

การกระจายตัวตามแนวนอนของสารประกอบพอลิไซคลิกแอโรแมติกไฮโดรคาร์บอน
ที่ดูดซับบนอนุภาคแขวนลอย (pPAHs) บริเวณพื้นที่ริมถนน ในเขตกรุงเทพมหานคร



นางสาวเมทินี วรรณวิจิตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-53-2750-6

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**HORIZONTAL DISTRIBUTION OF PARTICLE-BOUND POLYCYCLIC
AROMATIC HYDROCARBONS (pPAHs) AT ROADSIDES OF BANGKOK**

Miss Maytinee Wannavichit



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Environmental Science (Inter-Department)**

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2005

ISBN 974-53-2750-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การกระจายตัวตามแนวนอนของสารประกอบพอลิไซคลิกแอโรแมติกไฮโดรคาร์บอนที่ดูดซับบนอนุภาคแขวนลอย (pPAHs) บริเวณพื้นที่ริมถนน ในเขตกรุงเทพมหานคร


โดย นางสาวเมทินี วรรณวิจิตร

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

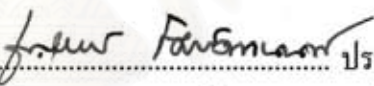
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. ทรรศนีย์ พฤกษาสีทธิ

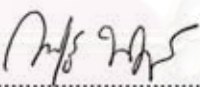
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ตุลวิทย์ สถาปนจารุ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ม.ร.ว. กัลยา ดิงศภัทธิย์)

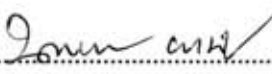
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ โยมจิตานนท์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. ทรรศนีย์ พฤกษาสีทธิ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ตุลวิทย์ สถาปนจารุ)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. นภาพร พานิช)

เมทินี วรณวิจิตร : การกระจายตัวตามแนวนอนของสารประกอบพอลิไซคลิกแอโรแมติกไฮโดรคาร์บอนที่ดูดซับบนอนุภาคแขวนลอย (pPAHs) บริเวณพื้นที่ริมถนน ในเขตกรุงเทพมหานคร (HORIZONTAL DISTRIBUTION OF PARTICLE-BOUND POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS (pPAHs) AT ROADSIDES OF BANGKOK) อ.ที่ปรึกษา: อ.ดร.ทรงสิทธิ์ พุกฆาสิทธิ์, อ.ที่ปรึกษาร่วม: ศศ.ดร.ศุภวิทย์ สถาปนจารุ, 291 หน้า. ISBN 974-53-2750-6

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการกระจายตัวตามแนวนอนของสารประกอบพอลิไซคลิกแอโรแมติกไฮโดรคาร์บอนที่ดูดซับบนอนุภาคแขวนลอย (pPAHs) บริเวณโครงสร้างถนนที่แตกต่างกัน ได้แก่ ถนนสุขุมวิท ซึ่งเป็นตัวแทนของถนนที่มีสถานีรถไฟฟ้า BTS ถนนพระรามหกเป็นตัวแทนของถนนที่มีทางด่วน และถนนพญาไทเป็นตัวแทนของถนนเปิดโล่ง โดยศึกษาการกระจายตัวใน 3 ลักษณะ คือ การกระจายตัวตามแนวนอน และการกระจายตัวในแนวตั้งฉากกับถนน และศึกษาการกระจายตัวบริเวณโครงสร้างถนนแตกต่างกัน ดำเนินการเก็บตัวอย่าง 2 จุด คือ จุดฝน(ระหว่างเดือนกันยายน ถึง เดือนพฤศจิกายน 2547) และจุดแล้งฝน (ระหว่างเดือนมีนาคม ถึง เดือนพฤษภาคม 2548) เครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดความเข้มข้นรวม pPAHs คือ Photoelectric aerosol sensor (PAS2000CE) สำหรับการศึกษาการกระจายตัวสาร pPAHs ตามแนวนอน ถนนสุขุมวิท พบว่า บริเวณใต้ชานชาลาสถานีรถไฟฟ้าสถานีพระโขนง หน้าโรงเรียนศรีวิกรม์บริหารธุรกิจ และป้อมควบคุมสัญญาณไฟจราจรแยกเอกมัย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 389.5 217 และ 286.5 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ บริเวณถนนพระรามหก พบว่า บริเวณสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม หน้าโรงเรียนสามเสนวิทยาลัย และป้อมควบคุมสัญญาณไฟจราจรสี่แยกตึกชัย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 248 115 และ 327.5 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าโครงสร้างถนนมีผลต่อการกระจายตัวของสาร pPAHs ตามแนวนอน สำหรับการศึกษาการกระจายตัวสาร pPAHs ตามแนวตั้งฉากกับถนน ที่ระยะ น้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร บริเวณถนนสุขุมวิท พระรามหก และพญาไท พบว่า เมื่อลมพัดจากถนนไปยังจุดเก็บตัวอย่าง และลมพัดขนานกับถนน ปริมาณสาร pPAHs ที่ระยะต่างๆ เปรียบเทียบกับระยะน้อยกว่า 5 เมตร มีสัดส่วนโดยคิดเป็น 0.35 0.22 และ 0.20 ตามลำดับ เมื่อลมพัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปยังถนน มีสัดส่วนคิดเป็น 0.65 0.45 และ 0.4 ตามลำดับ ทิศทางและความเร็วลม คือปัจจัยหลักที่มีผลต่อการกระจายตัวในแนวตั้งฉากกับถนน สำหรับการศึกษาการกระจายตัวบริเวณโครงสร้างถนนแตกต่างกัน 3 แห่ง บริเวณสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม ใต้ชานชาลาสถานีรถไฟฟ้าสถานีพระโขนง และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 254.5 339 และ 93 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ จากการวิเคราะห์สมการถดถอยเพื่อคาดคะเนค่าความเข้มข้นเฉลี่ยหนึ่งชั่วโมงของสาร pPAHs ของถนนที่มีโครงสร้างแตกต่างกัน พบว่าปัจจัยด้านโครงสร้างถนน ปริมาณของรถประเภทบรรทุกขนาดใหญ่และรถบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ และ ความเร็วลม มีผลต่อความเข้มข้นสาร pPAHs นอกจากนี้ ยังได้ศึกษาปริมาณและชนิดสาร PAHs ที่การกระจายตัวในฝุ่น PM_{2.5} และ PM_{10-2.5} พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้น PAHs ในฝุ่น PM_{2.5} และ PM_{10-2.5} กับปริมาณฝุ่นทั้งสองขนาด โดยมีค่า R² เท่ากับ 0.778 และ 0.761 ตามลำดับ และชนิด PAHs ที่พบหลักในฝุ่น PM_{2.5} คือ BkF BaP Ind DBahA และ BghiP และสำหรับฝุ่น PM_{10-2.5} คือ Phe Anth Fluor BbF และ DBahA

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
ปีการศึกษา 2548

ลายมือชื่อนิสิต.....เมทินี วรณวิจิตร
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4689133220: MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEYWORD: PAHs/ PAS2000CE / DISTRIBUTION

MAYTINEE WANNAVICHIT: HORIZONTAL DISTRIBUTION OF PARTICLE-BOUND POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS (pPAHs) AT ROADSIDES OF BANGKOK.

THESIS ADVISOR: TASSANEE PRUEKSASIT, Ph.D. THESIS CO-ADVISOR: Assist. Prof. TULAWIT SATHAPANACHAROO, Ph.D., 291 pp. ISBN 974-53-2750-6

This study aims to investigate horizontal distribution of particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons (pPAHs) at different configuration of road, Sukumvit Road (Road covered with BTS sky train structure), Rama VI Road (road covered with expressway), and Payathai road (open street). The study on distribution along the road, perpendicular direction to the road, and distribution at different road configuration at the same period were performed. The study was designed to compare between wet season (September-November 2004), and dry season (March- April 2005). The concentrations of total pPAHs were measured by Photoelectric Aerosol Sensor (PAS2000CE). The results show that the average pPAHs concentrations distributed along the road at Sukumvit Road, including Prakanong BTS station, Srivikorn School, and Ekamai intersection were 389.5 , 217, and 286.5 ng/m³, respectively, and those at Rama VI Road, including TISI, Samsanevitayalai School, and Tuk Chai intersection were 248, 115, and 327.5 ng/m³, respectively. The significant difference of pPAHs distributed along the road might be caused by different road configuration. Distribution of pPAHs along perpendicular direction to the road at the distances less than 5, 75, 150, and 225 meters at Sukumvit Road, Rama VI Road and Payathai Road was investigated. In the cases of the wind blowing from the road towards the sampling and the wind blowing parallel to the road, the pPAHs measured at the distances far from the road (i.e. 75, 150, and 225 m.) decreased by the factors of 0.35, 0.22, and 0.2, respectively. While in the wind blowing towards the road, the factors were 0.65, 0.45, and 0.4, respectively. Local wind speed and wind direction were predominant factors affecting perpendicularity distribution. For distribution of pPAHs at three different road configurations, i.e. TISI, Prakanong BTS station, and Chulalongkorn University, the significant different values of 254.5 , 339, and 93 ng/m³, respectively, were obtained. The multiple regression model for predicting hourly average pPAHs concentrations at different road configurations has been performed. Volume of bus and truck, and of pickup and van, and wind speed were important factors for prediction of pPAHs distribution. In addition, relationship between total PAHs concentrations and concentrations of particulate matters (PM_{2.5} and PM_{10-2.5}) was examined. A good linear correlation could be obtained with the R² values of 0.778 and 0.761, respectively. Predominant PAHs species adsorbed on PM_{2.5} were BkF, BaP, Ind, DBahA, and BghiP, while Phe, Anth, Fluor, BbF, and DBahA were mainly found in PM_{10-2.5}.

Field of study Environmental Science (Inter-Department) Student's signature.....*Maytinee Wannavichit*.....

Academic year 2005

Advisor's signature.....*T. Prueksasit*.....

Co-advisor's signature.....*Tulawit*.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากหลาย ๆ ฝ่าย ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. ทรรศนีย์ พุกทาสสิทธิ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวิทย์ สถาปนจารุ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งท่านได้กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำให้ข้อคิดเห็นต่าง ๆ คูแดูแลแก้ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างการวิจัย ด้วยดีตลอดมา รวมทั้ง ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการที่เข้าฟังการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่กรุณาสละเวลาช่วยเหลือในการให้ข้อแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับทุนและอุปกรณ์การศึกษาจากโครงการวิจัย Risk evaluation of particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons (pPAHs) at roadside air environment in Bangkok by time-series analysis and its application to urban traffic management ซึ่งมีศาสตราจารย์ ดร. Yamamoto Kazuo เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ จึงขอกราบขอบพระคุณ ณ ที่นี้ และขอกราบขอบพระคุณ โรงแรมบันยันทรีที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. วนิตา จินสาตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ ในการใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นละออง ขอขอบพระคุณ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่เอื้อเพื่อเครื่องมือในการวิเคราะห์ปริมาณสาร PAHs และ กลุ่มห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อมด้านอากาศ ฝ่ายคุณภาพสิ่งแวดล้อมและห้องปฏิบัติการ กรมควบคุมมลพิษ ที่เอื้อเพื่อสถานที่ในการวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นละออง

นอกจากนี้ ได้รับความเอื้อเฟื้อสถานที่ติดตั้งอุปกรณ์บริเวณจากบริษัท ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) สถาบันสุขภาพจิตเด็กและวัยรุ่นราชนครินทร์ รร.ศรีวิกรม์ บริหารธุรกิจ สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม รร.สามเสนวิทยาลัย สถานที่ตำรวจท้องหล่อ กรม จึงขอกราบขอบพระคุณ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุก ๆ ท่านในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ และเจ้าหน้าที่ทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือตลอดการทำวิจัย

ท้ายที่สุดนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา และญาติ ทุกคน ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงิน ให้ความรักและคอยให้กำลังใจแก่ผู้วิจัย เสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ต
คำย่อ.....	ธ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับ PAHs.....	4
2.1.1 ชนิดและโครงสร้างของ PAHs.....	4
2.1.2 แหล่งกำเนิด.....	6
2.1.3 ความเป็นพิษ.....	10
2.2 ปฏิกริยาในบรรยากาศ.....	12
2.2.1 การย่อยสลายด้วยแสง.....	12
2.2.2 การกลายเป็นไอ.....	13
2.2.3 การรวมตัวกับอนุภาคในบรรยากาศ.....	13
2.3 ปฏิกิริยาการกระจายตัวของ PAHs ในบรรยากาศ.....	13
2.3.1 ปฏิกิริยาด้านโครงสร้างถนน.....	14
2.3.2 ปฏิกิริยาด้านอุตุนิยมวิทยา.....	21
2.4 ความสัมพันธ์ของ PAHs กับฝุ่นละออง.....	25
2.4.1 ความสัมพันธ์ของปริมาณ PAHs กับฝุ่นขนาดต่างๆ.....	25
2.4.2 ชนิดของ PAHs ในฝุ่นละออง.....	26
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	27

	หน้า
3 วิธีดำเนินการวิจัย	31
3.1 พื้นที่ทำการศึกษា.....	31
3.1.1 การศึกษาการกระจายตัวตามแนวถนน	31
3.1.2 การศึกษาการกระจายตัวตามแนวตั้งฉากกับถนน.....	35
3.1.3 การศึกษาการกระจายตัวบริเวณที่มีโครงสร้างถนนแตกต่างกัน 3 จุด.....	37
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์.....	37
3.2.1 เครื่องมือวัดความเข้มข้น pPAHs.....	37
3.2.2 เครื่องมือที่ใช้เก็บตัวอย่างฝุ่น และการวัดปริมาณฝุ่น.....	39
3.2.3 เครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณสาร PAHs ในฝุ่น	41
3.2.4 เครื่องมือตรวจวัดสภาพอากาศโดยศึกษาอนุกรมวิธานในพื้นที่.....	41
3.2.5 เครื่องมือเก็บข้อมูลการจราจร	42
3.3 วิธีการดำเนินการศึกษา.....	43
3.3.1 ขั้นตอนเตรียมการทดลอง	43
3.3.1 ขั้นตอนดำเนินการทดลอง.....	44
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	54
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	55
4.1 การทดลองเบื้องต้น.....	55
4.1.1 การเปรียบเทียบเครื่องมือ	55
4.1.2 การวิเคราะห์ทางเคมีเพื่อหาชนิดและปริมาณของ PAHs.....	56
4.2 ศึกษาการกระจายตัวตามแนวถนน.....	58
4.2.1 ความเข้มข้นของ pPAHs ตามแนวถนนสุขุมวิท.....	58
4.2.2 ความเข้มข้นของ pPAHs ตามแนวถนนพระรามหก.....	65
4.2.3 เปรียบเทียบ pPAHs ระหว่างถนนสุขุมวิทและถนนพระรามหก.....	72
4.3 ศึกษาการกระจายตัวตามแนวตั้งฉากกับถนน.....	83
4.3.1 ความเข้มข้นของ pPAHs ที่กระจายตัวในแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิท	83
4.3.2 ความเข้มข้นของ pPAHs ที่กระจายตัวในแนวตั้งฉากกับถนนพระรามหก.....	89
4.3.3 ความเข้มข้นของ pPAHs ที่กระจายตัวในแนวตั้งฉากกับถนนพญาไท.....	95
4.3.4 เปรียบเทียบความเข้มข้นของ pPAHs ที่กระจายตัวในแนวตั้งฉาก กับถนนสุขุมวิท ถนนพระรามหก และถนนพญาไท.....	101
4.3.5 ความสัมพันธ์ของ pPAHs ที่เคลื่อนที่ตามแนวตั้งฉากจากถนนไปยังจุดต่างๆ.....	108

4.4 การกระจายตัวของ pPAHs บริเวณถนนที่มีโครงสร้างแตกต่างกัน 3 ถนน	149
4.5 การวิเคราะห์สมการถดถอยของความเข้มข้น pPAHs	157
4.5.1 การกำหนดตัวแปรในสมการ Regression เพื่อสร้างแบบจำลอง	157
4.5.2 การคัดเลือกตัวแปร	161
4.5.3 การทดสอบความเหมาะสมของ Regression model	164
4.6 ผลการศึกษาปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน	168
4.6.1 ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง ตามแนวถนนสุขุมวิท	168
4.6.2 ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง ตามแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิท	174
4.7 ปริมาณสาร PAHs ที่ปรากฏในฝุ่น $PM_{2.5}$ และ $PM_{10-2.5}$	181
4.7.1 การศึกษาการกระจายตัวของฝุ่น $PM_{2.5}$ และ $PM_{10-2.5}$ ตามแนวขนานกับถนนสุขุมวิท	181
4.7.2 การศึกษาการกระจายตัวของฝุ่น $PM_{2.5}$ และ $PM_{10-2.5}$ ตามแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิท	189
4.7.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้น PAHs ในฝุ่นกับปริมาณฝุ่นละออง	195
4.7.4 ความสัมพันธ์ของค่าความเข้มข้นของ PAHs ระหว่างการเก็บตัวอย่าง แบบ on-line และ off-line	198
5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	202
5.1 สรุปผลการวิจัย	202
5.2 ข้อเสนอแนะ	205
รายการอ้างอิง	207
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	214
ภาคผนวก ข	241
ภาคผนวก ค	271
ภาคผนวก ง	281
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	291

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สูตรโครงสร้าง น้ำหนักโมเลกุล จุดหลอมเหลวและจุดเดือดของ PAHs.....	4
2.2 การแบ่งชนิด PAHs ตามความสามารถในการก่อมะเร็ง.....	11
3.1 พารามิเตอร์ทางอุณหภูมิตามวิธีและเครื่องมือที่ใช้ตรวจวัด.....	42
3.2 วัน/เดือน/ปี การเก็บตัวอย่าง pPAHs ฝุ่นละออง อุณหภูมิตามวิธี และการจราจร.....	46
3.3 retention time ของ PAHs Mix Standard 16 ชนิด และ Internal Standard Mix 6 ชนิด.....	49
3.4 ลักษณะ ion fragmentation ของ PAHs Mix Standard และ Internal Standard Mix.....	50
3.5 ชนิด PAHs Mix Standard ที่เป็นสัดส่วนกับ Internal Standard Mix.....	51
4.1 สมการและค่าสัมประสิทธิ์เพื่อการตัดสินใจ (r^2) ระหว่างเครื่อง PAS จำนวน 4 เครื่อง.....	55
4.2 ค่า coefficient of determination (R^2) ของ PAHs Mix Standard 16 ชนิด.....	56
4.3 ค่า LOD ของ PAHs Mix Standard 16 ชนิด.....	57
4.4 ค่า Recovery test ของ PAHs Mix Standard 16 ชนิด.....	58
4.5 ค่าเฉลี่ย pPAHs รายวัน บริเวณสถานีพระโขนง รร.ศรีวิกรม์ และแยกเอกมัย ในฤดูฝน.....	60
4.6 ค่าเฉลี่ย pPAHs รายวัน บริเวณสถานีพระโขนง รร.ศรีวิกรม์ และแยกเอกมัย หน่วย (ng/m^3) ในฤดูแล้งฝน.....	62
4.7 ข้อมูลด้านอุณหภูมิตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาที่ถนนสุขุมวิท ในฤดูฝนและแล้งฝน.....	65
4.8 ค่าเฉลี่ยรายวัน pPAHs บริเวณ สมอ. รร.สามเสน และแยกตึกชัย ฤดูฝน.....	67
4.9 ค่าเฉลี่ยรายวัน pPAHs บริเวณ สมอ. รร.สามเสน และแยกตึกชัย ฤดูแล้งฝน.....	69
4.10 ข้อมูลด้านอุณหภูมิตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา ที่ถนนพระรามหกในฤดูฝนและฤดูแล้งฝน.....	71
4.11 ข้อมูลด้านอุณหภูมิตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา ที่ถนนสุขุมวิท และถนนพระรามหก.....	72

ตารางที่	หน้า
4.12 เปรียบเทียบค่า pPAHs อุดนียมวิทยา ปริมาณจราจร บริเวณถนนสุขุมวิท และถนนพระรามหกที่ตรวจวัดได้ในฤดูฝนและแล้งฝน.....	80
4.13 ค่าเฉลี่ย pPAHs ในหนึ่งวันที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร ในบริเวณอุทยานเบญจสิริ ในฤดูฝน.....	85
4.14 ค่าเฉลี่ย pPAHs ในหนึ่งวันที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร ในบริเวณอุทยานเบญจสิริ ในฤดูแล้งฝน.....	87
4.15 ข้อมูลด้านอุดนียมวิทยาตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาที่อุทยานเบญจสิริ ในช่วงฤดูฝน และฤดูแล้งฝน.....	89
4.16 ค่าเฉลี่ย pPAHs ในหนึ่งวันที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร ในบริเวณรร.สามเสนวิทยาลัย ในฤดูฝน.....	91
4.17 ค่าเฉลี่ย pPAHs ในหนึ่งวันที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร ในบริเวณรร.สามเสนวิทยาลัย ในฤดูแล้งฝน.....	93
4.18 ข้อมูลด้านอุดนียมวิทยาตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา ที่รร.สามเสนวิทยาลัย ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งฝน.....	95
4.19 ค่าเฉลี่ย pPAHs ในหนึ่งวันที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร บริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในฤดูฝน.....	97
4.20 ค่าเฉลี่ย pPAHs ในหนึ่งวันที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร บริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในฤดูแล้งฝน.....	99
4.21 ข้อมูลด้านอุดนียมวิทยาตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งฝน.....	101
4.22 ข้อมูลด้านอุดนียมวิทยาตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาที่ อุทยานเบญจสิริ รร.สามเสนวิทยาลัย และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งฝน.....	103
4.23 ค่าเฉลี่ย pPAHs ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร บริเวณถนนสุขุมวิท พระรามหก และพญาไท ในฤดูฝนและฤดูแล้งฝน.....	107
4.24 ค่าเฉลี่ย pPAHs (ng/m ³) ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร เมื่อแบ่งตามทิศทางลมบริเวณอุทยานเบญจสิริ ในฤดูฝน.....	114
4.25 ค่าเฉลี่ย pPAHs (ng/m ³) ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร เมื่อแบ่งตามทิศทางลมบริเวณอุทยานเบญจสิริ ในฤดูแล้งฝน.....	121
4.26 ค่าเฉลี่ย pPAHs (ng/m ³) ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร เมื่อแบ่งตามทิศทางลมบริเวณรร.สามเสนวิทยาลัย ในฤดูฝน.....	127

ตารางที่	หน้า
4.27 ค่าเฉลี่ย pPAHs (ng/m ³) ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร เมื่อแบ่งตามทิศทางลมบริเวณรร.สามเสนวิทยาลัย ในฤดูแล้งฝน.....	131
4.28 ค่าเฉลี่ย pPAHs (ng/m ³) ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร เมื่อแบ่งตามทิศทางลมบริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในฤดูฝน.....	137
4.29 ค่าเฉลี่ย pPAHs (ng/m ³) ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร เมื่อแบ่งตามทิศทางลมบริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในฤดูแล้งฝน.....	142
4.30 เปรียบเทียบค่า pPAHs ปริมาณ pPAHs หลังจากแยกทิศลม ทิศทางและความเร็วลม R _{xy} บริเวณถนนสุขุมวิทและถนนพระรามหก พญาไท ที่ตรวจวัดได้ ในฤดูฝนและแล้งฝน.....	147
4.31 ค่าเฉลี่ย pPAHs รายวัน บริเวณสถานีพระโขนง สมอ. และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในช่วงฤดูฝน.....	150
4.32 ค่าเฉลี่ย pPAHs รายวัน บริเวณสถานีพระโขนง สมอ. และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในช่วงฤดูแล้งฝน.....	152
4.33 ค่าเฉลี่ย pPAHs และข้อมูลจราจร บริเวณสถานีพระโขนง สมอ. และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งฝน.....	154
4.34 pPAHs ที่ตรวจวัดด้วยเครื่อง PAS ในเมืองต่างๆ.....	156
4.35 ความหมายของตัวแปรที่ใช้ในสมการ regression.....	161
4.36 ผลการวิเคราะห์สมการถดถอยทั้ง 4 วิธี.....	163
4.37 ผลของ analysis of variance ทั้ง 4 วิธี.....	163
4.38 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรด้วยวิธี backward elimination ในสมการถดถอย.....	164
4.39 ความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอนตามแนวถนนสุขุมวิท.....	169
4.40 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาด 2.5 – 10 ไมครอนตามแนวถนนสุขุมวิท.....	169
4.41 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน.....	169
4.42 สัดส่วน PM _{2.5} /PM ₁₀ ที่บริเวณถนนสุขุมวิท.....	173
4.43 สัดส่วน PM _{2.5} /PM ₁₀ ที่บริเวณเขตเมืองต่างๆ.....	173
4.44 ความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ที่กระจายตัวตามแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิท.....	174
4.45 ความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5-10 ไมครอน ที่กระจายตัวตามแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิท.....	175
4.46 ความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่กระจายตัวตามแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิท.....	175

ตารางที่	หน้า
4.47 สัดส่วนการกระจายตัวของ PM _{2.5} ที่ระยะทางต่างๆ กัน	177
4.48 สัดส่วนการกระจายตัวของ PM _{10-2.5} ที่ระยะทางต่างๆ กัน	178
4.49 สัดส่วน PM _{2.5} / PM ₁₀ ที่กระจายตัวตามแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิท	180
4.50 ชนิดสาร PAHs ในฝุ่น PM _{2.5} ที่บริเวณสถานีรถไฟฟ้าพระโขนง แยกเอกมัย และรร.ศรีวิกรม์บริหารธุรกิจ	182
4.51 ชนิดของสารประกอบพอลิไซคลิกแอโรมาติกไฮโดรคาร์บอน ที่ปรากฏในฝุ่นจากแหล่งกำเนิดหลักๆ ในแถบภูมิภาคเอเชีย	185
4.52 ชนิดสาร PAHs ในฝุ่น PM _{10-2.5} ที่บริเวณสถานีรถไฟฟ้าพระโขนง แยกเอกมัย และรร.ศรีวิกรม์บริหารธุรกิจ	188
4.53 Total PAHs (ng/m ³) ในฝุ่น ที่ศึกษาในประเทศต่างๆ	189
4.54 ความเข้มข้นรวมของ PAHs 12 ชนิด ใน PM _{2.5} PM _{10-2.5} และ PM ₁₀	196
4.55 ความเข้มข้นรวมของ PAHs 12 ชนิด ใน PM _{2.5} PM _{10-2.5} และ PM ₁₀ กับความเข้มข้นรวมที่ตรวจวัดโดย PAS2000CE	198
ตาราง ก-1 ข้อมูลจราจรบนถนนสุขุมวิท ฤดูฝนตั้งแต่วันที่ 12 กันยายน ถึง 19 กันยายน 2547	215
ตาราง ก-2 ข้อมูลจราจรบนถนนสุขุมวิท ฤดูแล้งฝนตั้งแต่วันที่ 6 - 12 เมษายน 2548	219
ตาราง ก-3 ข้อมูลจราจรบนถนนพระรามหก ฤดูฝนตั้งแต่วันที่ 29 กันยายน ถึง 6 ตุลาคม 2547	223
ตาราง ก-4 ข้อมูลจราจรบนถนนพระรามหก ฤดูแล้งฝน ตั้งแต่วันที่ 18 - 24 เมษายน 2548	227
ตาราง ก-5 ข้อมูลจราจรบนถนนพญาไท ฤดูฝนตั้งแต่วันที่ 22 - 29 ตุลาคม 2547	231
ตาราง ก-6 ข้อมูลจราจรบนถนนพญาไท ฤดูแล้งฝน ตั้งแต่วันที่ 25 เมษายน - 1 พฤษภาคม 2548	235
ตาราง ก-7 ข้อมูลจำนวนเฉลี่ยของรถแต่ละประเภทของถนนสุขุมวิท พระรามหก พญาไท ฤดูฝนและแล้งฝน	239
ตาราง ข-1 วิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้น pPAHs ตามแนวถนนสุขุมวิท ด้วย One-Way ANOVA	242
ตาราง ข-2 วิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้น pPAHs ตามแนวถนนพระรามหก ด้วย One-Way ANOVA	244
ตาราง ข-3 วิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้น pPAHs ตามแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิทด้วย One-Way ANOVA	246

ตารางที่	หน้า
ตาราง ข-4 วิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้น pPAHs ตามแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิทด้วย One-Way ANOVA.....	248
ตาราง ข-5 วิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้น pPAHs ตามแนวตั้งฉากกับถนนพญาไทด้วย One-Way ANOVA.....	250
ตาราง ข-6 วิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้น pPAHs 3 โครงสร้างถนนด้วย One-Way ANOVA.....	252
ตาราง ข-7 เปรียบเทียบความเข้มข้นฝุ่น $PM_{2.5}$ $PM_{10-2.5}$ สถานีรถไฟฟ้าพระโขนง แยกเอกมัย รร.ศรีวิกรม์.....	254
ตาราง ข-8 เปรียบเทียบความเข้มข้นฝุ่น $PM_{2.5}$ $PM_{10-2.5}$ บริเวณอุทยานเบญจสิริ.....	257
ตาราง ข-9 การวิเคราะห์สมการถดถอยแบบเส้นพหุคูณ.....	260
ตาราง ค-2.1 ผลการวิเคราะห์เคมีของสาร PAHs ในฝุ่น $PM_{2.5}$ และ $PM_{10-2.5}$ ตามแนวขนานกับถนนสุขุมวิท.....	274
ตาราง ค-2.2 ผลการวิเคราะห์เคมีของสาร PAHs ในฝุ่น $PM_{2.5}$ และ $PM_{10-2.5}$ ตามแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิท.....	277

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ลักษณะของอนุภาคและการดูดซับของ PAHs บนอนุภาค.....	13
2.2 รูปแบบของการเคลื่อนที่ของสารมลพิษบริเวณถนนที่มีลักษณะ street canyon	
(ก) รูปแบบการเคลื่อนที่แบบ single vortex, $H/W \sim 1.3$	
(ข) รูปแบบการเคลื่อนที่แบบ double vortex, $H/W \sim 1.7$	14
2.3 การเคลื่อนที่ของลมบริเวณถนนที่มีลักษณะเป็น street canyon	
ที่มี $H1/W = 0.9$ (ก) $H1/H2 = 0.9$ (ข) $H1/H2 = 1.42$ (ค) $H1/H2 = 1.8$	16
2.4 การเคลื่อนที่ของลมบริเวณถนนที่มีลักษณะเป็น street canyon	
ที่มี $H1/W = 2$ และ $H1/H2 = 1$ (ก) $H1/H2 = 0.8$ (ข) และ $H1/H2 = 1.2$ (ค).....	17
2.5 การเคลื่อนที่ของลมบริเวณถนนที่มีลักษณะเป็น street canyon	
ที่มี $H1/W = 3.5$ และ $H1/H2 = 1$ (ก) $H1/H2 = 0.88$ (ข)	
$H1/H2 = 1.4$ (ค) และ $H1/H2 = 2.33$ (ง).....	18
2.6 การเคลื่อนที่ของลมบริเวณถนนที่มีลักษณะเป็น street canyon	
ที่มี $H1/W = 0.5$ และ $H1/H2 = 1$ (ก) $H1/H2 = 0.71$ (ข) และ $H1/H2 = 2$ (ค).....	19
2.7 การเคลื่อนที่ของลมบริเวณถนนที่มีลักษณะเป็น street canyon	
ที่มี $H1/W = 0.17$ และ $H1/H2 = 1$ (ก) $H1/H2 = 0.5$ (ข) และ $H1/H2 = 2$ (ค).....	20
3.1 จุดเก็บตัวอย่างตามแนวถนนสุขุมวิท บริเวณสถานีรถไฟฟ้าพระโขนง	
รร.ศรีวิกรม์ และแยกเอกมัย.....	31
3.2 ลักษณะจุดเก็บตัวอย่างบริเวณใต้ชานชาลาสถานีรถไฟฟ้า สถานีพระโขนง.....	32
3.3 ลักษณะจุดเก็บตัวอย่างบริเวณใต้รางรถไฟฟ้า	
บริเวณหน้าโรงเรียนศรีวิกรม์บริหารธุรกิจ.....	32
3.4 ลักษณะจุดเก็บตัวอย่างบริเวณใต้รางรถไฟฟ้า บริเวณแยกเอกมัย.....	33
3.5 จุดเก็บตัวอย่างตามแนวถนนพระรามหก บริเวณสมอ.	
รร.สามเสนวิทยาลัย และแยกตึกชัย.....	33
3.6 ลักษณะจุดเก็บตัวอย่างบริเวณใต้ทางด่วน บริเวณหน้า	
สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม.....	34
3.7 ลักษณะจุดเก็บตัวอย่างบริเวณใต้ทางด่วน บริเวณหน้าโรงเรียนสามเสนวิทยาลัย.....	34
3.8 ลักษณะจุดเก็บตัวอย่างบริเวณใต้ทางด่วน บริเวณสี่แยกตึกชัย.....	35
3.9 ลักษณะจุดเก็บตัวอย่างบริเวณบริเวณอุทยานเบญจสิริ.....	35
3.10 ลักษณะจุดเก็บตัวอย่างบริเวณ รร.สามเสนวิทยาลัย.....	36

ภาพที่	หน้า
3.11 ลักษณะจุดเก็บตัวอย่างบริเวณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยแนวตั้งฉากถนน	36
3.12 ลักษณะจุดเก็บตัวอย่างบริเวณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยบริเวณวิทยุภาพถ่าย	37
3.13 เครื่อง PAS2000CE	38
3.14 PAHs ที่สามารถถูกไอออนไนซ์	38
3.15 ส่วนประกอบภายในเครื่อง PAS2000CE	39
3.16 การประกอบชิ้นส่วนภายใน Cascade Impactor	40
3.17 Cascade impactor	40
3.18 Personal air samplers	40
3.19 เครื่องปรับอัตราการไหล	41
3.20 เครื่องซั่งน้ำหนักทศนิยม 6 ตำแหน่ง	41
3.21 GC/MS และ auto sampler	41
3.22 เครื่องมือวัดทางอศุนิยมวิทยา	42
3.23 ชุดวิธีโอ บันทึกผ่านชุดวิธีโอ	43
3.24 Chromatogramme ของสารละลายมาตรฐาน PAHs Mix Standard 16 ชนิด และ Internal Standard Mix 6 ชนิด	48
3.25 แผนผังแสดงวิธีการสกัด	53
4.1 ปริมาณสาร pPAHs ที่ตรวจวัดตามแนวถนนสุขุมวิท ในฤดูฝน	58
4.2 Diurnal profile ที่ตรวจวัดตามแนวถนนสุขุมวิท ในฤดูฝน	59
4.3 ปริมาณสาร pPAHs ที่ตรวจวัดตามแนวถนนสุขุมวิท ในฤดูแล้งฝน	61
4.4 Diurnal profile ที่ตรวจวัดตามแนวถนนสุขุมวิท ในฤดูฝน	61
4.5 Diurnal profile ของ pPAHs ที่กระจายตัวตามแนวถนนสุขุมวิท ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งฝน	63
4.6 Diurnal profile ของ pPAHs ที่ตรวจวัด ณ จุดเดียวกัน ตามแนวถนนสุขุมวิทในฤดูฝนและฤดูแล้งฝน	64
4.7 ปริมาณสาร pPAHs ที่ตรวจวัดตามแนวถนนพระรามหก ในฤดูฝน	66
4.8 Diurnal profile ที่ตรวจวัดตามแนวถนนพระรามหก ในฤดูฝน	66
4.9 ปริมาณสาร pPAHs ที่ตรวจวัดตามแนวถนนพระรามหก ในฤดูแล้งฝน	68
4.10 Diurnal profile ที่ตรวจวัดตามแนวถนนพระรามหก ในฤดูแล้งฝน	68
4.11 Diurnal profile ของ pPAHs ที่กระจายตัวตามแนวถนนพระรามหก ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งฝน	70

ภาพที่	หน้า
4.12 Diurnal profile ของ pPAHs ที่ตรวจวัด ณ จุดเดียวกัน บริเวณถนนพระรามหกในฤดูฝนและฤดูแล้งฝน.....	70
4.13 แผนภูมิแสดงทิศทางลม และแผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์ความถี่ของการเกิด ความเร็วลมต่างๆ บริเวณถนนสุขุมวิท ในฤดูฝน (ก) และฤดูแล้งฝน (ข) และบริเวณถนนพระรามหก ในฤดูฝน (ค) และฤดูแล้งฝน (ง).....	73
4.14 ปริมาณรวมทุกชนิดบริเวณถนนสุขุมวิทและพระรามหกระหว่าง การเก็บตัวอย่างในฤดูฝนและฤดูแล้งฝน.....	75
4.15 สัดส่วนปริมาณรถแต่ละประเภทบนถนนสุขุมวิท และถนนพระรามหก.....	76
4.16 เปรียบเทียบ Diurnal profile ของ pPAHs ที่บริเวณถนนสุขุมวิท และถนนพระรามหก ที่มีโครงสร้างคล้ายคลึงกันทั้งในฤดูฝนและแล้งฝน.....	82
4.17 ปริมาณสาร pPAHs ที่ตรวจวัดตามแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิท ในฤดูฝน.....	84
4.18 Diurnal profile ที่ตรวจวัดตามแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิท ในฤดูฝน.....	84
4.19 ปริมาณสาร pPAHs ที่ตรวจวัดตามแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิท ในฤดูแล้งฝน.....	86
4.20 Diurnal profile ที่ตรวจวัดตามแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิท ในฤดูแล้งฝน.....	86
4.21 Diurnal profile ของ pPAHs ที่กระจายตัวตามแนวตั้งฉาก กับถนนสุขุมวิทในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งฝน.....	88
4.22 Diurnal profile ที่ตรวจวัดที่ระยะเดียวกัน ในฤดูฝนและแล้งฝน ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร(ก) 75(ข) 150(ค) และ225 เมตร (ง).....	88
4.23 ปริมาณสาร pPAHs ที่ตรวจวัดตามแนวตั้งฉากกับถนนพระรามหก ในฤดูฝน.....	90
4.24 Diurnal profile ที่ตรวจวัดตามแนวตั้งฉากกับถนนพระรามหก ในฤดูฝน.....	90
4.25 ปริมาณสาร pPAHs ที่ตรวจวัดตามแนวตั้งฉากกับถนนพระรามหก ในฤดูแล้งฝน.....	92
4.26 Diurnal profile ที่ตรวจวัดตามแนวตั้งฉากกับถนนพระรามหก ในฤดูแล้งฝน.....	92
4.27 Diurnal profile ของ pPAHs ที่กระจายตัวตามแนวตั้งฉากกับ ถนนพระรามหกในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งฝน.....	94
4.28 Diurnal profile ที่ตรวจวัดที่ระยะเดียวกัน ในฤดูฝนและแล้งฝน ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร(ก) 75 เมตร (ข) และ225 เมตร (ค).....	94
4.29 ปริมาณสาร pPAHs ที่ตรวจวัดตามแนวตั้งฉากกับถนนพญาไทในฤดูฝน.....	96
4.30 Diurnal profile ที่ตรวจวัดตามแนวตั้งฉากกับถนนพญาไทในฤดูฝน.....	96
4.31 ปริมาณสาร pPAHs ที่ตรวจวัดตามแนวตั้งฉากกับถนนพญาไทในฤดูแล้งฝน.....	98
4.32 Diurnal profile ที่ตรวจวัดตามแนวตั้งฉากกับถนนพญาไทในฤดูแล้งฝน.....	98

ภาพที่	หน้า
4.33 Diurnal profile ของ pPAHs ที่กระจายตัวตามแนวตั้งฉากกับ ถนนพญาไทในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งฝน.....	100
4.34 Diurnal profile ที่ตรวจวัดที่ระยะเดียวกัน ในฤดูฝนและแล้งฝน ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร (ก) 75 เมตร (ข) 150 เมตร (ค) และ 225 เมตร (ง).....	100
4.35 ลักษณะ Diurnal profile ของ pPAHs ที่กระจายตัวตามแนวตั้งฉากกับ ถนนสุขุมวิท ถนนพระรามหก และถนนพญาไท ในฤดูฝน ((ก) – (ง)) และฤดูแล้งฝน ((จ) – (ช)).....	102
4.36 แผนภูมิแสดงทิศทางลม และแผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์ความถี่ ของการเกิดความเร็วลมต่างๆ บริเวณถนนสุขุมวิท ในฤดูฝน (ก) และฤดูแล้งฝน (ข) บริเวณถนนพระรามหก ในฤดูฝน (ค) และฤดูแล้งฝน (ง) และบริเวณถนนพญาไท ในฤดูฝน (จ) และฤดูแล้งฝน (ฉ).....	104
4.37 ค่าเฉลี่ย pPAHs ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร ถนนสุขุมวิท ถนนพระรามหก และถนนพญาไท ในฤดูฝนและฤดูแล้งฝน.....	107
4.38 ลักษณะของลมที่พัดบริเวณถนน 3 ทิศทาง.....	109
4.39 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากค่าจากการวิเคราะห์แบบ cross-correlation ของความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณถนนสุขุมวิทในฤดูฝน.....	110
4.40 ความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณถนนสุขุมวิทฤดูฝน ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร ที่แบ่งตามทิศทางลม.....	114
4.41 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากค่าจากการวิเคราะห์แบบ cross-correlation ของความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณถนนสุขุมวิทในฤดูแล้งฝน.....	117
4.42 ความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณถนนสุขุมวิทฤดูแล้งฝน ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร ที่แบ่งตามทิศทางลม.....	121
4.43 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากค่าจากการวิเคราะห์แบบ cross-correlation ของความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณถนนพระรามหกในฤดูฝน.....	123
4.44 ความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณถนนพระรามหกฤดูฝน โดยแบ่ง เป็นระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร ที่แบ่งตามทิศทางลม.....	127
4.45 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากค่าจากการวิเคราะห์แบบ cross-correlation ของความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณถนนพระรามหกในฤดูแล้งฝน.....	129
4.46 ความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณถนนพระรามหกฤดูแล้งฝน โดยแบ่ง เป็นระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 และ 225 เมตร ที่แบ่งตามทิศทางลม.....	131

ภาพที่	หน้า
4.47 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากค่าจากการวิเคราะห์แบบ cross-correlation ของความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณถนนพญาไท ในฤดูฝน.....	133
4.48 ความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณถนนพญาไทฤดูฝน โดยแบ่งเป็นระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร.....	137
4.49 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากค่าจากการวิเคราะห์แบบ cross-correlation ของความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณถนนพญาไท ในฤดูแล้งฝน.....	139
4.50 ความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณถนนพญาไทฤดูแล้งฝน โดยแบ่งเป็นระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร.....	143
4.51 เปรี่เซ้นต์การลดลงของ pPAHs ที่ระยะต่างๆ บริเวณถนนสุขุมวิท พระรามหก และพญาไท ในฤดูฝนและฤดูแล้งฝน.....	145
4.52 pPAHs profile ที่ตรวจวัดบริเวณถนนที่มีโครงสร้างแตกต่างกัน ในฤดูฝน.....	149
4.53 Diurnal profile ที่ตรวจวัดบริเวณถนนที่มีโครงสร้างแตกต่างกัน ในฤดูฝน.....	150
4.54 pPAHs profile ที่ตรวจวัดบริเวณถนนที่มีโครงสร้างแตกต่างกัน ในฤดูแล้งฝน.....	151
4.55 Diurnal profile ที่ตรวจวัดบริเวณถนนที่มีโครงสร้างแตกต่างกัน ในฤดูแล้งฝน.....	152
4.56 Diurnal profile ของ pPAHs ที่กระจายบริเวณถนนที่มีโครงสร้างแตกต่างกัน ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งฝน.....	153
4.57 Diurnal profile ของ pPAHs ที่ตรวจวัด ณ จุดเดียวกัน บริเวณถนนที่มีโครงสร้างแตกต่างกัน ในฤดูฝนและฤดูแล้งฝน.....	154
4.58 ตัวแปรที่กำหนดความสูงความกว้างของโครงสร้างถนน.....	158
4.59 การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้น pPAHs ระหว่างค่าที่วัดได้จริง กับค่าประมาณในฤดูฝนและฤดูแล้งฝน.....	165
4.60 การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้น pPAHs จากค่าที่วัดได้จริง และค่าคาดคะเน.....	167
4.61 กราฟความสัมพันธ์ค่าความเข้มข้น pPAHs ระหว่างค่าที่วัดจริงและค่าคาดคะเน.....	167
4.62 ความเข้มข้นฝุ่น PM _{2.5} (ก) PM _{10-2.5} (ข) และ PM ₁₀ (ค) ที่กระจายตัวตามแนวถนนสุขุมวิท.....	170
4.63 ความเข้มข้นฝุ่น PM _{2.5} (ก) PM _{10-2.5} (ข) และ PM ₁₀ (ค) ที่กระจายตัวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิท.....	176
4.64 PAHs profile ในฝุ่น PM _{2.5} บริเวณสถานีรถไฟฟ้าพระโขนง แยกเอกมัย และ รร.ศรีวิกรม์.....	181
4.65 PAHs profile ในฝุ่น PM _{10-2.5} บริเวณสถานีรถไฟฟ้าพระโขนง แยกเอกมัย และ รร.ศรีวิกรม์.....	186

ภาพที่	หน้า
4.66 PAHs Profile ในฝุ่น PM _{2.5} วันจันทร์ (ก) อังคาร (ข) พุธ (ค) พฤหัสบดี (ง) ศุกร์ (จ) เสาร์ (ฉ) และ อาทิตย์ (ช)	190
4.67 PAHs Profile ในฝุ่น PM _{10-2.5} วันจันทร์ (ก) อังคาร (ข) พุธ (ค) พฤหัสบดี (ง) ศุกร์ (จ) เสาร์ (ฉ) และ อาทิตย์ (ช)	192
4.68 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นรวมของ PAHs 12 ชนิด กับความเข้มข้นฝุ่นละออง	197
4.69 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นรวมของ PAHs 12 ชนิด กับค่าเฉลี่ยความเข้มข้นรวมของ pPAHs ที่ตรวจวัดโดย PAS2000CE	200
ค-1 กราฟมาตรฐาน (Standard Curve) สาร PAHs 16 ชนิด	272
ภาพที่ ง-1 โครงสร้างจุดเก็บตัวอย่างบริเวณสถานีรถไฟฟ้า BTS พระโขนง	282
ภาพที่ ง-2 โครงสร้างจุดเก็บตัวอย่างบริเวณป้อมควบคุมสัญญาณ ไฟจราจรแยกเอกมัย	283
ภาพที่ ง-3 โครงสร้างจุดเก็บตัวอย่างบริเวณหน้าโรงเรียนศรีวิกรม์บริหารธุรกิจ	284
ภาพที่ ง-4 โครงสร้างจุดเก็บตัวอย่างบริเวณสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม	285
ภาพที่ ง-5 โครงสร้างจุดเก็บตัวอย่างบริเวณป้อมควบคุมสัญญาณ ไฟจราจรแยกตึกชัย	286
ภาพที่ ง-6 โครงสร้างจุดเก็บตัวอย่างบริเวณหน้าโรงเรียนสามเสนวิทยาลัย	287
ภาพที่ ง-7 จุดเก็บตัวอย่างแนวตั้งจากกับถนนสุขุมวิท บริเวณอุทยานเบญจสิริ	288
ภาพที่ ง-8 จุดเก็บตัวอย่างแนวตั้งจากกับถนนพระรามหก บริเวณรร.สามเสนวิทยาลัย	289
ภาพที่ ง-9 จุดเก็บตัวอย่างแนวตั้งจากกับถนนพญาไท บริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	290

คำย่อ

$^{\circ}\text{C}$	หมายถึง	องศาเซลเซียส
eV	หมายถึง	อิเล็กตรอน โวลต์
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	หมายถึง	ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
l/min	หมายถึง	ลิตรต่อนาที
μm	หมายถึง	ไมโครเมตร
mg/l	หมายถึง	มิลลิกรัมต่อลิตร
mm	หมายถึง	มิลลิเมตร
m/s	หมายถึง	เมตรต่อวินาที
ng/l	หมายถึง	นาโนกรัมต่อลิตร
ng/m^3	หมายถึง	นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
W/m^2	หมายถึง	วัตต์ต่อตารางเมตร
PAHs	หมายถึง	สารประกอบพอลิไซคลิกแอโรมาติกไฮโดรคาร์บอน
pPAHs	หมายถึง	สารประกอบพอลิไซคลิกแอโรมาติกไฮโดรคาร์บอน ที่เกาะอยู่กับอนุภาคฝุ่น
PM_{10}	หมายถึง	อนุภาคฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร
$\text{PM}_{2.5}$	หมายถึง	อนุภาคฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมโครเมตร
E	หมายถึง	ทิศตะวันออก
ENE	หมายถึง	ทิศที่ทำมุมกับทิศเหนือ 67.5 องศา
ESE	หมายถึง	ทิศที่ทำมุมกับทิศเหนือ 112.5 องศา
N	หมายถึง	ทิศเหนือ
NE	หมายถึง	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ
NNE	หมายถึง	ทิศที่ทำมุมกับทิศเหนือ 22.5 องศา
NNW	หมายถึง	ทิศที่ทำมุมกับทิศเหนือ 337.5 องศา
NW	หมายถึง	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ
S	หมายถึง	ทิศใต้
SE	หมายถึง	ทิศตะวันออกเฉียงใต้
SSE	หมายถึง	ทิศที่ทำมุมกับทิศเหนือ 157.5 องศา
SSW	หมายถึง	ทิศที่ทำมุมกับทิศเหนือ 202.5 องศา
SW	หมายถึง	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
W	หมายถึง	ทิศตะวันตก
WNW	หมายถึง	ทิศที่ทำมุมกับทิศเหนือ 292.5 องศา
WSW	หมายถึง	ทิศที่ทำมุมกับทิศเหนือ 247.5 องศา
H_1	หมายถึง	ความสูงของตึกฝั่งเก็บตัวอย่าง
H_1	หมายถึง	ความสูงของตึกฝั่งตรงข้ามกับจุดเก็บตัวอย่าง
W_1	หมายถึง	ความกว้างของถนนทั้ง 2 ฝั่ง
W_2	หมายถึง	ความกว้างของสถานีรถไฟฟ้า BTS หรือความกว้างของรางรถไฟ ไฟฟ้า BTS หรือความกว้างของทางด่วนที่ปกคลุมถนนทั้ง 2 ฝั่ง

คำย่อ

$^{\circ}C$	หมายถึง	องศาเซลเซียส
eV	หมายถึง	อิเล็กตรอนโวลต์
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	หมายถึง	ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
l/min	หมายถึง	ลิตรต่อนาที
μm	หมายถึง	ไมโครเมตร
mg/l	หมายถึง	มิลลิกรัมต่อลิตร
mm	หมายถึง	มิลลิเมตร
m/s	หมายถึง	เมตรต่อวินาที
ng/l	หมายถึง	นาโนกรัมต่อลิตร
ng/m^3	หมายถึง	นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
W/m^2	หมายถึง	วัตต์ต่อตารางเมตร
PAHs	หมายถึง	สารประกอบพอลิไซคลิกเอโรมาติกไฮโดรคาร์บอน
pPAHs	หมายถึง	สารประกอบพอลิไซคลิกเอโรมาติกไฮโดรคาร์บอน ที่เกาะอยู่กับอนุภาคฝุ่น
PM_{10}	หมายถึง	อนุภาคฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร
$\text{PM}_{2.5}$	หมายถึง	อนุภาคฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมโครเมตร
E	หมายถึง	ทิศตะวันออก
ENE	หมายถึง	ทิศที่ทำมุมกับทิศเหนือ 67.5 องศา
ESE	หมายถึง	ทิศที่ทำมุมกับทิศเหนือ 112.5 องศา
N	หมายถึง	ทิศเหนือ
NE	หมายถึง	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ
NNE	หมายถึง	ทิศที่ทำมุมกับทิศเหนือ 22.5 องศา
NNW	หมายถึง	ทิศที่ทำมุมกับทิศเหนือ 337.5 องศา
NW	หมายถึง	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ
S	หมายถึง	ทิศใต้
SE	หมายถึง	ทิศตะวันออกเฉียงใต้
SSE	หมายถึง	ทิศที่ทำมุมกับทิศเหนือ 157.5 องศา
SSW	หมายถึง	ทิศที่ทำมุมกับทิศเหนือ 202.5 องศา
SW	หมายถึง	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
W	หมายถึง	ทิศตะวันตก
WNW	หมายถึง	ทิศที่ทำมุมกับทิศเหนือ 292.5 องศา
WSW	หมายถึง	ทิศที่ทำมุมกับทิศเหนือ 247.5 องศา
H_1	หมายถึง	ความสูงของตึกฝั่งเก็บตัวอย่าง
H_1	หมายถึง	ความสูงของตึกฝั่งตรงข้ามกับจุดเก็บตัวอย่าง
W_1	หมายถึง	ความกว้างของถนนทั้ง 2 ฝั่ง
W_2	หมายถึง	ความกว้างของสถานีรถไฟฟ้า BTS หรือความกว้างของรางรถไฟ ไฟฟ้า BTS หรือความกว้างของทางด่วนที่ปกคลุมถนนทั้ง 2 ฝั่ง

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สารประกอบพอลิไซคลิกแอโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon : PAHs) เป็นกลุ่มสารเคมีที่มีโครงสร้างโมเลกุลประกอบด้วยวงแอโรมาติก (Aromatic ring) ตั้งแต่ 2 วงขึ้นไปเชื่อมต่อกัน สาร PAHs เป็นสารมลพิษทางอากาศชนิดหนึ่ง ซึ่งปรากฏอยู่ทั้งอยู่ในรูปที่ยึดเกาะกับอนุภาค (Particulate phase) และในรูปก๊าซ (Gas phase) แต่โดยส่วนใหญ่สาร PAHs ในบรรยากาศจะอยู่ในรูปที่ดูดซับบนอนุภาคแขวนลอยขนาดเล็ก จากการศึกษาทางพิษวิทยาพบว่า PAHs นั้นเป็นสารก่อมะเร็ง (Carcinogenic) และสารก่อการกลายพันธุ์ (Mutagenicity) โดยทั่วไป สาร PAHs มีแหล่งกำเนิดจากกระบวนการตามธรรมชาติ เช่น ไฟป่า ภูเขาไฟระเบิด เป็นต้น และกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การหุงต้มและการให้ความร้อนภายในที่อยู่อาศัย กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม และการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากยานพาหนะ เป็นต้น (The International programme on Chemical Safety [IPCS], 1998) แต่สำหรับบรรยากาศในเขตเมืองสาร PAHs เกือบทั้งหมดมาจากแหล่งกำเนิดจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากการจราจร (Oanh และคณะ, 2000)

กรุงเทพมหานครนั้นเป็นเมืองหลวงและศูนย์กลางของแหล่งธุรกิจ จำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดความต้องการในการเดินทางและการขนส่งมากขึ้น จากสถิติจำนวนรถจดทะเบียนในกรุงเทพมหานคร ปี 2546 พบว่า มีจำนวนรถที่จดทะเบียนในเขตกรุงเทพมหานคร เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.5 (Internet : http://www.dlt.go.th/statistics_web/vehicle.html) เนื่องจากจำนวนรถที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและพื้นผิวถนนที่มีอยู่อย่างจำกัด ส่งผลให้เกิดปัญหาจราจรติดขัด ซึ่งเป็นสภาพที่รถเคลื่อนตัวด้วยความเร็วต่ำ การถ่ายเทอากาศเป็นไปได้ช้า มีการหยุดและออกตัวบ่อยครั้งขึ้น การสันดาปของน้ำมันเชื้อเพลิงไม่สมบูรณ์ มีการระบายสารมลพิษทางท่อไอเสียในสัดส่วนที่เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นบริเวณพื้นที่ใกล้ถนนที่มีการจราจรติดขัด จะมีปัญหาสารมลพิษทางอากาศที่รุนแรงกว่า ในบริเวณที่มีการจราจรคล่องตัว (สุธีลา และคณะ, 2544) สำหรับงานวิจัยที่ศึกษาสาร PAHs ในประเทศไทยที่ผ่านมา พบว่า แหล่งกำเนิดหลักของสาร PAHs คือ การจราจร (Oanh และคณะ, 2000; Chetwittayachan, 2002; ปาจริย์, 2545) นอกจากสภาพการจราจรที่ติดขัดจะทำให้เกิดระดับมลพิษทางอากาศที่สูงแล้ว ยังพบว่าลักษณะโครงสร้างของถนน เช่น ถนนที่มีลักษณะเป็นอุโมงค์ ถนนที่มีอาคารสูงปิดทึบทั้งสองฝั่ง (Street canyon) และสภาพทางอุทุนิยมวิทยา เช่น ฤดูกาล อุณหภูมิ ทิศทางและความเร็วลม มีผลต่อการกระจายตัวของสารมลพิษทางอากาศบริเวณโดยรอบถนน สำหรับในประเทศไทย โดยเฉพาะในเขตกรุงเทพมหานครได้มีการศึกษาการกระจายตัวของสาร pPAH ในแนวระดับความสูง (Vertical profiles) บริเวณพื้นที่ริมถนนและพื้นที่ทั่วไป ที่

เน้นเฉพาะจุดใดจุดหนึ่งของถนนและการกระจายตัวตามระดับความสูงบริเวณที่มีลักษณะปิดทึบไพลิน (2546) แต่การศึกษาการกระจายตัวของ pPAHs ในแนวนอน และการศึกษาลักษณะโครงสร้างของถนนที่มีผลต่อการกระจายตัวของ pPAHs ยังมีอยู่อย่างจำกัด

การศึกษาค้นคว้านี้จึงมุ่งศึกษา การกระจายตัวตามแนวนอนของสาร pPAHs บริเวณริมถนนที่มีโครงสร้างแตกต่างกัน โดยศึกษาตามแนวถนน และแนวตั้งฉากกับถนน รวมทั้งปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ลักษณะทางอุทกนิยมนิเวศวิทยา (ความเร็วและทิศทางการไหล อุณหภูมิ ฯลฯ) และข้อมูลการจราจร เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับพฤติกรรมและการกระจายตัวของสาร pPAHs ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการศึกษาสารมลพิษชนิดอื่นในบริเวณที่ควรติดตามเฝ้าระวังในเขตเมืองต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อศึกษาการกระจายตัวตามแนวนอน ของสารประกอบพอลิไซคลิกแอโรแมติกไฮโดรคาร์บอนที่ดูดซับบนอนุภาคแขวนลอย (pPAHs) บริเวณพื้นที่ริมถนน ในเขตกรุงเทพมหานคร

2) เพื่อศึกษาการกระจายตัวแนวตั้งฉากกับถนน ของสารประกอบพอลิไซคลิกแอโรแมติกไฮโดรคาร์บอนที่ดูดซับบนอนุภาคแขวนลอย (pPAHs) บริเวณพื้นที่ริมถนน ในเขตกรุงเทพมหานคร

3) เพื่อศึกษาการกระจายตัวบริเวณที่มีโครงสร้างถนนแตกต่างกัน ของสารประกอบพอลิไซคลิกแอโรแมติกไฮโดรคาร์บอนที่ดูดซับบนอนุภาคแขวนลอย (pPAHs) บริเวณพื้นที่ริมถนน ในเขตกรุงเทพมหานคร

4) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดและปริมาณของสาร pPAHs กับฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน โดยการศึกษาตามแนวถนนและแนวตั้งฉากกับถนน

5) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเก็บตัวอย่างแบบ on-line กับ off-line

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1) พื้นที่ทำการศึกษการกระจายตัว (Distribution) ของสาร pPAHs ประกอบด้วย

- ถนนสุขุมวิท (โครงสร้างถนนที่มีรถไฟฟ้า BTS)
- ถนนพระรามหก (โครงสร้างถนนที่มีทางด่วน)
- ถนนพญาไท (ถนนเปิดโล่ง)

2) ศึกษาการกระจายตัวของสาร pPAHs บริเวณถนนดังกล่าว โดยเปรียบเทียบระหว่าง 2 ฤดูกาล คือ ฤดูฝน (wet season) เดือนกันยายน – พฤศจิกายน 2547 และ ฤดูแล้ง (dry season) เดือนมีนาคม – พฤษภาคม 2548

3) ระยะเวลาเก็บข้อมูลในช่วงฤดูฝน 6 สัปดาห์ และ ฤดูแล้ง 6 สัปดาห์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ทราบถึงการกระจายตัวของสารประกอบพอลิไซคลิกแอโรแมติกไฮโดรคาร์บอนที่จุดชั้บบนอนุภาคแขวนลอยในแวนอน บริเวณถนนที่มีโครงสร้างของถนนที่แตกต่างกันในเขตกรุงเทพมหานคร

2) เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับพฤติกรรมการกระจายตัวของสาร pPAHs ซึ่งจะเป็ประโยชน์ในการศึกษาสารมลพิษชนิดอื่นในบริเวณที่ควรติดตามเฝ้าระวังในเขตเมืองต่อไป



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2


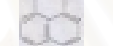

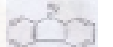





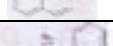
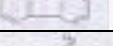





เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับ PAHs




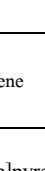
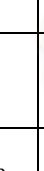

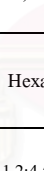
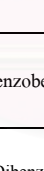
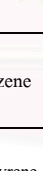

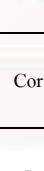
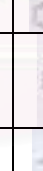
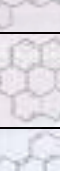

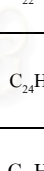
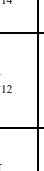
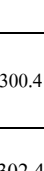
2.1.1 ชนิดและโครงสร้างของ PAHs

Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) เป็นกลุ่มสารประกอบขนาดใหญ่ PAHs มีโครงสร้างโมเลกุลประกอบด้วยวงแโรมาติก (aromatic ring) ตั้งแต่ 2 วง เชื่อมต่อกัน (fused) ลักษณะการเชื่อมต่อกันคือวงแโรมาติก 2 วงที่อยู่ติดกันต้องใช้คาร์บอน 2 อะตอมร่วมกัน วงแโรมาติกอาจมี 5 หรือ 6 อะตอมก็ได้ PAHs ประกอบด้วยสารที่มีสูตรโครงสร้างหลักแตกต่างกัน 33 ชนิด 31 ชนิด มาจากแหล่งกำเนิดหลักๆ และ 2 ชนิดเป็นพวก alkyl ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สูตรโครงสร้าง น้ำหนักโมเลกุล จุดหลอมเหลวและจุดเดือดของ PAHs

ชื่อเคมี	Synonym	ชื่อย่อ	สูตร โครงสร้าง	สูตร โมเลกุล	น้ำหนัก โมเลกุล	จุดหลอมเหลว	จุดเดือด
Naphthalene	Napthalin	Nap		C ₁₀ H ₈	128.2	81	217.9
Acenaphthylene	Naphthyleneethylene	Acy		C ₁₂ H ₈	152.2	92-93	279
Acenaphthene	-	Ace		C ₁₂ H ₁₀	154.2	95	279
Fluorene	2,3-Benzindene	Flu		C ₁₃ H ₁₀	166.2	115-116	295
Phenanthrene	α-Diphenylenethylene	Phe		C ₁₄ H ₁₀	178.2	100.5	340
Anthracene	-	Anth		C ₁₄ H ₁₀	178.2	216.4	342
1-Methylphenanthrene	-	-		C ₁₅ H ₁₂	192.3	123	354-355
Fluoranthene	1,2-Benzacenaphthene	Fluor		C ₁₆ H ₁₀	202.3	108.8	375
Pyrene	Benzo[def]phenanthrene	Pyr		C ₁₆ H ₁₀	202.3	150.4	393
Benzo[a]fluorene	1,2-Benzofluorene	-		C ₁₇ H ₁₂	216.3	189-190	398-400
Benzo[b]fluorene	2,3-Benzofluorene	-		C ₁₇ H ₁₂	216.3	213.5	401-402
Benzo[ghi]fluoranthene	2,13-Benzophenanthrene	-		C ₁₈ H ₁₀	226.3	128.4	432
Cyclopenta[cd]pyrene	Cyclopenteno[cd]pyrene	-		C ₁₈ H ₁₀	226.3	170	439
Benz[a]anthracene	1,2-Benzanthracene Tetraphene	BaA		C ₁₈ H ₁₂	228.3	160.7	400
Benzo[c]phenanthrene	-	-		C ₁₈ H ₁₂	228.3	66.1	-
Triphenylene	9,10-Benzophenanthrene	-		C ₁₈ H ₁₂	228.3	199	425

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) สูตรโครงสร้าง น้ำหนักโมเลกุล จุดหลอมเหลวและจุดเดือดของ PAHs

ชื่อเคมี	Synonym	ชื่อย่อ	สูตรโครงสร้าง	สูตร โมเลกุล	น้ำหนัก โมเลกุล	จุดหลอมเหลว (°C)	จุดเดือด(°C)
Chrysene	1,2-Benzophenanthrene	Chry		C ₁₈ H ₁₂	228.3	253.8	448
5-Methylcholanthrene	-	-		C ₁₉ H ₁₄	242.3	117.1	458
Benzo[b]fluoranthene	2,3-Benzofluoranthene	BbF		C ₂₀ H ₁₂	252.3	168.3	481
Benzo[j]fluoranthene	10,11-Benzofluoranthene	-		C ₂₀ H ₁₂	252.3	165.4	480
Benzo(k)fluoranthene	11,12-Benzofluoranthene	BkF		C ₂₀ H ₁₂	252.3	215.7	480
Benzo[a]pyrene	3,4-Benzpyrene	BaP		C ₂₀ H ₁₂	252.3	178.1	496
Benzo[e]pyrene	1,2-Benzpyrene	BeP		C ₂₀ H ₁₂	252.3	178.7	493
Perylene	peri-Dinaphthalene	Per		C ₂₀ H ₁₂	252.3	277.5	503
Anthanthrene	Dibenzo[def,mno]chrysene	Ant		C ₂₂ H ₁₂	276.3	264	574
Benzo(ghi)pyrylene	1,12-Benzoperylene	BghiP		C ₂₂ H ₁₂	276.3	278.3	545
Indeno[123cd]pyrene	3-Phenylene pyrene	Ind		C ₂₂ H ₁₂	276.3	163.6	536
Dibenz[a,h]anthracene	1,2:5,6-Dibenzanthracene	DBaHA		C ₂₂ H ₁₄	278.4	266.6	524
Coronene	Hexabenzobenzene	Cor		C ₂₄ H ₁₂	300.4	439	525
Dibenzo[a,e]pyrene	1,2:4,5-Dibenzopyrene	-		C ₂₄ H ₁₄	302.4	244.4	592
Dibenzo[a,h]pyrene	3,4:8,9-Dibenzopyrene	-		C ₂₄ H ₁₄	302.4	317	596
Dibenzo[a,i]pyrene	3,4:9,10-Dibenzopyrene	-		C ₂₄ H ₁₄	302.4	282	594
Dibenzo[a,l]pyrene	1,2:3,4-Dibenzopyrene	-		C ₂₄ H ₁₄	302.4	162.4	-

ที่มา : IPCS, 1998

PAHs ที่อุณหภูมิปกติทั่วไป จะเป็นของแข็ง มีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูง ความดันไอต่ำ ละลายน้ำได้น้อยมาก การละลายน้ำจะขึ้นอยู่กับมวลโมเลกุล PAHs จะละลายในตัวทำละลายที่มีขั้ว และ highly lipophilic PAHs เป็นสารที่เฉื่อย (เนื่องจากเป็นวงเบนซินเกาะกัน) และสามารถสลาย

ในสิ่งแวดล้อมด้วย ปฏิกิริยา photodecomposition และ ปฏิกิริยาที่เกิดกับ ไนโตรเจนออกไซด์ ไนตริกแอซิด ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซัลฟิวริกแอซิด โอโซน และ ไฮดรอกซีเรดิเคิล

2.1.2 แหล่งกำเนิด

PAHs ในอากาศเกิดจากแหล่งกำเนิดหลัก 2 ประเภท คือ แหล่งกำเนิดที่เป็นกระบวนการตามธรรมชาติ และแหล่งกำเนิดที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์

2.1.2.1 แหล่งกำเนิดจากกระบวนการตามธรรมชาติ

การเกิดไฟฟ้าและภูเขาไฟระเบิด เป็นแหล่งกำเนิดหลักของ PAHs จากธรรมชาติ ในประเทศแคนาดา มี PAHs ในอากาศประมาณ 2000 ตัน/ปี ที่เกิดจากไฟฟ้า (Environment Canada, 1994 อ้างใน IPCS, 1998) และพบ Benzo[a]pyrene จากภูเขาไฟระเบิด 1.2-1.4 ตัน/ปี

2.1.2.2 แหล่งกำเนิดจากกิจกรรมของมนุษย์

1) แหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่

(1) อาคารบ้านเรือน และที่อยู่อาศัย

PAHs ในอาคารบ้านเรือนและที่อยู่อาศัย เกิดจากการให้ความร้อนภายในบ้านเรือน รวมทั้งการสูบบุหรี่ PAHs ที่เกิดจากการให้ความร้อนภายในบ้านเรือนเกิดเนื่องจาก ในฤดูหนาวมีอุณหภูมิที่ต่ำ จึงมีการให้ความร้อนภายในที่อยู่อาศัย ไม่ว่าจะด้วยไม้ ถ่านหิน และ ถ่านโค้ก ซึ่งการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของ ไม้ ถ่านหิน และ ถ่านโค้กนี้ ทำให้เกิดสาร PAHs ไม่ว่าจะมาจากเครื่องทำความร้อน และการทำอาหาร เป็นต้น ในกัลกัตตา ประเทศอินเดียประชาชนใช้ไม้และถ่านหินเป็นแหล่งพลังงานหลักในการให้ความร้อนภายในที่อยู่อาศัยซึ่งพบว่า Benzo[a]pyrene มีความเข้มข้นสูงกว่า 120 ng/m^3 และความเข้มข้นของ PAHs แต่ละชนิดมีค่าอยู่ในช่วง $1.3\text{-}200 \text{ ng/m}^3$ โดยชนิดที่มีความเข้มข้นสูงคือ benzo[e]pyrene, benzo[g,h,i]perylene และ benzo[b]fluoranthene (Chakraborti และคณะ, 1988) ใน Christchurch นิวซีแลนด์ ความเข้มข้นเฉลี่ย PAHs แต่ละชนิดที่มาจากเครื่องทำความร้อนในที่อยู่อาศัยมีค่าตั้งแต่ $1\text{-}210 \text{ ng/m}^3$ โดยชนิดที่มีความเข้มข้นสูงคือ benzo[ghi]perylene และ coronene ซึ่งมีความเข้มข้นสูงกว่า 43 ng/m^3 (Cretney และคณะ, 1985) ในเมือง Essen-Vogelheim ประเทศเยอรมัน พบ PAHs มีความเข้มข้นสูงในพื้นที่ที่อยู่อาศัยเนื่องมาจากการให้ความร้อนโดยใช้ถ่านหิน โดยพบ benz[a]anthracene, benzo[b]fluoranthene และ chrysene มีความเข้มข้นสูงกว่า 260 ng/m^3 (Grimmer, 1980 อ้างใน IPCS, 1998)

IPCS (1998) ตรวจวัดความเข้มข้น PAHs ในบรรยากาศในเยอรมันนี้ ตะวันออกและเยอรมันนี้ตะวันตก พบว่าความเข้มข้น PAHs ในพื้นที่ชนบทของเยอรมันนี้ ตะวันออกสูงกว่าเยอรมันนี้ตะวันตก 3-12 เท่า PAHs profiles ของทั้ง 2 แห่งแตกต่างกันเล็กน้อย

โดยในเยอรมันนี้ตะวันออกมี fluoranthene และ pyrene เท่ากับ 110 ng/m^3 และ 68 ng/m^3 ตามลำดับ ในเยอรมันนี้ตะวันตกมี fluoranthene และ pyrene เท่ากับ 36 ng/m^3 และ 28 ng/m^3 ตามลำดับ ความแตกต่างของทั้ง 2 แห่งเกิดจาก ชนิดของ ถ่านลิกไนท์ และ การเผาไหม้ถ่านหิน

PAHs ที่เกิดจากการสูบบุหรี่ มาจากควันที่เกิดจากบุหรี่โดยตรง (main stream) และควันรอบมวนบุหรี่ (side stream) พบว่า PAHs ที่มาจากควันรอบมวนบุหรี่มี pyrene 39-101 ไมโครกรัม/บุหรี่ 100 มวน fluoranthene 126 ไมโครกรัม/บุหรี่ 100 มวน ส่วนควันที่เกิดจากบุหรี่โดยตรง พบ pyrene มีปริมาณ 5-27 ไมโครกรัม/บุหรี่ 100 มวน fluoranthene 1-27.2 ไมโครกรัม/บุหรี่ 100 มวน (กรมควบคุมมลพิษ, 2543)

(2) อุตสาหกรรม

แหล่งกำเนิด PAHs จากกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของสารอินทรีย์ ประกอบด้วย อุตสาหกรรม โรงไฟฟ้า ที่มีกระบวนการผลิตโดยใช้ ถ่านหิน น้ำมันดิบ และก๊าซธรรมชาติ อุตสาหกรรมที่มีกระบวนการเผาไหม้ถ่านหิน และถ่านโค้ก การกลั่นปิโตรเลียม อุตสาหกรรมที่มีกระบวนการผลิตถ่านคาร์บอน ยารักษาเนื้อไม้ น้ำมันดิบ และบิทูเมน กระบวนการผลิตอะลูมิเนียม เหล็ก เหล็กกล้า ในโรงงานอุตสาหกรรมและกระบวนการหล่อแบบขึ้นรูป โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน และเตาเผาขยะ เป็นต้น

Khesina (1994) ตรวจวัด PAHs ใกล้กับโรงงานน้ำมันในเมืองมอสโควพบ ความเข้มข้น benzo[a]pyrene ในบรรยากาศสูงกว่า 13 ng/m^3 และจากการตรวจวัดบริเวณที่มีมลพิษสูงใน 39 สถานี บริเวณพื้นที่ upper Silesia Poland พบ benzo[a]pyrene 950 ng/m^3 และ perylene 270 ng/m^3

ใน Hoyeranger ประเทศ Norway ตรวจวัดความเข้มข้น PAHs บริเวณที่ใกล้กับโรงงานถลุงอะลูมิเนียม พบ Phenanthrene ในบรรยากาศที่ความเข้มข้นระดับสูง ซึ่งมาจากการปนเปื้อนในโรงงานอุตสาหกรรม (Thrane, 1987) ใน Sundsvall ประเทศ Sweden บริเวณพื้นที่ที่ใกล้กับโรงงานผลิตอะลูมิเนียมพบ phenanthrene 310 ng/m^3 naphthalene 190 ng/m^3 pyrene 120 ng/m^3 และ fluorene 84 ng/m^3 (IPCS, 1998)

ใน Ontario ประเทศแคนาดา บริเวณใกล้กับโรงงานเหล็กกล้า พบ benzo(k)fluoranthene ในบรรยากาศสูงกว่า 140 ng/m^3 perylene 110 ng/m^3 benzo(a)pyrene 90 ng/m^3 benzo(g,h,i)perylene 90 ng/m^3 และ fluoranthene 43 ng/m^3 (IPCS, 1998)

PAHs ที่เกิดจากเตาเผาขยะโดยส่วนมากเกิดจากพลาสติก พลาสติก polystyrene polyethylene และ polyvinyl chloride ในเมือง British ประเทศอังกฤษ เก็บตัวอย่างอากาศจากปลายท่อเตาเผาขยะชุมชน พบ pyrene $1.6 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ benz(a)anthracene กับ chryrene $0.72 \text{ } \mu\text{g/m}^3$

fluorene $0.58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ benzo(g,h,i)perylene $0.42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ benzo(b,j,k)fluoranthene $0.32 \mu\text{g}/\text{m}^3$
 perylene $0.18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ indeno(1,2,3-cd) และ pyrene $0.18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Davies และคณะ, 1976)

2) แหล่งกำเนิดแบบเคลื่อนที่

แหล่งกำเนิด PAHs แบบเคลื่อนที่ที่สำคัญมาจากการจราจร โดยมาจากไอเสียจากรถยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลและน้ำมันเบนซิน การตรวจวัดสาร PAHs โดยส่วนมากจะตรวจวัด PAHs ที่ดูดซับบนอนุภาคแขวนลอย เนื่องจาก PAHs ที่อยู่ในรูปก๊าซสามารถระเหยและสลายตัวได้ง่ายได้ในบรรยากาศ ทำให้การเก็บตัวอย่างลำบาก ส่วน PAHs ที่โมเลกุลสูงจะดูดซับบนอนุภาคแขวนลอย ซึ่งสามารถเข้าสู่ระบบหายใจของมนุษย์ได้ โดยเฉพาะ PAHs ในกลุ่มที่จัดเป็นสารก่อมะเร็ง PAHs ที่มาจากรถยนต์เบนซินส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุลต่ำจึงอยู่ในรูปก๊าซ ส่วนรถยนต์ประเภทดีเซลเมื่อ PAHs ที่อยู่ในน้ำมันถูกเผาไหม้ภายในเครื่องยนต์ที่อุณหภูมิสูง ออกมาภายนอกเครื่องยนต์อุณหภูมิต่ำกว่า จึงเกิดการควบแน่นอยู่บนฝุ่นละออง Miguel และคณะ (1998) ศึกษาการปลดปล่อย PAHs จากยานพาหนะที่ใช้ น้ำมันดีเซลและก๊าซโซลีนบริเวณถนน โดยทำการตรวจวัดบริเวณอ่าว San Francisco ในอูโมงค์ Caldecott ช่วงฤดูร้อนในปี 1996 โดยแบ่งการเก็บตัวอย่างออกเป็น 2 ประเภท ประเภทแรกคือ เก็บตัวอย่างที่ปล่อยจากรถบรรทุก (Heavy-duty diesel truck) และประเภทที่สองคือ เก็บตัวอย่างที่ปล่อยจากยานพาหนะขนาดเล็ก (Light-duty vehicles) จากการศึกษาพบว่าสารมลพิษจากยานพาหนะขนาดเล็กและรถบรรทุกมีค่า 30 ± 2 และ $1440 \pm 160 \text{ mg เขม่าควัน}/\text{kgน้ำมัน}$ ตามลำดับ ดังนั้นรถบรรทุกที่ใช้ น้ำมันดีเซลจึงเป็นแหล่งกำเนิดหลักในการปล่อย PAHs Lee และคณะ (1995) ศึกษาความเข้มข้น PAHs (mg/l) ในน้ำมันเชื้อเพลิง 5 ชนิด คือ Premier gasoline, 92 unleaded gasoline, 95 unleaded gasoline, two stroke gasoline และ diesel โดยนำน้ำมันมาจากปั๊มในเมือง Tainan ของไต้หวันมาวิเคราะห์ พบว่าน้ำมันเชื้อเพลิงทั้ง 5 ชนิด มี Nap, Acy, และ Ace เป็นส่วนประกอบหลัก (ประมาณ 40%) และพบว่าความเข้มข้นรวมของสาร PAHs จากเชื้อเพลิงประเภทดีเซลมีปริมาณสูงถึง $7341 \pm 1491 \text{ mg/l}$ โดยชนิด PAHs ที่พบมาก คือ Acy Ace Flu Phe Ant Fluor Pyr Chry BaA Cor และ BkF จากการศึกษา PAHs ที่ปล่อยมาจากไอเสียรถยนต์ดีเซล และเบนซิน พบว่า Ace Fluor Flu Phe Pyr Chry และ BeP มาจากรถยนต์ดีเซล ส่วน Flu Chry Ind BghiP Cyc และ Cor มาจากรถยนต์เบนซิน (e.g. Yang และคณะ, 1998; Kulkarni and Venkataraman, 2000; Ho และคณะ, 2002; Caricchia และคณะ, 1999; Omar และคณะ, 2002)

PAHs ที่ปรากฏในพื้นที่เมืองมีหลากหลายชนิด ชนิดของ PAHs ที่มีความเข้มข้นค่อนข้างสูง คือ Benzo[a]pyrene Benzo[ghi]perylene Phenanthrene Fluoranthene และ Pyrene ในลอนดอน ประเทศอังกฤษ พบความเข้มข้นรวมของ PAHs ที่ระดับ $43\text{-}640 \text{ ng}/\text{m}^3$ ซึ่ง 80% ประกอบด้วย phenanthrene fluorene และ fluoranthene และประมาณ 1% หรือน้อยกว่านั้นคือ benzo[a]pyrene และ benz[a]anthracene (Clayton และคณะ, 1992)

ใน Delft ประเทศเนเธอร์แลนด์ ในวันที่มีหมอก ความเร็วลมต่ำและบริเวณที่ใกล้กับถนนสายหลัก พบระดับความเข้มข้นของ benzo[a]pyrene มีค่ามากกว่า 140 ng/m^3 pyrene 220 ng/m^3 benzo(g,h,i)perylene 130 ng/m^3 และ coronene 21 ng/m^3 ในตอนกลางวันที่มีการจราจรติดขัดที่บริเวณเชื่อมต่อระหว่างพรมแดน เนเธอร์แลนด์ และ เยอรมันนี พบระดับความเข้มข้นของ PAHs คือ $1-54 \text{ ng/m}^3$ (IPCS, 1998)

ในปารีส ประเทศฝรั่งเศส พบระดับความเข้มข้น PAHs ที่ยอดตึกระดับความสูง 55 เมตร มีความเข้มข้นน้อยกว่าที่ระดับพื้น เนื่องจากมลพิษจากการจราจรและจากฝุ่นถนนโดยพบ benzo(g,h,i)perylene 98 ng/m^3 indeno[1,2,3-cd]pyrene 60 ng/m^3 coronene 34 ng/m^3 benzo(b)fluoranthene 28 ng/m^3 benzo[a]pyrene 13 ng/m^3 และ benzo(k)fluoranthene 13 ng/m^3 (Pisitikopoulos และคณะ, 1990)

Khesina (1994) ทำการตรวจวัดความเข้มข้น PAHs ในมอสโก ประเทศรัสเซีย พบว่า บริเวณที่มีการจราจรปกติมีความเข้มข้นเฉลี่ย 5.4 ng/m^3 และบริเวณที่เป็นแยกสัญญาณไฟจราจร หรือบริเวณที่มีการจราจรติดขัดจะมีความเข้มข้นโดยเฉลี่ย 20 ng/m^3

ถนนที่มีลักษณะเป็นอุโมงค์ ความเข้มข้นของ PAHs ที่พบโดยทั่วไปมีความเข้มข้นอยู่ระหว่าง $1-50 \text{ ng/m}^3$ ซึ่งความเข้มข้นสูงสุดที่พบอยู่ในอุโมงค์ในประเทศเยอรมันตะวันตก มีความเข้มข้นของ cyclopenta(cd)pyrene $84-96 \text{ ng/m}^3$ และความเข้มข้นของ pyrene 110 ng/m^3 (Benner และคณะ, 1989)

ความเข้มข้น PAHs บริเวณอุโมงค์เดินรถประจำทางในเมือง Stockholm ประเทศสวีเดน พบว่าความเข้มข้นสูงกว่า 4 ng/m^3 และบริเวณรถไฟฟ้าใต้ดิน มีความเข้มข้นของ flouranthene 21 ng/m^3 pyrene 11 ng/m^3 และ phenanthrene 8.1 ng/m^3 (IPCS, 1998)

พบว่าระดับความเข้มข้นของ PAHs สูงมากในอากาศบริเวณ Craeybeckx Highway Tunnel ประเทศเบลเยียม ซึ่งมีคนใช้อุโมงค์ทุกวัน เฉลี่ยวันละ 45,000 คัน โดย 60% เป็นรถส่วนบุคคลที่ใช้เชื้อเพลิงเบนซิน 20% เป็นรถที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซล และ อีก 20% ที่เหลือเป็นรถบรรทุก โดยมีเพียง 3% เท่านั้นที่ติด Three-way catalysts (De Fré และคณะ, 1994)

สำหรับประเทศไทยในเขตกรุงเทพมหานคร มีการศึกษาสาร PAHs 9 ชนิด ได้แก่ Pyr BaA BeP DBaC BkF BaP DBaH BghiP และ 3MC เก็บตัวอย่าง 4 จุด ได้แก่ พื้นที่ที่ 1 The Office of Environmental Policy and Planning (OEPP) จัดเป็นพื้นที่รวม คือ เป็นพื้นที่อาศัย ธุรกิจการค้าจราจร พื้นที่ที่ 2 The Ratburana Post Office (RATB) เป็นพื้นที่อุตสาหกรรม พื้นที่ที่ 3 The Ministry of Science Technology and Environment (MOSTE) จุดเก็บตัวอย่างบริเวณถนนพระรามหก อยู่ใต้ทางด่วน พื้นที่ที่ 4 The Environmental Research and Training Center (ERTC) จัดเป็น urban and background โดยแบ่งขนาดฝุ่นเป็น <0.43 $0.43-0.65$ $0.65-1.1$ $1.1-2.1$ $2.1-3.3$ $3.3-4.7$ $4.7-7.0$ และ $7.0-11$ ไมครอน ซึ่งเก็บตัวอย่างโดยใช้ Andersen low volume

cascade impactor และเก็บก๊าซด้วย XAD-2 adsorbent ที่อัตราการไหลของอากาศ 28.3 l/min พบปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรวม บริเวณ OEPP RATB MOSTE และ ERTC มีค่าเท่ากับ 19.5 28.8 43 และ 14.7 ตามลำดับ ชนิดหลักที่พบ PAHs คือ Pyr BaA BeP BkF BaP และ BghiP มีความเข้มข้นในฝุ่นเท่ากับ 1.30 0.5 1.02 0.4 0.67 และ 2.11 ng/m³ ตามลำดับ โดย Pyr เกือบทั้งหมดอยู่ในรูปของก๊าซ ส่วน BaA และ BeP พบในรูปก๊าซร้อยละ 25 และ 21 ตามลำดับ โดยส่วนมาก PAHs ที่อยู่ในรูปฝุ่นมีขนาดต่ำกว่า 2.1 ไมครอน เมื่อเทียบมาตรฐานของ World Health Organization (WHO) ควรมีระดับ BaP ไม่เกิน 1 ng/m³ ซึ่งจากการศึกษามีค่าไม่เกินมาตรฐาน คือ 0.67 ng/m³ (Garivait และคณะ, 1999) นอกจากนี้ Thongsanit และคณะ (2003) ยังศึกษา PAHs 20 ชนิดในบรรยากาศ โดยเก็บตัวอย่างฝุ่น PM₁₀ ด้วย high volume ต่อกับ Andersen low volume cascade impactor โดยแบ่งขนาดฝุ่นเป็น <0.95 0.95-1.5 1.5-3.3 3.0-7.2 และ >7.2 ไมครอน อัตราการไหลของอากาศ 1700 m³ / 24 ชม. เก็บตัวอย่างพื้นที่ 1 บริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยบนตึกชั้น 4 ห่างจากถนน 300 เมตร พื้นที่ที่ 2 บริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์เป็นจุดตัดจราจรแยกศาลาแดง พื้นที่ที่ 3 บริเวณดินแดง โดยพื้นที่ที่ 2 และ 3 จัดเป็นประเภท roadside พื้นที่ที่ สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม อยู่ห่างจากถนนพระรามหก 400 เมตร จัดเป็นพื้นที่ค่อนข้างใกล้กลางเมือง พื้นที่ที่ 5 โรงเรียนสิงหราช พื้นที่ที่ 6 มหาวิทยาลัยกรุงเทพ โดยพื้นที่ที่ 5 และ 6 เป็นประเภท suburban จากการศึกษา บริเวณพื้นที่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ดินแดง กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม โรงเรียนสิงหราช และมหาวิทยาลัยกรุงเทพ มีความเข้มข้นเฉลี่ยรวม PAHs เท่ากับ 63 76 61 51 67 และ 47 ตามลำดับและพบว่า ฝุ่น < 0.95 มีสาร PAHs ปรากฏอยู่ร้อยละ 97 ฝุ่นขนาด 0.95-1.5 1.5-3 3.7.2 และ >7.2 มีสาร PAHs ปรากฏอยู่ร้อยละ 1.02 0.52 0.5 และ 0.41 ตามลำดับ โดยชนิดหลักที่พบคือ BghiP มีค่าเท่ากับ 10-17 ng/m³ Ind มีค่าเท่ากับ 7-14 ng/m³ BeP มีค่าเท่ากับ 5-10 ng/m³ BbF และ Cor มีค่าเท่ากับ 3-8 ng/m³ และ BaP มีค่าเท่ากับ 3-5 ng/m³ และจากการศึกษาพบว่า มีค่า BaP ทุกพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงที่ทำให้เกิดมะเร็ง

2.1.3 ความเป็นพิษ

2.1.3.1 การเป็นสารก่อมะเร็ง (Carcinogenicity)

PAHs แบ่งเป็น 3 กลุ่มสารตามความสามารถในการก่อมะเร็ง คือ สารที่น่าจะก่อมะเร็งในคน สารที่อาจก่อมะเร็งในคน และสารที่ไม่ก่อมะเร็งในคน (International Agency for Research on Cancer [IARC], 1983) การจัดกลุ่มโดยใช้ข้อมูลที่แสดงศักยภาพของการก่อมะเร็งในมนุษย์และสัตว์ทดลอง สามารถแสดงในตาราง 2.2

น่าสังเกตว่าไม่มีสาร PAHs ใดที่ IARC จัดเป็นสารก่อมะเร็งในคน แม้ว่า PAHs หลายสารเป็นสารก่อมะเร็งในสัตว์ทดลอง และเป็นส่วนประกอบอยู่ในสารผสมที่ได้รับการยืนยันทางระบาดวิทยาแล้วว่าเป็นสาเหตุหรือมีส่วนทำให้เกิดมะเร็งในคน เช่น คาร์บอนหริ้ น้ำมันดิบ เขม่า จาก

เตาเผาถ่านหิน หรือจากท่อไอเสียรถยนต์ เนื่องจากเป็นการยากที่จะตรวจยืนยันปริมาณความเข้มข้นของสาร PAHs แต่ละชนิดที่มนุษย์ได้รับในสารผสมเหล่านี้ นอกจากนี้ยังมีสารก่อมะเร็งอื่นๆ ปะปนอยู่ในสารผสมดังกล่าวด้วย (กรมควบคุมมลพิษ, 2543)

ตารางที่ 2.2 การแบ่งชนิด PAHs ตามความสามารถในการก่อมะเร็ง

กลุ่ม 2A	สารที่น่าจะก่อมะเร็งในคน (probably carcinogen to humans) มี 3 สาร	
	benz[a]anthracene dibenz[a,h]anthracene	benzo[a]pyrene
กลุ่ม 2B	สารที่อาจก่อมะเร็งในคน (possibly carcinogen to humans) มี 11 สาร	
	benzo[b]fluoranthene benzo[k]fluoranthene dibenzo[a,h]pyrene dibenzo[a,l]pyrene dibenzo[a,h]acridine naphthalene	benzo[j]fluoranthene dibenzo[a,e]pyrene dibenzo[a,i]pyrene dibenzo[a,j]acridine indeno[1,2,3-cd]pyrene
กลุ่ม 3	สารที่ไม่ก่อมะเร็งในคน (unclassifiable as to carcinogenicity to humans) มี 23 สาร	
	anthracene benz[c]acridine benzo[a]fluorene benzo[c]fluorene benzo[c]phenanthrene chrysene cyclopenta[c,d]pyrene dibenzo[a,j]anthracene dibenzo[h,r,s,t]pentaphene fluoranthene perylene pyrene	benz[a]acridine benzo[ghi]fluoranthene benzo[b]fluorene benzo[ghi]perylene benzo[e]pyrene coronene dibenz[a,c]anthracene dibenzo[a,e]fluoranthene fluorene phenanthrene triphenylene

หมายเหตุ : คัดแปลงมาจากข้อมูลกรมควบคุมมลพิษ (2543)

2.1.3.2 การเป็นสารก่อการกลายพันธุ์ (Mutagenicity)

PAHs ที่เป็นสารก่อมะเร็งจะมีฤทธิ์เป็นสารก่อเกิดการกลายพันธุ์ด้วย PAHs บางชนิดเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะถูกเมตาโบไลต์โดยเอนไซม์ cytochrome P-450 ทำให้เกิดการเติมหมู่ไฮดรอกซี (-OH) ที่เป็นวงเบนซีนได้เป็นสารอนุพันธ์ epoxide ซึ่งเป็นสารที่ว่องไวมาก สามารถสร้างพันธะโควาเลนต์ได้ดีกับสารพวกโปรตีนและกรดนิวคลีอิก จากการศึกษาตำแหน่งบน

โครงสร้าง DNA พบว่าเบสและหมู่ฟอสเฟต เป็นตำแหน่งที่สร้างพันธะโควาเลนต์กับสารก่อมะเร็ง (ไพลิน, 2546)

2.1.3.3 ความเป็นพิษต่อระบบประสาท (Neurotoxicity)

ไม่พบรายงานความเป็นพิษต่อระบบประสาทจากการได้รับ PAHs ยกเว้น naphthalene ที่มีรายงานว่าทำให้เกิดอาการทางประสาทในเด็กทารกได้เช่น มีอาการเซื่องซึม การร้องไห้ลดลง มีคิซ่านในสมอง (kernicterus) อาการเหล่านี้เข้าใจว่าเกิดจากการขาดออกซิเจนในสมอง ซึ่งเป็นผลของภาวะโลหิตจางที่เกิดจากเม็ดเลือดแตก (hemolytic anemia) (U.S.EPA, 1999)

2.2 ปฏิกริยาในบรรยากาศ

ปริมาณและการกระจายของสาร PAHs จะขึ้นกับความคงตัวของสาร PAHs ในบรรยากาศด้วย เมื่อสาร PAHs ถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศ อนุภาคเหล่านี้จะเข้าสู่กระบวนการหลายอย่างซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

- กระบวนการทางกายภาพ โดยการตกกลับโดยมวลของอนุภาคตามแรงโน้มถ่วงของโลก หรือแบบแห้ง (dry deposition) หรือถูกชะล้างด้วยอนุภาคน้ำฝน อนุภาคน้ำ (wet deposition)
- การเคลื่อนย้าย และการเคลื่อนที่ด้วยการยกตัวของมวลอากาศ, การปั่นป่วน (turbulence) และการเคลื่อนที่เนื่องจากความแตกต่างของความร้อนในบรรยากาศ
- การย่อยสลาย (degradation) และการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ (conversion) ด้วยกระบวนการทางเคมี หรือทำปฏิกิริยากับแสง
- การแลกเปลี่ยนสถานะระหว่างก๊าซ และที่ดูดซับอนุภาคเนื่องจากการเปลี่ยนสมดุลของสถานะ

2.2.1 การย่อยสลายด้วยแสง (Photodegradation)

