ-1 บริเวณโรงเรียนเทคโนโลยีศรีราชาวันที่ 27- 28 พฤษภาคม พ.ศ. 2557
เวลา 13:00–12:0น.

ลำดับ ข้อมูล	OBSERVE (ppm)	Gaussian Dispersion (ppm)	CALINE 4 (ppm)	HIWAY 2 (ppm)
1	1.25	1.326	0.626	0.923
2	1.30	1.396	0.659	0.972
3	1.9	2.381	0.981	1.032
4	0.80	0.985	0.331	0.579
5	0.75	0.890	0.299	0.523
6	1.70	3.196	1.074	1.252
7	0.60	0.656	0.347	0.581
8	1.00	1.356	0.465	0.537
9	1.10	2.469	1.028	1.082
10	1.75	2.878	0.921	1.100
11	1.60	2.533	0.852	0.992
12	1.05	1.274	0.408	0.487
13	0.95	1.120	0.359	0.428
14	0.60	0.646	0.207	0.370
15	0.55	0.536	0.253	0.373
16	0.40	0.352	0.231	0.347
17	1.40	1.807	0.578	0.690
18	0.75	0.570	0.269	0.477
19	0.50	0.831	0.266	0.572
20	1.45	2.262	0.724	0.864
21	1.20	1.927	0.617	0.736
22	1.85	1.374	1.922	1.646
23	1.00	0.619	0.866	1.049
24	0.75	0.381	0.533	0.791

ตารางภาคผนวก จ-2 บริเวณโรงเรียนเทคโนโลยีศรีราชา วันที่ 28-29 พฤษภาคม พ.ศ. 2557

เวลา 13:00-12:00 น.

ลำดับ ข้อมูล	OBSERVE (ppm)	Gaussian Dispersion (ppm)	CALINE 4 (ppm)	HIWAY 2 (ppm)
1	1.10	0.442	0.618	0.971
2	0.90	0.465	0.412	0.768
3	0.70	0.307	0.430	0.683
4	0.70	0.403	0.564	0.755
5	0.45	0.616	0.326	0.545
6	0.65	0.983	0.520	0.871
7	0.70	0.474	0.148	0.380
8	1.00	1.301	0.094	0.242
9	1.65	2.496	0.781	0.943
10	1.85	2.878	1.185	1.247
11	1.60	2.533	0.852	0.992
12	0.85	1.274	0.428	0.499
13	0.60	1.120	0.462	0.486
14	0.75	1.454	0.489	0.569
15	0.55	1.206	0.435	0.489
16	0.60	1.145	0.540	0.531
17	0.50	0.803	0.379	0.599
18	0.70	0.823	0.388	0.573
19	0.80	1.200	0.384	0.688
20	0.80	1.005	0.322	0.576
21	1.20	1.927	0.603	0.728
22	1.20	0.951	1.330	1.370
23	1.15	0.619	0.866	1.049
24	1.20	0.858	1.200	1.187

ตารางภาคผนวก จ-3 บริเวณโรงเรียนเทคโนโลยีศรีราชา วันที่ 29- 30 พฤษภาคม พ.ศ. 2557
เวลา 13:00 – 12:00 น.

ลำดับ ข้อมูล	OBSERVE (ppm)	Gaussian Dispersion (ppm)	CALINE 4 (ppm)	HIWAY 2 (ppm)
1	1.30	0.542	0.759	1.016
2	0.85	0.465	0.412	0.768
3	1.65	0.353	0.493	0.732
4	1.90	0.985	3.42	1.860
5	2.00	1.601	5.559	2.253
6	1.85	2.557	8.875	3.597
7	2.00	2.131	7.399	2.682
8	0.50	0.417	0.274	0.412
9	0.40	0.277	0.182	0.455
10	0.50	0.371	0.244	0.566
11	0.45	0.281	0.185	0.462
12	0.30	0.189	0.167	0.312
13	0.35	0.204	0.180	0.304
14	0.45	0.323	0.286	0.436
15	0.50	0.371	0.329	0.425
16	0.60	0.509	0.450	0.485
17	1.00	0.803	0.711	0.765
18	1.55	0.411	0.364	0.555
19	1.30	0.491	0.687	0.920
20	1.60	0.335	0.469	0.696
21	1.45	0.214	0.299	0.513
22	1.65	0.309	0.432	0.781
23	1.00	0.279	0.390	0.704
24	1.20	0.257	0.360	0.650

ตารางภาคผนวก จ-4 บริเวณโรงเรียนเทคโนโลยีศรีราชาวัดที่ 25-26 ตุลาคม พ.ศ. 2557

เวลา 14:00-13:00 น.