กระบวนการ Photodegradation เป็นกระบวนการสำคัญของการสลายตัวของ PAHs ในบรรยากาศ เป็นผลมาจากการกระตุ้นของแสง เช่น จะเกิดปฏิกิริยาได้ดีระหว่างเดือนที่ร้อน เนื่องจากมีชั่วโมงที่มีแสงสว่างมากกว่าและมีความเข้มของแสงที่มาก (Panther และคณะ, 1999) ข้อมูลการย่อยสลายด้วยแสงของ PAHs ในอากาศ ซึ่งส่วนใหญ่ถูกดูดซับอยู่บนเถ้าลอย ผงถ่าน มีความแตกต่างกันอย่างมาก ถึงแม้ว่าเป็น PAHs สารกลุ่มเดียวกันก็ตาม คือมีค่าครึ่งชีวิตน้อยกว่า 1 ชั่วโมง จนถึง 1000 ชั่วโมง Behymer และ Hites (1988) ศึกษาว่ามีปัจจัยใดมีผลต่อการย่อยสลายโดยแสงของ PAHs จากการศึกษาพบว่าค่าครึ่งชีวิตของการย่อยสลายโดยแสงของ PAHs ไม่ว่าจะโครงสร้างโมเลกุลประกอบด้วยแอมโรแมติกก็วงก็ตาม ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติเถ้าลอย เช่น องค์ประกอบที่เป็นคาร์บอน พื้นที่ผิวและสี ซึ่งมีความสำคัญมาก เถ้าลอยยังมีสีเข้มมากเท่าใด ค่า

ครึ่งชีวิตของ PAHs ก็ยิ่งมากคือสลายตัวได้ช้า เนื่องจากเถ้าลอยที่มีสีเข้มดูดกลืนแสงได้ดี ทำให้แสงเข้าทำปฏิกิริยากับ PAHs ได้น้อย ถ้าเถ้าลอยมีสีจางค่าครึ่งชีวิตของ PAHs ยิ่งน้อยสลายตัวได้เร็ว

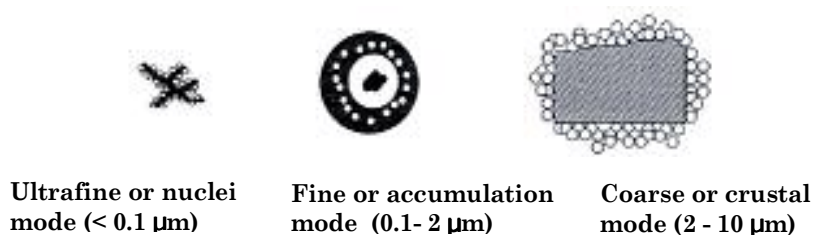
2.2.2 การกลายเป็นไอ (evaporation)

PAHs เกือบทุกชนิด ระเหยกลายเป็นไอได้น้อยมากที่อุณหภูมิห้อง benzo[ghi]perylene มีค่าความดันไอเพียง 1×10^{-10} มิลลิเมตรปรอทที่ 20 องศาเซลเซียส naphthalene มีค่าความดันไอที่ 1 มิลลิเมตรปรอทที่ 53 องศาเซลเซียส และระเหิดได้ที่อุณหภูมิห้อง ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าการกลายเป็นไอของ PAHs ที่อุณหภูมิห้องเกิดได้น้อยมากหรือไม่เกิดเลย จึงไม่เป็นวิธีสำคัญที่ PAHs เข้าสู่สิ่งแวดล้อม

2.2.3 การรวมตัวกับอนุภาคในบรรยากาศ

PAHs ในบรรยากาศโดยทั่วไปจะแตกต่างกันตามกระบวนการที่เกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็นกระบวนการควบแน่นหรือการดูดซับ ทำให้พบ PAHs ใน 2 สถานะได้แก่ สถานะก๊าซ และสถานะที่ดูดซับบนอนุภาคแขวนลอย (Particle-bound PAHs, pPAHs) จากการศึกษาพบว่าสาร PAHs จะอยู่ในสถานะก๊าซที่อุณหภูมิสูงกว่า 150 องศาเซลเซียส และจะเกาะกับจีเถ้าลอยที่อุณหภูมิต่ำกว่านั้น (Chetwittayachan, 2002) จากการศึกษาโครงสร้างแบบชั้น (shell structure) สาร PAHs จะเกาะอยู่บนอนุภาคที่มีธาตุคาร์บอน เป็นองค์ประกอบหลัก จากนั้นสาร PAHs จะถูกปกคลุมด้วยสารในกลุ่ม high volatile ชนิดอื่นอีกชั้นหนึ่งนอกจากนี้ Ventakaraman และคณะ(1999) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของสาร PAHs ที่พบในเขตเมือง โดยได้จำแนกลักษณะของอนุภาคเป็น 3 ลักษณะคือ (Chetwittayachan, 2002) ดังแสดงในภาพที่ 2.1

- 1) สาร PAHs ที่เกาะอยู่บนอนุภาคที่มีแกนเป็นธาตุคาร์บอน ซึ่งมีขนาดเล็กมาก คือ เล็กกว่า $0.1 \mu\text{m}$
- 2) สาร PAHs ที่เกาะอยู่บนอนุภาคขนาดเล็ก หรืออาจดูดซับบนอนุภาคที่มีขนาดระหว่าง $0.1-2 \mu\text{m}$ ที่ถูกห่อหุ้มด้วยสารประกอบในกลุ่ม high volatility
- 3) สาร PAHs ที่เข้าไปเกาะติดกับอนุภาคที่มีขนาดใหญ่มีขนาด $2-10 \mu\text{m}$

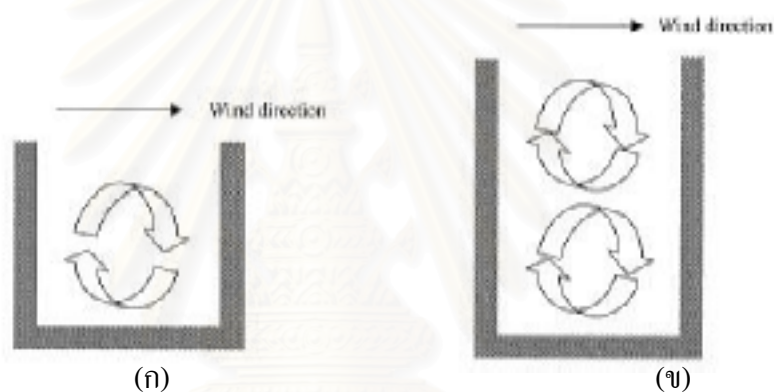


ภาพที่ 2.1 ลักษณะของอนุภาคและการดูดซับของ PAHs บนอนุภาค (Chetwittayachan, 2002)

2.3 ปัจจัยการกระจายตัวของ PAHs ในบรรยากาศ

2.3.1 ปัจจัยด้านโครงสร้างถนน

การกระจายตัวของมลพิษในบรรยากาศนั้นขึ้นอยู่กับโครงสร้างของถนน เช่น ถนนที่มีลักษณะเป็นอุโมงค์ ถนนที่มีอาคารสูงปิดทับทั้งสองฝั่ง (Street canyon) เนื่องจากถ้าโครงสร้างถนนปิดทับ จะทำให้การถ่ายเทอากาศเป็นไปได้น้อย ซึ่งจะส่งผลต่อเนื่องไปถึงการสะสมปริมาณสารมลพิษชนิดต่างๆ การศึกษาการกระจายตัวของสาร pPAHs ในบรรยากาศบริเวณถนนที่มีอาคารสูงปิดทับทั้งสองฝั่งมีอยู่อย่างจำกัด จึงยกตัวอย่างการกระจายตัวของฝุ่น PM_{10} และ $PM_{2.5}$ เนื่องจากมีลักษณะการกระจายตัวที่เหมือนกัน เพราะสาร PAHs ในบรรยากาศส่วนมากดูดซับบนอนุภาคแขวนลอยขนาดเล็ก Lee และ Park (1994) พบว่าถนนที่มี H/W สูงจะมีปริมาณมลพิษสูงกว่า H/W ต่ำ เนื่องจากตึกสูงจะทำให้การระบายของมลพิษไม่ดีเกิด double vortex (H/W ประมาณ 1.7) ส่วนตึกที่ไม่สูงมากนักจะเกิด single vortex (H/W ประมาณ 1.3) ดังภาพ 2.2



ภาพที่ 2.2 รูปแบบของการเคลื่อนที่ของสารมลพิษบริเวณถนนที่มีลักษณะ street canyon

(ก) รูปแบบการเคลื่อนที่แบบ single vortex, H/W~1.3 (ข) รูปแบบการเคลื่อนที่แบบ double vortex, H/W ~1.7 (Lee และ Park,1994)

Chan และ Kwork (2000) ศึกษาการกระจายตัวของ PM_{10} และ $PM_{2.5}$ โดยเปรียบเทียบในบริเวณที่มีโครงสร้างแตกต่างกัน 4 แบบ คือ บริเวณที่เป็น street canyon และมีค่า H/W 1.7 บริเวณที่เป็น street canyon และมีค่า H/W 1.3 ถนนเปิดโล่งที่มีอาคาร 2 ข้าง และ ถนนเปิดโล่งที่มีอาคารข้างเดียวกับทางยกระดับ พบว่า ถนนที่มีลักษณะเป็น street canyon และมีค่า H/W 1.7 มีค่า PM_{10} และ $PM_{2.5}$ เท่ากับ 121 และ $109 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ ถนนที่มีลักษณะเป็น street canyon และมีค่า H/W 1.3 มีค่า PM_{10} และ $PM_{2.5}$ เท่ากับ 166 และ $129 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ แต่เนื่องจากถนนที่มีลักษณะเป็น street canyon และมีค่า H/W 1.3 มีปริมาณการจราจรมากกว่า ถนนที่มีลักษณะเป็น street canyon และมีค่า H/W 1.7 มาก จึงทำให้ถนนที่มีลักษณะเป็น street canyon และมีค่า H/W 1.3 มีปริมาณ PM_{10} และ $PM_{2.5}$ สูงกว่า ส่วนถนนเปิดโล่งมี ถนนเปิดโล่งที่อาคาร 2 ข้างมีค่า PM_{10} และ

PM_{2.5} เท่ากับ 101 และ 71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ และ ถนนเปิดโล่งที่มีอาคารข้างเดียวมีค่า PM₁₀ และ PM_{2.5} เท่ากับ 77 และ 81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ

Xiaomin, Zhen และ Jiasong (2005) ศึกษาผลกระทบของการออกแบบถนนในเขตเมืองต่อการกระจายตัวในบรรยากาศ โดยใช้ computational fluid dynamics (CFD) และ k- ϵ turbulence model เพื่ออธิบายถึง vortex และการกระจายตัวของมลพิษใน street canyon โดยกำหนดให้ H1 คือ ความสูงของตึกในทิศเหนือลม H2 คือ ความสูงของตึกในทิศใต้ลม W คือ ความกว้างของถนน โดยแบ่งโครงสร้างถนนออกเป็น 3 รูปแบบคือ

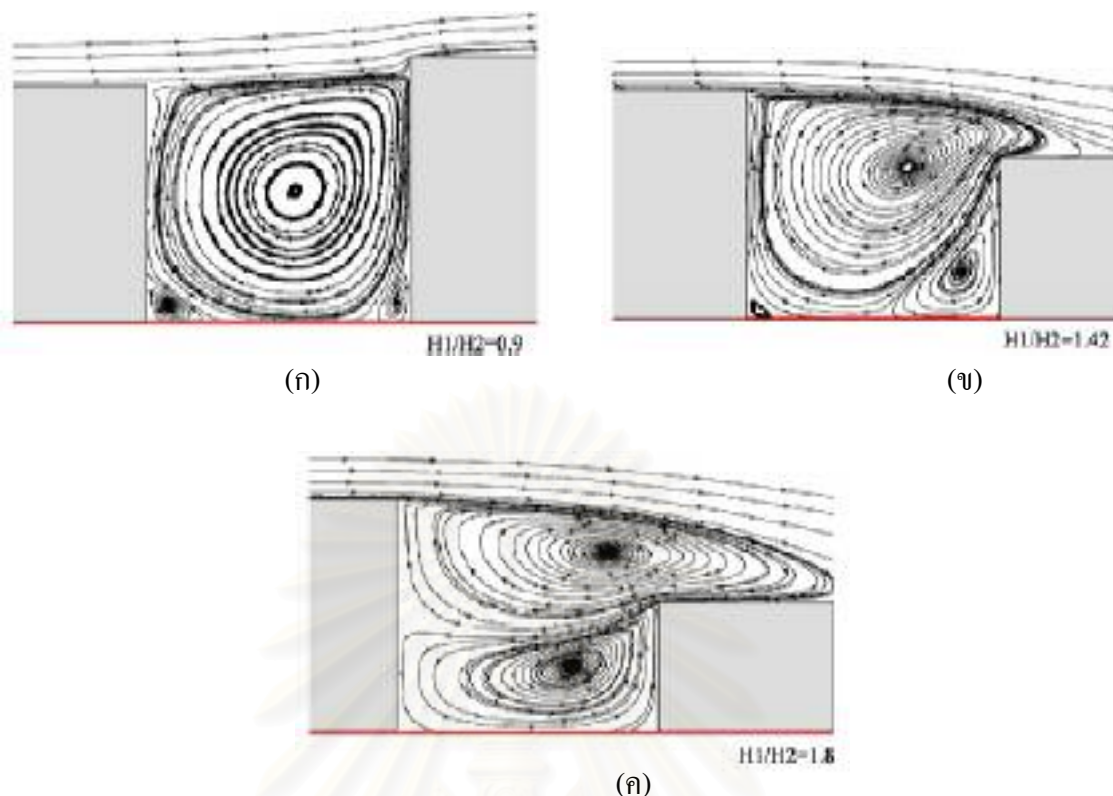
1) ความสูงของตึกในทิศเหนือลมต่อความกว้างของถนนที่อยู่ระหว่าง 0.66 ถึง 1.57 ($0.65 < H1/W < 1.57$) และใช้ค่า $H1/W = 0.9$ ในการศึกษา และเปลี่ยนแปลงค่าของ $H1/H2$ ดังนี้

(1) ถ้าความสูงของตึกในทิศเหนือลมมีความสูงน้อยกว่าตึกในทิศใต้ลม โดยค่า $H1/H2 = 0.9$ ลักษณะของ vortex ที่เกิดจะเป็นการหมุนตามเข็มนาฬิกาภายใน street canyon ความเข้มข้นมีการกระจายตัวอย่างทั่วถึง ความเข้มข้นของสารจะปรากฏในระดับสูงที่บริเวณริมตึกในทิศเหนือลม และสูงกว่าบริเวณริมตึกในทิศใต้ลม main vortex มีศูนย์กลางก่อนไปทางตึกในทิศใต้ลม (ภาพ 2.3 (ก))

(2) ถ้าความสูงของตึกเหนือลมมีความสูงมากกว่าตึกใต้ลม โดยค่า $H1/H2 = 1.42$ ลักษณะของ vortex ที่เกิดขึ้นจะประกอบไปด้วย main vortex และ secondary vortex main vortex จะวางตัวก่อนไปทางด้านบนซึ่งศูนย์กลางจะอยู่ที่ความสูงระดับเดียวกับตึกในทิศใต้ลม ส่วน secondary vortex เกิดขึ้นที่ระดับต่ำกว่า และอยู่บริเวณมุมตึกของตึกใต้ลม โดยมีทิศทางของลมสวนทางกับ main vortex ดังนั้นมลพิษอาจเคลื่อนไปอยู่ริมตึกใต้ลมและบางครั้งอาจเคลื่อนไปอยู่ริมตึกเหนือลมได้ทั้ง 2 ทิศทาง เพราะฉะนั้นพบว่าความเข้มข้นของสารมลพิษที่ริมตึกใต้ลม และบริเวณใกล้พื้นมีความเข้มข้นสูง (ภาพ 2.3 (ข))

(3) ถ้าความสูงของตึกเหนือลมมีความสูงมากกว่าตึกใต้ลม โดยค่า $H1/H2 = 1.8$ จะเกิด couple vortex ที่มีทิศทางต่างกัน นั่นคือ main vortex เกือบทั้งหมดไปอยู่บนตึกใต้ลม ส่วน secondary vortex จะมีศูนย์กลางการเคลื่อนที่กระจายจากตึกใต้ลม ไปยังตึกเหนือลม และปริมาณสารจะมีความเข้มข้นสูงบริเวณพื้นทางด้านตึกใต้ลม (ภาพ 2.3 (ค))

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 2.3 การเคลื่อนที่ของลมบริเวณถนนที่มีลักษณะเป็น street canyon ที่มี $H1/W = 0.9$
 (ก) $H1/H2 = 0.9$ (ข) $H1/H2 = 1.42$ (ค) $H1/H2 = 1.8$ (Xiaomin, Zhen และ Jiasong, 2005)

จากผลการศึกษาแสดงว่าถ้าการหมุนวนของ vortex ตรงข้ามกันจะมีผลทำให้เกิดการสะสมมลพิษบริเวณริมตึกได้ลม เมื่อ $H1/H2 > 1.46$ ($H1/W = 0.9$) แต่ถ้าเกิด main vortex เพียงอย่างเดียวใน street canyon (ดังภาพที่ 2.3 (ก)) มลพิษจะสะสมที่ริมตึกในทิศเหนือลม

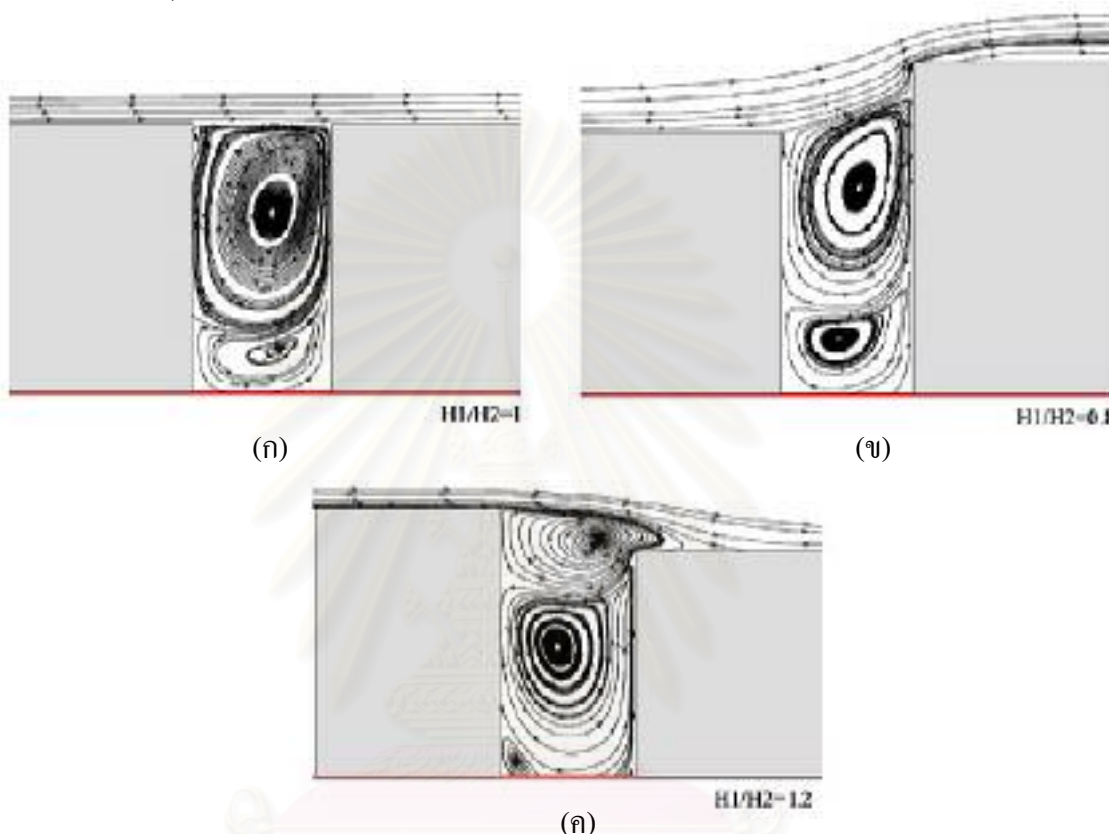
2) ความสูงของตึกในทิศเหนือลมต่อ ความกว้างของถนน ที่มีค่ามากกว่า 1.57 ($H1/W > 1.57$) และใช้ค่า $H1/W = 2$ ในการศึกษาซึ่งจะเกิด 2 vortex ใน canyon ดังภาพที่ 2.4 และใช้ค่า $H1/W = 3.5$ ถ้า $H1/W > 3.3$ จะเกิด 3 vortex ดังภาพที่ 2.4

ในกรณีที่กำหนดให้ $H1/W = 2$ จะเกิด 2 vortex ในแบบต่างๆ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า $H1/H2$ ดังนี้

(1) ถ้าความสูงของตึกในทิศเหนือลมมีความสูงเท่ากับตึกได้ลม ($H1/H2 = 1$) ลักษณะของ vortex ที่เกิดขึ้นจะเป็นแบบ two counter-rotating ซึ่งลักษณะ vortex ด้านบน เกิดการหมุนจากขวาไปซ้ายเป็นวงกลม และถูกกักไว้ ด้วยการไหลของอากาศบนตึก ส่วน vortex ด้านล่างจะไหลทิศทางสวนกัน มาจากอากาศด้านข้างตึกในทิศได้ลม และมลพิษสูงบริเวณตึกในทิศได้ลม (ภาพ 2.4 (ก))

(2) ถ้าความสูงของตึกในทิศเหนือลมมีความสูงน้อยกว่าตึกได้ลม ($H1/H2 < 1$) ซึ่งการทดลองนี้ใช้ $H1/H2 = 0.8$ ลักษณะ vortex ที่เกิดด้านบนมีศูนย์กลางก่อนไปทางริมตึกในทิศได้ลม ความเข้มข้นมลพิษสูงขึ้นเนื่องจาก vortex มีความเร็วลดลง (ภาพ 2.4 (ข))

(3) ถ้าความสูงของตึกในทิศเหนือลม มีความสูงมากกว่าตึกใต้ลม ($H1/H2 > 1$) ซึ่งการทดลองนี้ใช้ $H1/H2 = 1.2$ (ภาพ 2.4 (ค)) พบว่า vortex ด้านบนก่อนไปทางหลังคาของตึกในทิศใต้ลม และ vortex ตรงกลางมีศูนย์กลางไปทางตึกในทิศเหนือลม อัตราการไหลของอากาศบริเวณใกล้พื้นต่ำ ดังนั้นทำให้ความเข้มข้นของมลพิษสูงกว่า street canyon ทั้ง 2 ลักษณะ (ได้แก่ $H1/H2 = 1$ และ $H1/H2 < 1$) ที่กล่าวมาข้างต้น



ภาพที่ 2.4 การเคลื่อนที่ของลมบริเวณถนนที่มีลักษณะเป็น street canyon ที่มี $H1/W = 2$ และ $H1/H2 = 1$
 (ก) $H1/H2 = 0.8$ (ข) และ $H1/H2 = 1.2$ (ค) (Xiaomin, Zhen และ Jiasong, 2005)

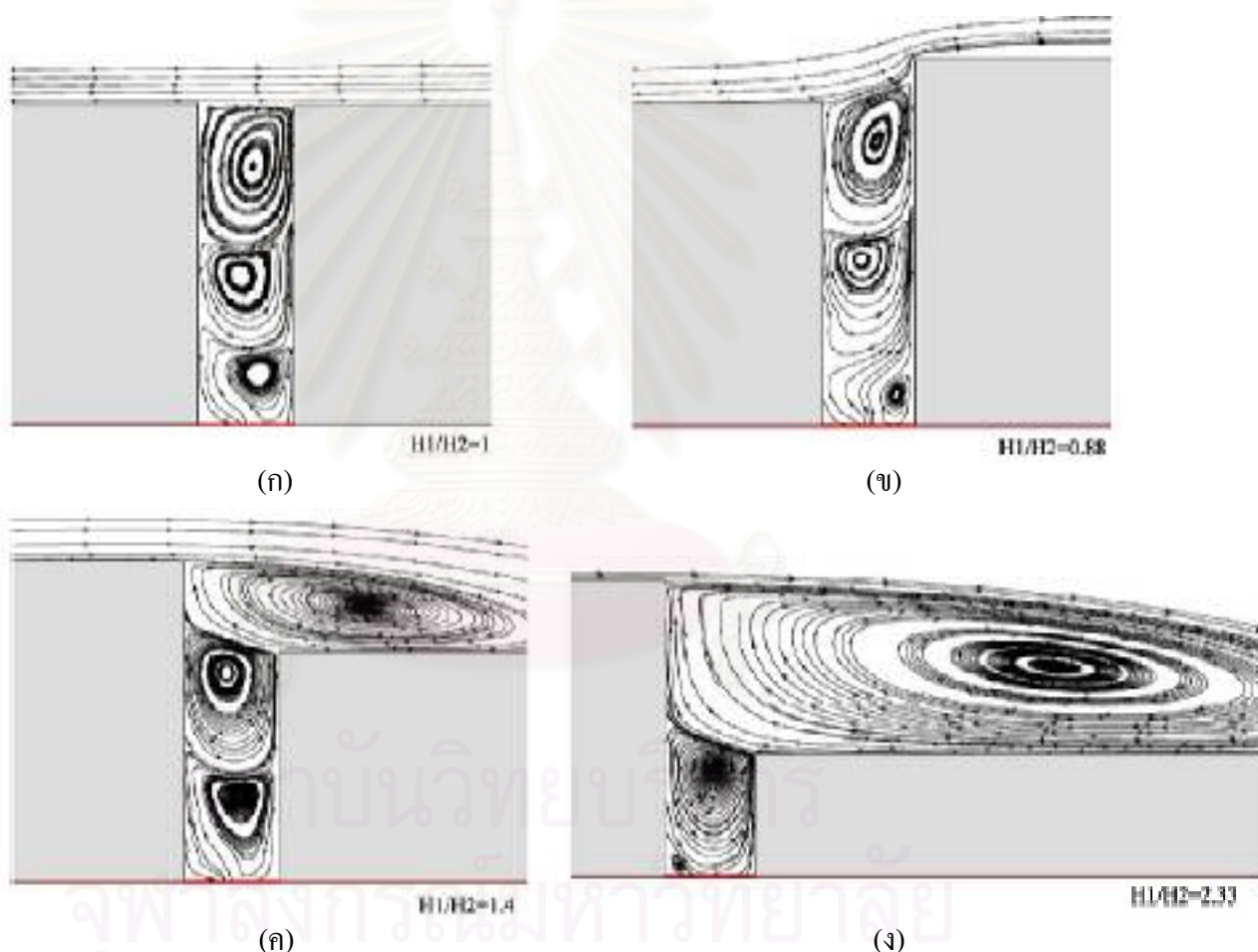
เมื่อกำหนดให้ $H1/W = 3.5$ จะเกิด 3 vortex ในแบบต่างๆ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า $H1/H2$ ดังนี้

(1) ถ้า $H1/H2 = 1$ (ภาพ 2.5 (ก)) จะมี 3 vortex ภายในโครงสร้าง street canyon โดยจะมีลักษณะการหมุนวนของลมที่แตกต่างกัน vortex ที่อยู่บนสุดจะหมุนตามเข็มนาฬิกาและใหญ่ที่สุด vortex ตรงกลางจะหมุนทวนเข็มนาฬิกา ส่วน vortex ด้านล่างสุดซึ่งเล็กมากนั้น จะหมุนตามเข็มนาฬิกา ดังนั้นการกระจายตัวของสารมลพิษอาจจะอยู่ริมตึกในทิศใต้ลม และอยู่ริมตึกในทิศเหนือลม ใน 2 ทิศทาง ความเข้มข้นมลพิษจะสะสมบริเวณใกล้พื้นและไม่สามารถเคลื่อนออกจาก street canyon ได้ ทำให้ความเข้มข้นมลพิษมีระดับสูงมาก

(2) ถ้า $H1/H2 < 1$ vortex (ภาพที่ 2.5 (ข)) vortex ที่อยู่บนสุดจะบิดเบี้ยว และศูนย์กลางเบนไปทางตึกที่อยู่ได้ลม ความเข้มข้นของมลพิษใกล้พื้นต่ำกว่า street canyon ที่มีค่า $H1/H2 = 1$

(3) ถ้า $H1/H2 > 1$ (ภาพที่ 2.5 (ค) และภาพที่ 2.5(ง)) vortex ที่อยู่บนสุดจะอยู่บนตึกที่อยู่ได้ลม และ vortex ที่สองถัดไปค่อนข้างมีศูนย์กลางไปทางตึกในทิศเหนือลมและ vortex ล่างสุดขยายใหญ่ขึ้น

จากผลการแสดงการกระจายตัวของมลพิษในถนนที่ค่อนข้างแคบคือ มี $H1/W > 1.57$ พบว่า main vortex จะอยู่ด้านบนสุด และมีอีกหนึ่งหรือสอง vortex ที่ระดับต่ำกว่า โดยถนนที่มีตึกสูง การระบายอากาศไม่ดีเกิดการสะสมภายใน street canyon ซึ่งมีผลโดยตรงกับ จักรยาน มอเตอร์ไซด์ คนเดินเท้า คนที่ทำงานบริเวณใกล้เคียง จึงมีความสำคัญกับการจัดวางแปลนของเมือง



ภาพที่ 2.5 การเคลื่อนที่ของลมบริเวณถนนที่มีลักษณะเป็น street canyon ที่มี $H1/W = 3.5$ และ $H1/H2 = 1$ (ก) $H1/H2 = 0.88$ (ข) $H1/H2 = 1.4$ (ค) และ $H1/H2 = 2.33$ (ง) (Xiaomin, Zhen และ Jiasong, 2005)

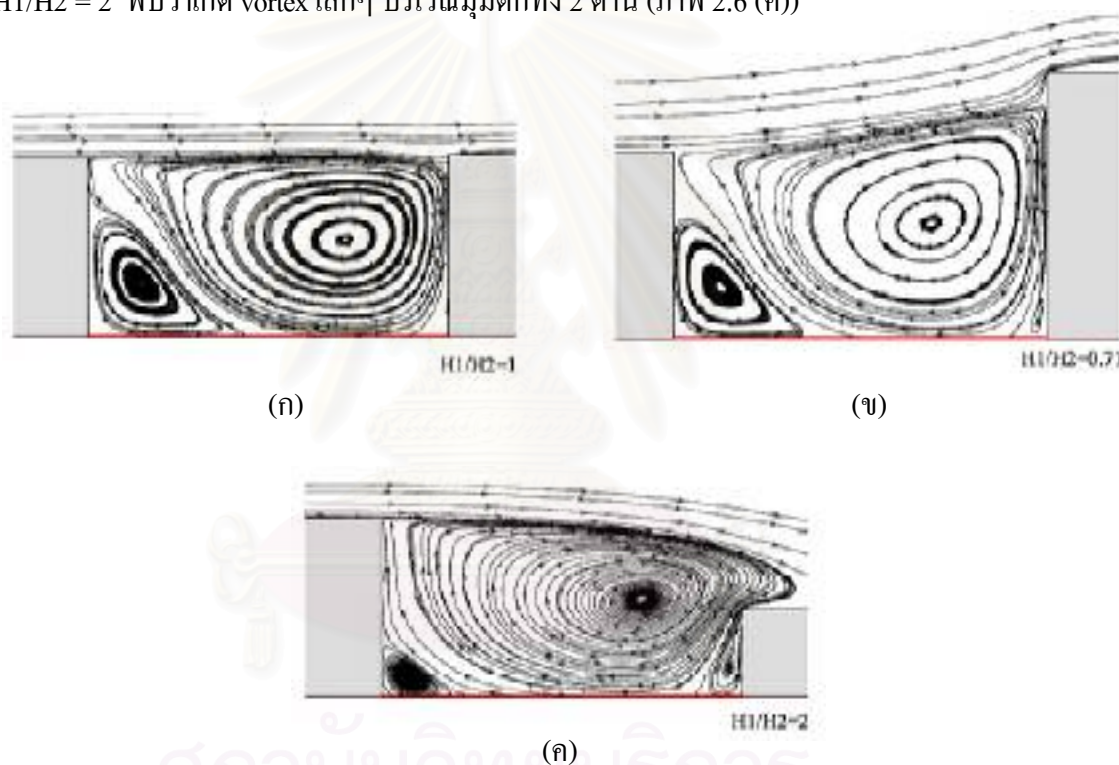
3) ความสูงของตึกในทิศเหนือลมต่อ ความกว้างของถนนมีค่าน้อยกว่า 0.66 ($H1/W < 0.66$) และใช้ค่า $H1/W = 0.5$ ในการศึกษา (ภาพที่ 2.6) และใช้ค่า $H1/W = 0.17$ (ภาพที่ 2.7)

ในกรณีที่กำหนดให้ $H1/W = 0.5$ จะเกิด vortex ในแบบต่างๆ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า $H1/H2$ ดังนี้

(1) ถ้าความสูงของตึกในทิศเหนือลมเท่ากับตึกในทิศใต้ลมหรือ $H1/H2 = 1$ พบว่า main vortex มีศูนย์กลางก่อนไปทางตึกที่อยู่ในทิศใต้ลม มลพิษไม่สามารถกระจายตัวเนื่องจาก vortex บริเวณมุมตึก (ภาพ 2.6 (ก))

(2) ถ้าความสูงของตึกในทิศเหนือลมมีความสูงน้อยกว่าความสูงในทิศตึกใต้ลม ซึ่งการทดลองนี้ใช้ $H1/H2 = 0.71$ ลักษณะ vortex ที่เกิดขึ้นด้านล่างจะอยู่มุมตึกซึ่งมีทิศทางการไหลของอากาศตรงข้ามกับ vortex ด้านบน (ภาพ 2.6 (ข))

(3) ถ้าความสูงของตึกในทิศเหนือลมมีความสูงมากกว่าความสูงตึกในทิศใต้ลม $H1/H2 = 2$ พบว่าเกิด vortex เล็กๆ บริเวณมุมตึกทั้ง 2 ด้าน (ภาพ 2.6 (ค))



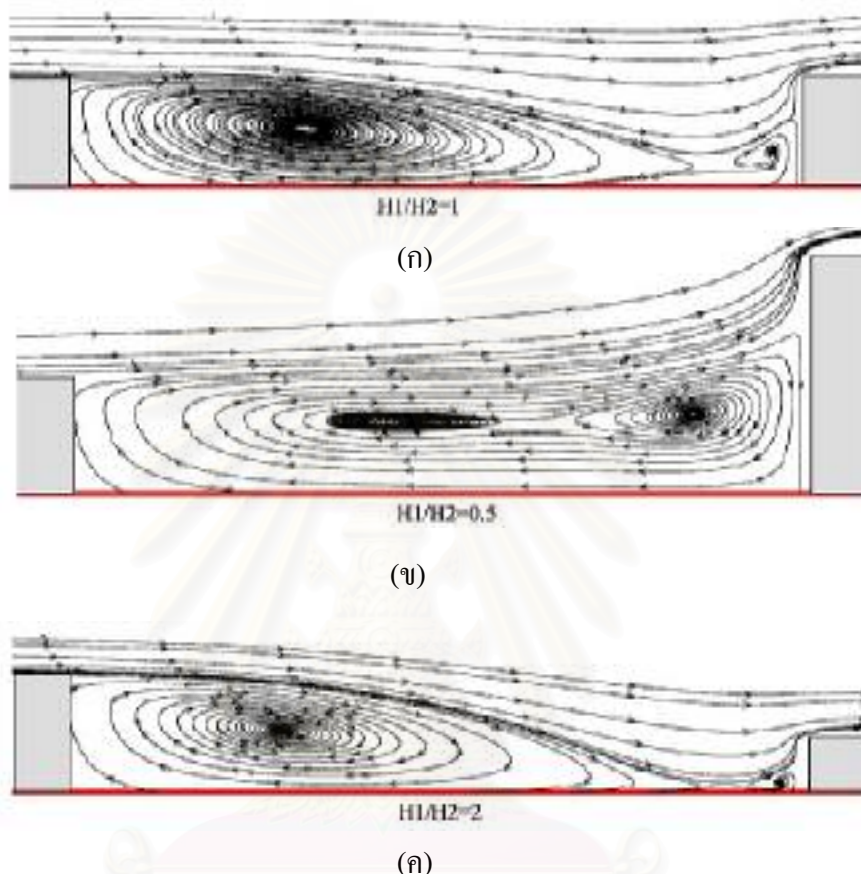
ภาพที่ 2.6 การเคลื่อนที่ของลมบริเวณถนนที่มีลักษณะเป็น street canyon ที่มี $H1/W = 0.5$ และ $H1/H2 = 1$ (ก) $H1/H2 = 0.71$ (ข) และ $H1/H2 = 2$ (ค) (Xiaomin, Zhen และ Jiasong, 2005)

ในกรณีที่กำหนดให้ $H1/W = 0.17$ (ภาพที่ 2.7) จะเกิด vortex แบบต่างๆ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า $H1/H2$ ดังนี้

(1) ถ้าความสูงของตึกในทิศเหนือลมเท่ากับตึกในทิศใต้ลม $H1/H2 = 1$ จะเกิด vortex 2 vortex เชื่อมต่อกัน และมลพิษจะพัดจากตึกในทิศเหนือลมไปยังตึกใต้ลม (ภาพ 2.7 (ก))

(2) ถ้า $H1/H2 = 0.5$ vortex ด้านขวาจะมีขนาดเพิ่มขึ้น ส่วน vortex ทางด้านซ้ายจะลดขนาดลงแต่ทั้ง 2 จะเชื่อมต่อกัน (ภาพ 2.7 (ข))

(3) ถ้า $H1/H2 = 2$ ศูนย์กลางของ vortex จะเคลื่อนไปทางด้านขวา (ภาพ 2.7 (ค))



ภาพที่ 2.7 การเคลื่อนที่ของลมบริเวณถนนที่มีลักษณะเป็น street canyon ที่มี $H1/W = 0.17$ และ $H1/H2 = 1$ (ก) $H1/H2 = 0.5$ (ข) และ $H1/H2 = 2$ (ค) (Xiaomin, Zhen และ Jiasong, 2005)

แสดงให้เห็นว่า ลักษณะของลมในพื้นที่ (wind field) และการกระจายตัวของมลพิษใน street canyon ขึ้นอยู่กับ $H1/W$ และ $H1/H2$ โดยแบ่งเป็น 3 รูปแบบ คือ two co-rotative vortices คือ $H1/W < 0.1$ ความเข้มข้นบริเวณด้านตึกที่อยู่เหนือลมสูงกว่าใต้ลม และ $H1/W > 0.1$ มลพิษจะพัดจากริมที่อยู่ตึกใต้ลม ไปยังตึกที่อยู่เหนือลม คือลักษณะของ two co-rotative vortices ที่เกิดส่งผลให้มลพิษกระจายตัวได้ง่ายจาก line source จนถึงพื้นถนน main vortex จะอยู่ภายใน street canyon และจะมีอีกหนึ่งหรือสอง vortex เล็กๆ ภายใน ซึ่งมีทิศทางการไหลตรงกันข้ามกับ main vortex ความเข้มข้นจะถูกพัดพามายังมุมตึกที่อยู่ใต้ลม โดย main vortex มาจาก line source แต่ vortex ที่ต่ำกว่ามุมตึกมีอิทธิพลต่อการกระจายตัวของมลพิษใน street canyon ถ้ามีความกว้างเพียงพอ multi-vortex จะมีความเข้มข้นสูงสุด

การศึกษาการกระจายตัวของสาร pPAHs ในประเทศไทยได้มีการศึกษาด้านโครงสร้างถนนว่ามีผลการกระจายตัวของ pPAHs โดยไพลิน (2546) ซึ่งศึกษาปริมาณ pPAHs บริเวณถนนเปิดโล่ง และถนนที่มีโครงสร้างสถานีรถไฟฟ้า BTS โดยพบว่า ถนนเปิดโล่งมี pPAHs เฉลี่ยเท่ากับ 80 ng/m^3 และถนนที่มีสถานีรถไฟฟ้า BTS มี pPAHs เท่ากับ 717 ng/m^3 โดยพบว่ามีค่าสูงกว่าถนนเปิดโล่งถึง 8.88 เท่า

นอกจากนี้ Oda และคณะ (2001) ได้ศึกษาการกระจายตัวของ PAHs 23 ชนิด ในถนนที่มีลักษณะเป็นอุโมงค์ โดยเก็บตัวอย่างฝุ่นด้วย mini pump model ที่อัตราการไหล 2.5 l/min เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และแบ่งจุดเก็บตัวอย่าง 5 ระยะ ตามความยาวของอุโมงค์ โดยห่างกันระยะละ 108.5 เมตร พบว่าบริเวณใจกลางอุโมงค์มีค่าเฉลี่ย PAHs เท่ากับ 156 ng/m^3 บริเวณทางเข้ามีค่าเท่ากับ 72 ng/m^3 และจุดเก็บถัดมามีค่าเท่ากับ 117 ng/m^3 จุดเก็บที่ 4 มีค่าเท่ากับ 154 ng/m^3 และบริเวณทางออกพบ 85 ng/m^3 พบว่าพื้นที่ที่ 4 Pyrene มีความเข้มข้นสูงสุดคือเท่ากับ 43 ng/m^3 ตามด้วย Fluoranthene 26 ng/m^3 และ Benzo(a)pyrene 11 ng/m^3

2.3.2 ปัจจัยทางด้านอุตุนิยมวิทยา

1) อุณหภูมิและฤดูกาล

โดยทั่วไปตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการกระจายตัวของ PAHs คือ อุณหภูมิ พบว่า PAHs มีปริมาณสูงเมื่ออุณหภูมิต่ำ เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูงจะทำให้ PAHs เปลี่ยนสถานะกลายเป็นก๊าซได้ดี Fang และคณะ (2003) ศึกษา pPAHs และ gas-PAHs ในไต้หวัน 2 แห่ง คือ บริเวณ Taichung Industrial Park (TIP) ซึ่งเป็นเขตอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ และบริเวณ Tunghai University Campus (THUC) เป็น suburban โดยเก็บตัวอย่างฝุ่น TSP เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และวิเคราะห์หา PAHs ในฝุ่น นอกจากนี้ยังวิเคราะห์ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาโดยใช้ Pearson correlation matrix พบว่า ความเข้มข้น PAHs มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ โดยพบว่าความสัมพันธ์ของความเข้มข้น PAHs ทั้ง 2 แห่ง กับอุณหภูมิ แปรผกผันกัน พบว่า g-PAHs มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ (correlation coefficients) $R_{\text{THU}} = -0.459$ และ $R_{\text{TIP}} = -0.604$ ส่วน total-PAHs มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ $R_{\text{THU}} = -0.481$ และ $R_{\text{TIP}} = -0.607$ และพบว่ามีความสัมพันธ์กับ p-PAHs ต่ำกว่า คือ $R_{\text{THU}} = -0.022$ และ $R_{\text{TIP}} = -0.216$

Panther และคณะ (1999) ศึกษาเปรียบเทียบ pPAHs ในบรรยากาศเขตเมือง 5 เมืองที่อยู่ในประเทศในแถบ tropical คือ เกาหลีใต้ (Seoul) ฮองกง ประเทศไทย (กรุงเทพฯ) อินโดนีเซีย (Jakarta) และ ออสเตรเลีย (Melbourne) โดยเก็บฝุ่น TSP และวิเคราะห์ PAHs 20 ชนิด พบค่าเฉลี่ยของฝุ่นที่บริเวณต่างๆ ดังนี้ Seoul $153.9 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ฮองกง $78.2 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ กรุงเทพฯ $126.8 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ Jakarta $211.1 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ และ Melbourne $50.7 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ โดยพบค่าเฉลี่ย pPAHs เท่ากับ 61.1 9.02 25.43 61.06 และ 6.43 ng/m^3 ตามลำดับ โดยผลจากการทำ Pearson's product moment correlation พบว่า PAHs มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิโดยที่ฮองกงมีค่า $R = -0.77$ ที่ Seoul มีค่า $R = -0.65$ และ ที่ Jakarta มีค่า

$R = -0.3$ และในกรุงเทพฯ พบว่าในเดือนเมษายน-สิงหาคม มีความเข้มข้น pPAHs ต่ำกว่าเดือนกันยายน-มีนาคม

Park และคณะ (2002) พบว่า PAHs มีปริมาณสูงในฤดูหนาว เนื่องจากมีใช้เชื้อเพลิงในการเผาไหม้เพื่อให้ความร้อนภายในที่อยู่อาศัย และประกอบกับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา เช่น lower mixing layer height and lower air temperature เป็นต้น

Guo และคณะ (2003) ทำการศึกษาความเข้มข้น pPAHs 16 ชนิดในฝุ่น $PM_{2.5}$ และ PM_{10} ในเมืองฮ่องกงในช่วงฤดูหนาว (พฤศจิกายน – มีนาคม) และฤดูร้อน (มิถุนายน – สิงหาคม) โดยเก็บตัวอย่างที่เป็นตัวแทนพื้นที่ที่มีจราจรหนาแน่น และพื้นที่รวม คือมีทั้งย่านธุรกิจการค้า ที่อยู่อาศัย และเขตอุตสาหกรรม พบว่าทั้งพื้นที่ที่มีจราจรหนาแน่น และพื้นที่รวม pPAHs ในช่วงฤดูหนาว มีค่าสูงกว่าในฤดูร้อนทั้งในฝุ่น $PM_{2.5}$ และ PM_{10} ฤดูหนาวพื้นที่ที่มีจราจรหนาแน่นมีค่า pPAHs ใน $PM_{2.5}$ และ PM_{10} เท่ากับ 41.75 และ 54.72 ng/m^3 ตามลำดับ ฤดูร้อนมีค่าเท่ากับ 4.87 และ 5.82 ng/m^3 ตามลำดับ ส่วนพื้นที่รวมในฤดูหนาวมีค่า pPAHs ใน $PM_{2.5}$ และ PM_{10} เท่ากับ 27.93 และ 38.63 ng/m^3 ตามลำดับ ฤดูร้อนมีค่าเท่ากับ 3.71 และ 4.67 ng/m^3 ตามลำดับ

Caricchia และคณะ (1999) ตรวจวัด PAHs 17 ชนิดในประเทศ อิตาลีโดยแบ่งพื้นที่ศึกษาเป็น 3 ประเภท โดยพื้นที่แรกอยู่กลางเมืองหลวงเป็นพื้นที่ที่อยู่อาศัยมีการจราจรหนาแน่นลักษณะเป็นถนนที่แคบ พื้นที่ที่สอง เป็นเมืองหลวงพื้นที่เปิดมีการจราจรที่น้อยกว่าพื้นที่แรก พื้นที่ที่สามเป็นเขตอุตสาหกรรม เก็บตัวอย่างละ 24 ชั่วโมงใน 3 ฤดูกาล คือ ฤดูใบไม้ร่วง ฤดูหนาว และฤดูร้อน ใช้ high-volume sampler ที่อัตราการไหลของอากาศ 1.13 m^3/min พบว่าทั้ง 3 พื้นที่มีค่า pPAHs ต่ำสุดในฤดูร้อน โดย ratio ของ pPAHs ในฤดูใบไม้ร่วง ฤดูหนาว ต่อฤดูร้อนมีค่า 1.5 และ 4.5 ตามลำดับ และมี BghiP และ Cor สูงในพื้นที่ที่มีการจราจรหนาแน่น

Possanzini และคณะ (2004) ตรวจวัด PAHs 20 ชนิดในบรรยากาศเมืองโรม ประเทศอิตาลีที่อยู่ในรูปของ PAHs ในฝุ่นและ PAHs ที่เป็นก๊าซ โดยเก็บตัวอย่าง 6 ชั่วโมง ที่อัตราการไหล 6 l/min พบว่า PAHs ที่มีวงเบนซินมากกว่า 4 วงจะปรากฏอยู่ในรูปฝุ่น ส่วน PAHs ที่มีวงแหวน 2-3 วง มากกว่าร้อยละ 90 อยู่ในรูปก๊าซ และเมื่อนำร้อยละของ PAHs ที่อยู่ในรูปก๊าซแต่ละชนิดมาเปรียบเทียบกัน 3 ฤดู (ฤดูใบไม้ร่วง ฤดูหนาว และฤดูใบไม้ผลิ) พบว่า โดยส่วนใหญ่ volatile-PAHs จะมีการกระจายตัวที่ไม่คงที่ใน ฤดูใบไม้ร่วง และฤดูใบไม้ผลิ พบว่า Pyrene อยู่ในรูปก๊าซร้อยละ 50 ในฤดูหนาว และปรากฏในรูปก๊าซร้อยละ 80 ในฤดูใบไม้ร่วง และฤดูใบไม้ผลิ แสดงให้เห็นว่าการกระจายตัวของ PAHs ในบรรยากาศขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูง PAHs จะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปก๊าซได้มากขึ้น

Smith และ Harrison (1996) ศึกษา PAHs ในบรรยากาศ 18 ชนิด โดยเก็บฝุ่น TSP และตัวอย่างก๊าซ ใน Birmingham ประเทศอังกฤษ โดยเก็บใน Birmingham University ซึ่งเป็นเขตเมือง และ Washhills house ซึ่งเป็นเขตชนบท โดยเก็บในฤดูหนาวและร้อน พบว่า pPAHs ในเขตเมืองมี

ความเข้มข้นมากกว่าชนบทประมาณ 3.8 เท่า และ total PAHs (PAHs ที่ปรากฏอยู่ในรูปฝุ่นและในรูปของก๊าซ) มีค่ามากกว่า 4.3 เท่า เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาในฤดูร้อนและหนาวพบว่า pPAHs ในเขตเมืองในฤดูหนาวมีค่าความเข้มข้นสูงกว่าฤดูร้อน 4.9 เท่า และ PAHs ที่อยู่ในรูปของก๊าซมีค่าสูงกว่า 5.5 เท่า

2) ความชื้นสัมพัทธ์

ความชื้นสัมพัทธ์ หมายถึงอัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศขณะนั้น กับมวลของไอน้ำในอากาศอิ่มตัวที่อุณหภูมิและปริมาตรเดียวกัน คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์จะไม่ทำให้ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศเปลี่ยนแปลง แต่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลง ความชื้นสัมพัทธ์จะเปลี่ยนแปลงไปด้วย ในบรรยากาศเมื่อแสงมากขึ้น ทำให้ความชื้นในบรรยากาศหรือความชื้นสัมพัทธ์มากขึ้น เนื่องจากเมื่อแสงมากขึ้นจึงทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงทำให้ความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น เมื่อความชื้นสัมพัทธ์สูงทำให้น้ำที่อนุภาค PAHs เกาะอยู่โตขึ้นเพราะมีปริมาณน้ำในบรรยากาศมาก ความชื้นสัมพัทธ์จึงเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยา photodegradation คือ เมื่อแสงมีความเข้มมากทำให้ความชื้นสัมพัทธ์สูง อัตราการสลายตัวของ PAHs ขึ้นกับน้ำในฝุ่นละออง McDow และคณะ (1990) กล่าวได้ว่าในธรรมชาติกระบวนการ water sorption โดย aerosol ในฝุ่นจะจับกับ PAHs ไม่นิดนัก PAHs ในควันจาก wood smoke และจากเขม่าดีเซลจะเกี่ยวข้องกับพวกชั้นของเหลวที่เป็นสารอินทรีย์ ที่เคลือบบนของแข็งที่เป็น elemental carbon จึงทำให้ส่วนของน้ำที่บรรจุด้วย organic layer กับ PAHs เกี่ยวข้องกับการสลายตัวด้วยแสงของ PAHs

McDow และคณะ (1994) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการสลายตัวของ PAHs กับแสง และความเข้มข้นของไอน้ำ (water vapor concentration) โดยเก็บฝุ่นบนกระดาษกรองชนิด Teflon coated glass fiber filters ที่อัตราการไหลของอากาศ 50 l/min ทำการเก็บตัวอย่าง 3 ชนิด คือ wood smoke จากปล่องเตาฝิงในบ้านเรือน diesel soot และ gasoline power พบว่ามีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงระหว่างน้ำที่ดูดซับบนฝุ่นกับความชื้นสัมพัทธ์ โดย น้ำหนักตัวอย่างเพิ่มขึ้น %ความชื้นสูงขึ้นด้วย โดยตัวอย่างจากรถยนต์เบนซินและ wood smoke มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นมากกว่าน้ำหนักจากตัวอย่างรถยนต์ดีเซล 3-5 เท่า ที่ความชื้นสัมพัทธ์เดียวกัน และพบว่าค่าประมาณของ wood smoke ที่มีน้ำอยู่ต่ำสุด 5-10% ในฝุ่นชนิดนี้ มีความชื้นสัมพัทธ์ที่ 90% จากพื้นฐานนี้ จึงทดลองการเกิดปฏิกิริยา photodegradation ของ PAHs ใน wood smoke ที่มี liquid mixtures กับ ส่วนของน้ำที่เปลี่ยนแปลงจาก 0-15 % พบว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยา photodegradation ของ benz[a]anthracene และ benzo[k]fluoranthene ใน methoxyphenol mixtures ที่มีน้ำ 10% มากกว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยา photodegradation ใน methoxyphenol mixtures ที่ไม่มีส่วนของน้ำ ผลนี้ชี้ว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยา photodegradation ของ PAHs เพิ่มขึ้นเมื่อส่วนประกอบของน้ำมากขึ้นใน particle organic layer

3) ความเร็วและทิศทางการลม

ความเร็วของลมมีผลต่อความเข้มข้นของ PAHs โดยเมื่อความเร็วลมสูงจะทำให้ PAHs เกิดการกระจายตัวได้ดี ความเข้มข้นจะลดต่ำลง แต่ถ้าความเร็วลมต่ำจะทำให้ความเข้มข้นมลพิษสูง Lu และ Fang (2002) ศึกษาการกระจายตัวของ PM_{10} และ $PM_{2.5}$ โดยใช้การประมาณทางสถิติจากความถี่ของความเร็วลม และความถี่ของความเข้มข้นของมลพิษ โดยความเข้มข้นของมลพิษ คือ C_p ความเร็วลม คือ $U_{(100-p)}$ ค่าคงที่ คือ K โดยความสัมพันธ์ของสมการคือ $K = C_p U_{(100-p)}$ ทำการเก็บตัวอย่าง 42 ตัวอย่างจากฝุ่น PM_{10} และ $PM_{2.5}$ ที่เมือง Sha-Lu ในไต้หวัน จุดเก็บตัวอย่างอยู่ใจกลางเมืองมีการจราจรหนาแน่นเก็บด้วย dichotomous ที่แยกขนาด 0-2.5 μm และ 2.5-10 μm ด้วยอัตราการดูดอากาศ 300 ลิตร/นาที พบความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและความเข้มข้นของมลพิษ $C_{10} = (56.3/U) + 13.2$ ค่า $R = 0.62$ และ $C_{2.5} = (42/U) + 7.1$ ค่า $R = 0.61$ จากสมการ $C = K/U$ ความเข้มข้นจะแปรผกผันกับความเร็วลม โดยพบว่าความเร็วลมและความเข้มข้นของฝุ่นมีการกระจายตัวแบบ log-normal Chaloulakou และคณะ (2003) ตรวจวัดความเข้มข้นของ PM_{10} และ $PM_{2.5}$ และปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ในเมือง Athens ประเทศกรีซ พบว่าฝุ่น PM_{10} $PM_{2.5}$ และ $PM_{10-2.5}$ มีความสัมพันธ์กับความเร็วลมและอุณหภูมิ โดย PM_{10} $PM_{2.5}$ และ $PM_{10-2.5}$ มีความสัมพันธ์แบบผกผันกับความเร็วลม มีค่า r (correlation coefficient) เท่ากับ -0.43 -0.54 และ -0.19 ตามลำดับ และจากการศึกษาพบว่า ฝุ่น PM_{10} และ $PM_{2.5}$ มีค่าสูงกว่า 120 $\mu g/m^3$ และ 60 $\mu g/m^3$ เนื่องจากความเร็วลมมีค่าต่ำกว่า 2 m/s

Fang และคณะ (2003) ศึกษา pPAHs และ gas-PAHs ในไต้หวัน โดยเก็บตัวอย่างฝุ่น TSP เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และวิเคราะห์หา PAHs ในฝุ่น นอกจากนี้ยังวิเคราะห์ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา โดย Pearson correlation matrix พบว่า ความเข้มข้น PAHs มีความสัมพันธ์กับความเร็วลม โดยพบว่ามีความสัมพันธ์ของความเข้มข้น PAHs กับความเร็วลมเป็นแบบแปรผกผันกัน พบว่า g-PAHs มีความสัมพันธ์กับความเร็วลม (correlation coefficients) $R = -0.202$ ส่วน total-PAHs มีความสัมพันธ์กับความเร็วลม $R = -0.227$ และ p-PAHs ความสัมพันธ์กับความเร็วลม $R = -0.388$

Chetwittayachan (2002) ศึกษาความเข้มข้นของ pPAHs และประเมินความเสี่ยงของ pPAHs ในอากาศที่มีผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ โดยมีการศึกษาความเข้มข้นของ pPAHs และปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่เกี่ยวข้อง นำมาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (multiple linear regression model) พบว่า ความเร็วลมเป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ pPAHs โดยพบว่า มีความสัมพันธ์แบบผกผัน $r = -0.44$

4) แสง

แสงอาทิตย์เกี่ยวข้องกับ PAHs เนื่องจาก PAHs สามารถเกิดปฏิกิริยา photodegradation ด้วยแสง ซึ่งเกิดจาก 2 กระบวนการคือกระบวนการ photolysis โดยตรง จากแสงที่มีความยาวคลื่น

น้อยกว่า 290 nm และกระบวนการ photolysis ทางอ้อมด้วย oxidizing agent เช่น OH, O₃ และ NO₃ ในอากาศ โดยทั่วไปแล้ว photolysis ทางอ้อม หรือ photooxidation เป็นกระบวนการที่สำคัญกว่า กระบวนการ photolysis โดยตรง และ PAHs แต่ละชนิดที่ดูดซับบนเขม่าที่เกิดปฏิกิริยากับ NO_x พบว่ามีค่าครึ่งชีวิตของการสลายตัวตั้งแต่ 3.7-30 วัน และ พบว่า การสลายตัวของ PAHs จะช้าเมื่อมี แสงแดดน้อย (IPCS, 1998)

IPCS (1998) พบว่า PAHs ในควันจากไม้ และจากเครื่องยนต์เบนซินไม่สลายตัว เนื่องจาก ในฤดูหนาว ทางเหนือสุดและใต้สุดของ latitudes มีอุณหภูมิต่ำและเกี่ยวข้องกับมุมของพระอาทิตย์ และพบว่าในฤดูร้อนถึง อุณหภูมิมีระดับเพียง 20 องศาเซลเซียส แต่พบว่าค่าครึ่งชีวิตของ PAHs แต่ละชนิด มีค่าเพียง 30-60 นาที

5) ความกดอากาศ

เนื่องจากการศึกษาที่ผ่านมายังไม่พบความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างความกดอากาศและ PAHs ดังการศึกษาของ Fang และคณะ 2003 ที่ศึกษา pPAHs และ gas-PAHs ในไต้หวัน โดยเก็บ ตัวอย่างฝุ่น TSP เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และวิเคราะห์หา PAHs ในฝุ่นพร้อมวิเคราะห์ปัจจัยทาง อุตุนิยมวิทยาโดย Pearson correlation matrix พบว่าไม่พบความสัมพันธ์ระหว่าง PAHs และ ความ กดอากาศ

2.4 ความสัมพันธ์ของ PAHs กับฝุ่นละออง

2.4.1 ความสัมพันธ์ของปริมาณ PAHs กับฝุ่นขนาดต่างๆ

Guo และคณะ (2003) ตรวจวัด PAHs 16 ชนิด ในฝุ่น PM_{2.5} และ PM₁₀ ในเมืองฮ่องกง ใน เขตพื้นที่ที่จราจรหนาแน่น และพื้นที่รวม พบว่า ratio ของ PAHs ใน PM_{2.5}/PM₁₀ ในพื้นที่จราจร หนาแน่น มีค่า ratio 0.76 -0.84 พื้นที่รวม ratio 0.72 – 0.79 แสดงว่า PAHs ในฝุ่นละอองเกาะกับ ฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน มากกว่า ฝุ่นที่มีขนาด 2.5 – 10 ไมครอน

ปาจริย์ (2545) ศึกษา pPAHs ในประเทศไทยโดยศึกษาในฝุ่นเล็กกว่า 10 ไมครอน 5 ขนาด คือ <0.95 0.95-1.5 1.5-3.0 3.0-7.2 และ >7.2 ไมครอน พบว่า PAHs 48% อยู่ในฝุ่น <0.95 μm 8% อยู่ในฝุ่น 0.95 – 1.5 μm 10% อยู่ในฝุ่น 1.5-3.0 μm 18% อยู่ในฝุ่น 3.0-7.2 μm และ 16 % อยู่ในฝุ่น >7.2 μm

Bi และคณะ (2005) ศึกษาการกระจายตัวของ PAHs ในฝุ่นละอองในเขตเมืองและชนบท ของประเทศจีน โดยแบ่งขนาดฝุ่นเป็น <0.49 0.4 -0.95 0.95-1.5 1.5-3.0 3.0-7.2 และ 7.2-10 ไมครอน ซึ่งเก็บตัวอย่างโดยใช้ cascade impactor ที่อัตราการไหลของอากาศ 1.13 m³/min พบว่า บรรยากาศในเขตเมืองมีความเข้มข้นฝุ่นละออง 129.9-362.7 μg/m³ และชนบท 175.9-201.1 μg/m³ พบว่า ในเขตเมืองบริเวณที่ใกล้กับถนน 62% ของ PAHs พบในฝุ่นขนาดเล็กกว่า 0.49 μm และ ปริมาณ pPAHs มีค่าอยู่ในช่วง 48.3-148.6 ng/m³

Schnelle และคณะ (1995) ศึกษาการกระจายตัวของ PAHs ในฝุ่นละอองในบรรยากาศภายนอกอาคาร ใน Naila ทางใต้ของเยอรมันนี้ โดยใช้ High-volume sampler ต่อกับ Andersen PM₁₀ Sampler (HVS) ที่อัตราการไหลอากาศ 1.13 m³/min ทำการวิเคราะห์ PAHs 22 ชนิด ในฝุ่นขนาดต่างๆ คือ <0.49, 0.49-0.95, 0.95-1.5, 1.5-3.0, 3.0-7.2 และ 7.2-10 ไมครอน พบว่ามากกว่าร้อยละ 50 ของ PAHs อยู่ในฝุ่นขนาดเล็กกว่า 0.49 และมากกว่าร้อยละ 85 ของ PAHs อยู่ในฝุ่นขนาดเล็กกว่า 1.5 (คือฝุ่นขนาด <0.49, 0.49-0.95 และ 0.95-1.5 รวมกัน) และพบว่า สาร PAHs ชนิด Phe Anth Fluor และ Pyr ความเข้มข้นจะสูงขึ้นเมื่อขนาดของฝุ่นใหญ่ขึ้น แต่ Chry BbF BkF และ BaP ความเข้มข้นจะลดลงเมื่อขนาดของฝุ่นละอองใหญ่ขึ้น

2.4.2 ชนิดของ PAHs ในฝุ่นละออง

ปาจริย์ (2545) ศึกษา pPAHs ในฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในประเทศไทยจังหวัดกรุงเทพมหานคร ได้แก่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ดินแดง สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม โรงเรียนสิงหราช และมหาวิทยาลัยกรุงเทพ พบว่า BeP, Ind, BghiP เป็นองค์ประกอบหลักของ PAHs ในฝุ่นซึ่งมีมากกว่าร้อยละ 97 ในฝุ่นขนาดเล็กกว่า 0.95 ไมครอนที่ปล่อยจากรถยนต์ดีเซล และพบวารถยนต์เบนซินมี B(ghi)P เป็นองค์ประกอบหลัก

Guo และคณะ (2003) ตรวจวัด pPAHs 16 ชนิด ในฝุ่น PM_{2.5} และ PM₁₀ ในเมืองฮ่องกง บริเวณพื้นที่ที่จราจรหนาแน่น และพื้นที่รวม พบว่าทั้ง 2 พื้นที่ส่วนมากพบ BbF Pyr Fluor และ Ind เป็นตัวหลักใน PM_{2.5} และ PM₁₀

Bi และคณะ (2003) ศึกษา PAHs ในฝุ่นและก๊าซ โดยเก็บตัวอย่างบริเวณ LiWan ซึ่งเป็นพื้นที่พักอาศัย การค้าขาย โรงเรียน และบริเวณจราจรที่ติดขัด เก็บตัวอย่างในเดือนเมษายน และกรกฎาคม ที่ระดับพื้น และสูงจากพื้นดิน 25 เมตร เก็บตัวอย่างด้วย High volume ที่อัตราการไหล 0.4-0.6 ลูกบาศก์เมตร/นาที ตัวอย่างละ 24 ชั่วโมง และนำฝุ่น TSP มาวิเคราะห์หา PAHs 37 ชนิด พบว่าค่า total PAHs มีค่า 134.4-298.5 ng/m³ ที่ระดับพื้นพบ phenanthrene methylphenanthrene fluoranthene pyrene chrysene indeno(1,2,3-cd)pyrene และ benzo(ghi)perylene ที่ระดับร้อยละ 69 และที่ 25 เมตรพบร้อยละ 77 และพบว่า PAHs ที่เป็น semi-volatile จะปรากฏอยู่ได้ทั้งรูปของฝุ่นและก๊าซ ซึ่งขึ้นกับน้ำหนักโมเลกุล PAHs ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะปรากฏในรูปก๊าซ ได้แก่ fluorene phenanthrene fluoranthene pyrene (3-4 ring) ในขณะที่ PAHs ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงจะอยู่ในรูปฝุ่น จาก chrysene จนถึง coronene ยกเว้น perylene (>252)

Oanh และคณะ (2000) ศึกษาเปรียบเทียบ PAHs บริเวณริมถนนกับพื้นที่ห่างจากถนน โดยศึกษาการกระจายตัวของ PAHs 18 ชนิด ในบรรยากาศบริเวณพื้นที่ ห่างจากกรุงเทพมหานครไปทางทิศเหนือ 40 กิโลเมตร ซึ่งตั้งอยู่บนถนนพหลโยธิน จังหวัดปทุมธานี พื้นที่แรกเป็นพื้นที่ริมถนน พื้นที่ที่สองเป็นพื้นที่สีเขียว เก็บฝุ่นประเภท TSP โดยใช้ High volume sampler เป็นเวลา 24

ชั่วโมง ปริมาตรอากาศเฉลี่ย 2200 m^3 พบว่าค่าฝุ่นรวมมีค่าระหว่าง $56\text{-}200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ พื้นที่แรก Ratio ของ BeP, Cor และ B(ghi)P สูง พื้นที่ที่ 2 มี Ratio ของ BaA BeP และ IP สูง ซึ่งพบว่า Cor และ BghiP จะปรากฏในรูปของฝุ่น จาก PAH-profile พบว่า PAHs ใน TSP มาจากการจราจร ซึ่งพบว่า ค่า PAHs แต่ละชนิด (Phe จนถึง BaP) มีค่าเฉลี่ย $0.3 \text{ ng}/\text{m}^3$

Hathiratana (1999) พบว่า PAHs ที่มีวงแหวน 4 วงขึ้นไป ส่วนมากจะอยู่ในรูปของฝุ่น โดย BaA อยู่ในรูปฝุ่นร้อยละ 77 BeP อยู่ในรูปฝุ่นร้อยละ 77 และ BaP DBahA B(ghi)P อยู่ในรูปฝุ่น 100 เปอร์เซ็นต์

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Chan และ Kwork (2000) ได้ศึกษาการกระจายตัวของ TSP PM_{10} และ $\text{PM}_{2.5}$ ตามแนวระดับ ความสูง ในอากาศของเขตเมือง ประเทศฮ่องกง โดยเลือกสถานที่เก็บตัวอย่าง ที่มีลักษณะ โครงสร้างและสิ่งแวดล้อมแตกต่างกัน แบ่งโครงสร้างของถนนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ถนนที่มีอาคารสูง ปิดทึบทั้งสองฝั่ง (street canyon) และถนนเปิดโล่ง (open street) ผลการศึกษาบริเวณถนนที่มีอาคาร ปิดทึบ พบว่า ความเข้มข้นของฝุ่นจะลดลงตามความสูง ซึ่งเป็นผลจากอนุภาคที่มีขนาดใหญ่จะตกลง เนื่องจากแรงโน้มถ่วงและอนุภาคที่มีขนาดเล็กจะกระจายออกไปมากกว่า การแพร่กระจายของ อนุภาควิเวณถนนที่มีอาคารปิดทึบ ขึ้นอยู่กับทิศทางลมบริเวณนั้น และโครงสร้างของถนน ส่วน ถนนเปิดโล่งความเข้มข้นในแนวระดับขึ้นอยู่กับ vertical mixing local dilution และปัจจัยภายนอก เช่น ลมทะเล เป็นต้น

ไพลิน (2546) ศึกษาเปรียบเทียบความเข้มข้นของสาร pPAHs บริเวณอาคารใกล้สถานี รถไฟฟ้าและพื้นที่เปรียบเทียบพบว่า อาคารที่ใกล้สถานีรถไฟฟ้ามีระดับความเข้มข้นสูงกว่า เนื่องมาจากลักษณะ โครงสร้างของสถานีรถไฟฟ้ามีผลต่อการกระจายตัวของสาร pPAHs ทำให้เกิดการสะสมของสารดังกล่าวมากกว่าบริเวณอื่น และพบว่ามีปริมาณของสาร pPAHs ลดลงตามระดับ ความสูง ซึ่งปริมาณสาร pPAHs ที่ตรวจพบได้รับอิทธิพลมาจากยานพาหนะ เช่น ปริมาณและความหนาแน่นของรถบรรทุกขนาดใหญ่และรถบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ และปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา เช่น ความชื้นสัมพัทธ์ temperature gradient ความเร็วและทิศทางลม และความเข้มแสง

Wu และคณะ (2002) ตรวจวัดการกระจายตัวของฝุ่นขนาด PM_{10} $\text{PM}_{2.5}$ และ PM_1 ในแนวระดับและแนวนอนใน Macao ประเทศจีน ในแนวระดับ ทำการเก็บตัวอย่าง 6 จุดตามความสูง พบว่าความเข้มข้นของฝุ่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อระดับความสูงเพิ่มขึ้น ที่ความสูง 79 เมตร ความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} $\text{PM}_{2.5}$ และ PM_1 ลดลงถึงร้อยละ 60, 62 และ 80 ตามลำดับ ในแนวนอนทำการ เก็บตัวอย่าง 6 จุด ที่ระยะ 2, 42, 72, 120, 170 และ 228 เมตรห่างจากถนน พบว่า จากระยะ 2 เมตร

จนถึงระยะ 170 เมตร ความเข้มข้นของฝุ่น PM_1 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบปริมาณ PM_1 ที่ระยะ 170 เมตรจากถนน ต่ำกว่าที่ระยะ 2 เมตร ร้อยละ 10 และหลังจากระยะ 170 เมตร ความเข้มข้นของฝุ่น PM_1 เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} ที่ระยะ 2 เมตร และ 42 เมตร ไม่พบความแตกต่างของปริมาณฝุ่นแต่มีแนวโน้มของปริมาณ PM_{10} ลดลงจากระยะ 2 เมตร ไปจนถึงระยะ 228 เมตร ซึ่งลดลงร้อยละ 7 จากที่ตรวจพบที่ระยะ 42 เมตร และความเข้มข้นของฝุ่น $PM_{2.5}$ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ จากระยะ 2 จนถึง 72 เมตร โดยที่ระยะ 72 เมตรจากถนนพบปริมาณ $PM_{2.5}$ ต่ำกว่าที่ระยะ 2 เมตรร้อยละ 9 และหลังจากระยะ 72 เมตร ไม่พบความแตกต่างของฝุ่น $PM_{2.5}$ ทั้งนี้เนื่องจากจุดเก็บตัวอย่างอยู่สูงจากพื้นเพียง 1.5 – 2 เมตร และความเร็วลมบริเวณนั้นสูง (มากกว่า 3 เมตร/นาทีก) จึงทำให้เกิดการกระจายตัวของฝุ่นละอองได้ดี

Hitchins และคณะ (2000) ตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นจากการจราจรโดยตรวจวัดฝุ่นขนาด 0.015 – 0.697 ไมครอน (ด้วยเครื่อง scanning mobility particle sizer, SMPS) และฝุ่นขนาด 0.5 – 20 ไมครอน (ด้วยเครื่อง aerodynamic particle sizer, APS) และตรวจวัด $PM_{2.5}$ (ด้วยเครื่อง DustTrak) ทำการเก็บตัวอย่าง 7 จุด ที่มีระยะห่างจากถนนต่างๆ กัน ตั้งแต่ 15 จนถึง 375 เมตร พบว่า เมื่อลมพัดโดยตรงจากถนนมายังจุดเก็บตัวอย่างความเข้มข้นของฝุ่นขนาด 0.015 – 0.697 ไมครอน ที่ระยะทางในช่วง 100 – 150 เมตรจากถนน จะลดลงครึ่งหนึ่งของความเข้มข้นสูงสุดที่ตรวจพบบริเวณที่ใกล้กับถนน (15 เมตร) เมื่อลมพัดขนานกับถนน ความเข้มข้นจะลดลงครึ่งหนึ่งที่ระยะทาง 50 – 100 เมตร และเมื่อลมพัดจากจุดตรวจวัดไปยังถนนจะไม่พบแนวโน้มการลดลงของความเข้มข้นกับระยะทาง นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อลมพัดโดยตรงจากถนนมายังจุดเก็บตัวอย่างความเข้มข้นฝุ่นขนาด 0.5 – 20 ไมครอน ที่ระยะทาง 150 เมตรจากถนน ความเข้มข้นจะลดลงร้อยละ 60 ของความเข้มข้นสูงสุดที่ตรวจพบบริเวณที่ใกล้กับถนน และเมื่อลมพัดโดยตรงจากถนนมายังจุดเก็บตัวอย่างฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่ระยะ 375 เมตร จะมีความเข้มข้นลดลงร้อยละ 75 และเมื่อลมพัดขนานกับถนน ฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่ระยะทาง 375 เมตร ความเข้มข้นจะลดลงร้อยละ 65 เมื่อเทียบกับระยะ 15 เมตร

Roorda-Knape และคณะ (1997) ศึกษาความเข้มข้นของ PM_{10} , $PM_{2.5}$, NO_2 , black smoke และ benzene ที่จุดต่างๆ ห่างจาก motorways โดยกำหนดที่ระยะ 15, 115, 165 และ 305 เมตร พบว่า ความเข้มข้นของ NO_2 และ black smoke ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อระยะทางจากถนนเพิ่มขึ้นและแนวโน้มการลดลงเป็นแบบ exponential แต่ไม่พบความแตกต่างของความเข้มข้นของ PM_{10} , $PM_{2.5}$ และ benzene เมื่อระยะทางห่างจากถนนเพิ่มขึ้น

Guo และคณะ (2003) ทำการศึกษาความเข้มข้นของสาร pPAHs 16 ชนิด ในตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) และเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) ในเมืองฮ่องกงในช่วงฤดูหนาว ระหว่างเดือนพฤศจิกายน ปี 2000 ถึงเดือนมีนาคม ปี 2001 และฤดูร้อน ในเดือนมิถุนายน ถึงเดือนสิงหาคม ปี 2001 โดยทำการเก็บตัวอย่างที่ Hung Hom ซึ่งเป็นตัวแทนพื้นที่ที่มีจราจรหนาแน่น และที่ Kwun Tony เป็นตัวแทนพื้นที่ที่มีทั้งย่านธุรกิจการค้า ที่อยู่อาศัย และอุตสาหกรรม จากผลการศึกษาสาร pPAHs ในฝุ่นขนาดต่างกัน พบว่า ส่วนมากสาร pPAHs จะเกาะกับฝุ่นขนาด $PM_{2.5}$ และพบความเข้มข้นของสาร pPAHs มีค่าสูงสุดในฤดูหนาวและมีค่าต่ำสุดในฤดูร้อน ทั้งนี้ขึ้นกับปัจจัยภายนอกเช่น การชะล้างแบบเปียก (washout effect) และการย่อยสลายโดยแสง (photodegradation) และพบว่าความเข้มข้นรวมของ pPAHs ทั้งในฝุ่นขนาด $PM_{2.5}$ และ PM_{10} ที่ Hung Hom ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการจราจรมีค่าสูงกว่าที่ Kwun Tony

Chetwittayachan และคณะ (2002) ศึกษาความเข้มข้นของ pPAHs และประเมินความเสี่ยงของ pPAHs ในอากาศที่มีผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ โดยทำการศึกษาในกรุงโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น และที่กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย ในกรุงโตเกียวทำการศึกษาในช่วง เดือนสิงหาคมและกันยายน (ฤดูร้อน) ปี 2000 และ เดือนมกราคม (ฤดูหนาว) ปี 2001 ส่วนในกรุงเทพมหานคร ทำการศึกษาใน เดือนมีนาคม (ฤดูร้อน) และเดือนสิงหาคม (ฤดูฝน) ปี 2001 จุดติดตั้งเครื่องมือของทั้ง 2 เมือง จะติดตั้งบริเวณริมถนนและบริเวณพื้นที่ทั่วไป ผลการศึกษาเมื่อนำค่าความเข้มข้นของ pPAHs ในฤดูร้อนของ 2 เมืองเปรียบเทียบกัน พบว่า บริเวณริมถนนความเข้มข้นเฉลี่ยของ pPAHs ในกรุงเทพมหานครสูงกว่าในกรุงโตเกียว ในทางตรงข้ามบริเวณพื้นที่ทั่วไปความเข้มข้นเฉลี่ยของ pPAHs ใน โตเกียวสูงกว่ากรุงเทพมหานครเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบเข้มข้น pPAHs ใน กรุงเทพมหานคร ทั้ง 2 ฤดู พบว่า ที่ความสูงระดับพื้น ความเข้มข้นเฉลี่ยของ pPAHs ไม่แตกต่างกัน แต่ที่ระดับความสูงของอาคาร 4 ชั้น ความเข้มข้นเฉลี่ยของ pPAHs ในฤดูฝนสูงกว่าฤดูร้อน นอกจากนี้ยังพบว่า รถบรรทุกขนาดใหญ่ ความเร็วลมและอุณหภูมิเป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ pPAHs

Oanh และคณะ (2000) ศึกษาเปรียบเทียบ PAHs บริเวณริมถนนกับพื้นที่ห่างจากถนน ได้ศึกษาการกระจายตัวของ PAHs ในบรรยากาศบริเวณพื้นที่ ห่างจากกรุงเทพมหานครไปทางทิศเหนือ 40 กิโลเมตร โดยตั้งอยู่บนถนนพหลโยธิน จังหวัดปทุมธานี และตรวจวัด PAHs 18 ชนิด พบว่า benzo(ghi)perylene และ coronene มีความเข้มข้นสูง และมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเมื่อจุดเก็บตัวอย่างใกล้กับถนน แสดงว่าการกระจายตัวของ PAHs มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการจราจร

Bi และคณะ (2005) ศึกษาการกระจายตัวของ PAHs ในฝุ่นละอองในเขตเมืองและชนบทของประเทศจีน โดยแบ่งขนาดฝุ่นเป็น <0.49 0.4-0.95 0.95-1.5 1.5-3.0 3.0-7.2 และ 7.2-10 ไมครอน โดยใช้ cascade impactor flow rate 1.13 l/min พบว่าบรรยากาศในเขตเมืองมีความเข้มข้นฝุ่นละออง 129.9-362.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และชนบท 175.9-201.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ พบว่า ในเขตเมืองใกล้เคียงถนน 62% ของ PAHs พบในฝุ่นขนาดเล็กกว่า 0.49 μm และ ปริมาณ pPAHs มีค่าอยู่ในช่วง 48.3-148.6 ng/m^3

Vasconcellos และคณะ (2003) ศึกษา PAHs 12 ชนิด (phenanthrene ถึง benzo(ghi)perylene) ในเขตเมือง Sao Paulo ประเทศบราซิล 3 จุดเก็บตัวอย่าง จุดเก็บตัวอย่างแรก Cidade Universitaria (CID) ห่างจากถนนสายหลัก 2 กิโลเมตรเป็นบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น ที่มียานพาหนะที่ใช้แก๊สโซฮอล์ ดีเซล และเอทานอล บริเวณ (COT) เป็นบริเวณพื้นที่ป่า และบริเวณ (AF) เป็นส่วนท้ายของป่า เป็นบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์น้อยมาก ในช่วงฤดูหนาว จำนวน 41 ตัวอย่าง โดยเก็บตัวอย่างฝุ่น TSP ขนาดเล็กกว่า 20 ไมครอน ด้วย high volume air sampler เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า สาร pPAHs บริเวณ CID มีค่าเท่า 3.10 ng/m^3 บริเวณ AF มีค่าเท่ากับ 2.73 ng/m^3 และบริเวณ COT มีค่าเท่า 1.92 ng/m^3 จากทั้ง 3 จุดเก็บตัวอย่างมีปริมาณความเข้มข้น pPAHs น้อยเนื่องจาก มีฝนตกในช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง และจากการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 จุดพบว่ามีค่าอยู่ในระดับต่ำเนื่องจากมีฝนตก และจากการตรวจวัดพบว่าเครื่องยนต์แก๊สโซฮอล์มีสาร PAHs ชนิด pyrene chrysene และ fluoranthene ส่วน pyrene chrysene และ benzo(a)anthracene มาจากเครื่องยนต์แก๊สโซฮอล์ และดีเซล

Sakai และคณะ (2002) ศึกษา pPAHs ที่ตรวจวัดโดยใช้ PAS2000CE เปรียบเทียบกับความเข้มข้นฝุ่น PM_{10} เก็บฝุ่น PM_{10} โดยใช้ DustTrack Model 8520 โดยเก็บในพื้นที่ต่างๆ กัน ในอาคารและนอกอาคาร เช่น ห้องที่ไม่มีการสูบบุหรี่ ถนนที่มีการจราจรหนาแน่น ทางเท้า ใจกลางเมือง ทางหลวง เป็นต้น พบว่าความสัมพันธ์ระหว่าง total PAHs ในฝุ่น PM_{10} และ PAS มีค่าเท่ากับ $r = -0.014$ เนื่องจากแหล่งที่ทำให้การเกิดตัวอย่างหลากหลาย และ PAHs ในฝุ่น PM_{10} มาจากแหล่งกำเนิดที่หลากหลาย เช่น ไม้ ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ และเครื่องยนต์ดีเซล และสภาพทางธรรมชาติ (เช่น ฝน และ land quality) จึงทำให้ความเข้มข้น pPAHs ในเมืองใหญ่ๆ แตกต่างกัน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 พื้นที่ทำการศึกษา

สถานที่ที่ทำการศึกษาวิจัยและตรวจวัดความเข้มข้น PAHs มี 3 บริเวณ ได้แก่ บริเวณถนนสุขุมวิท บริเวณถนนพระรามหก และบริเวณถนนพญาไท เพื่อทำการเปรียบเทียบการกระจายตัวของ pPAHs บริเวณถนนที่มีโครงสร้างของสิ่งก่อสร้างต่างๆ แตกต่างกัน โดยถนนสุขุมวิทเป็นตัวแทนของถนนที่มีสถานีรถไฟฟ้า BTS ถนนพระรามหกเป็นตัวแทนของถนนที่มีทางด่วน และถนนพญาไทเป็นตัวแทนของถนนเปิดโล่งซึ่งเป็นพื้นที่เปรียบเทียบ โดยศึกษาการกระจายตัวใน 3 ลักษณะ คือ การกระจายตัวตามแนวถนน และการกระจายตัวในแนวตั้งฉากกับถนน และศึกษาการกระจายตัวบริเวณโครงสร้างแตกต่างกัน

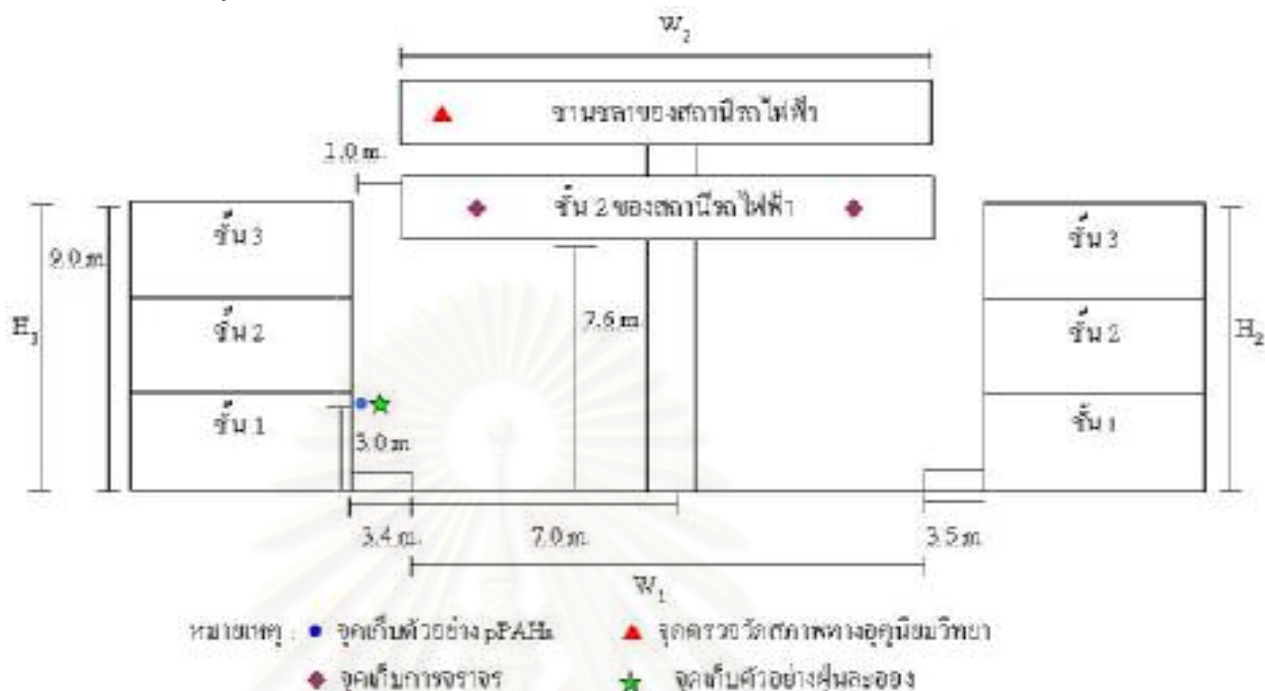
3.1.1 การศึกษาการกระจายตัวตามแนวถนน

3.1.1.1 ถนนสุขุมวิท กำหนดจุดเก็บตัวอย่างจำนวน 3 จุด ประกอบด้วยบริเวณใต้ซานชลา สถานีรถไฟฟ้าสถานีพระโขนง หน้าโรงเรียนศรีวิกรม์บริหารธุรกิจ และป้อมควบคุมสัญญาณไฟจราจรแยกเอกมัย (ดังภาพที่ 3.1) โดยทำการเก็บตัวอย่างต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 7 วัน โดยแบ่งการเก็บตัวอย่างเป็น 2 ฤดู คือ ฤดูฝน (12-18 กันยายน 2547) และ ฤดูแล้ง (5-12 เมษายน 2548) ลักษณะของแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง เป็นดังนี้



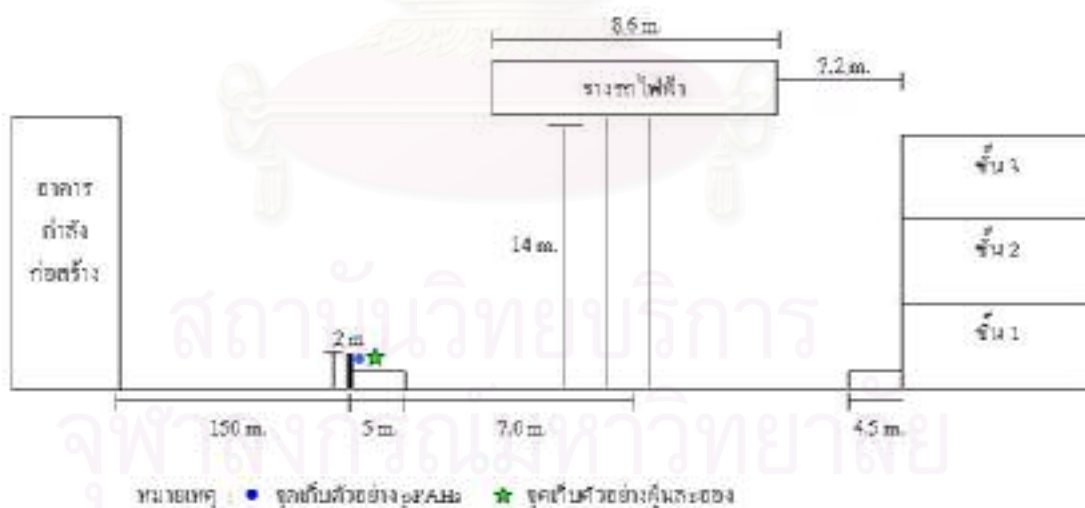
ภาพที่ 3.1 จุดเก็บตัวอย่างตามแนวถนนสุขุมวิท บริเวณสถานีรถไฟฟ้าพระโขนง รร.ศรีวิกรม์ และแยกเอกมัย

1) จุดที่ 1 เป็นบริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้า BTS สถานีพระโขนง และมีอาคารใกล้เคียง เป็นอาคารพาณิชย์สูงทั้ง 2 ฟังถนน ($H_1:H_2:W_1:W_2 = 9 : 9 : 14 : 14$) ดังภาพที่ 3.2



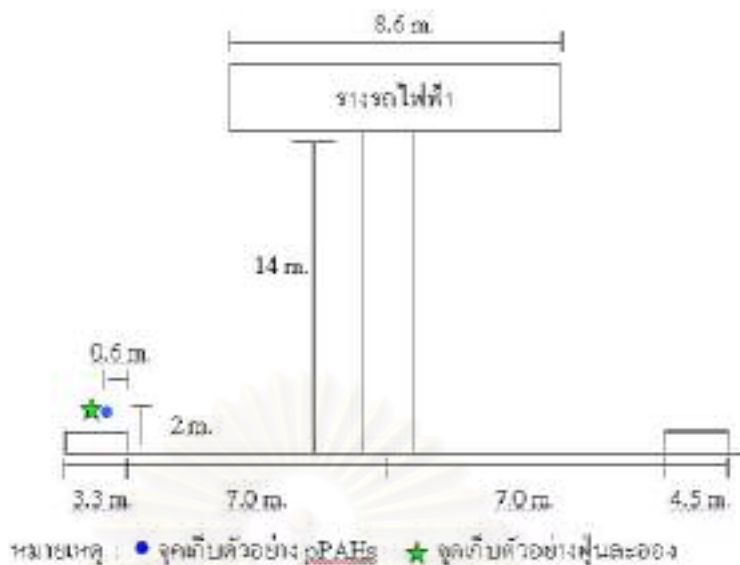
ภาพที่ 3.2 ลักษณะจุดเก็บตัวอย่างบริเวณใต้ชานชาลาสถานีรถไฟฟ้า สถานีพระโขนง

2) จุดที่ 2 บริเวณใต้รางรถไฟฟ้า BTS ไม่มีสถานีรถไฟฟ้า บริเวณหน้าโรงเรียน ศรีวิกรม์บริหารธุรกิจ มีอาคารพาณิชย์สูง 1 ฟังถนน ($H_1:H_2:W_1:W_2 = 0 : 9 : 14 : 8.6$) ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 ลักษณะจุดเก็บตัวอย่างบริเวณใต้รางรถไฟฟ้า บริเวณหน้าโรงเรียนศรีวิกรม์บริหารธุรกิจ

3) จุดที่ 3 บริเวณใต้รางรถไฟฟ้า BTS ไม่มีสถานีรถไฟฟ้า BTS และเป็นบริเวณ ป้อมควบคุมสัญญาณไฟจราจรแยกเอกมัย มีลักษณะเป็นสี่แยก และบริเวณใกล้เคียงไม่มีอาคารพาณิชย์สูง ($H_1:H_2:W_1:W_2 = 0 : 0 : 14 : 8.6$) ดังภาพที่ 3.4



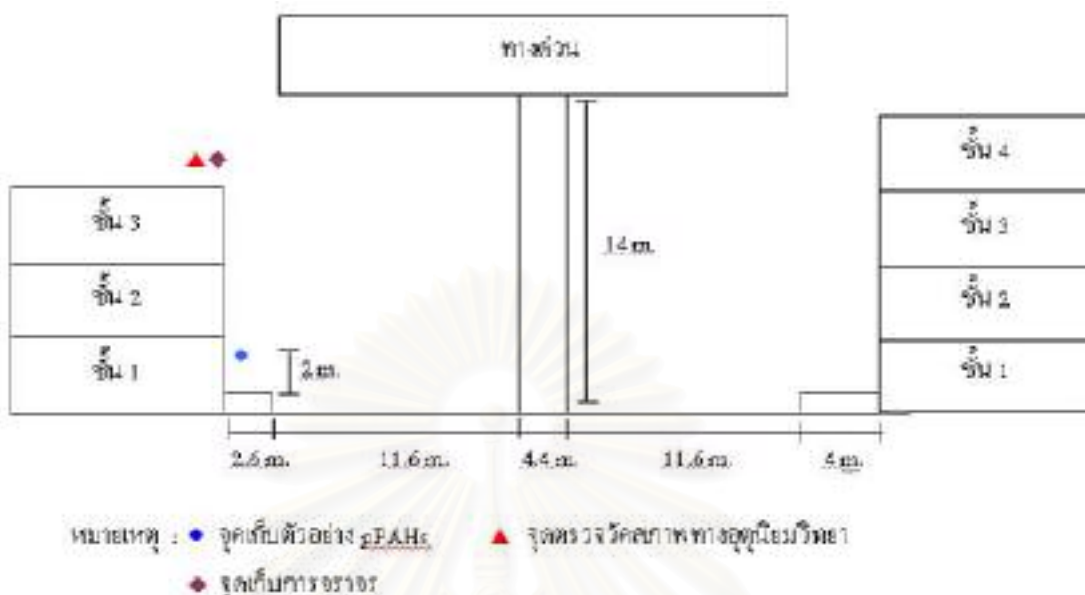
ภาพที่ 3.4 ลักษณะจุดเก็บตัวอย่างบริเวณใต้รางรถไฟ บริเวณแยกเอกมัย

3.1.1.2 ถนนพระรามหก กำหนดจุดเก็บตัวอย่างจำนวน 3 จุด ประกอบด้วยบริเวณสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม หน้าโรงเรียนสามเสนวิทยาลัย และป้อมควบคุมสัญญาณไฟจราจรสี่แยกตึกชัย โดยทำการเก็บตัวอย่างต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 7 วัน ในช่วงฤดูฝน (วันที่ 29 กันยายนถึง 6 ตุลาคม 2547) และ ฤดูแล้งฝน (18 – 25 เมษายน 2548) ลักษณะของแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง เป็นดังนี้



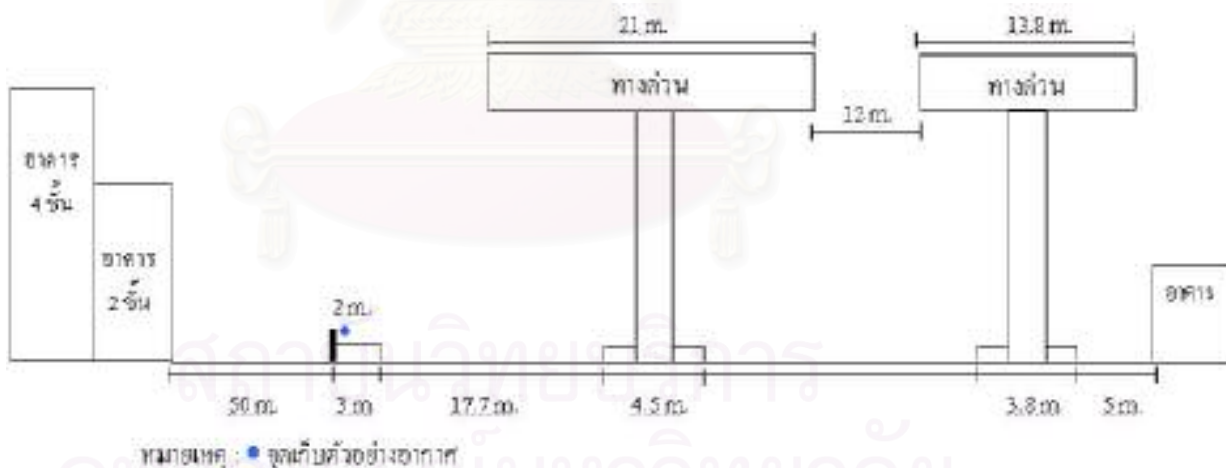
ภาพที่ 3.5 จุดเก็บตัวอย่างตามแนวถนนพระรามหก บริเวณสมอ. รร.สามเสนวิทยาลัย และแยกตึกชัย

1) จุดที่ 1 บริเวณใต้ทางด่วน มีอาคารใกล้เคียงเป็นอาคารสูงทั้ง 2 ฝั่งถนน เก็บตัวอย่างบริเวณหน้าสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม (H₁:H₂:W₁:W₂ = 9:12:27.6:27.6) ดังภาพที่ 3.6



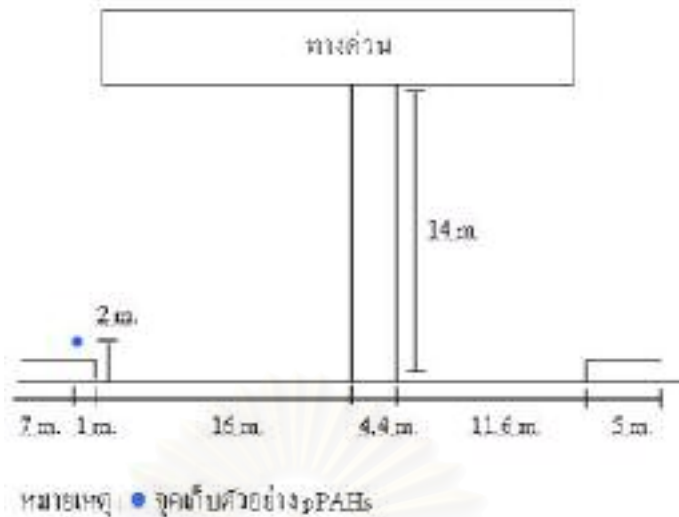
ภาพที่ 3.6 ลักษณะจุดเก็บตัวอย่างบริเวณใต้ทางด่วน บริเวณหน้าสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม

2) จุดที่ 2 บริเวณใต้ทางด่วน มีอาคาร 1 ฝั่งถนน บริเวณหน้าโรงเรียนสามเสนวิทยาลัย (H₁:H₂:W₁:W₂ = 0 : 0 : 17.7 : 8.25) ดังภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.7 ลักษณะจุดเก็บตัวอย่างบริเวณใต้ทางด่วน บริเวณหน้าโรงเรียนสามเสนวิทยาลัย

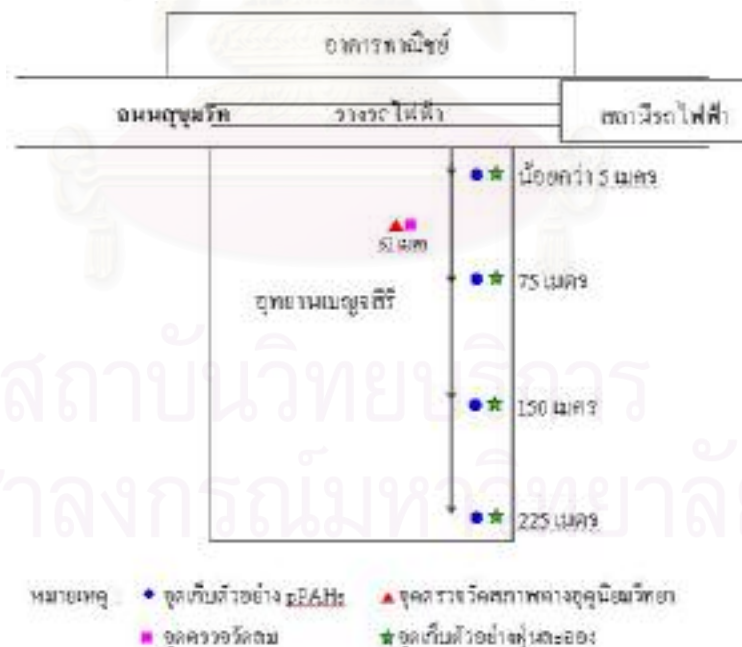
3) จุดที่ 3 บริเวณใต้ทางด่วน ไม่มีอาคารสูงอยู่บริเวณป้อมควบคุมสัญญาณไฟจราจรแยกตึกชัย ซึ่งเป็นสี่แยก (H₁:H₂:W₁:W₂ = 0 : 0 : 32 : 32) ดังภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 ลักษณะจุดเก็บตัวอย่างบริเวณใต้ทางด่วน บริเวณสี่แยกตึกชัย

3.1.2 การศึกษาการกระจายตัวตามแนวตั้งจากกับถนน

3.1.2.1 ถนนสุขุมวิท บริเวณอุทยานเบญจสิริ เก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ กำหนดจุดเก็บตัวอย่างจำนวน 4 จุด ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร โดยเก็บใน 2 ฤดู คือ ในฤดูฝน (วันที่ 20-27 กันยายน 2547) และฤดูแล้งฝน (18 – 25 มีนาคม 2548) ลักษณะจุดเก็บตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 ลักษณะจุดเก็บตัวอย่างบริเวณบริเวณอุทยานเบญจสิริ

3.1.2.2 ถนนพระรามหกบริเวณ รร.สามเสนวิทยาลัย เก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ กำหนดจุดเก็บตัวอย่างจำนวน 4 จุด ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร เก็บ

ตัวอย่างใน 2 จุด คือในฤดูฝน (วันที่ 12-18 ตุลาคม 2547) และฤดูแล้งฝน (3 – 10 พฤษภาคม 2548) ลักษณะจุดเก็บตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 ลักษณะจุดเก็บตัวอย่างบริเวณ รร.สามเสนวิทยาลัย

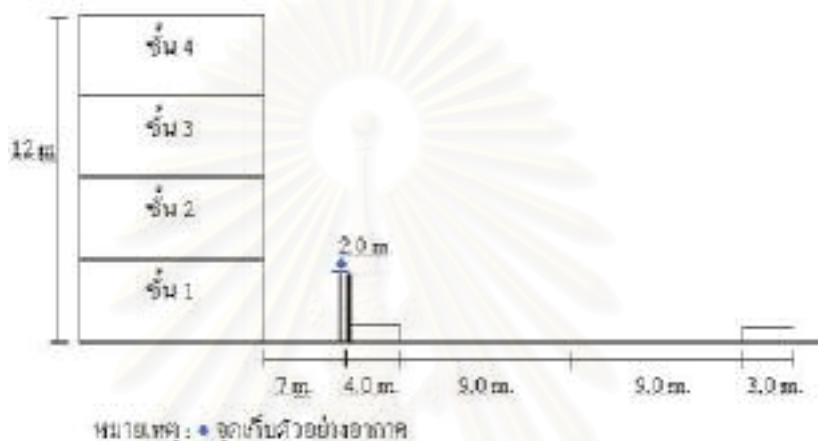
3.1.2.3 ถนนพญาไท จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยบริเวณคณะวิทยาศาสตร์ เก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์กำหนดจุดเก็บตัวอย่างจำนวน 4 จุด ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร เก็บตัวอย่างในฤดูฝน (วันที่ 30 ตุลาคม ถึง 6 พฤศจิกายน 2547) และฤดูแล้งฝน (27 มีนาคม – 3 เมษายน 2548) ลักษณะจุดเก็บตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 3.11



ภาพที่ 3.11 ลักษณะจุดเก็บตัวอย่างบริเวณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.3 การศึกษาการกระจายตัวบริเวณที่มีโครงสร้างถนนแตกต่างกัน 3 จุด

การเก็บข้อมูลเปรียบเทียบการกระจายตัวของสารบริเวณที่มีโครงสร้างของถนนแตกต่างกัน 3 จุด โดยเก็บตัวอย่างในช่วงเวลาเดียวกัน เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ เก็บตัวอย่างในฤดูฝน (วันที่ 22-29 พฤศจิกายน 2547) และฤดูแล้งฝน (วันที่ 25 เมษายน-1 พฤษภาคม 2548) พื้นที่เก็บตัวอย่างได้กำหนดไว้ 3 จุด คือ ถนนสุขุมวิทบริเวณใต้ฐานชลาสถานิรทไฟฟ้าสถานีพระโขนง (ภาพที่ 3.1) ถนนพระรามหก บริเวณสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม (ภาพที่ 3.4) และถนนพญาไทบริเวณคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ภาพที่ 3.12)



ภาพที่ 3.12 ลักษณะจุดเก็บตัวอย่างบริเวณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.2.1 เครื่องมือวัดความเข้มข้น pPAHs

เครื่องมือที่ใช้สำหรับวัด pPAHs คือ Photoelectric aerosol sensor (PAS2000CE) (ภาพที่ 3.13) เป็นเครื่องมือที่ตรวจหาความเข้มข้นของสาร PAHs ที่ดูดซับบนอนุภาคแขวนลอย (Particle – bound PAHs, pPAHs) ที่สามารถตรวจวัดความเข้มข้น ณ เวลาจริง เหมาะสำหรับการตรวจวัดความเข้มข้นของ PAHs ที่มีวงแโรแมติกตั้งแต่ 3 วงขึ้นไป และตรวจวัด PAHs ที่ดูดซับบนอนุภาคขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 μm เครื่องจะทำงานโดยหลักการแตกตัวของอิเล็กตรอนของสารบนอนุภาคโดยพลังงานแสง หลักการทำงานของเครื่องสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

- Eximer lamp ใช้เป็นแหล่งกำเนิดรังสียูวีที่มีความเข้มสูง หลอดถูกบรรจุอยู่ในช่องว่างระหว่าง concentrate wall ที่เคลือบด้วย krypton และ โบรมีน พลังงานแสงที่ 6.0 eV ความยาวคลื่น 207 nm. ของ uv-eximer lamp ในเครื่อง ส่งผลให้อนุภาคที่ดูดซับสาร PAHs ปล่อย photoelectron ออกมา สารประกอบ PAHs ที่สามารถถูกไอออนไนซ์ได้ โดย lamp นั้นได้แสดงในภาพที่ 3.14

- สาร PAHs ที่ถูกดูดซับบนอนุภาคจะปล่อยอิเล็กตรอนออกมา อนุภาคที่ถูกดูดซับ PAHs จะเกิดประจุบวก และจะไหลผ่านเข้าไปในส่วนประกอบของชั้นกรอง (filter component) ส่วนอิเล็กตรอนจะถูกกำจัดออกภายในหลอดที่มีความต่างศักย์

- ประจุบวกของอนุภาคจะรวมอยู่บน filter element ที่อยู่ภายในเครื่องมือวัดประจุไฟฟ้า (electrometer) ซึ่งติดอยู่กับตัววัดกระแสไฟฟ้า (faraday cage) สัญญาณที่เกิดขึ้นจากกระแสไฟฟ้านี้ได้ถูกเทียบ (calibrate) กับความเข้มข้นทั้งหมดของสาร PAHs แล้วดังนั้นจึงแปรผลออกมาในรูปของความเข้มข้นทั้งหมดของสาร PAHs โดยส่วนประกอบภายในเครื่อง PAS2000CE แสดงดังภาพที่ 3.15

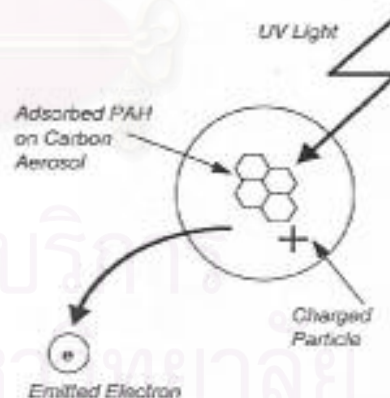
- เครื่องจะป้อนอากาศ ที่อัตราการไหล 1 ลิตร/นาที่โดยประมาณ

กรณีที่อนุภาคที่มีขนาดเท่ากัน แต่ไม่มีสาร PAHs เช่น พวกฝุ่น อนุภาคเกลือ เครื่องจะไม่สามารถวัดค่าประจุได้ เนื่องจากการทดสอบ photoemission ของอนุภาคที่เกิดจากการเผาไหม้ อนุภาคที่ไม่มีการห่อหุ้มด้วยสาร PAHs จะไม่เกิด photoemit ที่ระดับพลังงานโปรตอน 4.9 eV นอกจากนี้ aerosol photoemission (APE) ก็ไม่สามารถตรวจวัดได้ในอนุภาคที่ปกคลุมด้วย aliphatic

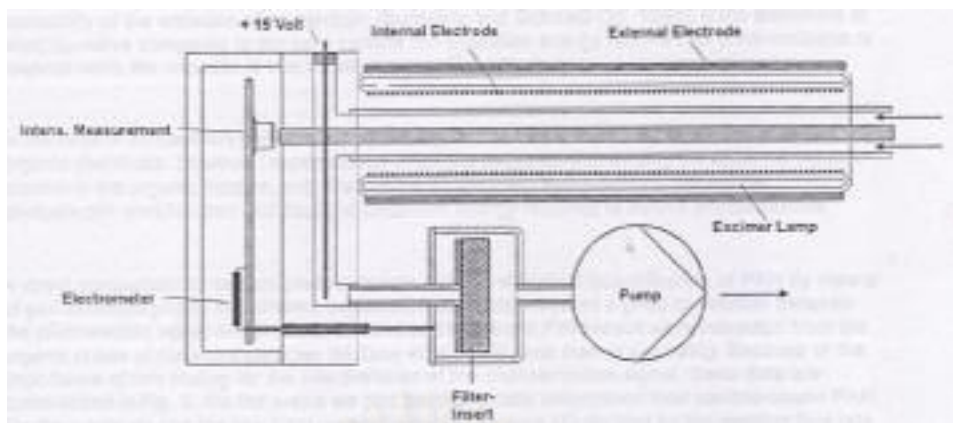
ค่าที่แสดงออกมาจะเป็นค่าเฉลี่ยของการวัด 6 ครั้งสุดท้าย การวัดสามารถเลือกช่วงเวลาต่าง ๆ ของการรายงานผลได้ คือ 10 20 30 60 และ 120 วินาที ซึ่งในการศึกษานี้เลือกการแสดงผลการวัดที่ทุกๆ 120 วินาที ค่าที่วัดได้จะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำที่อยู่ในเครื่อง (internal memory) และผลที่เก็บไว้จะถูกป้อนเข้าไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ ข้อมูลที่ปรากฏในเครื่องจะรายงานเป็นความเข้มข้นทั้งหมดของ PAHs ในหน่วย นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ng/m^3) (EcoChem Analytics, 1999)



ภาพที่ 3.13 เครื่อง PAS2000CE



ภาพที่ 3.14 PAHs ที่สามารถถูกไอออนไนซ์



ภาพที่ 3.15 ส่วนประกอบภายในเครื่อง PAS2000CE (EcoChem Analytics, 1999)

3.2.2 เครื่องมือที่ใช้เก็บตัวอย่างฝุ่น และการวัดปริมาณฝุ่น

1) หัวคัดแยกฝุ่น Cascade impactor ซึ่งมีความสามารถในการเก็บตัวอย่าง และคัดแยกขนาดของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) และฝุ่นที่มีขนาด 2.5 - 10 ไมครอน ($PM_{10-2.5}$) ส่วนประกอบภายในแสดงดังภาพที่ 3.16 และหัวคัดแยกฝุ่น แสดงดังภาพที่ 3.17 ซึ่งใช้ต่อกับเครื่องสูดอากาศชนิดติดตัวบุคคล Personal air samplers (Gillien) (แสดงดังภาพที่ 3.18) กำหนดอัตราการไหลของเครื่องสูดอากาศที่ 1.7 ลิตร/นาที โดยใช้ เครื่องปรับอัตราการไหลอากาศ (Calibrator) (ภาพที่ 3.19) โดยเครื่องปรับอัตราการไหลที่ใช้คือ Gillian Filibrator-2 Calibration system ของบริษัท Sensidyne ซึ่งที่อัตราการไหลของอากาศนี้จะมีการคัดแยกฝุ่นขนาดต่างๆสู่กระดวยกรองที่บรรจุไว้ภายในหัวคัดแยกฝุ่น

2) กระดวยกรองที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ PTFE (Polytetrafluoroethylene) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 mm poresize 3 μm และ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 mm poresize 0.5 μm

3) เครื่องชั่งน้ำหนักแบบตัวเลขที่มีทศนิยม 6 ตำแหน่ง METLER UMT5 with 0.1 μg sensitivity ดังภาพที่ 3.120 ที่กลุ่มห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อมด้านอากาศ ฝ่ายคุณภาพสิ่งแวดล้อมและห้องปฏิบัติการ กรมควบคุมมลพิษ ซึ่งผ่านการสอบเทียบกับคัมน้ำหนักมาตรฐานแล้ว

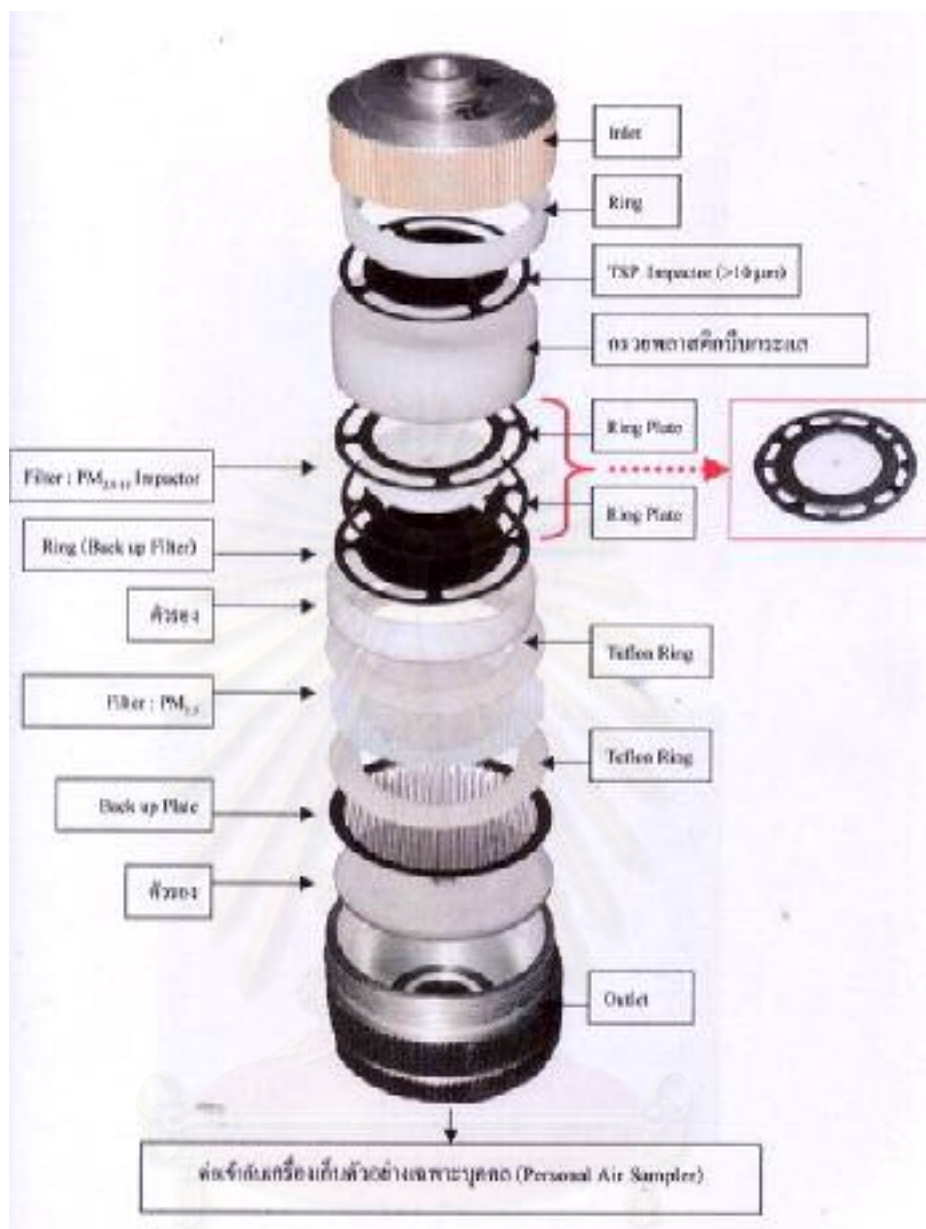
4) ห้องควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ (Controlled room) ใช้สำหรับควบคุมความชื้นและอุณหภูมิของกระดวยกรองก่อนและหลังเก็บตัวอย่าง มีอุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้น (Thermo-hygrometer) ที่เห็นชัดเจน โดยอุณหภูมิไม่เกิน $23 \pm 2^{\circ}c$ และความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน $40 \pm 5\% RH$ (EPA requirement: mean RH = 30-40 $\pm 5\% RH$ and Temp = 20-23 $\pm 2^{\circ}c$)

5) เครื่องดูดความชื้นภายในห้อง (Dehumidifier) ใช้สำหรับดูดความชื้นภายในห้องซึ่งกระดวยกรองเพื่อรักษาและควบคุมความชื้นภายในห้อง

6) ตลับพลาสติกใช้สำหรับใส่กระดวยกรอง

7) คีมคีบปากแบน (Forceps) ชนิดเคลือบด้วย Teflon ใช้สำหรับคีบกระดวยกรอง

8) ถุงมือชนิด Antistatic gloves ใช้สวมเมื่อคีบกระดวยกรอง



ภาพที่ 3.16 การประกอบชิ้นส่วนภายใน Cascade Impactor (ศิริเพ็ญ และลดาพร, 2546)



ภาพที่ 3.17 Cascade impactor



ภาพที่ 3.18 Personal air samplers



ภาพที่ 3.19 เครื่องปรับอัตราการไหล



ภาพที่ 3.20 เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 6 ตำแหน่ง

3.2.3 เครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณสาร PAHs ในฝุ่น

เครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณสาร PAHs ในฝุ่น สำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ เครื่อง Gas Chromatography ต่อกับ Mass Spectrometer (GC/MS) โดยการวิจัยนี้ใช้ Gas Chromatography รุ่น 6890 ของ Hewlett – Packard ต่อกับ Mass Spectrometer รุ่น HP 5973 และต่อกับชุดใส่ตัวอย่างแบบอัตโนมัติ (auto sampler) รุ่น HP 6890 แสดงดังภาพที่ 3.21 และติดตั้ง capillary column DB-5MS ที่มีความยาว 60 m ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.32mm และความหนาของฟิล์มของเหลว (film thickness) 1 μ m โดย column มีขีดจำกัดของอุณหภูมิใช้งาน 350 $^{\circ}$ C ผลิตโดยบริษัท เจ แอนด์ ดับเบิลยู ไชเอนทีฟิค (J&W Scientific) เครื่อง GC/MS ได้รับความอนุเคราะห์จากภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 3.21 GC/MS และ auto sampler

3.2.4 เครื่องมือตรวจวัดสภาพอากาศโดยศึกษาอุณหภูมิตั้งในพื้นที (On-site meteorology)

ทำการตรวจวัดพารามิเตอร์ต่างๆ ด้วยชุดเครื่องมือดังแสดงในตารางที่ 3.1 ด้วยการวัดแบบ on-line โดยเก็บตัวอย่างแบบต่อเนื่องทุก 5 นาที ตลอด 24 ชั่วโมง ในช่วงเดียวกับการตรวจวัด

pPAHs โดยอุปกรณ์ที่ใช้คือ ชุด Met-one (ภาพที่ 3.22 ก) โดยข้อมูลที่ตรวจวัดได้จะเก็บอยู่ใน Datalogger (ภาพที่ 3.22 ข) แล้วข้อมูลถูกถ่ายสู่เครื่องคอมพิวเตอร์

ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์ทางอุตุนิยมวิทยาและเครื่องมือที่ใช้ตรวจวัด

พารามิเตอร์	เครื่องมือตรวจวัด	ลักษณะข้อมูล/หน่วยวัด	หน่วยวัด
Temperature / Relative humidity	Temp /RH sensor (P/N 083D-1)	ทุก ๆ 5 นาทีต่อเนื่อง	Temp. : °c RH : %
Atmospheric pressure	Barometric pressure sensors	ทุก ๆ 5 นาทีต่อเนื่อง	mmHg
Solar radiation	Pyranometer	ทุก ๆ 5 นาทีต่อเนื่อง	W/m ³
Wind speed & Wind direction	Wind monitor (Model 05103-16B)	ทุก ๆ 5 นาทีต่อเนื่อง	WS : m/s WD : 16 ทิศ*

หมายเหตุ : ทิศ 16 ทิศ ได้แก่ N, S, E, W, NE, SE, SW, NW, NNE, ENE, ESE, SSE, SSW, WSW, WNW และ NNW



(ก)



(ข)

ภาพที่ 3.22 เครื่องมือวัดทางอุตุนิยมวิทยา (Met-one) (ก) และ Datalogger (ข)

3.2.5 เครื่องมือเก็บข้อมูลการจราจร

การเก็บตัวอย่างข้อมูลการจราจรโดยบันทึกผ่านชุดวิดีโอ ซึ่งประกอบด้วย เครื่องบันทึกวิดีโอ ทีวี โน้ตบุค กล้องวิดีโอ (ภาพที่ 23) โดยบันทึกภาพการจราจรบนถนนสุขุมวิท พระรามหก และพญาไททั้ง 2 ฝั่ง ในทุก 10 นาที ของแต่ละชั่วโมงตลอด 24 ชั่วโมงติดต่อกัน มีการตรวจนับ

ปริมาณจราจรและประเภทของยานพาหนะ ซึ่งการตรวจนับปริมาณจราจรจะใช้เครื่องนับ (counters) โดยการศึกษานี้ได้จำแนกชนิดของยานพาหนะออกเป็น 6 ประเภท ได้แก่

- 1) รถสามล้อเครื่อง ซึ่งเป็นยานพาหนะที่ใช้เชื้อเพลิงประเภท Liquid Petroleum Gas (LPG)
- 2) รถจักรยานยนต์ (motorcycle) ซึ่งเป็นยานพาหนะที่ใช้น้ำมันประเภท Gasoline
- 3) รถยนต์ส่วนบุคคล ซึ่งการทำงานของเครื่องยนต์จัดอยู่ในประเภท Light-duty gasoline
- 4) รถแท็กซี่ ซึ่งเป็นยานพาหนะที่ใช้เชื้อเพลิงประเภท LPG
- 5) รถบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ - รถตู้ (pickup & van) ซึ่งการทำงานของเครื่องยนต์จัดอยู่ในประเภท Light-duty diesel
- 6) รถบรรทุกขนาดใหญ่-รถโดยสารประจำทางและไม่ประจำทาง (bus & truck) ซึ่งการทำงานของเครื่องยนต์จัดอยู่ในประเภท Heavy-duty diesel



ภาพที่ 3.23 ชุดวิดีโอ และภาพบันทึกผ่านชุดวิดีโอ

3.3 วิธีการดำเนินการศึกษา

3.3.1 ขั้นเตรียมการทดลอง

- 1) ตรวจสอบเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
- 2) เลือกพื้นที่ศึกษา (ตามแนวถนนและแนวตั้งฉากกับถนน)
- 3) ทำการศึกษาเครื่องมือ Realtime Monitor PAS2000CE พร้อมทั้งทำการทดลองใช้เครื่องมือและปรับเทียบเครื่องมือซึ่งมีจำนวน 4 เครื่อง เพื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของเครื่องมือ โดยทำการเก็บตัวอย่างแบบต่อเนื่องทุก 2 นาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4) เตรียมกระดาษกรองชนิด PTFE ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 และ 20 มิลลิเมตร ที่มีขนาดรูพรุน 0.5 และ 3 ไมครอน ตามลำดับ เพื่อใช้เก็บตัวอย่างโดยเครื่อง personal air pump ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- ทำความสะอาดกระดาษกรอง PTFE ด้วยสารละลายอินทรีย์ dichloromethane (DCM) และทำให้แห้งในตู้ดูดความชื้น (decicator) ที่มีซิลิกาเจล สำหรับดูดความชื้นบรรจุอยู่ โดย

ภายในเคซิเคเตอร์มีความชื้นสัมพัทธ์ $40 \pm 5\%RH$ และอุณหภูมิ $23 \pm 2^{\circ}C$ เมื่อครบ 3 วัน หรือจนน้ำหนักคงที่

- นำกระดาษมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักแบบตัวเลขที่มีทศนิยม 6 ตำแหน่ง (Microbalance) METLER UMT5 โดยการชั่ง ผู้ชั่งควรสวมถุงมือและรองเท้าป้องกันไฟฟ้าสถิตเพื่อไม่ให้รบกวนน้ำหนักของกระดาษกรอง ขณะที่ทำการชั่งก่อนและหลังการชั่งน้ำหนักกระดาษกรองทุกครั้งจะต้องชั่งน้ำหนักค้อนน้ำหนักมาตรฐาน 100 และ 200 กรัม ตามลำดับ และนำกระดาษกรอง blank ที่เก็บไว้ในตู้เคซิเคเตอร์มาชั่ง จากนั้นชั่งน้ำหนักกระดาษกรองที่จะนำไปเก็บตัวอย่าง 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย บันทึกค่าน้ำหนักกระดาษกรองก่อนการเก็บตัวอย่าง (pre-weighting) แล้วนำไปใส่ถלבพลาสติกป้องกันการปนเปื้อนปิดฝาให้สนิทพร้อมใช้งาน

3.3.2 ขั้นตอนการทดลอง

3.3.2.1 การเก็บข้อมูลตามแนวถนน (ฤดูฝน และฤดูแล้ง)

พื้นที่เก็บตัวอย่าง

1) ริมถนนสุขุมวิท กำหนดจุดเก็บตัวอย่างจำนวน 3 จุด เก็บตัวอย่างเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์

- จุดที่ 1 บริเวณใต้ชานชาลาสถานีรถไฟฟ้า (ใต้สถานีรถไฟฟ้าพระโขนง มีอาคารสูงทั้ง 2 ฝั่งถนน)

- จุดที่ 2 บริเวณใต้รางรถไฟฟ้า ไม่มีชานชาลาของสถานีรถไฟฟ้า (หน้าโรงเรียนศรีวิกรม์บริหารธุรกิจ มีอาคารสูงทั้ง 2 ฝั่งถนน)

- จุดที่ 3 บริเวณใต้รางรถไฟฟ้า ไม่มีชานชาลาของสถานีรถไฟฟ้า (ป้อมควบคุมสัญญาณไฟจราจรแยกเอกมัย ไม่มีอาคารสูง)

2) ริมถนนพระรามหก กำหนดจุดเก็บตัวอย่างจำนวน 3 จุด เก็บตัวอย่างเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์

- จุดที่ 1 บริเวณใต้ทางด่วน มีอาคารสูงทั้ง 2 ฝั่งถนน (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม)

- จุดที่ 2 บริเวณใต้ทางด่วน มีอาคารฝั่งเดียว (โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย)

- จุดที่ 3 บริเวณใต้ทางด่วน ไม่มีอาคารสูงโดยรอบ (ป้อมควบคุมสัญญาณไฟจราจรสี่แยกตึกชัย)

การเก็บข้อมูล

1) เก็บข้อมูล pPAHs โดยตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นรวมของสาร pPAHs แบบต่อเนื่องด้วยเครื่อง Photoelectric aerosol sensor (PAS2000CE) ทุก 2 นาที

2) เก็บข้อมูลอนุกรมวิธาน ระหว่างการเก็บข้อมูล pPAHs โดยเก็บข้อมูลทิศทางและความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเข้มแสง ด้วยชุด Met-one เก็บตัวอย่างแบบต่อเนื่องทุก 5 นาที ตลอด 24 ชั่วโมง ส่วนข้อมูลปริมาณฝนได้ขอข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา

3) เก็บข้อมูลการจราจร บันทึกการจราจร โดยใช้ชุด VDO บันทึกการจราจร โดยบันทึกภาพจราจร 10 นาที ของทุกๆ ชั่วโมงเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมงตลอดระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง นำข้อมูลที่ได้มานับปริมาณรถซึ่งจำแนกชนิดรถออกเป็น 6 ประเภท

4) เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาด 2.5-10 ไมครอน และขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ต่อการเก็บหนึ่งครั้ง โดยเก็บที่บริเวณจุดเก็บริมถนนสุขุมวิททั้ง 3 จุดเก็บในช่วงเวลาเดียวกันกับการตรวจวัด pPAHs โดยใช้เครื่อง personal air pump ซึ่งมีจำนวนตัวอย่างฝุ่นแต่ละขนาดโดยรวมเป็น 21 ตัวอย่าง (รวมตัวอย่างทั้งหมด 42 ตัวอย่าง) นำตัวอย่างฝุ่นวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณ PAHs โดยวิธีทางเคมี และนำผลมาเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นของ pPAHs ที่ตรวจวัดด้วย PAS สำหรับขั้นตอนการใช้เครื่อง personal air pump มีดังนี้

- นำกระดาศกรองใส่ Cascade Impactor
- เปรียบเทียบความถูกต้องของเครื่องดูดอากาศ โดยต้องทำการเปรียบเทียบความถูกต้องก่อนและหลังการเก็บตัวอย่างทุกครั้ง โดยในการเปรียบเทียบนี้ต้องมีอุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างคือ Personal Air Sampler ต่อกับ Cascade Impactor พร้อมกับกระดาศกรองในลักษณะเดียวกันกับการเก็บตัวอย่างอากาศจริงทุกประการ การเปรียบเทียบความถูกต้องของอัตราการไหลของอากาศควรทำอย่างน้อย 3 ครั้ง โดยการวิจัยครั้งนี้ใช้อัตราการไหลของอากาศ 1.7 l/min แล้วจึงคำนวณหาค่าเฉลี่ยในแต่ละชุด

- บันทึกอัตราการไหล และเวลาที่เริ่มเดินเครื่อง
- เก็บตัวอย่างจนครบเวลาที่ทำงาน
- วัดอัตราการไหลของเครื่องมือหลังเก็บตัวอย่าง และเวลาที่หยุดเดินเครื่อง

3.3.2.2 การเก็บข้อมูลตามแนวตั้งจากกับถนน กำหนดจุดเก็บตัวอย่างจำนวน 4 จุด ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร จากถนน (ฤดูฝน และฤดูแล้ง)

พื้นที่เก็บตัวอย่าง

- 1) ถนนสุขุมวิท บริเวณอุทยานเบญจสิริ โดยเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์
- 2) ถนนพระรามหก บริเวณ รร.สามเสนวิทยาลัย โดยเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์
- 3) ถนนพญาไท จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยบริเวณคณะวิทยาศาสตร์ โดยเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์

การเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูล pPAHs และสภาพทางอศุนิยมวิทยา ดำเนินการเช่นเดียวกับวิธีการเก็บในหัวข้อ 3.2.2.1 การเก็บข้อมูล (1) และ (2) นอกจากนี้ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในพื้นที่บริเวณอุทยานเบญจสิริ ตามวิธีที่อธิบายในหัวข้อ 3.2.2.1 การเก็บข้อมูล(4) ซึ่งมีจำนวนตัวอย่างฝุ่นแต่ละขนาดเป็น 28 ตัวอย่าง (รวมตัวอย่างทั้งหมด 56 ตัวอย่าง)

3.3.2.3 การเก็บข้อมูลเปรียบเทียบตามโครงสร้างของถนน 3 ลักษณะ โดยเก็บในช่วงเวลาเดียวกัน โดยเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ (ฤดูฝน และฤดูแล้ง)

1) พื้นที่เก็บตัวอย่างกำหนดจุดเก็บ 3 ลักษณะ คือ สถานีรถไฟพาพระโขนง สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยบริเวณคณะวิทยาศาสตร์

2) ทำการเก็บข้อมูล pPAHs โดยดำเนินการเช่นเดียวกับที่อธิบายในหัวข้อ 3.2.2.1 การเก็บข้อมูล (1)

จากขั้นตอนการทดลองทั้งหมดสามารถสรุปเป็นตารางการเก็บข้อมูล ฝุ่นละออง pPAHs อศุนิยมวิทยา และจรรยา ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 สรุปการเก็บตัวอย่าง pPAHs ฝุ่นละออง อศุนิยมวิทยา และการจรรยา

การศึกษา	สถานที่	ว/ค/ป	pPAHs	ฝุ่นละออง	อศุนิยมวิทยา	จรรยา
กระจายตัวตามแนวถนน (สุขุมวิท)	พระโขนง	12-18 ก.ย. 2547 (ฝน)	x	x	x	x
	ร.ศรีวิกรม์ แยกเอกมัย	5-12 เม.ย. 2548 (แล้งฝน)	x	-	x	x
กระจายตัวตามแนวถนน (พระราม6)	สมอ. ร.สามเสนวิทยาลัย	29 ก.ย.- 6 ต.ค. 2547 (ฝน)	x	-	x	x
	แยกคึกซ์	18- 25เม.ย. 2548 (แล้งฝน)	x	-	x	x
การกระจายตัวตามแนวตั้งฉากกับถนน (สุขุมวิท)	อุทยานเบญจสิริ	20-27 ก.ย. 2547 (ฝน)	x	x	x	-
		18 – 25 มี.ค. 2548 (แล้งฝน)	x	-	x	-
การกระจายตัวตามแนวตั้งฉากกับถนน (พระราม6)	ร.สามเสนวิทยาลัย	12-18 ต.ค. 2547(ฝน)	x	-	x	-
		3 – 10 พ.ค. 2548(แล้งฝน)	x	-	x	-
การกระจายตัวตามแนวตั้งฉากกับถนน (พญาไท)	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	30 ต.ค. - 5 พ.ย. 2547 (ฝน)	x	-	x	-
		27 มี.ค.-2 เม.ย. 2548 (แล้งฝน)	x	-	x	-
การกระจายตัวบริเวณที่มีโครงสร้างถนนแตกต่างกัน	สมอ. พระโขนง	22-29 ต.ค. 2547 (ฝน)	x	-	x	* x
	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	25 เม.ย.-1 พ.ค. 2548 (แล้งฝน)	x	-	x	* x

หมายเหตุ : สัญลักษณ์ * ที่มุมขวาของตัวอักษร หมายถึง เก็บข้อมูลจรรยาบริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.2.4 การหาปริมาณความเข้มข้นฝุ่น

1) นำกระดาษกรองที่เก็บตัวอย่างแล้วมาเก็บภายในตู้ดูดความชื้น (dicator) ที่มีซิลิกาเจล โดยเก็บภายในเดซิเคเตอร์ 3 วัน หรือจนน้ำหนักคงที่ และชั่งด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 6 ตำแหน่ง (Microbalance) การชั่งน้ำหนักโดยเริ่มด้วยตมน้ำหนักมาตรฐาน 100 และ 200 กรัม ตามลำดับ และนำกระดาษกรอง blank ที่เก็บไว้ในตู้เดซิเคเตอร์ มาชั่งน้ำหนัก ตามด้วยชั่งน้ำหนักกระดาษกรองที่เก็บตัวอย่างแล้วมาชั่งจำนวน 3 ชั่ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย บันทึกค่าน้ำหนักกระดาษกรอง หลังการเก็บตัวอย่าง (post-weighting) เพื่อวิเคราะห์ตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็ก ซึ่งสามารถคำนวณ โดย

ปริมาณฝุ่น $PM_{2.5}$ $PM_{10-2.5}$ และ PM_{10} หาได้จากสูตร

$$\text{Pre-weight} = (\text{ชั่งครั้งที่ 1} + \text{ชั่งครั้งที่ 2} + \text{ชั่งครั้งที่ 3}) / 3$$

$$\text{Post-weight} = (\text{ชั่งครั้งที่ 1} + \text{ชั่งครั้งที่ 2} + \text{ชั่งครั้งที่ 3}) / 3$$

$$\text{น้ำหนักฝุ่น (ไมโครกรัม)} = \text{น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง} - \text{ก่อนเก็บตัวอย่าง}$$

$$\text{ปริมาณฝุ่น } (\mu\text{g}/\text{m}^3) = \frac{\text{น้ำหนักฝุ่น } (\mu\text{g})}{\text{ปริมาตรอากาศ } (\text{m}^3)} \quad \text{สมการ 3.1}$$

$$\text{ปริมาณฝุ่น } PM_{10} (\mu\text{g}/\text{m}^3) = \text{ปริมาณฝุ่น } PM_{2.5} + PM_{10-2.5} \quad \text{สมการ 3.2}$$

$$\text{ratio } PM_{2.5} / PM_{10} = PM_{2.5} / PM_{10} \quad \text{สมการ 3.3}$$

2) หลังจากชั่งน้ำหนักกระดาษกรอง post-weighting แล้ว นำกระดาษ foil มาหุ้มตัวอย่างเพื่อป้องกันแสงอาทิตย์ และนำมาเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0°C

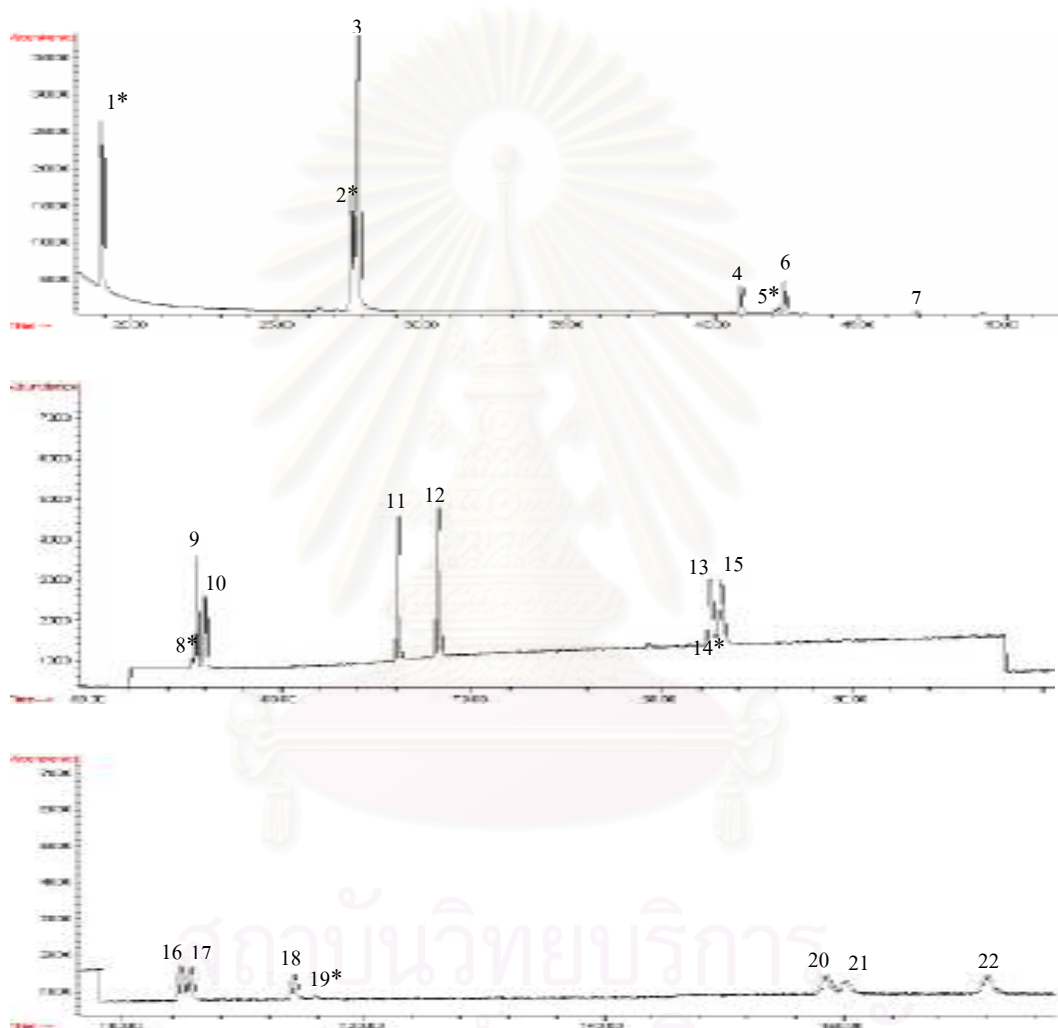
3.3.2.5 การวิเคราะห์ตัวอย่างทางเคมี เพื่อหาชนิดและความเข้มข้นของสาร PAHs

การวิเคราะห์ทางเคมีโดยใช้ เครื่อง GC/MS ขั้นตอนการตั้งอุณหภูมิของ oven เพื่อการวิเคราะห์คือ ขั้นที่ 1 ตั้งอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 50°C เป็นเวลานาน 1 นาที ขั้นที่ 2 เพิ่มอุณหภูมิเป็น 100°C ด้วยอัตราการเพิ่มขึ้น $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ขั้นที่ 3 เพิ่มอุณหภูมิเป็น 290°C ด้วยอัตราการเพิ่มขึ้น $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$ และคงที่อุณหภูมิไว้อีก 111 นาที รวมเวลาในการวิเคราะห์ หนึ่งตัวอย่าง 177.83 นาที การวิเคราะห์ใช้ Helium ที่มีความบริสุทธิ์มากกว่า 99.995% เป็น carrier gas โดยอัตราการไหลของก๊าซ 1 ml/min สำหรับการฉีดตัวอย่างเข้าเครื่องใช้ auto-sampler โดยปริมาตรที่ใช้ฉีดเข้าเครื่อง GC/MS

คือที่ 1.0 และ 2.0 μl ซึ่งในเบื้องต้นใช้เทคนิค SCAN mode เพื่อหา Retention time ของสารละลายมาตรฐาน PAHs

1) การทำกราฟมาตรฐาน (Standard Curve)

ผลจากการหาสภาวะที่เหมาะสม โดยใช้สารละลายมาตรฐาน PAHs Mix Standard 16 ชนิด และ Internal Standard Mix 6 ชนิด สามารถแสดงเป็น Chromatogram ดังภาพที่ 3.24 และมี retention time ของสารมาตรฐาน PAHs ดังแสดงในตารางที่ 3.3



1	1,4 dichlorobenzene-d4	2	naphthalene-d8	3	naphthalene	4	acenaphthylene	5	acenaphthene-d10
6	acenaphthene	7	fluorene	8	phenanthrene-d10	9	phenanthrene	10	anthracene
11	fluoranthene	12	pyrene	13	benzo(a)anthracene	14	chrysene-d12	15	chrysene 19
16	benzo(b)fluoranthene	17	benzo(k)fluoranthene	18	benzo(a)pyrene	19	perylene-d12	20	indeno(1,2,3-cd)pyrene
21	dibenz(a,h)anthracene	22	Benzo(g,h,i)pyrylene						

ภาพที่ 3.24 Chromatogram ของสารละลายมาตรฐาน PAHs Mix Standard 16 ชนิด และ Internal Standard Mix 6 ชนิด

ตารางที่ 3.3 retention time ของ PAHs Mix Standard 16 ชนิด และ Internal Standard Mix 6 ชนิด

สาร PAHs	RT (min)
PAHs Mix Standard	
naphthalene	27.74
acenaphthylene	40.94
acenaphthene	42.42
fluorene	46.97
phenanthrene	55.54
anthracene	55.95
fluoranthene	66.16
pyrene	68.27
benzo(a)anthracene	82.54
chrysene	83.12
benzo(b)fluoranthene	104.74
benzo(k)fluoranthene	105.49
benzo(a)pyrene	114.22
indeno(1,2,3-cd)pyrene	158.54
dibenz(a,h)anthracene	160.31
benzo(g,h,i)pyrylene	171.91
Internal Standard Mix	
1,4 dichlorobenzene-d4	18.95
naphthalene-d8	27.57
acenaphthene-d10	42.14
phenanthrene -d10	55.32
chrysene-d12	82.72
perylene-d12	116.06

ในการวิเคราะห์สาร PAHs 16 ชนิด เนื่องจากในเบื้องต้นใช้เทคนิค SCAN mode เพื่อหา Retention time ของสาร PAHs แต่ในการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของสารตัวอย่าง ใช้เทคนิค Selected-ion monitoring (SIM mode) โดยเลือก ion fragments ที่ใช้ตรวจวัดสาร PAHs ชนิดต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ลักษณะ ion fragmentation ของ PAHs Mix Standard และ Internal Standard Mix

สาร PAHs	ชื่อย่อ	m/z	
		Primary ion	Secondary ion
PAHs Mix Standard			
naphthalene	Nap	128	102
acenaphthylene	Acy	152	151
acenaphthene	Ace	153	154
fluorene	Flu	166	165
phenanthrene	Phe	178	152
anthracene	Anth	178	152
fluoranthene	Fluor	202	101
pyrene	Pyr	202	101
benzo(a)anthracene	BaA	228	114
chrysene	Chry	228	113
benzo(b)fluoranthene	BbF	252	126
benzo(k)fluoranthene	BkF	252	126
benzo(a)pyrene	BaP	252	126
indeno(1,2,3-cd)pyrene	Ind	276	138
dibenz(a,h)anthracene	DBahA	278	139
benzo(g,h,i)pyrene	BghiP	276	136
Internal Standard Mix			
1,4 dichlorobenzene-d4	-	150	115
naphthalene-d8	-	136	108
acenaphthene-d10	-	164	162
phenanthrene -d10	-	188	94
chrysene-d12	-	240	120
perylene-d12	-	264	132

2) การสร้าง Calibration curve

การสร้าง Calibration curve โดยใช้สารละลายมาตรฐาน PAHs Mix Standard 16 ชนิด และ Internal Standard Mix 6 ชนิด โดยเตรียม สารละลายมาตรฐาน PAHs Mix Standard 16 ชนิด ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 10 ความเข้มข้น ดังนี้ 50 100 200 400 500 1000 2000 4000 8000 10000 นาโนกรัม/มิลลิลิตร และ Internal Standard Mix 6 ชนิด ที่ความเข้มข้น 200 นาโนกรัม/

มิลลิลิตร โดย PAHs Mix Standard 16 ชนิด และ Internal Standard Mix 6 ชนิด เจือจางอยู่ในสารละลาย dichloromethane (DCM)

การสร้าง Calibration curve มีการทำ peak ratio PAH standard ต่อ internal PAH standard โดย PAHs แต่ละชนิดใช้ Internal Standard Mix ในการเทียบสัดส่วนต่างชนิดกัน ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ชนิด PAHs Mix Standard ที่ใช้เทียบเป็นสัดส่วนกับ Internal Standard Mix

Internal Standard Mix	PAHs Mix Standard		
Naphthalene-d8	naphthalene		
Acenaphthene-d10	acenaphthylene	acenaphthene	fluorene
Phenanthrene -d10	phenanthrene	anthracene	fluoranthene
Chrysene-d12	pyrene	benzo(a)anthracene	chrysene
Perylene-d12	benzo(b)fluoranthene	benzo(a)pyrene	dibenz(a,h)anthracene
	benzo(k)fluoranthene	indeno(1,2,3-cd)pyrene	benzo(g,h,i)pyrene

3) Limit of detection (LOD)

Limit of detection หมายถึง ความเข้มข้นต่ำสุดที่เป็นปริมาณที่เครื่องมือสามารถวัดสารนั้นได้โดยดูค่า signal เปรียบเทียบกับ noise โดยมากมักใช้ค่า signal : noise = 3 : 1 เป็นการตรวจสอบเพื่อหาปริมาณหรือความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดที่จะทำการวัด และสามารถทำการรายงานผลได้ โดยค่าที่ไม่สามารถตรวจวัดได้จะแสดงเป็นค่า ND (not detected) ซึ่งมีสูตรการคำนวณ ดังสมการ 3.3

$$\text{LOD} = \frac{3 \times \text{ความเข้มข้นต่ำสุดที่ใช้ (ng/ml)} \times \delta}{\bar{x}} \quad \text{สมการ 3.4}$$

$$\delta = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / (n - 1)}$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} x_i &= \text{peak area ของ PAH target ที่ตรวจวัดครั้งที่ } i \\ \bar{x} &= \text{peak area เฉลี่ยของ PAH target ที่ตรวจวัดครั้งที่ } i \text{ ถึงครั้งที่ } n \\ n &= \text{จำนวนครั้งในการตรวจวัด} \end{aligned}$$

4) การทดสอบวิธีการสกัดสาร PAHs โดยทำ Recovery test

นำ (blank) หรือกระดาษ PTFE เส้นผ่านศูนย์กลาง 35 mm ที่ไม่มีตัวอย่าง มาใส่ขวดสีชาขนาด 40 ml จากนั้นใส่ Internal Standard Mix ที่มีความเข้มข้น 400 ng/ml และ PAHs Mix

Standard 16 ชนิด ที่มีความเข้มข้น 4000 ng/ml โดยฉีดด้วย microsyringe ที่ปริมาตร 50 μ l จากนั้นใส่ dichloromethane (DCM) 10 ml นำตัวอย่างไปสกัดด้วยเครื่อง Ultrasonic homogenizer โดยใช้กำลัง 80 watt 9 cycle เป็นเวลา 30 นาที 2 ครั้ง จากนั้นนำสารละลายที่ได้มาแยกจากกระดาศกรองและกรองผ่านด้วย Disc filter PTFE ใส่ในขวดสีชา และนำสารละลายไปทำให้แห้งด้วยก๊าซไนโตรเจน 99.95% ใน insert vial ขนาด 200 μ l ซึ่งอยู่ในขวด vial สีชาขนาด 2 ml และเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำในตู้เย็น โดยก่อนฉีดเข้าเครื่อง GC/MS นำมาปรับปริมาตรเป็น 100 μ l ซึ่งกระบวนการสกัดแสดงดังภาพที่ 3.23 รวมทั้งนำความเข้มข้นที่มี Internal Standard Mix 400 ng/ml ร่วมกับ PAHs Mix Standard 4000 ng/ml มาเจือจากครึ่งหนึ่งและฉีดเข้าเครื่อง GC/MS ซึ่งจะมีความเข้มข้นลดลงครึ่งหนึ่งคือ Internal Standard Mix 200 ng/ml ร่วมกับ PAHs Mix Standard 2000 ng/ml เพื่อนำ peak area ของ recovery มาเปรียบเทียบกับ peak area ของ Internal Standard และ PAHs Mix Standard ก่อนสกัด โดยการคำนวณเปอร์เซ็นต์ recovery test ของ PAHs หลังจากวิเคราะห์โดยใช้ GC/MS แล้ว ซึ่งมีสูตรการคำนวณ ดังสมการ 3.5

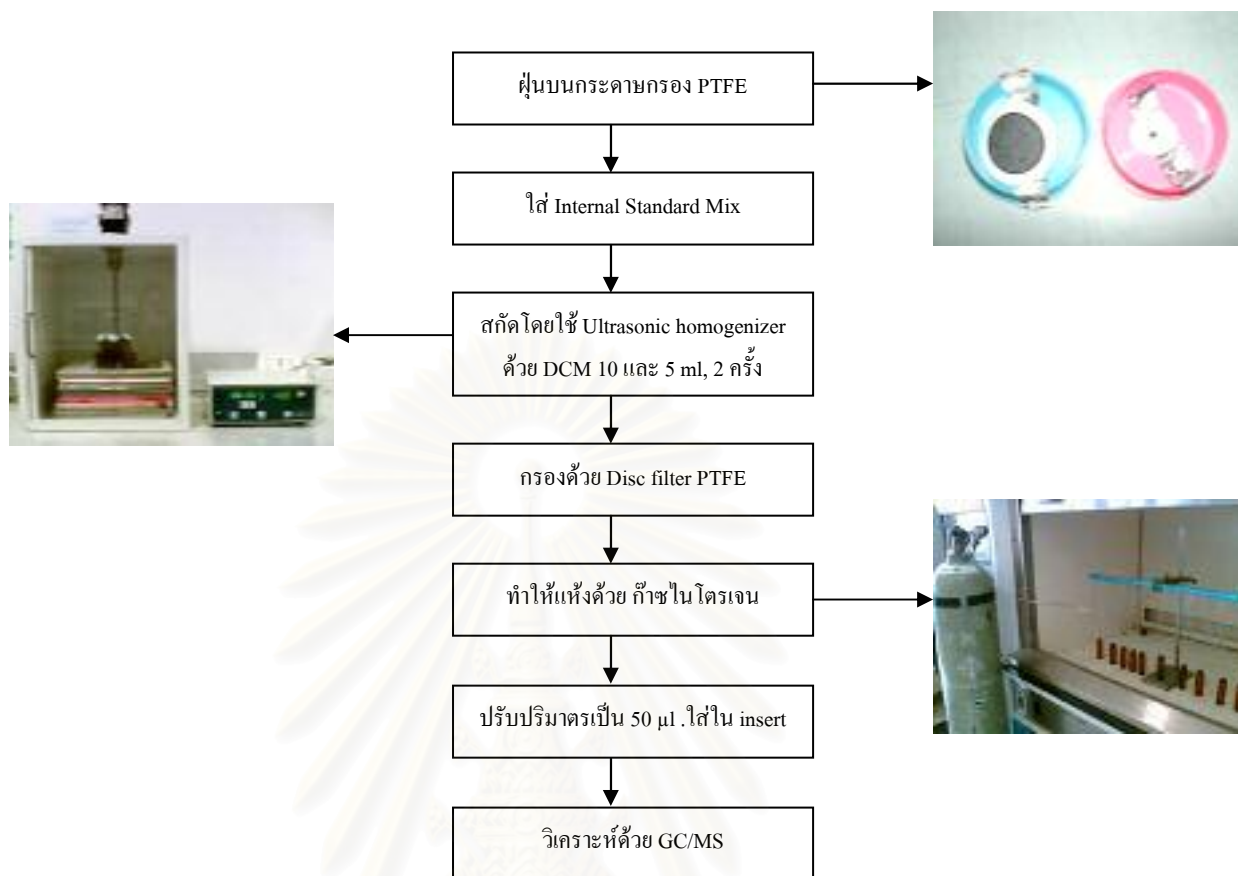
$$\% \text{ recovery test PAHs} = (B/A) \times 100 \quad \text{สมการ 3.5}$$

A = peak area ของ PAHs Mix Standard ก่อนสกัด

B = peak area ของ PAHs Mix Standard หลังผ่านกระบวนการสกัด

5) การสกัดสารตัวอย่าง

นำกระดาศ PTFE ที่เก็บตัวอย่างมาสกัดสาร PAHs ซึ่งวิธีการสกัดอยู่บนพื้นฐานของ US EPA method TO-13 (US EPA, 1988) โดยนำกระดาศกรองที่มีฝุ่นละออง มาใส่ขวดสีชาขนาด 40 ml จากนั้นใส่ Internal Standard Mix ที่ความเข้มข้น 400 ng/ml ที่ปริมาตร 50 μ l (ในกรณีที่ปรับปริมาตรก่อนฉีด GC/MS เป็น 100 μ l) ถ้าใส่ Internal Standard Mix ความเข้มข้น 200 ng/ml ที่ปริมาตร 50 μ l (ในกรณีที่ปรับปริมาตรก่อนฉีด GC/MS เป็น 50 μ l) จากนั้นใส่ dichloromethane (DCM) 10 ml และ 5 ml สำหรับกระดาศกรองเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 mm. และ 20 mm. ตามลำดับ นำขวดตัวอย่างไปสกัดด้วยเครื่อง Ultrasonic homogenizer โดยใช้กำลัง 80 watt 9 cycle เป็นเวลา 30 นาที 2 ครั้ง โดยครั้งที่สองใส่ dichloromethane (DCM) 5 และ 3 ml สำหรับกระดาศกรองเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 mm. และ 20 mm. ตามลำดับ และจากนั้นนำสารละลายที่สกัดแล้วแยกจากกระดาศกรอง และกรองผ่านด้วย Disc filter PTFE ใส่ในขวดสีชา และนำสารละลายไปทำให้แห้งด้วยก๊าซไนโตรเจน 99.95% ใน insert vial ขนาด 200 μ l ซึ่งอยู่ในขวด vial สีชาขนาด 2 ml และเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำในตู้เย็น และก่อนฉีดเข้าเครื่อง GC/MS นำมาปรับปริมาตรเป็น 50 และ 100 μ l ซึ่งกระบวนการสกัดแสดงดังภาพที่ 3.25



ภาพที่ 3.25 แผนผังแสดงวิธีการสกัด เพื่อหาปริมาณสาร PAHs

6) การคำนวณปริมาณสาร PAHs ในตัวอย่าง

วิเคราะห์หาความเข้มข้นสาร PAHs โดยเทียบกับสารละลายมาตรฐาน PAHs 16 ชนิด โดยเครื่องใช้ GC/MS ในการตรวจหาปริมาณ PAHs โดยฉีด PAHs Mix Standard และ Semivolatile Internal Standard Mix และหา peak area โดยอินทีเกรต abundance ของ PAHs แต่ละชนิด นำผลการ integrate peak ที่แสดงค่าเป็น peak area มาคำนวณความเข้มข้นของ PAHs ในฝุ่น ซึ่งสามารถคำนวณออกมาในหน่วย นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดังแสดงในสมการที่ 3.6

$$\text{PAH conc. (ng/m}^3\text{)} = (C_x)(D)(10^3)\text{ng/ml} \times \frac{(A)/(B)}{(E)/(F)} \times \frac{(V_s)(10^{-3})\text{ml}}{(V_{inj})} \times \frac{1}{(V_A)} \quad \text{สมการ 3.6}$$

C_x	=	ความเข้มข้นเริ่มต้นของ PAH standard ($\mu\text{g/ml}$)
D	=	dilution factor (1/1000)
A	=	peak area ของ PAH target ในตัวอย่าง
B	=	peak area ของ internal PAH standard ในตัวอย่าง
E	=	peak area ของ PAH target ใน standard
F	=	peak area ของ internal PAH standard ใน standard
V_s	=	ปริมาตรของตัวอย่างที่เตรียมก่อนฉีด GC/MS (μl)
V_{inj}	=	ปริมาตรของตัวอย่างที่ฉีดเข้า GC/MS
V_A	=	ปริมาตรอากาศของตัวอย่างที่เก็บ (m^3)

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.4.1 วิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของสาร pPAHs บริเวณโครงสร้างถนนที่แตกต่างกัน และการกระจายตัวตามระยะห่างจากถนน โดยวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย One-Way ANOVA

3.4.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการกระจายตัวตามแนวตั้งฉากกับถนนของสาร pPAHs ด้วย cross-correlation

3.4.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายตัวตามแนวตั้งฉากกับถนนของสาร pPAHs กับทิศทางลม

3.4.4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสาร pPAHs กับการกระจายตัวในฝุ่น $\text{PM}_{2.5}$ และ $\text{PM}_{10-2.5}$

3.4.5 วิเคราะห์ความสัมพันธ์เบื้องต้น ระหว่างเทคนิคการเก็บตัวอย่างฝุ่นมาวิเคราะห์สาร PAHs (Off-line) และการตรวจวัดด้วยเครื่อง PAS (On-line) ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient)

3.4.6 การวิเคราะห์สมการถดถอยของความเข้มข้น pPAHs (Regression analysis of pPAHs concentration) บริเวณโครงสร้างถนนแตกต่างกัน

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การทดลองเบื้องต้น

4.1.1 การเปรียบเทียบเครื่องมือ (Calibration)

จากการศึกษาเครื่องมือ Realtime PAH Monitor PAS2000CE เบื้องต้น พร้อมทั้งทำการทดลองใช้เครื่องมือและเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องมือ 4 เครื่อง โดยทำการตรวจวัด pPAHs พร้อมกันที่บริเวณชั้น 4 ของอาคารภาควิชาเทคโนโลยีภาพถ่ายและการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และบริเวณประตูทางเข้าหน้าโรงเรียนศรีวิกรม์บริหารธุรกิจ ในระหว่างวันที่ 2-3 และวันที่ 19-20 กันยายน 2547 ตามลำดับ เพื่อใช้หาความสัมพันธ์ค่าความเข้มข้นของ pPAHs ทั้ง 4 เครื่อง ผลการศึกษาความสัมพันธ์ที่แสดงโดยค่าสัมประสิทธิ์เพื่อการตัดสินใจ (coefficient of determination: r^2) ของความเข้มข้นเฉลี่ยของ pPAHs ที่ตรวจวัดทุกๆ 10 นาที สามารถแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สมการและค่าสัมประสิทธิ์เพื่อการตัดสินใจ (r^2) ระหว่างเครื่อง PAS จำนวน 4 เครื่อง

การเปรียบเทียบเครื่องมือ	r^2	สมการ
เครื่องที่ 1 และ 2	0.9338	$y = 0.8622x$
เครื่องที่ 1 และ 3	0.8835	$y = 0.8382x$
เครื่องที่ 1 และ 4	0.9569	$y = 0.6051x$
เครื่องที่ 2 และ 3	0.8435	$y = 0.9172x$
เครื่องที่ 2 และ 4	0.9362	$y = 0.6874x$
เครื่องที่ 3 และ 4	0.8602	$y = 0.7148x$

จากตารางที่ 4.1 พบว่าค่า r^2 ระหว่างเครื่องแต่ละเครื่องที่ใช้ในการศึกษา ให้ค่า (r^2) ค่อนข้างสูงและให้ผลของค่าความเข้มข้น pPAHs ที่ใกล้เคียงกัน แสดงว่า สามารถนำเครื่องทั้ง 4 เครื่อง มาศึกษาเปรียบเทียบความเข้มข้น pPAHs ณ ตำแหน่งต่างๆ ได้ โดยการศึกษาได้มีการปรับเทียบเครื่องมือจากประเทศญี่ปุ่นบริษัท Hanazono Logistics ก่อนทำการศึกษาเพื่อความถูกต้องในการตรวจวัด โดยเครื่องที่ถูกปรับเทียบ คือ เครื่องที่ 2 ซึ่งจากการหาความสัมพันธ์ระหว่างเครื่อง PAS แต่ละเครื่องแล้ว จากนั้นนำสมการที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องที่ 2 กับเครื่องอื่นๆ (ดังตารางที่ 4.1) มาปรับเทียบค่า pPAHs ดังสมการ

4.1.2 การวิเคราะห์ทางเคมีเพื่อหาชนิดและปริมาณของ PAHs

4.1.2.1 การสร้างกราฟมาตรฐาน (Standard Curve)

กราฟมาตรฐาน (Standard Curve) ของ PAHs ทั้ง 16 ชนิด ได้แก่ naphthalene acenaphthylene acenaphthene fluorene phenanthrene anthracene fluoranthene pyrene benzo(a)anthracene chrysene benzo(b)fluoranthene benzo(k)fluoranthene benzo(a)pyrene indeno(1,2,3-cd)pyrene dibenz(a,h)anthracene benzo(g,h,i)pyrylene แสดงดังกราฟในภาคผนวก ก-1 โดยแกน x คือ ความเข้มข้นของ std PAHs แต่ละชนิด และแกน y คือ peak ratio ของ PAH standard ต่อ internal PAH standard และมีค่า coefficient of determination (R^2) จากการทำ Standard Curve พบว่าให้ค่าความสัมพันธ์ที่ดีมีค่าอยู่ระหว่าง 0.9886 - 0.9962 ดังแสดงในตารางที่ 4.2 เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Possanzini และคณะ (2004) ที่วิเคราะห์ PAHs 21 ชนิดโดยใช้ column DB-5MS (L=30m., i.d.=250 μ m, film thickness= 0.25 μ m) และ Fang และคณะ (2003) ที่ใช้ column DB-5 (30m. x 25 mm x 0.25 μ m) ให้ค่า R^2 เช่นเดียวกับการศึกษาครั้งนี้ คือ > 0.98 และ > 0.995 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 ค่า coefficient of determination (R^2) ของ PAHs Mix Standard 16 ชนิด

สาร	R^2	สาร	R^2
naphthalene (Nap)	0.9935	benzo(a)anthracene (BaA)	0.992
acenaphthylene (Acy)	0.9955	chrysene (Chry)	0.9946
acenaphthene (Ace)	0.9944	benzo(b)fluoranthene (BbF)	0.9941
fluorene (Flu)	0.9962	benzo(k)fluoranthene (BkF)	0.9961
phenanthrene (Phe)	0.9909	benzo(a)pyrene (BaP)	0.9886
anthracene (Anth)	0.9945	indeno(1,2,3-cd)pyrene (Ind)	0.9923
fluoranthene (Fluor)	0.9961	dibenz(a,h)anthracene (DBahA)	0.9912
pyrene (Pyr)	0.9913	benzo(g,h,i)pyrylene (BghiP)	0.9918

4.1.2.2 Limit of detection (LOD)

จากการวิเคราะห์ปริมาณของ PAHs 16 ชนิดโดยเครื่อง GC/MS พบว่า ค่า LOD ที่ศึกษาได้ โดยเทียบค่าเป็นความเข้มข้นในหน่วย ng/m³ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.82 – 23.34 ng/m³ ดังแสดงในตารางที่ 4.3 โดยค่า LOD ของ naphthalene ที่วิเคราะห์ได้มีค่าต่ำที่สุดคือ 0.82 ng/m³ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Possanzini และคณะ (2004) และการศึกษาของ Fang และคณะ (2003) พบว่ามีค่า LOD อยู่ระหว่าง 0.3- 5.9 ng และ 0.039- 0.531 ng ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 ค่า LOD ของ PAHs Mix Standard 16 ชนิด

สาร	ความเข้มข้น (ng/ml)	LOD (ng/m ³)	สาร	ความเข้มข้น (ng/ml)	LOD (ng/m ³)
naphthalene	8	0.82	benzo(a)anthracene	50	12.91
acenaphthylene	8	1.56	chrysene	50	12.44
acenaphthene	10	1.96	benzo(b)fluoranthene	200	23.34
fluorene	10	2.55	benzo(k)fluoranthene	200	21.67
phenanthrene	10	2.53	benzo(a)pyrene	200	19.45
anthracene	10	2.94	indeno(1,2,3-cd)pyrene	200	22.84
fluoranthene	50	5.28	dibenz(a,h)anthracene	200	19.58
pyrene	50	13.99	benzo(g,h,i)pyrylene	200	21.42

4.1.2.3 การทดสอบ Recovery test

ค่า % recovery ที่ศึกษาได้ แสดงดังตารางที่ 4.4 ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 1.81 – 133.78% โดยพบว่า % recovery แบ่งออกเป็น 2 ช่วงอย่างชัดเจน % recovery ที่มีค่าสูงพบตั้งแต่ phenanthrene จนกระทั่งถึง benzo(g,h,i)pyrylene โดยมีค่าระหว่าง 78.48-133.78% และช่วง % recovery ที่มีค่าต่ำ ได้แก่ naphthalene, acenaphthylene, acenaphthene และ fluorene โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1.81-13.49% เนื่องจากสาร PAHs ทั้ง 4 ชนิดมีมวลโมเลกุลต่ำและโครงสร้างโมเลกุลประกอบด้วย โครงสร้างโมเลกุล 3-4 วงเอโรมาติก จัดเป็นกลุ่มของ semivolatile PAHs ดังนั้น มีความเป็นไปได้ที่สาร PAHs กลุ่มนี้จะระเหยเปลี่ยนรูปเป็นก๊าซได้ง่ายที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งในกระบวนการสกัดมีข้อจำกัดในการควบคุมอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการทางเคมี จึงทำให้หลังจากผ่านกระบวนการสกัดแล้ว พบว่า peak area ของ naphthalene, acenaphthylene, acenaphthene และ fluorene ลดลงอย่างมาก ทำให้ค่า % recovery น้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับ PAHs ที่มีมวลโมเลกุลสูง และจากการศึกษาเมื่อหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยคิดตั้งแต่ anthracene จนถึง benzo(g,h,i)pyrylene พบว่ามีค่า 18.46%

เมื่อเปรียบเทียบ % recovery จากงานวิจัยนี้กับการศึกษาอื่นพบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน Caricchia และคณะ (1999) ศึกษา PAHs โดยวิเคราะห์ทางเคมีด้วย GC/MS ทำการวิเคราะห์ % recovery ตั้งแต่ชนิด Phe จนกระทั่งถึง Cor พบว่ามีค่าเฉลี่ยประมาณ 75% โดยมีค่า CV 15% Possanzini และคณะ (2004) ศึกษา PAHs โดยวิเคราะห์ทางเคมีด้วย GC/MS ทำการวิเคราะห์ % recovery ตั้งแต่ชนิด naphthalene จนกระทั่งถึง perylene พบว่าระหว่าง 8-76% Bi และคณะ (2005) วิเคราะห์ PAHs โดยใช้ GC/MS โดยทำ recovery test พบว่าค่า % recovery ของ naphthalene ถึง benzo(g,h,i)pyrylene มีค่าระหว่าง 39-101%

ตารางที่ 4.4 ค่า Recovery test ของ PAHs Mix Standard 16 ชนิด

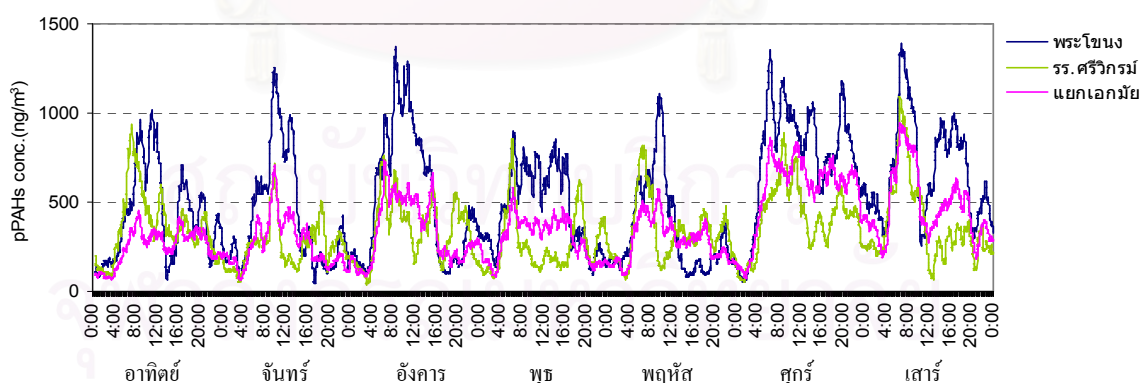
สาร	% recovery test	สาร	% recovery test
naphthalene	1.81	benzo(a)anthracene	104.11
acenaphthylene	5.29	chrysene	84.59
acenaphthene	3.87	benzo(b)fluoranthene	97.70
fluorene	13.49	benzo(k)fluoranthene	88.88
phenanthrene	78.48	benzo(a)pyrene	83.79
anthracene	92.17	indeno(1,2,3-cd)pyrene	133.78
fluoranthene	83.70	dibenz(a,h)anthracene	126.51
pyrene	86.29	benzo(g,h,i)pyrylene	74.76

4.2 ศึกษาการกระจายตัวตามแนวนอน

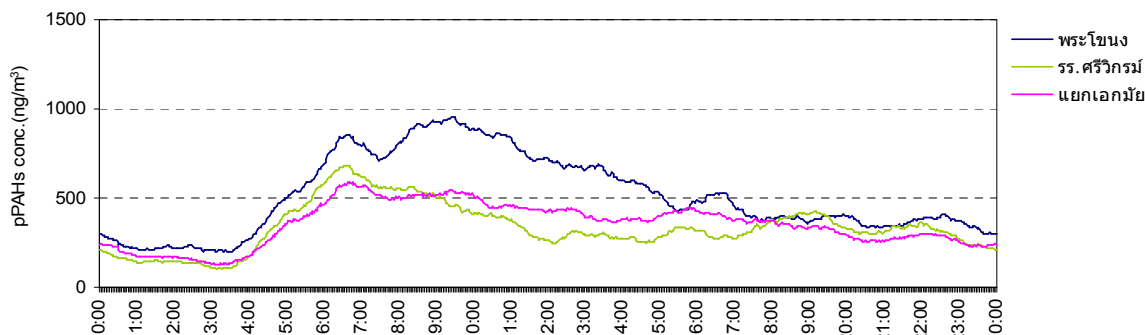
4.2.1 ความเข้มข้นของ pPAHs ตามแนวนอนสุขุมวิท

1) ฤดูฝน

การศึกษาดูการตรวจวัดความเข้มข้นของ pPAHs ในจุดตรวจวัดทั้งหมด 3 จุด ได้แก่ บริเวณใต้ชานชาลาสถานีรถไฟฟ้าสถานีพระโขนง หน้าโรงเรียนศรีวิกรม์บริหารธุรกิจ และป้อมควบคุมสัญญาณไฟจราจรแยกเอกมัย โดยทำการเก็บตัวอย่างต่อเนื่องทุกๆ 2 นาที ตลอด 24 ชั่วโมงเป็นเวลา 7 วัน (วันอาทิตย์ที่ 12 ถึงวันเสาร์ที่ 18 กันยายน 2547) สามารถแสดงปริมาณสาร pPAHs และ diurnal profile ในภาพที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.1 ปริมาณสาร pPAHs ที่ตรวจวัดตามแนวนอนสุขุมวิท ในฤดูฝน



ภาพที่ 4.2 Diurnal profile ที่ตรวจวัดตามแนวถนนสุขุมวิท ในฤดูฝน

จากภาพที่ 4.2 พบว่าแนวโน้มการเพิ่ม-ลดของความเข้มข้นของ pPAHs ทั้ง 3 สถานีมีลักษณะที่คล้ายกัน คือค่าความเข้มข้นของ pPAHs สูงในช่วงเวลาเช้าประมาณ 6:00 – 9:00 นาฬิกา จากนั้นค่อยๆลดลงในเวลากลางวัน และสูงขึ้นเล็กน้อยในตอนเย็นประมาณ 18:00 – 21:00 นาฬิกา และความเข้มข้นลดลงต่ำสุดในช่วงเวลา 00:00 – 04:00 นาฬิกา และพบว่าในช่วงเวลา 00:00 – 04:00 นาฬิกา สาร pPAHs ทั้ง 3 จุดเก็บตัวอย่าง มีค่าใกล้เคียงกัน

เมื่อพิจารณาความเข้มข้นเฉลี่ยของ pPAHs ทั้ง 3 บริเวณ (ตารางที่ 4.5) พบว่าบริเวณใต้ชานชาลาสถานีรถไฟฟ้าพระโขนงมีความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดคือ 514 ng/m^3 รองลงมาคือ ป้อมควบคุมสัญญาณไฟจราจรแยกเอกมัยมีความเข้มข้นเฉลี่ย 354 ng/m^3 และหน้า รร.ศรีวิกรม์ บริหารธุรกิจมีความเข้มข้นเฉลี่ย 334 ng/m^3 ซึ่งได้สถานีรถไฟฟ้าพระโขนงมีปริมาณสูงกว่าหน้า รร.ศรีวิกรม์ บริหารธุรกิจ และป้อมควบคุมสัญญาณไฟจราจรแยกเอกมัยเป็น 0.65 และ 0.69 เท่าตามลำดับ เมื่อหาค่าเฉลี่ยของ pPAHs ใน 1 วัน ดังแสดงในตาราง 4.5 พบว่า บริเวณสถานีรถไฟฟ้าพระโขนงมี pPAHs สูงในวันศุกร์ และเสาร์ โดยมีค่า 747 และ 678 ng/m^3 ตามลำดับ และมีค่าต่ำสุดในวันพฤหัสบดี 336 ng/m^3 บริเวณ รร.ศรีวิกรม์ บริหารธุรกิจ มีค่าสูงในวันศุกร์ และเสาร์ เช่นเดียวกัน โดยมีค่า 561 และ 479 ng/m^3 ตามลำดับ และมีค่าต่ำสุดในวันจันทร์ 255 ng/m^3 และบริเวณแยกเอกมัยมีค่าสูงในวันศุกร์ และเสาร์ โดยมีค่า 412 และ 376 ng/m^3 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกันทั้ง 2 จุด และมีค่าต่ำสุดในวันอาทิตย์ 254 ng/m^3 และจากตารางพบว่าบริเวณสถานีพระโขนงมีค่า pPAHs สูงกว่า รร.ศรีวิกรม์ และแยกเอกมัยในทุกๆ วัน ส่วนบริเวณ รร.ศรีวิกรม์ และแยกเอกมัยมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน โดย รร.ศรีวิกรม์มีค่าสูงกว่าในวันอาทิตย์ อังคาร และพฤหัสบดี

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ย pPAHs รายวัน บริเวณสถานีพระโขนง รร.ศรีวิกรม์ และแยกเอกมัย ในฤดูฝน

จุดเก็บตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ยของ pPAHs (ng/m ³)							
	อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	เฉลี่ย
พระโขนง	423	414	531	467	336	747	678	514 ^a
เอกมัย	254	264	339	295	286	561	479	354 ^b
รร.ศรีวิกรม์	362	255	345	265	324	412	376	334 ^b

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่มุมขวามือที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อนำผลการตรวจวัดไปวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS for window โดยใช้วิธี One way ANOVA เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความเข้มข้น pPAHs บริเวณใต้ขานชลาสถานีรถไฟฟ้าสถานีพระโขนง หน้าโรงเรียนศรีวิกรม์บริหารธุรกิจ และป้อมควบคุมสัญญาณไฟจราจรแยกเอกมัย ว่าแตกต่างกันหรือไม่ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยตั้งสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ย pPAHs ทั้ง 3 บริเวณ ไม่แตกต่างกัน

H_1 : ค่าเฉลี่ย pPAHs ทั้ง 3 บริเวณ มีอย่างน้อย 1 คู่แตกต่างกัน

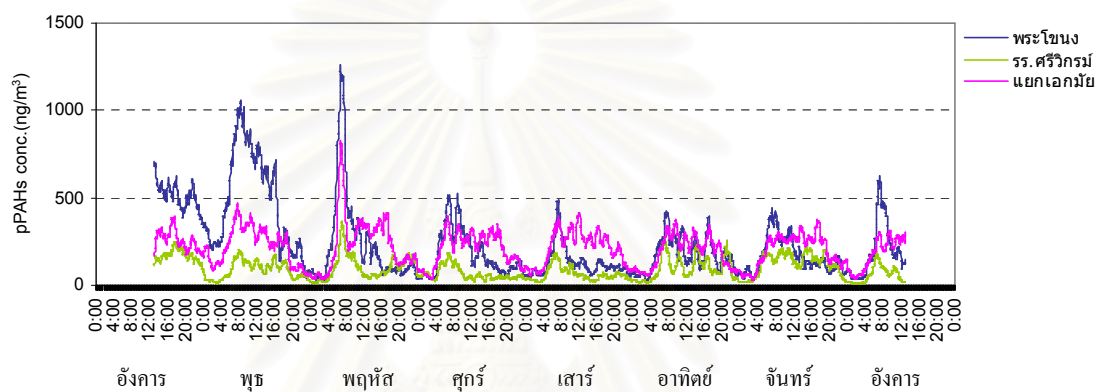
โดยในขั้นแรกทดสอบความแปรปรวนของทั้ง 3 กลุ่ม พบว่ามีค่า P-value = 0.087 > 0.05 ขอมรับ H_0 คือ ความแปรปรวนของ 3 บริเวณ ไม่แตกต่างกัน และเมื่อใช้สถิติทดสอบ F Test เพื่อทดสอบ พบว่ามีค่า P-value = 0.017 < 0.05 ปฏิเสธ H_0 คือค่าเฉลี่ยต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ และพิจารณาผลการทดสอบโดยใช้ LSD พบว่า การกระจายตัวของ pPAHs บริเวณพระโขนงสูงกว่า เอกมัย และรร.ศรีวิกรม์ อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนบริเวณแยกเอกมัยและรร.ศรีวิกรม์ เมื่อทดสอบทางสถิติ พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกัน (แสดงผลการวิเคราะห์ในภาคผนวก ข-1.1)

จากการศึกษาการกระจายตัวของสาร pPAHs ตามแนวถนนสุขุมวิทในช่วงเวลาเดียวกัน ซึ่งปัจจัยแวดล้อม เช่น ปริมาณการจราจร และสภาพทางอุตุนิยมิวิทยา ที่เหมือนกัน สาร pPAHs ที่เกิดขึ้นที่บริเวณนี้ น่าจะมีปริมาณที่ใกล้เคียงกัน แต่ผลการตรวจวัดให้ค่า pPAHs ที่ต่างกัน โดยเฉพาะบริเวณที่อยู่ใต้สถานีรถไฟฟ้า และพื้นที่นอกชานชลาสถานีรถไฟฟ้า แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยด้านโครงสร้างของถนนมีผลต่อการกระจายตัวของสาร PAHs โดยพบว่า บริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้าพระโขนง มีค่าสูงกว่า บริเวณรร.ศรีวิกรม์ และแยกเอกมัย เนื่องจากบริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้าพระโขนง มีลักษณะโครงสร้างที่ปิดกั้นการกระจายตัว (street canyon) ของ pPAHs มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ บริเวณ รร. ศรีวิกรม์บริหารธุรกิจที่มีลักษณะโครงสร้างของถนนที่มีอาคารสูงเพียงข้างเดียว และมีรางรถไฟฟ้า BTS อยู่ด้านบน และแยกเอกมัยที่มีเพียงรางรถไฟฟ้า BTS และลักษณะที่เปิดโล่ง แต่เนื่องจากบริเวณแยกเอกมัยเป็นจุดตัดการจราจร จึงทำให้พบปริมาณ pPAHs สูงกว่าบริเวณรร.ศรีวิกรม์ เล็กน้อย แต่เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติระหว่างบริเวณ แยกเอกมัย และบริเวณ รร. ศรีวิกรม์บริหารธุรกิจ แล้วพบว่ามีค่าไม่แตกต่างกัน แสดงว่าถึงแม้โครงสร้างถนนที่

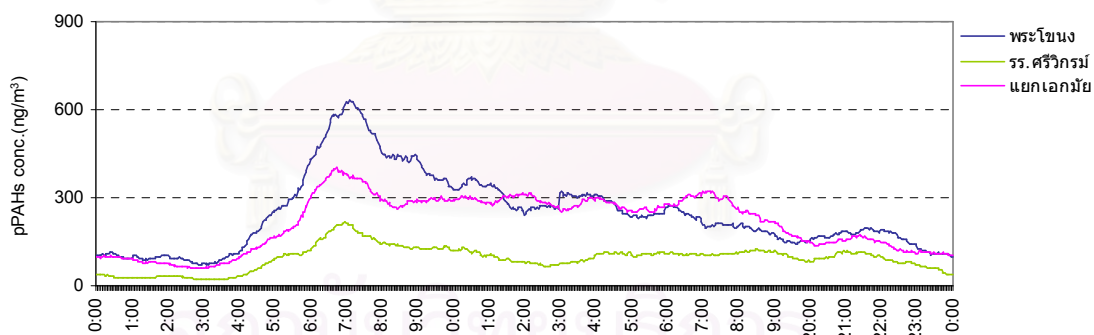
มีลักษณะเปิดโล่ง แต่เป็นบริเวณแยกสัญญาณไฟจราจรจะพบปริมาณความเข้มข้นของ pPAHs ใกล้เคียงกับบริเวณที่มีโครงสร้างของถนนที่มีอาคารสูงอยู่ด้านข้างถนน

2) ถาดูแล้งฝน

การศึกษาการตรวจวัดความเข้มข้นของ pPAHs ในจุดตรวจวัดทั้งหมด 3 จุด เช่นเดียวกับที่ตรวจวัดในฤดูฝน โดยทำการเก็บตัวอย่างต่อเนื่องทุกๆ 2 นาที ตลอด 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 7 วัน (วันอังคารที่ 5 ถึงวันอังคารที่ 12 เมษายน 2548) สามารถแสดงปริมาณสาร pPAHs และ diurnal profile ในภาพที่ 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.3 ปริมาณสาร pPAHs ที่ตรวจวัดตามแนวถนนสุขุมวิท ในฤดูแล้งฝน



ภาพที่ 4.4 Diurnal profile ที่ตรวจวัดตามแนวถนนสุขุมวิท ในฤดูฝน

จากภาพที่ 4.3 และ 4.4 เมื่อพิจารณา PAHs profile พบว่าแนวโน้มการเพิ่ม-ลดของความเข้มข้นของ pPAHs ทั้ง 3 สถานีมีลักษณะที่คล้ายกัน โดยบริเวณพระโขนงและ รร.ศรีวิกรม์ มีค่าสูงในช่วงเช้าแต่ต่ำลงในช่วงเวลากลางวัน และสูงขึ้นเล็กน้อยเวลาเย็น แต่บริเวณแยกเอกมัยพบว่า pPAHs มีค่าสูงในช่วงเวลาเช้าและคงที่จนกระทั่งถึง 18:00 นาฬิกา จึงค่อยๆ ลดลง เนื่องจากบริเวณแยกเอกมัยเป็นแยกสัญญาณไฟจราจร จึงมีปริมาณรถหนาแน่นตลอดทั้งวัน จึงทำให้สาร pPAHs มีปริมาณสูงตลอดวัน เช่นเดียวกับในฤดูแล้งฝน

เมื่อพิจารณาความเข้มข้นเฉลี่ยของ pPAHs ทั้ง 3 บริเวณ (ตารางที่ 4.6) พบว่าบริเวณใต้ชานชาลาสถานีรถไฟฟ้าพระโขนงมีความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดคือ 265 ng/m³ รองลงมาคือ ป้อมควบคุมสัญญาณไฟจราจรแยกเอกมัยมีความเข้มข้นเฉลี่ย 219 ng/m³ และหน้า รร.ศรีวิกรม์บริหารธุรกิจมีความเข้มข้นเฉลี่ย 100 ng/m³ ซึ่งใต้สถานีรถไฟฟ้าพระโขนงมีปริมาณสูงกว่าหน้า รร.ศรีวิกรม์บริหารธุรกิจ และป้อมควบคุมสัญญาณไฟจราจรแยกเอกมัยเป็น 0.38 และ 0.83 เท่าตามลำดับ และแยกเอกมัยมีค่าสูงกว่า รร.ศรีวิกรม์ 0.46 เท่า จากตาราง 4.6 พบว่า บริเวณสถานีรถไฟฟ้าพระโขนงมี pPAHs สูงในวันอังคาร โดยมีค่า 509 ng/m³ ตามลำดับ และมีค่าต่ำสุดในวันเสาร์ 126 ng/m³ บริเวณ รร.ศรีวิกรม์บริหารธุรกิจ มีค่าสูงในวันอังคาร โดยมีค่า 170 ng/m³ และมีค่าต่ำสุดในวันเสาร์ 61 ng/m³ บริเวณ แยกเอกมัยมีค่าสูงในวันอังคาร โดยมีค่า 258 ng/m³ ตามลำดับ และมีค่าต่ำสุดในวันอาทิตย์ 188 ng/m³ และจากตารางพบว่าบริเวณสถานีพระโขนงมีค่า pPAHs สูงกว่า รร.ศรีวิกรม์ ในทุกๆ วัน และสูงกว่าบริเวณแยกเอกมัยในวันอังคารและพุธ และมีค่าใกล้เคียงกันในวันพฤหัสบดี และสาเหตุที่บริเวณพระโขนงมีความเข้มข้นของ pPAHs ต่ำกว่าเอกมัยในวันศุกร์ เสาร์ อาทิตย์และจันทร์ เนื่องจากวันพุธที่ 13-15 เม.ย. 48 เป็นวันสงกรานต์ จึงทำให้บริเวณแยกเอกมัยซึ่งมีสถานีขนส่งสายตะวันออก มีการจราจรที่คับคั่งเนื่องจากประชาชนใช้บริการตั้งแต่วันศุกร์ที่ 8 เม.ย. 48

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ย pPAHs รายวัน บริเวณสถานีพระโขนง รร.ศรีวิกรม์และแยกเอกมัยในฤดูแล้งฝน

จุดเก็บตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ยของ pPAHs (ng/m ³)							
	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	จันทร์	เฉลี่ย
พระโขนง	509	470	239	174	126	172	164	265 ^a
เอกมัย	258	225	241	208	214	188	200	219 ^a
รร.ศรีวิกรม์	170	85	103	63	61	96	122	100 ^b

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่มุมขวามือที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อนำผลการตรวจวัดไปวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS for window โดยใช้วิธี One way ANOVA เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความเข้มข้น pPAHs บริเวณใต้ชานชาลาสถานีรถไฟฟ้าสถานีพระโขนง หน้าโรงเรียนศรีวิกรม์บริหารธุรกิจ และป้อมควบคุมสัญญาณไฟจราจรแยกเอกมัย ว่าแตกต่างกันหรือไม่ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยตั้งสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ย pPAHs ทั้ง 3 บริเวณ ไม่แตกต่างกัน

H_1 : ค่าเฉลี่ย pPAHs ทั้ง 3 บริเวณ มีอย่างน้อย 1 คู่แตกต่างกัน

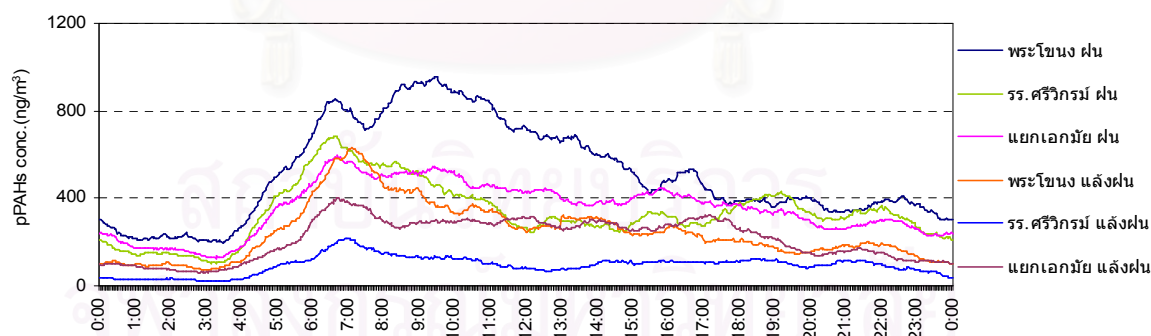
โดยในขั้นแรกทดสอบความแปรปรวนของทั้ง 3 กลุ่ม พบว่ามีค่า P-value = 0.000 < 0.05 ปฏิเสธ H_0 คือ ความแปรปรวนของ 3 บริเวณแตกต่างกัน และเมื่อใช้สถิติทดสอบ Welch Test พบว่ามีค่า P-value = 0.000 < 0.05 ปฏิเสธ H_0 คือค่าเฉลี่ยต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ และพิจารณาผลการ