ลำดับ ข้อมูล	OBSERVE (ppm)	Gaussian Dispersion (ppm)	CALINE 4 (ppm)	HIWAY 2 (ppm)
1	1.15	1.396	0.453	0.806
2	0.90	1.058	0.420	0.675
3	0.60	0.682	0.270	0.523
4	0.60	0.616	0.244	0.472
5	1.20	1.420	0.563	0.906
6	0.60	0.656	0.260	0.503
7	0.45	0.417	0.165	0.320
8	1.70	2.496	1.028	1.082
9	1.10	1.279	0.507	0.816
10	1.00	1.126	0.446	0.718
11	0.50	0.566	0.225	0.361
12	0.40	0.498	0.197	0.318
13	0.60	0.646	0.266	0.420
14	0.50	0.371	0.147	0.285
15	0.45	0.509	0.202	0.325
16	0.70	0.803	0.318	0.512
17	0.55	0.570	0.226	0.437
18	1.10	1.200	0.476	0.766
19	1.70	2.262	0.897	0.962
20	1.60	1.927	0.909	0.894
21	0.90	0.951	0.343	0.696
22	0.50	0.360	0.133	0.412
23	0.55	0.572	0.212	0.499
24	0.70	0.663	0.215	0.541

ตารางภาคผนวก จ-5 บริเวณโรงเรียนเทคโนโลยีศรีราชา วันที่ 26-27 ตุลาคม พ.ศ. 2557
เวลา 14:00-13:00 น.

ลำดับ ข้อมูล	OBSERVE (ppm)	Gaussian Dispersion (ppm)	CALINE 4 (ppm)	HIWAY 2 (ppm)
1	0.37	0.967	0.398	0.755
2	0.35	0.733	0.302	0.573
3	0.48	0.985	0.406	0.641
4	0.27	0.890	0.366	0.578
5	0.56	1.420	0.477	0.834
6	0.32	0.656	0.270	0.512
7	0.53	1.356	0.558	0.588
8	0.44	0.768	0.316	0.600
9	0.42	1.279	0.527	0.832
10	0.74	1.126	0.464	0.732
11	0.34	0.566	0.233	0.368
12	0.38	0.498	0.205	0.324
13	0.21	0.646	0.266	0.420
14	0.17	0.536	0.221	0.349
15	0.59	1.145	0.471	0.496
15	0.37	1.807	0.744	0.783
17	0.98	0.823	0.339	0.535
18	0.32	1.200	0.384	0.688
19	0.73	0.696	0.223	0.480
20	0.99	0.593	0.244	0.463
21	0.95	1.374	0.617	0.933
22	1.39	0.857	0.385	0.700
23	0.71	0.286	0.993	1.080
24	1.13	0.918	0.378	0.717

ตารางภาคผนวก จ-6 บริเวณโรงเรียนเทคโนโลยีศรีราชา วันที่ 27-28 ตุลาคม พ.ศ. 2557
เวลา 14:00-13:00 น.

ลำดับ ข้อมูล	OBSERVE (ppm)	Gaussian Dispersion (ppm)	CALINE 4 (ppm)	HIWAY 2 (ppm)
1	0.38	0.571	0.196	0.530
2	0.26	1.058	0.436	0.688
3	0.31	0.985	0.391	0.629
4	0.11	0.890	0.353	0.568
5	0.28	0.473	0.188	0.523
6	0.28	0.656	0.260	0.503
7	0.50	0.603	0.203	0.354
8	0.54	2.496	0.799	0.954
9	1.10	2.878	0.967	1.127
10	0.79	0.780	0.309	0.598
11	0.45	0.392	0.155	0.301
12	0.60	0.498	0.197	0.318
13	1.04	1.454	0.465	0.556
14	0.50	0.371	0.153	0.290
15	0.45	0.352	0.145	0.275
16	0.60	0.803	0.331	0.522
17	0.82	0.823	0.339	0.535
18	1.05	1.200	0.494	0.780
19	2.26	2.262	0.724	0.864
20	0.77	0.856	0.274	0.491
21	1.30	1.374	0.510	0.848
22	1.20	1.239	0.460	0.764
23	0.70	0.792	0.356	0.646
24	0.52	0.542	0.244	0.576

ตารางภาคผนวก จ-7 บริเวณปากทางเข้าท่าเรือแหลมฉบัง วันที่ 27-28 พฤษภาคม พ.ศ. 2557
เวลา 9:00-8:00 น.