ทดสอบโดยใช้ Dunnett'T3 ทดสอบ พบว่า pPAHs บริเวณพระโขนงสูงไม่แตกต่างกับแยกแอมัย และแยกแอมัยแตกต่างโดยมีค่าสูงกว่า รร.ศรีวิกรม์อย่างมีนัยสำคัญ (แสดงผลการวิเคราะห์ในภาคผนวก ข-1.2)

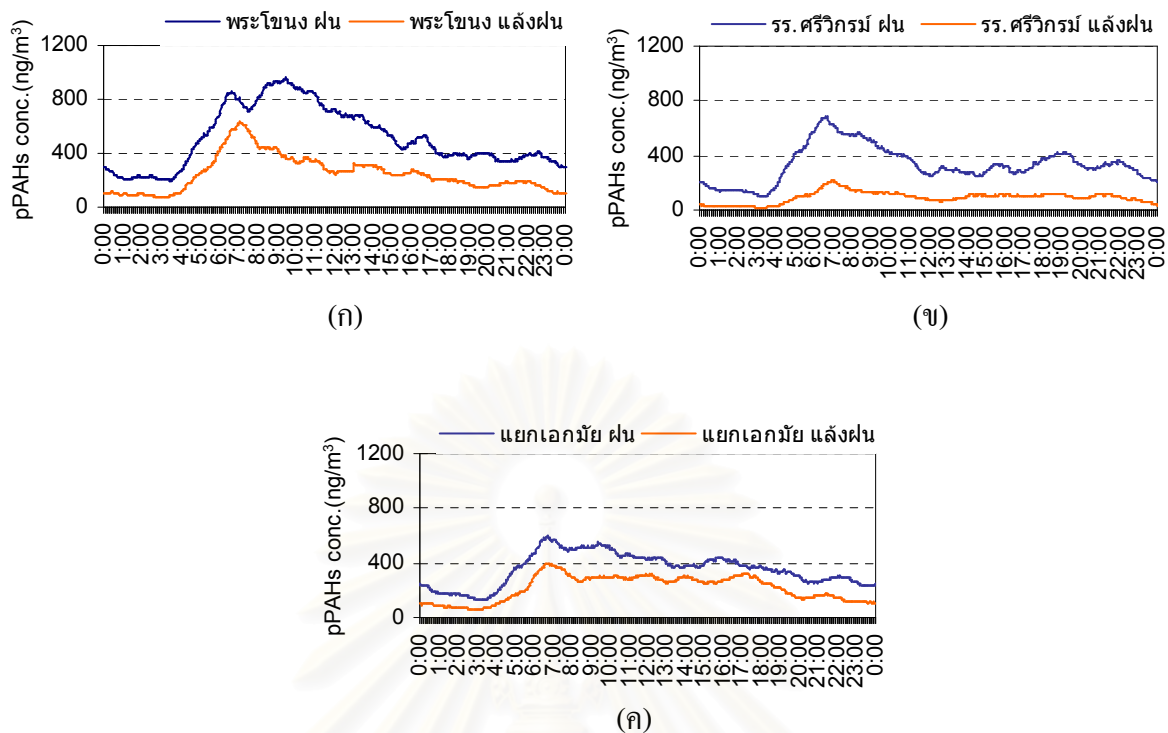
จากการศึกษาการกระจายตัวของสาร pPAHs ตามแนวถนนสุขุมวิทในช่วงเวลาเดียวกัน ในฤดูแล้งฝน ให้ผลที่มีแนวโน้มคล้ายคลึงกับที่ตรวจวัดในฤดูฝน แสดงให้เห็นว่าปัจจัยด้านโครงสร้างของถนนมีผลต่อการกระจายตัวของสาร PAHs ตามที่อธิบายไว้ข้างต้น อย่างไรก็ตามจากค่าเฉลี่ยที่ตรวจวัดที่ พระโขนงมีค่าสูงกว่าแยกแอมัย แต่ไม่แตกต่างกันเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ เนื่องจากบริเวณแยกแอมัยเป็นจุดตัดการจราจร และฤดูแล้งฝนช่วงเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่าง เป็นช่วงก่อนวันหยุดสงกรานต์ จึงทำให้สาร pPAHs มีปริมาณสูงเนื่องจากบริเวณสถานีขนส่งสายตะวันออก ซึ่งอยู่ใกล้กับแยกแอมัยมีรถโดยสารออกต่างจังหวัดเป็นจำนวนมาก จึงทำให้มี pPAHs สูงจนเกือบใกล้เคียงกับบริเวณพระโขนง

3) เปรียบเทียบระหว่างฤดูฝน และฤดูแล้งฝน

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของ pPAHs ทั้งหมด 3 จุด ระหว่างฤดูฝนและแล้งฝน โดยนำ diurnal profile มาเปรียบเทียบกัน ดังแสดงในภาพที่ 4.5 พบว่า diurnal profile ของ pPAHs ที่ตรวจวัดได้ทั้ง 2 ฤดู มีลักษณะคล้ายคลึงกัน โดยมีค่าสูงในช่วงเช้าและต่ำลงช่วงกลางวัน และสูงขึ้นเล็กน้อยเวลาเย็น โดยฤดูฝนค่า pPAHs สูงกว่าที่พบในฤดูแล้งฝน คือ บริเวณพระโขนง รร.ศรีวิกรม์ และแยกแอมัยในฤดูฝนมีค่าสูงกว่าในฤดูแล้งฝนทั้ง 3 บริเวณ ค่าสูงสุดที่พบคือบริเวณพระโขนงในฤดูฝน และค่าต่ำสุดคือ บริเวณ รร.ศรีวิกรม์ในฤดูแล้งฝน



ภาพที่ 4.5 Diurnal profile ของ pPAHs ที่กระจายตัวตามแนวถนนสุขุมวิทในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งฝน



ภาพที่ 4.6 Diurnal profile ของ pPAHs ที่ตรวจวัด ณ จุดเดียวกัน ตามแนวถนนสุขุมวิทในฤดูฝน และฤดูแล้งฝน

จากภาพที่ 4.6 (ก) (ข) และ (ค) พบว่าที่บริเวณเดียวกันแต่ต่างฤดูกาลกัน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นลดลงที่คล้ายกัน และเมื่อเปรียบเทียบที่บริเวณเดียวกันแล้ว พบว่าค่า pPAHs บริเวณพระโขนงในฤดูฝนมีค่าสูงกว่าในฤดูแล้งฝน 0.52 เท่า บริเวณเอกราชในฤดูฝนมีค่าสูงกว่าในฤดูแล้งฝน 0.62 เท่า และบริเวณ รร.ศรีวิกรม์ในฤดูฝนสูงกว่าในฤดูแล้งฝน 0.30 เท่า จากการพิจารณาข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา ดังตารางที่ 4.7 พบว่าในฤดูฝนมีความเข้มแสงเฉลี่ยเท่ากับ 136.4 W/m^2 อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 28.26°C ความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 0.8 m/s มีทิศทางหลักคือ WN และ NE มีปริมาณน้ำฝน 4.78 mm ส่วนในฤดูแล้งฝนมีความเข้มแสงเฉลี่ยเท่ากับ 173.11 W/m^2 อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 30.64°C ความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 3.53 m/s มีทิศทางหลักคือ S ปริมาณน้ำฝน 0.01 mm จะเห็นได้ว่าในฤดูแล้งฝน ปริมาณความเข้มแสงและอุณหภูมิสูง จะทำให้ pPAHs ถูก photodegradation และเปลี่ยนไปอยู่ในรูปก๊าซได้มากขึ้น ซึ่งจะทำให้ตรวจวัดเจอ pPAHs น้อยลง รวมทั้งความเร็วลมเฉลี่ยที่สูง (3.53 m/s) จึงทำให้ pPAHs กระจายตัวได้ดี ซึ่งมีผลทำให้มีความเข้มข้น pPAHs ต่ำกว่าฤดูฝน

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาที่ถนนสุขุมวิทในฤดูฝนและแล้งฝน

ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา	ถนนสุขุมวิท	
	ฝน	แล้งฝน
อุณหภูมิ (°C)	28.26 (22.9-34.5)	30.64 (24.2-36.9)
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	87.19 (63-100)	80.15 (53-94)
ความเข้มแสง (W/m ²)	136.40 (2.4-841.1)	173.11 (1.2-800.8)
ปริมาณน้ำฝน (mm)	4.78 (0-24)	0.01 (0-2.0)
ความเร็วลม (m/s)	0.8 (0.1-6.5)	3.53 (0.1-11.4)

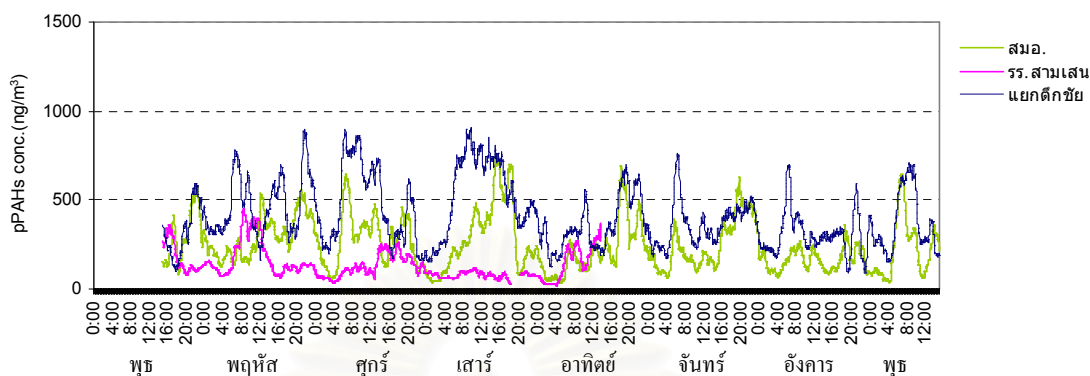
จากผลการศึกษาจะเห็นว่าความเข้มข้นของสาร pPAHs ในฤดูฝนสูงกว่าฤดูแล้งฝน เนื่องจากอุณหภูมิ ความเข้มของแสงอาทิตย์และความเร็วลม ซึ่งแสงมีผลการกระจายตัวของ pPAHs สอดคล้องกับงานวิจัยของ Guo และคณะ (2003) ซึ่งได้ศึกษาความเข้มข้น pPAHs 16 ชนิด ใน PM_{2.5} และ PM₁₀ ในช่วงฤดูหนาว (พฤศจิกายน – มีนาคม) ฤดูร้อน (มิถุนายน – สิงหาคม) โดยเก็บตัวอย่างในพื้นที่ที่มีจราจรหนาแน่น ผลการศึกษาพบว่า ฤดูหนาวมีค่า pPAHs ใน PM_{2.5} และ PM₁₀ 41.75 และ 54.72 ng/m³ ตามลำดับ ฤดูร้อนมีค่า 4.87 และ 5.82 ng/m³ ตามลำดับ โดยพบว่าความเข้มข้น pPAHs ใน PM_{2.5} และ PM₁₀ ฤดูหนาวมีค่าสูงกว่าฤดูร้อน 8.6 และ 9.4 เท่าตามลำดับ Caricchia และคณะ (1999) ตรวจวัด PAHs 17 ชนิดในประเทศ อิตาลี ทำการเก็บตัวอย่าง 24 ชั่วโมง ใน 3 ฤดูกาล คือ ฤดูใบไม้ร่วง ฤดูหนาว และฤดูร้อน จากการศึกษาพบว่าค่า pPAHs ต่ำสุดในฤดูร้อน โดย ratio ของ pPAHs ที่พบในฤดูใบไม้ร่วง และฤดูหนาว ต่อฤดูร้อน มีค่า 1.5 และ 4.5 ตามลำดับ Possanzini และคณะ (2004) ตรวจวัด PAHs 20 ชนิดในบรรยากาศเมืองโรม ประเทศ อิตาลี ที่อยู่ในรูปของ PAHs ในฝุ่นและ PAHs ที่เป็นก๊าซ 3 ฤดู (ฤดูใบไม้ร่วง ฤดูหนาว และฤดูใบไม้ผลิ) พบว่า โดยส่วนใหญ่ volatile-PAHs จะมีการกระจายตัวที่ไม่คงที่ใน ฤดูใบไม้ร่วง และฤดูใบไม้ผลิเนื่องจากอุณหภูมิ พบว่า Pyrene อยู่ในรูปก๊าซร้อยละ 50 ในฤดูหนาว และปรากฏในรูปก๊าซร้อยละ 80 ในฤดูใบไม้ร่วง และฤดูใบไม้ผลิ แสดงให้เห็นว่าการกระจายตัวของ PAHs ในบรรยากาศขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูง PAHs จะเปลี่ยน ไปอยู่ในรูปก๊าซได้มากขึ้น

4.2.2 ความเข้มข้นของ pPAHs ตามแนวถนนพระรามหก

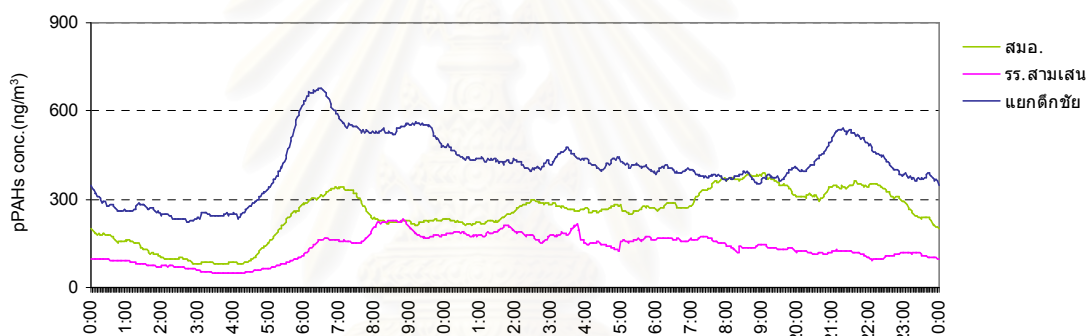
1) ฤดูฝน

จากการตรวจวัดความเข้มข้นของ pPAHs ในจุดตรวจวัดทั้งหมด 3 จุด ประกอบด้วย บริเวณสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม (สมอ.) หน้าโรงเรียนสามเสนวิทยาลัย และป้อมควบคุมสัญญาณไฟจราจรสี่แยกตึกชัย โดยทำการเก็บตัวอย่างต่อเนื่องทุกๆ 2 นาที ตลอด 24 ชั่วโมง เป็น

เวลา 7 วัน (ในระหว่างวันพุธที่ 29 กันยายนถึงวันพุธที่ 6 ตุลาคม 2547) สามารถแสดงปริมาณสาร pPAHs และ diurnal profile ในภาพที่ 4.7 และ 4.8 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.7 ปริมาณสาร pPAHs ที่ตรวจวัดตามแนวถนนพระรามหก ในฤดูฝน



ภาพที่ 4.8 Diurnal profile ที่ตรวจวัดตามแนวถนนพระรามหก ในฤดูฝน

จากภาพที่ 4.7 และ 4.8 เมื่อพิจารณา ช่วงเวลาเช้าทั้ง 3 จุดเก็บตัวอย่างมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นความเข้มข้นของ pPAHs คล้ายคลึงกัน และพบว่าที่ สมอ. ความเข้มข้นของ pPAHs ก่อนข้ามใกล้เคียงตั้งแต่เวลา 8.00 น. ถึง 20.00 น.

เมื่อพิจารณาความเข้มข้นเฉลี่ยของ pPAHs พบว่าบริเวณสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม(สมอ.) มีค่า 250 ng/m^3 หน้าโรงเรียนสามเสนวิทยาลัย 131 ng/m^3 และป้อมควบคุมสัญญาณไฟจราจรสี่แยกตึกชัย 413 ng/m^3 ดังแสดงในตารางที่ 4.8 พบว่าบริเวณป้อมควบคุมสัญญาณไฟจราจรสี่แยกตึกชัย มีความเข้มข้นสูงสุดเนื่องจากเป็นบริเวณจุดตัดการจราจร ซึ่งค่าเฉลี่ย pPAHs สูงกว่าบริเวณหน้าสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม และ หน้าโรงเรียนสามเสนวิทยาลัย เป็น 0.61 และ 0.32 เท่า ตามลำดับ และบริเวณสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรมมีค่าสูงกว่า หน้าโรงเรียนสามเสนวิทยาลัยเป็น 0.52 เท่า

จากตารางที่ 4.8 พบว่าบริเวณ สมอ. มีค่า pPAHs สูงในวันพฤหัสบดีและเสาร์ โดยมีค่า 294 และ 291 ng/m^3 ตามลำดับ และมีค่าต่ำที่สุดในวันอังคาร โดยมีค่า 164 ng/m^3 บริเวณ รร.สาม

เสนามีค่า pPAHs สูงในวันพฤหัสบดี โดยมีค่า 176 ng/m³ และมีค่าต่ำในวันเสาร์ โดยมีค่า 78 ng/m³ บริเวณแยกตึกชัยมีค่า pPAHs สูงในวันเสาร์ โดยมีค่า 541 ng/m³ และมีค่าต่ำในวันอังคาร โดยมีค่า 304 ng/m³

ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยรายวัน pPAHs บริเวณ สมอ. รร.สามเสน และแยกตึกชัย ในฤดูฝน

จุดเก็บตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ยของ pPAHs (ng/m ³)							
	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	เฉลี่ย
สมอ.	256	294	276	291	216	251	164	250 ^a
รร.สามเสน	173	176	127	78	144	-	-	131 ^b
แยกตึกชัย	330	476	467	541	359	365	304	413 ^c

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่มุมขวบนที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

: - การขัดข้องของกระแสไฟฟ้าไม่สามารถตรวจวัดความเข้มข้น pPAHs

เมื่อนำผลการตรวจวัดไปวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS for window โดยใช้วิธี One way ANOVA เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความเข้มข้น pPAHs บริเวณสมอ. หน้ารร.สามเสนวิทยาลัย และป้อมควบคุมสัญญาณไฟจราจรแยกตึกชัย ว่าแตกต่างกันหรือไม่ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยตั้งสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ย pPAHs ทั้ง 3 บริเวณไม่แตกต่างกัน

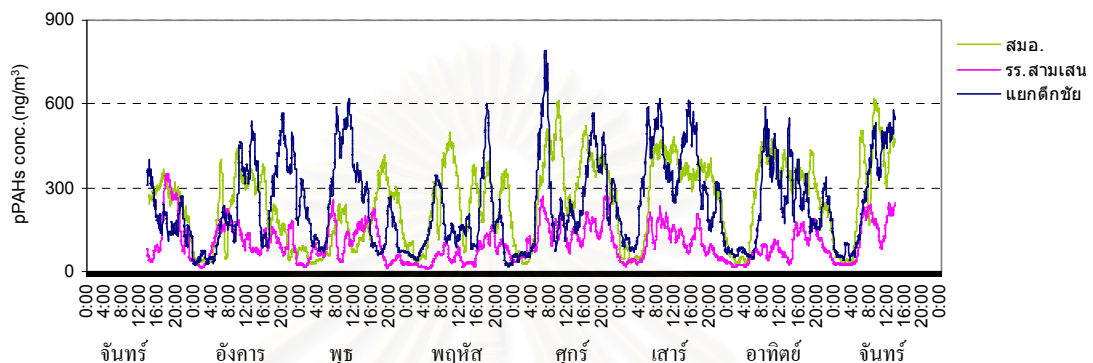
H_1 : ค่าเฉลี่ย pPAHs ทั้ง 3 บริเวณ มีอย่างน้อย 1 คู่แตกต่างกัน

โดยในขั้นแรกทดสอบความแปรปรวนของทั้ง 3 กลุ่ม พบว่ามีค่า P-value = 0.019 < 0.05 ปฏิเสธ H_0 คือ ความแปรปรวนของ 3 บริเวณแตกต่างกัน และเมื่อใช้สถิติทดสอบ Welch Test พบว่ามีค่า P-value = 0.000 < 0.05 ปฏิเสธ H_0 คือค่าเฉลี่ยต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ และพิจารณาผลการทดสอบโดยใช้ Dunnett'T3 ทดสอบพบว่า pPAHs บริเวณแยกตึกชัยสูงกว่า สมอ. และ รร.สามเสน วิทยาลัย อย่างมีนัยสำคัญ และบริเวณ สมอ.สูงกว่า รร.สามเสนอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน (แสดงผลการวิเคราะห์ในภาคผนวก ข-2.1)

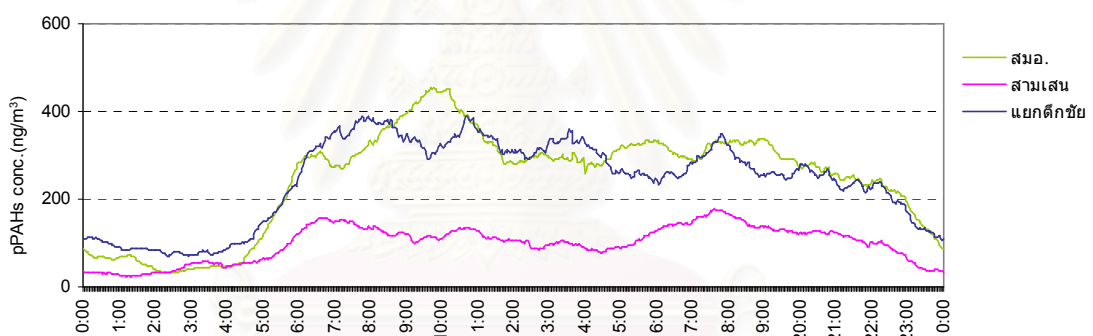
จากการศึกษาจะเห็นว่าการกระจายตัวของ pPAHs ที่บริเวณแยกตึกชัย ซึ่งเป็นแยกไฟสัญญาณจราจร และมีโครงสร้างของทางด่วนปิดล้อมช่องจราจร บริเวณโดยรอบมีลักษณะโค้งไม่มีตึกในพื้นที่ใกล้เคียง มีค่าสูงกว่าบริเวณสมอ.ซึ่งมีโครงสร้างของทางด่วนปิดล้อมช่องจราจรและมีอาคารสูงทั้ง 2 ฟังถนน ทั้งนี้อาจเนื่องจากบริเวณแยกตึกชัยมีการจราจรที่หนาแน่นและติดขัด และลักษณะบริเวณที่เป็นสี่แยกนั้นทำให้เกิดมีการหยุดและการออกของรถ จึงมีปริมาณ pPAHs สูง ส่วนบริเวณรร.สามเสนมีโครงสร้างของทางด่วนปิดล้อมช่องจราจรเพียงครึ่งหนึ่ง และมีตึกเพียงข้างเดียวซึ่งอยู่ห่างจากจุดตรวจวัดมากจึงทำให้การถ่ายเทของ pPAHs ตีกว่าทั้ง 2 บริเวณจึงมีค่าต่ำกว่าทั้งสองบริเวณ

2) ฤดูแล้งฝน

จากการตรวจวัดความเข้มข้นของ pPAHs ในจุดตรวจวัดทั้งหมด 3 จุด เช่นเดียวกับที่ตรวจวัดในฤดูฝนโดยทำการเก็บตัวอย่างต่อเนื่องทุกๆ 2 นาที ตลอด 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 7 วัน (ในระหว่างวันจันทร์ที่ 18 ถึงวันจันทร์ที่ 25 เมษายน 2548) สามารถแสดงปริมาณสาร pPAHs และ diurnal profile ในภาพที่ 4.9 และ 4.10 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.9 ปริมาณสาร pPAHs ที่ตรวจวัดตามแนวถนนพระรามหก ในฤดูแล้งฝน



ภาพที่ 4.10 Diurnal profile ที่ตรวจวัดตามแนวถนนพระรามหก ในฤดูแล้งฝน

จากภาพที่ 4.9 และ 4.10 เมื่อพิจารณา พบว่าทั้ง 3 บริเวณ ค่าความเข้มข้นของ pPAHs สูงในช่วงเวลาเช้าประมาณ 6:00 – 9:00 นาฬิกา และพบว่า ความเข้มข้น pPAHs ค่อนข้างคงที่ในช่วงวัน และลดลง ช่วงเวลา 21.00-22.00 น.

เมื่อพิจารณาความเข้มข้นเฉลี่ยของ pPAHs พบว่าบริเวณ สมอ. มีค่าเท่ากับ 246 ng/m^3 หน้าโรงเรียนสามเสนวิทยาลัยมีค่าเท่ากับ 99 ng/m^3 และป้อมควบคุมสัญญาณไฟจราจรสี่แยกตึกชัยมีค่าเท่ากับ 242 ng/m^3 ดังแสดงในตารางที่ 4.9 พบว่าบริเวณสมอ.และสี่แยกตึกชัยมีค่าใกล้เคียงกันมาก และสูงกว่าหน้าโรงเรียนสามเสนวิทยาลัย เป็น 0.4 และ 0.41 เท่า ตามลำดับ

จากตารางที่ 4.9 พบว่าบริเวณ สมอ. มีค่า pPAHs สูงในวันศุกร์ โดยมีค่า 302 ng/m^3 และมีค่าต่ำในวันพุธ โดยมีค่า 159 ng/m^3 บริเวณ รร.สามเสนมีค่า pPAHs สูงในวันจันทร์ โดยมีค่า 156

ng/m³ และมีค่าต่ำในวันพฤหัสบดี โดยมีค่า 60 ng/m³ บริเวณแยกตึกชัยมีค่า pPAHs สูงในเสาร์โดยมีค่า 320 ng/m³ และมีค่าต่ำในวันพฤหัสบดี โดยมีค่า 169 ng/m³

ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยรายวัน pPAHs บริเวณ สมอ. รร.สามเสน และแยกตึกชัย ในฤดูแล้งฝน

จุดเก็บตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ยของ pPAHs (ng/m ³)							
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	เฉลี่ย
สมอ.	278	192	159	235	302	282	272	246 ^a
รร.สามเสน	156	105	97	60	137	99	79	99 ^b
แยกตึกชัย	231	243	237	169	267	320	229	242 ^a

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่มุมขวาบนที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อนำผลการตรวจวัดไปวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS for window โดยใช้วิธี One way ANOVA เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความเข้มข้น pPAHs บริเวณ สมอ. หน้ารร.สามเสนวิทยาลัย และป้อมควบคุมสัญญาณไฟจราจรแยกตึกชัย ว่าแตกต่างกันหรือไม่ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยตั้งสมมติฐาน ดังนี้

H₀ : ค่าเฉลี่ย pPAHs ทั้ง 3 บริเวณ ไม่แตกต่างกัน

H₁ : ค่าเฉลี่ย pPAHs ทั้ง 3 บริเวณ มีอย่างน้อย 1 คู่แตกต่างกัน

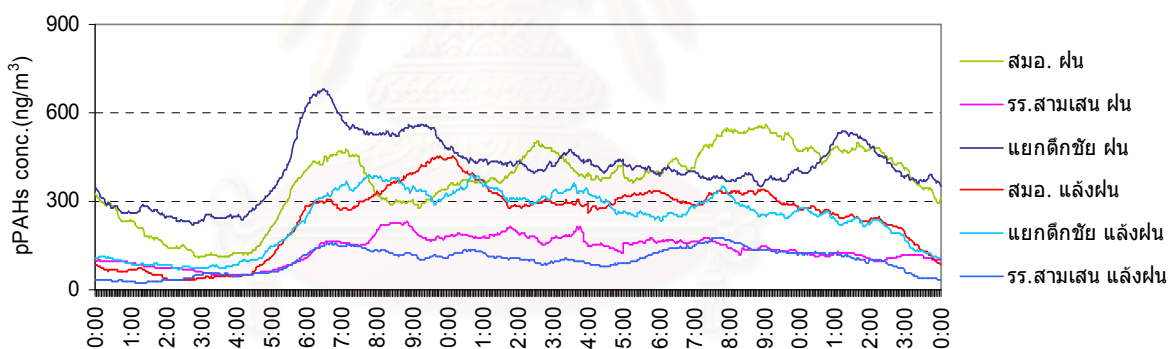
โดยในขั้นแรกทดสอบความแปรปรวนของทั้ง 3 กลุ่ม พบว่ามีค่า P-value = 0.388 > 0.05 ขอมรับ H₀ คือ ความแปรปรวนของ 3 บริเวณ ไม่แตกต่างกัน และเมื่อใช้สถิติทดสอบ F Test ทดสอบ พบว่ามีค่า P-value = 0.000 < 0.05 ปฏิเสธ H₀ คือค่าเฉลี่ยต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ และพิจารณาผลการทดสอบโดยใช้ LSD พบว่า pPAHs บริเวณ สมอ. และ แยกตึกชัยสูงกว่า รร.สามเสน วิทยาลัยอย่างมีนัยสำคัญ และบริเวณสมอ. กับ แยกตึกชัยไม่แตกต่างกัน (แสดงผลการวิเคราะห์ในภาคผนวก ข 2.2)

จากการศึกษาปัจจัยด้านโครงสร้างที่มีผลการกระจายตัวของสาร pPAHs ตามแนวถนนพระรามหกในช่วงเวลาเดียวกันในฤดูแล้งฝน ให้ผลที่มีแนวโน้มแตกต่างกับที่ตรวจวัดในฤดูฝน โดยพบว่าปัจจัยด้านโครงสร้างไม่ได้เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ค่าเฉลี่ยของ pPAHs บริเวณสมอ. และบริเวณแยกตึกชัย มีค่าเท่ากัน แต่เกิดจากปัจจัยแวดล้อม ด้านการจราจร โดยพบว่าที่บริเวณ สมอ. ในฤดูแล้งฝน diurnal profile มีค่าค่อนข้างสูงตลอดทั้งวัน ซึ่งแตกต่างกับในฤดูฝน สาเหตุเนื่องจากการจราจรที่ติดขัด รถไม่สามารถเคลื่อนตัวได้ สภาพที่รถเคลื่อนตัวได้ช้าด้วยความเร็วต่ำ การถ่ายเทอากาศเป็นไปได้น้อย มีการหยุดและออกตัวบ่อยครั้งขึ้น การสันดาปของน้ำมันเชื้อเพลิงไม่สมบูรณ์ ส่งผลต่อเนื่องไปถึงการสะสมปริมาณสารมลพิษ ซึ่งโดยปกติหากการจราจรไม่คับคั่งรถสามารถเคลื่อนตัวได้ตลอดเวลาจะทำหน้าที่เสมือนลูกสูบที่มีตัวรถ และความเร็วของรถเป็นตัวช่วยอัดอากาศ ทำให้เกิดการถ่ายเทอากาศได้มากยิ่งขึ้น ในทางตรงข้ามหากการจราจรในบริเวณเดียวกันนั้น

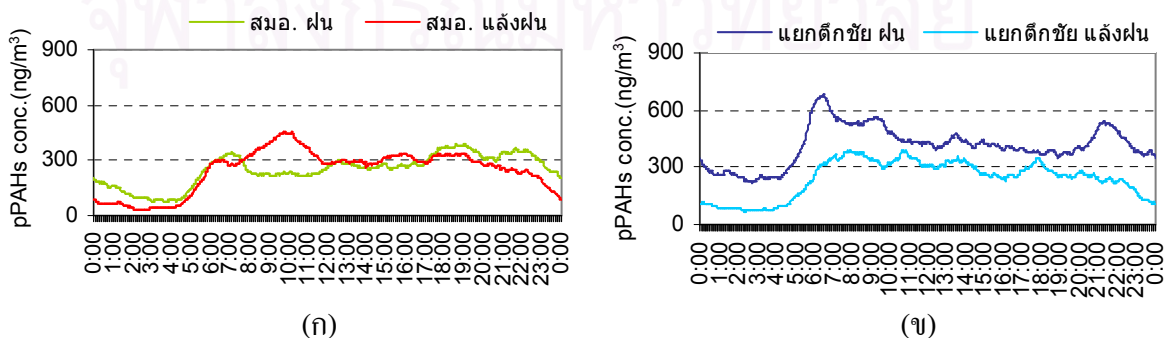
มีปริมาณมากและเคลื่อนตัวได้ช้ามากจะทำให้การถ่ายเทอากาศเป็นไปได้น้อย ทำให้ปริมาณสารมลพิษมีปริมาณสูง ซึ่งที่สมอ. มีลักษณะการจราจรที่ติดขัดตลอดทั้งวัน เป็นสาเหตุให้ปริมาณสาร pPAHs ที่สมอ. มีค่าสูงใกล้เคียงกับที่แยกตึกชัย ซึ่งเป็นจุดตัดการจราจร

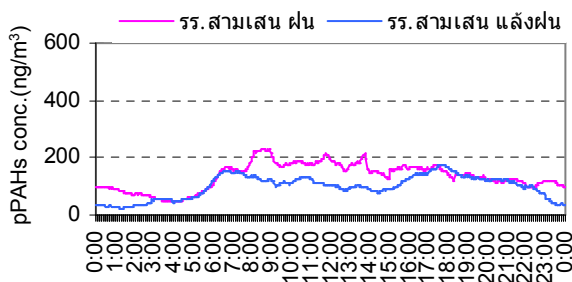
3) เปรียบเทียบระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้งฝน

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของ pPAHs ทั้งหมด 3 จุด ระหว่างฤดูฝนและแล้งฝน โดยนำ diurnal profile มาเปรียบเทียบกัน ดังแสดงในภาพที่ 4.11 พบว่ามีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นลดลงของสองฤดูกาลคล้ายคลึงกันในฤดูฝนและแล้งฝน โดยค่าสูงสุดที่พบคือ บริเวณแยกตึกชัยในฤดูฝน ค่าต่ำสุดคือ รร.สามเสนในฤดูแล้งฝน จากภาพที่ 4.12 (ก) (ข) (ค) พบว่าบริเวณแยกตึกชัย ฤดูฝนมีค่ามี pPAHs สูงกว่าฤดูแล้งฝน 0.59 เท่า รร.สามเสนวิทยาลัยในฤดูฝน มีค่าสูงกว่า ในฤดูแล้งฝน 0.76 เท่า และบริเวณ สมอ. ในช่วงฤดูฝนมีค่าสูงกว่าในฤดูแล้งฝน 0.98 (~1) เท่า คือมีค่าเท่ากันในฤดูฝนและในฤดูแล้งฝนบริเวณ สมอ. ซึ่งเมื่อพิจารณาพบว่าทั้ง 2 บริเวณมีค่าการเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกัน ยกเว้นบริเวณ สมอ. และเมื่อเปรียบเทียบกับถนนสุขุมวิท ที่ถนนพระรามหก ค่าความเข้มข้น pPAHs ในฤดูฝนสูงกว่าฤดูแล้งประมาณ 0.59-0.76 เท่า สำหรับถนนสุขุมวิทความเข้มข้น pPAHs ในฤดูฝนมีค่าสูงกว่าฤดูแล้งฝน 0.3-0.62 เท่า



ภาพที่ 4.11 Diurnal profile ของ pPAHs ที่กระจายตัวตามแนวถนนพระรามหกในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งฝน





(ค)

ภาพที่ 4.12 Diurnal profile ของ pPAHs ที่ตรวจวัด ณ จุดเดียวกัน บริเวณถนนพระรามหกในฤดูฝน และฤดูแล้งฝน

จากการพิจารณาข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาตามตาราง 4.10 ในฤดูฝนความเข้มแสงเฉลี่ยเท่ากับ 101.77 W/m^2 อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 28.9°C ความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 0.2 m/s มีทิศลมหลักคือ NE ปริมาณน้ำฝน 0.67 mm ส่วนในฤดูแล้งฝนมีความเข้มแสงเฉลี่ยเท่ากับ 105.63 W/m^2 อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 31.79°C ความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 0.6 m/s มีทิศลมหลักคือ SW ปริมาณน้ำฝน 0.1 mm ซึ่งจากข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยา พบว่า ฤดูฝนมีอุณหภูมิต่ำกว่าฤดูแล้งฝน ส่วนปริมาณความเข้มแสงมีค่าใกล้เคียงกัน พบว่าสาร pPAHs ในฤดูแล้งฝนมีค่าต่ำกว่าฤดูฝน เนื่องจากอุณหภูมิความเข้มแสง และความเร็วลม โดยปริมาณความเข้มแสงและ อุณหภูมิสูง จะทำให้ pPAHs ถูก photodegradation และเปลี่ยนไปอยู่ในรูปก๊าซได้มากขึ้น ซึ่งจะทำให้ตรวจวัดเจอ pPAHs น้อยลง ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งมีผลทำให้มีความเข้มข้น pPAHs ในฤดูฝนมีค่าต่ำกว่าในฤดูแล้งฝน เมื่อพิจารณาจากหลักการพบว่าความเข้มข้น pPAHs จะสูงในฤดูฝนและต่ำกว่าในฤดูแล้งฝน ยกเว้นบริเวณ สมอ. ความเข้มข้น pPAHs ทั้ง 2 ฤดูกาลมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องมาจากปัจจัยด้านการจราจร ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

ตารางที่ 4.10 ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาที่ถนนพระรามหกในฤดูฝน และฤดูแล้งฝน

ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา	พระราม 6	
	ฝน	แล้งฝน
อุณหภูมิ ($^\circ\text{C}$)	28.90 (23.4-36.1)	31.79 (26.2-37.1)
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	83.16 (54-100)	78.39 (58-97)
ความเข้มแสง (W/m^2)	101.77 (9.8-703.1)	105.63 (6.1-730.0)
ปริมาณน้ำฝน (mm)	0.67 (0-31.2)	0.1 (0-12)
ความเร็วลม (m/s)	0.2 (0-2.0)	0.6 (0.0-3.6)
ทิศลมหลัก	NE	SW

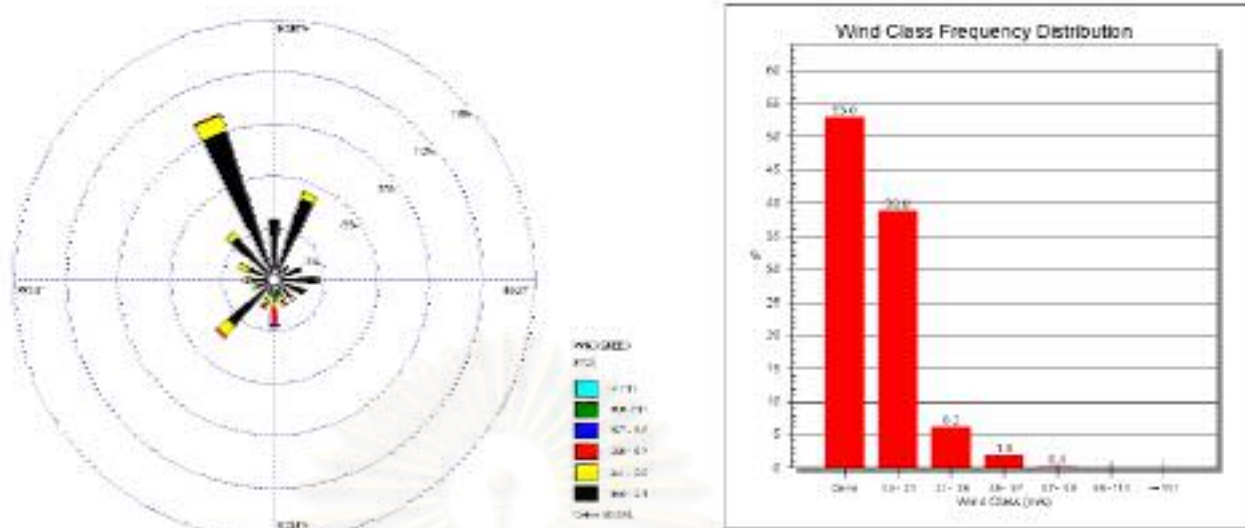
4.2.3 เปรียบเทียบ pPAHs ระหว่างถนนสุขุมวิทและถนนพระรามหก

การศึกษาการกระจายตัวตามแนวถนนของ pPAHs ได้ทำการศึกษาบริเวณถนนที่มีโครงสร้างที่แตกต่างกัน 2 สาย คือ ถนนสุขุมวิท และถนนพระรามหก โครงสร้างของถนนที่มีรางรถไฟ BTS คือถนนสุขุมวิท และถนนที่มีทางด่วน คือถนนพระรามหก เมื่อพิจารณาบริเวณที่โครงสร้างถนนคล้ายคลึงกัน อันได้แก่ (1) บริเวณพระโขนงที่มีสถานีรถไฟ BTS ปิดล้อมและมีตึก 2 ฟังถนน และบริเวณ สมอ. ซึ่งมีลักษณะของทางด่วนคร่อมและมีตึก 2 ฟังถนน (2) บริเวณแยกเอกมัยที่มีรางรถไฟ BTS และบริเวณด้านข้างเปิดโล่ง กับ แยกตึกชัยซึ่งเป็นบริเวณที่มีทางด่วนและด้านข้างเปิดโล่งและเป็นจุดตัดการจราจร (3) บริเวณร.ศรียกกรมบริหารธุรกิจที่มีรางรถไฟ BTS และมีอาคาร 1 ฟังของถนน เปรียบเทียบกับกับ รร.สามเสนวิทยาลัย มีทางด่วนปิดล้อมถนนเพียงครึ่งหนึ่ง และมีอาคาร 1 ฟังของถนน

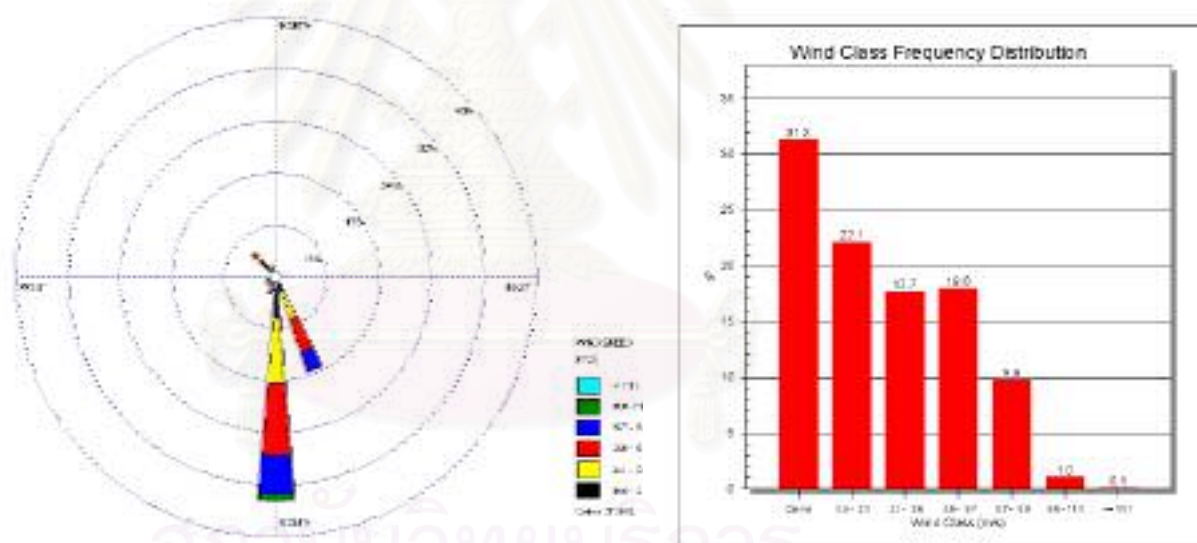
ขณะที่ทำการตรวจวัด pPAHs บริเวณถนนทั้ง 2 สายนั้น ได้ทำการเก็บข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา และข้อมูลจราจร ซึ่งจากข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษสามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 4.11 ซึ่งได้จากการเฉลี่ยข้อมูลต่างๆ ที่ตรวจวัดทุก 10 นาที ที่บริเวณจุดตรวจวัดสาร pPAHs ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง ความเร็วลม และทิศทางลม ส่วนข้อมูลด้านความปริมาณน้ำฝน เป็นข้อมูลที่ได้จากการกรมควบคุมมลพิษ ณ สถานีจุดจักร (ถนนพระรามหก) และสถานีกรมอุตุนิยมวิทยา (พระโขนง) ตามลำดับ สำหรับทิศทางลมได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยแสดงเป็นแผนภูมิทิศทางลม ดังแสดงในภาพที่ 4.13

ตารางที่ 4.11 ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาที่ถนนสุขุมวิท และถนนพระรามหก

ข้อมูลด้าน อุตุนิยมวิทยา	สุขุมวิท		พระราม 6	
	ฝน	แล้งฝน	ฝน	แล้งฝน
อุณหภูมิ (°C)	28.26 (22.9-34.5)	30.64 (24.2-36.9)	28.90 (23.4-36.1)	31.79 (26.2-37.1)
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	87.19 (63-100)	80.15 (53-94)	83.16 (54-100)	78.39 (58-97)
ความเข้มแสง (W/m ²)	136.40 (2.4-841.1)	173.11 (1.2-800.8)	101.77 (9.8-703.1)	105.63 (6.1-730.0)
ปริมาณน้ำฝน (mm)	4.78 (0-24)	0.01 (0-2.0)	0.67 (0-31.2)	0.1 (0-12)
ความเร็วลม (m/s)	0.8 (0.1-6.5)	3.53 (0.1-11.4)	0.2 (0-2.0)	0.6 (0.0-3.6)

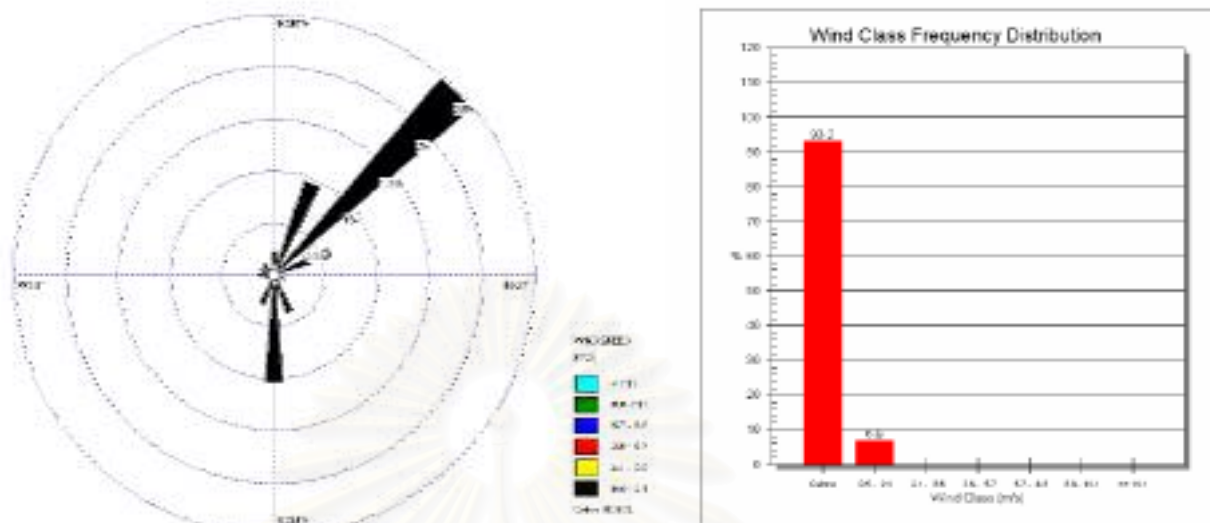


(ก)

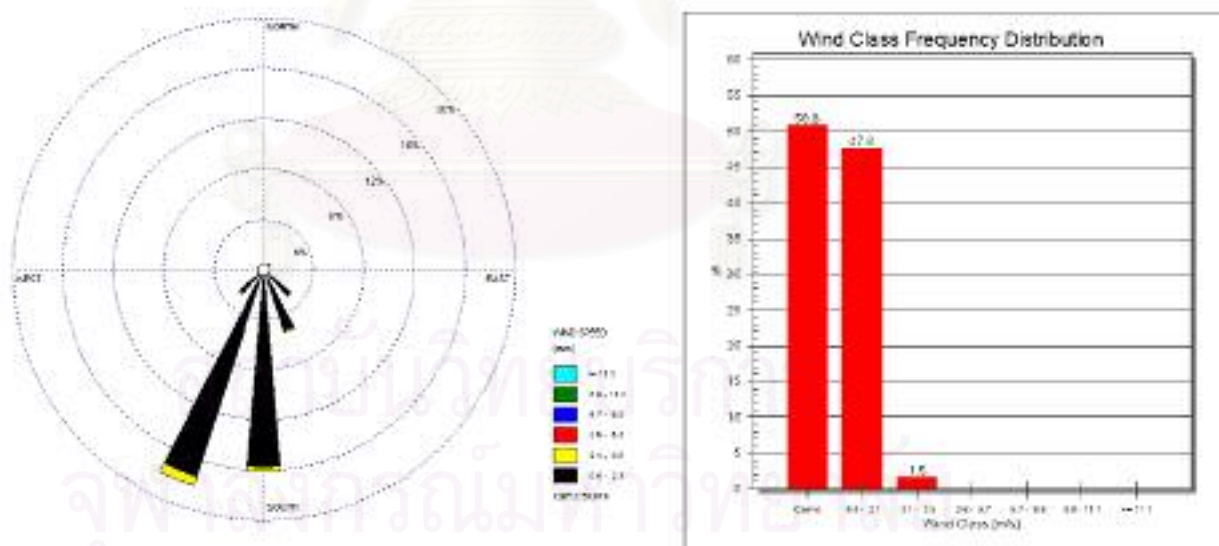


(ข)

ภาพที่ 4.13 แผนภูมิแสดงทิศทางลม และแผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์ความถี่ของการเกิดความเร็วลมต่างๆ บริเวณถนนสุขุมวิท ในฤดูฝน (ก) และฤดูแล้งฝน (ข) และบริเวณถนนพระรามหก ในฤดูฝน (ค) และฤดูแล้งฝน (ง)



(ค)

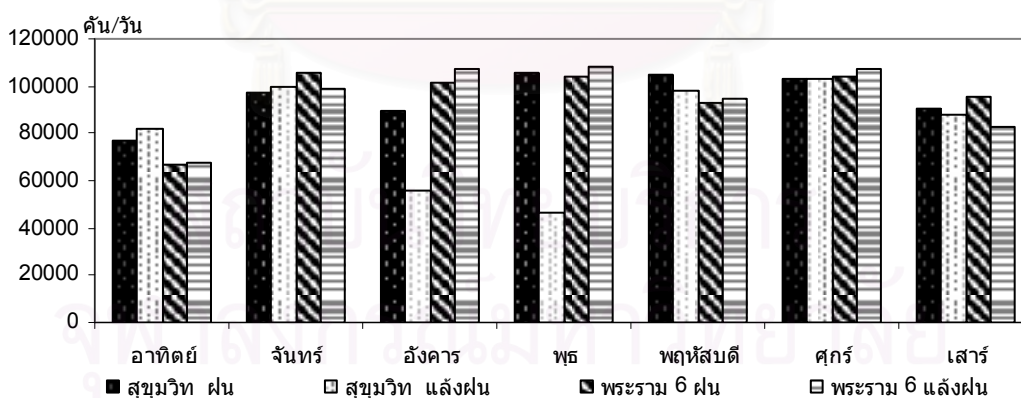


(ง)

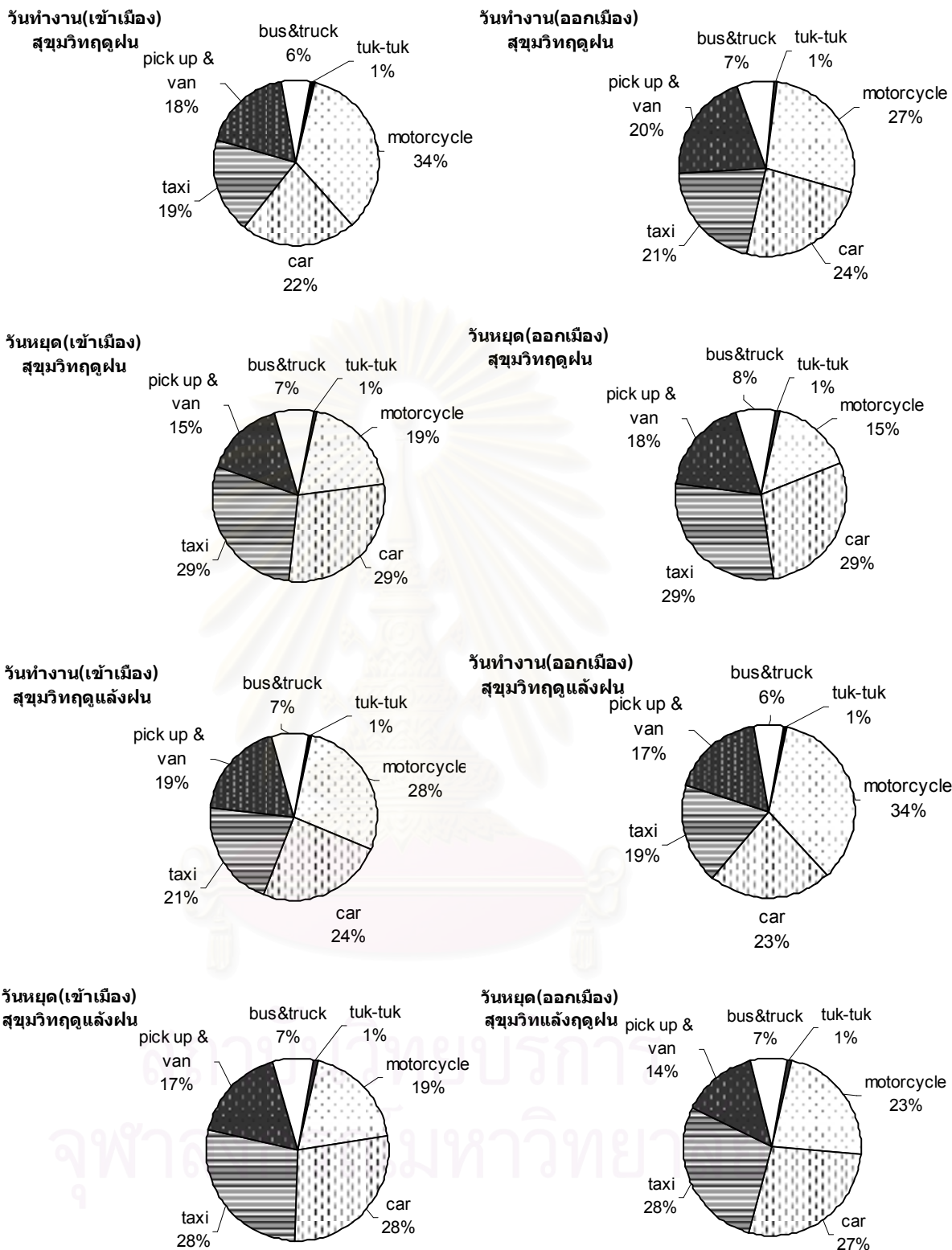
ภาพที่ 4.13(ต่อ) แผนภูมิแสดงทิศทางลม และแผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์ความถี่ของการเกิดความเร็วลมต่างๆ บริเวณถนนสุขุมวิท ในฤดูฝน (ค) และฤดูแล้งฝน (ข) และบริเวณถนนพระรามหก ในฤดูฝน (ค) และฤดูแล้งฝน (ง)

จากตารางที่ 4.11 พบว่าเมื่อเปรียบเทียบในฤดูกาลเดียวกันสภาพทางอุณหภูมิต่างกันได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ที่บริเวณถนนสุขุมวิท และพระรามหกไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ความเข้มข้น น้ำฝน และความเร็วมลมีความแตกต่างกัน ส่วนความเข้มข้น ความเร็วลม และปริมาณน้ำฝน พบว่าที่บริเวณถนนสุขุมวิทมีค่าสูงกว่า ในฤดูแล้งฝน พบว่าที่บริเวณถนนสุขุมวิทมีอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ใกล้เคียงกับที่ถนนพระรามหก และปริมาณน้ำฝนมีค่าต่ำเหมือนกัน ส่วนความเข้มข้นและความเร็วมลพบว่าบริเวณถนนสุขุมวิทมีค่าสูงกว่าถนนพระรามหกมาก แต่เมื่อเปรียบเทียบบริเวณถนนเดียวกันระหว่างฤดูฝน และแล้งฝนพบว่า อุณหภูมิ ความเข้มข้น และความเร็วมล ในฤดูแล้งฝนมากกว่าฤดูฝน และปริมาณฝนในฤดูฝนมากกว่าฤดูแล้งฝน

การสำรวจข้อมูลจราจรระหว่างที่เก็บตัวอย่างทั้งสองฤดูนั้น ได้ แบ่งประเภทรถออกเป็น 6 ประเภทได้แก่ (1) รถบรรทุกขนาดใหญ่-รถโดยสารประจำทางและไม่ประจำทาง (2) รถสามล้อเครื่อง (3) รถจักรยานยนต์ (4) รถบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ – รถตู้ (5) รถแท็กซี่ (6) รถยนต์ส่วนบุคคล ในฤดูแล้งฝน วันอังคารที่ 5 และพุธที่ 6 เมษายน สภาพอากาศผิดปกติเนื่องจากฝนตกตลอดทั้งวันจึงทำให้การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าไม่ได้ จึงไม่สามารถเก็บข้อมูลจราจรได้เต็มวัน โดยเริ่มทำการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อเก็บข้อมูลในวันที่ 6 เมษายน 2548 เวลา 14.00 น. จึงทำให้ข้อมูลของวันอังคารและพุธ มีเพียง มีเพียง 12 ชม. โดยพบว่า มีจำนวนรถรวมใกล้เคียงกันในวัน อาทิตย์ จันทร์ พุธ ศุกร์ และเสาร์ (ดังภาพที่ 4.14) สัดส่วนปริมาณรถแต่ละประเภทในฤดูฝนและแล้งฝนของถนนสุขุมวิทและพระรามหก โดยแยกเป็นช่วงวันทำงาน (workday) คือวันจันทร์ถึงวันเสาร์ และวันหยุด (weekend) คือวันอาทิตย์ สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4.15

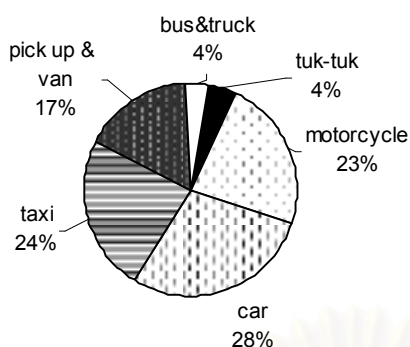


ภาพที่ 4.14 ปริมาณรถรวมทุกชนิดบริเวณถนนสุขุมวิทและพระรามหกระหว่างการเก็บตัวอย่างในฤดูฝนและฤดูแล้งฝน

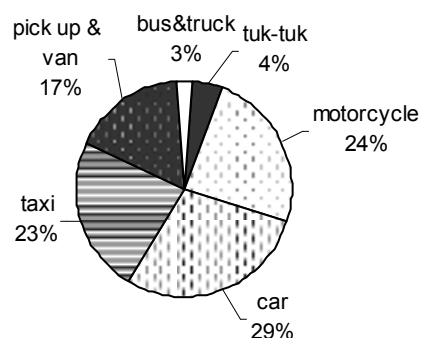


ภาพที่ 4.15 สัดส่วนปริมาณรถแต่ละประเภทบนถนนสุขุมวิท และถนนพระรามหก

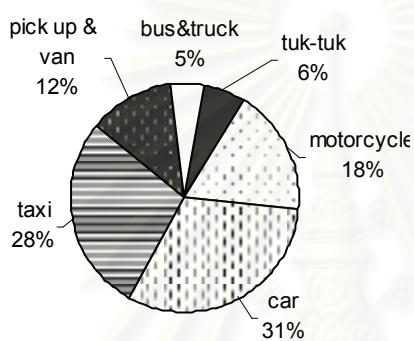
**วันทำงาน(เข้าเมือง)
พระรามหก ฤดูฝน**



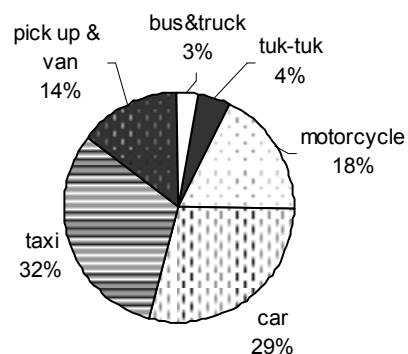
**วันทำงาน(ออกเมือง)
พระรามหก ฤดูฝน**



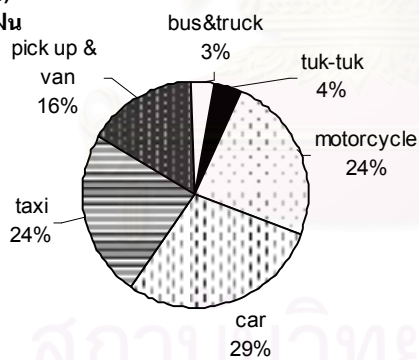
**วันหยุด(เข้าเมือง)
พระรามหก ฤดูฝน**



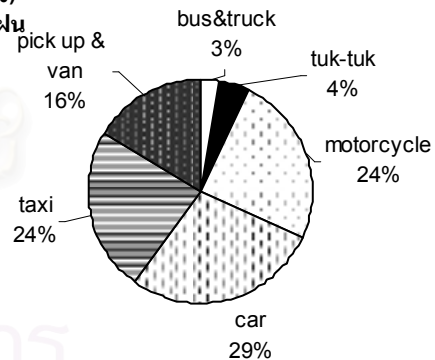
**วันหยุด(ออกเมือง)
พระรามหก ฤดูฝน**



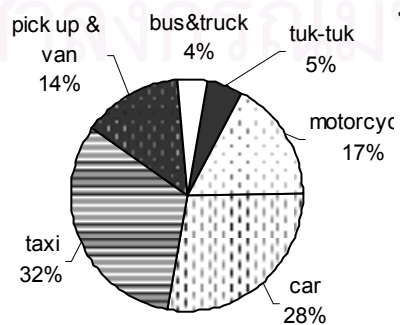
**วันทำงาน(เข้าเมือง)
พระรามหก ฤดูแล้งฝน**



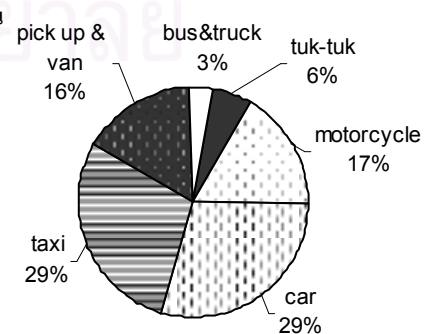
**วันทำงาน(ออกเมือง)
พระรามหก ฤดูแล้งฝน**



**วันหยุด(เข้าเมือง)
สุขุมวิท ฤดูแล้งฝน**



**วันหยุด(ออกเมือง)
พระรามหก ฤดูแล้งฝน**



ภาพที่ 4.15 (ต่อ) สัดส่วนปริมาณรถแต่ละประเภทบนถนนสุขุมวิท และถนนพระรามหก

ในฤดูฝน ที่ถนนสุขุมวิทพบว่าสัดส่วนของรถชนิดต่างๆ เป็นดังนี้ รถจักรยานยนต์ 27-34% ในวันทำงาน และ 15-19% ในวันหยุด รถยนต์ส่วนบุคคล 22-24% ในวันทำงาน และ 29% ในวันหยุด รถแท็กซี่ ในวันทำงาน 19-21% และ 29% ในวันหยุด รถบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ – รถตู้ 18-20% ในวันทำงาน และ 15-18% ในวันหยุด รถบรรทุกขนาดใหญ่-รถโดยสารประจำทางและไม่ประจำทาง 6-7% ในวันทำงาน และ 7-8% ในวันหยุด และ รถสามล้อเครื่อง 1 % ในวันทำงานและวันหยุด

ในฤดูแล้งฝน ที่ถนนสุขุมวิทพบว่าสัดส่วนของรถชนิดต่างๆ ไม่แตกต่างจากในฤดูฝน คือ รถจักรยานยนต์ 28-34% ในวันทำงาน และ 19-23% ในวันหยุด รถยนต์ส่วนบุคคล 23-24% ในวันทำงาน และ 27-28% ในหยุด รถแท็กซี่ ในวันทำงาน 19-21% และ 28% ในวันหยุด รถบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ – รถตู้ 17-19% ในวันทำงาน และ 14-17% ในวันหยุด รถบรรทุกขนาดใหญ่-รถโดยสารประจำทางและไม่ประจำทาง 6-7% ในวันทำงาน และ 7% ในวันหยุด และ รถสามล้อเครื่อง 1 % ในวันทำงานและวันหยุด

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสัดส่วนของรถ ระหว่างวันทำงานและวันหยุด ทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้งฝนของถนนสุขุมวิท พบว่าในวันหยุดรถรถยนต์ส่วนบุคคลและรถแท็กซี่ มีจำนวนสูงกว่าในวันทำงาน ส่วนรถจักรยานยนต์และรถบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ – รถตู้ ในวันหยุดมีปริมาณน้อยกว่าวันทำงาน ส่วนจำนวนรถบรรทุกขนาดใหญ่-รถโดยสารประจำทางและไม่ประจำทาง มีจำนวนใกล้เคียงกันทั้งในวันหยุดและวันทำงาน

สำหรับที่พระรามหกในฤดูฝน พบว่าสัดส่วนของรถชนิดต่างๆ เป็นดังนี้ คือ รถยนต์ส่วนบุคคล 28-29% ในวันทำงาน และ 29-31% ในวันหยุด รถแท็กซี่ ในวันทำงาน 23-24% และ 28-32% ในวันหยุด รถจักรยานยนต์ 18% ในวันทำงาน และ 24% ในวันหยุด รถบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ – รถตู้ 12-14% ในวันทำงาน และ 16% ในวันหยุด รถบรรทุกขนาดใหญ่-รถโดยสารประจำทางและไม่ประจำทาง 5-3% ในวันทำงาน และ 3% ในวันหยุด และ รถสามล้อเครื่อง 4 % ในวันทำงานและวันหยุด

ในฤดูแล้งฝน ที่ถนนพระรามหกพบว่าสัดส่วนรถชนิดต่างๆ ไม่แตกต่างจากในฤดูฝน คือ รถยนต์ส่วนบุคคล 29% ในวันทำงาน และ 28-29% ในวันหยุด รถแท็กซี่ ในวันทำงาน 24% และ 29-32% ในวันหยุด รถจักรยานยนต์ 24% ในวันทำงาน และ 17% ในวันหยุด รถบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ – รถตู้ 16% ในวันทำงาน และ 14-16% ในวันหยุด รถบรรทุกขนาดใหญ่-รถโดยสารประจำทางและไม่ประจำทาง 3% ในวันทำงาน และ 3-4% ในวันหยุด และ รถสามล้อเครื่อง 4-6 % ในวันทำงานและวันหยุด

เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างถนนพระรามหกและถนนสุขุมวิท สัดส่วนของรถแต่ละประเภทมีค่าใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มที่เหมือนกัน คือ ในวันหยุดรถยนต์ส่วนบุคคลและรถแท็กซี่ มีจำนวนสูงกว่าในวันทำงาน ส่วนรถจักรยานยนต์และรถบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ – รถตู้ ใน

วันหยุดมีปริมาณน้อยกว่าวันทำงาน ส่วนจำนวนรถบรรทุกขนาดใหญ่-รถโดยสารประจำทางและ ไม่ประจำทาง มีจำนวนใกล้เคียงกันทั้งในวันหยุดและวันทำงาน

เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านโครงสร้างถนน สภาพอุตุนิยมวิทยา และปริมาณจราจรที่มีผลต่อการ กระจายตัวของสาร pPAHs ที่ถนนสุขุมวิทและถนนพระรามหก สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.12

จากการศึกษาการกระจายตัวตามแนวนอน พิจารณา 2 ประเด็น คือ ถ้าปัจจัยแวดล้อม เช่น ปริมาณการจราจร และสภาพทางอุตุนิยมวิทยาที่เหมือนกัน และถ้าปัจจัยด้านโครงสร้างถนนที่ คล้ายคลึงกัน โดยเมื่อพิจารณาประเด็นแรกเกี่ยวกับปัจจัยแวดล้อม เช่น ปริมาณการจราจร และ สภาพทางอุตุนิยมวิทยาที่เหมือนกัน ที่ถนนสุขุมวิทในฤดูฝนและฤดูแล้งฝน พบว่า บริเวณใต้สถานี รถไฟฟ้า BTS สถานีพระโขนง ลักษณะพื้นที่มีอาคารใกล้เคียงเป็นอาคารพาณิชย์สูงทั้ง 2 ฝั่งถนน มี $H_1:H_2:W_1:W_2$ เท่ากับ 9:9:14:14 มีความเข้มข้น pPAHs สูงกว่าที่รร.ศรีวิกรม์ มีลักษณะพื้นที่ ที่อยู่ บริเวณใต้รางรถไฟฟ้า BTS ไม่มีสถานีรถไฟฟ้า และมีอาคารพาณิชย์สูง 1 ฝั่งถนน มี $H_1:H_2:W_1:W_2$ เท่ากับ 0:9:14:8.6 และสูงกว่าที่แยกเอกมัย ซึ่งมีลักษณะเป็นสี่แยก บริเวณใกล้เคียงไม่มีอาคาร พาณิชยกรรมสูง มี $H_1:H_2:W_1:W_2$ เท่ากับ 0:0:14:8.6 จากการผลการศึกษาพบว่าปัจจัยด้านโครงสร้างถนน มีผลต่อการกระจายตัวมลพิษ โดยเฉพาะบริเวณถนนที่มีขนาขลสถานีรถไฟฟ้าและมีอาคารสูงทั้ง 2 ฝั่งถนน ที่ถนนพระรามหกในฤดูฝน พบว่า บริเวณแยกตึกชัยซึ่งมีลักษณะเป็นสี่แยก บริเวณ ใกล้เคียงไม่มีอาคารพาณิชย์สูง มี $H_1:H_2:W_1:W_2$ เท่ากับ 0:0:32:32 มีค่า pPAHs สูงกว่า ที่สมอ. ซึ่งมี อาคารใกล้เคียงเป็นอาคารสูงทั้ง 2 ฝั่งถนนและอยู่บริเวณใต้ทางด่วน มี $H_1:H_2:W_1:W_2$ เท่ากับ 9:12:27.6:27.6 และที่รร.สามเสนวิทยาลัยอยู่บริเวณใต้ทางด่วน ซึ่งคร่อมช่องการจราจรเพียงครึ่ง เดียว และไม่มีอาคารในบริเวณใกล้เคียง มี $H_1:H_2:W_1:W_2$ เท่ากับ 0:0:17.7:8.25 ส่วนในฤดูแล้งฝน พบว่าบริเวณ ที่สมอ. มีค่าเท่ากับที่แยกตึกชัยและสูงกว่า รร.สามเสนวิทยาลัย เนื่องจากบริเวณ สมอ. มีโครงสร้างถนนที่ปิดทึบเมื่อเทียบกับรร.สามเสนวิทยาลัย และพบว่าเมื่อการจราจรติดขัดรถเคลื่อน ตัวได้ช้า ลักษณะ โครงสร้างถนนที่ปิดทึบจะสามารถกักเก็บสารมลพิษทำให้ความเข้มข้นสูง ใกล้เคียงกับบริเวณสี่แยก จากการผลการศึกษาพบว่าปัจจัยด้านโครงสร้างถนนมีผลต่อการกระจาย ตัวมลพิษ โดยถนนที่มีทางด่วนคร่อมช่องการจราจรพอดี และมีอาคารสูงทั้ง 2 ฝั่งถนน รวมทั้ง ปัจจัยด้านสภาพการจราจรมีผลเช่นกัน โดยเฉพาะบริเวณถนนที่มีลักษณะปิดทึบยิ่งส่งผลทำให้เกิด การสะสมตัวของมลพิษมากขึ้น

ตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบค่า pPAHs อุตุณิยมิวิทยา ปริมาณจราจร บริเวณถนนสุขุมวิทและถนนพระรามหกที่ตรวจวัดได้ในฤดูฝนและแล้งฝน

พารามิเตอร์ (H ₁ :H ₂ :W ₁ :W ₂)	สุขุมวิท						พระรามหก					
	ฝน			แล้งฝน			ฝน			แล้งฝน		
	พระโขนง 9:9:14:14	รร.ศรีวิกรม์ 0:9:14:8.6	แยกเอกมัย 0:0:14:8.6	พระโขนง 9:9:14:14	รร.ศรีวิกรม์ 0:9:14:8.6	แยกเอกมัย 0:0:14:8.6	สมอ. 9:12:27.6:27.6	รร.สามเสน 0:0:17.7:8.25	แยกตึกชัย 0:0:32:32	สมอ. 9:12:27.6:27.6	รร.สามเสน 0:0:17.7:8.25	แยกตึกชัย 0:0:32:32
pPAHs (ng/m ³)	514	334	354	265	100	219	250	140	406	246	99	242
อุตุณิยมิวิทยา												
อุณหภูมิ (°c)	28.26			30.64			28.90			31.79		
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	87.19			80.15			83.16			78.39		
ความเข้มแสง (W/m ²)	136.40			173.11			101.77			105.63		
ปริมาณน้ำฝน (mm)	4.78			0.01			0.67			0.1		
ความเร็วลม (m/s)	0.8			3.53			0.2			0.6		
ปริมาณจราจร (คัน/วัน)												
tuk-tuk	4344			4098			28950			28578		
motorcycle	193782			166235			154332			156780		
car	160944			142862			194154			190836		
taxi	139380			124817			162060			163128		
pick up & van	126216			104434			109794			106794		
bus&truck	43056			31388			21300			20598		

ประเด็นที่สอง ถ้าปัจจัยด้านโครงสร้างถนนบริเวณที่คล้ายคลึงกันมาเปรียบเทียบกัน ระหว่างถนนสุขุมวิทและถนนพระรามหก และพิจารณาปัจจัยแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยบริเวณพระโขนงเทียบกับ สมอ. ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างถนนที่มีอาคารพาณิชย์สูง 2 ฟังถนน และมีสิ่งปลูกสร้างบนถนนปิดล้อมกับช่องการจราจรพอดีเหมือนกัน บริเวณร.ศรีวิกรม์เทียบกับ ร.สามเสน วิทยาลัย ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างถนนที่มีสิ่งปลูกสร้างบนถนนปิดล้อมกับช่องการจราจรเพียงบางส่วน รวมทั้งมีอาคาร 1 ฟังของถนนเหมือนกัน บริเวณแยกเอกมัยเทียบกับ แยกตึกชัย มีลักษณะเป็นสี่แยก และบริเวณใกล้เคียงไม่มีอาคารพาณิชย์สูงที่เหมือนกัน

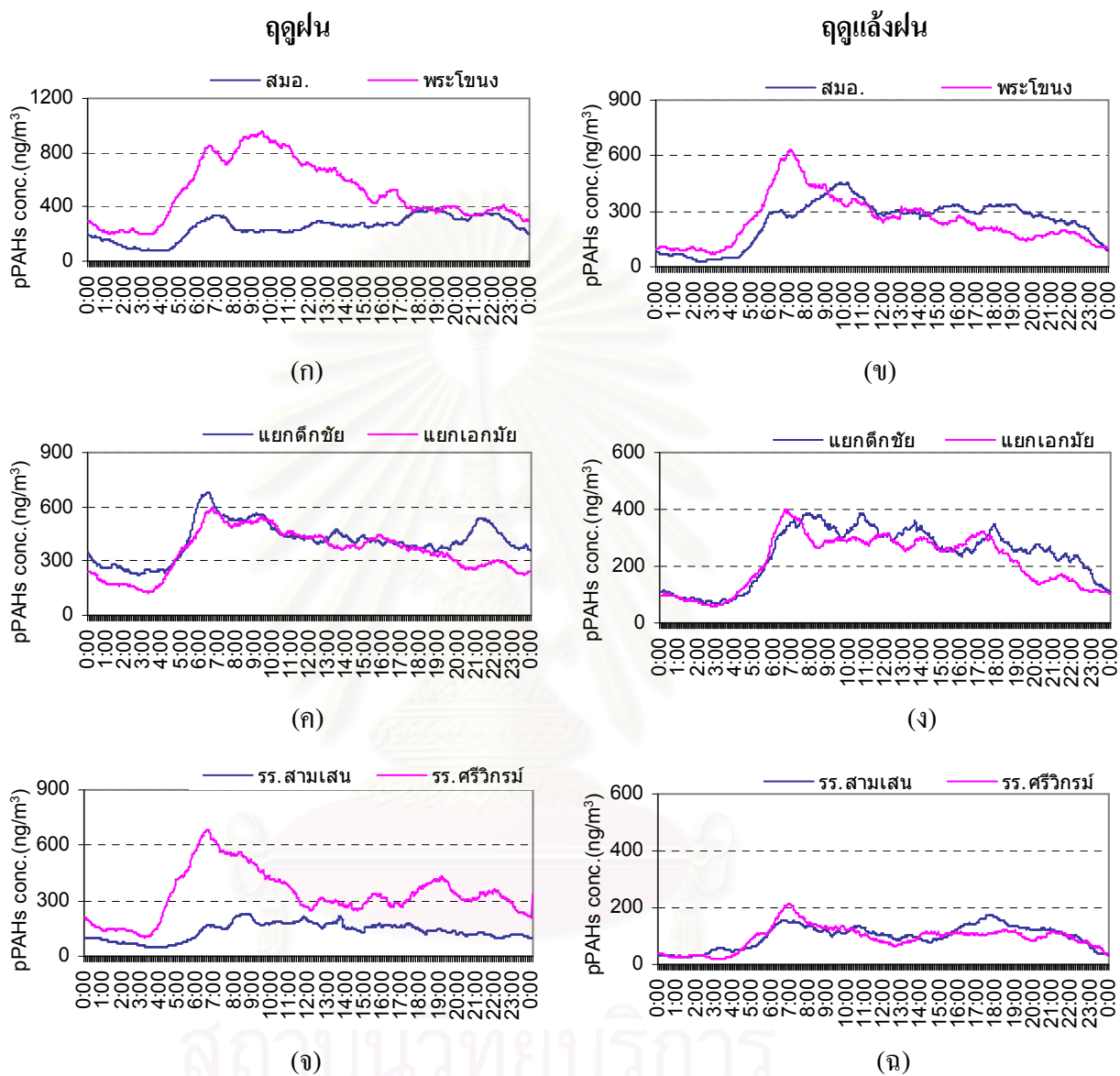
เมื่อพิจารณาในภาพรวมแล้วในฤดูฝน พบว่า ปัจจัยด้านอุตุนิยมหาวิทยาลัย (ได้แก่ อุณหภูมิ และความชื้น) ที่ถนนสุขุมวิทและถนนพระรามหก มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนปริมาณฝน ความเร็วลม และความเข้มของแสงอาทิตย์บริเวณถนนสุขุมวิทมีค่าสูงกว่าที่ ถนนพระรามหก และเมื่อพิจารณาแหล่งกำเนิด pPAHs คือ จำนวนและประเภทของรถแต่ละถนน พบว่าปริมาณรวมของรถมีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้น รถบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ – รถตู้ และรถบรรทุกขนาดใหญ่-รถโดยสารประจำทางและไม่ประจำทาง ถนนสุขุมวิทมีปริมาณมากกว่าถนนพระรามหก สองร้อยคันต่อวัน

ในฤดูแล้งฝน สภาพทางอุตุนิยมหาวิทยาลัยของถนนสุขุมวิทและถนนพระรามหก มีแนวโน้มที่เหมือนกับในฤดูฝน ยกเว้นปริมาณน้ำฝนที่บริเวณถนนสุขุมวิทมีค่าต่ำกว่าที่ถนนพระรามหก และแต่เมื่อพิจารณาชนิดของรถพบว่า รถบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ – รถตู้ และรถบรรทุกขนาดใหญ่-รถโดยสารประจำทางและไม่ประจำทาง ถนนสุขุมวิทมีปริมาณมากกว่าถนนพระรามหก สองร้อยคันต่อวัน ดังที่พบในฤดูฝน

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลด้านปัจจัยแวดล้อม (ได้แก่ ปริมาณการจราจร สภาพทางอุตุนิยมหาวิทยาลัย) ขณะที่ทำการเก็บตัวอย่างที่บริเวณถนนทั้ง 2 แห่ง ดังข้างต้น แล้วนำมาพิจารณาถึงผลที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของ pPAHs ประกอบกับปัจจัยด้านโครงสร้างของถนน สามารถพิจารณาได้ดังนี้ และเมื่อนำข้อมูล diurnal profile ของ pPAHs ที่ตรวจวัดได้ในบริเวณ โครงสร้างของถนนที่คล้ายคลึงกัน มาเปรียบเทียบกัน ดังแสดงในภาพที่ 4.16 และค่าเฉลี่ยของการตรวจวัด ดังตารางที่ 4.12

จากภาพที่ 4.16 (ก) (ข) พบว่า บริเวณ สมอ. (ถนนพระรามหก) และสถานีพระโขนง (ถนนสุขุมวิท) พบปริมาณสาร pPAHs ที่ตรวจวัดได้ในฤดูฝนบริเวณพระโขนงมีแนวโน้มที่สูงกว่าที่ สมอ. โดยมีค่าสูงกว่า สมอ. 0.49 เท่า และในฤดูแล้งฝนสูงกว่า 0.93 เท่า หรือเกือบจะเท่ากัน เมื่อพิจารณาปัจจัยทางอุตุนิยมหาวิทยาลัยพบว่ามีผลต่อการกระจายตัวของ pPAHs ถึงแม้ในทั้ง 2 ฤดู ปริมาณรถที่ถนนสุขุมวิท โดยเฉพาะรถยนต์ประเภทที่ใช้ น้ำมันดีเซลซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดหลักของ pPAHs จะมีปริมาณมากกว่าที่ถนนพระรามหก และปัจจัยทางอุตุนิยมหาวิทยาลัยที่บริเวณสุขุมวิท น่าจะมีผลทำให้การกระจายตัวของ pPAHs เกิดขึ้นได้ดีกว่าที่บริเวณพระรามหก โดยในฤดูฝนที่บริเวณพระโขนงมีค่าสูงกว่าที่ สมอ. เนื่องจากความเร็วลมต่ำและมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนในฤดูแล้งฝนที่บริเวณ

พระโขนงมีค่าใกล้เคียงกับที่ สมอ. เนื่องจากความเร็วลมที่บริเวณถนนสุขุมวิทมีค่าสูงกว่าที่ถนนพระรามหก



ภาพที่ 4.16 เปรียบเทียบ Diurnal profile ของ pPAHs ที่บริเวณถนนสุขุมวิทและถนนพระรามหก ที่มีโครงสร้างคล้ายคลึงกันทั้งในฤดูฝนและแล้งฝน

จากภาพที่ 4.16 (ค) (ง) บริเวณแยกตึกชัย (ถนนพระรามหก) และแยกเอกมัย (ถนนสุขุมวิท) พบว่ามีโครงสร้างคล้ายกันและเป็นจุดตัดการจราจรทั้ง 2 แห่ง โดยในฤดูฝน และแล้งฝนพบว่า มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้น-ลดลงของ diurnal profile คล้ายคลึงกันมาก ในฤดูฝนและฤดูแล้งฝนมีปริมาณ pPAHs ที่แยกตึกชัยสูงกว่าแยกเอกมัย 0.87 เท่า และ 0.9 เท่า ตามลำดับ เมื่อพิจารณาพบว่า ปริมาณการจราจรบริเวณถนนสุขุมวิท คือรถบรรทุกขนาดเล็กรถ 4 ล้อ – รถตู้ และรถบรรทุกขนาดใหญ่-รถ

โดยสารประจำทางและไม่ประจำทาง ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดหลัก pPAHs ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดหลัก pPAHs มากกว่าถนนพระรามหก ถึงแม้ทั้ง 2 ถนน สภาพทางอุทุนิยมวิทยาต่างกันบาง แต่พบว่า ลักษณะของแหล่งกำเนิดค่อนข้างคล้ายคลึงกัน คือมีการหยุดนิ่งของรถและการออกตัวของรถ คล้ายกัน จึงทำให้แยกศึกษาที่มีค่าใกล้เคียงกับแยกเอกมัยทั้ง 2 ฤดูกาล

จากภาพที่ 4.16 (จ) (ฉ) บริเวณรร.สามเสน (ถนนพระรามหก) และรร.ศรีวิกรม์ (ถนน สุขุมวิท) เมื่อพิจารณาความเข้มข้น pPAHs ในฤดูฝน ที่รร.ศรีวิกรม์ มีค่า pPAHs สูงกว่า ที่รร.สาม เเสน 0.42 เท่า ส่วนในฤดูแล้งฝนทั้ง 2 บริเวณมีค่าเท่ากัน เมื่อพิจารณาจำนวนรถในฤดูฝนของถนน พระรามหกและถนนสุขุมวิท โดยเฉพาะชนิดรถบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ – รถตู้ และรถบรรทุกขนาดใหญ่-รถโดยสารประจำทางและไม่ประจำทาง พบว่าที่ถนนสุขุมวิทมีความเร็วลมสูงกว่าถนน พระรามหกค่อนข้างมากจึงมีการกระจายตัวของ pPAHs ได้ดีกว่า ทำให้มีปริมาณความเข้มข้น ใกล้เคียงกัน จากการศึกษาการกระจายตัวของ pPAHs ที่บริเวณจุดเก็บที่มีโครงสร้างถนนคล้ายคลึงกัน โดยเปรียบเทียบ ปัจจัยด้านอุทุนิยมวิทยา โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเร็วลม มีบทบาทสำคัญในการ กระจายตัวของ pPAHs ถึงแม้ว่าปริมาณรถที่บริเวณถนนสุขุมวิทสูงกว่าถนนพระรามหก

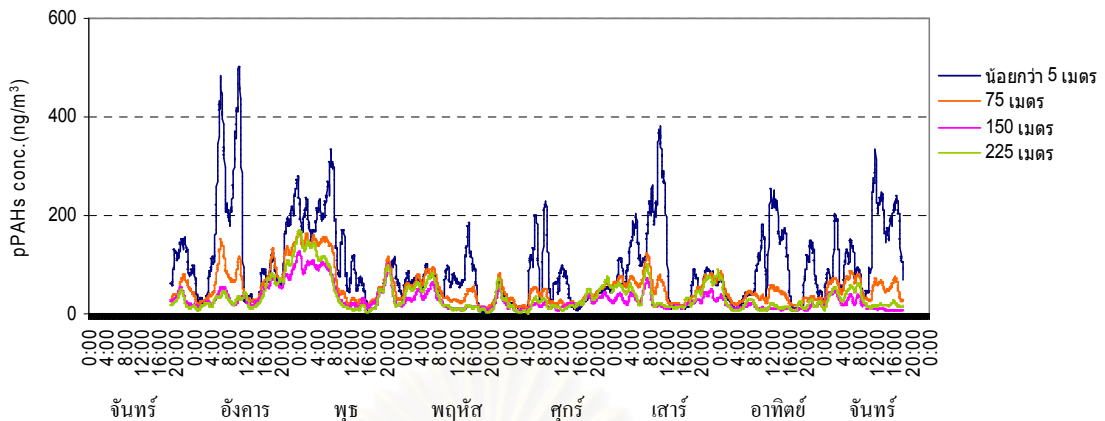
จากการศึกษาการกระจายตัวตามแนวถนน พิจารณา 2 ประเด็น คือ ถ้าปัจจัยแวดล้อม เช่น ปริมาณการจราจร และสภาพทางอุทุนิยมวิทยาที่เหมือนกัน พบว่าถนนที่มีอาคารพาณิชย์สูง 2 ฟัง ถนน และมีสิ่งปลูกสร้างบนถนนปิดล้อมกับช่องการจราจรพอดี จะมีปริมาณมลพิษสูง เนื่องจก การกระจายตัวของมลพิษถูกปิดกั้นทั้งด้านบนและด้านล่าง ทำให้มลพิษสะสมและมีปริมาณความ เข้มข้นสูงบริเวณใต้สิ่งปลูกสร้างบนถนนปิดล้อมถนน รองลงมาคือ บริเวณที่เป็นสี่แยกจราจร และบริเวณถนนที่มีสิ่งก่อสร้างเหนือพื้นผิวจราจร มีอาคาร 1 ฟังถนน เนื่องจากโครงสร้างของถนน ที่มีลักษณะปิดทึบเพียงด้านเดียว หรือ สิ่งก่อสร้างปิดล้อมพื้นผิวจราจรเพียงบางส่วน ทำให้มลพิษ มีการกระจายตัวได้บ้าง ปริมาณความเข้มข้นจึงต่ำ และบริเวณที่โครงสร้างถนนที่มีลักษณะ คล้ายคลึงกัน พบว่าความเร็วลมมีผลต่อการกระจายตัวของมลพิษ เนื่องจากโครงสร้างถนนที่มี ลักษณะปิดทึบเหมือนกัน แต่บริเวณที่ความเร็วลมสูงจะส่งผลให้มีปริมาณความเข้มข้นต่ำกว่า

4.3 ศึกษาการกระจายตัวตามแนวตั้งฉากกับถนน

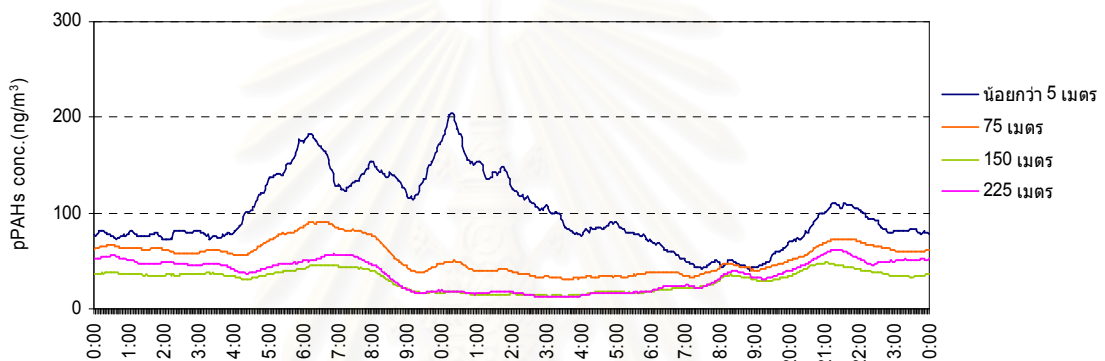
4.3.1 ความเข้มข้นของ pPAHs ที่กระจายตัวในแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิท (อุทยานเบญจสิริ)

1) ฤดูฝน

การศึกษาการกระจายตัวตามแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิทที่บริเวณอุทยานเบญจสิรินั้น ได้ ทำการตรวจวัดความเข้มข้นของ pPAHs ในจุดตรวจวัด 4 จุด ได้แก่ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร จากถนน ทำการเก็บตัวอย่างต่อเนื่องทุกๆ 2 นาที ตลอด 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 7 วัน (วันจันทร์ที่ 20- วันจันทร์ที่ 27 กันยายน 2547) ปริมาณสาร pPAHs ที่ได้ดังแสดงในภาพที่ 4.17 และ diurnal profile แสดงในภาพที่ 4.18



ภาพที่ 4.17 ปริมาณสาร pPAHs ที่ตรวจวัดตามแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิท ในฤดูฝน



ภาพที่ 4.18 Diurnal profile ที่ตรวจวัดตามแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิท ในฤดูฝน

จากภาพที่ 4.17 และ 4.18 พบว่าแนวโน้มการเพิ่ม-ลดของความเข้มข้นของ pPAHs ที่ระยะต่างๆ มีลักษณะที่คล้ายกัน คือค่าความเข้มข้นของ pPAHs สูงในช่วงเวลาเช้าประมาณ 6:00 – 10:00 นาฬิกา จากนั้นค่อยๆลดลงในเวลากลางวัน และสูงขึ้นเล็กน้อยในตอนเย็นประมาณ 19:00 – 21:00 นาฬิกา และและค่าความเข้มข้นลดลงต่ำสุดในช่วงเวลา 00:00 – 04:00 นาฬิกา ยกเว้นในวันคืนอังคารเวลา 24.00 น. ถึงวันพุธเวลา 04.00 น. ที่ปรากฏความเข้มข้นของ pPAHs ที่ระดับสูงผิดปกติ ทั้ง 4 ระยะ ส่งผลให้ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยต่อวันของ pPAHs ทั้ง 4 ระยะมีค่าสูงในวันอังคาร และพุธ ดังแสดงในตารางที่ 4.13 ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร มีค่า 149 และ 120 ng/m^3 ตามลำดับ ระยะ 75 เมตร มีค่า 74 และ 78 ng/m^3 ตามลำดับ ระยะ 150 เมตร มีค่า 43 และ 54 ng/m^3 ตามลำดับ ระยะ 225 เมตร มีค่า 45 และ 60 ng/m^3 ตามลำดับ และพบว่า ที่ระยะ 150 เมตร และ 225 เมตร (ตาราง 4.13) มีค่าใกล้เคียงกันในทุกๆ วัน โดยที่ระยะ 225 เมตร มีค่าสูงกว่าที่ระยะ 150 เมตรเล็กน้อย และมีค่าสูงกว่าระยะ 150 เมตร ค่อนข้างมากในวันเสาร์ ทั้งนี้อาจเนื่องจากบริเวณด้านหลังของสวนเบญจสิริมี มิถนนสายหนึ่งซึ่งเป็นเส้นทางลัดไปถนนพระราม 4

เมื่อพิจารณาความเข้มข้นเฉลี่ยของ pPAHs ทั้ง 4 ระยะ ดังตารางที่ 4.13 พบว่าระยะน้อยกว่า 5 เมตรจากถนนมีความเข้มข้นเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 100 ng/m^3 รองลงมาคือระยะ 75 เมตรมีค่า

เท่ากับ 54 ng/m^3 ระยะ 150 เมตร เท่ากับ 30 ng/m^3 และระยะ 225 เมตร เท่ากับ 36 ng/m^3 ตามลำดับ โดยพบว่า ที่ระยะ 75 เมตร มี pPAHs ลดลง จากระยะน้อยกว่า 5 เมตร 46.08% โดยเทียบเป็นสัดส่วนจากที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร มีค่าเท่ากับ 0.54 ที่ระยะ 150 เมตร ลดลง 70.48% เป็นสัดส่วน 0.3 เท่าของระยะน้อยกว่า 5 เมตร และระยะ 225 เมตร ลดลง 64.45% เป็นสัดส่วน 0.36 ของระยะน้อยกว่า 5 เมตร เมื่อพิจารณาพบว่า ที่ระยะ 150 เมตร มีเปอร์เซ็นต์การลดลงมากที่สุด

ตารางที่ 4.13 ค่าเฉลี่ย pPAHs ในหนึ่งวันที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร ในบริเวณอุทยานเบญจสิริ ในฤดูฝน

ระยะห่างจากถนน	ค่าเฉลี่ยของ pPAHs (ng/m^3)								สัดส่วนการลดลงเทียบกับระยะ < 5 เมตร
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	เฉลี่ย	
ระยะน้อยกว่า 5 เมตร	131	149	120	60	54	107	81	100 ^a	1
ระยะ 75 เมตร	56	74	78	46	33	56	35	54 ^b	0.54
ระยะ 150 เมตร	23	43	54	25	20	28	14	30 ^c	0.3
ระยะ 225 เมตร	29	45	60	31	25	41	18	36 ^d	0.36