ลำดับ ข้อมูล	OBSERVE (ppm)	Gaussian Dispersion (ppm)	CALINE 4 (ppm)	HIWAY 2 (ppm)
1	0.29	0.740	0.440	0.582
2	0.25	0.486	0.239	0.542
3	0.55	0.357	0.175	0.441
4	0.74	0.329	0.162	0.408
5	1.05	0.333	0.163	0.441
6	0.97	0.402	0.198	0.498
7	0.82	0.633	0.311	0.543
8	0.74	0.284	0.139	0.351
9	0.24	0.192	0.094	0.275
10	0.21	0.409	0.201	0.506
11	0.37	0.566	0.337	0.535
12	0.54	1.171	0.697	0.614
13	0.42	0.958	0.435	0.658
14	0.41	2.486	1.130	1.139
15	0.32	2.188	1.149	1.078
16	0.44	1.101	0.500	0.504
17	0.36	0.968	0.440	0.443
18	0.43	1.256	0.571	0.575
19	0.35	0.463	0.210	0.318
20	0.27	0.128	0.080	0.191
21	0.41	1.561	1.092	0.887
22	0.72	1.599	1.119	0.909
23	0.80	1.037	0.726	0.884
24	0.65	1.954	1.368	1.111

ตารางภาคผนวก จ-8 บริเวณปากทางเข้าท่าเรือแหลมฉบัง วันที่ 28-29 พฤษภาคม พ.ศ. 2557
เวลา 9:00-8:00 น.

ลำดับ ข้อมูล	OBSERVE (ppm)	Gaussian Dispersion (ppm)	CALINE 4 (ppm)	HIWAY 2 (ppm)
1	0.83	1.665	0.818	0.793
2	0.57	1.187	0.583	0.848
3	0.61	0.741	0.441	0.700
4	0.97	0.329	0.196	0.448
5	1.20	0.382	0.227	0.520
6	1.04	0.402	0.198	0.498
7	0.52	0.305	0.181	0.415
8	0.78	0.426	0.253	0.473
9	0.45	0.532	0.316	0.503
10	0.87	0.849	0.505	0.802
11	0.60	0.566	0.337	0.535
12	0.48	0.521	0.310	0.409
13	1.40	2.156	0.927	0.960
14	0.81	2.486	1.305	1.224
15	0.55	2.188	0.995	1.003
16	0.80	1.101	0.578	0.542
17	0.97	0.968	0.416	0.431
18	1.28	1.256	0.540	0.559
19	0.90	1.042	0.474	0.477
20	1.22	0.989	0.519	0.487
21	1.60	1.561	1.092	0.887
22	0.54	1.599	0.727	0.733
23	1.85	2.333	1.060	1.069
24	1.42	1.954	0.888	0.895

ตารางภาคผนวก จ-9 บริเวณปากทางเข้าท่าเรือแหลมฉบัง วันที่ 29-30 พฤษภาคม พ.ศ. 2557
เวลา 9:00-8:00 น.

ลำดับ ข้อมูล	OBSERVE (ppm)	Gaussian Dispersion (ppm)	CALINE 4 (ppm)	HIWAY 2 (ppm)
1	0.63	1.665	0.874	0.820
2	0.70	0.822	0.489	0.776
3	1.10	0.535	0.318	0.595
4	0.77	0.494	0.294	0.549
5	1.03	0.469	0.279	0.576
6	1.40	0.402	0.239	0.547
7	0.94	0.457	0.272	0.508
8	1.20	0.426	0.253	0.473
9	0.90	0.532	0.316	0.503
10	0.47	0.849	0.505	0.802
11	0.58	0.818	0.352	0.547
12	0.65	0.521	2.393	1.138
13	1.30	0.958	4.404	2.094
14	1.20	2.486	1.068	1.107
15	1.60	0.973	4.471	2.126
16	0.71	1.101	0.578	0.542
17	0.90	0.968	0.508	0.477
18	0.60	1.256	0.659	0.618
19	1.00	0.321	0.168	0.285
20	0.91	0.439	0.200	0.302
21	0.52	0.694	0.364	0.512
22	0.74	0.711	0.323	0.488
23	1.10	2.333	1.060	1.069
24	0.50	1.954	0.888	0.895

ตารางภาคผนวก จ-10 บริเวณปากทางเข้าท่าเรือแหลมฉบัง วันที่ 25-26 ตุลาคม พ.ศ. 2557
เวลา 12:00-11:00 น.

ลำดับ ข้อมูล	OBSERVE (ppm)	Gaussian Dispersion (ppm)	CALINE 4 (ppm)	HIWAY 2 (ppm)
1	0.68	0.731	0.413	0.696
2	1.03	0.424	0.246	0.579
3	0.65	0.892	0.519	0.862
4	0.50	1.522	0.885	0.980
5	0.82	1.417	1.173	1.089
6	0.50	1.279	1.059	0.983
7	0.80	2.042	1.691	1.569
8	0.41	1.362	1.128	1.047
9	0.75	0.867	0.466	0.537
10	0.57	1.595	1.321	1.225
11	0.61	1.839	0.989	1.139
12	0.70	1.619	1.341	1.244
13	0.70	0.814	0.674	0.626
14	0.62	0.716	0.593	0.550
15	1.00	0.929	0.769	0.714
16	1.90	0.771	0.638	0.592
17	1.68	0.731	0.606	0.562
18	1.30	1.155	0.956	0.887
19	1.26	1.183	0.980	0.909
20	0.87	1.726	1.429	1.326
21	0.72	1.446	1.197	1.111
22	0.90	1.231	1.020	0.946
23	0.47	1.975	1.149	1.272
24	0.85	0.548	0.319	0.636

ตารางภาคผนวก จ-11 บริเวณปากทางเข้าท่าเรือแหลมฉบัง วันที่ 26-27 ตุลาคม พ.ศ. 2557
เวลา 12:00-11:00 น.

ลำดับ ข้อมูล	OBSERVE (ppm)	Gaussian Dispersion (ppm)	CALINE 4 (ppm)	HIWAY 2 (ppm)
1	0.95	0.365	0.213	0.499
2	1.60	0.587	0.341	0.681
3	1.20	2.008	1.080	1.243
4	1.24	0.676	0.364	0.628
5	1.35	1.417	1.173	1.089
6	0.85	1.279	1.059	0.983
7	1.20	2.042	1.099	1.265
8	0.59	1.362	0.733	0.843
9	0.55	0.867	0.718	0.666
10	1.03	1.595	1.321	1.225
11	0.90	1.839	1.523	1.413
12	0.86	1.619	1.341	1.244
13	1.00	0.814	0.674	0.626
14	0.90	0.716	0.593	0.550
15	1.10	0.929	0.500	0.575
16	1.18	0.771	0.638	0.592
17	1.50	0.731	0.606	0.562
18	1.03	1.155	0.956	0.887
19	0.80	1.183	0.980	0.909
20	0.70	1.726	1.429	1.326
21	1.01	1.446	1.197	1.111
22	0.60	0.547	0.453	0.631
23	1.20	0.878	0.727	1.012
24	1.08	0.791	0.460	0.764

ตารางภาคผนวก จ-12 บริเวณปากทางเข้าท่าเรือแหลมฉบัง วันที่ 27-28 ตุลาคม พ.ศ. 2557
เวลา 12:00-11:00 น.

ลำดับ ข้อมูล	OBSERVE (ppm)	Gaussian Dispersion (ppm)	CALINE 4 (ppm)	HIWAY 2 (ppm)
1	0.70	0.506	0.286	0.579
2	1.30	0.587	0.434	0.768
3	1.03	0.297	0.168	0.491
4	0.85	0.338	0.280	0.551
5	0.92	1.417	1.173	1.089
6	1.10	1.279	1.059	0.983
7	1.20	2.042	1.691	1.569
8	1.04	0.419	0.347	0.581
9	0.95	0.385	0.207	0.358
10	1.30	0.709	0.381	0.658
11	1.06	1.839	0.989	1.139
12	1.10	1.619	1.006	1.078
13	0.70	0.362	0.300	0.417
14	0.95	0.220	0.182	0.305
15	0.65	0.929	0.769	0.714
16	0.87	0.771	0.638	0.592
17	1.00	0.731	0.606	0.562
18	0.75	1.155	0.956	0.887
19	1.00	1.183	0.980	0.909
20	1.70	1.726	1.429	1.326
21	1.50	1.446	1.197	1.111
22	1.04	1.231	0.795	0.835
23	1.20	0.878	0.546	0.877
24	0.95	0.548	0.275	0.591

ตารางภาคผนวก จ-13 บริเวณชุมชนบ้านทุ่งวันที่ 30-31 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 เวลา 17:00-16:00 น.