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่มุมขวามือที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ของความเข้มข้น pPAHs บริเวณระยะน้อยกว่า 5 เมตร ระยะ 75 เมตร ระยะ 150 เมตร และระยะ 225 เมตร ของข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS for window โดยใช้วิธี One way ANOVA ว่าแตกต่างกันหรือไม่ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยตั้งสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ย pPAHs ทั้ง 4 ระยะ ไม่แตกต่างกัน

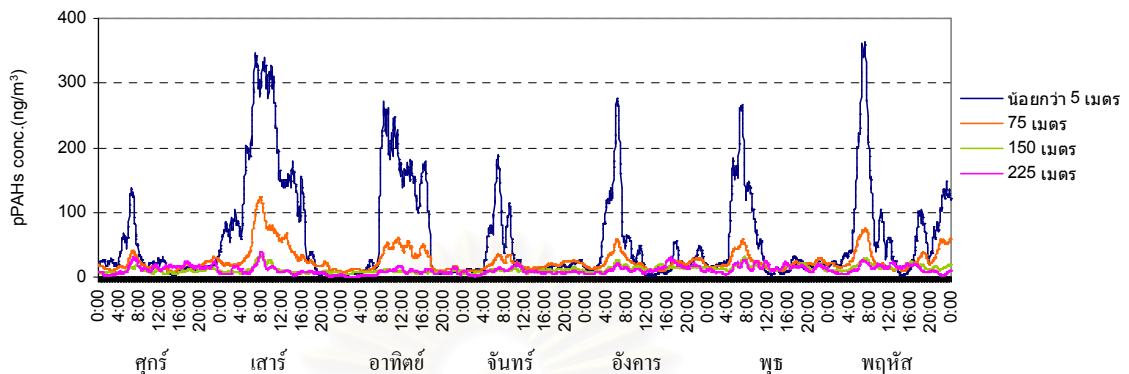
H_1 : ค่าเฉลี่ย pPAHs ทั้ง 4 ระยะ มีอย่างน้อย 1 คู่แตกต่างกัน

โดยในขั้นแรกทดสอบความแปรปรวนของทั้ง 4 ระยะ พบว่ามีค่า P-value = 0.000 < 0.05 ดังนั้น ปฏิเสธ H_0 คือ ความแปรปรวนของทั้ง 4 ระยะแตกต่างกัน ขั้นที่สองใช้สถิติทดสอบ Welch Test ทดสอบ พบว่ามีค่า P-value = 0.000 < 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 คือค่าเฉลี่ยต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ และใช้ Dunnett'T3 ทดสอบพบว่าทั้ง 4 ระยะ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข-3.1)

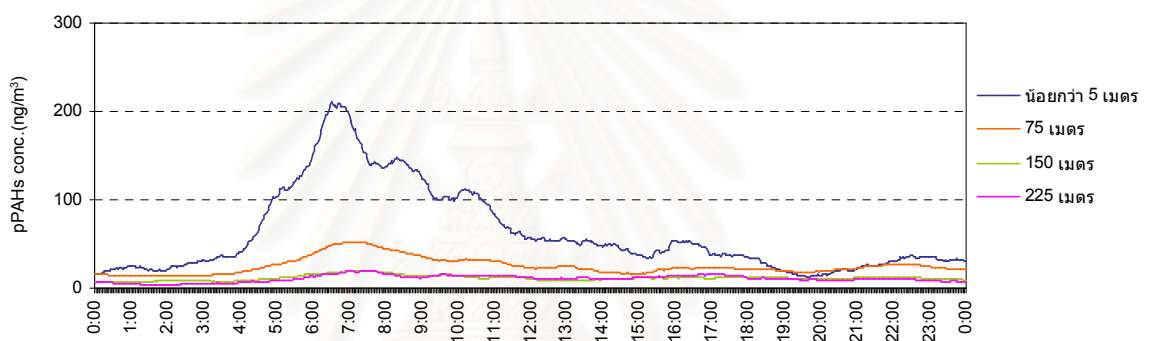
2) ฤดูแล้งฝน

การศึกษาการกระจายตัวตามแนวตั้งจากกับถนนสุขุมวิท ในฤดูแล้งฝนนั้น มีวิธีการตรวจวัดเช่นเดียวกับในฤดูฝน ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 7 วัน คือระหว่าง วันศุกร์ที่ 18 – วัน

พฤษภาคมที่ 25 มีนาคม 2548 ซึ่งสามารถแสดงปริมาณสาร pPAHs และ diurnal profile ดังภาพที่ 4.19 และ 4.20



ภาพที่ 4.19 ปริมาณสาร pPAHs ที่ตรวจวัดตามแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิท ในฤดูแล้งฝน



ภาพที่ 4.20 Diurnal profile ที่ตรวจวัดตามแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิท ในฤดูแล้งฝน

จากภาพที่ 4.19 และ 4.20 พบว่าแนวโน้มการเพิ่ม-ลดของความเข้มข้นของ pPAHs ทั้ง 4 ระยะ มีลักษณะที่คล้ายกัน คือค่าความเข้มข้นของ pPAHs สูงในช่วงเวลาเช้าประมาณ 6:00 – 10:00 นาฬิกา จากนั้นค่อยๆ ลดลงในเวลากลางวัน และสูงขึ้นเล็กน้อยในตอนเย็น สำหรับในวันเสาร์และอาทิตย์พบว่า pPAHs profile มีลักษณะแตกต่างจากวันอื่นๆ คือปริมาณสูงในช่วงเช้าและค่อนข้างคงที่ จนกระทั่ง 12.00 น. และ 16.00 น. ตามลำดับ จะลดลงเรื่อยๆ ในช่วงบ่ายถึงเย็น

ความเข้มข้นเฉลี่ย pPAHs แสดงในตารางที่ 4.14 พบว่า ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร มีค่าค่อนข้างสูงในวันเสาร์ พฤษภาคม และอาทิตย์ โดยมีค่าเท่ากับ 125 79 และ 79 ng/m^3 ตามลำดับ ที่ระยะ 75 เมตรมีค่าสูงในวันเสาร์และพฤษภาคม มีค่า 40 และ 29 ng/m^3 ที่ระยะ 150 เมตร และ 225 เมตร มีค่าใกล้เคียงกันในทุกๆ วัน และเมื่อพิจารณาความเข้มข้นเฉลี่ยของ pPAHs ทั้ง 4 ระยะ ตลอดระยะเวลาที่เก็บตัวอย่าง พบว่าที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตรจากถนนมีความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดคือ 62 ng/m^3 รองลงมาคือระยะ 75 เมตรมีค่าเท่ากับ 25 ng/m^3 ระยะ 150 เมตร คือ 12 ng/m^3 และระยะ 225 เมตร คือ 11 ng/m^3 ตามลำดับ โดยพบว่า ที่ระยะ 75 เมตร มี pPAHs ลดลง จากระยะน้อยกว่า 5 เมตร 59.51% โดยเทียบเป็นสัดส่วนจากที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร มีค่าเท่ากับ 0.4 ที่ระยะ 150 เมตร ลดลง 81.15% เป็นสัดส่วน 0.19 เท่าของระยะน้อยกว่า 5 เมตร และระยะ 225 เมตร ลดลง 82.25%

เป็นสัดส่วน 0.18 เท่าของระยะน้อยกว่า 5 เมตร เมื่อพิจารณาพบว่า ที่ระยะ 150 เมตร และ 225 เมตรมีค่าใกล้เคียงกันเหมือนในฤดูฝน และมีเปอร์เซ็นต์การลดลงมากที่สุด

ตารางที่ 4.14 ค่าเฉลี่ย pPAHs ในหนึ่งวันที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร ในบริเวณอุทยานเบญจสิริ ในฤดูแล้งฝน

ระยะห่างจากถนน	ค่าเฉลี่ยของ pPAHs (ng/m ³)								สัดส่วนการลดลงเทียบกับระยะ < 5 เมตร
	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	เฉลี่ย	
ระยะน้อยกว่า 5 เมตร	27	125	79	32	44	49	79	62 ^a	1
ระยะ 75 เมตร	18	40	25	19	22	23	29	25 ^b	0.40
ระยะ 150 เมตร	9	11	8	9	14	16	16	12 ^c	0.19
ระยะ 225 เมตร	14	9	7	8	13	14	13	11 ^d	0.18

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่มุมขวามือที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ของความเข้มข้น pPAHs บริเวณระยะน้อยกว่า 5 เมตร ระยะ 75 เมตร ระยะ 150 เมตร และระยะ 225 เมตร ของข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS for window โดยใช้วิธี One way ANOVA ว่าแตกต่างกันหรือไม่ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยตั้งสมมติฐาน ดังนี้

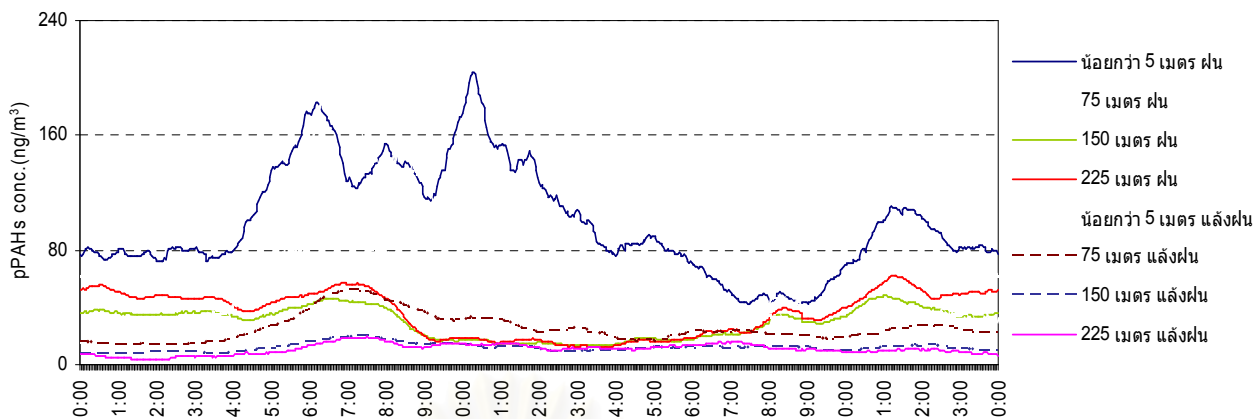
H_0 : ค่าเฉลี่ย pPAHs ทั้ง 4 ระยะไม่แตกต่างกัน

H_1 : ค่าเฉลี่ย pPAHs ทั้ง 4 ระยะ มีอย่างน้อย 1 คู่แตกต่างกัน

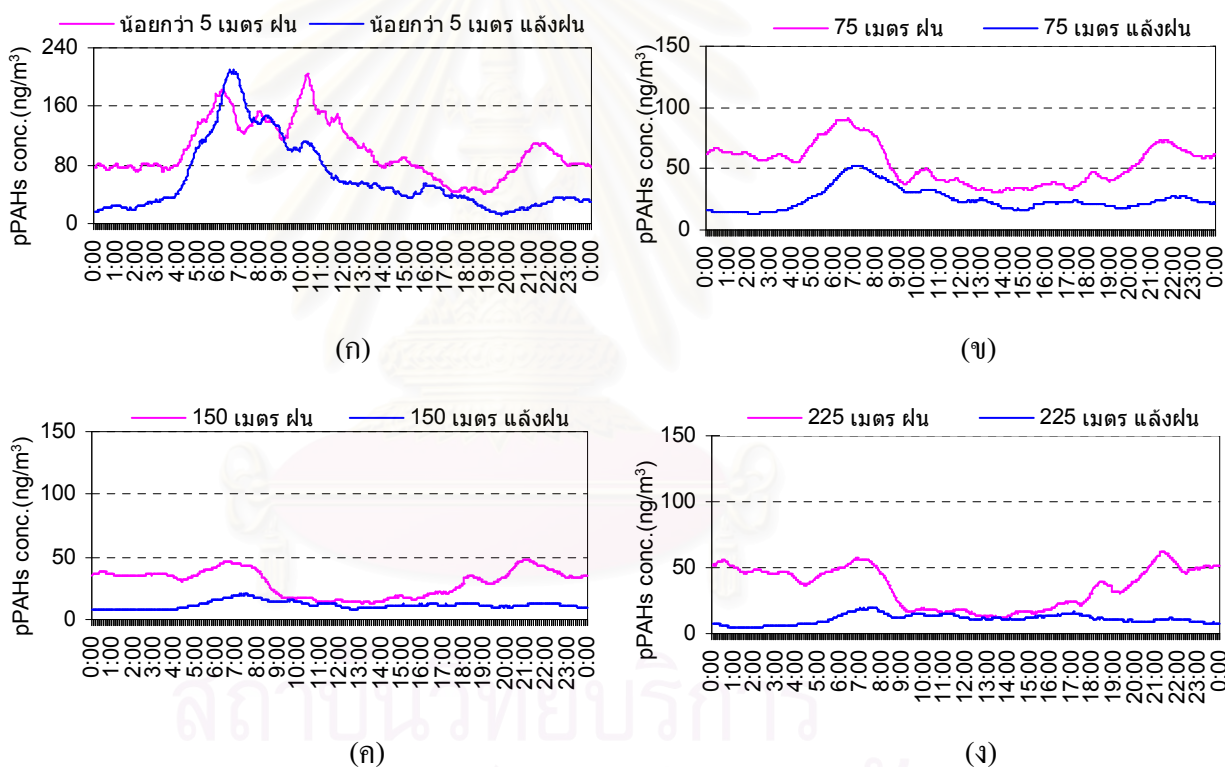
โดยในขั้นแรกทดสอบความแปรปรวนของทั้ง 4 ระยะ พบว่ามีค่า P-value = 0.000 < 0.05 ดังนั้น ปฏิเสธ H_0 คือ ความแปรปรวนของ 4 ระยะแตกต่างกัน ขั้นที่สองใช้สถิติทดสอบ Welch Test ทดสอบ พบว่ามีค่า P-value = 0.000 < 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 คือค่าเฉลี่ยต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ และใช้ Dunnett'T3 ทดสอบพบว่าทั้ง 4 ระยะ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (แสดงในภาคผนวก ข-3.2)

3) เปรียบเทียบระหว่างฤดูฝนและ ฤดูแล้งฝน

นำผลการศึกษาระยะตัวตามแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิท ในฤดูฝนและฤดูแล้งฝน มาเปรียบเทียบกัน โดยแสดงเป็น pPAHs profile ที่ปรากฏในภาพที่ 4.21 และ 4.22



ภาพที่ 4.21 Diurnal profile ของ pPAHs ที่กระจายตัวตามแนวตั้งจากถนนสุขุมวิทในช่วงฤดูฝน และฤดูแล้งผืน



ภาพที่ 4.22 Diurnal profile ที่ตรวจวัดที่ระยะเดียวกัน ในฤดูฝนและแล้งผืน ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร(ก) 75(ข) 150(ค) และ225 เมตร (ง) ที่ถนนสุขุมวิท

จากภาพที่ 4.22 (ก) (ข) (ค) (ง) เมื่อพิจารณา diurnal profile พบว่ามีแนวโน้มการเพิ่มขึ้น-ลดลง คล้ายคลึงกันที่ระยะเดียวกัน โดยเฉพาะที่ระยะต่ำกว่า 5 เมตร และ 75 เมตร pPAHs ในฤดูฝน มีค่ามากกว่าในฤดูแล้งผืน โดยที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตรจากถนน ในฤดูฝนมีค่ามากกว่าในฤดูแล้งผืน 0.62 0.46 0.4 และ 0.31 เท่า ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบที่ระยะเดียวกัน จะเห็นว่า pPAHs ในฤดูฝนมีปริมาณสูงกว่าในฤดูแล้งผืน ประมาณครึ่งหนึ่ง ดังตารางที่ 4.13 และ 4.14

จากการศึกษาข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาขณะที่เก็บตัวอย่างในฤดูฝนดังตารางที่ 4.15 พบว่า ความเข้มแสงเฉลี่ยเท่ากับ 99.6 W/m^2 อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 30°C ความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 0.1 m/s มีทิศลมหลักคือ N ปริมาณน้ำฝน 0.9 mm ส่วนในฤดูแล้งฝนมีความเข้มแสงเฉลี่ยเท่ากับ 143.8 W/m^2 อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 30.7°C ความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 0.6 m/s มีทิศลมหลักคือ W ปริมาณน้ำฝน 0.01 mm ซึ่งจากข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยาในฤดูแล้งฝนพบว่า เมื่อปริมาณความเข้มแสงสูง จะทำให้ pPAHs ถูก photodegradation และเปลี่ยนไปอยู่ในรูปก๊าซได้มากขึ้น เป็นเหตุผลที่ทำให้การตรวจวัด pPAHs มีค่าน้อยลงในฤดูแล้งฝน และจากทิศลมพบว่าในฤดูฝนทิศลมพัดมาจากทิศเหนือ คือลมพัดจากถนนมายังจุดเก็บตัวอย่าง และฤดูแล้งฝนทิศลมพัดมาจากทิศตะวันตก คือพัดมาจากด้านข้างก่อนไปทางด้านหลังของสวนเบญจสิริ จึงให้ pPAHs มีความเข้มข้นน้อยกว่า

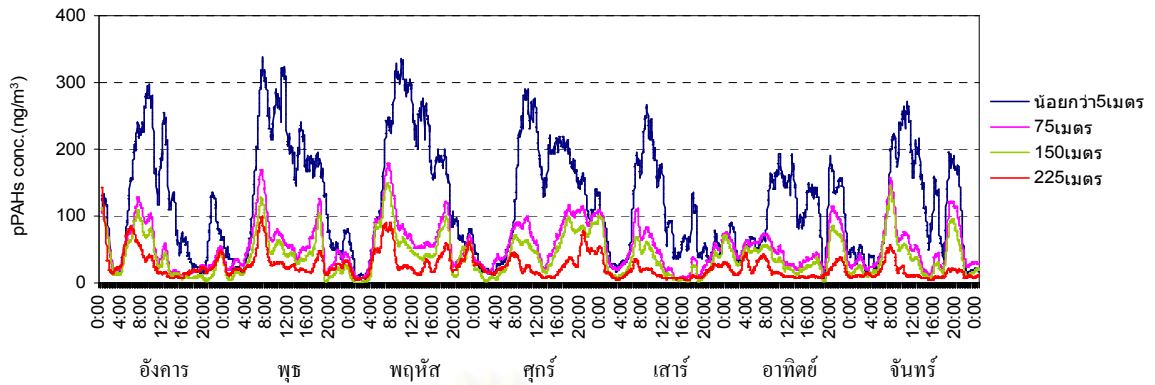
ตารางที่ 4.15 ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาที่อุทยานเบญจสิริ ในช่วงฤดูฝน และฤดูแล้งฝน

ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา	อุทยานเบญจสิริ	
	ฝน	แล้งฝน
อุณหภูมิ ($^\circ\text{C}$)	30.0 (25.1-37.7)	30.7 (26.6-39.3)
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	83(53-100)	80 (48-99)
ความเข้มแสง (W/m^2)	99.6 (1.2-788.6)	143.8 (1.2-710.4)
ปริมาณน้ำฝน (mm)	0.90 (0-55.48)	0.01 (0-2.0)
ความเร็วลม (m/s)	0.1 (0.0-2.3)	0.6 (0.0-3.0)
ทิศลมหลัก	N	W

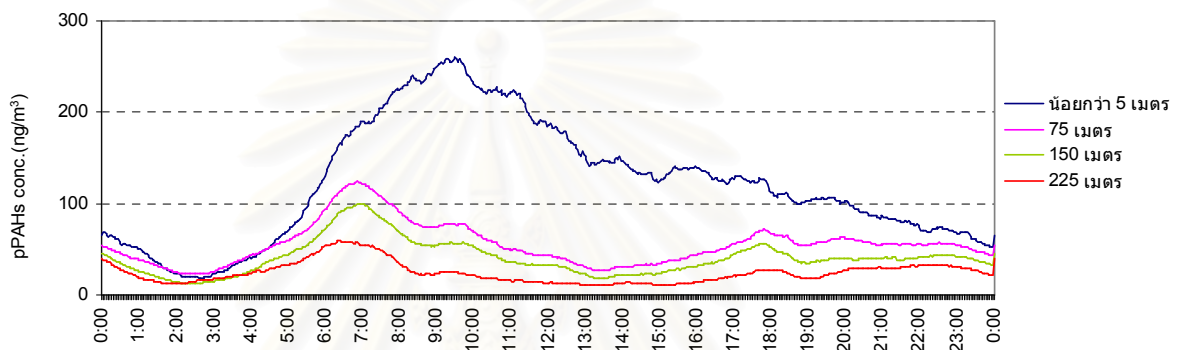
4.3.2 ความเข้มข้นของ pPAHs ที่กระจายตัวตามแนวตั้งจากถนนพระรามหก (ร.ร.สามเสนวิทยาลัย)

1) ฤดูฝน

การศึกษาการกระจายตัวตามแนวตั้งจากถนนพระรามหกที่บริเวณร.ร.สามเสนวิทยาลัย นั้น ได้ทำการตรวจวัดความเข้มข้นของ pPAHs ในจุดตรวจวัด 4 จุด ได้แก่ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร จากถนน ทำการเก็บตัวอย่างต่อเนื่องทุกๆ 2 นาที ตลอด 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 7 วัน (วันอังคารที่ 12- วันจันทร์ที่ 18 ตุลาคม 2547) pPAHs profile ที่ได้ดังแสดงในภาพที่ 4.23 และ diurnal profile แสดงในภาพที่ 4.24



ภาพที่ 4.23 ปริมาณสาร pPAHs ที่ตรวจวัดตามแนวตั้งจากก้นถนนพระรามหก ในฤดูฝน



ภาพที่ 4.24 Diurnal profile ที่ตรวจวัดตามแนวตั้งจากก้นถนนพระรามหก ในฤดูฝน

จากภาพที่ 4.23 และ 4.24 พบว่าแนวโน้มการเพิ่ม-ลดของความเข้มข้นของ pPAHs ที่ระยะต่างๆ มีลักษณะที่คล้ายกัน คือค่าความเข้มข้นของ pPAHs สูงในช่วงเวลาเช้าประมาณ 6:00 – 10:00 นาฬิกา จากนั้นค่อยๆ ลดลงในเวลากลางวัน และสูงขึ้นเล็กน้อยในตอนเย็นประมาณ 17:00 – 19:00 นาฬิกา และความเข้มข้นลดลงต่ำสุดในช่วงเวลา 00:00 – 04:00 นาฬิกา

จากตารางที่ 4.16 พบว่า pPAHs ที่ทุกระยะมีค่าสูงในวันพฤหัสบดี และค่าต่ำในวันเสาร์ และเมื่อพิจารณาความเข้มข้นเฉลี่ยของ pPAHs ทั้ง 4 ระยะ พบว่าระยะ น้อยกว่า 5 เมตรจากถนนมีความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดคือ 122 ng/m^3 รองลงมาคือระยะ 75 เมตรมีค่าเท่ากับ 55 ng/m^3 ระยะ 150 เมตร เท่ากับ 41 ng/m^3 และระยะ 225 เมตร เท่ากับ 24 ng/m^3 ตามลำดับ โดยพบว่า ที่ระยะ 75 เมตร มี pPAHs ลดลง จากระยะ น้อยกว่า 5 เมตร 54.92% โดยเทียบเป็นสัดส่วนจากที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร มีค่าเท่ากับ 0.45 เท่า ที่ระยะ 150 เมตร ลดลง 66.39% เป็นสัดส่วน 0.34 เท่าของระยะน้อยกว่า 5 เมตร และระยะ 225 เมตร ลดลง 80.33% เป็นสัดส่วน 0.2 เท่าของระยะน้อยกว่า 5 เมตร เมื่อพิจารณาพบว่า ที่ระยะ 225 เมตร มีเปอร์เซ็นต์การลดลงมากที่สุด

ตารางที่ 4.16 ค่าเฉลี่ย pPAHs ในหนึ่งวันที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร ในบริเวณรร. สามเสนวิทยาลัย ในฤดูฝน

ระยะห่างจากถนน	ค่าเฉลี่ยของ pPAHs (ng/m ³)								สัดส่วนการลดลงเทียบกับระยะ < 5 เมตร
	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	จันทร์	เฉลี่ย	
ระยะน้อยกว่า 5 เมตร	110	149	153	139	90	104	111	122 ^a	1.00
ระยะ 75 เมตร	47	60	67	68	41	51	54	55 ^b	0.45
ระยะ 150 เมตร	37	41	51	50	27	37	40	41 ^c	0.34
ระยะ 225 เมตร	32	29	33	28	15	18	16	24 ^d	0.20

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่มุมขวามือที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ของความเข้มข้น pPAHs บริเวณระยะน้อยกว่า 5 เมตร ระยะ 75 เมตร ระยะ 150 เมตร และระยะ 225 เมตร ของข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS for window โดยใช้วิธี One way ANOVA ว่าแตกต่างกันหรือไม่ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยตั้งสมมติฐาน ดังนี้

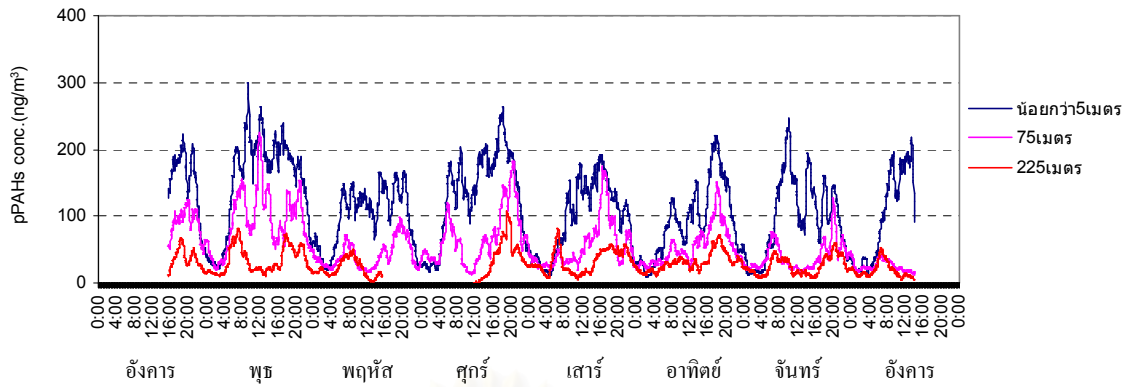
H_0 : ค่าเฉลี่ย pPAHs ทั้ง 4 ระยะ ไม่แตกต่างกัน

H_1 : ค่าเฉลี่ย pPAHs ทั้ง 4 ระยะ มีอย่างน้อย 1 คู่แตกต่างกัน

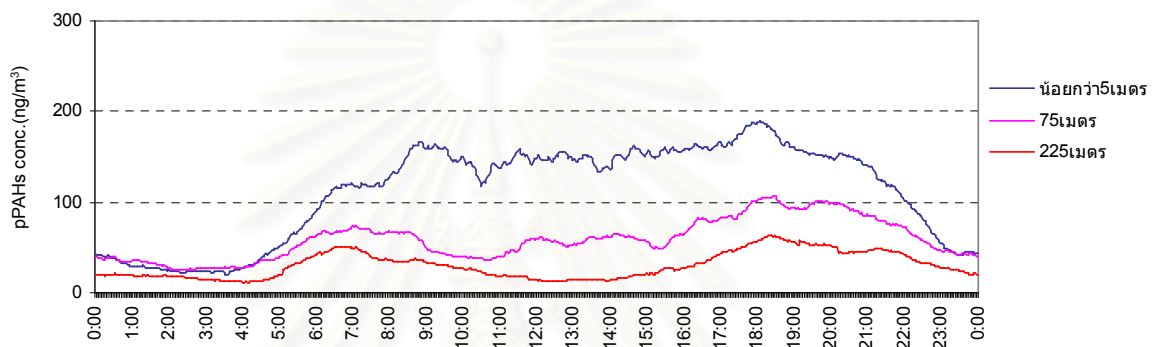
โดยในขั้นแรกทดสอบความแปรปรวนของทั้ง 4 ระยะ พบว่ามีค่า P-value = 0.000 < 0.05 ดังนั้น ปฏิเสธ H_0 คือ ความแปรปรวนของทั้ง 4 ระยะแตกต่างกัน ขั้นที่สองใช้สถิติทดสอบ Welch Test ทดสอบ พบว่ามีค่า P-value = 0.000 < 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 คือค่าเฉลี่ยต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ และใช้ Dunnett'T3 ทดสอบพบว่า ทั้ง 4 ระยะ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข-4.1)

2) ฤดูแล้งฝน

การศึกษาระยะการกระจายตัวตามแนวตั้งจากถนนพระรามหก ในฤดูแล้งฝนนั้น มีวิธีการตรวจวัดเช่นเดียวกับในฤดูฝน ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 7 วัน คือระหว่าง วันอังคารที่ 3 ถึง วันอังคารที่ 10 พฤษภาคม 2548 แต่เนื่องจากเครื่องขัดข้องด้านกระแสไฟฟ้าในขณะที่ทำการเก็บตัวอย่าง ทำให้เครื่องตรวจวัด PAS2000CE 1 เครื่อง มีปัญหาจึงจำเป็นต้องตรวจวัดเพียง 3 จุด ได้แก่ ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 เมตร และ 225 เมตร จากถนน ซึ่งสามารถแสดงปริมาณสาร pPAHs และ diurnal profile ดังภาพที่ 4.25 และ 4.26



ภาพที่ 4.25 ปริมาณสาร pPAHs ที่ตรวจวัดตามแนวตั้งฉากกับถนนพระรามหก ในฤดูแล้งฝน



ภาพที่ 4.26 Diurnal profile ที่ตรวจวัดตามแนวตั้งฉากกับถนนพระรามหก ในฤดูแล้งฝน

จากภาพที่ 4.25 และ 4.26 พบว่าแนวโน้มการเพิ่ม-ลดของความเข้มข้นของ pPAHs ทั้ง 3 ระยะ มีลักษณะที่คล้ายกัน คือค่าความเข้มข้นของ pPAHs เพิ่มขึ้นในช่วงเวลาเช้าตั้งแต่เวลา 6.00 และสูงสุดที่ประมาณ 9.00 น. จากนั้น จะลดลงเล็กน้อยและค่อนข้างคงที่ในช่วงกลางวัน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีกครั้งในช่วง 18.00 น. ซึ่งแนวโน้มที่พบไม่เหมือนในฤดูฝน (ภาพที่ 4.24) เนื่องจากในช่วงสัปดาห์ที่ทำการเก็บตัวอย่าง มีการรับสมัครนักเรียนเข้าศึกษาต่อในวันที่ 3, 4 และ 10 พฤษภาคม 2548) จึงทำให้ diurnal profile มีค่าสูงและคงที่ในช่วงเวลากลางวัน และความเข้มข้นค่อยๆ ลดลงจนมีระดับต่ำสุดในช่วงเวลา 00.00 – 04.00 นาฬิกา และทุกระยะมีความเข้มข้นใกล้เคียงกันในช่วงเวลานี้

จากตารางที่ 4.17 พบว่า ความเข้มข้น pPAHs ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร มีค่าสูงในวันอังคาร พุธ และวันศุกร์มีค่าเท่ากับ 117 150 และ 132 ng/m^3 ส่วนวันอื่นมีความเข้มข้นใกล้เคียงกัน ที่ระยะ 75 เมตร วันอังคารและวันพุธมีค่าสูงเท่ากับ 89 และ 91 ng/m^3 วันอื่นๆ มีค่าใกล้เคียงกัน ที่ระยะ 225 เมตร ความเข้มข้น pPAHs ในทุกๆวันมีค่าใกล้เคียงอยู่ในช่วงกันตั้งแต่ 21-38 ng/m^3

ความเข้มข้นเฉลี่ยของ pPAHs ทั้ง 3 ระยะ ตลอดระยะเวลาที่เก็บตัวอย่าง พบว่าที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตรจากถนนมีความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดคือ 112 ng/m^3 รองลงมาคือที่ระยะ 75 เมตรมีค่าเท่ากับ 62 ng/m^3 และที่ระยะ 225 เมตรมีค่าเท่ากับ 30 ng/m^3 ตามลำดับ โดยพบว่า ที่ระยะ 75 เมตร มี pPAHs ลดลง จากระยะน้อยกว่า 5 เมตร 44.46% โดยเทียบเป็นสัดส่วนจากที่ระยะน้อยกว่า 5

เมตร มีค่าเท่ากับ 0.55 เท่า และระยะ 225 เมตร ลดลง 72.32% เป็นสัดส่วน 0.28 เท่าของระยะน้อยกว่า 5 เมตร เมื่อพิจารณาพบว่า ที่ระยะ 225 เมตร มีเปอร์เซ็นต์การลดลงมากที่สุด

ตารางที่ 4.17 ค่าเฉลี่ย pPAHs ในหนึ่งวันที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 และ 225 เมตร ในบริเวณ รร.สามเสนวิทยาลัย ในฤดูแล้งฝน

ระยะห่างจากถนน	ค่าเฉลี่ยของ pPAHs (ng/m ³)								สัดส่วนการลดลงเทียบกับระยะ < 5 เมตร
	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	จันทร์	เฉลี่ย	
ระยะน้อยกว่า 5 เมตร	117	150	98	132	96	92	97	112 ^a	1.00
ระยะ 75 เมตร	89	91	41	68	54	54	40	62 ^b	0.55
ระยะ 225 เมตร	36	34	21	38	32	31	25	30 ^c	0.28

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่มุมขวาบนที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ของความเข้มข้น pPAHs บริเวณระยะน้อยกว่า 5 เมตร ระยะ 75 เมตร และระยะ 225 เมตร ของข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS for window โดยใช้วิธี One way ANOVA ว่าแตกต่างกันหรือไม่ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยตั้งสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ย pPAHs ทั้ง 3 ระยะไม่แตกต่างกัน

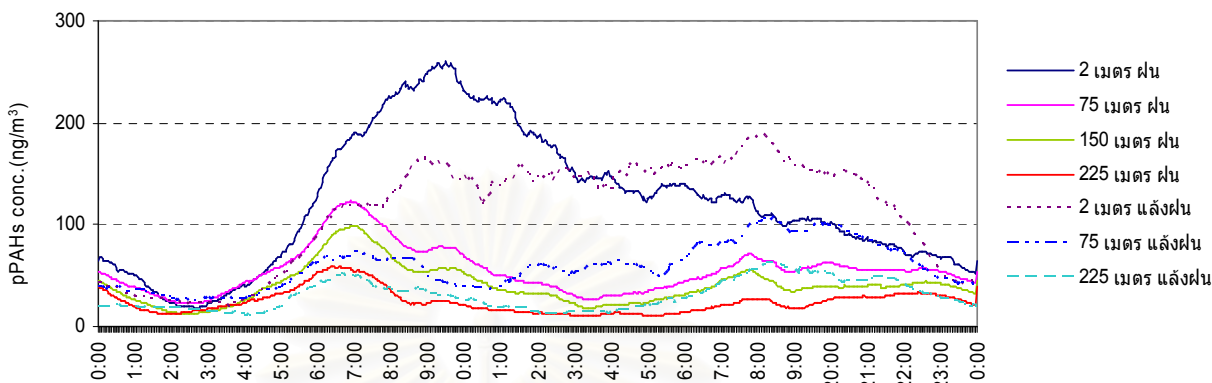
H_1 : ค่าเฉลี่ย pPAHs ทั้ง 3 ระยะ มีอย่างน้อย 1 คู่แตกต่างกัน

โดยในขั้นแรกทดสอบความแปรปรวนของทั้ง 3 ระยะ พบว่ามีค่า P-value = 0.000 < 0.05 ดังนั้น ปฏิเสธ H_0 คือ ความแปรปรวนของ 3 ระยะแตกต่างกัน ขั้นที่สองใช้สถิติทดสอบ Welch Test ทดสอบ พบว่ามีค่า P-value = 0.000 < 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 คือค่าเฉลี่ยต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ และใช้ Dunnett'T3 ทดสอบพบว่า ทุกระยะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (แสดงในภาคผนวก ข 4.2) คือที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร มีค่าสูงกว่าทุกระยะ และ 75 เมตรสูงกว่า 225 เมตร

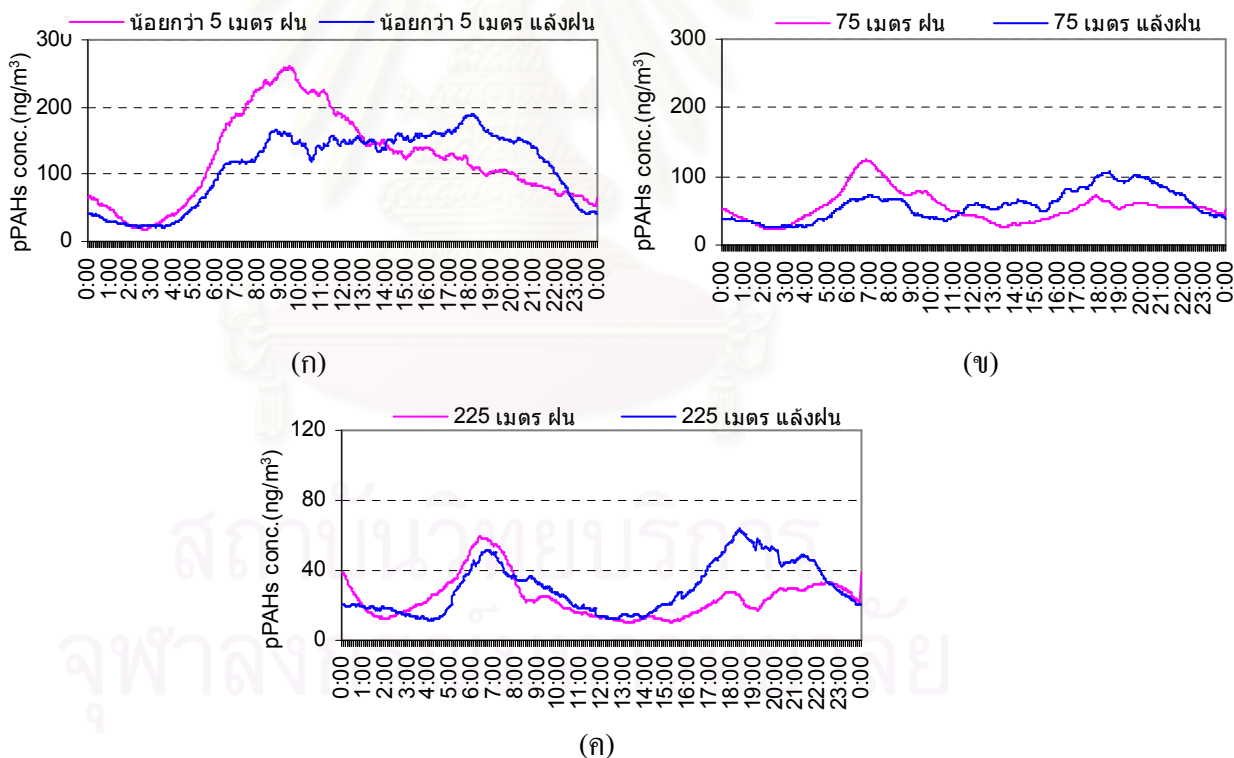
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3) เปรียบเทียบระหว่างฤดูฝนและ ฤดูแล้งฝน

นำผลการศึกษาระยะยาวตัวตามแนวตั้งฉากกับถนนพระรามหก ในฤดูฝนและฤดูแล้งฝน มาเปรียบเทียบกันโดยแสดงเป็น pPAHs profile ที่ปรากฏในภาพที่ 4.27 และ 4.28



ภาพที่ 4.27 Diurnal profile ของ pPAHs ที่กระจายตัวตามแนวตั้งฉากกับถนนพระรามหกในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งฝน



ภาพที่ 4.28 Diurnal profile ที่ตรวจวัดที่ระยะเดียวกัน ในฤดูฝนและแล้งฝน ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร(ก) 75 เมตร (ข) และ 225 เมตร (ค) ที่ถนนพระรามหก

พบว่า จากภาพที่ 4.28 (ก) (ข) (ค) เมื่อพิจารณา diurnal profile พบว่ามีแนวโน้มการเพิ่มขึ้น-ลดลง คล้ายคลึงกันที่ระยะเดียวกัน แต่ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตรในฤดูแล้งฝน ความเข้มข้นมี

แนวโน้มน้ำสูงขึ้นในช่วงเช้าและคงที่จนกระทั่งในช่วงเวลาเย็นจึงลดลง เนื่องจากการรับสัมผัสนักเรียนดังที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น ทำให้ระยะน้อยกว่า 5 เมตร diurnal profile ในฤดูฝนแตกต่างกันกับในฤดูแล้งฝน อย่างไรก็ตามแต่ละระยะห่างจากถนนปรากฏ pPAHs ที่ระดับใกล้เคียงกันทั้งในฤดูแล้งฝนและฤดูฝน โดยที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตรฤดูฝน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับฤดูแล้งฝน ที่ระยะ 75 เมตร ฤดูแล้งฝนมีค่าเป็น 0.89 เท่าของฤดูฝนหรือ เกือบจะมีค่าเท่ากัน และที่ระยะ 225 เมตร ฤดูแล้งฝนมีค่าสูงกว่าเป็น 0.77 เท่าของฤดูฝน

จากการศึกษาข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาขณะที่เก็บตัวอย่างดังตารางที่ 4.18 ในฤดูฝน พบว่า ความเข้มแสงเฉลี่ยเท่ากับ 104.5 W/m^2 อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 29.9°C ความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 0.1 m/s มีทิศทางหลักคือ NE ปริมาณน้ำฝน 0.38 mm ความชื้นสัมพัทธ์ 77% ส่วนในฤดูแล้งฝนมีความเข้มแสงเฉลี่ยเท่ากับ 144.8 W/m^2 อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 33.4°C ความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 0.2 m/s มีทิศทางหลักคือ SW ปริมาณน้ำฝน 0.06 mm ความชื้นสัมพัทธ์ 31% จากข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยาในฤดูฝนและฤดูแล้งฝน ความเร็วลมทั้ง 2 ฤดู มีค่าไม่แตกต่างกันและเป็นลมสงบ แต่พบว่า ปริมาณความเข้มแสงและอุณหภูมิ ในฤดูแล้งฝนมีค่าสูงกว่าในฤดูฝน ซึ่งปริมาณเข้มแสงและอุณหภูมิที่สูง จะทำให้ pPAHs ถูก photodegradation และเปลี่ยนไปอยู่ในรูปก๊าซได้มากขึ้น ซึ่งจะทำให้ตรวจวัดเจอ pPAHs น้อยลง

ตารางที่ 4.18 ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาที่รร.สามเสนวิทยาลัย ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งฝน

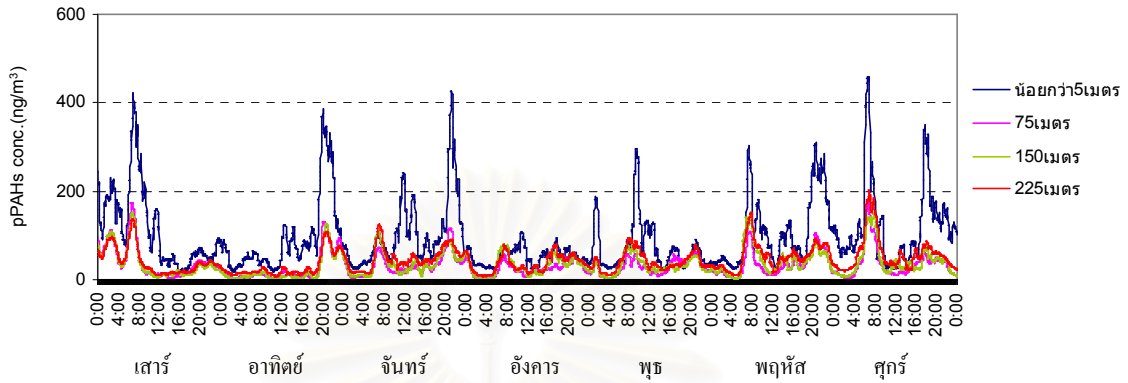
ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา	รร.สามเสนวิทยาลัย	
	ฝน	แล้งฝน
อุณหภูมิ ($^\circ\text{C}$)	29.9 (25.1-37.5)	33.4 (27.9-42.3)
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	77 (47-100)	31 (49-93)
ความเข้มแสง (W/m^2)	104.5 (2.4-675.0)	144.8 (0-778.8)
ปริมาณน้ำฝน (mm)	0.38 (0-55.2)	0.06 (0-9)
ความเร็วลม (m/s)	0.1 (0-0.7)	0.2 (0.0-1.3)
ทิศทางหลัก	NE	SW

4.3.3 ความเข้มข้นของ pPAHs ที่กระจายตัวตามแนวตั้งฉากกับถนนพญาไท (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

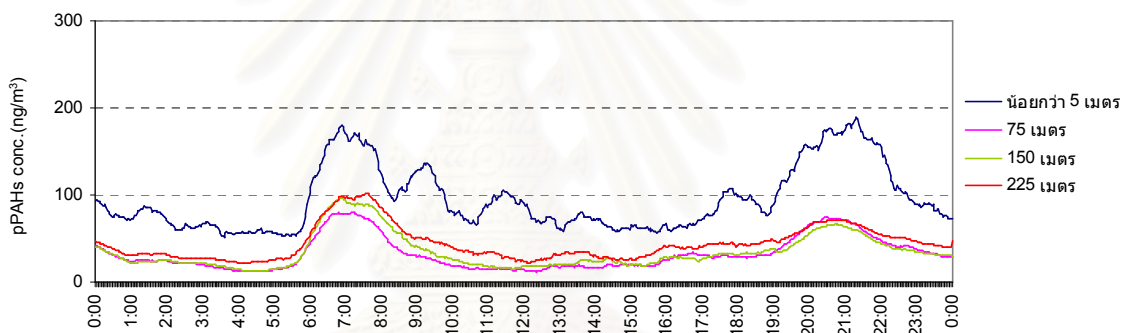
1) ฤดูฝน

การศึกษาการกระจายตัวตามแนวตั้งฉากกับถนนพญาไทที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยนั้น ได้ทำการตรวจวัดความเข้มข้นของ pPAHs ในจุดตรวจวัด 4 จุด ได้แก่ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75

150 และ 225 เมตร จากถนน ทำการเก็บตัวอย่างต่อเนื่องทุกๆ 2 นาที ตลอด 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 7 วัน (วันเสาร์ที่ 30 ตุลาคม ถึงวันศุกร์ที่ 5 พฤศจิกายน 2547) ปริมาณสาร pPAHs ที่ได้ดังแสดงในภาพที่ 4.29 และ diurnal profile แสดงในภาพที่ 4.30



ภาพที่ 4.29 ปริมาณสาร pPAHs ที่ตรวจวัดตามแนวตั้งฉากกับถนนพญาไทในฤดูฝน



ภาพที่ 4.30 Diurnal profile ที่ตรวจวัดตามแนวตั้งฉากกับถนนพญาไทในฤดูฝน

ในข้างต้น ที่ระยะ 225 เมตร เมื่อกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง พบว่า ตั้งอยู่บริเวณทางเลี้ยวรถ บริเวณหลังคณะวิทยาศาสตร์ทั่วไป จึงอาจทำให้ได้รับปริมาณสาร pPAHs จากแหล่งกำเนิดภายในมหาวิทยาลัยที่ระยะนี้มากกว่าที่ระยะ 75 และ 150 เมตร

จากภาพที่ 4.30 พบว่าแนวโน้มการเพิ่ม-ลดของความเข้มข้นของ pPAHs ทั้ง 4 ระยะมีลักษณะที่เหมือนกัน คือค่าความเข้มข้นของ pPAHs สูงในช่วงเวลาเช้าประมาณ 06.00 – 09.00 นาฬิกา จากนั้นค่อยๆ ลดลงในเวลากลางวัน และสูงอย่างเห็นได้ชัดในตอนเย็นประมาณ 01.00 – 22.00 นาฬิกา และความเข้มข้นลดลงต่ำสุดในช่วงเวลา 01.00 – 05.00 นาฬิกา และที่ระยะ 75 150 และ 225 เมตร มีค่าใกล้เคียงกัน และที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร diurnal profile มีค่าสูงกว่าที่ระยะอื่นอย่างชัดเจน

เมื่อพิจารณาความเข้มข้นเฉลี่ยของ pPAHs ทั้ง 4 ระยะ ดังภาพที่ 4.19 พบว่าที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตรจากถนนมีความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดคือ 95 ng/m^3 รองลงมาคือที่ระยะ 75 เมตรมีค่า 32 ng/m^3 ระยะ 150 เมตร คือ 35 ng/m^3 และระยะ 225 เมตร คือ 44 ng/m^3 ตามลำดับ โดยพบว่าที่

ระยะ 75 เมตร มี pPAHs ลดลง จากระยะ น้อยกว่า 5 เมตร 66.31% โดยเทียบเป็นสัดส่วนจากที่ ระยะน้อยกว่า 5 เมตร มีค่าเท่ากับ 0.34 เท่า ที่ระยะ 150 เมตร ลดลง 63.16% เทียบเป็นสัดส่วน 0.37 เท่าของระยะน้อยกว่า 5 เมตร และระยะ 225 เมตร ลดลง 53.68% เทียบเป็นสัดส่วน 0.46 เท่าของ ระยะน้อยกว่า 5 เมตร เมื่อพิจารณาพบว่า ที่ระยะ 75 เมตร มีเปอร์เซ็นต์การลดลงมากที่สุด

ตารางที่ 4.19 ค่าเฉลี่ย pPAHs ในหนึ่งวันที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร บริเวณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในฤดูฝน

ระยะห่างจากถนน	ค่าเฉลี่ยของ pPAHs (ng/m ³)								สัดส่วนการ ลดลงเทียบกับ ระยะ < 5 เมตร
	เสาร์	อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เฉลี่ย	
ระยะน้อยกว่า 5 เมตร	116	93	103	52	72	107	122	95 ^a	1.00
ระยะ 75 เมตร	43	25	33	25	29	36	37	32 ^b	0.34
ระยะ 150 เมตร	39	21	38	31	31	43	42	35 ^c	0.37
ระยะ 225 เมตร	42	29	49	36	40	53	59	44 ^d	0.46

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่มุมขวบนที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ของความเข้มข้น pPAHs บริเวณระยะน้อยกว่า 5 เมตร ระยะ 75 เมตร ระยะ 150 เมตร และระยะ 225 เมตร ของข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS for window โดยใช้วิธี One way ANOVA ว่าแตกต่างกันหรือไม่ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยตั้งสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ย pPAHs ทั้ง 4 ระยะ ไม่แตกต่างกัน

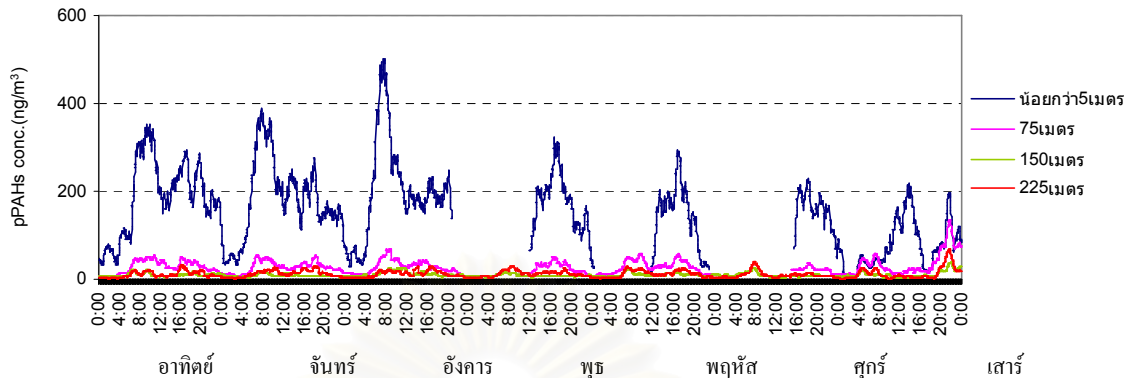
H_1 : ค่าเฉลี่ย pPAHs ทั้ง 4 ระยะ มีอย่างน้อย 1 คู่แตกต่างกัน

โดยในขั้นแรกทดสอบความแปรปรวนของทั้ง 4 ระยะ พบว่ามีค่า P-value = 0.000 < 0.05 ดังนั้นปฏิเสธ H_0 คือ ความแปรปรวนของ 4 ระยะแตกต่างกัน ขั้นที่สองใช้สถิติทดสอบ Welch Test ทดสอบ พบว่ามีค่า P-value = 0.000 < 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 คือค่าเฉลี่ยต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ และใช้ Dunnett'T3 ทดสอบพบว่า ทั้ง 4 ระยะ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (แสดงในภาคผนวก ข-5.1)

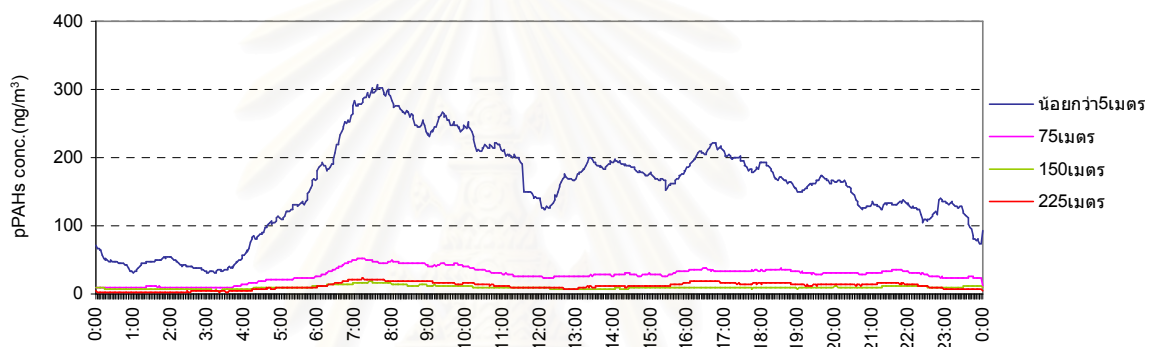
1) ฤดูแล้งฝน

การศึกษาการกระจายตัวตามแนวตั้งฉากกับถนนพญาไท ในฤดูแล้งฝนนั้น มีวิธีการตรวจวัดเช่นเดียวกับในฤดูฝน ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 7 วัน คือระหว่าง วันอาทิตย์ที่ 27 มีนาคม – วันเสาร์ที่ 2 เมษายน 2548 แต่เนื่องจากเครื่องขัดข้องด้านกระแสไฟฟ้าในขณะที่ทำการเก็บตัวอย่างที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร ทำให้เครื่องตรวจวัด PAS2000CE 1 เครื่อง มีปัญหาจึงขาดข้อมูล

ระหว่างช่วงเวลา 00.00 น ถึง 08.00 น. ซึ่งสามารถแสดงปริมาณสาร pPAHs และ diurnal profile ดังภาพที่ 4.31 และ 4.32



ภาพที่ 4.31 ปริมาณสาร pPAHs ที่ตรวจวัดตามแนวตั้งฉากกับถนนพญาไทในฤดูแล้งฝน



ภาพที่ 4.32 Diurnal profile ที่ตรวจวัดตามแนวตั้งฉากกับถนนพญาไทในฤดูแล้งฝน

จากภาพที่ 4.31 และ 4.32 พบว่า ทั้ง 4 ระยะ แนวโน้มการเพิ่ม-ลดของความเข้มข้นของ pPAHs มีลักษณะที่คล้ายกัน ซึ่งที่ระยะ 75 150 และ 225 เมตร เปลี่ยนแปลงตามทีระยะน้อยกว่า 5 เมตร และมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร มีค่าสูงกว่าที่ระยะอื่นอย่างชัดเจนเนื่องจากเมื่อพิจารณาตารางที่ 4.21 พบว่ามีความเร็วลมต่ำ (0.31 m/s) ซึ่งทำให้ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร ได้รับสาร pPAHs จากแหล่งกำเนิดมาก และเมื่อความเร็วลมต่ำทำให้สาร pPAHs กระจายตัวได้ไม่ดี ทำให้ที่ระยะ 75 150 และ 225 เมตร มีความเข้มข้นในระดับใกล้เคียงกัน

เมื่อพิจารณาความเข้มข้นเฉลี่ยของ pPAHs ทั้ง 4 ระยะ ตลอดระยะเวลาที่เก็บตัวอย่าง พบว่า ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตรจากถนนมีความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดคือ 134 ng/m^3 รองลงมาคือที่ระยะ 75 เมตรมีค่าเท่ากับ 28 ng/m^3 ที่ระยะ 150 เมตร เท่ากับ 10 ng/m^3 และที่ระยะ 225 เมตร เท่ากับ 12 ng/m^3 ตามลำดับ โดยพบว่า ที่ระยะ 75 เมตร มี pPAHs ลดลง จากระยะน้อยกว่า 5 เมตร 79.10% โดยเทียบเป็นสัดส่วนจากที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร มีค่าเท่ากับ 0.21 เท่า ที่ระยะ 150 เมตร ลดลง 92.52% เป็นสัดส่วน 0.07 เท่าของระยะน้อยกว่า 5 เมตร และระยะ 225 เมตร ลดลง 91.03% เทียบเป็นสัดส่วน 0.09 เท่าของระยะน้อยกว่า 5 เมตร เมื่อพิจารณาพบว่า ที่ระยะ 150 เมตร มีเปอร์เซ็นต์การลดลงมากที่สุด

ตารางที่ 4.20 ค่าเฉลี่ย pPAHs ในหนึ่งวันที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 และ 225 เมตร บริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในฤดูแล้งฝน

ระยะห่างจากถนน	ค่าเฉลี่ยของ pPAHs (ng/m ³)								สัดส่วนการลดลงเทียบกับระยะ < 5 เมตร
	เสาร์	อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เฉลี่ย	
ระยะน้อยกว่า 5 เมตร	187	179	188	112	93	102	75	134 ^a	1.00
ระยะ 75 เมตร	28	27	29	27	28	22	35	28 ^b	0.21
ระยะ 150 เมตร	10	8	12	8	10	9	11	10 ^c	0.07
ระยะ 225 เมตร	11	13	12	12	12	10	13	12 ^d	0.09

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่มุมขวามือที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ของความเข้มข้น pPAHs บริเวณระยะน้อยกว่า 5 เมตร ระยะ 75 เมตร ระยะ 150 เมตร และระยะ 225 เมตร ของข้อมูลโดยใช้วิธี One way ANOVA ด้วยโปรแกรม SPSS for window ว่าแตกต่างกันหรือไม่ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยตั้งสมมติฐาน ดังนี้

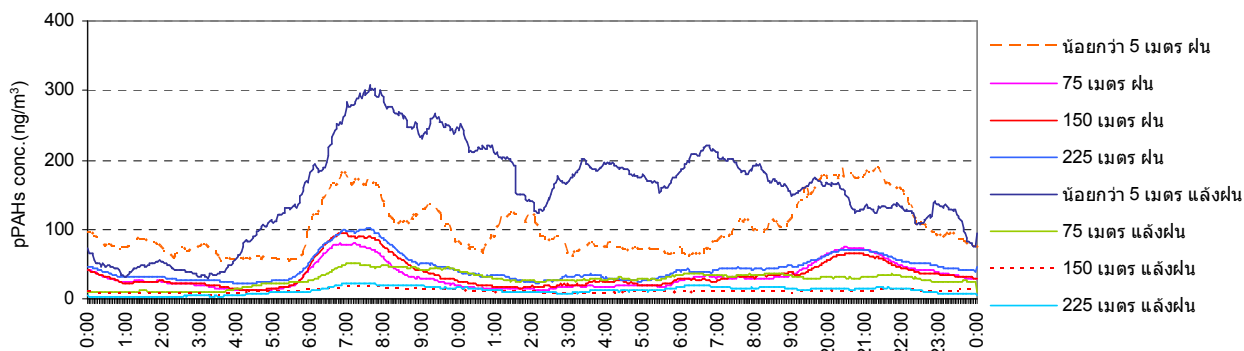
H_0 : ค่าเฉลี่ย pPAHs ทั้ง 4 ระยะ ไม่แตกต่างกัน

H_1 : ค่าเฉลี่ย pPAHs ทั้ง 4 ระยะ มีอย่างน้อย 1 คู่แตกต่างกัน

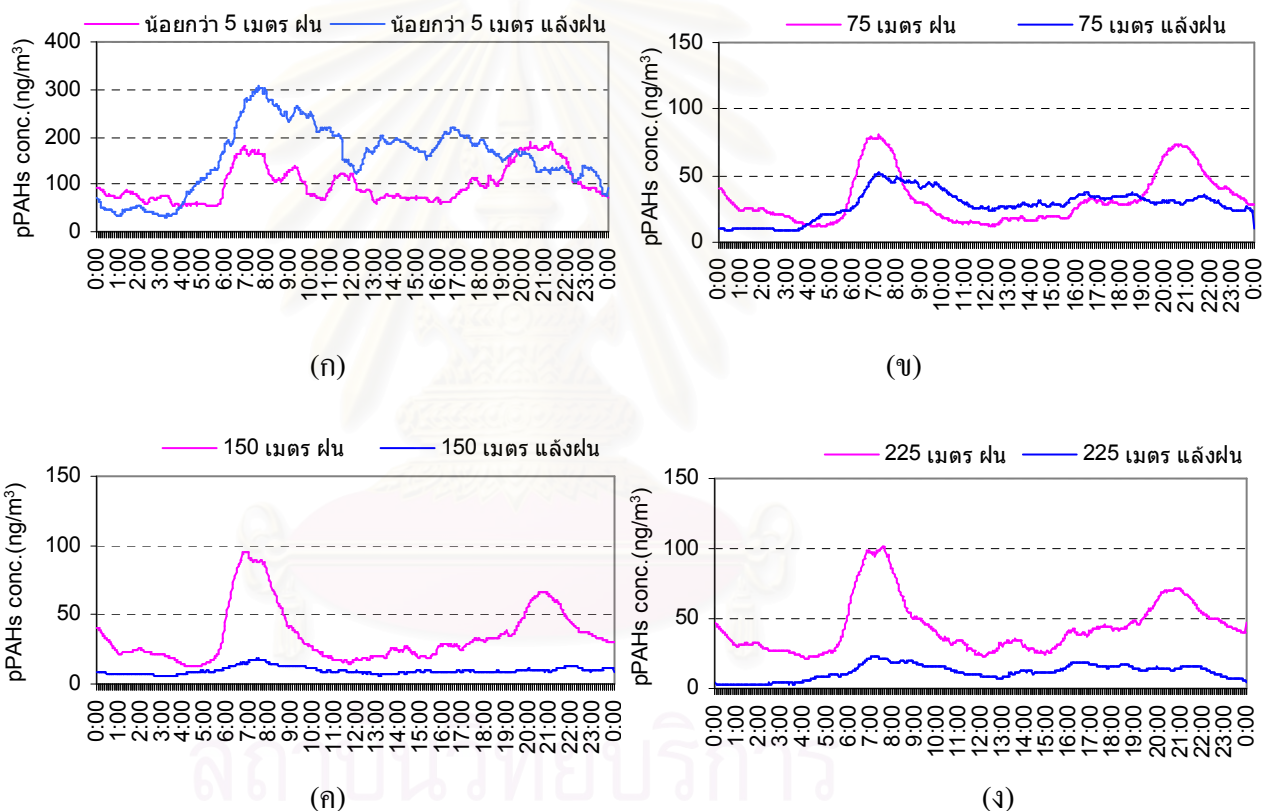
โดยในขั้นแรกทดสอบความแปรปรวนของทั้ง 4 ระยะ พบว่ามีค่า P-value = 0.000 < 0.05 ดังนั้นปฏิเสธ H_0 คือ ความแปรปรวนของ 4 ระยะแตกต่างกัน ขั้นที่สองใช้สถิติทดสอบ Welch Test ทดสอบ พบว่ามีค่า P-value = 0.000 < 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 คือค่าเฉลี่ยต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ และใช้ Dunnett'T3 ทดสอบพบว่า ทั้ง 4 ระยะ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร มีค่าสูงกว่าทุกระยะ (แสดงในภาคผนวก ข-5.2)

3) เปรียบเทียบระหว่างฤดูฝนและ ฤดูแล้งฝน

นำผลการศึกษาระบายตัวตามแนวตั้งฉากกับถนนพญาไท ในฤดูฝนและฤดูแล้งฝน มาเปรียบเทียบกัน โดยแสดงเป็น pPAHs profile ที่ปรากฏในภาพที่ 4.33 และ 4.34



ภาพที่ 4.33 Diurnal profile ของ pPAHs ที่กระจายตัวตามแนวตั้งจากถนนพญาไทในช่วงฤดูฝน และฤดูแล้งฝน



ภาพที่ 4.34 Diurnal profile ที่ตรวจวัดที่ระยะเดียวกัน ในฤดูฝนและแล้งฝน ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร(ก) 75 เมตร (ข) 150 เมตร (ค) และ 225 เมตร (ง) ที่ถนนพญาไท

จากภาพที่ 4.34 (ก) (ข) (ค) (ง) เมื่อพิจารณา diurnal profile พบว่ามีแนวโน้มการเพิ่มขึ้น-ลดลง คล้ายคลึงกันที่ระยะเดียวกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างฤดูฝนและแล้งฝน พบว่าที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตรจากถนน ในฤดูฝนมีค่า 0.71 เท่าของฤดูแล้งฝน ที่ระยะ 75 เมตร ฤดูฝนมีค่าเกือบเท่ากับที่ตรวจพบในฤดูแล้งฝน คือประมาณ 0.88 เท่า ส่วนที่ระยะ 150 เมตร และ 225 เมตร ในฤดูแล้งฝน

มีค่าเป็น 0.29 และ 0.27 เท่าของฤดูฝน ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าระดับของสาร pPAHs ในแต่ละฤดูกาลนั้น ไม่ได้เปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกันในแต่ละระยะทางที่ห่างจากถนน

จากการศึกษาข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาขณะที่ยกตัวอย่างในฤดูฝนดังตารางที่ 4.21 พบว่า ความเข้มแสงเฉลี่ยเท่ากับ 122.2 W/m^2 อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 30.6°C ความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 1.9 m/s มีทิศทางหลักคือ NE และไม่พบว่ามีฝนตกในช่วงที่ยกตัวอย่าง ความชื้นสัมพัทธ์ 49% ส่วนในฤดูแล้งฝนมีความเข้มแสงเฉลี่ยเท่ากับ 85 W/m^2 อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 31.4°C ความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 0.31 m/s มีทิศทางหลักคือ SW ปริมาณน้ำฝน 0.03 mm ความชื้นสัมพัทธ์ 78.39% ซึ่งจากข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยาพบว่า เมื่อพิจารณาความเข้มข้นในฤดูแล้งฝนมีความเข้มข้น pPAHs สูงกว่าฤดูฝนที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร แต่ที่ระยะอื่นๆ ที่ห่างจากถนน ปริมาณ pPAHs มีแนวโน้มที่ต่ำกว่าในฤดูฝน ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยของความเร็วลม ซึ่งเมื่อพิจารณาความเร็วลม พบว่า ในฤดูแล้งฝนความเร็วลมต่ำ (0.31 m/s) หรือลมสงบ จึงทำให้ที่ระยะ 5 เมตร ซึ่งเป็นระยะที่ติดถนนมากที่สุด และเป็นจุดที่ได้รับผลจากยานพาหนะ โดยตรงมีความเข้มข้นของ pPAHs ก่อนข้างสูงและความเร็วลมที่ต่ำทำให้การกระจายตัวไม่ดี ส่วนที่ระยะอื่นๆ มีความเข้มข้นต่ำและใกล้เคียงกัน แต่ในฤดูฝนความเร็วลมมีค่าสูงกว่าฤดูแล้งฝน (1.9 m/s) จึงทำให้ pPAHs ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร มีการกระจายตัวได้ดี ส่งผลให้มีความเข้มข้นต่ำกว่าฤดูแล้งฝน แต่ที่ระยะ 75 150 และ 225 เมตร มีความเข้มข้นสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับฤดูแล้งฝน

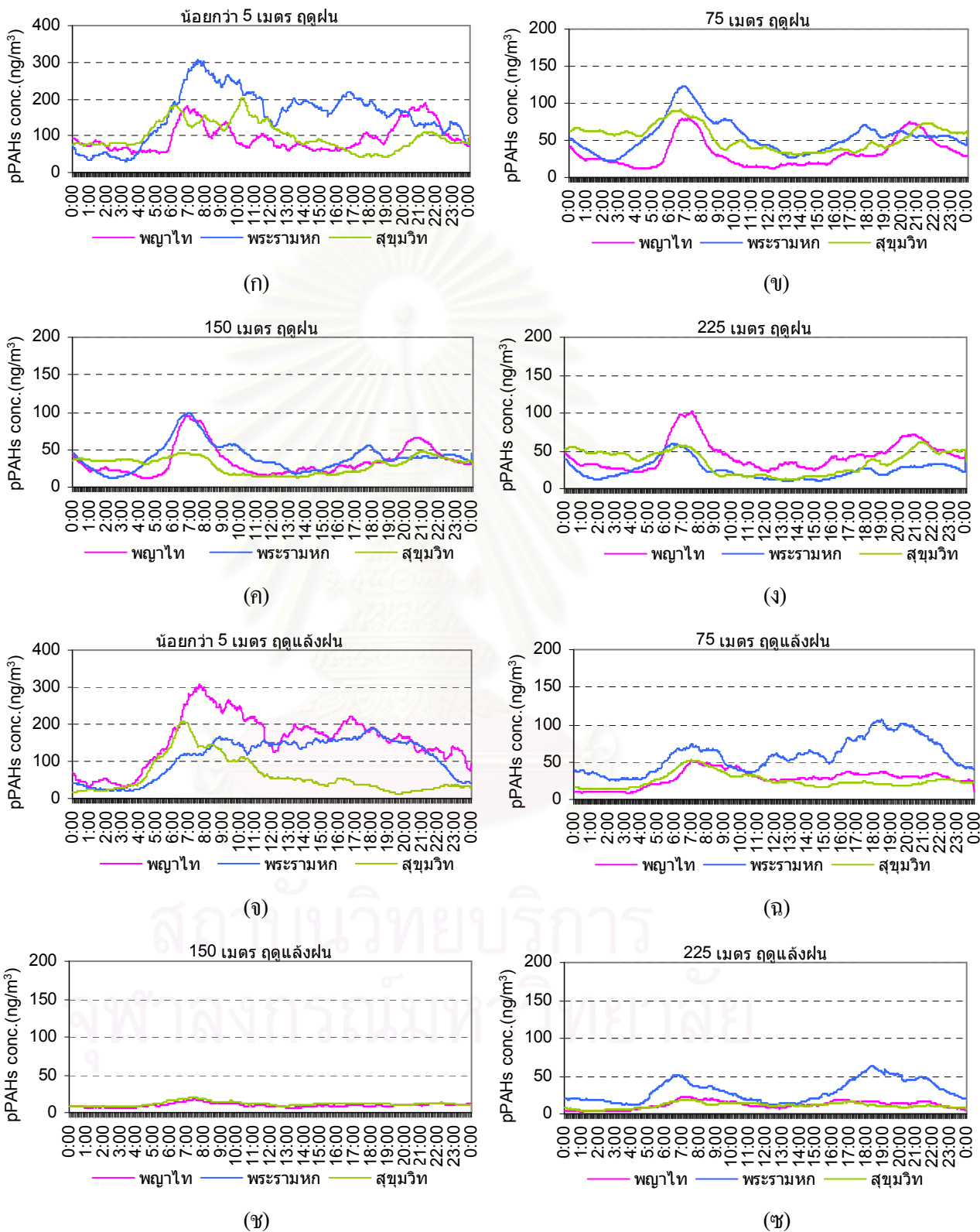
ตารางที่ 4.21 ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งฝน

ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	
	ฝน	แล้งฝน
อุณหภูมิ ($^\circ\text{C}$)	30.6 (26.4-35.2)	31.4 (24.6-36.5)
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	49 (32-69)	78.39 (58-97)
ความเข้มแสง (W/m^2)	122.2 (4.0-745.0)	85 (37-659.2)
ปริมาณน้ำฝน (mm)	0.0	0.03(0.0-5.0)
ความเร็วลม (m/s)	1.9 (0.3-3.8)	0.31 (0.0-2.9)

4.3.4 เปรียบเทียบความเข้มข้น pPAHs ที่กระจายตัวตามแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิท ถนนพระรามหก และถนนพญาไท

เมื่อนำผลการตรวจวัด pPAHs มาเปรียบเทียบกับกัน เพื่อพิจารณาถึงการกระจายตัวของ pPAHs ตามแนวตั้งฉากกับถนนบริเวณ โครงสร้างถนนที่แตกต่างกันของ 3 ถนน ได้แก่ โครงสร้างของถนนที่มีรางรถไฟ BTS คือถนนสุขุมวิท และถนนที่มีทางด่วน คือถนนพระรามหก และถนน

พญาไทเป็นถนนเปิดโล่ง เพื่อศึกษาว่าโครงสร้างถนนมีผลต่อการกระจายตัวตามแนวตั้งจากกับถนนของสาร pPAHs สามารถแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่เป็น diurnal profile ได้ดังภาพที่ 4.35



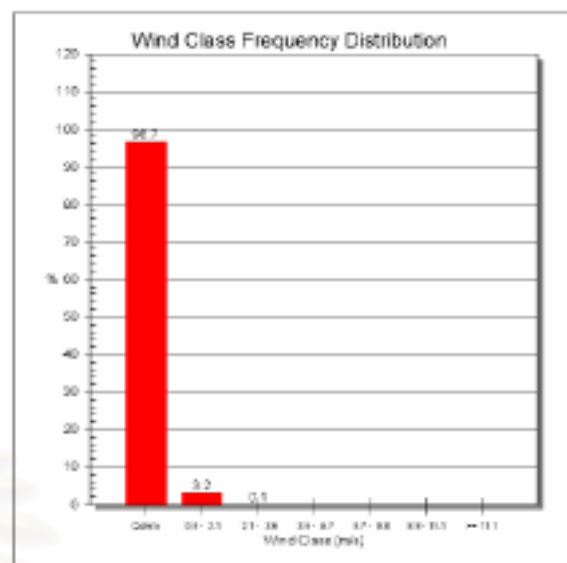
ภาพที่ 4.35 ลักษณะ Diurnal profile ของ pPAHs ที่กระจายตัวตามแนวตั้งจากกับถนนสุขุมวิท ถนนพระรามหก และถนนพญาไท ในฤดูฝน ((ก) – (ง)) และฤดูแล้ง ((จ) – (ซ))

จากภาพที่ 4.35 เมื่อพิจารณา ทั้งในฤดูฝนและในฤดูแล้งฝน บริเวณถนนสุขุมวิท ถนนพระรามหก และถนนพญาไท ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร พบว่า diurnal profile มีแนวโน้มแตกต่างกัน ทั้ง 3 ถนน และเมื่อพิจารณา ที่ระยะ 75 ถึง 225 เมตร พบว่ามีแนวโน้มการเพิ่มขึ้น-ลดลงคล้ายคลึงกัน และความเข้มข้นใกล้เคียงกันในฤดูกาลเดียวกัน ถึงแม้จุดเก็บตัวอย่างจะเป็นถนนที่แตกต่างกัน แต่เนื่องจากในฤดูแล้งฝน ถนนพระรามหกจุดเก็บตัวอย่างบริเวณ รร.สามเสนวิทยาลัย มีการรับสมัครนักเรียนเข้าศึกษาต่อ ทำให้ที่ระยะ 75 ถึง 225 เมตรจากถนน มีแนวโน้มของความเข้มข้นสูงกว่าเล็กน้อย แตกต่างกับในฤดูฝนที่มีค่าใกล้เคียงกับถนนสุขุมวิทและพญาไท

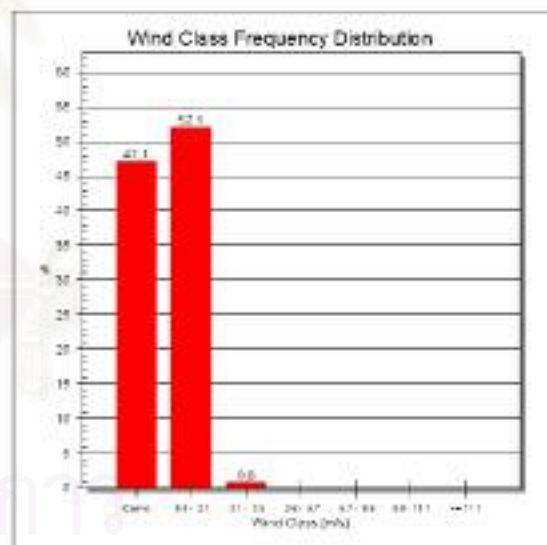
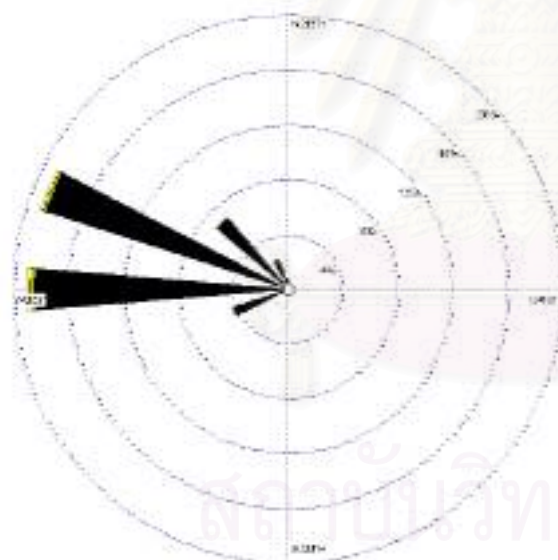
เนื่องจากช่วงของการเก็บตัวอย่างที่จุดตรวจวัดต่างๆ ไม่ได้อยู่ในช่วงเวลาเดียวกัน จึงได้นำข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษามาวิเคราะห์เปรียบเทียบ ดังแสดงในตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาที่ อุทยานเบญจสิริ รร.สามเสนวิทยาลัย และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งฝน

ข้อมูลด้าน อุตุนิยมวิทยา	สุขุมวิท		พระราม 6		พญาไท	
	ฝน	แล้งฝน	ฝน	แล้งฝน	ฝน	แล้งฝน
อุณหภูมิ (°C)	30.0 (25.1-37.7)	30.7 (26.6-39.3)	29.9 (25.1-37.5)	33.4 (27.9-42.3)	30.6 (26.4-35.2)	31.4 (24.6-36.5)
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	83 (53-100)	80 (48-99)	77 (47-100)	31 (49-93)	49 (32-69)	78.39 (58-97)
ความเข้มแสง (W/m ²)	99.6 (1.2-788.6)	143.8 (1.2-710.4)	104.5 (2.4-675.0)	144.8 (0-778.8)	122.2 (4.0-745.0)	85 (37-659.2)
ปริมาณน้ำฝน (mm)	0.90 (0-55.48)	0.01 (0-2.0)	0.38 (0-55.2)	0.06 (0-9)	0.0 (0.0)	0.03 (0.0-5.0)
ความเร็วลม (m/s)	0.1 (0.0-2.3)	0.6 (0.0-3.0)	0.1 (0-0.7)	0.2 (0.0-1.3)	1.9 (0.3-3.8)	0.31 (0.0-2.9)

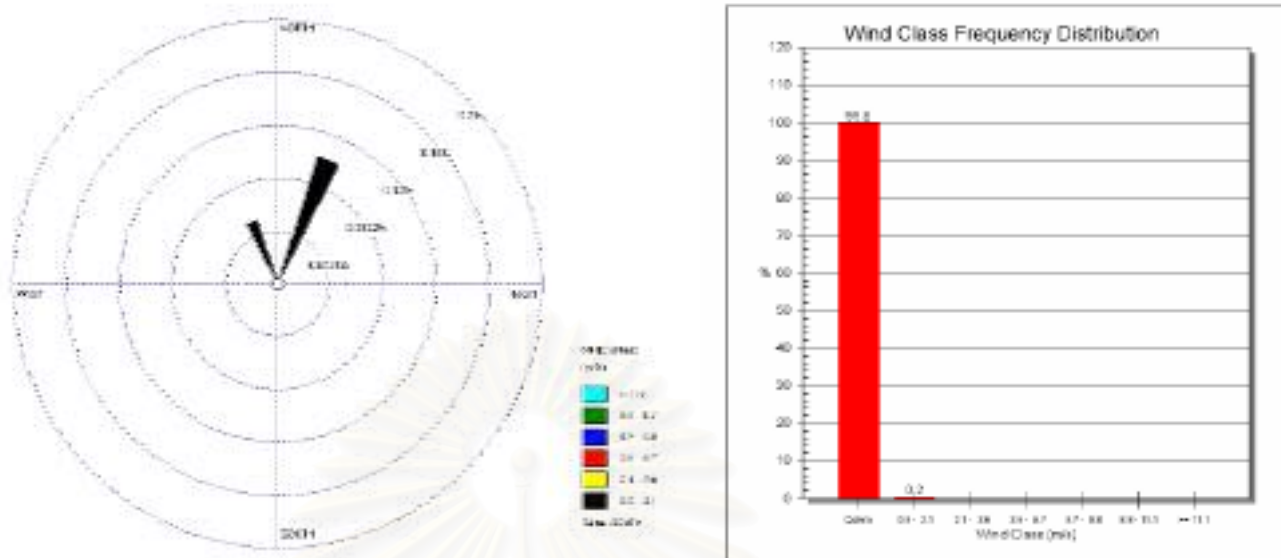


(ก)

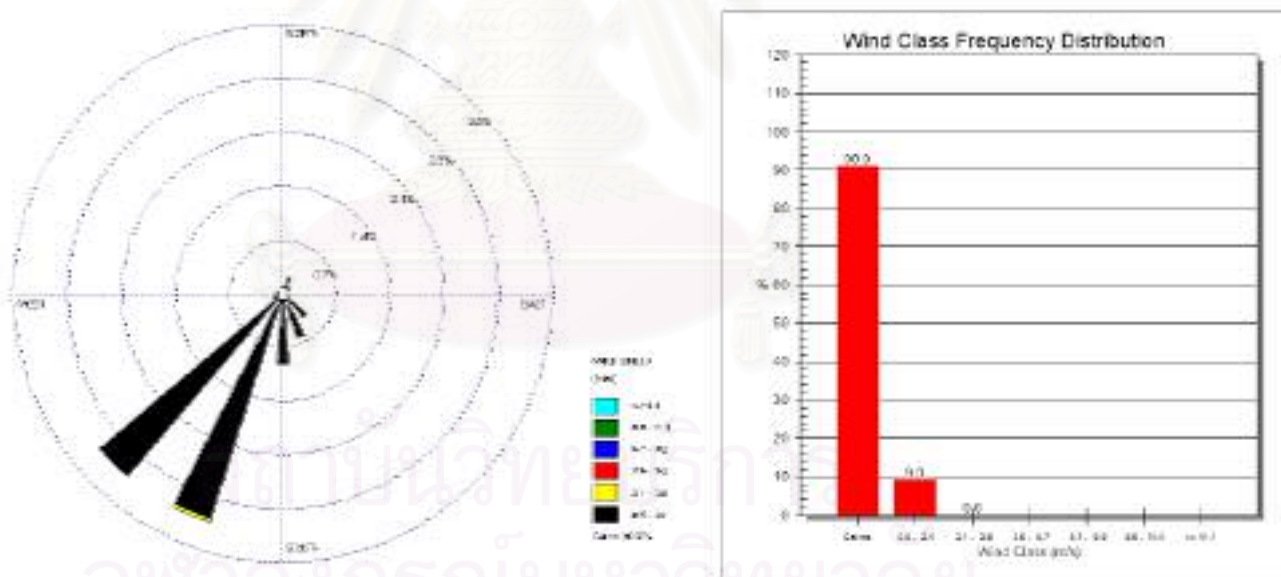


(ข)

ภาพที่ 4.36 แผนภูมิแสดงทิศทางลม และแผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์ความถี่ของการเกิดความเร็วลมต่างๆ บริเวณถนนสุขุมวิท ในฤดูฝน (ก) และฤดูแล้งฝน (ข) บริเวณถนนพระรามหก ในฤดูฝน (ค) และฤดูแล้งฝน (ง) และบริเวณถนนพญาไท ในฤดูฝน (จ) และฤดูแล้งฝน (ฉ)

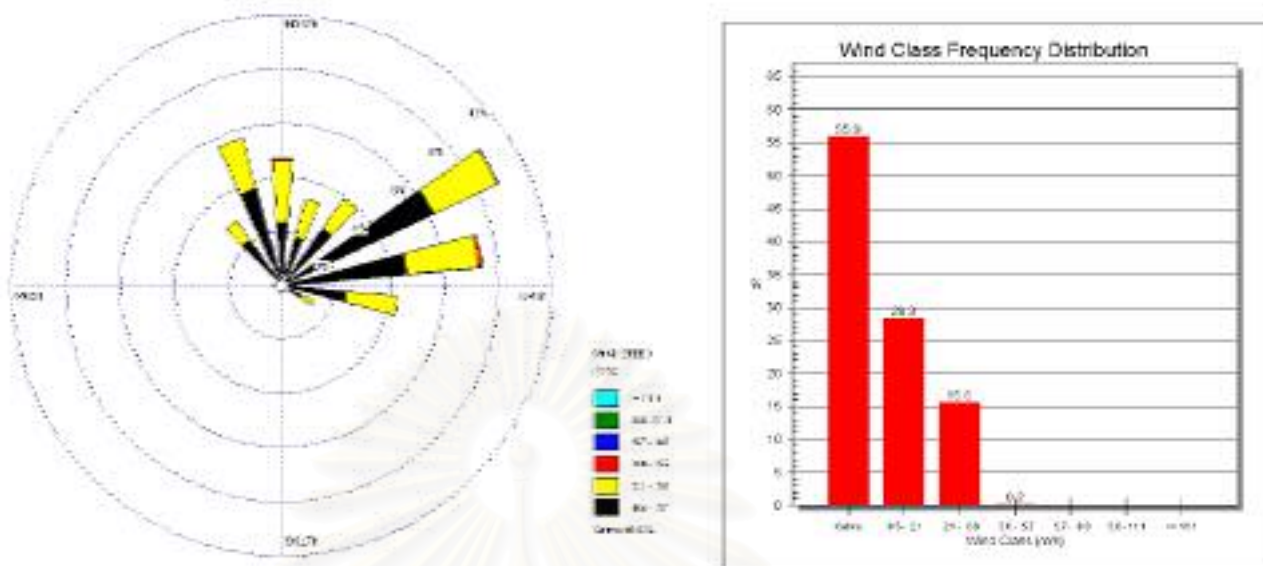


(ก)

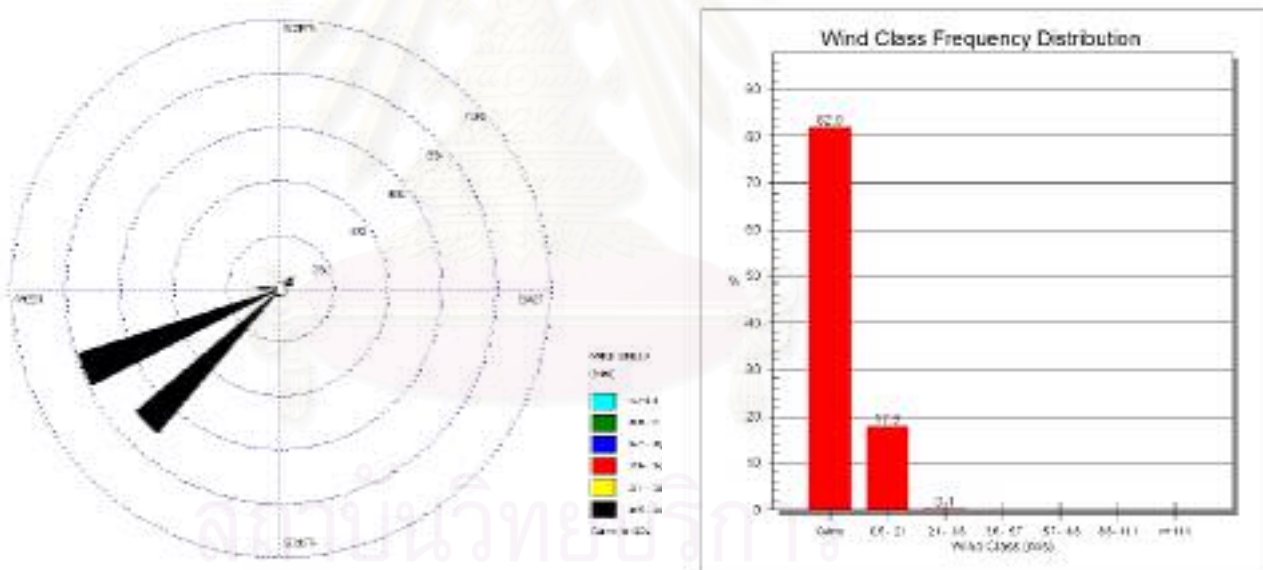


(ข)

ภาพที่ 4.36 (ต่อ) แผนภูมิแสดงทิศทางลม และแผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์ความถี่ของการเกิดความเร็วลมต่างๆ บริเวณถนนสุขุมวิท ในฤดูฝน (ก) และฤดูแล้งฝน (ข) บริเวณถนนพระรามหก ในฤดูฝน (ค) และฤดูแล้งฝน (ง) และบริเวณถนนพญาไท ในฤดูฝน (จ) และฤดูแล้งฝน (ฉ)



(จ)



(ข)

ภาพที่ 4.36 (ต่อ) แผนภูมิแสดงทิศทางลม และแผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์ความถี่ของการเกิดความเร็วลมต่างๆ บริเวณถนนสุขุมวิท ในฤดูฝน (จ) และฤดูแล้งฝน (ข) บริเวณถนนพระรามหก ในฤดูฝน (ค) และฤดูแล้งฝน (ง) และบริเวณถนนพญาไท ในฤดูฝน (จ) และฤดูแล้งฝน (ข)

พบว่าเมื่อพิจารณาปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา พบว่าในฤดูฝน ที่ระย่น้อยกว่า 5 เมตร ความเร็วลมที่ถนนพระรามหกและถนนสุขุมวิทมีค่าต่ำ สาร pPAHs จึงมีปริมาณสูงที่ระย่น้อยกว่า

5 เมตร แต่ถนนพญาไทมีความเร็วลมสูง จึงเป็นผลทำให้การกระจายตัวไปที่ระยะต่างๆ ค่อนข้างดี จึงทำให้ความเข้มข้นที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตรต่ำกว่าฤดูแล้งฝน

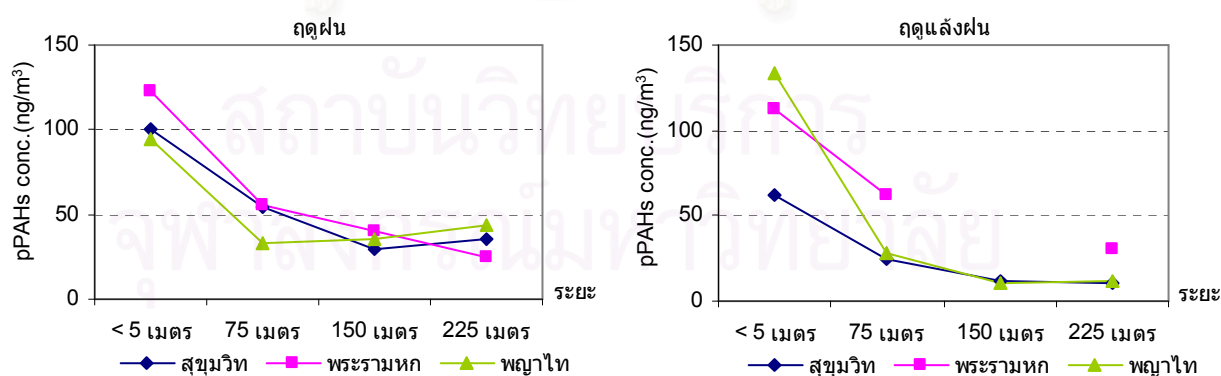
และที่ระยะ 75 150 และ 225 เมตร ทั้ง 3 ถนนมีความเข้มข้นที่ใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาปัจจัยทางด้านอุตุนิยมวิทยา ความเร็วลมที่ถนนพญาไทมีความเร็วลมสูงจึงทำให้ทุกระยะ มีความเข้มข้นต่ำกว่า ถนนพระรามหกและถนนสุขุมวิท ยกเว้นที่ระยะ 225 เมตร เนื่องจากระยะ 225 เมตร เป็นบริเวณทางเลี้ยวรถดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น (ดังตาราง 4.23) จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าผลของการกระจายตัวของ pPAHs แนวตั้งฉากกับถนนยังไม่มีข้อสรุปที่ชัดเจน

ตารางที่ 4.23 ค่าเฉลี่ย pPAHs ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร บริเวณถนนสุขุมวิท พระรามหก และพญาไท ในฤดูฝนและฤดูแล้งฝน

จุดเก็บตัวอย่าง	น้อยกว่า 5 เมตร		75 เมตร		150 เมตร		225 เมตร	
	ฝน	แล้งฝน	ฝน	แล้งฝน	ฝน	แล้งฝน	ฝน	แล้งฝน
ถนนสุขุมวิท	100	62	54 (46.08)	25 (59.68)	30 (70.48)	12 (80.65)	36 (64.45)	11 (82.26)
ถนนพระรามหก	122	112	55 (54.77)	62 (44.64)	41 (66.87)	-	24 (80.02)	31 (72.32)
ถนนพญาไท	101	134	32 (65.80)	28 (79.10)	35 (63.16)	10 (92.54)	44 (53.68)	12 (91.04)

หมายเหตุ : ตัวเลขภายในวงเล็บ () แสดง เปอร์เซ็นต์การลดลงจากที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร ในฤดูกาลเดียวกัน

- : การขัดข้องของกระแสไฟฟ้าไม่สามารถตรวจวัดความเข้มข้น pPAHs



ภาพที่ 4.37 ค่าเฉลี่ย pPAHs ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร ถนนสุขุมวิท ถนนพระรามหก และถนนพญาไท ในฤดูฝนและฤดูแล้งฝน