ลำดับ ข้อมูล	OBSERVE (ppm)	Gaussian Dispersion (ppm)	CALINE 4 (ppm)	HIWAY 2 (ppm)
1	0.57	0.502	0.116	0.282
2	0.60	0.887	0.205	0.473
3	0.72	0.487	0.107	0.279
4	0.70	0.329	0.200	0.305
5	0.70	1.211	1.164	0.997
6	0.83	5.588	5.997	3.621
7	1.04	4.919	5.280	3.188
8	1.00	2.474	2.655	1.604
9	1.05	2.176	5.189	1.410
10	0.95	0.706	0.318	0.398
11	0.91	0.586	0.628	0.759
12	1.20	2.222	2.385	1.440
13	1.98	3.508	1.581	0.988
14	1.34	3.595	3.859	2.330
15	1.07	5.244	5.628	3.399
16	1.00	1.098	0.495	0.619
17	1.03	0.440	0.102	0.259
18	1.06	0.686	0.158	0.409
19	1.07	0.394	0.087	0.287
20	0.58	0.363	0.080	0.265
21	0.65	0.421	0.093	0.307
22	0.60	0.444	0.098	0.324
23	0.85	0.336	0.074	0.245
24	1.00	0.313	0.069	0.228

ตารางภาคผนวก จ-14 บริเวณชุมชนบ้านทุ่ง วันที่ 31 พฤษภาคม-1 มิถุนายน พ.ศ. 2557
เวลา 17:00-16:00 น.

ลำดับ ข้อมูล	OBSERVE (ppm)	Gaussian Dispersion (ppm)	CALINE 4 (ppm)	HIWAY 2 (ppm)
1	0.65	0.273	0.060	0.203
2	0.74	0.564	0.124	0.368
3	0.68	0.345	0.074	0.233
4	0.55	0.329	0.316	0.383
5	0.53	1.211	0.261	0.472
6	0.82	1.397	0.300	0.544
7	0.60	4.919	1.160	1.003
8	1.00	2.474	2.377	1.018
9	1.02	2.176	0.981	0.613
10	1.10	2.823	1.273	0.795
11	1.07	0.586	0.264	0.330
12	0.85	0.278	0.061	0.155
13	1.30	3.508	1.581	0.988
14	1.16	0.899	0.405	0.507
15	1.05	5.244	12.506	3.399
16	1.03	4.393	1.980	1.238
17	1.00	0.468	0.103	0.260
18	0.90	1.501	0.330	0.591
19	0.85	1.353	1.300	1.113
20	0.82	0.625	0.137	0.348
21	0.80	0.437	0.096	0.313
22	0.80	0.460	0.101	0.330
23	0.80	0.313	0.069	0.237
24	0.80	0.302	0.066	0.224

ตารางภาคผนวก จ-15 บริเวณชุมชนบ้านทุ่ง วันที่ 1 มิถุนายน-2 มิถุนายน พ.ศ. 2557

เวลา 17:00-16:00 น.

ลำดับ ข้อมูล	OBSERVE (ppm)	Gaussian Dispersion (ppm)	CALINE 4 (ppm)	HIWAY 2 (ppm)
1	0.43	0.202	0.044	0.174
2	0.58	0.776	0.745	0.903
3	1.12	1.035	0.466	0.583
4	0.80	2.633	0.717	0.577
5	0.84	1.211	0.440	0.613
6	0.90	1.397	1.342	1.149
7	0.87	1.230	0.748	0.805
8	0.86	0.619	0.594	0.509
9	0.75	0.544	0.523	0.447
10	0.74	0.706	0.318	0.398
11	0.60	0.586	0.356	0.383
12	0.84	0.185	0.041	0.126
13	1.03	0.292	0.064	0.199
14	0.98	3.595	2.187	1.177
15	0.80	5.244	3.189	1.716
16	1.07	4.393	1.980	1.238
17	0.83	0.468	0.103	0.260
18	0.55	0.632	0.139	0.383
19	0.68	0.676	0.149	0.376
20	0.75	0.645	0.142	0.353
21	0.80	0.748	0.164	0.409
22	0.85	0.841	0.185	0.446
23	0.50	1.423	0.329	0.517
24	0.61	1.076	0.249	0.434

ตารางภาคผนวก จ-16 บริเวณชุมชนบ้านทุ่ง วันที่ 25 ตุลาคม-26 ตุลาคม พ.ศ. 2557

เวลา 12:00-11:00 น.