จากตารางที่ 4.23 และภาพที่ 4.37 พบว่าสาร pPAHs บริเวณถนนสุขุมวิท ถนนพระรามหก และถนนพญาไท ในระยะเดียวกันมีปริมาณใกล้เคียงกัน โดยที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร ถึงระยะ 75 เมตร ความเข้มข้น pPAHs ลดลงอย่างชัดเจน และคงที่แต่ตั้งแต่ระยะ 75 ถึง 225 เมตร เมื่อเปรียบเทียบการศึกษานี้กับการศึกษาวิจัยอื่น ที่ศึกษาการกระจายตัวของฝุ่นขนาดเล็ก ในแนวตั้งฉากกับถนน พบว่าสอดคล้องการศึกษาของ Roorda-Knape และคณะ (1997) ที่ศึกษาความเข้มข้นของ PM_{10} $PM_{2.5}$ NO_2 black smoke และ benzene ที่จุดต่างๆ ห่างจาก motorways โดยกำหนดที่ระยะ 15 115 165 และ 305 เมตร พบว่า ความเข้มข้นของ NO_2 และ black smoke ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อระยะทางจากถนนเพิ่มขึ้นและแนวโน้มการลดลงเป็นแบบ exponential แต่ไม่พบความแตกต่างของความเข้มข้นของ PM_{10} $PM_{2.5}$ และ benzene เมื่อระยะทางห่างจากถนนเพิ่มขึ้น เนื่องจากทิศทางที่พัดจากถนนมายังจุดเก็บตัวอย่างน้อยกว่า 33% และการศึกษาของ Wu และคณะ (2002) ตรวจวัดการกระจายตัวของฝุ่นขนาด PM_{10} $PM_{2.5}$ และ PM_1 ในแนวนอนใน Macao ประเทศจีน โดยสถานีที่ตรวจวัดมีตึก 1 ฟังถนน ทำการเก็บตัวอย่าง 6 จุด ที่ระยะ 2 42 72 120 170 และ 228 เมตรห่างจากถนน พบว่าแนวโน้มของฝุ่นลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ เมื่อระยะทางจากถนนเพิ่มขึ้น พบว่าความเข้มข้นสูงสุดที่ลดลงจากระยะ 2 เมตร ของฝุ่น PM_{10} $PM_{2.5}$ และ PM_1 คือ 7% 9% และ 10% ตามลำดับ เนื่องจากความสูงของจุดเก็บตัวอย่าง มีความสูง 1.5-2 เมตร อาจได้รับอิทธิพลจากฝุ่นบริเวณใกล้เคียงกับจุดเก็บตัวอย่างเนื่องจากความเร็วลมมากกว่า 3 m/s และปริมาณรถบริเวณถนนต่ำจึงเกิดฝุ่นละอองที่ปลดปล่อยจากไอเสียเครื่องยนต์ต่ำ แต่แตกต่างกับ Hitchins และคณะ (2000) ตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของฝุ่น $PM_{2.5}$ พบว่าเมื่อลมพัดโดยตรงจากถนนมายังจุดเก็บตัวอย่าง ฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่ระยะ 375 เมตร จะมีความเข้มข้นลดลงร้อยละ 75 และเมื่อลมพัดขนานกับถนน ฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่ระยะทาง 375 เมตร ความเข้มข้นจะลดลงร้อยละ 65 เมื่อเทียบกับระยะ 15 เมตร เนื่องจากการแบ่งทิศทางลมที่ชัดเจน

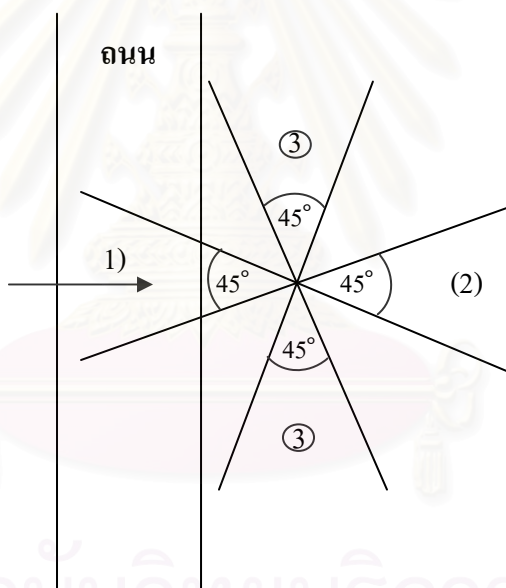
จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าระยะที่ใกล้ถนนมีระดับความเข้มข้นสาร pPAHs สูงที่สุด แต่ที่ระยะห่างจากถนนออกไป โดยเฉพาะในฤดูแล้งฝนการเปลี่ยนแปลงที่พญาไทแตกต่างจากบริเวณอื่น แต่พบว่า แต่ละจุดเก็บตัวอย่างลดลงจากระยะน้อยกว่า 5 เมตรเหมือนกันกับฝุ่น แต่แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงที่ลดลงตามระยะทางไม่ชัดเจน ทั้งนี้อาจเนื่องจากปัจจัยด้านอื่นๆ เช่น ปริมาณการจราจร ปัจจัยทางสภาพพื้นที่และสภาพทางอุตุนิยมวิทยา เช่น ทิศทางและความเร็วลม สำหรับการศึกษาคอร์เรลชันที่มีผลต่อการกระจายตัวครั้งนี้ยังไม่สามารถสรุปรูปแบบการลดลงได้

4.3.5 ความสัมพันธ์ของ pPAHs ที่เคลื่อนที่ตามแนวตั้งฉากจากถนนไปยังจุดต่างๆ

การพิจารณาความสัมพันธ์การเคลื่อนที่ของ pPAHs ที่ระยะต่างๆ ได้วิเคราะห์โดยจะนำความเข้มข้นของ pPAHs ที่ตรวจวัดที่เวลาเดียวกันมาหาความสัมพันธ์เพื่อนำมาใช้บอกระยะเวลาที่มลสารแพร่กระจายหรือเคลื่อนที่ (correlation tracking) ซึ่งจะสามารถทราบถึง delay time ระหว่าง

การเคลื่อนที่ของสารจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้ การศึกษาครั้งนี้ได้นำโปรแกรม Statistica มาใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์การเคลื่อนที่ของ pPAHs ในอากาศ ข้อมูลที่ใช้กับ โปรแกรม Statistica เป็นข้อมูลความเข้มข้น pPAHs เฉลี่ยทุกๆ 2 นาที (ที่ผ่านการหาค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ : moving average) และนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ cross-correlation หลังจากนั้นจะจัดเรียงข้อมูลใหม่ตามผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเวลาที่มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด แล้วนำปัจจัยด้านทิศทางลมมาคัดแยกกลุ่มของค่า pPAHs ที่ตรวจวัดไว้โดยใช้เกณฑ์การแยกทิศทางลม เพื่อพิจารณาความสัมพันธ์ตามที่ Hitchins และคณะ (2000) ได้ทำการศึกษา ซึ่งแบ่งกลุ่มได้ดังนี้ (ดังรูปที่ 4.38)

- 1) ทิศลมที่พัดจากถนนมายังจุดเก็บตัวอย่าง โดยทำมุม 45 องศากับถนน
- 2) ทิศลมที่พัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปยังถนน โดยทำมุม 45 องศากับถนน
- 3) ทิศลมที่พัดขนานกับถนน โดยทำมุม 45 องศาขนานกับถนนทั้ง 2 ข้าง

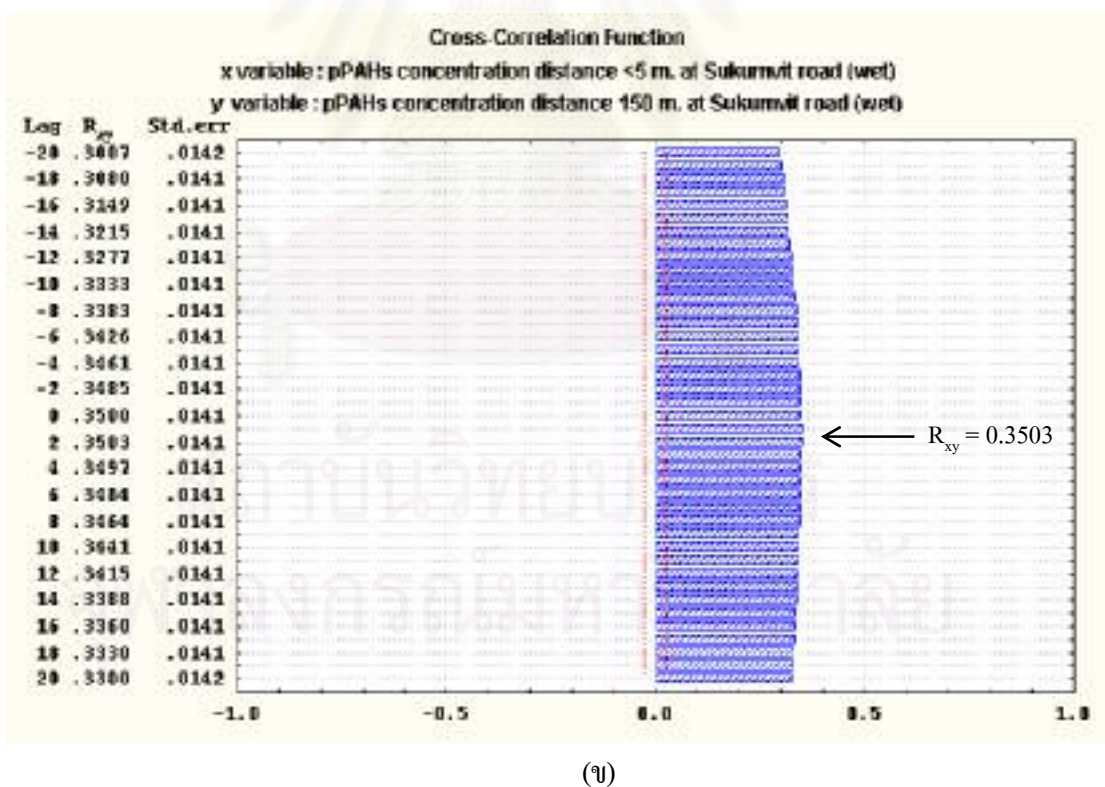
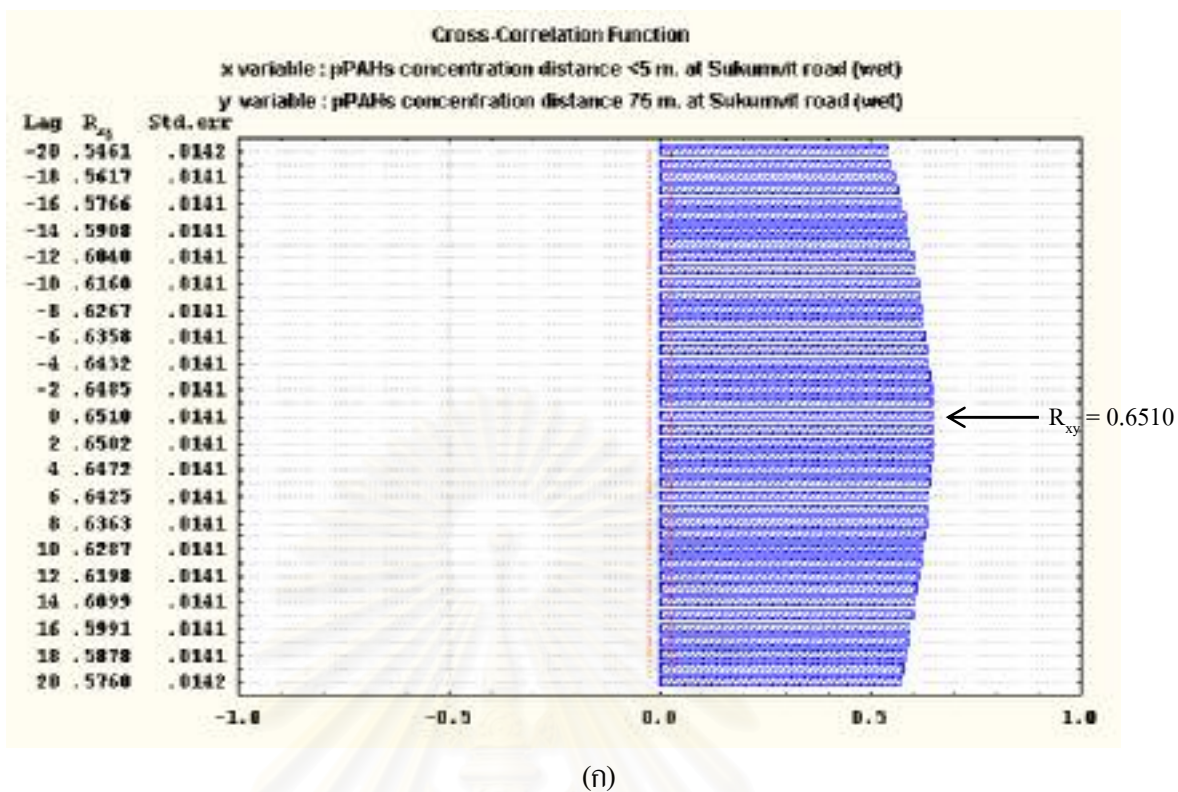


ภาพที่ 4.38 ลักษณะของลมที่พัดบริเวณถนน 3 ทิศทาง

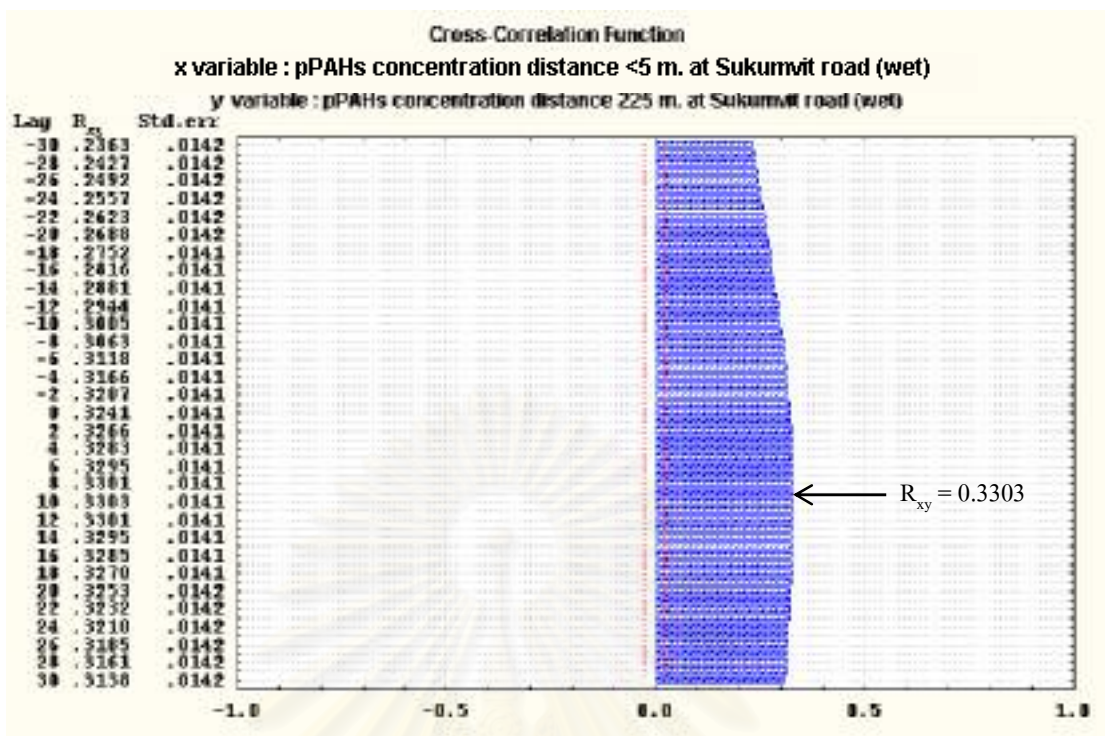
4.3.5.1 ความสัมพันธ์ของ pPAHs ที่เคลื่อนที่ตามแนวตั้งฉากกับถนนสุภูมิวิท

1) ฤดูฝน

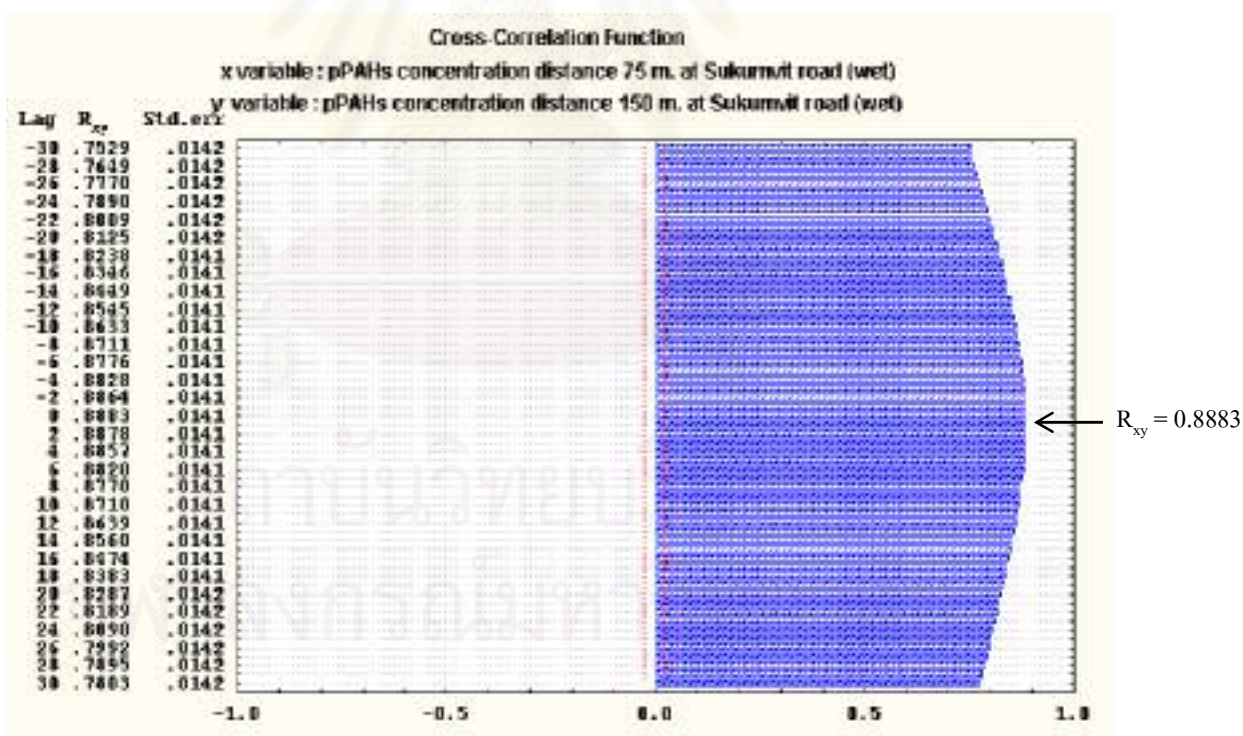
จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของ pPAHs ที่ระยะต่างๆ โดยใช้ cross-correlation นั้น สามารถแสดงผลได้ดังภาพที่ 4.39 (ก) – (ค)



ภาพที่ 4.39 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากค่าจากการวิเคราะห์แบบ cross-correlation ของความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณถนนสุขุมวิทในฤดูฝน

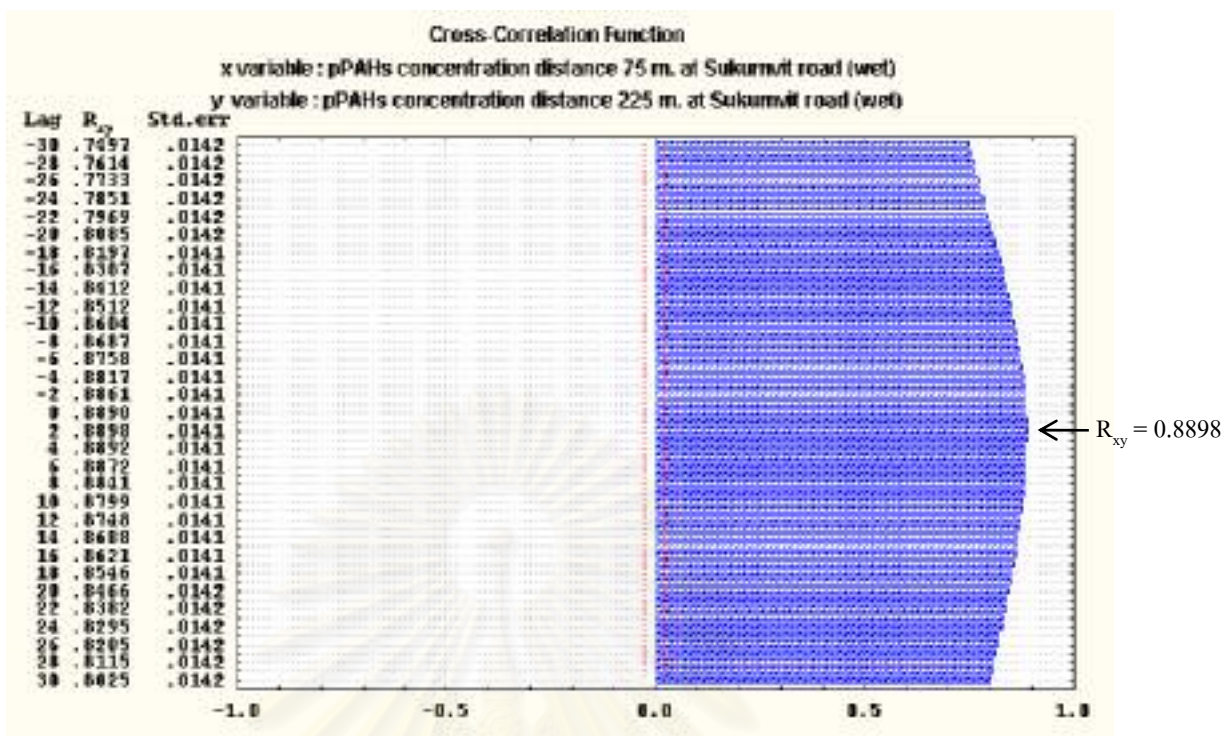


(ก)

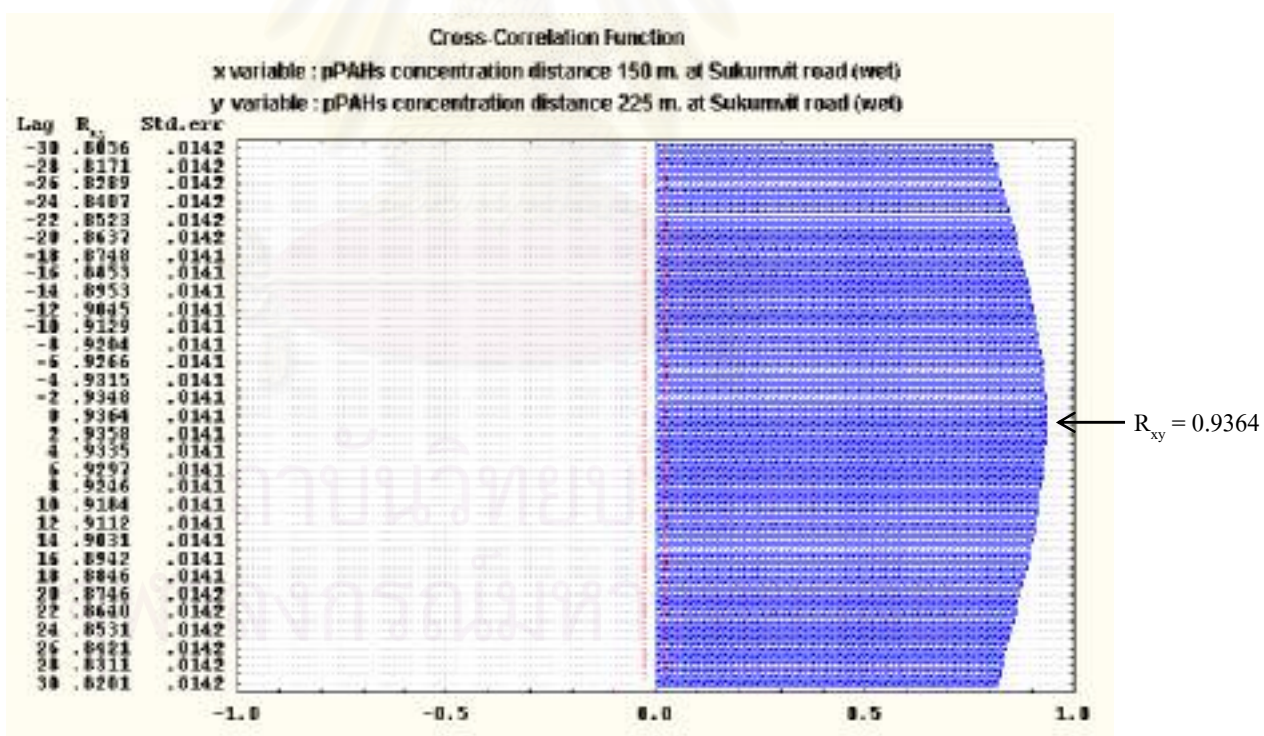


(ง)

ภาพที่ 4.39 (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากค่าจากการวิเคราะห์แบบ cross-correlation ของความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณถนนสุขุมวิทในฤดูฝน



(จ)



(ข)

ภาพที่ 4.39 (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากค่าจากการวิเคราะห์แบบ cross-correlation ของความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณถนนสุขุมวิทในฤดูฝน

จากภาพที่ 4.39 (ก) ค่า $R^2 (R_{xy})$ มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.6510 ที่ $Lag = 0$ (Lag หมายถึง ช่วงต่างของจุด(เวลา)) แสดงถึงความเข้มข้นของ pPAHs ระหว่างที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร และที่ระยะ 75 เมตร มีความสัมพันธ์กันมากที่สุดที่เวลาเดียวกัน โดยไม่มีช่วงต่างของเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง ($Lag = 0$) แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มข้นของ pPAHs ที่ระยะ 75 เมตร นั้นเกิดขึ้นพร้อมๆ กับการเปลี่ยนแปลงที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร แต่เมื่อเปรียบเทียบที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร กับที่ระยะ 150 และ 225 เมตร (ดังภาพที่ 4.39(ข) และ (ค)) นั้นผลการหาความสัมพันธ์ให้ค่า R_{xy} เท่ากับ 0.3503 และ 0.3303 ตามลำดับ แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันน้อยมาก ซึ่งให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของ pPAHs ที่ระยะดังกล่าวไม่สามารถระบุเวลาที่มีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจนได้

นอกจากการจะพิจารณาที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตรจากถนน กับระยะอื่นๆ แล้วยังพิจารณาระหว่างระยะที่ห่างจากถนน โดยพบว่าที่ระยะ 75 กับ 150 เมตร มีค่า R^2 สูงสุดเท่ากับ 0.8883 ที่ $Lag = 0$ ดังแสดงในภาพที่ 4.39(ง) แสดงว่าไม่มีช่วงต่างของเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง และที่ระยะ 75 กับ 225 เมตร พบว่ามีค่า R^2 สูงสุด 0.8898 ที่ $Lag = 2$ (4 นาที) (ภาพที่ 4.39(จ)) และระยะ 150 กับระยะ 225 เมตร มีค่า R^2 สูงสุด 0.9364 ที่ $Lag = 0$ (ภาพที่ 4.39(ฉ)) แสดงว่าไม่มีช่วงต่างของเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของระดับ pPAHs ในระยะที่ห่างจากถนน ตั้งแต่ 75 – 225 เมตรนั้น มีแนวโน้มสูงขึ้น-ลดลงที่เวลาใกล้เคียงกันมาก (ไม่เกิน 4 นาที)

จากผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของ pPAHs และการกระจายตัวของสารจะเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันนั้น ขึ้นอยู่กับระยะทางที่ห่างจากแหล่งกำเนิด และขอบเขตของพื้นที่ ถ้าอยู่ภายในระยะทางที่ไม่เกิน 75 เมตร การกระจายตัวของสารจะเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ดังความสัมพันธ์ที่ได้ระหว่างที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร กับ 75 เมตร ที่ระยะ 75 กับ 150 เมตร และที่ระยะ 150 กับ 225 เมตร

หลังจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ cross-correlation แล้วได้นำค่า pPAHs ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร ที่ตรวจวัดทุก 2 นาที มาวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงโดยพิจารณาถึงปัจจัยของลม ทิศทางและความเร็วลม ซึ่งตรวจวัดทุกๆ 5 นาที เนื่องจากช่วงต่างของเวลาที่ตรวจวัดระหว่างค่า pPAHs และทิศทางและความเร็วลมไม่ตรงกัน (คือ 2 นาที กับ 5 นาที) จึงทำการประมวลและคัดเลือกข้อมูลใหม่โดยใช้ข้อมูลที่ตรวจวัดทุกๆ 10 นาที มาพิจารณาความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลง จากที่กล่าวไว้ข้างต้นถึงเกณฑ์ในการแบ่งทิศทางลม เมื่อพิจารณา ณ จุดตรวจวัดจริงที่ถนนสุขุมวิท สามารถแบ่งทิศทางลมเป็น 3 กลุ่มได้ดังนี้

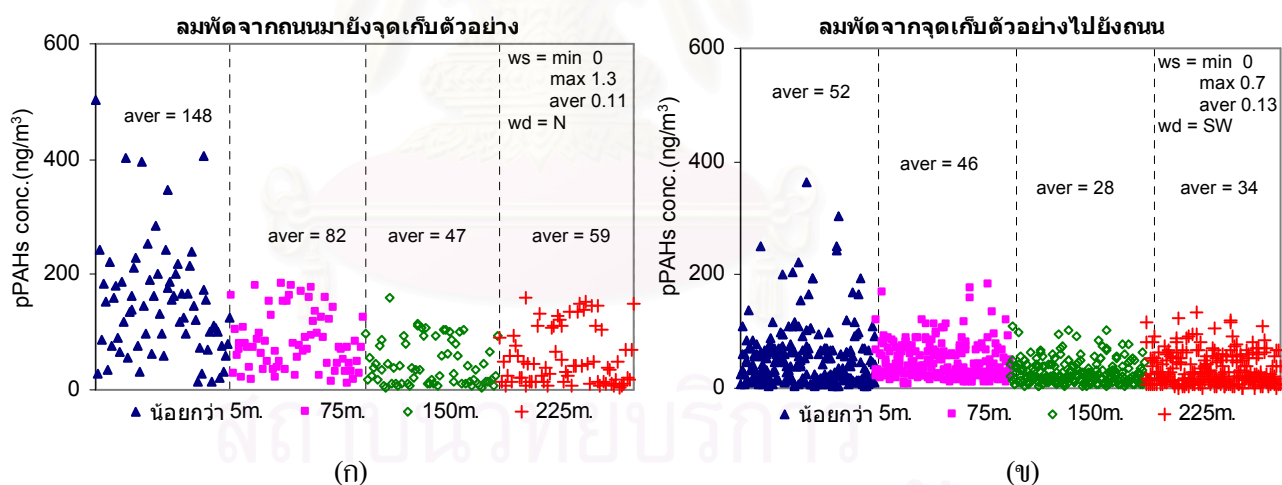
- 1) ทิศทางลมที่พัดจากถนนมายังจุดเก็บตัวอย่าง โดยทำมุม 45 องศาถนน ซึ่งที่จุดตรวจวัดจะพิจารณาทิศทางลมที่อยู่ระหว่างมุม 20 – 65 องศา
- 2) ทิศทางลมที่พัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปยังถนน โดยทำมุม 45 องศาถนน ซึ่งที่จุดตรวจวัดจะพิจารณาทิศทางลมที่อยู่ระหว่างมุม 200 – 245 องศา

3) ทิศทางลมที่พัดขนานกับถนน โดยทำมุม 45 องศาขนานกับถนนทั้ง 2 ข้าง ซึ่งที่จุดตรวจวัดจะพิจารณาทิศทางลมที่อยู่ระหว่างมุม 110 – 155 องศา และ 290-335 องศา

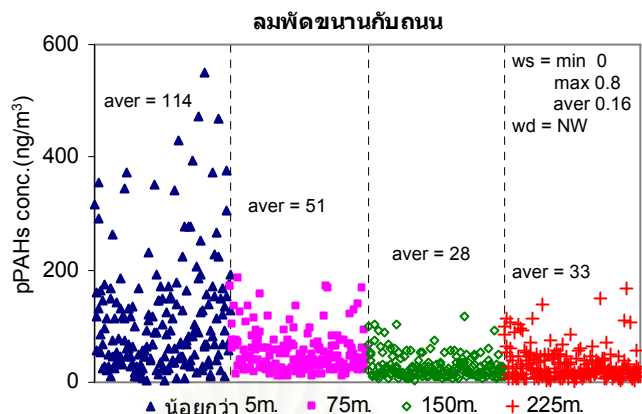
ตารางที่ 4.24 ค่าเฉลี่ย pPAHs (ng/m³) ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร เมื่อแบ่งตามทิศทางลมบริเวณอุทยานเบญจสิริ ในฤดูฝน

ลักษณะของลม	ระยะน้อยกว่า 5 m.		ระยะ 75 m.		ระยะ 150 m.		ระยะ 225 m		ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)
	ค่าเฉลี่ย pPAHs	% ลดลง	ค่าเฉลี่ย pPAHs	% ลดลง	ค่าเฉลี่ย pPAHs	% ลดลง	ค่าเฉลี่ย pPAHs	% ลดลง	
ลมพัดจากถนนไปยังจุดเก็บตัวอย่าง	148	-	82	59	47	68.24	59	60.14	0.11
ลมพัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปยังถนน	52	-	46	10.76	28	45.21	34	34.95	0.13
ลมพัดขนานกับถนน	114	-	51	54.07	28	75.05	33	71..22	0.16

หมายเหตุ : % ลดลง คือ % การลดลงจากระยะน้อยกว่า 5 เมตร กับระยะ 75 150 และ 225 เมตร



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก)

ภาพที่ 4.40 ความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณถนนสุขุมวิทฤดูฝน ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร ที่แบ่งตามทิศทางลม

จากการวิเคราะห์ผลโดยการกรองข้อมูล หลังจากแบ่งทิศทางลมเป็น 3 กลุ่มดังกล่าว ได้ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลการตรวจวัดดังแสดงในรูปที่ 4.40 (ก)-(ค) และค่าเฉลี่ยได้แสดงในตารางที่ 4.24 พบว่า เมื่อลมพัดจากถนนเข้ามายังจุดเก็บตัวอย่าง ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร มีค่า pPAHs เฉลี่ยเท่ากับ 148 ng/m^3 ที่ระยะ 75 เมตร มีค่าเท่ากับ 82 ng/m^3 ที่ระยะ 150 มีค่าเท่ากับ 47 ng/m^3 และที่ระยะ 225 เมตร มีค่าเท่ากับ 59 ng/m^3 โดยพบว่าที่ระยะ 75 เมตร ลดลงจากที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 44.59% ที่ระยะ 150 เมตร ลดลง 68.24% และ 225 เมตรลดลง 60.14% เมื่อลมพัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปยังถนน ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร มีค่า pPAHs เฉลี่ยเท่ากับ 52 ng/m^3 ที่ระยะ 75 เมตร มีค่าเท่ากับ 46 ng/m^3 ที่ระยะ 150 มีค่าเท่ากับ 28 ng/m^3 และที่ระยะ 225 เมตร มีค่าเท่ากับ 34 ng/m^3 ที่ระยะ 75 เมตรลดลงจาก ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 10.76% ที่ระยะ 150 เมตร ลดลง 45.21% และ 225 เมตรลดลง 34.95% เมื่อลมพัดขนานกับถนน ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร มีค่า pPAHs เฉลี่ยเท่ากับ 114 ng/m^3 ที่ระยะ 75 เมตร มีค่าเท่ากับ 51 ng/m^3 ที่ระยะ 150 มีค่าเท่ากับ 28 ng/m^3 และที่ระยะ 225 เมตร มีค่าเท่ากับ 33 ng/m^3 ที่ระยะ 75 เมตรลดลงจากที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 54.97% ที่ระยะ 150 เมตร ลดลง 75.05% และที่ 225 เมตรลดลง 71.22% และเมื่อพิจารณาจากความเร็วลม พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกัน

ผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Hitchins และคณะ (2000) ที่ทำการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นจากการจราจรโดยตรวจวัดฝุ่นขนาด $0.015 - 0.697$ ไมครอน ซึ่งทำการเก็บตัวอย่าง 7 จุด ที่มีระยะห่างจากถนนต่างๆ กัน ตั้งแต่ 15 เมตรจนถึง 375 เมตร พบว่า เมื่อลมพัดโดยตรงจากถนนมายังจุดเก็บตัวอย่างความเข้มข้นของฝุ่นขนาด $0.015 - 0.697$ ไมครอน ที่ระยะทางในช่วง 100 – 150 เมตรจากถนน จะลดลงครึ่งหนึ่งของความเข้มข้น

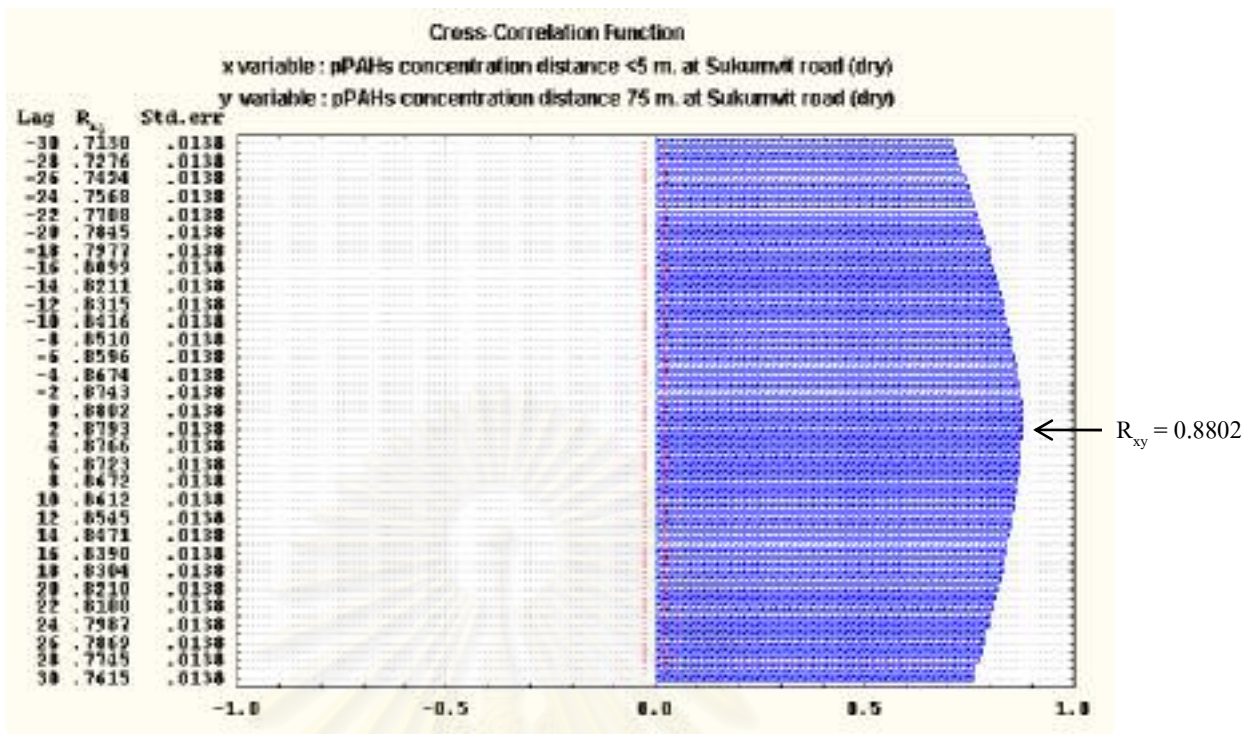
สูงสุดที่ตรวจพบบริเวณที่ใกล้กับถนน (15 เมตร) เมื่อลมพัดขนานกับถนน ความเข้มข้นจะลดลงครั้งหนึ่งที่ระยะทาง 50 – 100 เมตร

จากผลดังกล่าวความเข้มข้น pPAHs ที่กระจายตัวตามแนวตั้งฉากกับถนน เมื่อลมพัดจากถนนมายังจุดเก็บตัวอย่างจะมีความเข้มข้นที่ทุกระยะสูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในทิศที่ลมพัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปยังถนน และลมพัดขนานกับถนน และพบว่าเมื่อลมพัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปยังถนน ทุกๆ ระยะจะมีความเข้มข้นต่ำลง นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อลมพัดขนานกับถนน ความเข้มข้น pPAHs จะมีความเข้มข้นสูงบริเวณระยะที่ใกล้กับถนนคือ ระยะน้อยกว่า 5 เมตร จากนั้นที่ระยะ 75 เมตร จะมีความเข้มข้นลดลงถึงร้อยละ 50 สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Hitchins และคณะ (2000) ที่รายงานไว้ว่าเมื่อลมพัดขนานกับถนนความเข้มข้นฝุ่น จะลดลงครั้งหนึ่งที่ระยะ 50-100 เมตร และเมื่อพิจารณาที่ระยะ 150 และ 225 เมตร พบว่า ความเข้มข้นของ pPAHs มีค่าค่อนข้างคงที่ ทั้งค่าของข้อมูลที่อยู่ในทิศลมที่ขนานกับถนนและลมพัดจากจุดเก็บตัวอย่างสรุปว่าเมื่อลมพัดจากถนนไปยังจุดเก็บตัวอย่างจะทำให้มลพิษจากถนนพัดไปยังระยะต่างๆ ได้ดีและทำให้มีความเข้มข้นสูง เมื่อลมพัดขนานกับถนนจะมีความเข้มข้นของมลพิษสูงเฉพาะบริเวณที่ใกล้กับถนน แต่บริเวณที่ไกลจากถนนความเข้มข้นไม่สูงเมื่อลมพัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปยังถนน ความเข้มข้นมลพิษจะต่ำลงและมีค่าใกล้เคียงกันทุกระยะ และจากการศึกษาพบว่า ที่ระยะ 150 เมตร และ 225 เมตร ความเข้มข้นของมลพิษมีความเข้มข้นที่ค่อนข้างคงที่

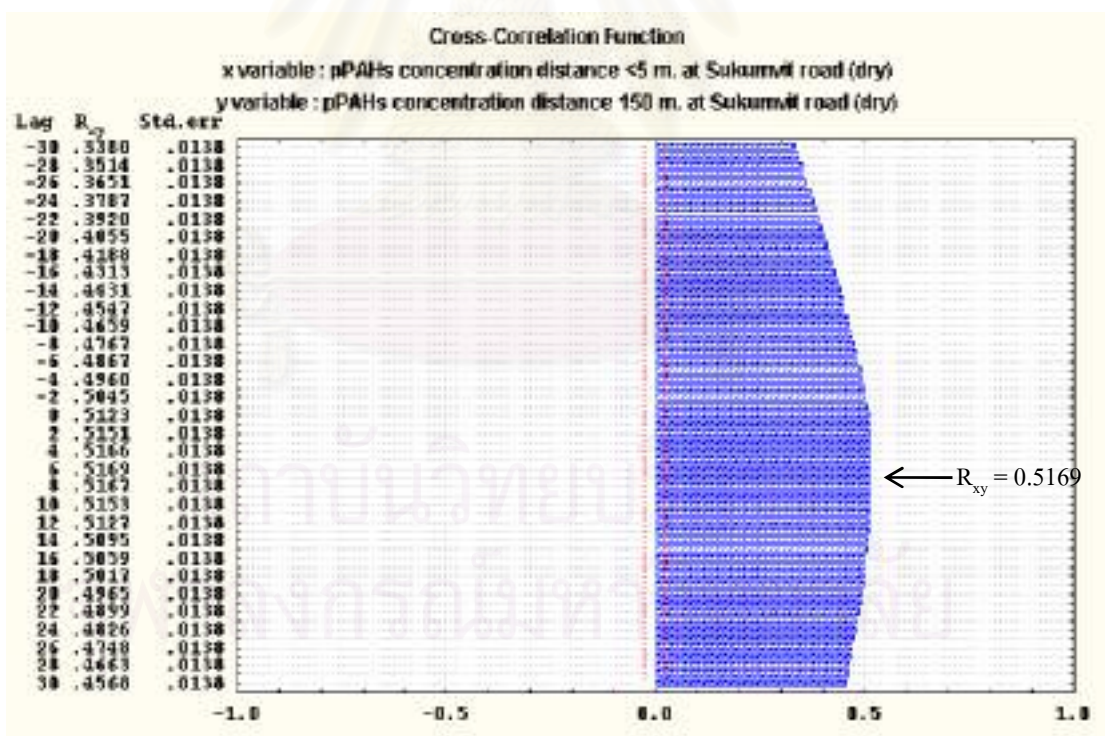
2) ฤดูแล้งฝน

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของ pPAHs ที่ระยะต่างๆ โดยใช้ cross-correlation นั้น สามารถแสดงผลได้ดังภาพที่ 4.41 (ก) – (จ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

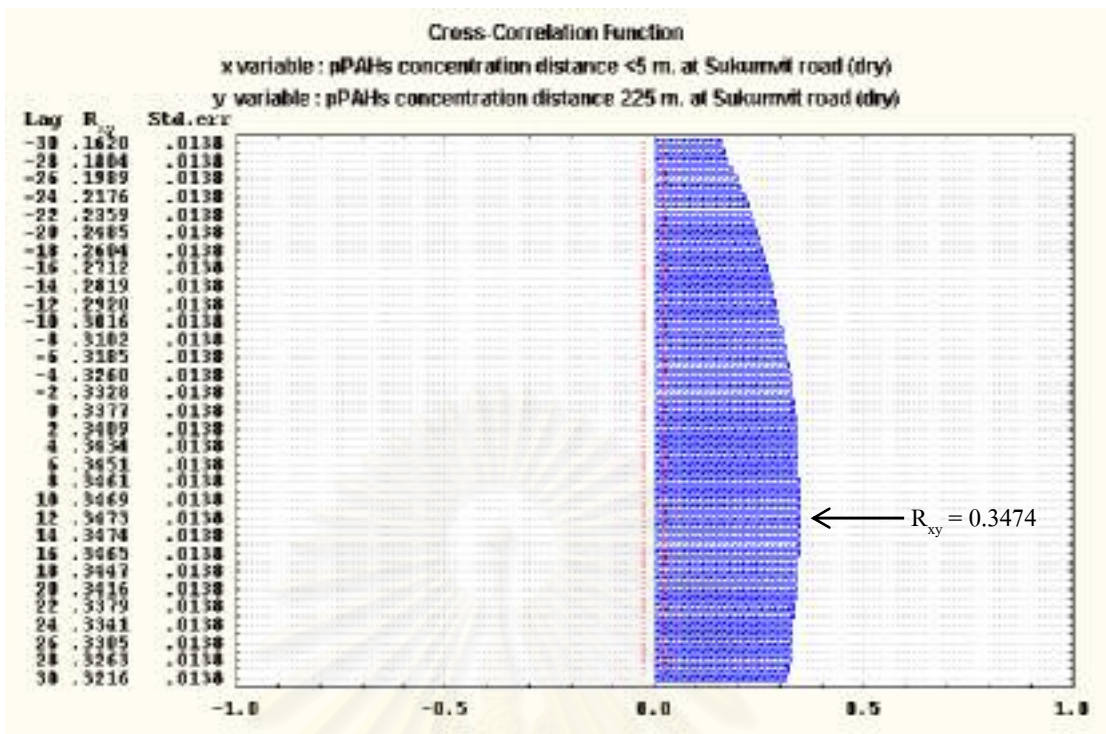


(ก)

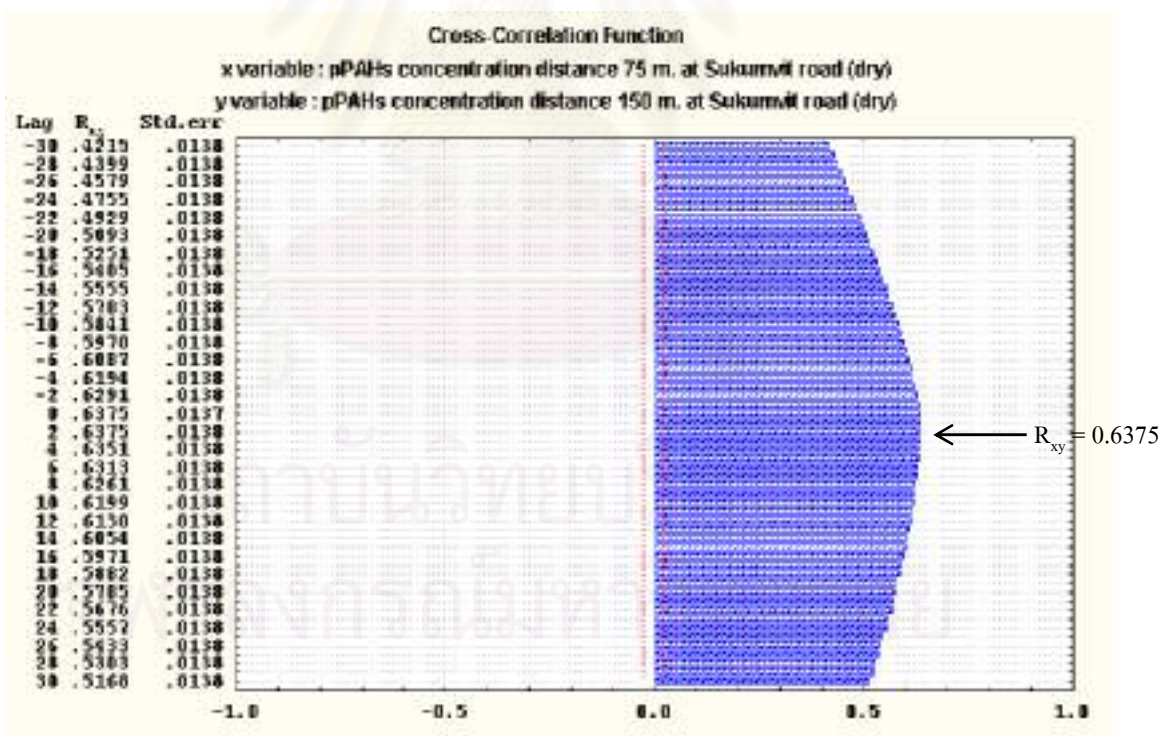


(ข)

ภาพที่ 4.41 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์แบบ cross-correlation ของความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณถนนสุขุมวิทในฤดูแล้งฝน

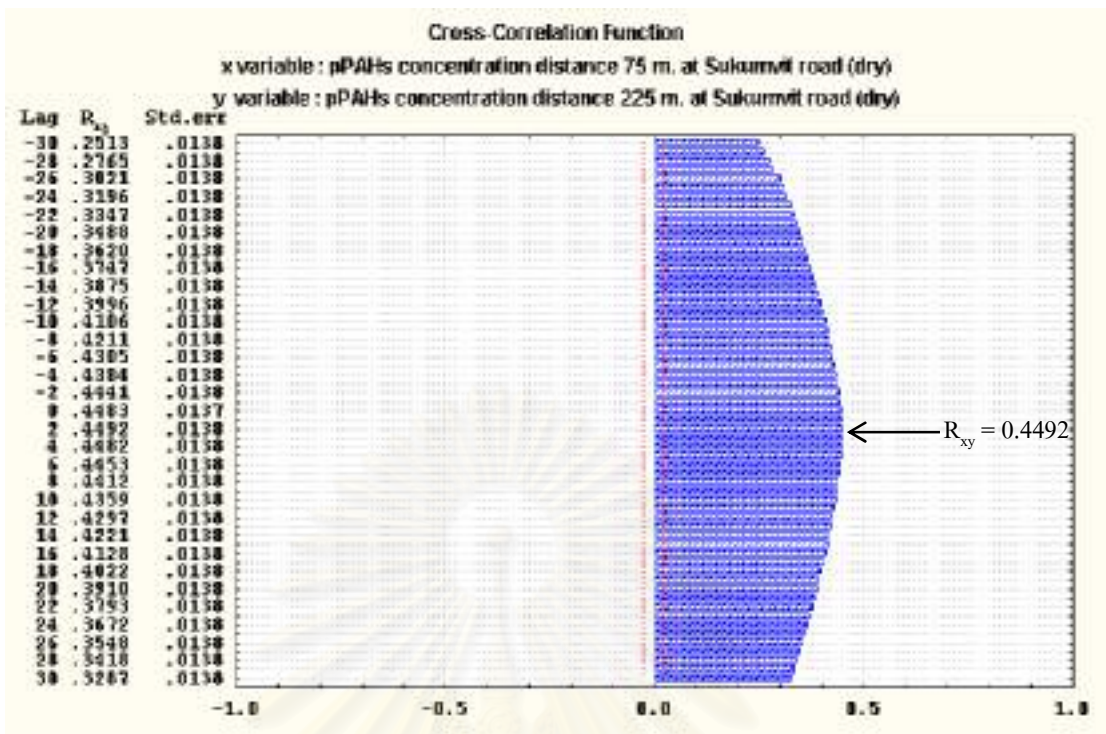


(ก)

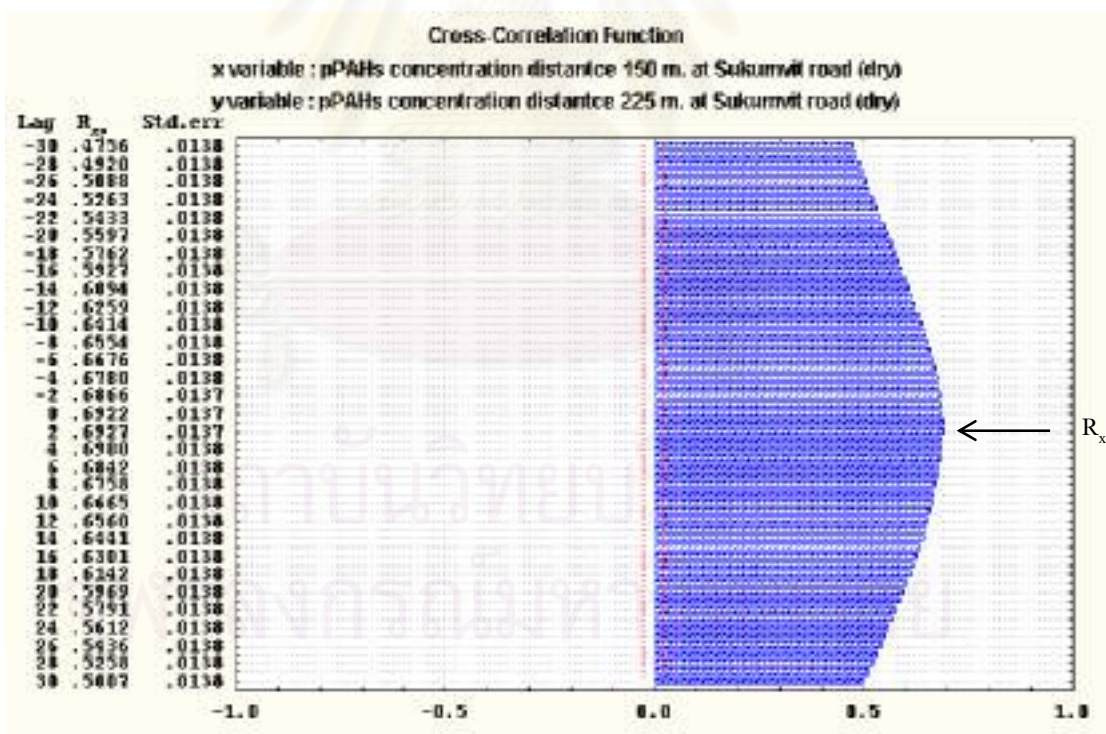


(ง)

ภาพที่ 4.41(ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากค่าจากการวิเคราะห์แบบ cross-correlation ของ ความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณถนนสุขุมวิทในฤดูแล้งฝน



(จ)



(ข)

ภาพที่ 4.41(ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากค่าจากการวิเคราะห์แบบ cross-correlation ของ ความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณถนนสุขุมวิทในฤดูแล้งฝน

จากภาพที่ 4.41 (ก) ค่า $R^2 (R_{xy})$ มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.8802 ที่ Lag = 0 แสดงถึงความเข้มข้นของ pPAHs ระหว่างระยะน้อยกว่า 5 เมตร และระยะ 75 เมตร มีความสัมพันธ์กันมากที่สุดที่เวลาเดียวกัน โดยไม่มีช่วงต่างของเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง (Lag = 0) ให้ผลที่คล้ายกับในฤดูฝน แต่เมื่อเปรียบเทียบที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร กับที่ระยะ 150 เมตร และ 225 เมตร (ดังภาพที่ 4.41(ข) และ (ค)) นั้นผลการหาความสัมพันธ์ให้ค่า R_{xy} เท่ากับ 0.5169 และ 0.3474 ตามลำดับ แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันน้อยมาก ซึ่งให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของ pPAHs ที่ระยะดังกล่าวไม่สามารถระบุเวลาที่มีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจนได้

นอกจากการพิจารณาที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตรจากถนน กับระยะอื่นๆ แล้วยังพิจารณาระหว่างระยะที่ห่างจากถนน โดยพบว่าที่ระยะ 75 กับ 150 เมตร มีค่า R^2 สูงสุดเท่ากับ 0.6375 ที่ Lag = 2 ดังแสดงในภาพ 4.41(ง) แสดงว่าสาร pPAHs ที่ระยะ 75 เมตรใช้เวลาเคลื่อนที่ไปที่ระยะ 150 เมตรประมาณ 4 นาที และที่ระยะ 75 กับ 225 เมตร พบว่ามีค่า R^2 สูงสุดเท่ากับ 0.4492 ซึ่งมีค่าสัมพันธ์ที่ไม่สูงนัก ที่ Lag = 2 และที่ระยะ 150 กับระยะ 225 เมตร มีค่า R^2 สูงสุดเท่ากับ 0.6927 ที่ Lag = 2 แสดงว่า pPAHs ใช้เวลา 4 นาทีในการเคลื่อนที่จากระยะ 150 เมตร ไประยะ 225 เมตร

จากผลที่ได้ในฤดูแล้งฝน มีแนวโน้มความสัมพันธ์ที่คล้ายกับในฤดูฝน ถึงแม้ค่า R^2 มีแนวโน้มที่ต่ำกว่า ซึ่งถ้า การกระจายตัวของสารจะมีทิศทางเปลี่ยนแปลงไปในทางเดียวกัน และเป็นไปในเวลาเดียวกัน หรืออยู่ภายใน 4 นาที ภายในระยะทางห่างกันไม่เกิน 75 เมตร

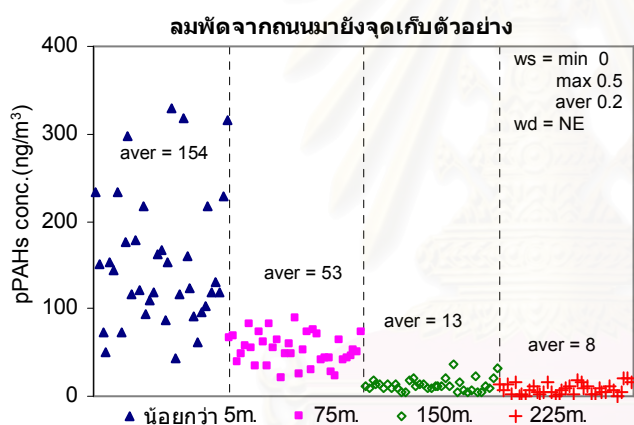
หลังจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ cross-correlation แล้วได้นำค่า pPAHs ที่ตรวจวัดที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลง โดยใช้ ปัจจัยของลม ตามที่ได้อธิบายไว้ข้างต้นแล้ว และการแบ่งกลุ่มของทิศทางลมก็ใช้ลักษณะการแบ่งเช่นเดียวกับในฤดูฝน (หน้าที่ 113) ซึ่งผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 4.25 และภาพที่ 4.42

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

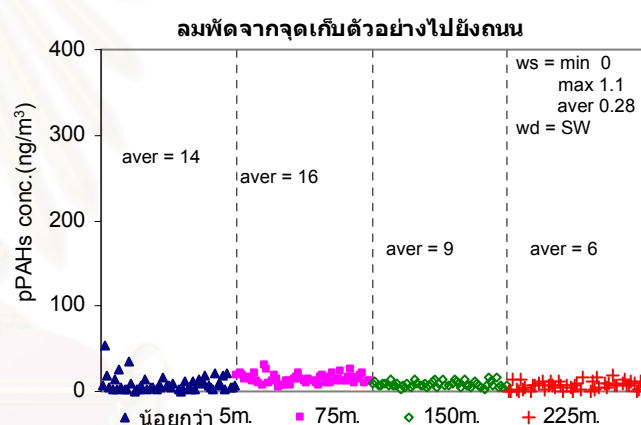
ตารางที่ 4.25 ค่าเฉลี่ย pPAHs (ng/m³) ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร เมื่อแบ่งตามทิศทางลมบริเวณอุทยานเบญจสิริ ในฤดูแล้งฝน

ลักษณะของลม	ระยะน้อยกว่า 5 m.		ระยะ 75 m.		ระยะ 150 m.		ระยะ 225 m		ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)
	ค่าเฉลี่ย pPAHs	% ลดลง	ค่าเฉลี่ย pPAHs	% ลดลง	ค่าเฉลี่ย pPAHs	% ลดลง	ค่าเฉลี่ย pPAHs	% ลดลง	
ลมพัดจากถนนไปยังจุดเก็บตัวอย่าง	154	-	53	65.62	13	90	9	94	0.20
ลมพัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปยังถนน	14	-	16	-19.7	9	34.3	6	55.2	0.28
ลมพัดขนานกับถนน	88	-	27	69	13	85	12	86	0.65

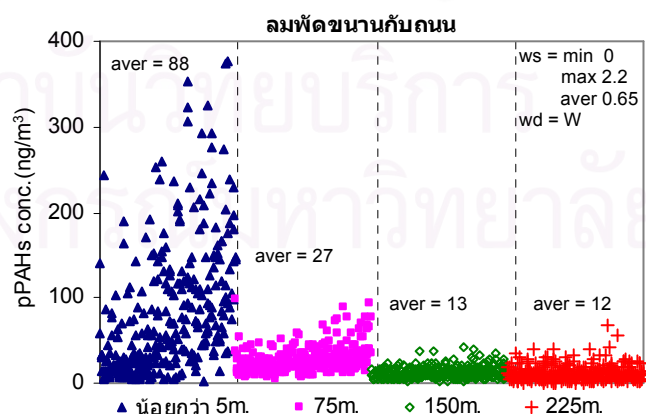
หมายเหตุ : % ลดลง คือ % การลดลงจากระยะน้อยกว่า 5 เมตร กับระยะ 75 150 และ 225 เมตร



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 4.42 ความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณถนนสุขุมวิทฤดูแล้งฝน ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร ที่แบ่งตามทิศทางลม

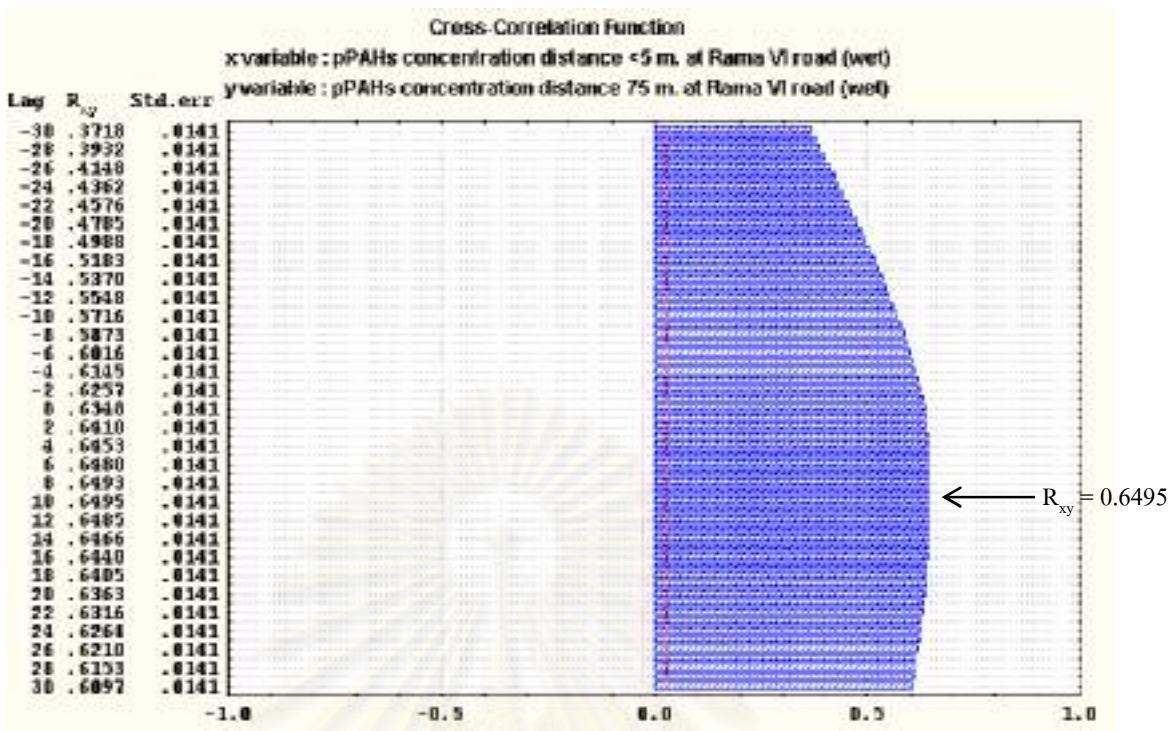
จากการวิเคราะห์ผลโดยการกรองข้อมูลหลังจากแบ่งทิศลมเป็น 3 กลุ่มดังกล่าว ได้ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลการตรวจวัดดังแสดงในรูปที่ 4.42(ก)-(ค) และค่าเฉลี่ยได้แสดงในตารางที่ 4.25 พบว่า เมื่อลมพัดจากถนนเข้ามายังจุดเก็บตัวอย่าง ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร มีค่า pPAHs เฉลี่ยเท่ากับ 154 ng/m^3 ที่ระยะ 75 เมตร มีค่าเท่ากับ 53 ng/m^3 ที่ระยะ 150 มีค่าเท่ากับ 13 ng/m^3 และที่ระยะ 225 เมตร มีค่าเท่ากับ 8 ng/m^3 โดยพบว่าที่ระยะ 75 เมตรลดลงจากที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 65.62 % ที่ระยะ 150 เมตร ลดลง 91.64 % และ 225 เมตรลดลง 94.79 % เมื่อลมพัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปยังถนน ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร มีค่า pPAHs เฉลี่ยเท่ากับ 14 ng/m^3 ที่ระยะ 75 เมตร มีค่าเท่ากับ 16 ng/m^3 ที่ระยะ 150 มีค่าเท่ากับ 9 ng/m^3 และที่ระยะ 225 เมตร มีค่าเท่ากับ 6 ng/m^3 ที่ระยะ 75 เมตรเพิ่มขึ้นจาก ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 19.70 % ที่ระยะ 150 เมตร ลดลง 34.33 % และ 225 เมตรลดลง 55.20 % เมื่อลมพัดขนานกับถนน ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร มีค่า pPAHs เฉลี่ยเท่ากับ 88 ng/m^3 ที่ระยะ 75 เมตร มีค่าเท่ากับ 27 ng/m^3 ที่ระยะ 150 มีค่าเท่ากับ 13 ng/m^3 และที่ระยะ 225 เมตร มีค่าเท่ากับ 12 ng/m^3 ที่ระยะ 75 เมตรลดลงจากที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 69.10 % ที่ระยะ 150 เมตร ลดลง 85.69 % และที่ 225 เมตรลดลง 86.58 % และเมื่อพิจารณาจากความเร็วลมพบว่า ทิศลมทั้ง 3 กลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน

จากผลการพิจารณาความเข้มข้น pPAHs ที่กระจายตัวตามแนวตั้งฉากกับถนน เมื่อลมพัดจากถนนมายังจุดเก็บตัวอย่าง ความเข้มข้นที่ระยะ น้อยกว่า 5 เมตรจากถนน และที่ระยะ 75 เมตร จะมีความเข้มข้นสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในทิศลมที่พัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปยังถนน และลมพัดขนานกับถนน และพบว่าเมื่อลมพัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปยังถนน ทุกๆ ระยะจะมีความเข้มข้นต่ำอย่างชัดเจน นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อลมพัดขนานกับถนน ความเข้มข้น pPAHs จะมีความเข้มข้นสูงบริเวณระยะที่ใกล้กับถนนคือ ระยะน้อยกว่า 5 เมตร ซึ่งจะมีความเข้มข้นสูงกว่าระยะอื่นๆ อย่างชัดเจน และเมื่อพิจารณาที่ระยะ 150 และ 225 เมตร พบว่า ความเข้มข้นของ pPAHs มีค่าค่อนข้างคงที่ ทั้งในทิศลมที่ขนานกับถนนและลมพัดจากจุดเก็บตัวอย่าง ซึ่งให้ผลที่คล้ายคลึงกับในฤดูฝน และเมื่อเปรียบเทียบ % การลดลงของสาร pPAHs ในฤดูฝนกับ ฤดูแล้งฝน (ตารางที่ 4.24 และ 4.25) พบว่า ในฤดูแล้งฝนมี % การลดลงของสาร pPAHs สูงกว่าในฤดูฝน เนื่องจากความเร็วลมเฉลี่ยในฤดูแล้งฝนของทิศลมทั้ง 3 กลุ่ม สูงกว่าความเร็วลมเฉลี่ยในฤดูฝน ซึ่งในฤดูฝนความเร็วลมน้อยกว่า (0.16 m/s) ซึ่งจัดเป็นลมสงบ ทำให้สาร pPAHs ไม่สามารถกระจายตัวได้ดี ที่ระยะ 75 150 และ 225 เมตร จะมีความเข้มข้นสูงกว่าทุกระยะในฤดูแล้งฝน

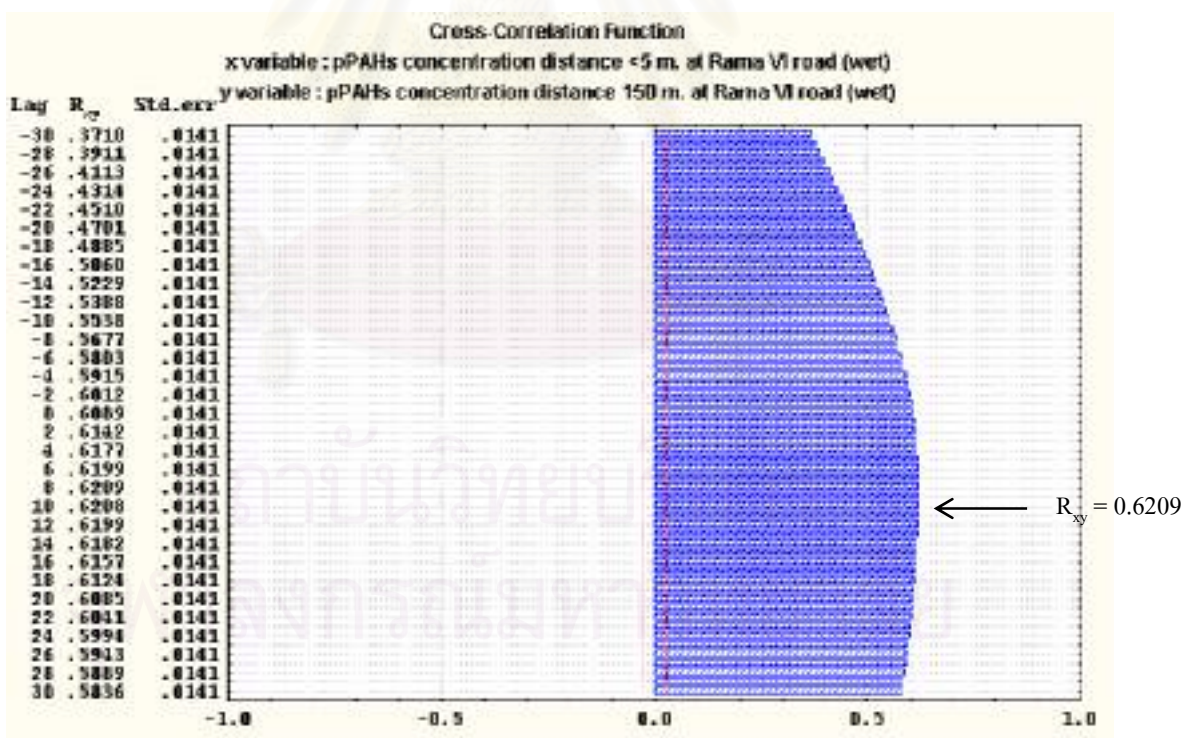
4.3.5.2 ความสัมพันธ์ของ pPAHs ที่เคลื่อนที่ตามแนวตั้งฉากกับถนนพระรามหก

1) ฤดูฝน

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของ pPAHs ที่ระยะต่างๆ โดยใช้ cross-correlation นั้น สามารถแสดงผลได้ดังภาพที่ 4.43 (ก) – (ค)

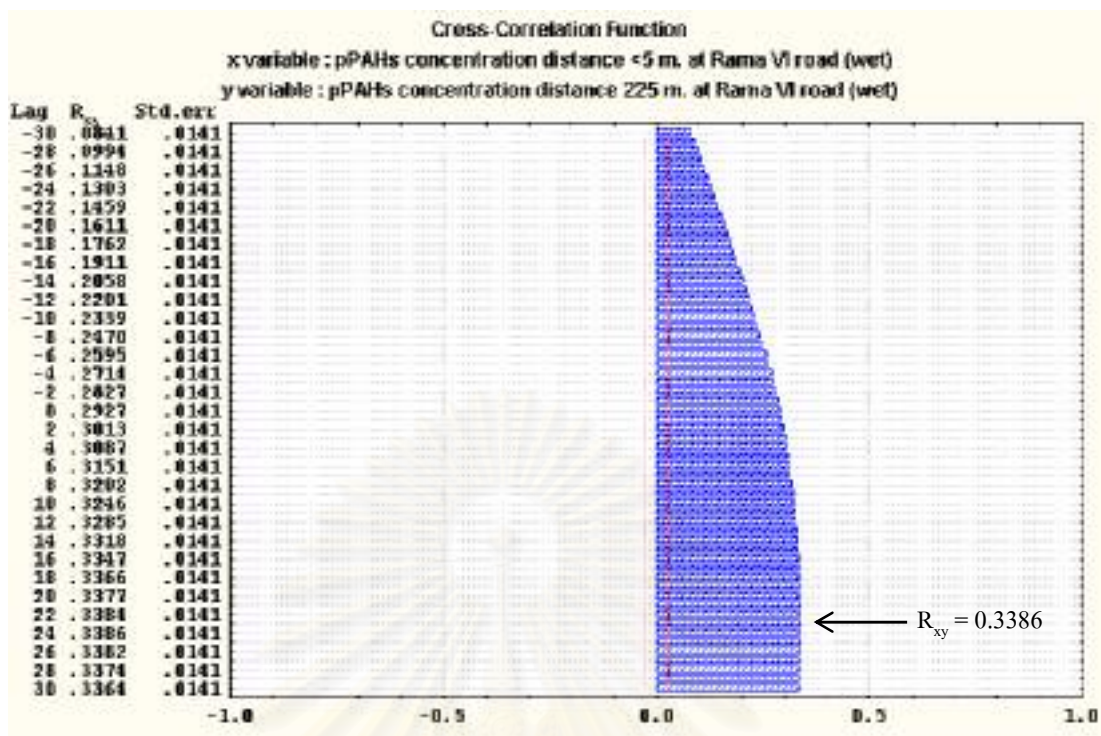


(ก)

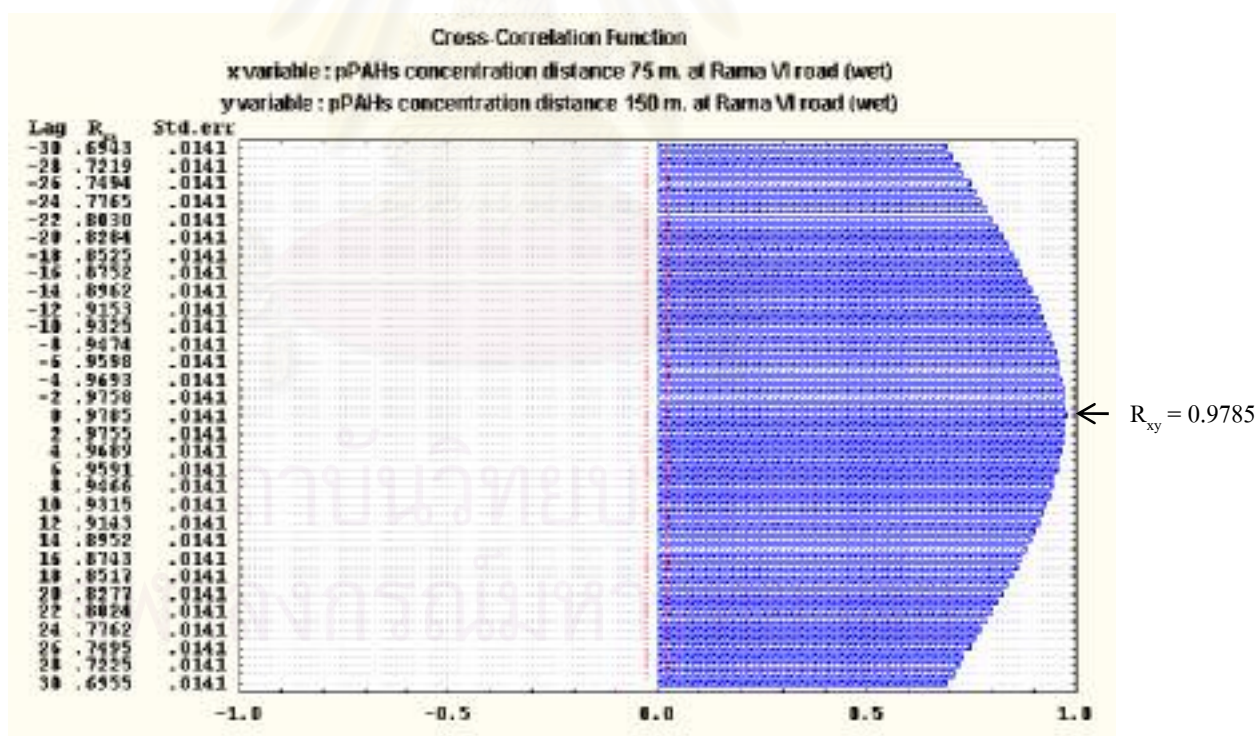


(ข)

ภาพที่ 4.43 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากค่าจากการวิเคราะห์แบบ cross-correlation ของ ความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณถนนพระรามหกในฤดูฝน

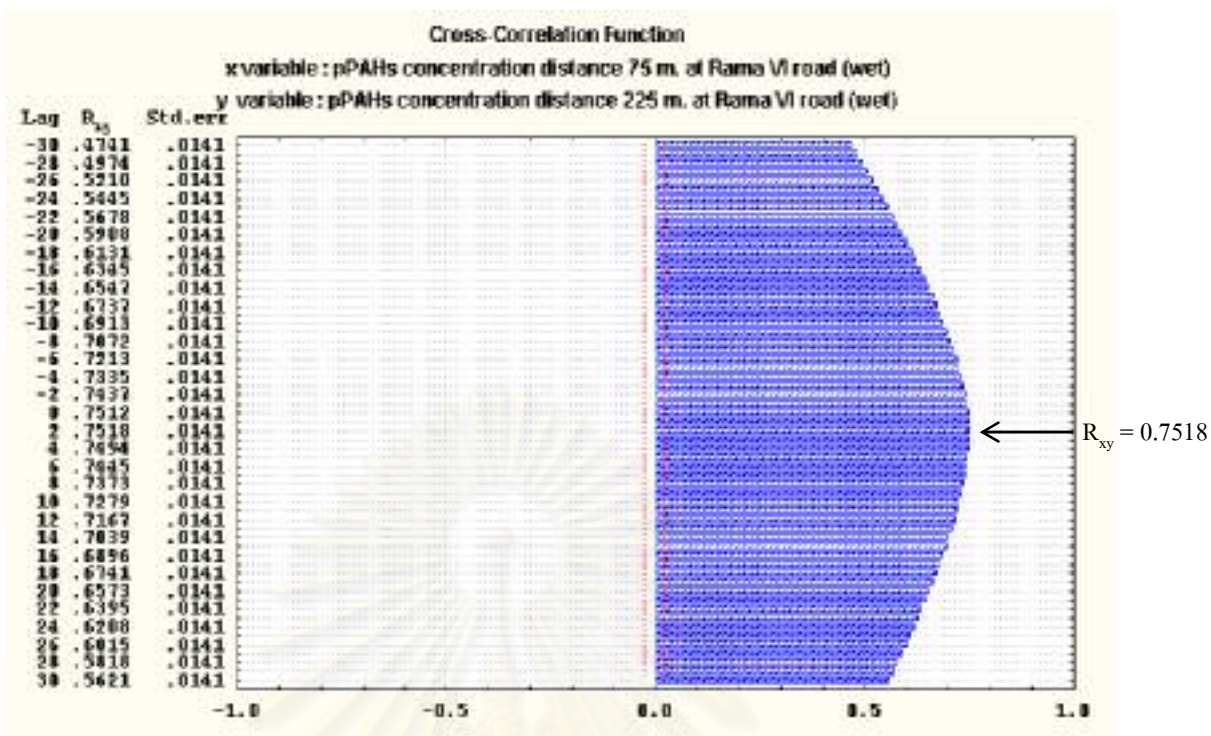


(ก)

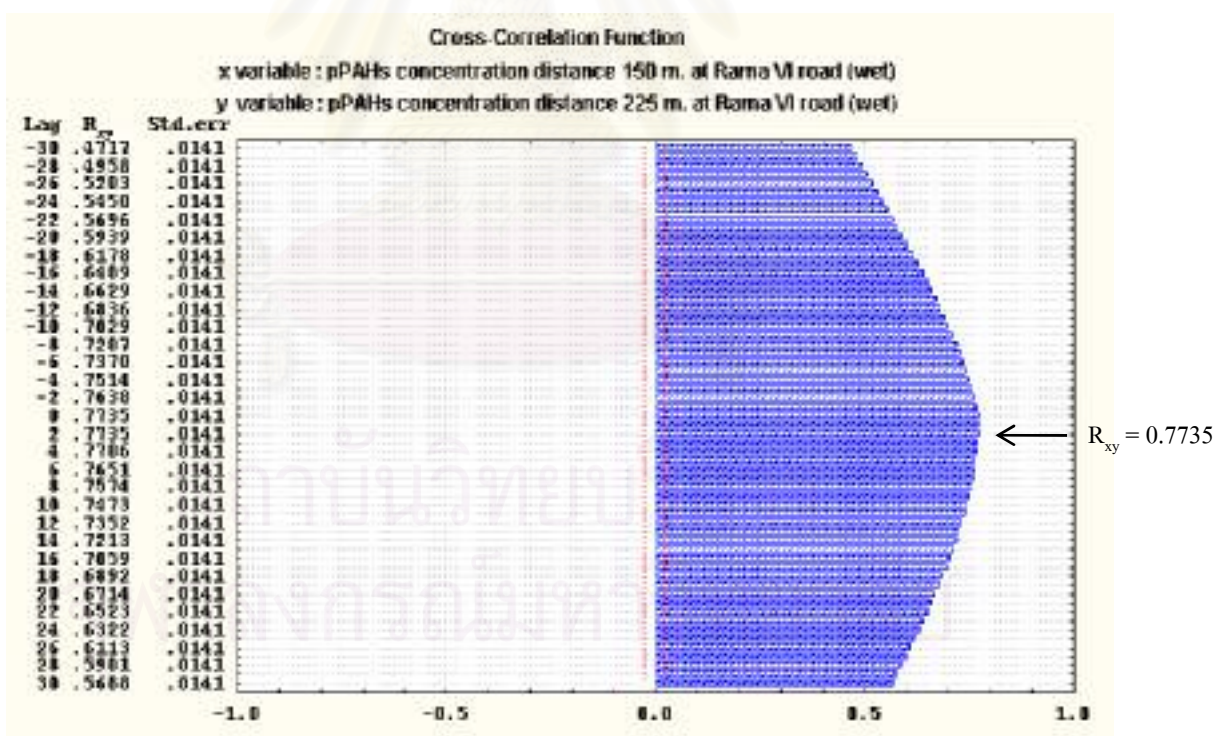


(ง)

ภาพที่ 4.43 (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากค่าจากการวิเคราะห์แบบ cross-correlation ของความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณถนนพระรามหกในฤดูฝน



(จ)



(ข)

ภาพที่ 4.43 (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากค่าจากการวิเคราะห์แบบ cross-correlation ของความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณถนนพระรามหกในฤดูฝน

จากภาพที่ 4.43 (ก) ค่า $R^2 (R_{xy})$ มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.6495 ที่ Lag = 10 แสดงถึงความเข้มข้นของ pPAHs ระหว่างที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร และที่ระยะ 75 เมตร มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 20 นาที แต่ค่าความสัมพันธ์ไม่สูงมากนัก แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงของระดับความเข้มข้นของ pPAHs ที่ระยะ 75 เมตรนั้น เกิดขึ้นหลังจากการเปลี่ยนแปลงที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร ประมาณ 20 นาที

นอกจากการพิจารณาที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตรจากถนน กับระยะอื่นๆ แล้วยังพิจารณาระหว่างระยะที่ห่างจากถนน โดยพบว่าที่ระยะ 75 กับ 150 เมตร มีค่า R^2 สูงสุดเท่ากับ 0.9785 ที่ Lag = 0 ดังภาพที่ 4.43 (ง) แสดงว่าระยะ 75 เมตรและระยะ 150 เมตร ไม่มีช่วงต่างของเวลา และที่ระยะ 75 กับ 225 เมตร พบว่ามีค่า R^2 สูงสุดเท่ากับ 0.7518 ที่ Lag = 2 (ภาพที่ 4.43(จ)) และระยะ 150 กับระยะ 225 เมตร มีค่า R^2 สูงสุด 0.7735 ที่ Lag = 2 (ภาพที่ 4.43(ฉ)) เมื่อพิจารณาผลที่ได้จะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความสัมพันธ์ที่คล้ายคลึงกับที่ถนนสุขุมวิท ที่ระยะเดียวกัน คือ ไม่มีช่วงต่างของเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของระดับ pPAHs ในระยะที่ห่างจากถนนตั้งแต่ 75 – 225 เมตรนั้น มีแนวโน้มสูงขึ้น-ลดลงที่เวลาใกล้เคียงกันมาก (ไม่เกิน 4 นาที)

จากการพิจารณาความสัมพันธ์ จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของสารที่ระยะห่างจากถนน 75 เมตร ไม่ได้เพิ่มขึ้น-ลดลงในช่วงเวลาเดียวกับที่บริเวณพื้นที่ริมถนน (เนื่องจาก Lag = 10) ซึ่งให้ผลที่แตกต่างจากการกระจายตัวของ pPAHs ที่สุขุมวิท ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสภาพของลมที่บริเวณถนนพระรามหกในช่วงฤดูฝน ส่วนใหญ่เป็นลมสงบ (ความเร็วลม < 0.1 m/s) (ตารางที่ 4.26) ทำให้การกระจายตัวของสารจากบริเวณพื้นที่ริมถนนไปยังพื้นที่ภายในเป็นไปอย่างช้าๆ แต่เมื่อพิจารณาที่ระยะห่างจากถนนเข้าไป คือ ระหว่างระยะ 75 ถึง 225 เมตร พบว่ามีค่าความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงที่ Lag = 0 ถึง 2 (ประมาณไม่เกิน 4 นาที) ซึ่งให้ผลที่คล้ายคลึงกับการกระจายตัวของ pPAHs ที่สุขุมวิท

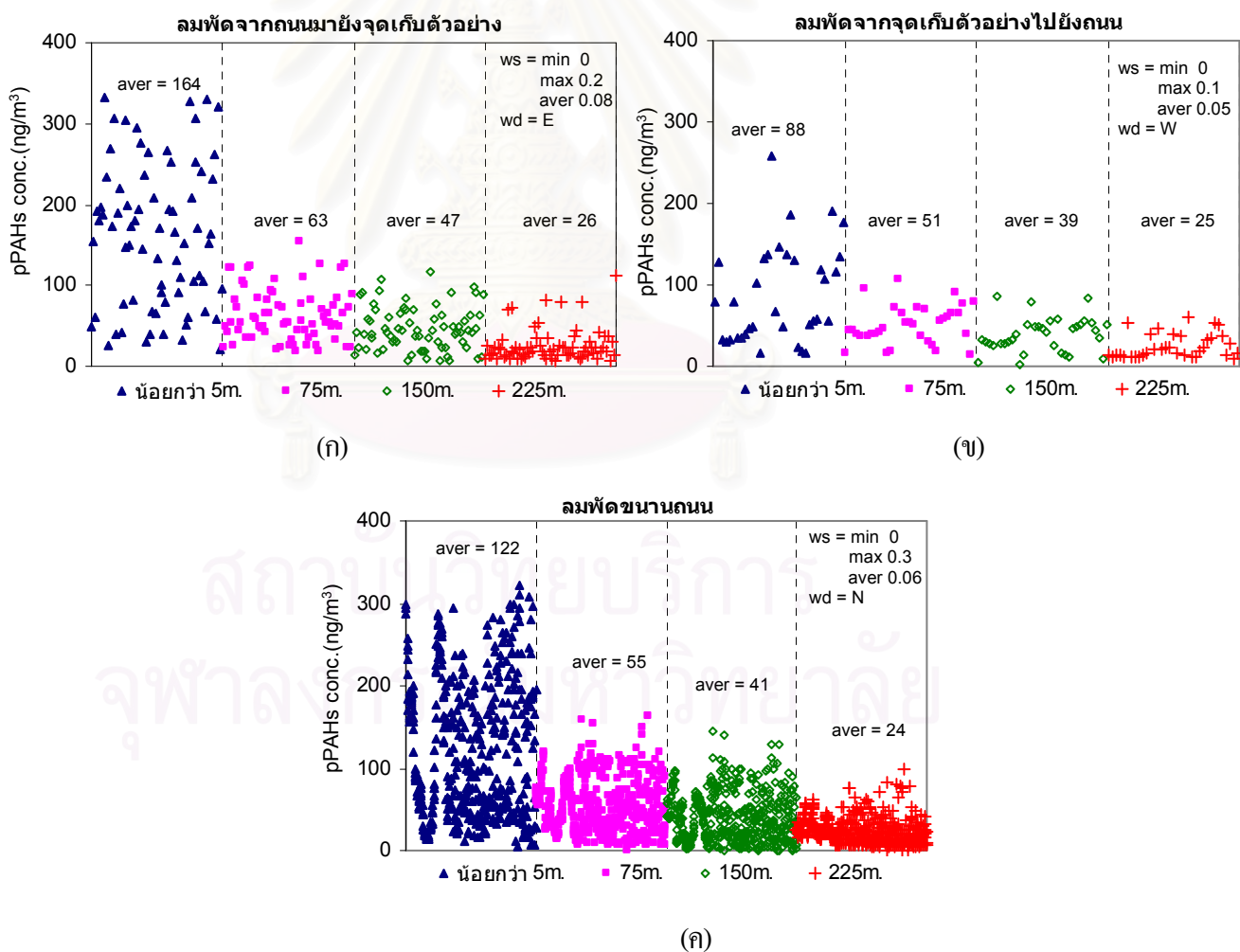
เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ cross-correlation แล้วได้นำค่า pPAHs ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร ที่ตรวจวัดทุกๆ 2 นาที มาวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงโดยพิจารณาถึงปัจจัยของลม (ความเร็วและทิศทางของลม) เช่นเดียวกับที่อธิบายไว้ข้างต้น สำหรับบริเวณถนนพระรามหก สามารถแบ่งทิศทางลมเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

- 1) ทิศทางลมที่พัดจากถนนมายังจุดเก็บตัวอย่าง โดยทำมุม 45 องศาับถนน ซึ่งที่จุดตรวจวัดจะพิจารณาทิศทางลมที่อยู่ระหว่างมุม 90-135 องศา
 - 1) ทิศทางลมที่พัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปยังถนน โดยทำมุม 45 องศาับถนน ซึ่งที่จุดตรวจวัดจะพิจารณาทิศทางลมที่อยู่ระหว่างมุม 270-315 องศา
 - 1) ทิศทางลมที่พัดขนานกับถนน โดยทำมุม 45 องศาขนานกับถนนทั้ง 2 ข้าง ซึ่งที่จุดตรวจวัดจะพิจารณาทิศทางลมที่อยู่ระหว่างมุม 0-45 องศา และ 180-225 องศา

ตารางที่ 4.26 ค่าเฉลี่ย pPAHs (ng/m³) ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร เมื่อแบ่งตามทิศทางลมบริเวณร.สามเสนวิทยาลัย ในฤดูฝน

ลักษณะของลม	ระยะน้อยกว่า 5 m.		ระยะ 75 m.		ระยะ 150 m.		ระยะ 225 m		ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)
	ค่าเฉลี่ย pPAHs	% ลดลง	ค่าเฉลี่ย pPAHs	% ลดลง	ค่าเฉลี่ย pPAHs	% ลดลง	ค่าเฉลี่ย pPAHs	% ลดลง	
ลมพัดจากถนนไปยังจุดเก็บตัวอย่าง	162	-	63	60.97	47	71.17	26	84.07	0.08
ลมพัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปยังถนน	88	-	51	42.08	39	55.89	25	71.88	0.05
ลมพัดขนานกับถนน	122	-	55	54.77	40	66.97	24	80.14	0.06

หมายเหตุ : % ลดลง คือ % การลดลงจากระยะน้อยกว่า 5 เมตร กับระยะ 75 150 และ 225 เมตร



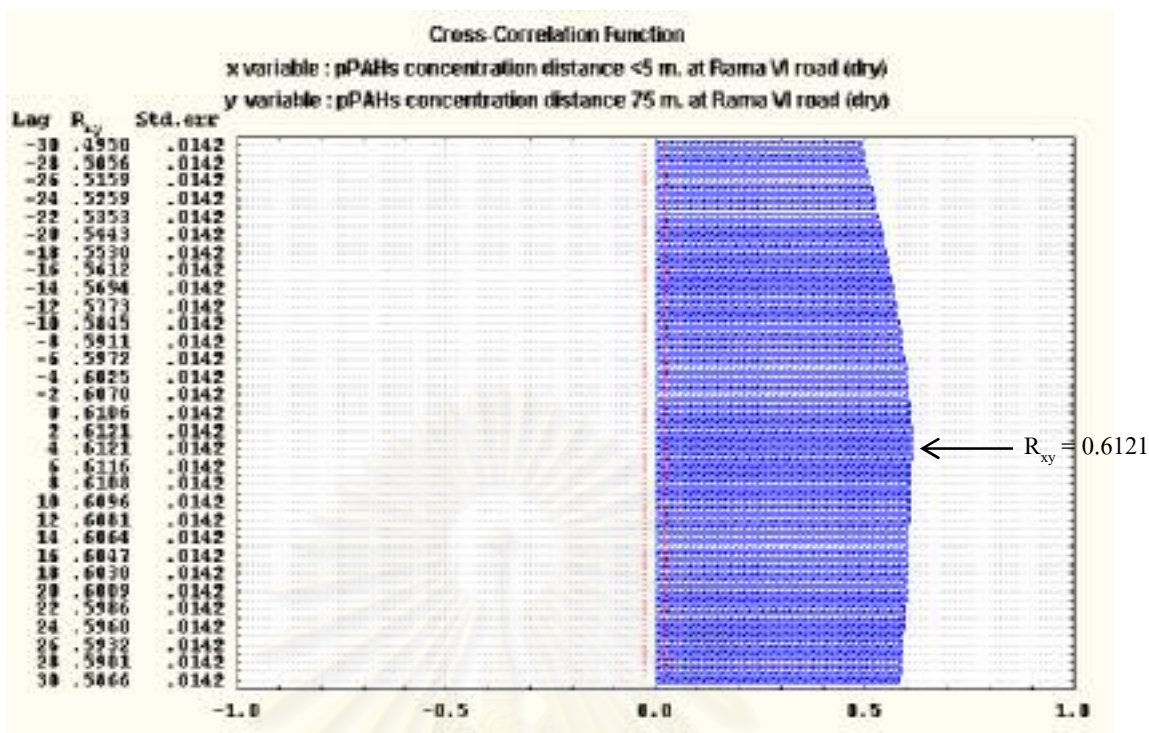
ภาพที่ 4.44 ความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณถนนพระรามหกฤดูฝน โดยแบ่งเป็นระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร ที่แบ่งตามทิศทางลม