ลำดับ ข้อมูล	OBSERVE (ppm)	Gaussian Dispersion (ppm)	CALINE 4 (ppm)	HIWAY 2 (ppm)
1	0.90	1.564	4.025	3.239
2	1.00	0.558	3.190	2.083
3	0.85	0.587	3.359	2.193
4	0.80	0.643	1.482	1.268
5	1.04	1.347	3.467	2.790
6	1.05	0.541	0.420	0.619
7	0.86	0.863	0.671	0.989
8	1.08	0.576	0.447	0.659
9	0.84	0.366	0.285	0.419
10	1.00	1.516	1.179	1.158
11	1.03	1.748	1.039	1.167
12	1.00	1.539	0.915	1.028
13	0.80	0.774	0.602	0.591
14	1.07	0.681	0.529	0.520
15	0.95	0.883	0.687	0.675
16	0.82	0.733	0.435	0.489
17	1.08	0.695	0.541	0.531
18	1.05	1.098	0.652	0.733
19	0.85	0.500	0.389	0.573
20	0.75	0.729	0.567	0.835
21	0.77	1.375	0.817	0.918
22	1.04	0.520	0.309	0.521
23	1.10	0.835	2.149	2.594
24	0.95	0.376	2.152	1.653

ตารางภาคผนวก จ-17 บริเวณชุมชนบ้านทุ่ง วันที่ 26 ตุลาคม-27 ตุลาคม พ.ศ. 2557

เวลา 12:00-11:00 น.

ลำดับ ข้อมูล	OBSERVE (ppm)	Gaussian Dispersion (ppm)	CALINE 4 (ppm)	HIWAY 2 (ppm)
1	0.45	0.284	1.626	1.381
2	0.31	0.403	0.208	0.532
3	0.42	0.848	0.660	0.972
4	0.25	0.643	0.382	0.644
5	0.52	0.599	0.465	0.686
6	0.28	0.541	0.285	0.510
7	0.52	1.942	1.154	1.296
8	0.40	0.576	0.303	0.543
9	0.40	0.366	0.203	0.354
10	0.68	0.674	0.355	0.636
11	0.32	0.777	0.604	0.890
12	0.35	1.539	0.915	1.028
13	0.27	0.344	0.181	0.325
14	0.38	0.681	0.529	0.520
15	0.54	0.883	0.466	0.556
16	0.36	0.733	0.570	0.560
17	0.97	0.309	0.163	0.292
18	0.30	0.488	0.331	0.522
19	0.65	0.500	0.297	0.501
20	0.91	0.505	0.300	0.608
21	0.85	0.305	0.187	0.439
22	1.27	0.360	0.214	0.434
23	0.64	0.835	0.496	0.836
24	1.16	1.693	1.006	1.130

ตารางภาคผนวก จ-18 บริเวณชุมชนบ้านทุ่งวันที่ 27 ตุลาคม-28 ตุลาคม พ.ศ. 2557

เวลา 12:00-11:00 น.

ลำดับ ข้อมูล	OBSERVE (ppm)	Gaussian Dispersion (ppm)	CALINE 4 (ppm)	HIWAY 2 (ppm)
1	0.70	0.481	2.752	1.797
2	0.55	0.558	0.288	0.625
3	0.41	0.347	0.270	0.622
4	0.35	0.263	0.156	0.412
5	0.57	1.347	1.047	1.029
6	0.40	1.216	0.641	0.765
7	0.47	0.597	0.355	0.719
8	0.35	0.398	0.210	0.452
9	0.38	0.366	0.203	0.354
10	0.75	1.516	0.799	0.954
11	0.76	0.777	0.604	0.890
12	0.40	1.539	0.915	1.028
13	0.35	0.344	0.181	0.325
14	0.47	0.681	0.529	0.520
15	0.50	0.883	0.466	0.556
16	0.40	0.733	0.570	0.560
17	0.85	0.695	0.367	0.437
18	0.60	1.098	0.745	0.783
19	0.55	1.125	0.668	0.751
20	0.82	0.729	0.433	0.730
21	0.83	0.611	0.374	0.621
22	1.25	0.260	0.155	0.368
23	0.60	0.417	0.248	0.591
24	1.07	0.308	0.183	0.482