จากการวิเคราะห์ผลโดยกรองข้อมูล หลังจากนั้นแบ่งทิศลมเป็น 3 กลุ่มดังกล่าว ได้ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลการตรวจวัดดังแสดงในรูปที่ 4.44 (ก)-(ค) และค่าเฉลี่ยได้แสดงในตารางที่ 4.26 พบว่า เมื่อลมพัดจากถนนเข้ามายังจุดเก็บตัวอย่าง ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร มีค่า pPAHs เฉลี่ยเท่ากับ 162 ng/m^3 ที่ระยะ 75 เมตร มีค่าเท่ากับ 63 ng/m^3 ที่ระยะ 150 มีค่าเท่ากับ 47 ng/m^3 และที่ระยะ 225 เมตร มีค่าเท่ากับ 26 ng/m^3 โดยที่ระยะ 75 เมตรลดลงจากที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 60.97% ที่ระยะ 150 เมตร ลดลง 71.17% และ 225 เมตรลดลง 84.07% เมื่อลมพัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปยังถนน ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร มีค่า pPAHs เฉลี่ยเท่ากับ 88 ng/m^3 ที่ระยะ 75 เมตร มีค่าเท่ากับ 51 ng/m^3 ที่ระยะ 150 มีค่าเท่ากับ 39 ng/m^3 และที่ระยะ 225 เมตร มีค่าเท่ากับ 25 ng/m^3 ที่ระยะ 75 เมตรลดลงจากที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 42.08% ที่ระยะ 150 เมตร ลดลง 55.89% และ 225 เมตรลดลง 71.88% เมื่อลมพัดขนานกับถนน ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร มีค่า pPAHs เฉลี่ยเท่ากับ 122 ng/m^3 ที่ระยะ 75 เมตร มีค่าเท่ากับ 55 ng/m^3 ที่ระยะ 150 มีค่าเท่ากับ 40 ng/m^3 และที่ระยะ 225 เมตร มีค่าเท่ากับ 24 ng/m^3 ที่ระยะ 75 เมตรลดลงจากที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 54.77% ที่ระยะ 150 เมตร ลดลง 66.97% และที่ 225 เมตรลดลง 80.14%

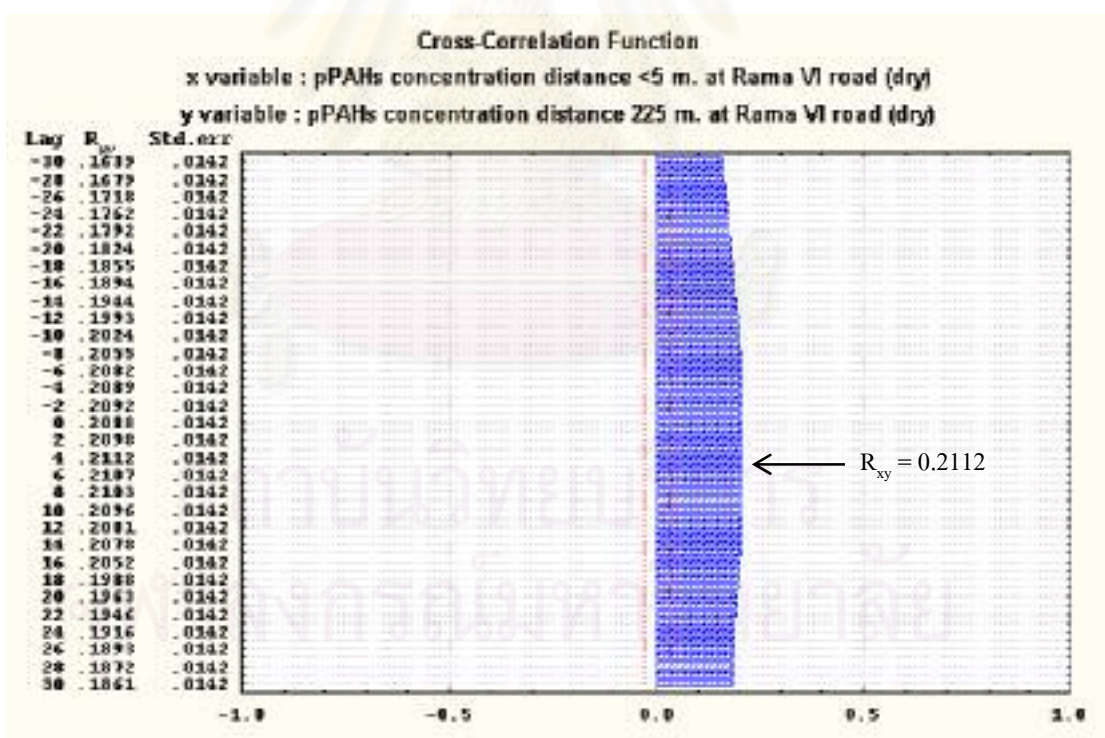
เมื่อพิจารณาจากความเร็วลมในช่วงที่ทำการตรวจวัด พบว่า ไม่ว่าทิศทางของลมจะเป็นแบบใด ความเร็วลมมีค่าค่อนข้างต่ำมาก ($0.05\text{-}0.08 \text{ m/s}$) ซึ่งจัดเป็นลมสงบ จึงทำให้การเคลื่อนตัวของสาร pPAHs จากถนนเป็นไปอย่างช้าๆ แต่อย่างไรก็ตามที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตรจากถนน pPAHs จะมีความเข้มข้นที่สูงเมื่อลมพัดจากถนน ไปยังจุดเก็บตัวอย่างและพัดขนานกับถนน และความเข้มข้นจะต่ำลงเมื่อลมพัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปยังถนน ส่วนความเข้มข้นของ pPAHs ที่ระยะ 75 150 และ 225 เมตรมีค่าไม่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าเมื่อความเร็วลมต่ำทิศทางลมไม่มีผลต่อความเข้มข้น pPAHs ยกเว้นที่ระยะใกล้กับถนน ดังนั้นจึงมีผลต่อ % การลดลงของสาร pPAHs เนื่องจากสาร pPAHs ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร ไม่มีการกระจายตัวจากบริเวณริมถนน ไปยังระยะ 75 150 และ 225 เมตร ส่งผลให้ทุกระยะมีเปอร์เซ็นต์การลดลงเป็นลำดับ และทิศลมทุกกลุ่มที่ระยะเดียวกันมี %การลดลงใกล้เคียงกัน โดยที่ระยะ 75 เมตร ทิศลมทั้ง 3 กลุ่ม มี %การลดลงอยู่ในช่วงระหว่าง 42.08-60.97% ที่ระยะ 150 เมตร 55.89-71.17% และที่ระยะ 225 เมตร 71.88-84.07%

2) ฤดูแล้งฝน

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของ pPAHs ที่ระยะต่างๆ โดยใช้ cross-correlation นั้น สามารถแสดงผลได้ดังภาพที่ 4.45 (ก) – (ค) แต่เนื่องจากเครื่องวัดชนิดด้านกระแสไฟฟ้าในขณะทำการเก็บตัวอย่างทำให้เครื่องตรวจวัด PAS2000CE 1 เครื่อง มีปัญหาจึงจำเป็นต้องตรวจวัดเพียง 3 จุด ได้แก่ ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 และ 225 เมตร จากถนน

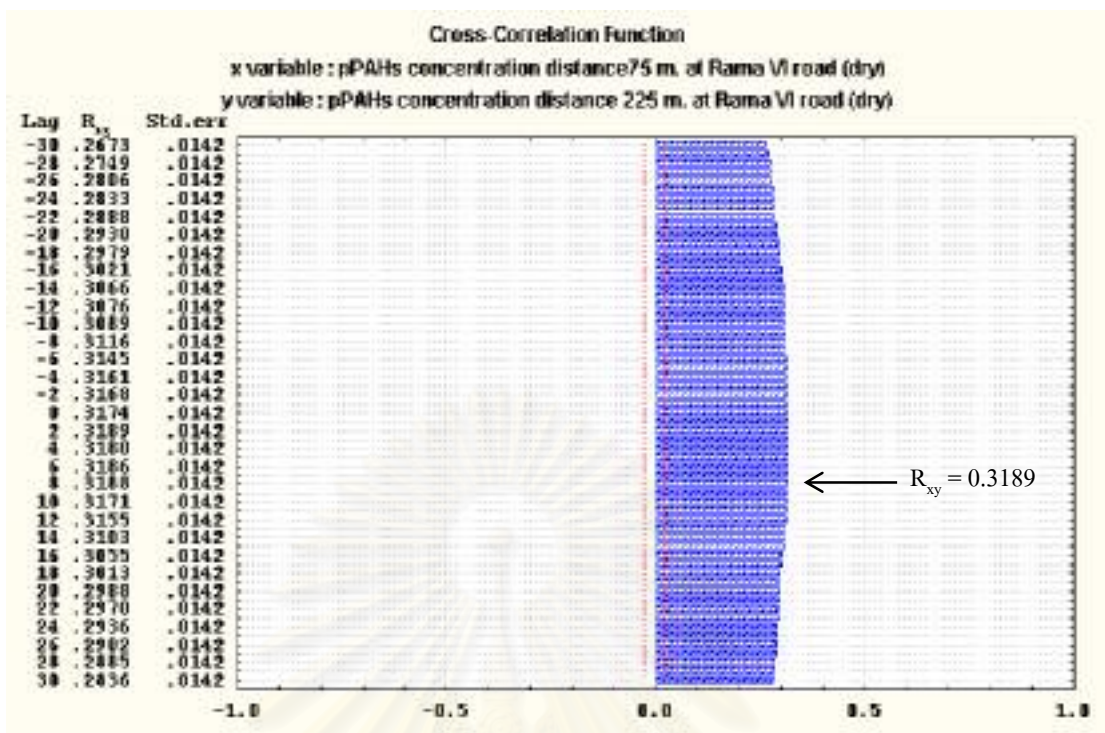


(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.45 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์แบบ cross-correlation ของความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณถนนพระรามหกในฤดูแล้งฝน



(ค)

ภาพที่ 4.45 (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากค่าจากการวิเคราะห์แบบ cross-correlation ของความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณถนนพระรามหกในฤดูแล้งฝน

จากภาพที่ 4.45 (ก) ค่า R^2 (R_{xy}) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.6121 ที่ Lag = 2 แสดงถึงความเข้มข้นของ pPAHs ระหว่างที่ระยะ น้อยกว่า 5 เมตร และที่ระยะ 75 เมตร มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 4 นาที ซึ่งให้ผลของระยะห่างของเวลาแตกต่างไปจากที่พบในฤดูฝน สำหรับที่ระยะห่างจากถนนเข้าไปนั้น พบว่ามีความสัมพันธ์กันน้อยมาก ดังค่าความสัมพันธ์ที่แสดงในภาพที่ 4.45 (ข) และ (ค)

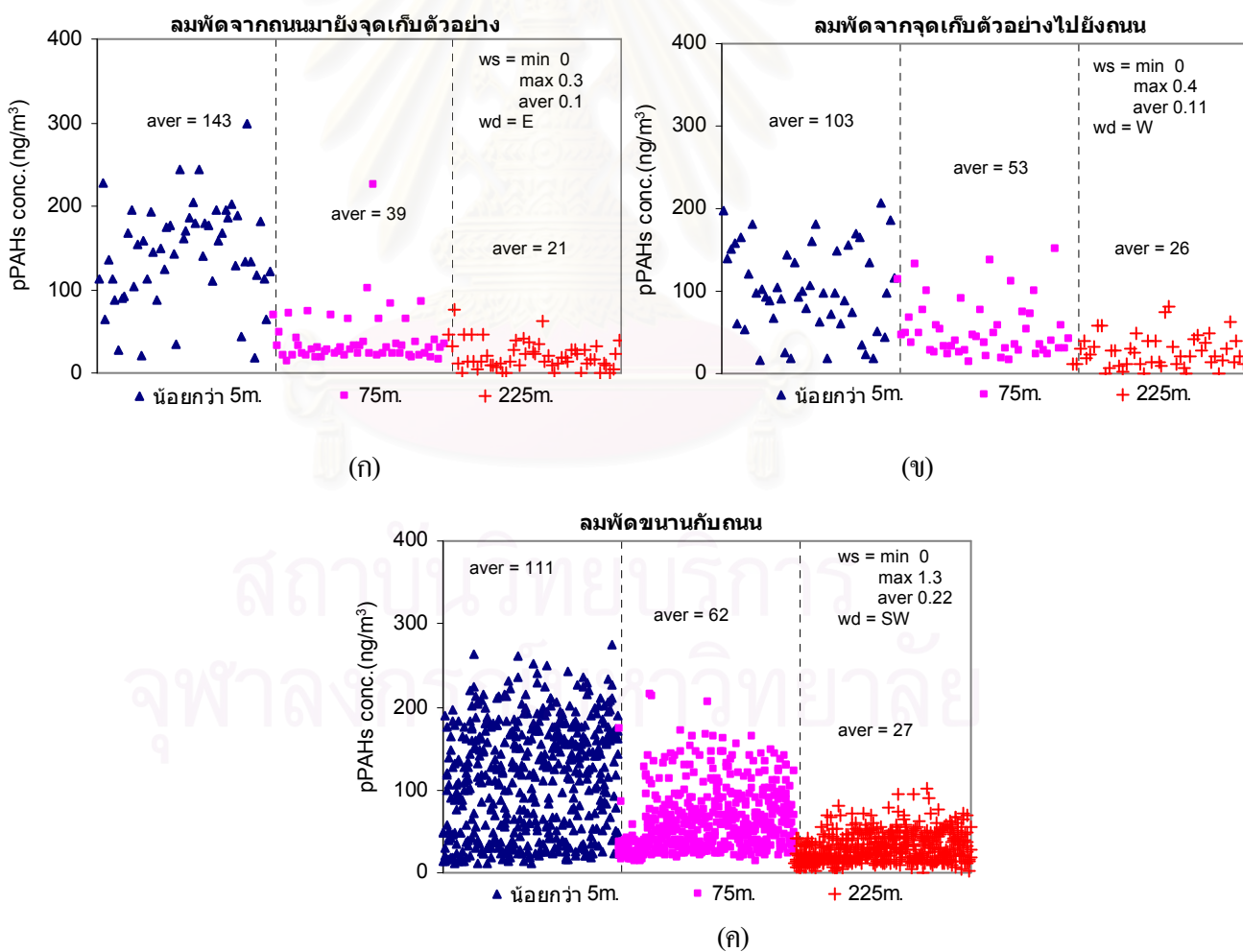
สรุปว่าจากการพิจารณาความสัมพันธ์ พบว่ามีความสัมพันธ์ที่ระยะต่างๆ ในฤดูแล้งฝนมีความสัมพันธ์น้อยกว่าในฤดูฝน น่าจะมีผลมาจากการเข้าออกของรถในช่วงสัปดาห์ที่เก็บตัวอย่าง เนื่องจากการรับสมัครนักเรียนใหม่ ดังนั้นการเพิ่มขึ้น-ลดลงของ pPAHs ที่จุดต่างๆ ที่ห่างจากถนนเข้าไปไม่ได้รับอิทธิพลจากระดับการเปลี่ยนแปลงของ pPAHs ที่บริเวณริมถนน จึงทำให้ความสัมพันธ์ที่ได้ค่อนข้างต่ำ

หลังจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ cross-correlation แล้วได้นำค่า pPAHs ที่ตรวจวัดที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ ปัจจัยของลม ตามที่ได้อธิบายไว้ข้างต้นแล้ว และการแบ่งกลุ่มของทิศทางลม ก็ใช้ลักษณะการแบ่งเช่นเดียวกับในฤดูฝน (หน้าที่ 126)

ตารางที่ 4.27 ค่าเฉลี่ย pPAHs (ng/m³) ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 และ 225 เมตร เมื่อแบ่งตามทิศทางลมบริเวณร.สามเสนวิทยาลัย ในฤดูแล้งฝน

ลักษณะของลม	ระยะน้อยกว่า 5 m.		ระยะ 75 m.		ระยะ 225 m		ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)
	ค่าเฉลี่ย pPAHs	% ลดลง	ค่าเฉลี่ย pPAHs	% ลดลง	ค่าเฉลี่ย pPAHs	% ลดลง	
ลมพัดจากถนนไปยังจุดเก็บตัวอย่าง	143	-	39	72.75	21	85.53	0.10
ลมพัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปยังถนน	103	-	53	48.79	26	74.68	0.11
ลมพัดขนานกับถนน	111	-	61	45.01	27	75.76	0.22

หมายเหตุ : % ลดลง คือ % การลดลงจากระยะน้อยกว่า 5 เมตร กับระยะ 75 150 และ 225 เมตร



ภาพที่ 4.46 ความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณถนนพระรามหกฤดูแล้งฝน โดยแบ่งเป็นระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 และ 225 เมตร ที่แบ่งตามทิศทางลม

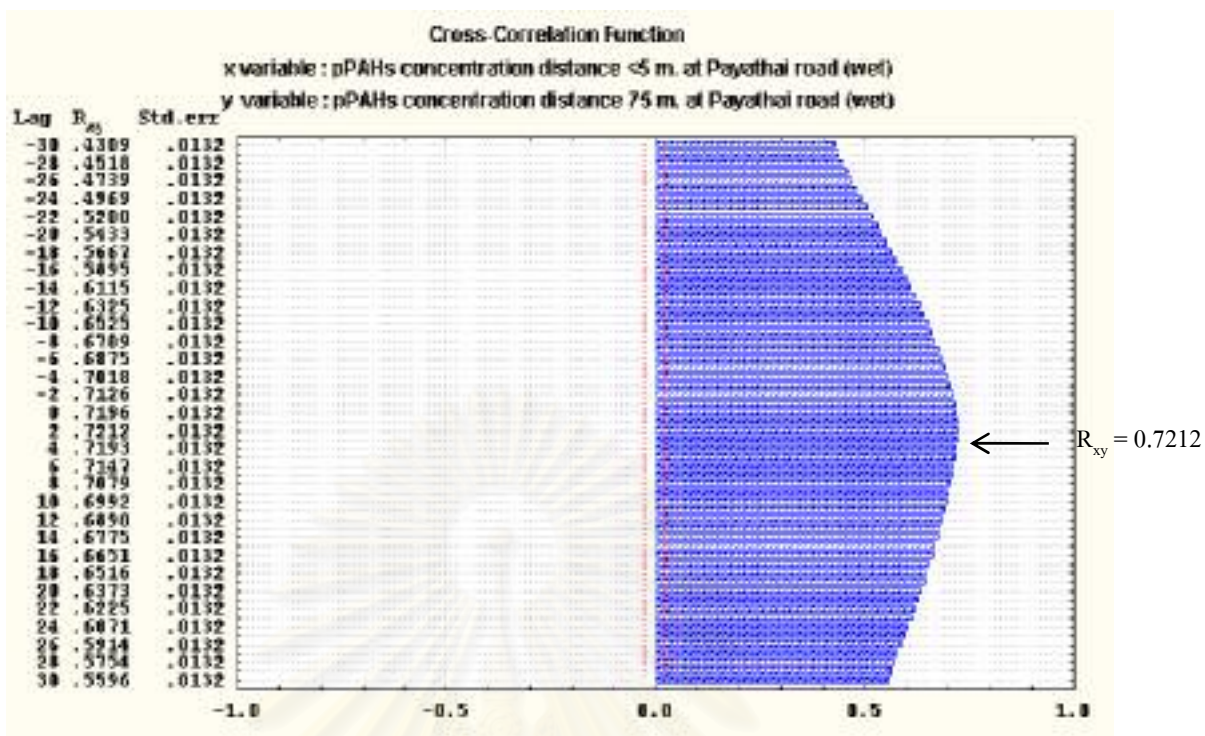
จากการวิเคราะห์ผลโดยการกรองข้อมูล หลังจากแบ่งทิสลมเป็น 3 กลุ่มดังกล่าว ได้ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลการตรวจวัดดังแสดงในรูปที่ 4.46 (ก)-(ค) และค่าเฉลี่ยได้แสดงในตารางที่ 4.27 พบว่า เมื่อลมพัดจากถนนเข้ามายังจุดเก็บตัวอย่าง ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร มีค่า pPAHs เฉลี่ยเท่ากับ 143 ng/m^3 ที่ระยะ 75 เมตร มีค่าเท่ากับ 39 ng/m^3 และที่ระยะ 225 เมตร มีค่าเท่ากับ 21 ng/m^3 โดยที่ระยะ 75 เมตรลดลงจากที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 72.75 % และที่ 225 เมตรลดลง 85.53 % เมื่อลมพัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปยังถนน ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร มีค่า pPAHs เฉลี่ยเท่ากับ 103 ng/m^3 ที่ระยะ 75 เมตร มีค่าเท่ากับ 53 ng/m^3 และที่ระยะ 225 เมตร มีค่าเท่ากับ 26 ng/m^3 ที่ระยะ 75 เมตรลดลงจากที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 48.79 % และที่ 225 เมตรลดลง 74.68 % เมื่อลมพัดขนานกับถนน ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร มีค่า pPAHs เฉลี่ยเท่ากับ 111 ng/m^3 ที่ระยะ 75 เมตร มีค่าเท่ากับ 61 ng/m^3 และที่ระยะ 225 เมตร มีค่าเท่ากับ 27 ng/m^3 ที่ระยะ 75 เมตรลดลงจากที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 45.01% และที่ 225 เมตรลดลง 75.76 %

โดยปกติแล้ว ความเข้มข้นของ pPAHs ที่กระจายตัวตามแนวตั้งฉากกับถนน ในทิสลมที่พัดจากถนนมายังจุดเก็บตัวอย่างจะมีความเข้มข้นที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร และที่ระยะ 75 เมตร สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในทิสลมที่พัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปยังถนน และทิสลมที่พัดขนานกับถนน (ดังตารางที่ 4.24 , 4.25 และ 4.26) แต่สำหรับผลการวิเคราะห์ในครั้งนี้ค่อนข้างแตกต่างไปจากเดิม โดยเฉพาะที่ระยะ 75 เมตร ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในระหว่างสัปดาห์ที่ทำการเก็บตัวอย่างมีการรับสมัครนักเรียนเข้าศึกษาที่ รร.สามเสนวิทยาลัย ในวันที่ 3 4 และ 10 พฤษภาคม 2548 จึงทำให้ความเข้มข้นเฉลี่ยของ pPAHs ที่ระยะ 75 เมตร และระยะ 225 เมตร มีความเข้มข้นสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับระยะเดียวกันในฤดูฝนทั้งที่น้ำจะต่ำกว่าเพราะความเร็วลมสูงกว่า แต่เนื่องด้วยมีการจราจรผ่านเข้าออกตลอดเวลา จึงทำให้ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยสูงขึ้น

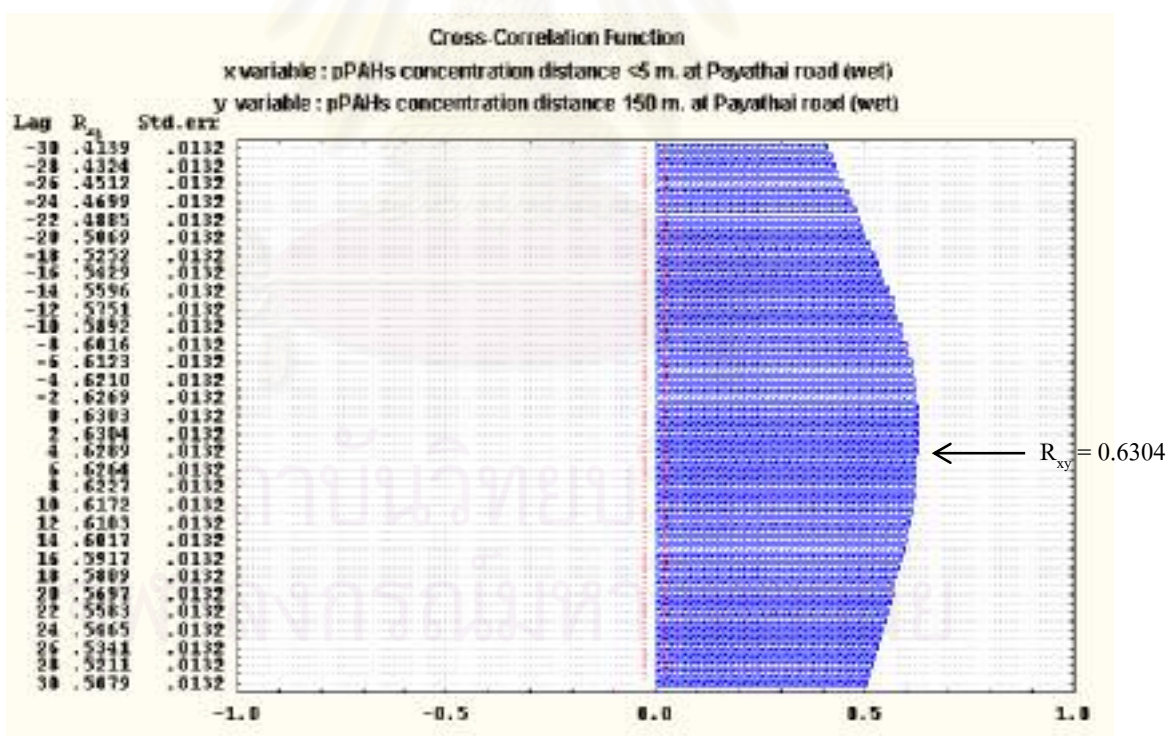
4.3.5.3 ความสัมพันธ์ของ pPAHs ที่เคลื่อนที่ตามแนวตั้งฉากกับถนนพญาไท

1) ฤดูฝน

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของ pPAHs ที่ระยะต่างๆ โดยใช้ cross-correlation นั้น สามารถแสดงผลได้ดังภาพที่ 4.47 (ก) – (ค)

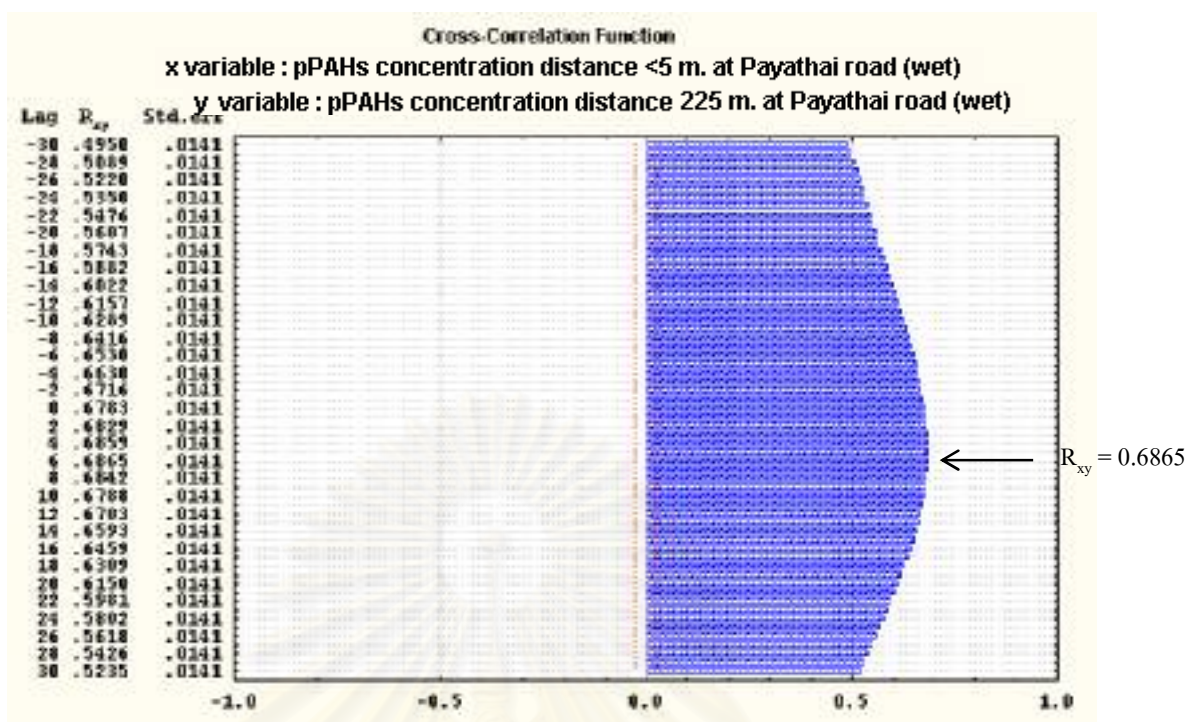


(ก)

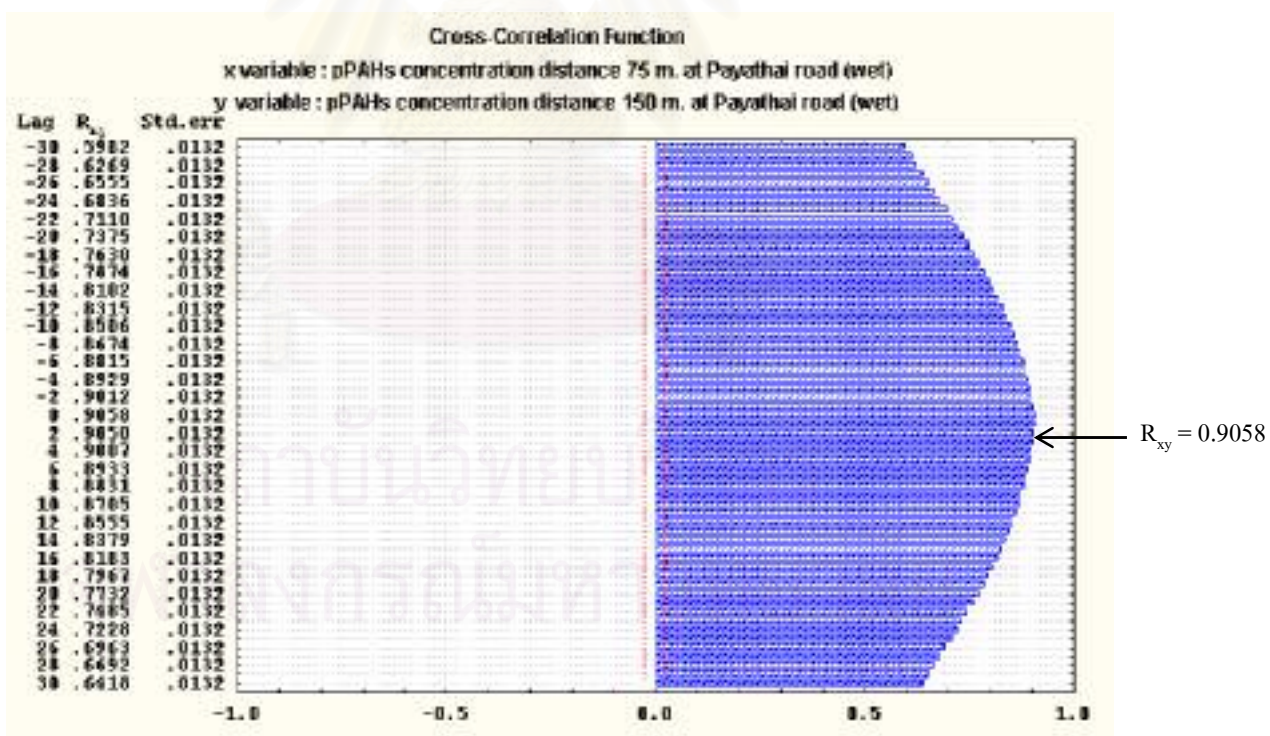


(ข)

ภาพที่ 4.47 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากค่าจากการวิเคราะห์แบบ cross-correlation ของความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณถนนพญาไท ในฤดูฝน

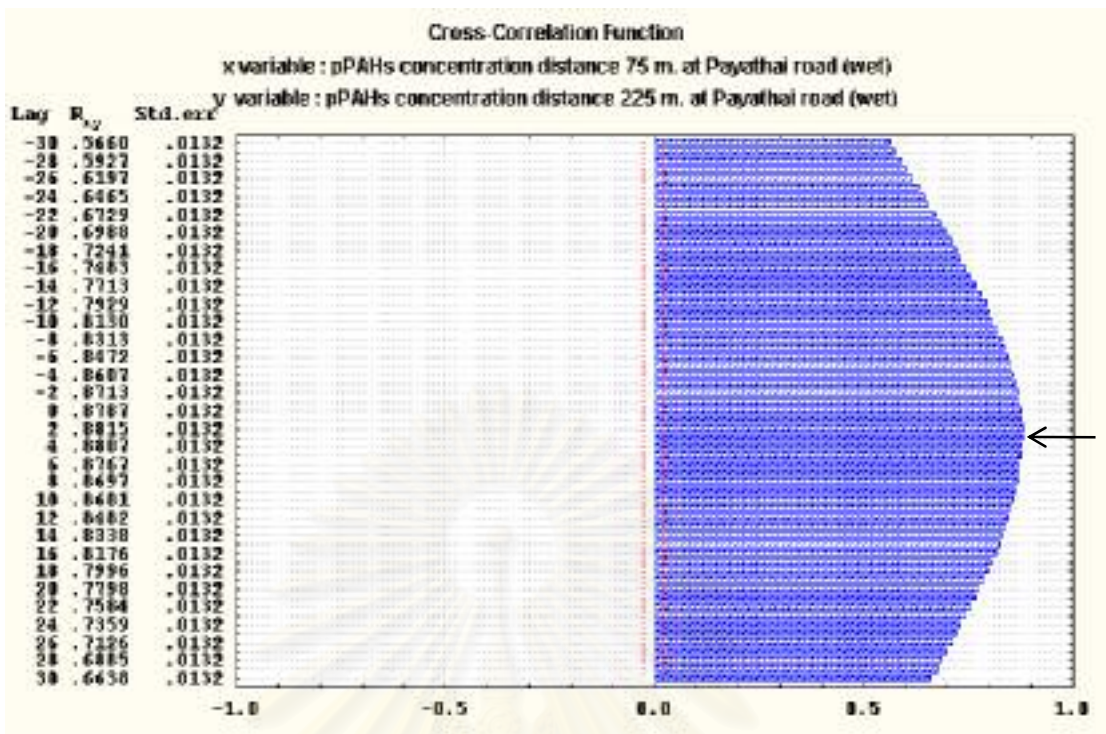


(ค)

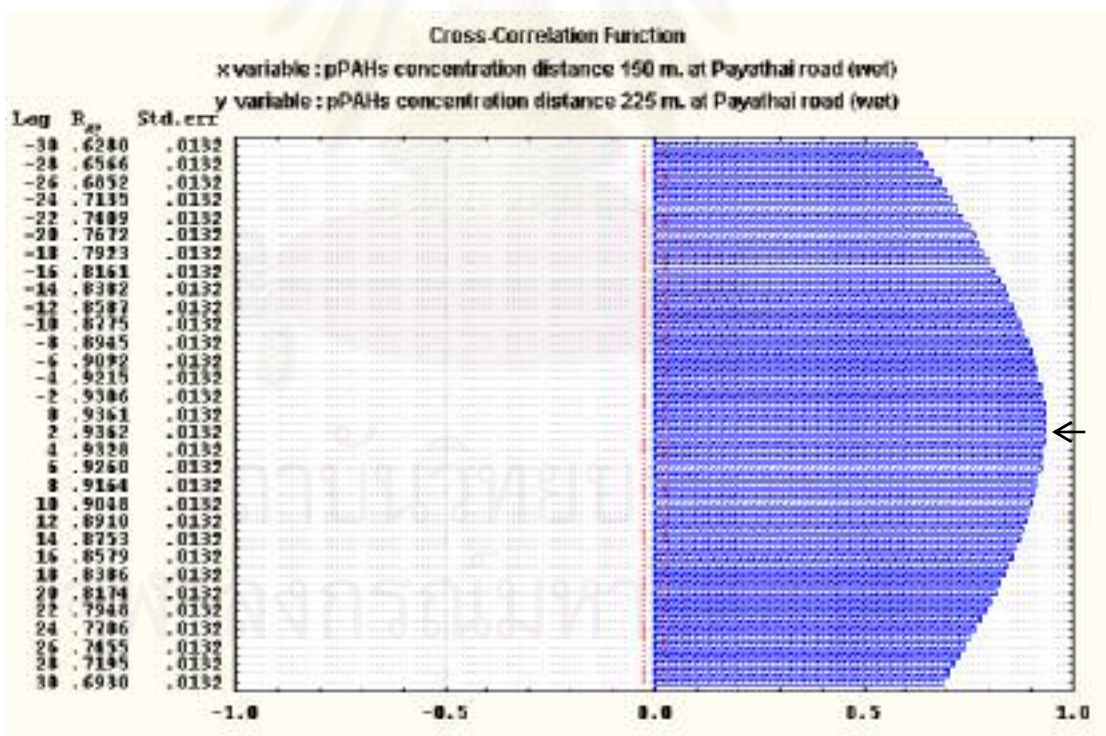


(ง)

ภาพที่ 4.47(ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากค่าจากการวิเคราะห์แบบ cross-correlation ของความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณถนนพญาไท ในฤดูฝน



(จ)



(ข)

ภาพที่ 4.47(ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากค่าจากการวิเคราะห์แบบ cross-correlation ของความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณถนนพญาไท ในฤดูฝน

จากภาพที่ 4.47 (ก) ค่า $R^2 (R_{xy})$ มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.7212 ที่ Lag = 2 แสดงถึงความเข้มข้น pPAHs ระหว่างที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร และที่ระยะ 75 เมตร มีความสัมพันธ์กันมากที่สุดเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 4 นาที เช่นเดียวกับที่ระยะ 150 เมตร เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร พบว่ามีความสัมพันธ์ ($R_{xy} = 0.6304$) ที่ค่าต่างของเวลา 4 นาที (ที่ Lag = 2) ดังภาพที่ 4.47(ข) และเมื่อพิจารณาระหว่างที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตรและที่ระยะ 225 เมตร มีการเปลี่ยนแปลงที่สอดคล้องกับที่พื้นที่ริมถนนเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 12 นาที

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ที่ระยะอื่นๆ ที่ห่างจากถนน พบว่าที่ระยะ 75 กับที่ระยะ 150 เมตร มีความสัมพันธ์ค่อนข้างสูงที่ค่า R^2 สูงสุดเท่ากับ 0.9058 ที่ Lag = 0 แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงของ pPAHs ที่ระยะทั้งสองเกิดขึ้นพร้อมๆ กัน ไม่มีช่วงต่างของเวลา และที่ระยะ 75 กับที่ระยะ 225 เมตร พบว่ามีค่า R^2 สูงสุดเท่ากับ 0.8815 ที่ Lag = 2 และที่ระยะ 150 กับระยะ 225 เมตร มีค่า R^2 สูงสุด 0.9362 ที่ Lag = 2 แสดงว่าที่ระยะ 225 เมตร pPAHs มีการเปลี่ยนแปลงตามแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงที่ระยะ 75 เมตร และ 150 เมตร เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 4 นาที

จากผลการพิจารณาความสัมพันธ์ของ pPAHs ที่ระยะต่างๆ ที่บริเวณนี้ พบว่าการเปลี่ยนแปลงของ pPAHs ในแต่ละจุดเมื่อเทียบกับที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร มีความสัมพันธ์กันค่อนข้างดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการกระจายตัวที่บริเวณอื่นๆ และที่ระยะห่างจากถนนเข้าไป พบว่ามีความสัมพันธ์ค่อนข้างสูง (> 0.8815) และค่อนข้างดีที่บริเวณถนนอื่นๆ เช่นกัน และเมื่อพิจารณาที่ระยะภายในพบว่ามีความสัมพันธ์ที่ดี (> 0.8815) จากผลการวิจัยสามารถอธิบายได้ว่า การกระจายตัวของ pPAHs เมื่อเวลาผ่านไป 12 นาที pPAHs จากระยะน้อยกว่า 5 เมตร กระจายตัวไปที่ระยะ 225 เมตร และพบว่าถนนพญาไทมีความสัมพันธ์ระหว่าง pPAHs ที่ใกล้กับถนน กับระยะถัดไป ดีกว่าถนนอื่นๆ

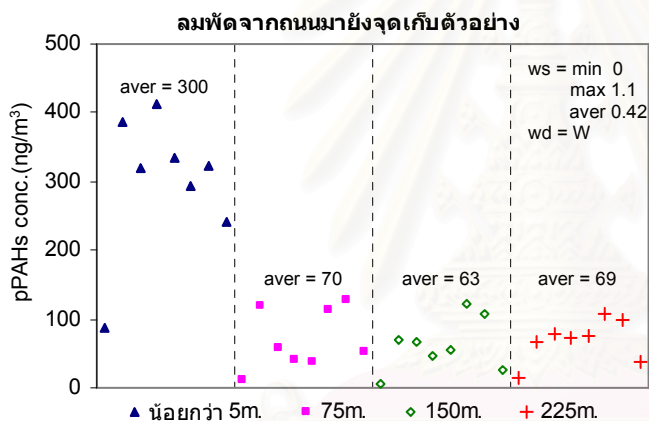
เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ cross-correlation แล้วได้นำค่า pPAHs ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร ที่ตรวจวัดทุกๆ 2 นาที มาวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงโดยพิจารณาถึงปัจจัยของลม (ความเร็วและทิศทางของลม) เช่นเดียวกับที่อธิบายไว้ข้างต้น สำหรับบริเวณถนนพญาไท สามารถแบ่งทิศทางลมเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

- 1) ทิศทางลมที่พัดจากถนนมายังจุดเก็บตัวอย่าง โดยทำมุม 45 องศากับถนน ซึ่งที่จุดตรวจวัดจะพิจารณาทิศทางลมที่อยู่ระหว่างมุม 257.5-302.5 องศา
- 2) ทิศทางลมที่พัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปยังถนน โดยทำมุม 45 องศากับถนน ซึ่งที่จุดตรวจวัดจะพิจารณาทิศทางลมที่อยู่ระหว่างมุม 77.5-122.5 องศา
- 3) ทิศทางลมที่พัดขนานกับถนน โดยทำมุม 45 องศาขนานกับถนนทั้ง 2 ข้าง ซึ่งที่จุดตรวจวัดจะพิจารณาทิศทางลมที่อยู่ระหว่างมุม 167.5-212.5 องศา และ 347.5-360 องศา และ 0-32.5 องศา

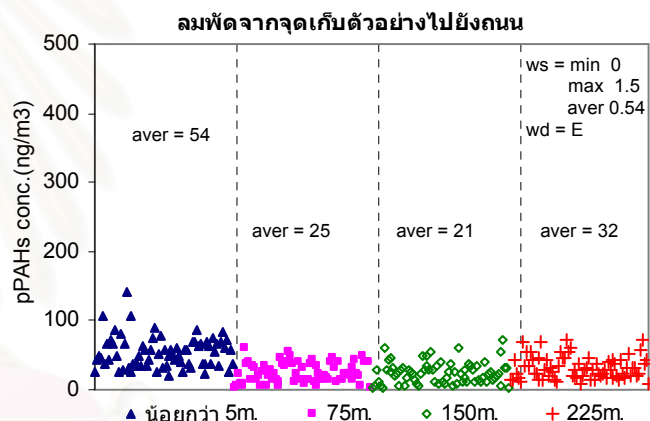
ตารางที่ 4.28 ค่าเฉลี่ย pPAHs (ng/m³) ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร เมื่อแบ่งตามทิศทางลมบริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในฤดูฝน

ลักษณะของลม	ระยะน้อยกว่า 5 m.		ระยะ 75 m.		ระยะ 150 m.		ระยะ 225 m		ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)
	ค่าเฉลี่ย pPAHs	% ลดลง	ค่าเฉลี่ย pPAHs	% ลดลง	ค่าเฉลี่ย pPAHs	% ลดลง	ค่าเฉลี่ย pPAHs	% ลดลง	
ลมพัดจากถนนไปยังจุดเก็บตัวอย่าง	300	-	70	76.67	63	79.05	69	76.94	0.42
ลมพัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปยังถนน	54	-	25	54.47	25	54.58	32	40.54	0.54
ลมพัดขนานกับถนน	153	-	44	71.27	47	69.10	60	60.83	0.42

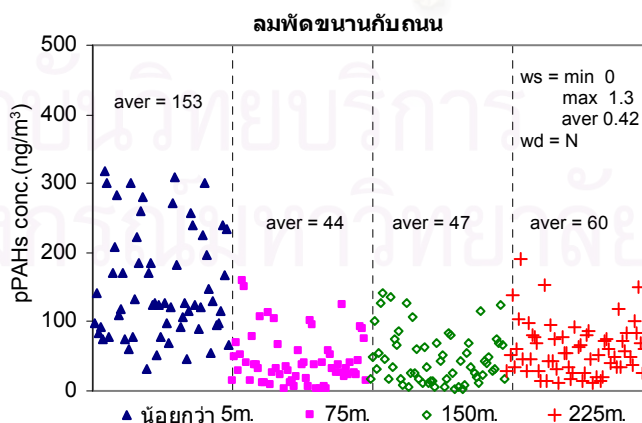
หมายเหตุ : % ลดลง คือ % การลดลงจากระยะน้อยกว่า 5 เมตร กับระยะ 75 150 และ 225 เมตร



(ก)



(ข)



(ค)

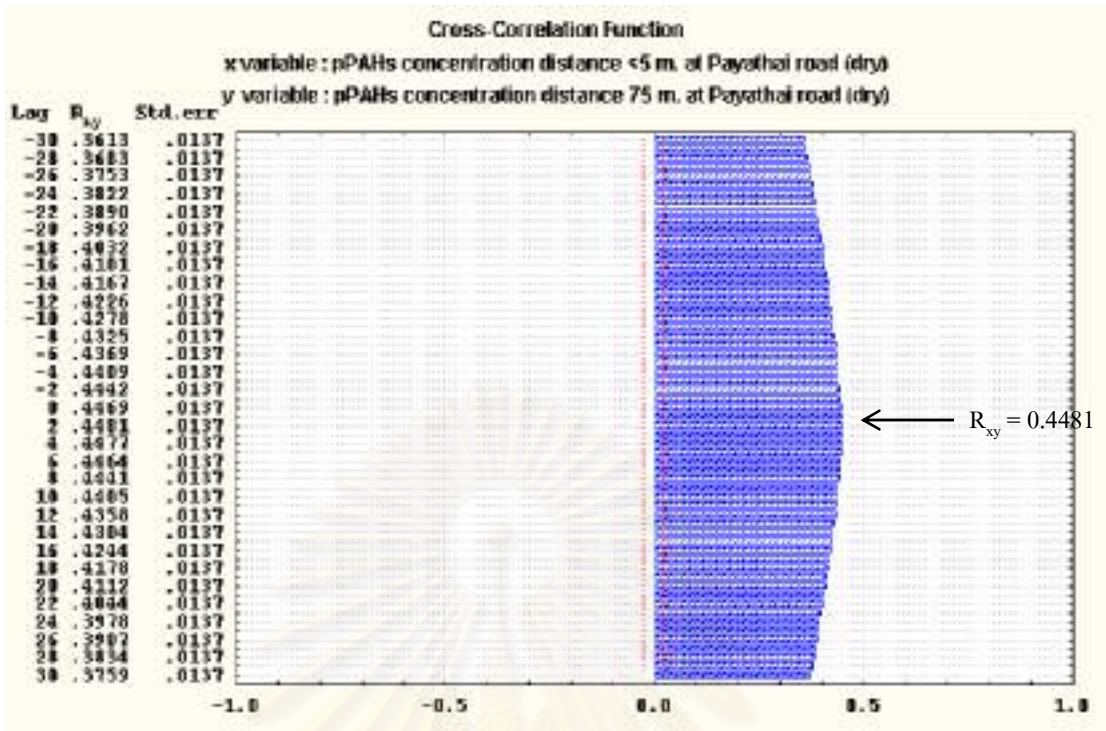
ภาพที่ 4.48 ความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณถนนพญาไทฤดูฝน โดยแบ่งเป็นระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร

จากการวิเคราะห์ผลโดยการกรองข้อมูล หลังจากแบ่งทิศลมเป็น 3 กลุ่มดังกล่าว ได้ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลการตรวจวัดดังแสดงในรูปที่ 4.48 (ก)-(ค) และค่าเฉลี่ยได้แสดงในตารางที่ 4.28 พบว่า เมื่อลมพัดจากถนนเข้ามายังจุดเก็บตัวอย่าง ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร มีค่า pPAHs เฉลี่ยเท่ากับ 300 ng/m^3 ที่ระยะ 75 เมตร มีค่าเท่ากับ 70 ng/m^3 ที่ระยะ 150 มีค่าเท่ากับ 63 ng/m^3 และที่ระยะ 225 เมตร มีค่าเท่ากับ 33 ng/m^3 โดยที่ระยะ 75 เมตรลดลงจากที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 76.67% ที่ระยะ 150 เมตรลดลง 79.05 % และที่ระยะ 225 เมตรลดลง 76.94 % เมื่อลมพัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปยังถนน ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร มีค่า pPAHs เฉลี่ยเท่ากับ 54 ng/m^3 ที่ระยะ 75 เมตร มีค่าเท่ากับ 25 ng/m^3 ที่ระยะ 150 มีค่าเท่ากับ 25 ng/m^3 และที่ระยะ 225 เมตร มีค่าเท่ากับ 32 ng/m^3 ที่ระยะ 75 เมตรลดลงจากที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 54.47 % ที่ระยะ 150 เมตรลดลง 54.58% และที่ระยะ 225 เมตรลดลง 40.54 % เมื่อลมพัดขนานกับถนน ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร มีค่า pPAHs เฉลี่ยเท่ากับ 153 ng/m^3 ที่ระยะ 75 เมตร มีค่าเท่ากับ 44 ng/m^3 ที่ระยะ 150 มีค่าเท่ากับ 47 ng/m^3 และที่ระยะ 225 เมตร มีค่าเท่ากับ 60 ng/m^3 ที่ระยะ 75 เมตรลดลงจากที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 71.27 % ที่ระยะ 150 เมตรลดลง 69.10% และที่ระยะ 225 เมตรลดลง 60.83 % และเมื่อพิจารณาจากความเร็วลมพบว่า มีความเร็วในทุกลักษณะของลมมีค่าไม่แตกต่างกัน

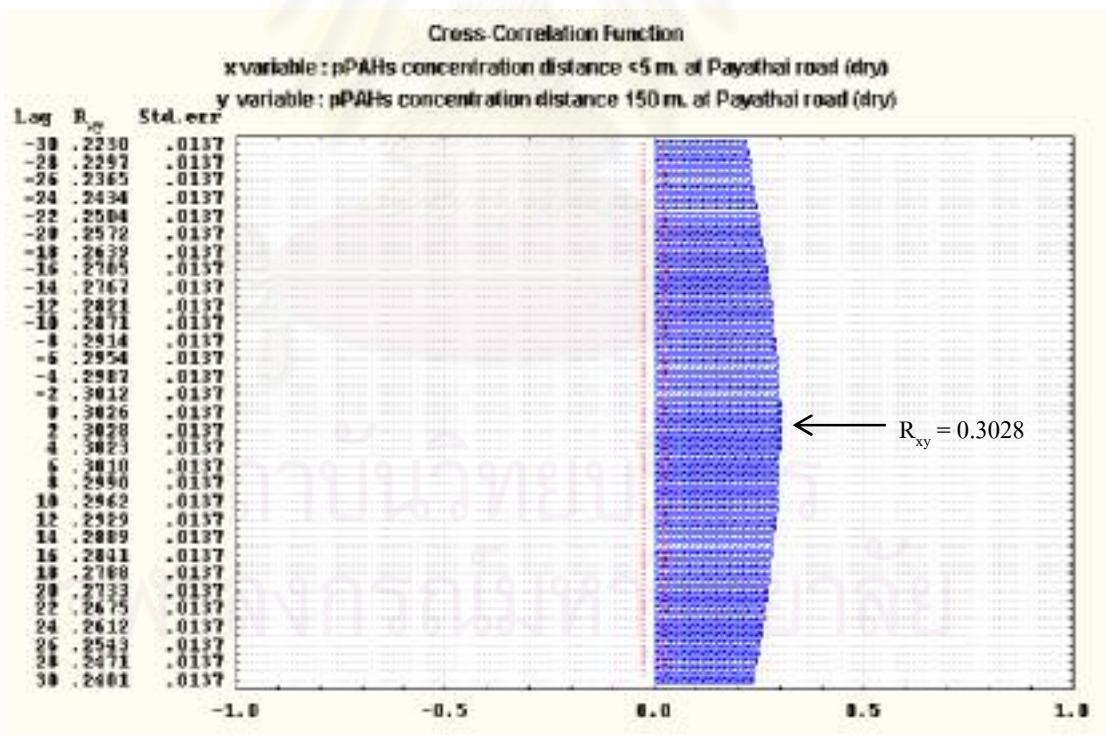
จึงพิจารณาความเข้มข้น pPAHs พบว่า เมื่อลมพัดจากถนนเข้ามายังจุดเก็บตัวอย่าง ความเข้มข้นระยะน้อยกว่า 5 เมตรจากถนน มีความเข้มข้นสูงมาก และเมื่อพิจารณาระยะต่างๆ ถัดไปก็พบว่ามีค่าสูง เช่นกัน จากข้อมูลดิบพบว่า ช่วงเวลาที่ลมพัดจากถนน ไปยังจุดเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 16.30 น. ถึง 21.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่มีการจราจรติดขัดจึงส่งผลให้ค่าความเข้มข้นที่ปรากฏมีค่าค่อนข้างสูง เมื่อพิจารณาลมพัดจากจุดเก็บตัวอย่าง ไปยังถนน พบว่าทุกระยะมีความเข้มข้นใกล้เคียงกัน และระยะน้อยกว่า 5 เมตรจะมีความเข้มข้นสูงกว่าแต่ไม่มาก และเมื่อลมพัดขนานกับถนน พบว่า pPAHs จะมีความเข้มข้นสูงเฉพาะที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร และพบว่าระยะ ถัดจากระยะน้อยกว่า 5 เมตร ความเข้มข้นมีปริมาณใกล้เคียงกัน ซึ่งจากตารางที่ 4.28 จะเห็นว่า % การลดลงของ pPAHs ที่ระยะห่างจากถนน (ตั้งแต่ 75-225 เมตร) มีค่าใกล้เคียงกันในทุกๆ กลุ่มของทิศลม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความเร็วลมที่บริเวณนี้ในฤดูฝน มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยค่อนข้างสูงกว่าบริเวณอื่นๆ ทำให้การกระจายตัวของสารภายในบริเวณพื้นที่ที่ห่างจากถนนเข้าไป มีปริมาณใกล้เคียงกัน

2) ฤดูแล้งฝน

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของ pPAHs ที่ระยะต่างๆ โดยใช้ cross-correlation นั้น สามารถแสดงผลได้ดังภาพที่ 4.41 (ก) – (ค)

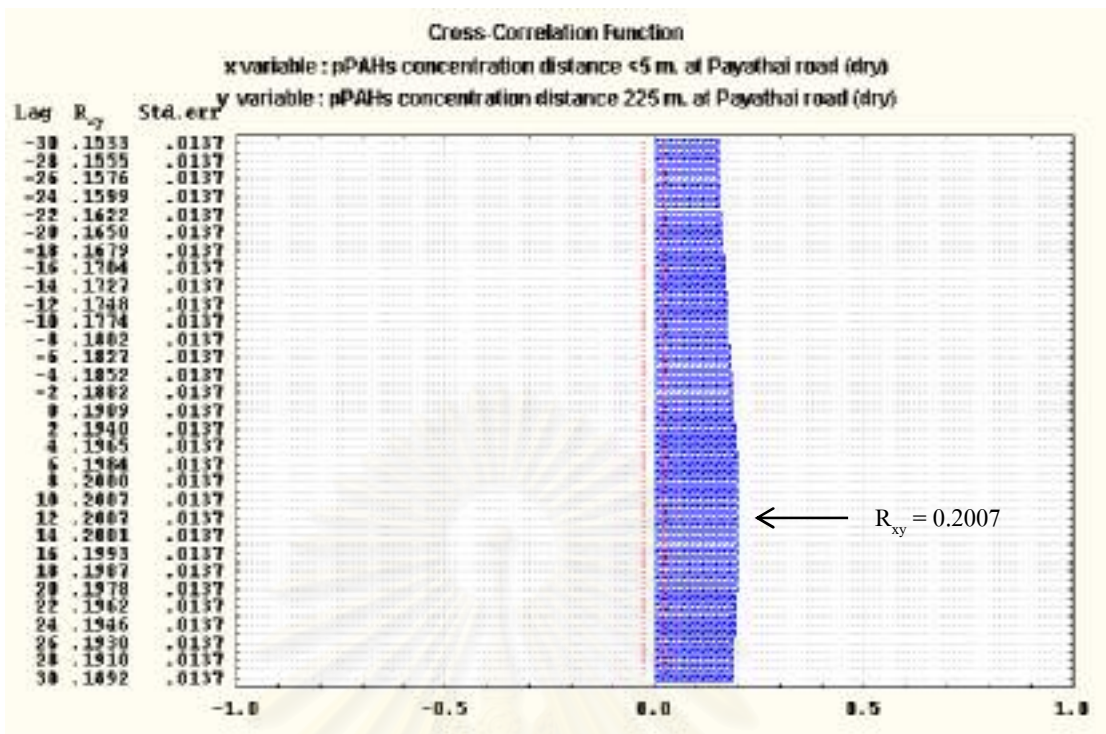


(ก)

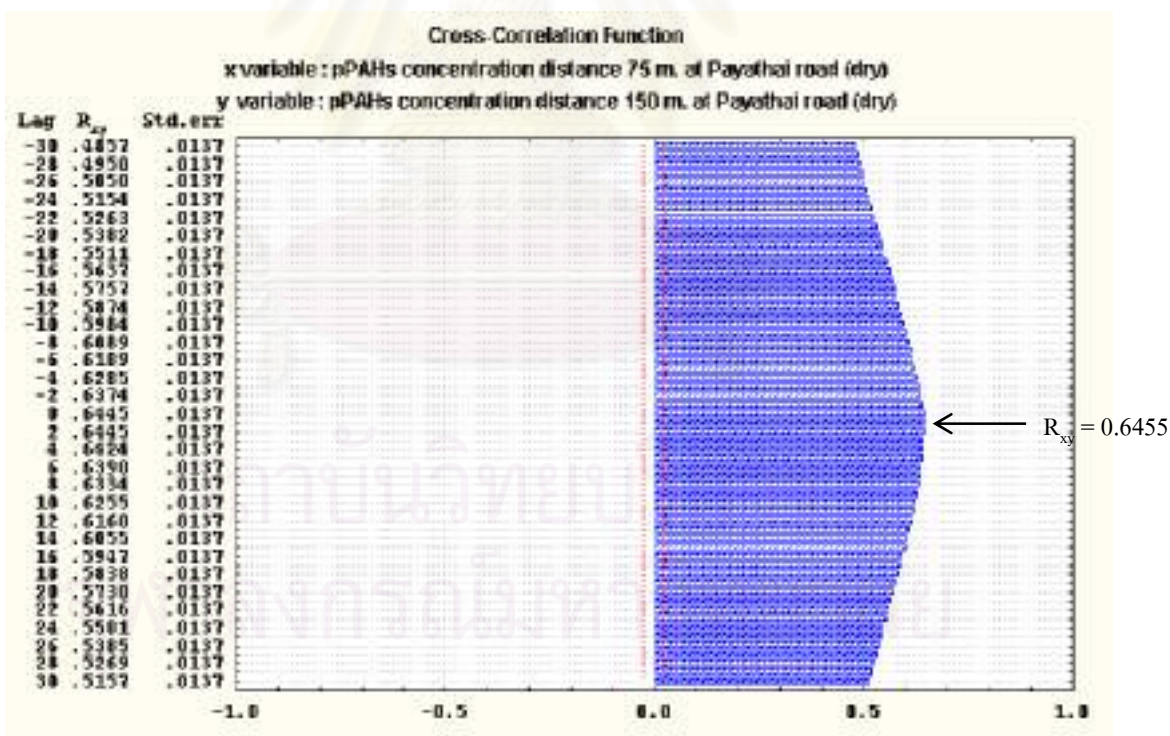


(ข)

ภาพที่ 4.49 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากค่าจากการวิเคราะห์แบบ cross-correlation ของความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณถนนพญาไท ในฤดูแล้งฝน

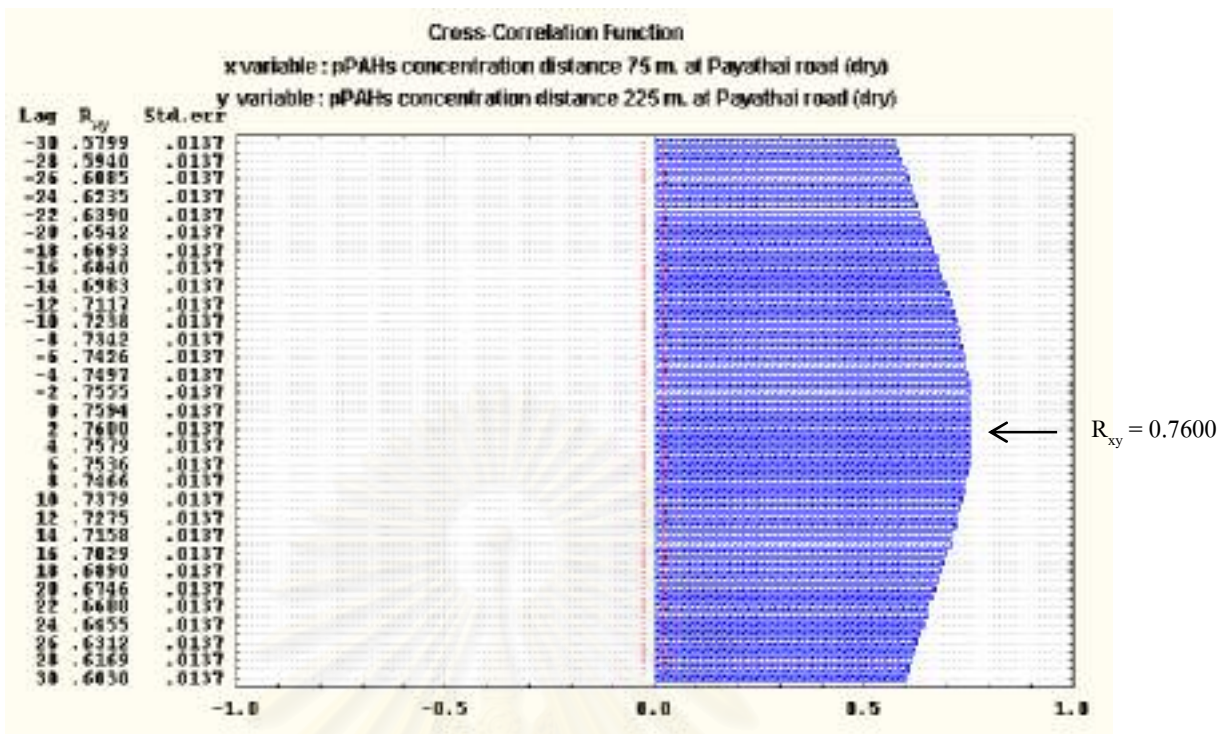


(ค)

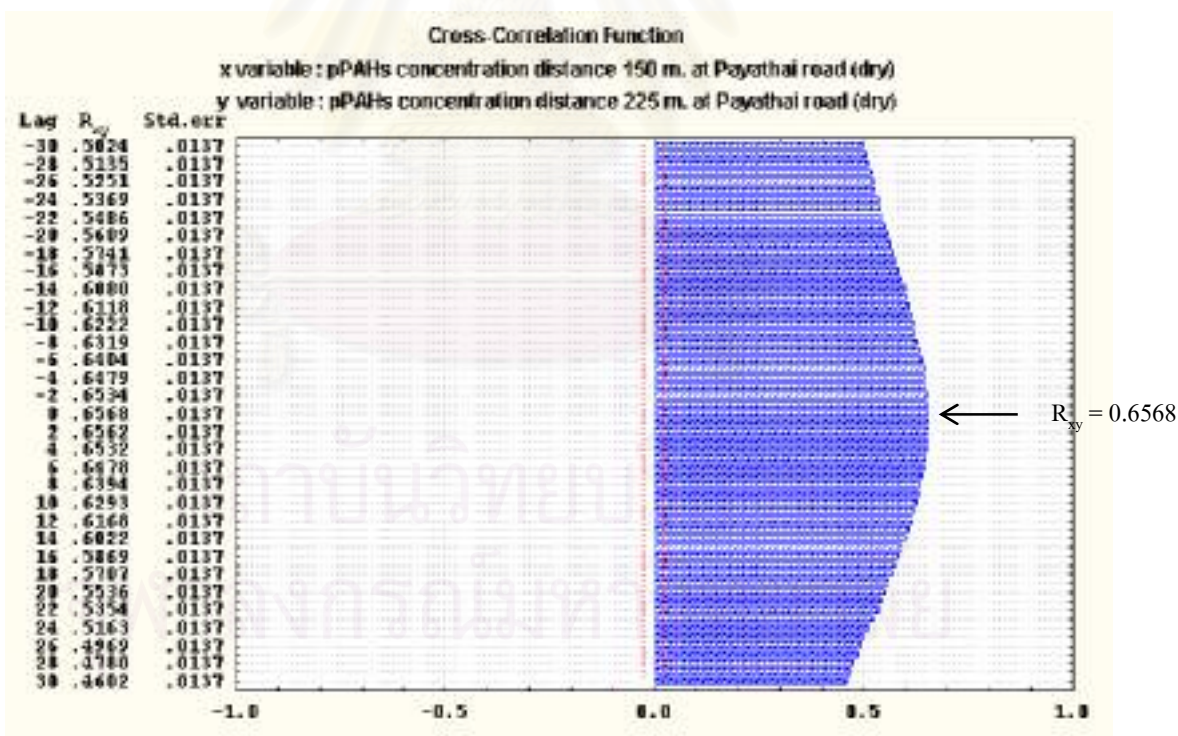


(ง)

ภาพที่ 4.49 (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากค่าจากการวิเคราะห์แบบ cross-correlation ของความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณถนนพญาไท ในฤดูแล้งฝน



(จ)



(ข)

ภาพที่ 4.49 (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากค่าจากการวิเคราะห์แบบ cross-correlation ของความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณถนนพญาไทในฤดูแล้งฝน

จากภาพที่ 4.49(ก)-(ค) ค่า R^2 (R_{xy}) มีค่าสูงสุดอยู่ระหว่าง 0.2007 ถึง 0.4481ซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำ แสดงว่า pPAHs ที่ระยะ 75 150 และ 225 เมตร มีการเปลี่ยนแปลงที่สอดคล้องกับที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตรน้อยมากในช่วงฤดูแล้งฝน ซึ่งให้ผลที่แตกต่างจากในฤดูฝน

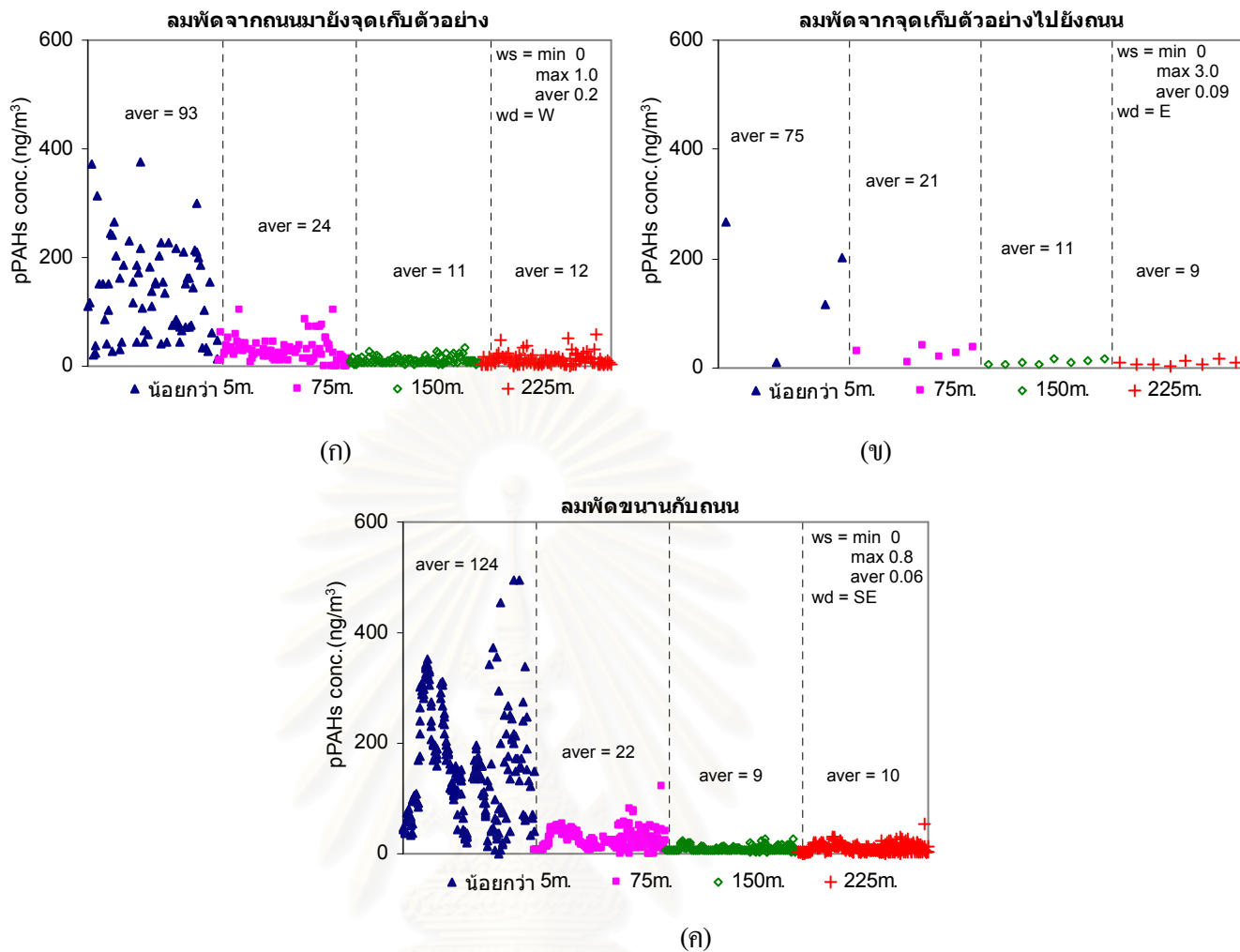
แต่เมื่อพิจารณาที่ห่างจากถนนเข้าไป พบว่าที่ระยะ 75 กับ 150 เมตร มีค่า R^2 สูงสุด 0.6455 ที่ Lag = 2 และระยะ 75 กับ 225 เมตร พบว่ามีค่า R^2 สูงสุด 0.7600 ที่ Lag = 2 และระยะ 150 กับระยะ 225 เมตร มีค่า R^2 สูงสุด 0.6568 ที่ Lag = 0 แสดงถึงความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างการเปลี่ยนแปลงของ pPAHs แต่ละจุดที่ห่างจากถนน ซึ่งมีค่าต่างของเวลาประมาณ 4 นาที ซึ่งให้ผลคล้ายคลึงกับที่ปรากฏในฤดูฝน แต่สัมพันธ์สหสัมพันธ์มีค่าต่ำกว่า

หลังจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ cross-correlation แล้วได้นำค่า pPAHs ที่ตรวจวัดที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ ปัจจัยของลม ตามที่ได้อธิบายไว้ข้างต้นแล้ว และการแบ่งกลุ่มของทิศทางลม ก็ใช้ลักษณะการแบ่งเช่นเดียวกับในฤดูฝน (หน้าที่ 136)

ตารางที่ 4.29 ค่าเฉลี่ย pPAHs (ng/m^3) ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร เมื่อแบ่งตามทิศทางลมบริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในฤดูแล้งฝน

ลักษณะของลม	ระยะน้อยกว่า 5 m.		ระยะ 75 m.		ระยะ 150 m.		ระยะ 225 m		ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)
	ค่าเฉลี่ย pPAHs	% ลดลง	ค่าเฉลี่ย pPAHs	% ลดลง	ค่าเฉลี่ย pPAHs	% ลดลง	ค่าเฉลี่ย pPAHs	% ลดลง	
ลมพัดจากถนนไปยังจุดเก็บตัวอย่าง	93	-	24	73.6	11	88.04	12	86.85	0.20
ลมพัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปยังถนน	75	-	21	71.99	11	85.39	9	87.27	0.09
ลมพัดขนานกับถนน	124	-	22	81.98	9	92	10	92	0.06

หมายเหตุ : % ลดลง คือ % การลดลงจากระยะน้อยกว่า 5 เมตร กับระยะ 75 150 และ 225 เมตร



ภาพที่ 4.50 ความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณถนนพญาไทฤดูแล้งฝน โดยแบ่งเป็นระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร

จากการวิเคราะห์ผลหลังจากแบ่งทิศลมเป็น 3 กลุ่มดังกล่าวพบว่า เมื่อลมพัดจากถนนเข้ามายังจุดเก็บตัวอย่าง ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร มีค่า pPAHs เฉลี่ยเท่ากับ 93 ng/m^3 ที่ระยะ 75 เมตร มีค่าเท่ากับ 24 ng/m^3 และที่ระยะ 225 เมตร มีค่าเท่ากับ 11 ng/m^3 โดยที่ระยะ 75 เมตรลดลงจากที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 73.60 % ที่ระยะ 150 เมตร ลดลง 88.04 % และที่ 225 เมตรลดลง 86.85 % เมื่อลมพัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปยังถนน ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตรมีค่า pPAHs เฉลี่ยเท่ากับ 75 ng/m^3 ที่ระยะ 75 เมตร มีค่าเท่ากับ 21 ng/m^3 ที่ระยะ 150 มีค่าเท่ากับ 11 ng/m^3 และที่ระยะ 225 เมตร มีค่าเท่ากับ 9 ng/m^3 ที่ระยะ 75 เมตรลดลงจากที่น้อยกว่า 5 เมตร 71.99 % ที่ระยะ 150 เมตร ลดลง 85.39 % และที่ 225 เมตร ลดลง 87.27 % เมื่อลมพัดขนานกับถนนที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตรมีค่า pPAHs เฉลี่ยเท่ากับ 124 ng/m^3 ที่ระยะ 75 เมตร มีค่าเท่ากับ 22 ng/m^3 ที่ระยะ 150 มีค่าเท่ากับ 9 ng/m^3 และที่ระยะ 225 เมตร มีค่าเท่ากับ 10 ng/m^3 ที่ระยะ 75 เมตรลดลงจากที่น้อยกว่า 5 เมตร 81.98 % ที่ระยะ 150 เมตร ลดลง 92.78 % และที่ 225 เมตรลดลง 92 % และเมื่อพิจารณาจาก

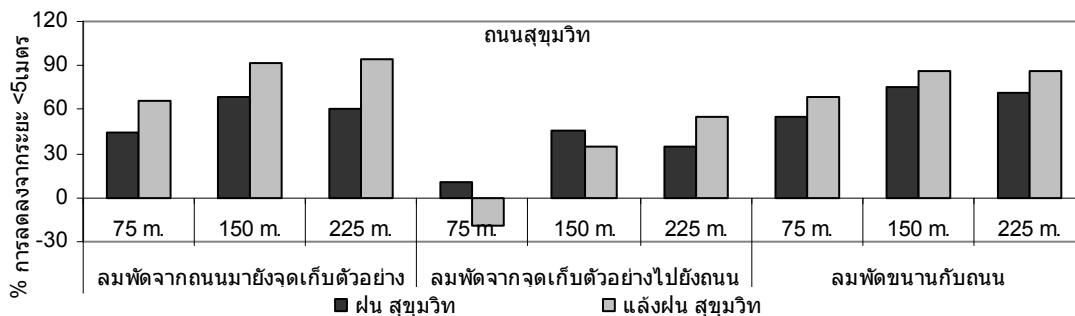
ความเร็วลมพบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งฝน มีค่าค่อนข้างต่ำ โดยเฉพาะในกลุ่มของทิศลมที่พัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปยังถนน และลมพัดขนานกับถนน ซึ่งมีลักษณะของลมสงบ จึงเป็นไปได้ที่ทำให้ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลง pPAHs ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตรกับระยะอื่นๆ ที่ห่างจากถนนมีค่าค่อนข้างต่ำ และเมื่อพิจารณาความเข้มข้น pPAHs พบว่าที่ระยะ 75 เมตร 150 เมตร และ 225 เมตร ของทุกลักษณะของทิศทางลม ความเข้มข้นของ pPAHs ไม่แตกต่างกัน แต่ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตรจากถนน พบว่า เมื่อลมพัดจากถนนมายังจุดเก็บตัวอย่างและลมพัดขนานกับถนนจะมีความเข้มข้นของ pPAHs สูงกว่าเมื่อลมพัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปยังถนน และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้งฝนพบว่าความเข้มข้นของ pPAHs ในฤดูแล้งฝนมีปริมาณที่ต่ำกว่า

เมื่อนำเปอร์เซ็นต์การลดลงของ pPAHs ที่กระจายตัวตามแนวตั้งจากกับถนนต่างๆ ทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้งฝนมาเปรียบเทียบกัน สามารถสรุปได้เป็นกราฟดังแสดงใน ภาพที่ 4.51 (ก)-(ค)

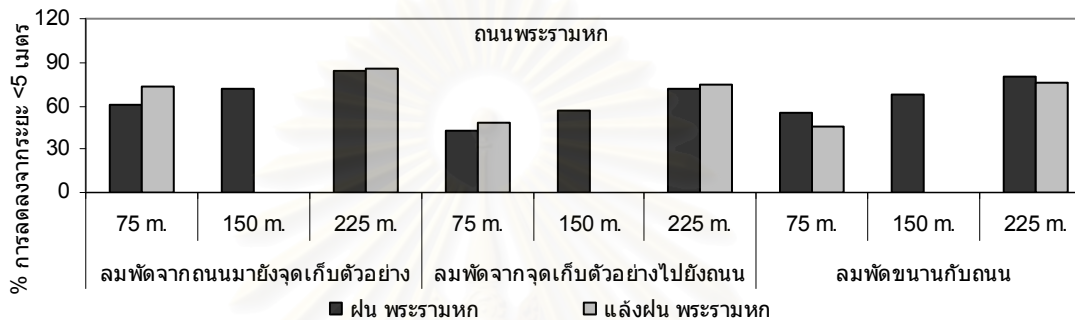
จากภาพ 4.51(ก) พบว่าที่ถนนสุขุมวิท pPAHs มีแนวโน้มลดลงตามระยะที่ห่างจากถนน ยกเว้นที่ระยะ 75 เมตร ในทิศลมที่พัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปยังถนนในฤดูแล้งฝน และโดยส่วนใหญ่ในฤดูแล้งฝนมี %การลดลงมากกว่าในฤดูฝน นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อลมพัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปยังถนนไม่ว่าฤดูฝนและฤดูแล้งฝน จะมี % การลดลงน้อยที่สุดและมีลักษณะที่ไม่แน่นอน เนื่องจากเมื่อลมพัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปยังถนนจะทำให้ความเข้มข้นบริเวณจุดที่ใกล้กับถนนมากที่สุด มีความเข้มข้นไม่สูง เนื่องจากสาร pPAHs จากยานพาหนะที่มีแหล่งกำเนิดบริเวณถนน ไม่สามารถกระจายตัวมายังระยะน้อยกว่า 5 เมตรได้มากนัก และไม่สามารถกระจายตัวไปยังระยะอื่นๆ ได้เช่นเดียวกัน ทิศลมที่พัดขนานกับถนน พบว่า ความเข้มข้นลดลงที่ระยะ 75 เมตร ส่วนที่ระยะ 150 และ 225 เมตร %เริ่มคงที่ทั้ง 2 ฤดู

จากภาพ 4.51(ข) พบว่าที่ถนนพระรามหก pPAHs มีแนวโน้มลดลงตามระยะห่างจากถนนเช่นเดียวกับที่พบที่ถนนสุขุมวิท แต่ % การลดลงของ pPAHs ในฤดูแล้งฝนและฤดูฝนใกล้เคียงกัน เนื่องจากสัปดาห์ที่เก็บตัวอย่างมีการสอบของนักเรียนจึงทำให้มีการจราจรภายในโรงเรียนเป็นบางวัน ซึ่งอาจมีผลต่อการกระจายตัวของ pPAHs บริเวณดังกล่าว และในทิศลมที่พัดลมพัดจากถนนมายังจุดเก็บตัวอย่าง และทิศลมที่พัดขนานกับถนน ทั้ง 2 ฤดูกาลมีค่าใกล้เคียงกัน

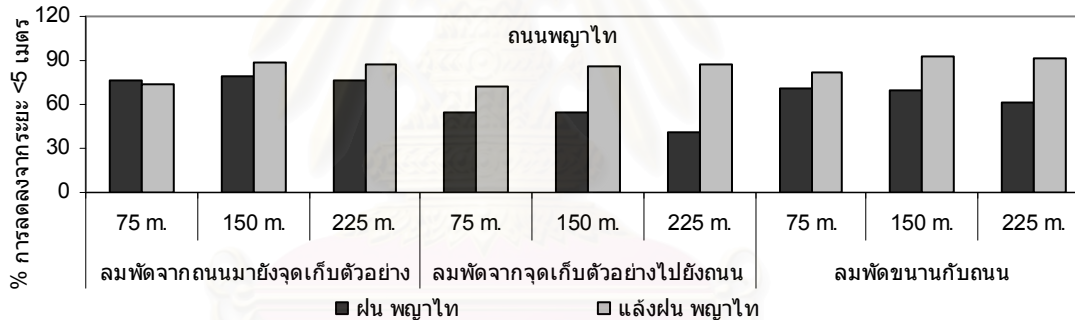
จากภาพ 4.51(ค) พบว่าที่ถนนพญาไท pPAHs มีแนวโน้มลดลงตามระยะห่างจากถนน เช่นเดียวกับถนนอื่น และมี %การลดลงของ pPAHs ในฤดูแล้งฝนมากกว่าในฤดูฝนและมี % การลดลงที่ใกล้เคียงกันในทุกๆ กลุ่มของทิศลม ในฤดูฝนเมื่อทิศลมพัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปยังถนน ความเข้มข้นมีแนวโน้มลดลงไม่แน่นอนและมีร้อยละการลดลงน้อยที่สุด



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 4.51 เปรียบเทียบการลดลงของ pPAHs ที่ระยะต่างๆ บริเวณถนนสุขุมวิท พระรามหก และ พญาไท ในฤดูฝนและฤดูแล้งฝน

จากผลการศึกษา เมื่อลมพัดจากจุดเก็บตัวอย่าง ไปยังถนน ความเข้มข้น pPAHs ที่ระยะ 75 150 และ 225 เมตร มีความเข้มข้น pPAHs ไม่แตกต่างกัน จึงทำให้ความแตกต่างของ % การลดลงไม่สูง โดยที่ระยะ 75 150 และ 225 เมตร %เฉลี่ยที่ลดลงจากระยะน้อยกว่า 5 เมตร มีค่าประมาณ 35% 55% และ 60 % ตามลำดับ (ดังตาราง 4.30) สำหรับทิศลมที่ลมพัดจากถนนมายังจุดเก็บตัวอย่าง และทิศลมพัดชานานกับถนน % การลดลงที่ระยะ 75 150 และ 225 เมตร มีค่าใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 65-80% นอกจากนี้ยังพบว่าความเร็วลมมีผลต่อ %การลดลงของสาร pPAHs โดยที่ความเร็วลมต่ำกว่า 0.1 m/s ดังเช่นถนนพระรามหกในฤดูฝน(ทิศลมทั้ง 3 กลุ่ม) และพญาไทในฤดูแล้งฝน (ทิศลมที่พัดชานานกับถนนและทิศลมที่พัดจากจุดเก็บตัวอย่าง ไปยังถนน) จะมี %การ

ลดลงมากกว่า 70% ที่ระยะ 225 เมตร เนื่องจากความเร็วลมที่ต่ำจัดเป็นลมสงบ สาร pPAHs จากถนนไม่สามารถกระจายตัวไปที่ระยะต่างๆ %การลดลงของสาร pPAHs จึงมีค่าสูงและลดลงในทุก ระยะ และที่ความเร็วลมมากกว่า 0.4 m/s ดังเช่นถนนพญาไทในฤดูฝน (ทิศลมทั้ง 3 กลุ่ม)และ สุขุมวิทในฤดูแล้งฝน (ทิศลมพัดขนานกับถนน) พบว่า %การลดลงที่ระยะต่างๆ มีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากลมพัดพาสาร pPAHs จากถนนไปยังจุดเก็บตัวอย่าง ส่งผลให้ที่ระยะต่างๆ ความเข้มข้นไม่แตกต่างกัน % การลดลงจึงใกล้เคียงกันที่ระยะ 75 150 และ 225 เมตร

จากการศึกษาการกระจายตัวตามแนวตั้งจากกับถนนและ การหาความสัมพันธ์ของ pPAHs ที่เคลื่อนที่ตามแนวตั้งจากจากถนนไปยังจุดต่างๆ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.30

จากตารางที่ 4.30 การศึกษาการกระจายตัวตามแนวตั้งจากกับถนน พบว่าระยะที่ห่างจากถนน สาร pPAHs ไม่มีรูปแบบการลดลงที่ชัดเจน แต่เมื่อนำมาการหาความสัมพันธ์ของ pPAHs ที่เคลื่อนที่ตามแนวตั้งจากจากถนนไปยังจุดต่างๆ และแบ่งทิศลมออกเป็น 3 กลุ่ม พบว่าที่ระยะต่างๆ มีความสัมพันธ์กันโดยพิจารณาจากค่า R_{xy} ซึ่งพบว่า ทุกพื้นที่ที่เก็บตัวอย่างใน 2 ฤดูกาลที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตรกับระยะ 75 เมตรมีความสัมพันธ์ระดับปานกลางถึงระดับสูง และระยะน้อยกว่า 5 เมตร กับระยะถัดไปมีความสัมพันธ์กันน้อย จากข้อมูลสังเกตที่ถนนพญาไทในฤดูแล้งฝน เมื่อพิจารณาความเร็วลมพบว่ามีความต่ำอยู่ระหว่าง 0.06-0.2 m/s (Lag ไม่มีความสัมพันธ์) และที่ถนนพระรามหกในฤดูฝนซึ่งมีความเร็วลมอยู่ระหว่าง 0.05-0.08 m/s (Lag เท่ากับ 10) ซึ่งหมายถึงความเร็วลมต่ำทำให้ pPAHs ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตรเคลื่อนที่ไปที่ระยะ 75 เมตรใช้เวลานานเท่ากับ 20 นาที และจากข้อมูลสังเกตที่ถนนสุขุมวิทและถนนพญาไทในฤดูฝน มีความสัมพันธ์ค่อนข้างดี >0.7212 โดยมีช่วงของเวลา Lag เท่ากับ 2 หรือไม่เกิน 4 นาที เนื่องจากความเร็วลมที่สูงทำให้สาร pPAHs ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร พัดไปที่ระยะต่างๆ ได้ดีจึงมีความสัมพันธ์สูง และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตรจากถนน กับระยะอื่นๆ (150 และ 225 เมตร) มีความสัมพันธ์ต่ำ แต่มีความสัมพันธ์ปานกลางที่ถนนพญาไทในฤดูฝนเนื่องจากความเร็วลมสูง พบว่า pPAHs ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร จะสามารถพัดไปที่ระยะอื่นๆ นั้น มีความเกี่ยวข้องกับความเร็วลม โดยการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน จะพบได้ชัดเจนภายในระยะทางที่ห่างกันไม่เกิน 75 เมตร

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ ภายในพื้นที่ห่างจากถนนออกไป ที่ระยะ 75-225 เมตร ส่วนใหญ่ให้ความสัมพันธ์ที่ดี > 0.4492 ยกเว้นที่ถนนพระรามหกในฤดูแล้งฝน เนื่องจากมีการรับสมัครนักเรียนโรงเรียนสามเสนวิทยาลัย จึงทำให้ที่ระยะต่างๆ ภายในมีการเปลี่ยนแปลงของสารไม่ได้เป็นไปในทางเดียวกับที่บริเวณพื้นที่ริมถนน จึงทำให้ความสัมพันธ์ของสาร pPAHs ต่ำ จากการหาความสัมพันธ์ของระยะภายในของพื้นที่ พบว่าระยะห่างจากถนนออกไปถึงแม้มีความเร็วลมที่แตกต่างกัน แต่การเปลี่ยนแปลงภายในของสาร pPAHs ที่ระยะ 75-225 เมตร มีช่วงของเวลา Lag เท่ากับ 2 หรือไม่เกิน 4 นาที ในทุกพื้นที่และทุกฤดูกาล

ตารางที่ 4.30 เปรียบเทียบค่า pPAHs ปริมาณ pPAHs หลังจากแยกทิสลม ทิศทางและความเร็วลม R_{xy} บริเวณถนนสุขุมวิทและถนนพระรามหก ภูเขาไท ที่ตรวจวัดได้ในฤดูฝนและแล้งฝน

	สุขุมวิท								พระรามหก								ภูเขาไท							
	ฝน				แล้งฝน				ฝน				แล้งฝน				ฝน				แล้งฝน			
	< 5	75	150	225	< 5	75	150	225	< 5	75	150	225	< 5	75	150	225	< 5	75	150	225	< 5	75	150	225
pPAHs (ng/m ³)	100	54	30	36	62	25	12	11	122	55	41	24	112	62	-	30	95	32	35	44	134	28	10	12
R_{xy}		0.6510	0.3503	0.3303		0.8802	0.5169	0.3474		0.6495	0.6209	0.3386		0.6121	-	0.2112		0.7212	0.6304	0.6865		0.4481	0.3028	0.2007
			0.8883	0.8898			0.6375	0.4492			0.9785	0.7518			-	0.3189			0.9058	0.8815			0.6455	0.7600
				0.936				0.6927				0.7735								0.9362				0.6568
Lag		0	-	-		0	-	-		10	-	-		2	-	-		2	2	12		-	-	-
			0	2			2	2			0	2			-	-			0	2			2	2
				0				2				2								2				0
ปริมาณ pPAHs หลังจากแยกทิสลม																								
- ลมพัดจากถนน มายังจุดเก็บตัวอย่าง	148	82	47	59	154	53	13	9	162	63	47	26	143	39	-	21	300	70	63	69	93	24	11	12
- ลมพัดจากจุดเก็บ ตัวอย่างไปยังถนน	52	46	28	34	14	16	9	6	88	51	39	25	103	53	-	26	54	25	25	32	75	21	11	9
- ลมขนานกับถนน	114	51	28	33	88	27	13	12	122	55	40	24	111	61	-	27	153	44	47	60	124	22	9	10
สัดส่วนที่ลดลง																								
- ลมพัดจากถนน มายังจุดเก็บตัวอย่าง	1	0.55	0.32	0.4	1	0.34	0.08	0.06	1	0.39	0.29	0.16	1	0.27		0.15	1	0.23	0.21	0.23	1	0.26	0.12	0.13
- ลมพัดจากจุดเก็บ ตัวอย่างไปยังถนน	1	0.88	0.54	0.65	1	1.14	0.64	0.43	1	0.58	0.44	0.28	1	0.51		0.25	1	0.46	0.46	0.59	1	0.28	0.15	0.12
- ลมขนานกับถนน	1	0.45	0.25	0.29	1	0.31	0.15	0.14	1	0.45	0.33	0.2	1	0.55		0.24	1	0.29	0.31	0.39	1	0.18	0.07	0.08
ลักษณะ WS/WD																								
- ลมพัดจากถนน มายังจุดเก็บตัวอย่าง		0.11 (N)			0.2 (NE)				0.08 (E)				0.1 (E)				0.42 (W)				0.2 (W)			
- ลมพัดจากจุดเก็บ ตัวอย่างไปยังถนน		0.13 (SW)			0.28 (SW)				0.05 (W)				0.11 (W)				0.54 (E)				0.09 (E)			
- ลมขนานกับถนน		0.16 (NW)			0.65 (W)				0.06 (N)				0.22 (SW)				0.42 (N)				0.06 (SE)			

เมื่อพิจารณาปริมาณสาร pPAHs เมื่อแยกทิศลมพบว่า เมื่อลมพัดจากถนนมายังจุดเก็บตัวอย่าง และลมพัดขนานกับถนนปริมาณสาร pPAHs มีค่าสูงที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร (พื้นที่ริมถนน) และพบว่าเมื่อลมพัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปยังถนน ความเข้มข้นทั้ง 4 ระยะมีค่าใกล้เคียงกัน และสัดส่วนของความเข้มข้นของ pPAHs ที่ระยะต่างๆ เมื่อเทียบกับที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร มีค่าสูง และเมื่อพิจารณาสัดส่วนที่ระยะต่างๆ โดยเทียบกับระยะน้อยกว่า 5 เมตร ตามทิศลมที่แบ่งสามารถพิจารณาได้ดังนี้

(1) เมื่อลมพัดจากถนนมายังจุดเก็บตัวอย่าง

75 เมตร เทียบกับ <5 เมตร	สัดส่วนการลดลงอยู่ระหว่าง	0.23 – 0.55 (mean 0.34) (65.68%)
150 เมตร เทียบกับ <5 เมตร	สัดส่วนการลดลงอยู่ระหว่าง	0.08 – 0.32 (mean 0.20) (79.61%)
225 เมตร เทียบกับ <5 เมตร	สัดส่วนการลดลงอยู่ระหว่าง	0.06 – 0.40 (mean 0.19) (81.37%)

(2) เมื่อลมพัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปยังถนน

75 เมตร เทียบกับ <5 เมตร	สัดส่วนการลดลงอยู่ระหว่าง	0.28 – 0.88 (mean 0.64) (34.72%)
150 เมตร เทียบกับ <5 เมตร	สัดส่วนการลดลงอยู่ระหว่าง	0.15 – 0.64 (mean 0.45) (55.07%)
225 เมตร เทียบกับ <5 เมตร	สัดส่วนการลดลงอยู่ระหว่าง	0.12 – 0.65 (mean 0.39) (60.75%)

(3) เมื่อลมพัดขนานกับถนน

75 เมตร เทียบกับ <5 เมตร	สัดส่วนการลดลงอยู่ระหว่าง	0.18 – 0.45 (mean 0.37) (62.84%)
150 เมตร เทียบกับ <5 เมตร	สัดส่วนการลดลงอยู่ระหว่าง	0.09 – 0.33 (mean 0.22) (77.89%)
225 เมตร เทียบกับ <5 เมตร	สัดส่วนการลดลงอยู่ระหว่าง	0.08 – 0.39 (mean 0.22) (77.74%)

พบว่าสัดส่วนการลดลงมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ และฤดูกาล แต่พบว่า สัดส่วนเฉลี่ยเมื่อลมพัดจากถนนไปยังจุดเก็บตัวอย่าง และลมพัดขนานกับถนน สัดส่วนการลดลงเฉลี่ยที่ระยะ 75 150 และ 225 เมตร ของทั้งสองทิศลมมีค่าใกล้เคียงกันและมีค่าประมาณ 0.35 0.22 และ 0.20 ตามลำดับ เมื่อลมพัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปยังถนน ที่ระยะ 75 150 และ 225 เมตร มีสัดส่วนลดลง 0.65 0.45 และ 0.4 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าความเร็วลมมีผลต่อ สัดส่วนการลดลงของสาร pPAHs โดยที่ความเร็วลมต่ำกว่า 0.1 m/s จะมีสัดส่วนการลดลงที่ระยะ 225 เมตรเมื่อเทียบกับที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร น้อยกว่า 0.28 และที่ความเร็วลมมากกว่า 0.4 m/s สัดส่วนการลดลงที่ระยะ 75 150 และ 225 เมตรมีค่าใกล้เคียงกันไม่ว่าทิศลมแบบใด

จากผลการศึกษาข้างต้น พบว่า พฤติกรรมการกระจายตัวตามแนวตั้งฉากกับถนนโครงสร้างถนนที่แตกต่างกันไม่สามารถบอกรูปแบบการกระจายตัวได้อย่างชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามจากข้อสังเกตถึงการกระจายตัวของมลพิษ ซึ่งขึ้นกับทิศทางและความเร็วลมโดยพบว่าความเร็วลมที่ต่ำหรือลมสงบ (0.1 m/s) มลพิษจากถนนจะกระจายตัวไปที่ระยะต่างๆ ได้น้อย สัดส่วนการลดลงของสารที่ระยะต่างๆ จึงมีค่าสูงและลดลงในทุกระยะ และเมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะความเร็วลมมากกว่า 0.4 m/s สัดส่วนของสารที่ระยะต่างๆ มีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากลมพัดพา

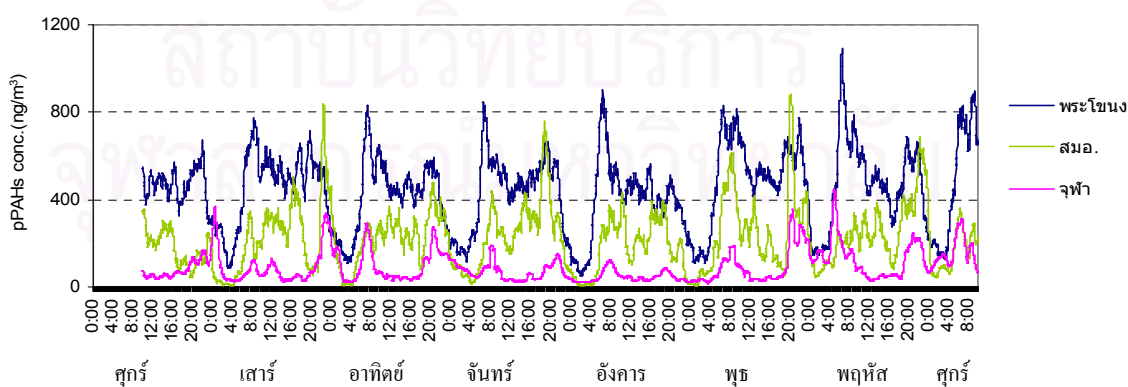
มลพิษจากถนนไปยังจุดเก็บตัวอย่าง ส่งผลให้ที่ระยะต่างๆ มีความเข้มข้นไม่แตกต่างกัน และพบว่า ทิศลมทั้ง 3 กลุ่มทั้ง 2 ฤดูกาล ที่ระยะ 150 เมตรเป็นต้นไป ความเข้มข้นของมลพิษเริ่มคงที่ โดยประโยชน์ของการศึกษาการกระจายตัวสาร pPAHs ในแนวตั้งฉากกับถนนบริเวณโครงสร้างถนนแตกต่างกัน เพื่อประเมินการรับสัมผัสและการกระจายตัวมลพิษในอากาศ จากถนนสายหลักที่มีโครงสร้างถนนต่างกันต่อบริเวณใกล้เคียง และเพื่อศึกษาพฤติกรรมของสาร pPAHs หลังจากถูกปลดปล่อยจากแหล่งกำเนิดเพื่อสรุปแนวโน้มของ pPAHs เมื่อสภาพของทิศทางลมต่างกัน รวมทั้งเพื่อทราบถึงบริเวณที่ควรมีการควบคุมและหลีกเลี่ยงสิ่งปลูกสร้างของตึกภายในระยะที่ได้รับสัมผัส โดยเฉพาะพื้นที่ที่เป็นโรงเรียน หมู่บ้าน โรงพยาบาล และควรเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการกรองอากาศภายในอาคาร และเป็นข้อมูลพื้นฐานของการหาความสัมพันธ์ระหว่างการรับสัมผัสสารมลพิษภายในอาคารกับภายนอกอาคารจากการจราจร

4.4 การกระจายตัวของ pPAHs บริเวณถนนที่มีโครงสร้างแตกต่างกัน 3 ถนน

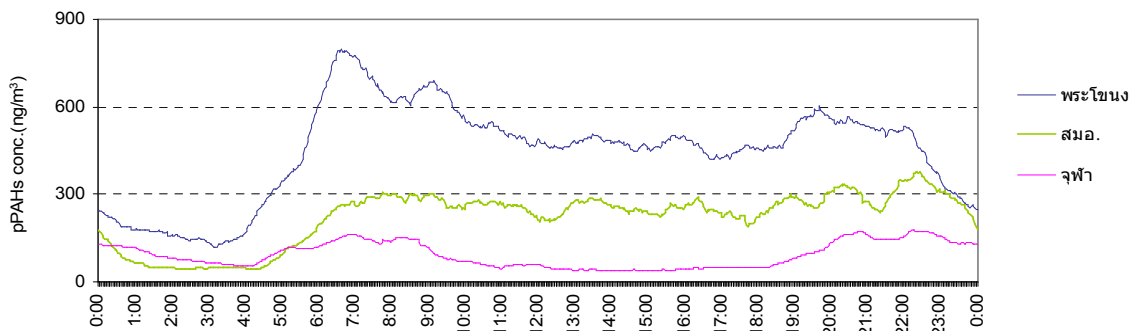
การศึกษาดูการตรวจวัดการกระจายตัวของ pPAHs บริเวณถนนที่มีโครงสร้างแตกต่างกัน นั้น ได้ทำการตรวจวัดในช่วงเวลาเดียวกัน 3 ถนน ประกอบด้วยถนนสุขุมวิทบริเวณใต้สะพานสถานีรถไฟฟ้านิคมพระโขนง ถนนพระรามหกบริเวณ สมอ. และ ถนนพญาไท บริเวณอาคารภาควิชาเทคโนโลยีภาพถ่ายและการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยทำการเก็บตัวอย่างต่อเนื่องทุกๆ 2 นาที ตลอด 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 7 วัน ซึ่งแบ่งการเก็บตัวอย่างออกเป็น 2 ช่วง คือ ฤดูฝนระหว่างวันศุกร์ที่ 22 ถึงวันศุกร์ที่ 29 ตุลาคม 2547 และฤดูแล้งฝนระหว่างวันจันทร์ที่ 25 เมษายนถึงวันอาทิตย์ที่ 1 พฤษภาคม 2548 ผลที่ได้สามารถนำมาวิเคราะห์และอภิปรายดังนี้

1) ฤดูฝน

ข้อมูลที่ตรวจวัดในช่วงฤดูฝนนำมาแสดงให้เห็น pPAHs profile และ diurnal profile ได้ ดังภาพที่ 4.52 และ 4.53



ภาพที่ 4.52 ปริมาณสาร pPAHs ที่ตรวจวัดบริเวณถนนที่มีโครงสร้างแตกต่างกัน ในฤดูฝน



ภาพที่ 4.53 Diurnal profile ที่ตรวจวัดบริเวณถนนที่มีโครงสร้างแตกต่างกัน ในฤดูฝน

จากภาพที่ 4.52 และ 4.53 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของ pPAHs ทั้ง 3 บริเวณ พบว่าบริเวณใต้ชานชาลาสถานีรถไฟฟ้าพระโขนงซึ่งมีลักษณะโครงสร้างถนนปิดทึบทั้ง 2 ฝั่งถนนและมีสถานีรถไฟฟ้าปิดกั้นการระบายอากาศมีระดับความเข้มข้นของ pPAHs สูงกว่าบริเวณอื่นๆ และมีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 447 ng/m^3 รองลงมาคือ บริเวณสมอ. ซึ่งมีลักษณะปิดทึบทั้ง 2 ฝั่งถนนและมีโครงสร้างทางด่วนคร่อมด้านบนมีค่าเท่ากับ 220 ng/m^3 และบริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่มีลักษณะถนนเปิดโล่ง มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 92 ng/m^3 ซึ่งบริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้าพระโขนงมีปริมาณ pPAHs สูงกว่าที่สมอ. และจุฬาฯ เป็น 0.49 และ 0.21 เท่า ตามลำดับ และเมื่อนำค่าเฉลี่ยในแต่ละวันมาเปรียบเทียบกันดังตารางที่ 4.31 พบว่า บริเวณสถานีรถไฟฟ้าพระโขนง และสมอ. มี pPAHs สูงในพฤษภาคม โดยมีค่า 500 และ 256 ng/m^3 ตามลำดับ ส่วนจุฬาฯ มีค่าสูงในวันพฤหัสบดี ที่ระดับ 128 ng/m^3 สถานีรถไฟฟ้าพระโขนงมีค่าต่ำในวันอังคาร (392 ng/m^3) บริเวณสมอ. มีค่าต่ำในวันศุกร์และอังคาร โดยมีค่าเท่ากับ 173 และ 181 ng/m^3 ตามลำดับ และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมีค่าต่ำในวันอังคารเช่นเดียวกันมีค่าเท่ากับ 47 ng/m^3

ตารางที่ 4.31 ค่าเฉลี่ย pPAHs รายวัน บริเวณสถานีพระโขนง สมอ. และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในช่วงฤดูฝน

จุดเก็บตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ยของ pPAHs (ng/m^3)							
	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	เฉลี่ย
สมอ.	173	223	220	238	181	256	250	220^a
พระโขนง	464	458	414	429	392	500	473	447^b
จุฬา	112	93	99	71	47	92	128	92^c

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่มุมขวามือที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS for window โดยใช้วิธี One way ANOVA ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความเข้มข้น pPAHs ที่บริเวณสมอ. ใต้สถานี

รถไฟฟ้าพระโขนง และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ว่าแตกต่างกันหรือไม่ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยตั้งสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ย pPAHs ทั้ง 3 บริเวณ ไม่แตกต่างกัน

H_1 : ค่าเฉลี่ย pPAHs ทั้ง 3 บริเวณ มีอย่างน้อย 1 คู่แตกต่างกัน

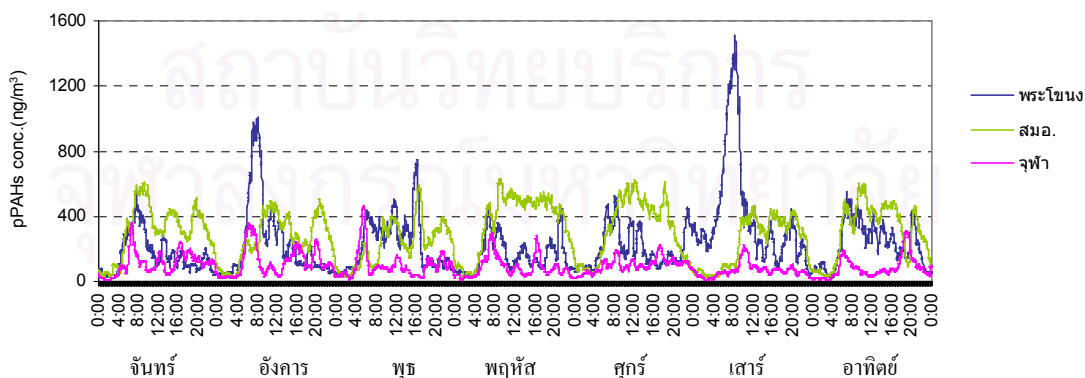
โดยในขั้นแรกทดสอบความแปรปรวนของทั้ง 3 กลุ่ม พบว่ามีค่า P-value = 0.478 > 0.05 ขอมรับ H_0 คือ ความแปรปรวนของ 3 บริเวณไม่แตกต่างกัน ใช้สถิติทดสอบ F-Test เพื่อทดสอบ พบว่ามีค่า P-value = 0.000 < 0.05 ปฏิเสธ H_0 คือค่าเฉลี่ยต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ ใช้ LSD ทดสอบ พบว่า pPAHs ทุกบริเวณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (แสดงในภาคผนวก ข 6.1)

ดังนั้นบริเวณโครงสร้างถนนทั้ง 3 ลักษณะมีผลต่อการกระจายตัวของ pPAHs ต่างกัน โดยพบว่าบริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้ามีค่าสูงที่สุด เนื่องจากโครงสร้างถนนมีลักษณะปิดทึบ และรองลงมาคือ บริเวณ สมอ. ซึ่งมีลักษณะของถนนที่มีโครงสร้างทางด่วน และบริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีโครงสร้างถนนเปิดโล่งลดลงมีค่าต่ำที่สุด

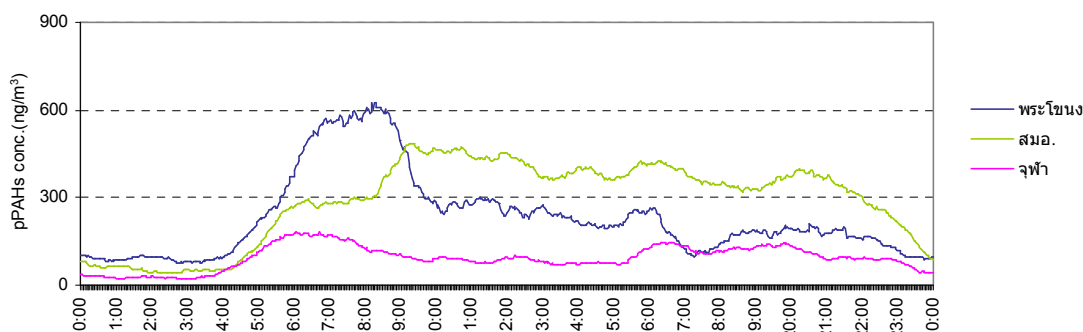
จากการศึกษาพบว่าลักษณะโครงสร้างถนนที่ต่างกัน มีผลต่อการกระจายตัวของสาร pPAHs โดยพบว่าบริเวณโครงสร้างสร้างถนนที่มีลักษณะปิดทึบที่สุดคือบริเวณสถานีรถไฟฟ้าพระโขนงมีแนวโน้มที่ทำให้สาร pPAHs กักตัวอยู่บริเวณถนนได้นานและกระจายตัวยาก ส่วนโครงสร้างถนนบริเวณสมอ. ซึ่งมีโครงสร้างของทางด่วนปิดล้อมก็มีผลต่อการกระจายตัวของสาร pPAHs เช่นกัน สำหรับบริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่มีโครงสร้างถนนเปิดโล่ง การกระจายของสาร pPAHs เกิดได้ดีกว่า ทำให้ความเข้มข้นที่ตรวจวัดได้มีค่าต่ำที่สุด

2) ฤดูแล้งฝน

จากการตรวจวัดความเข้มข้นของ pPAHs ในช่วงฤดูแล้งฝน สามารถแสดง PAHs profile และ diurnal profile ในภาพที่ 4.54 และ 4.55 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.54 ปริมาณสาร pPAHs ที่ตรวจวัดบริเวณถนนที่มีโครงสร้างแตกต่างกัน ในฤดูแล้งฝน



ภาพที่ 4.55 Diurnal profile ที่ตรวจวัดบริเวณถนนที่มีโครงสร้างแตกต่างกัน ในฤดูแล้งฝน

จากภาพที่ 4.54 และ 4.55 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของ pPAHs ทั้ง 3 บริเวณ ให้ผลที่แตกต่างจากที่พบในฤดูฝนเล็กน้อย เนื่องจากระดับของ pPAHs ที่ตรวจวัดที่บริเวณ สมอ. มีค่าสูงกว่าที่บริเวณสถานีรถไฟฟ้าพระโขนงในบางวัน และในช่วงวันพบว่าตั้งแต่เวลา 9.00 – 24.00 น. มีแนวโน้มของค่า pPAHs สูงกว่า แต่ที่บริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ยังพบว่า มีระดับของ pPAHs ที่ต่ำกว่าทั้ง 2 บริเวณ เมื่อนำค่าเฉลี่ยของ pPAHs แต่ละบริเวณมาเปรียบเทียบกัน (ดังตารางที่ 4.32) พบว่าค่าเฉลี่ยของ pPAHs ที่บริเวณสถานีรถไฟฟ้าพระโขนงและที่ สมอ. มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย และที่บริเวณทั้งสองมีค่าสูงกว่าที่บริเวณจุฬาฯ ประมาณ 3 เท่า

ตารางที่ 4.32 ค่าเฉลี่ย pPAHs รายวัน บริเวณสถานีพระโขนง สมอ. และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในช่วงฤดูแล้งฝน

ระยะห่างจากถนน	ค่าเฉลี่ยของ pPAHs (ng/m ³)							
	อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	เฉลี่ย
สมอ.	308	263	228	367	316	236	307	289 ^a
พระโขนง	163	238	225	163	205	402	225	231 ^a
จุฬา	108	117	98	86	98	65	82	94 ^b

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่มุมขวามือที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

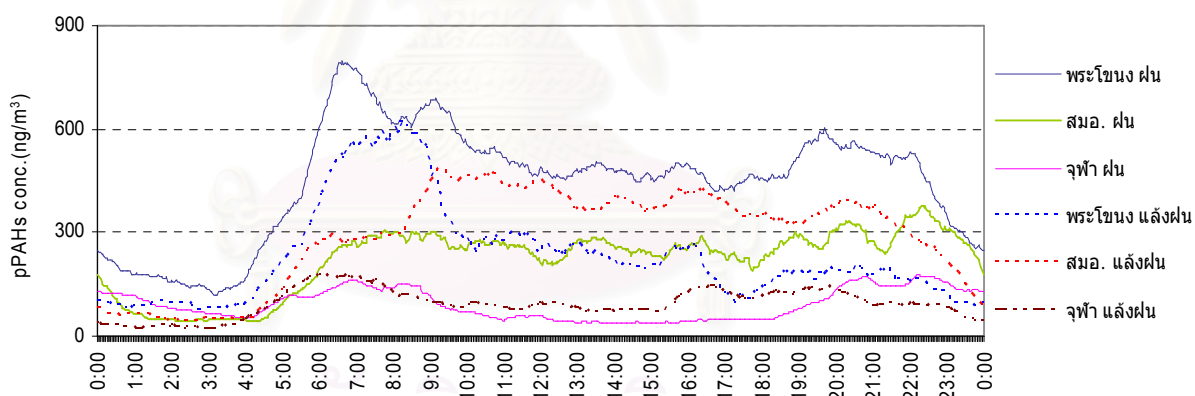
เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการเช่นเดียวกับในฤดูฝน พบว่าโดยในขั้นแรกที่ทดสอบความแปรปรวนของทั้ง 3 กลุ่ม พบว่ามีค่า P-value = 0.191 > 0.05 ยอมรับ H₀ คือความแปรปรวนของ 3 บริเวณไม่แตกต่างกัน ใช้สถิติทดสอบ F-Test เพื่อทดสอบ พบว่ามีค่า P-value = 0.000 < 0.05 ปฏิเสธ H₀ คือค่าเฉลี่ยต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ ต่างกัน ใช้ LSD ทดสอบ พบว่า pPAHs บริเวณ สมอ. กับพระโขนงมีความเข้มข้นไม่แตกต่างกัน และมีค่าสูงกว่าที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยอย่างมีนัยสำคัญ (แสดงในภาคผนวก ข-6.1)

จากการศึกษาพบว่า ผลการตรวจวัดในฤดูแล้งฝนมีความแตกต่างกับในฤดูฝน ดังนั้นจากการศึกษาเพื่อดูปัจจัยด้านโครงสร้างของถนนที่นำจะมีผลต่อการกระจายตัวของสาร pPAHs นั้น

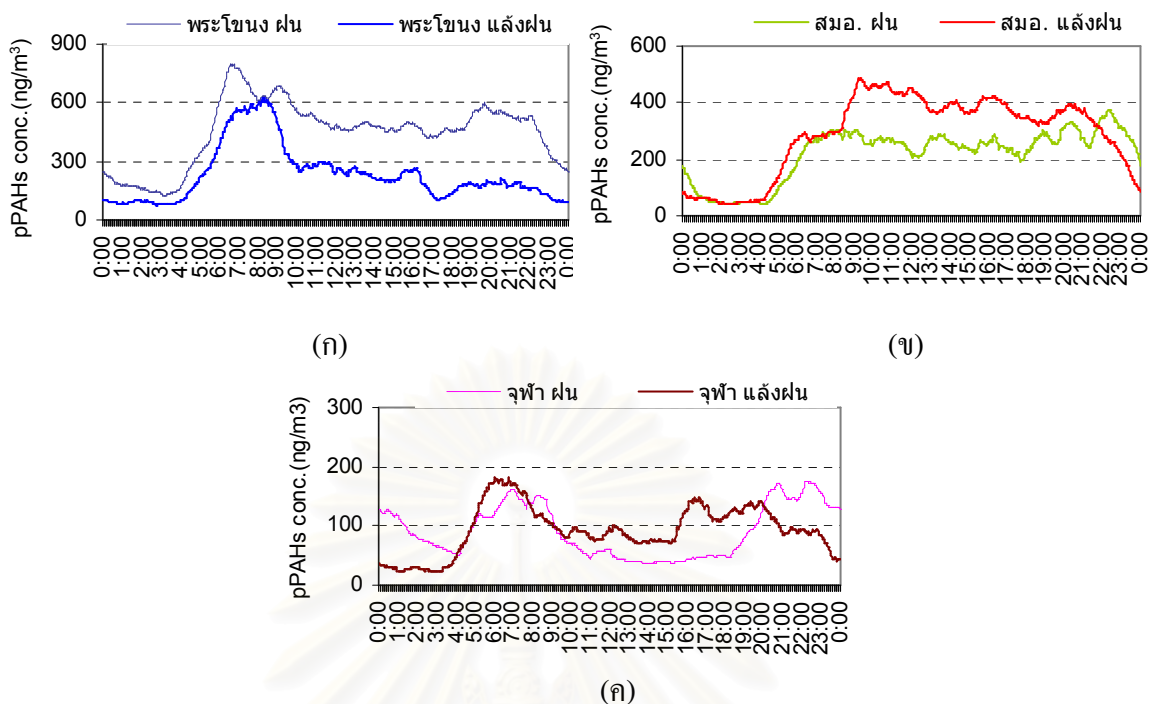
ชี้ให้เห็นว่าถ้ำถนนที่มีโครงสร้างของสิ่งก่อสร้างปิดครอบด้านบน มีผลต่อการกระจายตัวของสาร pPAHs โดยทำให้สารมีการกักตัวอยู่ บริเวณถนนมากกว่าบริเวณถนนที่ไม่มีสิ่งก่อสร้างปิดครอบด้านบน อย่างไรก็ตาม สภาพการจราจรในช่วงที่ทำการตรวจวัดในแต่ละฤดูกาล อาจจะมีผลต่อการกระจายตัวของ pPAHs ได้เช่นกัน จากการเก็บข้อมูลการจราจร โดยบันทึกผ่านชุดวีดีโอ พบว่า อาจเกิดจากสภาพการจราจรที่แตกต่างกัน บริเวณถนนสุขุมวิท ถนนพญาไท และถนนพระรามหก เนื่องจากในฤดูแล้งบริเวณถนนพระรามหกมีการจราจรที่ติดขัดตลอดทั้งวัน การเคลื่อนตัวของรถค่อนข้างน้อย จากภาพ 4.55 พบว่า Diurnal profile บริเวณถนนพระรามหกมีค่าสูงขึ้นในช่วงเช้าและคงที่ตลอดวัน ส่งผลให้สาร pPAHs กักตัวอยู่บริเวณถนนได้นานและกระจายตัวยาก จึงมีความเข้มข้นสูง เท่ากับถนนสุขุมวิทบริเวณสถานีรถไฟฟ้าพระโขนง ที่มีการจราจรที่ติดขัดเฉพาะช่วงเวลาเช้า แต่มีการจราจรคล่องตัวเกือบทั้งวัน จากการศึกษาพบว่าลักษณะโครงสร้างถนนมีผลต่อการกระจายตัวของสาร pPAHs แต่มีแนวโน้มไม่ชัดเจนเนื่องจากปัจจัยทางด้านจราจรดังกล่าวข้างต้น

3) เปรียบเทียบระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้งฝน

นำข้อมูลการตรวจวัดความเข้มข้นของ pPAHs จากทั้ง 2 ฤดูมาเปรียบเทียบกัน โดยแสดงเป็น diurnal profile ในภาพที่ 4.56 และ 4.57



ภาพที่ 4.56 Diurnal profile ของ pPAHs ที่กระจายบริเวณถนนที่มีโครงสร้างแตกต่างกัน ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งฝน



ภาพที่ 4.57 Diurnal profile ของ pPAHs ที่ตรวจวัด ณ จุดเดียวกัน บริเวณถนนที่มีโครงสร้างแตกต่างกัน ในฤดูฝนและฤดูแล้งฝน

ตารางที่ 4.33 ค่าเฉลี่ย pPAHs และข้อมูลจราจร บริเวณสถานีพระโขนง สมอ. และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งฝน

พารามิเตอร์	โครงสร้างถนนที่แตกต่างกัน 3 ถนน					
	ฝน			แล้งฝน		
	พระโขนง 9:9:14:14	สมอ. 9:12:27.6:27.6	จุฬาฯ 0:0:24:0	พระโขนง 9:9:14:14	สมอ. 9:12:27.6:27.6	จุฬาฯ 0:0:24:0
pPAHs (ng/m ³)	447	220	92	231	289	94
ข้อมูลจราจร (คัน/วัน)						
motorcycle	1199	1091	866	1219	1103	680
car	1821	2121	1826	1839	2107	1855
pick up & van	766	654	486	725	636	391
bus&truck	261	127	190	262	123	195

หมายเหตุ : ข้อมูลจราจร เก็บข้อมูลถนนสุขุมวิท พระรามหก พญาไท ในฤดูฝนและฤดูแล้งฝน วันที่เก็บข้อมูลดังตาราง 3.2

จากภาพที่ 4.56 และ 4.57 พบว่า บริเวณพระโขนงมีแนวโน้มที่เหมือนกันทั้ง 2 ฤดูกาล คือ เพิ่มขึ้นในช่วงเวลาเช้า จากนั้นลดต่ำลงและสูงขึ้นเล็กน้อยเวลาเย็น จาก diurnal profile พบว่าในฤดูฝนมีค่าสูงกว่าในฤดูแล้งฝน ส่วนบริเวณสมอ. พบว่าในฤดูแล้งฝนมีความเข้มข้นสูงกว่าฤดูฝน และ

พบว่ามีความแตกต่างกับถนนสุขุมวิทและถนนพญาไท คือ มีความเข้มข้นสูงขึ้นในช่วงเช้าและจากนั้นค่อนข้างคงที่และลดต่ำลงหลังจากเวลา 22.00น. ถนนพญาไท พบว่ามีแนวโน้มคล้ายคลึงกันใน 2 ฤดูกาล และมีปริมาณใกล้เคียงกัน

เมื่อพิจารณาข้อมูลจราจรจาก 2 ฤดูกาล ในตารางที่ 4.33 โดยเฉพาะชนิดรถบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ – รถตู้ และรถบรรทุกขนาดใหญ่-รถโดยสารประจำทางและไม่ประจำทาง ถนนสุขุมวิทและถนนพระรามหกมีปริมาณใกล้เคียงกัน และมีปริมาณรถสูงกว่าถนนพญาไทเพียงเล็กน้อย เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านจราจรพบว่าในฤดูฝน ลักษณะโครงสร้างถนนที่แตกต่างกัน มีผลต่อการกระจายตัวของสาร pPAHs โดยพบว่าบริเวณโครงสร้างสร้างถนนที่มีลักษณะปิดทึบที่สุดคือ บริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้า และมีอาคารปิดทึบทั้ง 2 ฝั่งถนน มีแนวโน้มที่ทำให้สาร pPAHs กักตัวอยู่บริเวณถนนได้นานและกระจายตัวยาก รองลงมาคือ โครงสร้างถนนที่มีทางด่วนปิดล้อม และมีอาคารปิดทึบ 2 ฝั่งถนน มีผลต่อการกระจายตัวของสาร pPAHs เช่นกัน สำหรับโครงสร้างถนนเปิดโล่ง การกระจายของสาร pPAHs เกิดได้ดี ความเข้มข้นมีค่าต่ำที่สุด แต่จากการศึกษาพบว่าในฤดูแล้งฝนให้แนวโน้มที่ต่างกับในฤดูฝน โดยปริมาณจราจรบริเวณถนนสุขุมวิทสูงกว่าถนนพระรามหกและพญาไทเล็กน้อย แต่พบว่าโครงสร้างถนนที่มีทางด่วนปิดล้อม และมีอาคารปิดทึบ 2 ฝั่งถนน มีความเข้มข้นสูงกว่าบริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้า และอาคารปิดทึบทั้ง 2 ฝั่งถนนเล็กน้อย เนื่องจากสภาพการจราจรในช่วงที่ทำการตรวจวัดบริเวณถนนพระรามหก จากการเก็บข้อมูลการจราจรโดยบันทึกผ่านชุดวิดีโอ พบว่าการจราจรติดขัดและเคลื่อนตัวได้น้อย และสำหรับโครงสร้างถนนเปิดโล่ง การกระจายของสาร pPAHs เกิดได้ดี ความเข้มข้นมีค่าต่ำที่สุด

เมื่อเปรียบเทียบการศึกษานี้กับการศึกษาวิจัยอื่น ที่ใช้ PAS เป็นเครื่องมือตรวจวัดสาร pPAHs เหมือนกัน ดังตารางที่ 4.34 พบว่าการศึกษาของไพลิน (2546) ตรวจวัดความเข้มข้นบริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้า BTS พระโขนงเฉลี่ยเท่ากับ 717 ng/m^3 ซึ่งพบว่าสูงกว่าในการศึกษาครั้งนี้ และพบว่าจุดเก็บตัวอย่างบริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ค่าที่ตรวจวัดในการศึกษาครั้งนี้มีค่าใกล้เคียงกับ ผลการศึกษาของ กมลนารี (2546) และเมื่อเปรียบเทียบพื้นที่ สมอ. กับ การศึกษาของ Sakai และคณะ (2002) บริเวณ Traffic roadway พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับ สมอ.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.34 pPAHs ที่ตรวจวัดด้วยเครื่อง PAS ในเมืองต่างๆ

ประเทศ	ช่วงเวลา เก็บตัวอย่าง	พื้นที่เก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้น pPAHs		เอกสารอ้างอิง
			กลางวัน	กลางคืน	
Tokyo, Japan	พฤศจิกายน 1997	Traffic suburban	67.8		Sakai และคณะ, 2002
		Traffic roadway	377.7		
		Suburban highway	328.3		
		Metro highway	347		
		Metro highway(intersection)	422.6		
		Metro highway(traffic jam)	886.6		
		Metro highway(short tunnel)	1184.8		
Metro highway(long tunnel)	1238.1				
Tokyo, Japan	สิงหาคม 2000	urban	186	36	Chetwittayachan และคณะ, 2002
Aosta, Italy	มีนาคม 1995	urban	475	250	Agnesod และคณะ, 1996
Bastel, Switzerland	สิงหาคม 1997	urban	252	140	Junker และคณะ, 2000
Bangkok, Thailand	ตุลาคม 2546	BTS	717.66		ไพลิน 2546
		Suburban	80.80		
Bangkok, Thailand	กรกฎาคม 2546	โชคชัย 4	50-350		กมลนารี 2546
		คลองจั่น	20-120		
		ดินแดง	300-700		
		รามคำแหง	20-120		
Bangkok, Thailand	ตุลาคม 2547 เมษายน ถึง พฤษภาคม 2548	BTS	447		การศึกษารังนี้
		สมอ.	220		
		จุฬาลงกรณ์	92		
		BTS	289		
		สมอ.	231		
จุฬาลงกรณ์	94				

4.5 การวิเคราะห์สมการถดถอยของความเข้มข้น pPAHs (Regression analysis of pPAHs concentration)

การวิเคราะห์สมการถดถอยเพื่อพยากรณ์ความเข้มข้นของ pPAHs ได้พิจารณานำปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับความเข้มข้นของ pPAHs โดยมีปัจจัย/ตัวแปรต่าง ๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง คือ ปัจจัยจากแหล่งกำเนิด ได้แก่ ปริมาณและชนิดของยานพาหนะ และปัจจัยที่ส่งผลต่อการกระจายตัวของ pPAHs คือ ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ซึ่งได้แก่ ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ และความเข้มแสง และปัจจัยด้านโครงสร้างถนน เป็นตัวแปรอิสระ โดยหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ กับความเข้มข้นของ pPAHs ที่กระจายตัวบริเวณโครงสร้างถนนแตกต่างกันซึ่งถือเป็นตัวแปรตาม ภายใต้รูปแบบสมการถดถอยโดยทั่วไปมี Y_i เป็นตัวแปรตามและ X_i เป็นตัวแปรอิสระ ซึ่งมีสมการดังนี้ (ศิริชัย, 2544 อ้างใน ไพลิน, 2546)

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon \quad \text{สมการ 4.1}$$

โดยที่	N	คือ จำนวนตัวแปร
	Y	คือ ค่าของตัวแปรตาม
	X	คือ ค่าของตัวแปรอิสระ
	β_0	คือ ค่าคงที่ (constant) ของสมการถดถอย
	β_n	คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (regression coefficient) ของตัวแปรอิสระที่ n
	ε_i	คือ ค่าความแตกต่างหรือความคลาดเคลื่อน (error or residual) ระหว่างค่าจริงและค่าที่ได้จากสมการ

4.5.1 การกำหนดตัวแปรในสมการ Regression เพื่อสร้างแบบจำลอง

การกำหนดตัวแปรในสมการ Regression เพื่อสร้างแบบจำลอง สามารถกำหนดได้ดังนี้ กำหนดตัวแปรตาม คือ ข้อมูลความเข้มข้นของสาร pPAHs โดยใช้ข้อมูล pPAHs ณ จุดเก็บตัวอย่างบริเวณถนนสุขุมวิท ถนนพระรามหก และถนนพญาไท ในฤดูฝนและฤดูแล้งฝน โดยข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยรายชั่วโมง มีหน่วย ng/m^3 จำนวน 30 วัน ได้แก่ ในฤดูฝนบริเวณพระโขนง แยกเอกมัย และรร.ศรีวิกรม์ วันที่ 19 ต.ค. 2457 บริเวณสมอ. วันที่ 29-30 ก.ย. และ 1-2 และ 4-6 ต.ค. 2547 บริเวณรร.สามเสนวิทยาลัย วันที่ 29-30 ก.ย. และ 2-6 ต.ค. 2547 บริเวณแยกตึกชัย วันที่ 29-30 ก.ย. และ 1-4 , 6 ต.ค. 2547 บริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วันที่ 31 ต.ค.- 5 พ.ย. 2547 ในฤดูแล้งฝนบริเวณพระโขนง วันที่ 6-10 และ 12 เม.ย. 2548 บริเวณแยกเอกมัย วันที่ 6-9 และ 11-12 เม.ย. 2458 บริเวณรร.ศรีวิกรม์ วันที่ 6-8 และ 10-12 เม.ย. 2458 บริเวณสมอ. วันที่ 18-20 และ 22-25 เม.ย. 2458 บริเวณรร.สามเสนวิทยาลัย วันที่ 18-23 และ 25 เม.ย. 2458 บริเวณแยกตึกชัย วันที่ 18 และ 20-25 เม.ย. 2458 บริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วันที่ 27-31 มี.ค. และ 2 เม.ย. 2548

การกำหนดตัวแปรอิสระ แบ่งเป็นตัวแปรต่างๆ ดังนี้

1) ข้อมูลจราจร : ใช้ปริมาณรถเฉลี่ยรายชั่วโมงบนถนนฝั่งเข้าเมืองและออกนอกเมือง รถบรรทุกขนาดใหญ่-รถโดยสารประจำทางและไม่ประจำทาง รถบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ – รถตู้ บริเวณถนนสุขุมวิท ถนนพระรามหก และถนนพญาไท ในช่วงเวลาเดียวกับการเก็บตัวอย่างสาร pPAHs สาเหตุที่เลือกชนิดรถทั้ง 2 ประเภทเนื่องจากสาร pPAHs มีแหล่งกำเนิดสำคัญจากเครื่องยนต์ประเภทดีเซล

2) ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา : ข้อมูลเฉลี่ยรายชั่วโมง ได้แก่ อุณหภูมิ ความเข้มแสง ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ในช่วงเวลาเดียวกับการเก็บตัวอย่างสาร pPAHs

3) ข้อมูลด้านโครงสร้างถนน โดยกำหนดดังนี้



H_1 คือ ความสูงของตึกฝั่งเก็บตัวอย่าง (เมตร)

H_2 คือ ความสูงของตึกฝั่งตรงข้ามกับจุดเก็บตัวอย่าง (เมตร)

W_1 คือ ความกว้างของถนนทั้ง 2 ฝั่ง (เมตร)

W_2 คือ ความกว้างของสถานีรถไฟฟ้ํา BTS หรือความกว้างของรังรถไฟฟ้ํา BTS หรือความกว้างของทางค้ําวันที่ปกคลุมถนน ทั้ง 2 ฝั่ง (เมตร)

N คือ จำนวนช่องจราจรทั้ง 2 ฝั่งถนน

ภาพที่ 4.58 ตัวแปรที่กำหนดความสูงความกว้างของโครงสร้างถนน

โดยกำหนดเงื่อนไขดังนี้

1.บริเวณจุดเก็บตัวอย่างไม่ใช่จุดตัดการจราจร

(1.1) ถ้า $W_2 = 0$ (ไม่มีสิ่งก่อสร้างบนพื้นผิวถนน)

กรณีที่ 1 H_1 และ H_2 เท่ากับศูนย์ (ได้แก่ บริเวณจุดเก็บตัวอย่าง บริเวณหน้าจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

$$H_1:H_2:W_1:W_2 = [1 + (H_1 + H_2)] / [W_1/(W_2 + 1)] \quad \text{สมการ 4.2}$$

กรณีที่ 2 ถ้า H_1 ไม่เท่ากับศูนย์, H_2 เท่ากับ หรือไม่เท่ากับศูนย์

$$H_1:H_2:W_1:W_2 = [H_1 + H_2] / [W_1/(W_2 + 1)] \quad \text{สมการ 4.3}$$

(1.2) ถ้า W_2 ไม่เท่ากับ 0 (มีสิ่งก่อสร้างปิดล้อมบนถนน)

กรณีที่ 1 ถ้า H_1 และ H_2 เท่ากับศูนย์ (ได้แก่ บริเวณจุดเก็บตัวอย่าง หน้ารร.สามเสนวิทยาลัย)

$$H_1:H_2:W_1:W_2 = [1 + (H_1 + H_2)] / [W_1/W_2] \quad \text{สมการ 4.4}$$

กรณีที่ 2 ถ้า H_1 ไม่เท่ากับศูนย์, H_2 เท่ากับ หรือไม่เท่ากับศูนย์ (ได้แก่ บริเวณจุดเก็บตัวอย่าง สถานีรถไฟฟ้ามหานคร, รร.ศรีวิกรม์ และสมอ.)

$$H_1:H_2:W_1:W_2 = [H_1 + H_2] / [W_1/W_2] \quad \text{สมการ 4.5}$$

2.บริเวณจุดเก็บตัวอย่างเป็นจุดตัดการจราจร

(2.1) ถ้า $W_2 = 0$ และ H_1 และ H_2 เท่ากับศูนย์

$$H_1:H_2:W_1:W_2 = [2(N+1)] * [1 + (H_1 + H_2)] / [W_1/(W_2 + 1)] \quad \text{สมการ 4.6}$$

(2.2) W_2 ไม่เท่ากับ 0 และ H_1 และ H_2 เท่ากับศูนย์ (ได้แก่ บริเวณจุดเก็บตัวอย่าง แยกเอกมัย และแยกตึกชัย)

$$H_1:H_2:W_1:W_2 = [2(N+1)] * [1 + (H_1 + H_2)] / [(W_1/W_2)] \quad \text{สมการ 4.7}$$

จากเงื่อนไขดังกล่าว เมื่อนำข้อมูลการศึกษาครั้งนี้ที่บริเวณถนนที่แตกต่างกันและ
โครงสร้างบริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่แตกต่างกัน 7 บริเวณ สามารถสรุปโครงสร้างดังนี้

(1) บริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้า BTS สถานีพระโขนง (ดังภาพ 3.1) มี $H_1:H_2:W_1:W_2 = 9 : 9 : 14 : 14$
เป็นไปตามเงื่อนไข W_2 ไม่เท่ากับ 0 กรณีที่ 2 H_1 ไม่เท่ากับศูนย์ H_2 เท่ากับ หรือไม่เท่ากับศูนย์ตาม
สมการ 4.5

$$\begin{aligned} H_1:H_2:W_1:W_2 &= [H_1+H_2] / [W_1/W_2] \\ &= [9+9] / [14/14] \\ &= 18 \end{aligned}$$

(2) บริเวณใต้รางรถไฟฟ้า BTS หน้า รร.ศรีวิกรม์ (ดังภาพ 3.2) มี $H_1:H_2:W_1:W_2 = 0 : 9 : 14 : 8.6$
เป็นไปตามเงื่อนไข W_2 ไม่เท่ากับ 0 กรณีที่ 2 H_1 ไม่เท่ากับศูนย์ H_2 เท่ากับ หรือไม่เท่ากับศูนย์ ตาม
สมการ 4.5

$$\begin{aligned} H_1:H_2:W_1:W_2 &= [H_1+H_2] / [W_1/W_2] \\ &= [0+9] / [14/8.6] \\ &= 5.53 \end{aligned}$$

(3) บริเวณใต้รางรถไฟฟ้า BTS แยกเอกมัย (ดังภาพ 3.3) มี $H_1:H_2:W_1:W_2 = 0 : 0 : 14 : 8.6$ เป็นไป
ตามเงื่อนไขแยกจุดตัดการจราจร มี W_2 ไม่เท่ากับ 0 และ H_1 และ H_2 เท่ากับศูนย์ สมการ 4.7

$$\begin{aligned} H_1:H_2:W_1:W_2 &= [2(N+1)] * [1 + (H_1+H_2)] / [(W_1/W_2)] \\ &= [2(6+1)] * [1+(0+0)] / [14/8.6] \\ &= 8.60 \end{aligned}$$

(4) บริเวณใต้ทางด่วน หน้า สมอ. (ดังภาพ 3.4) มี $H_1:H_2:W_1:W_2 = 9 : 12 : 27.6 : 27.6$ เป็นไปตาม
เงื่อนไข W_2 ไม่เท่ากับ 0 กรณีที่ 2 H_1 ไม่เท่ากับศูนย์ H_2 เท่ากับ หรือไม่เท่ากับศูนย์ สมการ 4.5

$$\begin{aligned} H_1:H_2:W_1:W_2 &= [H_1+H_2] / [W_1/W_2] \\ &= [9+12] / [27.6/27.6] \\ &= 21 \end{aligned}$$

(5) บริเวณใต้ทางด่วน หน้า รร.สามเสนวิทยาลัย (ดังภาพ 3.5) มี $H_1:H_2:W_1:W_2 = 0 : 0 : 17.7 : 8.25$
เป็นไปตามเงื่อนไข W_2 ไม่เท่ากับ 0 กรณีที่ 1 H_1 และ H_2 เท่ากับศูนย์ สมการ 4.4

$$\begin{aligned} H_1:H_2:W_1:W_2 &= [1 + (H_1+H_2)] / [W_1/W_2] \\ &= [1+(0+0)] / [17.7/8.25] \\ &= 0.47 \end{aligned}$$

(6) บริเวณใต้ทางด่วน แยกตึกชัย (ดังภาพ 3.6) มี $H_1:H_2:W_1:W_2 = 0 : 0 : 32 : 32$ เป็นไปตามเงื่อนไข
แยกจุดตัดการจราจร มี W_2 ไม่เท่ากับ 0 และ H_1 และ H_2 เท่ากับศูนย์ สมการ 4.7

$$H_1:H_2:W_1:W_2 = [2(N+1)] * [1 + (H_1+H_2)] / [(W_1/W_2)]$$

$$= [2(9+1)] * [1+(0+0)] / [32/32]$$

$$= 20$$

(7) บริเวณหน้าจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ภาพที่ 3.9) มี $H_1:H_2:W_1:W_2 = 0 : 0 : 24 : 0$ เป็นไปตามเงื่อนไข W_2 เท่ากับ 0 กรณีที่ 1 H_1 และ H_2 เท่ากับศูนย์ สมการ 4.2

$$H_1:H_2:W_1:W_2 = [1 + (H_1 + H_2)] / [W_1/(W_2 + 1)]$$

$$= [1+(0+0)] / [24/(0+1)]$$

$$= 0.042$$

ดังนั้นในการศึกษานี้มีตัวแปรอิสระทั้งหมด 7 ตัวแปร เพื่อใช้ในการวิเคราะห์สมการถดถอย (สมการ 4.1) ซึ่งรายละเอียดของแต่ละตัวแปรแสดงในตารางที่ 4.35

ตารางที่ 4.35 ความหมายของตัวแปรที่ใช้ในสมการ regression

ตัวแปร	ชื่อ	ความหมาย
X1	bus	ปริมาณรถบรรทุกขนาดใหญ่-รถโดยสารประจำทางและไม่ประจำทางถนนฝั่งเข้าเมืองและออกเมือง
X2	van	ปริมาณรถบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ – รถตู้ถนนฝั่งเข้าเมืองและออกเมือง
X3	T	อุณหภูมิ
X4	RH	ความชื้นสัมพัทธ์
X5	SR	ความเข้มแสง
X6	WS	ความเร็วลม
X7	Street	โครงสร้างถนน ($H_1:H_2:W_1:W_2$)

4.5.2 การคัดเลือกตัวแปร

การพิจารณาว่าตัวแปรใดเหมาะสมในการคาดคะเนปริมาณสาร pPAHs โดยแบบจำลองที่เป็นสมการถดถอย (regression model) นั้นได้ใช้โปรแกรม SPSS for window ในการวิเคราะห์หาสมการ โปรแกรม SPSS สามารถประมาณค่าสัมประสิทธิ์ในสมการถดถอยแบบเส้นตรงพหุคูณ (multiple linear regression model) ซึ่งวิเคราะห์ตัวแปรตามได้มากกว่า 2 ตัวแปรขึ้นไป (ศิริชัย, 2544) ในการศึกษานี้จะใช้ 4 วิธี ในการคัดเลือกตัวแปรที่เหมาะสมสำหรับ regression model คือ วิธี Enter วิธี Forward selection วิธี Backward elimination และวิธี Stepwise elimination โดยก่อนที่จะทำการวิเคราะห์เพื่อหาสมการและตัวแปรที่เหมาะสม จะต้องทำการแปลงตัวแปรต่างๆ ทั้งตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม ให้อยู่ในรูป Z score (standard scores) (Chetwittatachan , 2002 อ้างใน ไพลีน , 2546)

$$Z_i = \frac{X_i - \mu}{\sigma}$$

สมการ 4.5

โดยที่ X_i คือ ข้อมูลของตัวแปรอิสระตัวที่ i
 μ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูล
 σ คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

จากนั้น รูปแบบของสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้น (C_i) กับตัวแปรสามารถแสดงได้ดังนี้

$$C_i = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i Z_i + \epsilon_i$$

สมการ 4.6

โดยที่ C_i คือ ค่าความเข้มข้นที่ปรับเข้าแกนมาตรฐาน
 β_0 คือ ค่าคงที่ (constant) ของสมการ
 β_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (regression coefficient) ของตัวแปรอิสระที่ i
 Z_i คือ ตัวแปรที่ได้รับการคัดเลือก
 ϵ_i คือ ค่าความแตกต่างหรือความคลาดเคลื่อน (error or residual) ระหว่างค่าจริงและค่าที่ได้จากสมการ

สำหรับรายละเอียดของผลการวิเคราะห์สมการถดถอยจาก 4 วิธีนั้น แสดงในภาคผนวก ข 9 และผลสรุปของการวิเคราะห์ค่า R^2 แสดงในตารางที่ 4.36 ผลของ analysis of variance แสดงในตารางที่ 4.37 โดยพื้นฐาน ค่า R^2 คือ ค่าที่แสดงถึงอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตาม และค่า adjusted R^2 (R_a^2) คือ ค่า R^2 ที่ปรับแก้แล้วซึ่งควรพิจารณาค่านี้แทนค่า R^2 (ศิริชัย, 2544) การวิเคราะห์นี้ค่า R_a^2 สามารถบอกวิธีในการคัดเลือกตัวแปรที่เหมาะสมได้

ตารางที่ 4.36 ผลการวิเคราะห์สมการถดถอยทั้ง 4 วิธี

	วิธี			
	Enter	Backward	Forward	Stepwise
Multiple R*	0.602	0.602	0.602	0.602
R square	0.363	0.363	0.363	0.363
Adjusted R square	0.361	0.362	0.362	0.362
Standard error	0.7580	0.7579	0.7579	0.7579
ตัวแปรที่คัดเลือก	ทุกตัวแปร	Street, Van, WS, Bus, T, SR	Street, Van, WS, Bus, T, SR	Street, Van, WS, Bus, T, SR

หมายเหตุ : *Multiple R คือ multiple correlation coefficient

ตารางที่ 4.37 ผลของ analysis of variance ทั้ง 4 วิธี

วิธี	Sum of square	df*	Mean square	F	P-value. F**
Enter					
Regression	953.773	7	136.253	237.128	0.000
Residual	1673.800	2913	0.575		
Total	2627.573	2920			
Backward					
Regression	953.773	6	158.955	276.727	0.000
Residual	1673.841	2914	0.574		
Total	2627.573	2920			
Forward					
Regression	953.773	6	158.955	276.727	0.000
Residual	1673.841	2914	0.574		
Total	2627.573	2920			
Stepwise					
Regression	953.773	6	158.955	276.727	0.000
Residual	1673.841	2914	0.574		
Total	2627.573	2920			

หมายเหตุ : * df คือ degree of freedom ** P-value.F คือ p-value significance level of F

จากผลการวิเคราะห์สมการถดถอยทั้ง 4 วิธี พบว่า วิธี Backward elimination Forward selection Stepwise elimination มีค่า Multiple R* R square Adjusted R square และ Standard error เท่ากัน และตัวแปรที่ถูกคัดเลือกเหมือนกัน ส่วนวิธี Enter ให้ค่า R^2 ต่ำกว่าเล็กน้อย เมื่อ

พิจารณาพบว่าวิธี Backward elimination มีความเหมาะสมในการคาดคะเนความเข้มข้นในแบบจำลอง เนื่องจากให้ค่า Ra^2 สูงที่สุด ค่าสัมประสิทธิ์ทางสถิติของตัวแปรที่ถูกคัดเลือกลงแสดงในตารางที่ 4.38

ตารางที่ 4.38 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรด้วยวิธี backward elimination ในสมการถดถอย

ตัวแปร	β^*	Std. Err.	Beta**	t	P-value. t***
Constant	-.056	.014		-4.005	.000
X1	.143	.019	0.154	7.492	.000
X2	.292	.017	0.305	17.656	.000
X3	-.057	.014	-0.066	-3.978	.000
X5	.039	.017	0.041	2.306	.021
X6	-.236	.020	-0.247	-11.851	.000
X7	.390	.015	0.416	26.116	.000

หมายเหตุ : * B คือ unstandardized coefficient ** Beta คือ standardized coefficient

*** P-value. t คือ p-value significance level of t

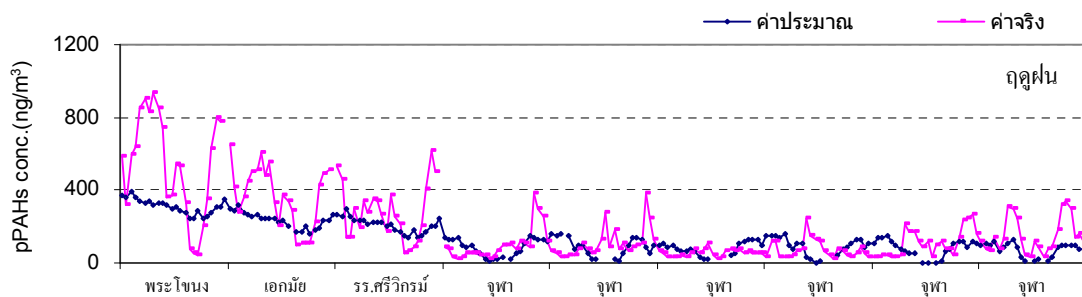
จากตารางค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระต่างๆ ในสมการถดถอย (β_i) พบว่าบางตัวแปรมีค่าติดลบ เช่น อุณหภูมิ และความเร็วลม แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงแบบผกผันกับค่าความเข้มข้นของ pPAHs คือ เมื่ออุณหภูมิและความเร็วลมสูง ความเข้มข้นของ pPAHs มีค่าต่ำ และพบว่าเมื่อปริมาณรถบรรทุกขนาดใหญ่-รถโดยสารประจำทางและไม่ประจำทาง รถบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ – รถตู้ มีจำนวนมาก pPAHs จะมีค่าสูง รวมทั้ง โครงสร้างถนน ถ้ามีลักษณะปิดมาก pPAHs จะมีปริมาณสูงเช่นกัน

4.5.3 การทดสอบความเหมาะสมของ Regression model

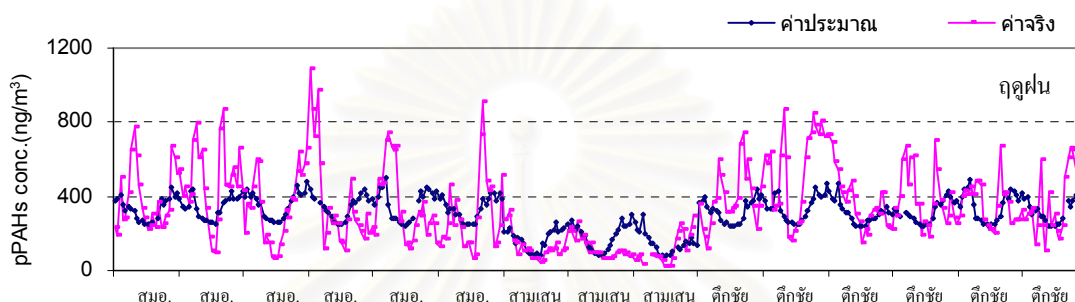
จากเบื้องผลการวิเคราะห์สมการถดถอยโดยใช้ Linear Regression model จะได้ตัวแปรที่ได้คัดเลือกและค่าสัมประสิทธิ์ ซึ่งสามารถแทนค่าในสมการ 4.6 ได้ดังนี้

$$C_i = -0.056 + 0.143Z_1 + 0.292Z_2 - 0.057Z_3 + 0.039Z_5 - 0.236Z_6 + 0.390Z_7, \quad \text{สมการ 4.7}$$

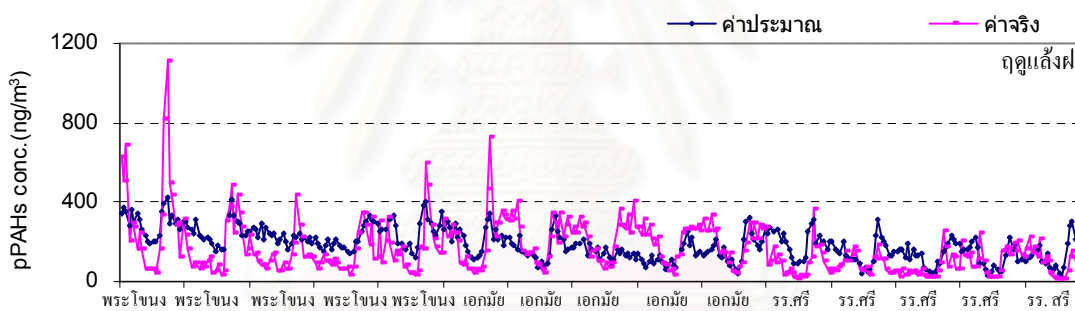
จากสมการถดถอยเพื่อคาดคะเนความเข้มข้น pPAHs นำค่าที่ตรวจวัดได้จริง 30 วัน เข้าสมการ 4.7 เพื่อเปรียบเทียบความเข้มข้น pPAHs จากค่าที่วัดได้จริงและค่าประมาณ ในฤดูฝนและฤดูแล้งฝน แสดงดังภาพ 4.59



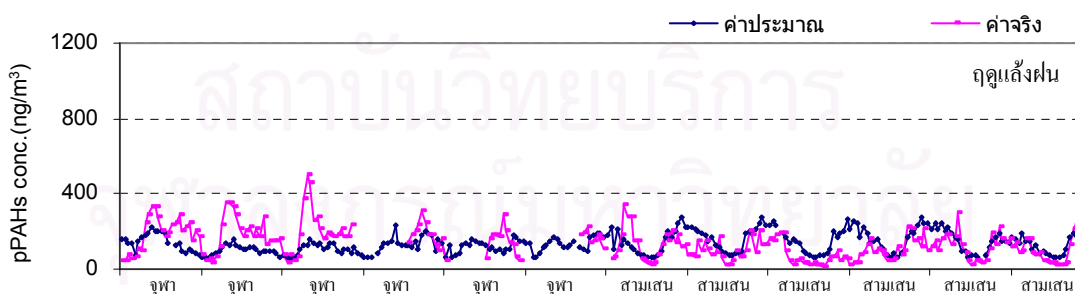
(ก)



(ข)

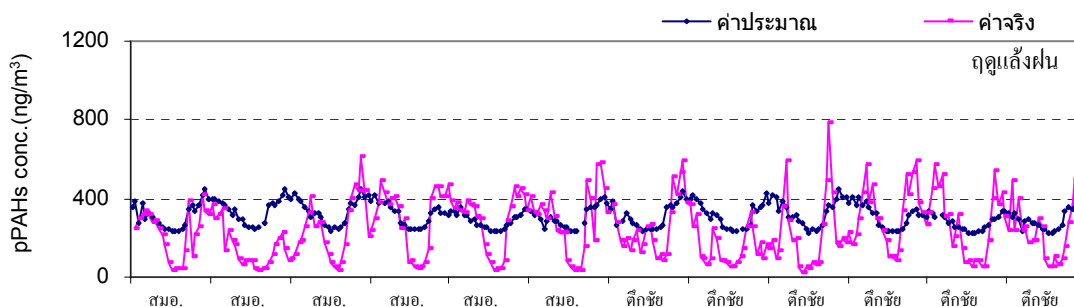


(ค)



(ง)

ภาพที่ 4.59 การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้น pPAHs ระหว่างค่าที่วัดได้จริง กับค่าประมาณในฤดูฝน และฤดูแล้งฝน



(จ)

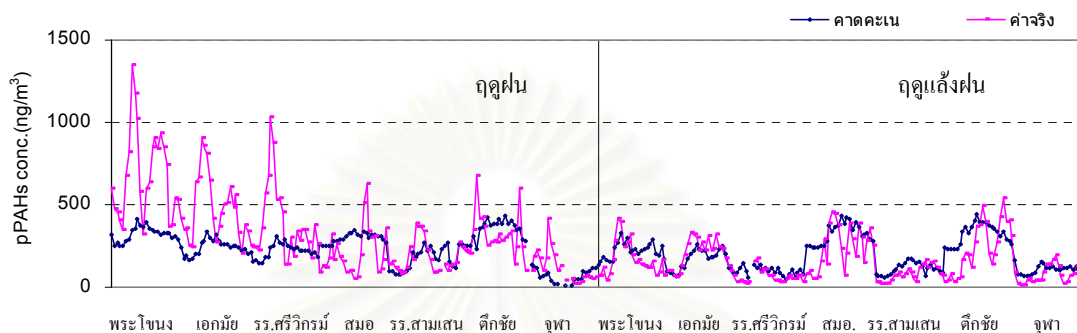
ภาพที่ 4.59 (ต่อ) การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้น pPAHs ระหว่างค่าที่วัดได้จริง กับค่าประมาณใน
ฤดูฝนและฤดูแล้งฝน

จากภาพที่ 4.59 (ก) (ข) (ง) (จ) พบว่าไม่พบแนวโน้มที่คล้ายคลึงระหว่างค่าประมาณกับค่าที่วัดได้จริง ในฤดูฝนในทุกจุดเก็บตัวอย่าง และในฤดูแล้งฝนบริเวณสมอ. และแยกตึกชัย เมื่อพิจารณาค่า pPAHs จากค่าประมาณ พบว่ามีขีดจำกัดอยู่ในช่วงไม่เกิน 400 ng/m^3 อาจเกิดเมื่อวิเคราะห์สมการถดถอย พบว่าค่า β ของโครงสร้างถนน มีกำลังมากกว่าค่า β ของปัจจัยอื่น เช่น ปริมาณรถบรรทุกขนาดใหญ่-รถโดยสารประจำทางและไม่ประจำทาง และปริมาณรถบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ – รถตู้ ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของสาร pPAHs โดยตรง รวมทั้งตัวแปรที่นำเข้าสู่สมการ regression เป็นตัวแปรที่ไม่ได้มีการประยุกต์สร้างความสัมพันธ์ก่อนนำเข้าสู่สมการ เนื่องจากในเบื้องต้น การเก็บข้อมูลมีขีดจำกัดของอุปกรณ์ ซึ่งไม่สามารถติดตั้งได้ทุกจุดเก็บตัวอย่าง รวมทั้งบางช่วงเวลามีฝนตก ซึ่งปริมาณน้ำฝนมิได้นำมาวิเคราะห์สมการถดถอย จึงเป็นขีดจำกัดของสมการ

เมื่อพิจารณาภาพ 4.59 (ค) (ง) ในฤดูแล้งฝน พบว่าแตกต่างกับในฤดูฝน เนื่องจากในฤดูแล้งฝนค่าประมาณ บริเวณพระโขนง รร.ศรีวิกรม์ แยกเอกมัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รร.สามเสนวิทยาลัย ค่าประมาณมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้น-ลดลงสอดคล้องกับค่าที่วัดได้จริง เมื่อพิจารณาบริเวณที่มีแนวโน้มของค่าที่วัดได้จริงและค่าประมาณ พบว่ามีค่าความเข้มข้นสาร pPAHs อยู่ในช่วง $0-400 \text{ ng/m}^3$

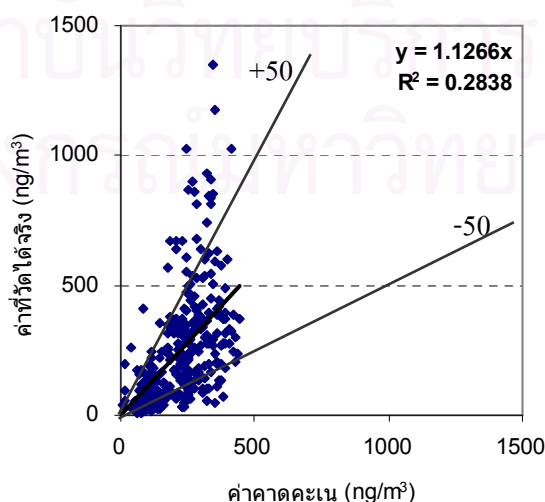
จากสมการถดถอยเพื่อคาดคะเนความเข้มข้น pPAHs (สมการ 4.7) นำมาทดสอบความเหมาะสมในการคาดคะเนของสมการ ทำได้โดยนำตัวแปรต่างๆที่เก็บข้อมูลระหว่างการตรวจวัดความเข้มข้นของ pPAHs 12 วัน โดยในฤดูฝนบริเวณพระโขนง แยกเอกมัย และรร.ศรีวิกรม์ วันที่ 18 ตุลาคม 2547 บริเวณสมอ. วันที่ 3 ตุลาคม 2547 บริเวณรร.สามเสนวิทยาลัยในฤดูฝนเลือกวันที่ 1 ตุลาคม 2547 บริเวณแยกตึกชัยในฤดูฝนเลือกวันที่ 5 ตุลาคม 2547 บริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในฤดูฝนเลือกวันที่ 30 ตุลาคม 2547 ในฤดูแล้งฝนบริเวณพระโขนง วันที่ 11 เมษายน 2548 บริเวณแยกเอกมัย ในฤดูแล้งฝน เลือกวันที่ 10 เมษายน 2548 บริเวณรร.ศรีวิกรม์ ในฤดูแล้งฝนเลือกวันที่ 9

เมษายน 2548 บริเวณ สมอ. ในฤดูแล้งฝนเดือนวันที่ 21 เมษายน 2548 บริเวณ รร.สามเสนวิทยาลัย ในฤดูแล้งฝนเดือนวันที่ 24 เมษายน 2548 บริเวณแยกตึกชัย ในฤดูแล้งฝนเดือนวันที่ 19 เมษายน 2548 บริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในฤดูฝนเดือนวันที่ 1 เมษายน 2548 ผลการการเปรียบเทียบค่าคาดคะเนความเข้มข้น pPAHs (predicted value) ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่เกิดจากตัวแปรใน 12 วันข้างต้น และ ค่าที่วัดได้จริง (observed value) แสดงดังภาพที่ 4.60



ภาพที่ 4.60 การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้น pPAHs จากค่าที่วัดได้จริง และค่าคาดคะเน

จากภาพ 4.60 พบว่า ค่าที่ได้จากการคาดคะเนมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จริง โดยเฉพาะในฤดูแล้งฝนโดยมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้น-ลดลง สอดคล้องกัน สำหรับบริเวณ พระ โขนง เอกมัย รร.ศรีวิกรม์ รร.สามเสนวิทยาลัย และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และพบว่า ในฤดูฝน และในฤดูแล้งฝนบริเวณ สมอ. และแยกตึกชัย มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นลดลงที่แตกต่างกันระหว่างค่าที่วัดได้จริงและค่าคาดคะเน นอกจากนี้ ได้นำค่าความเข้มข้นที่วัดได้จริงและค่าที่ได้จากสมการ(แบบจำลอง) มาสร้างกราฟ เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของสมการ พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่วัดได้จริงและค่าคาดคะเนมีค่าค่อนข้างต่ำ ดังภาพที่ 4.61 และพบว่าความเข้มข้นทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกันเกาะกลุ่มอยู่บนเส้นตรงที่ผ่านจุดศูนย์และไม่กระจายออกจากเส้นมากนัก



ภาพที่ 4.61 กราฟความสัมพันธ์ค่าความเข้มข้น pPAHs ระหว่างค่าที่วัดจริงและค่าคาดคะเน

เมื่อทดสอบค่าความเข้มข้นของ pPAHs ที่คาดคะเนได้จากแบบจำลองเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริง พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่วัดได้จริงและค่าคาดคะเนมีค่าค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากตัวแปรที่นำมาเข้าทำการวิเคราะห์แบบ regression ไม่ได้มีการประยุกต์หาความสัมพันธ์ก่อนนำเข้าสู่สมการ ดังนั้นตัวแปรอิสระบางตัว ควรนำมาสร้างความสัมพันธ์กันก่อนนำเข้าสู่สมการ Linear regression model อาทิเช่น ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับแหล่งกำเนิดของสาร และผลที่ทำให้เกิดการสะสมซึ่งสามารถแสดงได้โดยนำโครงสร้างถนน (X7) คู่กับ ปริมาณรถบรรทุกขนาดใหญ่-รถโดยสารประจำทางและไม่ประจำทางถนนฝั่งเข้าเมืองและออกเมือง (X1) และ ปริมาณรถบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ – รถตู้ถนนฝั่งเข้าเมืองและออกเมือง (X2) ส่วนตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาน่าจะเกณฑ์ของระดับปัจจัยต่างๆ โดยเฉพาะความเร็วลมและทิศทางลม ซึ่งควรนำมาประยุกต์ก่อนเข้าสู่สมการดังที่ ไพลิน (2546) โดยได้วิเคราะห์แล้ว และจากการศึกษามีข้อจำกัดของสมการ Linear Regression ยกตัวอย่าง ถ้าสมการมีตัวแปรโครงสร้างถนน (X7) เพียงตัวแปรเดียว จากสมการ 4.7 สามารถเกิดสาร pPAHs ได้ ซึ่งในความเป็นจริงนั้นต้องเกิดจากตัวแปรปริมาณรถบรรทุกขนาดใหญ่-รถโดยสารประจำทางและไม่ประจำทางถนนฝั่งเข้าเมืองและออกเมือง (X1) และ ปริมาณรถบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ – รถตู้ถนนฝั่งเข้าเมืองและออกเมือง (X2) เป็นต้น

เมื่อเปรียบเทียบการศึกษานี้กับการศึกษาวิจัยของ ไพลิน (2546) พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ pPAHs ได้แก่ ปริมาณและความหนาแน่นของรถประเภทบรรทุกขนาดใหญ่ และรถบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ เป็นปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการปลดปล่อยสาร และปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ ความชันสัมพัทธ์ temperature gradient ความเร็วและทิศทางลม และความเข้มแสง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษานี้ที่พบว่า ความเร็วและทิศทางลม ปริมาณของรถประเภทบรรทุกขนาดใหญ่ และรถบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ มีผลต่อการกระจายตัวของ pPAHs

4.6 ผลการศึกษาปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

4.6.1 ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง ตามแนวถนนสุขุมวิท

การศึกษาดูวัดความเข้มข้นฝุ่นละออง $PM_{2.5}$, $PM_{10-2.5}$ และ PM_{10} บริเวณริมถนนสุขุมวิท นั้นได้กำหนดจุดเก็บตัวอย่างจำนวน 3 จุด เป็นจุดเดียวกับที่ตรวจวัดสาร pPAHs ได้แก่ จุดที่ 1 บริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้าพระโขนง จุดที่ 2 หน้า รร.ศรีวิกรม์บริหารธุรกิจ และจุดที่ 3 แยกเอกมัย ทำการเก็บตัวอย่าง เป็นเวลา 7 วัน (ในระหว่างวันจันทร์ที่ 12 ถึง วันอาทิตย์ที่ 18 กันยายน 2547) ซึ่งเป็นช่วงเวลาเดียวกันกับการตรวจวัด pPAHs โดยเก็บฝุ่นละอองขนาดต่ำกว่า 10 ไมครอนแต่ไม่รวมฝุ่น $PM_{2.5}$ 21 ตัวอย่าง และขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน 21 ตัวอย่าง เก็บตัวอย่างละ 24 ชั่วโมง ผลการศึกษาปริมาณฝุ่น $PM_{2.5}$, $PM_{10-2.5}$ และ PM_{10} (หมายถึง $PM_{2.5} + PM_{10-2.5}$) แสดงดังตารางที่ 4.39 4.40 และ 4.41

ตารางที่ 4.39 ความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอนตามแนวถนนสุขุมวิท

วันที่เก็บตัวอย่าง	พระ โขนง ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	รร. ศรีวิกรม์ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	แยกแอกมัย ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
วันจันทร์ที่ 12 กย. 47	118.20	74.46	110.89
วันอังคารที่ 13 กย. 47	89.03	69.59	106.33
วันพุธที่ 14 กย. 47	91.15	65.92	77.21
วันพฤหัสบดีที่ 15 กย. 47	82.71	70.69	102.04
วันศุกร์ที่ 16 กย. 47	165.34	101.03	162.06
วันเสาร์ที่ 17 กย. 47	121.67	62.02	117.13
วันอาทิตย์ที่ 18 กย. 47	125.22	70.42	107.39
ค่าเฉลี่ย	113.33 ± 28.75^a	73.44 ± 12.78^b	111.86 ± 25.48^a

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่มุมขวามือที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

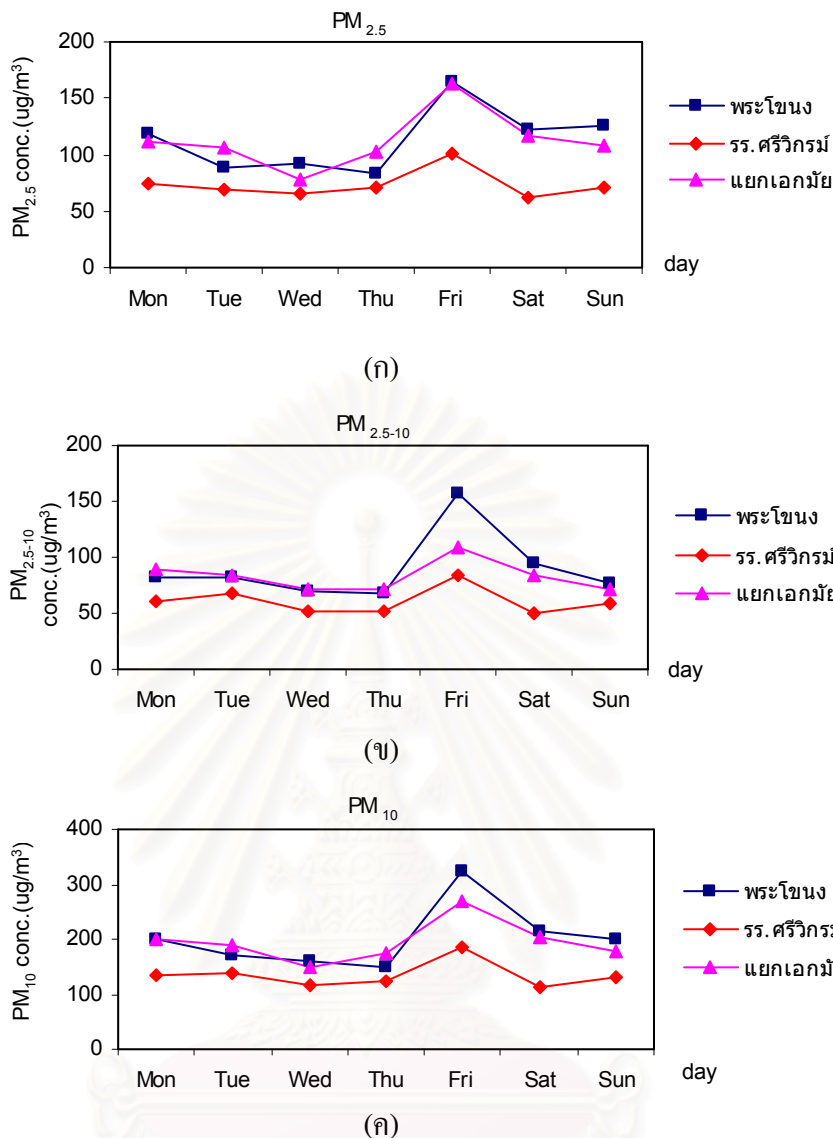
ตารางที่ 4.40 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาด 2.5 – 10 ไมครอนตามแนวถนนสุขุมวิท

วันที่เก็บตัวอย่าง	พระ โขนง ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	รร. ศรีวิกรม์ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	แยกแอกมัย ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
วันจันทร์ที่ 12 กย. 47	82.99	60.55	89.69
วันอังคารที่ 13 กย. 47	82.28	68.61	83.57
วันพุธที่ 14 กย. 47	69.82	51.42	71.10
วันพฤหัสบดีที่ 15 กย. 47	67.06	52.00	70.69
วันศุกร์ที่ 16 กย. 47	157.31	83.55	108.22
วันเสาร์ที่ 17 กย. 47	94.60	49.50	84.80
วันอาทิตย์ที่ 18 กย. 47	76.59	58.82	72.23
ค่าเฉลี่ย	90.09 ± 31.02^a	60.64 ± 12.07^b	82.90 ± 13.50^a

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่มุมขวามือที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.41 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

วันที่เก็บตัวอย่าง	พระ โขนง ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	รร. ศรีวิกรม์ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	แยกแอกมัย ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
วันจันทร์ที่ 12 กย. 47	201.19	135.00	200.58
วันอังคารที่ 13 กย. 47	171.31	138.21	189.90
วันพุธที่ 14 กย. 47	160.98	117.34	148.31
วันพฤหัสบดีที่ 15 กย. 47	149.77	122.70	172.73
วันศุกร์ที่ 16 กย. 47	322.65	184.58	270.28
วันเสาร์ที่ 17 กย. 47	216.26	111.52	201.93
วันอาทิตย์ที่ 18 กย. 47	201.81	129.24	179.62
ค่าเฉลี่ย	203.42 ± 57.88	134.08 ± 24.19	194.76 ± 38.04



ภาพที่ 4.62 ความเข้มข้นฝุ่น PM_{2.5}(ก) PM_{10-2.5}(ข) และ PM₁₀(ค) ที่กระจายตัวตามแนวถนนสุขุมวิท

จากภาพที่ 4.62 (ก)(ข) และ (ค) พบว่าแนวโน้มการเพิ่มขึ้น-ลดลง มีลักษณะที่คล้ายกันในทุกจุดเก็บตัวอย่าง ในช่วงสัปดาห์ที่ทำการเก็บตัวอย่าง โดยมีปริมาณความเข้มข้นฝุ่นสูงในวันศุกร์ และต่ำในวันพุธและพฤหัสบดี สอดคล้องกับการตรวจวัด pPAHs ด้วยเครื่อง PAS ซึ่งพบว่ามีความสูงในวันศุกร์ และต่ำในวันพุธและพฤหัสบดี (ดังตารางที่ 4.5) เมื่อนำความเข้มข้นฝุ่น PM_{2.5} และ PM_{10-2.5} ในแต่ละจุดจากทั้ง 3 บริเวณมาพิจารณาค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่น PM_{2.5} และ PM_{10-2.5} พบว่าบริเวณสถานีรถไฟฟ้าพระโขนงมีค่าสูงสุด คือ 113.33 ± 28.75 และ 90.09 ± 31.02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ ป้อมควบคุมสัญญาณไฟจราจรแยกเอกมัยมีค่าเท่ากับ 111.86 ± 25.48 และ 82.90 ± 13.50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ และโรงเรียนศรีวิกรม์บริหารธุรกิจมีปริมาณความเข้มข้นฝุ่นต่ำที่สุดคือ 73.44 ± 12.78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และ 60.64 ± 12.07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ ให้ผลสอดคล้องกับการกระจายตัวของ pPAHs ตามแนวถนนซึ่งพบว่าความเข้มข้น pPAHs บริเวณสถานีรถไฟฟ้าพระโขนงมีค่าสูงกว่า แยกเอกมัยและ รร.ศรีวิกรม์

เมื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับวิจัยอื่นๆ ที่ศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นของ Chaloulakou A. และคณะ (2003) ที่ตรวจวัด PM_{10} และ $PM_{2.5}$ บริเวณใจกลางเมือง Athens ประเทศกรีก โดยเก็บตัวอย่างบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น ด้วย semi-automatic low-volume samplers เก็บ 24 ชั่วโมง ที่อัตราการไหล 16.71 ลิตร/นาที ที่ความสูง 6.7 เมตร พบว่ามีค่าเฉลี่ย $PM_{2.5}$ $PM_{10-2.5}$ และ PM_{10} เท่ากับ 35.3 40.2 และ $75.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ และพบว่ามี ratio $PM_{2.5}/PM_{10}$ อยู่ระหว่าง 0.45-0.62 ซึ่งมีความแตกต่างของระดับ $PM_{2.5}$ $PM_{10-2.5}$ และ PM_{10} กับการศึกษานี้เนื่องจากบริเวณที่เก็บตัวอย่างเป็นเขตทั่วไปในเมือง และมีความสูงของจุดเก็บตัวอย่างถึง 6.7 เมตร แต่การศึกษานี้เป็นบริเวณพื้นที่ริมถนน และสูงจากพื้นประมาณ 1.5 เมตร

ผลการศึกษามีความแตกต่างกับงานวิจัยของ สมพงษ์ (2547) ศึกษาการกระจายตัวของฝุ่นขนาดเล็ก PM_{10} และ $PM_{2.5}$ บริเวณสถานีรถไฟฟ้าในเขตกรุงเทพมหานครในฤดูแล้งฝน ซึ่งจุดเก็บตัวอย่างได้กำหนดที่บริเวณสถานีรถไฟฟ้าพระโขนง โดยเก็บตัวอย่าง 24 ชั่วโมง ด้วย personal air samplers และ cascade impactor พบว่า $PM_{2.5}$ $PM_{10-2.5}$ และ PM_{10} มีค่าเฉลี่ย 33.8 52.7 และ $91.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ จากการศึกษาริเวณสถานีที่เดียวกันกับการวิจัยครั้งนี้ แต่ปริมาณความเข้มข้นฝุ่นแตกต่างกัน โดยพบว่าการศึกษาของ สมพงษ์ (2547) มีค่าต่ำกว่า เนื่องจากฤดูกาลและความเร็วลม ที่แตกต่างกัน ในการศึกษาของ สมพงษ์ พบว่ามีความเร็วลมเฉลี่ย 1.5 m/s ซึ่งมีค่าสูงกว่าการศึกษานี้ซึ่งมีค่า 0.8 m/s

เมื่อพิจารณาความเข้มข้นฝุ่น $PM_{10-2.5}$ ในวันศุกร์ที่ 16 ก.ย. 47 พบว่าความเข้มข้นฝุ่นบริเวณสถานีพระโขนงมีค่าสูงกว่าแยกเอกมัย แต่ความเข้มข้นฝุ่น $PM_{2.5}$ ในวันศุกร์ พบว่าสถานีรถไฟฟ้าพระโขนงและเอกมัยมีความเข้มข้นที่ใกล้เคียงกัน สาเหตุที่ปริมาณฝุ่น $PM_{2.5}$ สูงขึ้นอย่างชัดเจนเนื่องจากบริเวณแยกเอกมัยเป็นสถานีขนส่ง และการจราจรในวันศุกร์เป็นวันที่มีการขนส่งประชาชนออกไปต่างจังหวัด ทำให้มีจำนวนรถโดยสารประจำทางขนาดใหญ่มากขึ้นและจราจรบริเวณแยกเอกมัยค่อนข้างคับคั่งซึ่งเป็นเหตุให้ปริมาณของฝุ่นละอองขนาดเล็ก ($PM_{2.5}$) สูงขึ้นได้

เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยของโครงสร้างถนนที่มีผลต่อการกระจายตัวของฝุ่นบริเวณถนนสุขุมวิท พบว่า ปริมาณฝุ่นบริเวณสถานีรถไฟฟ้าพระโขนง และแยกเอกมัยสูงกว่า รร.ศรีวิกรม์ในทุกๆ วัน แต่เมื่อพิจารณาความเข้มข้นฝุ่นสถานีรถไฟฟ้าพระโขนง และแยกเอกมัยในแต่ละวัน พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน

เมื่อนำผลการตรวจวัดไปวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS for window โดยใช้วิธี One-way ANOVA เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นฝุ่น $PM_{2.5}$ และ $PM_{10-2.5}$ บริเวณใต้ชานชาลาสถานีรถไฟฟ้าสถานีพระโขนง หน้าโรงเรียนศรีวิกรม์บริหารธุรกิจ และป้อมควบคุมสัญญาณไฟจราจรแยกเอกมัย ว่าแตกต่างกันหรือไม่ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยตั้งสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ย pPAHs ทั้ง 3 บริเวณ ไม่แตกต่างกัน

H_1 : ค่าเฉลี่ย pPAHs ทั้ง 3 บริเวณ มีอย่างน้อย 1 คู่แตกต่างกัน

ในขั้นแรกได้ทดสอบความแปรปรวนของข้อมูลทั้ง 3 บริเวณ พบว่ามีค่า P-value > 0.05 ยอมรับ H_0 คือ ความแปรปรวนของ 3 บริเวณไม่แตกต่างกัน และเมื่อใช้สถิติทดสอบ F-Test เพื่อทดสอบ พบว่ามีค่า P-value < 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 คือค่าเฉลี่ยต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ และพิจารณาผลการทดสอบโดยใช้ LSD พบว่า ความเข้มข้นฝุ่น $PM_{2.5}$ และ $PM_{10-2.5}$ ที่สถานีรถไฟฟ้าพระโขนง และแยกเอกมัย ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และทั้งสองบริเวณมีค่าสูงกว่า รร.ศรีวิกรม์อย่างมีนัยสำคัญ (แสดงผลการวิเคราะห์ในภาคผนวก ข-7.1 และ ข-7.2)

จากผลการศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นละอองตามแนวขนานกับถนนสุขุมวิท สามารถสรุปได้ว่า บริเวณที่มีโครงสร้างของถนนเป็นสถานีรถไฟฟ้าพระโขนงจะมีความเข้มข้นของฝุ่นละอองสูงเนื่องจากโครงสร้างของสถานีรถไฟฟ้าครอบคลุมพื้นผิวจราจรทำให้มีลักษณะที่ปิดทึบส่งผลกระทบต่อ การกระจายตัวของฝุ่นละออง สอดคล้องกับจากงานวิจัยของ สมพงษ์ (2547) ที่ได้ศึกษาการกระจายตัวของฝุ่นละอองขนาดเล็กบริเวณสถานีรถไฟฟ้าต่างๆ ในกรุงเทพมหานครในฤดูแล้ง ได้แก่ สถานี พญาไท พระโขนง และช่องนนทรี พบว่าความยาว ความกว้างและความสูงของสถานีและระยะห่างระหว่างสถานีกับอาคารใกล้เคียงมีผลต่อการกระจายตัวของฝุ่นละออง และจากผลการศึกษาครั้งนี้ที่ บริเวณป้อมควบคุมสัญญาณไฟจราจรเอกมัย พบว่าความเข้มข้นของฝุ่นมีปริมาณสูงเช่นกัน ถึงแม้ว่าเป็นบริเวณพื้นที่เปิดโล่ง และมีการถ่ายเทของอากาศได้ดี แต่เนื่องจากเป็นบริเวณสี่แยก ทำให้ให้มีการหยุดและการออกของรถ รวมทั้งเป็นบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น จึงทำให้มีความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่สูง และเมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของฝุ่นละอองบริเวณสถานีพระโขนงกับเอกมัย จะเห็นได้ชัดเจนว่าลักษณะโครงสร้างของถนนที่มีลักษณะปิดทึบส่งผลให้เกิดมลพิษในระดับที่สูงเท่ากับบริเวณจุดตัดการจราจร ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wu และคณะ (2002) ได้ศึกษาฝุ่น PM_{10} และ $PM_{2.5}$ ริมนถนนพบว่า มีค่าฝุ่นรายชั่วโมง PM_{10} และ $PM_{2.5}$ 102.0-129.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และ 66.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่สูง เนื่องมาจากบริเวณถนนดังกล่าวมีลักษณะเป็น street canyon

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของฝุ่นละอองบริเวณ รร.ศรีวิกรม์ กับบริเวณจุดเก็บอื่น 2 จุด พบว่าสถานีรถไฟฟ้าพระโขนง มีความเข้มข้นของฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ และ $PM_{10-2.5}$ มากกว่า รร.ศรีวิกรม์ 1.54 และ 1.49 เท่าตามลำดับ และแยกเอกมัยมีความเข้มข้นของฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ และ $PM_{10-2.5}$ มากกว่า รร.ศรีวิกรม์ 1.52 และ 1.37 เท่าตามลำดับ เมื่อพิจารณาระยะห่างจากรร.ศรีวิกรม์ และสถานีพระโขนง จะเห็นว่าห่างกันไม่มากนักแต่ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองแตกต่างกัน แสดงว่าโครงสร้างของถนนมีผลต่อการกระจายตัวของฝุ่นละออง

นอกจากนี้ได้นำผลปริมาณฝุ่นละอองมาคำนวณเป็นสัดส่วนความเข้มข้นฝุ่นละออง $PM_{2.5}/PM_{10}$ ซึ่งแสดงถึงค่าดัชนีความเด่นของ $PM_{2.5}$ ที่มีอยู่ในฝุ่นละออง PM_{10} ในการศึกษาได้คำนวณสัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ ของตัวอย่างที่เก็บทั้ง 3 จุด โดยสัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ สามารถแสดงดังตารางที่ 4.42

ตารางที่ 4.42 สัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ ที่บริเวณถนนสุขุมวิท

วันที่เก็บตัวอย่าง	พระโขนง	รร.ศรีวิกรม์	แยกเอกมัย
วันจันทร์ที่ 12 กย. 47	0.59	0.55	0.55
วันอังคารที่ 13 กย. 47	0.52	0.50	0.56
วันพุธที่ 14 กย. 47	0.57	0.56	0.52
วันพฤหัสบดี ที่ 15 กย. 47	0.55	0.58	0.59
วันศุกร์ที่ 16 กย. 47	0.51	0.55	0.60
วันเสาร์ที่ 17 กย. 47	0.56	0.56	0.58
วันอาทิตย์ที่ 18 กย. 47	0.62	0.54	0.60
ค่าเฉลี่ย	0.56	0.55	0.57

จากตารางที่ 4.42 พบว่า สัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ ของทั้ง 3 จุดเก็บตัวอย่างมีค่าใกล้เคียงกัน และมีค่าอยู่ระหว่าง 0.50-0.62

เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาวิจัยอื่น พบว่า ค่าสัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ ที่ได้มีลักษณะคล้ายคลึงกับงานในหลายแห่ง ดังตารางที่ 4.43 โดยผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wu และคณะ (2002) และการศึกษาของ สมพงษ์ (2547) เนื่องจากลักษณะพื้นที่ที่ศึกษามีลักษณะเป็น street canyon เหมือนกัน

ตารางที่ 4.43 สัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ ที่บริเวณเขตเมืองต่างๆ

เมือง/ประเทศ	ลักษณะพื้นที่						เอกสารอ้างอิง
	Street canyon	Traffic	Urban	Background	Urban background	Kerbside site	
Macao, China	0.66-0.67	-	-	-	-	-	Wu และคณะ (2002)
Athens, Greece	-	-	0.45-0.62	-	-	-	Chaloulakou A. และคณะ (2003)
Birmingham, England roadside	-	0.8	-	-	-	-	Harrison และคณะ (1997)
Hung Hom, Hong Kong	0.7747	0.7025	-	-	-	-	Chan and Kwok (2001)
Bangkok (BTS), Thailand	ชั้นที่1 0.69±0.07 ชั้นที่2 0.66±0.09 ชั้นที่3 0.58±0.03	-	-	-	-	-	สมพงษ์ (2547)
Canry island, Spain	-	-	-	0.6-0.8	0.4-0.5	0.4	Querol และคณะ (2004)
Netherland, Germany	-	-	-	-	0.8	-	
African	-	-	-	-	-	0.66	Ruellan และ Cachier (2000)

4.6.2 ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง ตามแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิท

ทำการศึกษาการกระจายตัวของฝุ่นตามแนวตั้งฉากกับถนน โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่างจำนวน 4 จุด ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร จากถนน ที่บริเวณอุทยานเบญจสิริ เช่นเดียวกับการเก็บตัวอย่าง pPAHs และช่วงเวลาเดียวกัน โดยเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ (ในระหว่างวันที่ 20-28 กันยายน 2547) โดยเก็บตัวอย่าง 24 ชั่วโมง ต่อการเก็บหนึ่งครั้ง จำนวนตัวอย่างฝุ่นละอองขนาด 2.5 - 10 ไมครอน 28 ตัวอย่าง และขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน 28 ตัวอย่าง ซึ่งผลปริมาณฝุ่น $PM_{2.5}$ และ $PM_{10-2.5}$ สามารถแสดงดังตารางที่ 4.44 และ 4.45 และ 4.46 และการกระจายตัวตามแนวตั้งฉากแสดงในภาพที่ 4.63 (ก) (ข) และ (ค)

ตารางที่ 4.44 ความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ที่กระจายตัวตามแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิท

วันที่เก็บตัวอย่าง	ระยะห่างจากถนน (เมตร)			
	น้อยกว่า 5 เมตร	75 เมตร	150 เมตร	225 เมตร
วันจันทร์ที่ 20 กย. 47	46.63	36.50	31.64	30.26
วันอังคารที่ 21 กย. 47	67.46	41.80	45.21	42.47
วันพุธที่ 22 กย. 47	42.38	-	29.83	34.76
วันพฤหัสบดีที่ 23 กย. 47	48.05	58.64	52.93	60.44
วันศุกร์ที่ 24 กย. 47	53.24	45.20	48.72	52.88
วันเสาร์ที่ 25 กย. 47	78.85	46.78	43.43	46.66
วันอาทิตย์ที่ 26 กย. 47	57.23	39.05	40.70	36.53
ค่าเฉลี่ย	56.26±12.90 ^a	44.66±7.83 ^b	41.78±8.50 ^b	43.43±11.69 ^b

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่มุมขวาบนที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

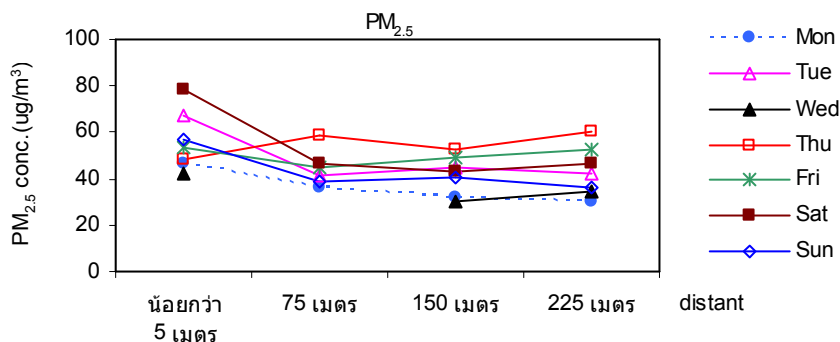
ตารางที่ 4.45 ความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5-10 ไมครอน ที่กระจายตัวตามแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิท

วันที่เก็บตัวอย่าง	ระยะห่างจากถนน (เมตร)			
	น้อยกว่า 5 เมตร	75 เมตร	150 เมตร	225 เมตร
วันจันทร์ที่ 20 กย. 47	28.11	17.65	15.55	15.67
วันอังคารที่ 21 กย. 47	39.31	30.95	25.24	30.06
วันพุธที่ 22 กย. 47	23.89	19.21	22.51	20.56
วันพฤหัสบดีที่ 23 กย. 47	31.17	27.28	35.83	42.50
วันศุกร์ที่ 24 กย. 47	40.50	28.67	31.31	28.26
วันเสาร์ที่ 25 กย. 47	34.78	20.09	22.58	23.93
วันอาทิตย์ที่ 26 กย. 47	39.45	22.86	26.30	23.20
ค่าเฉลี่ย	33.89±6.40 ^a	23.81±5.17 ^b	25.62±6.55 ^b	26.31±7.50 ^b

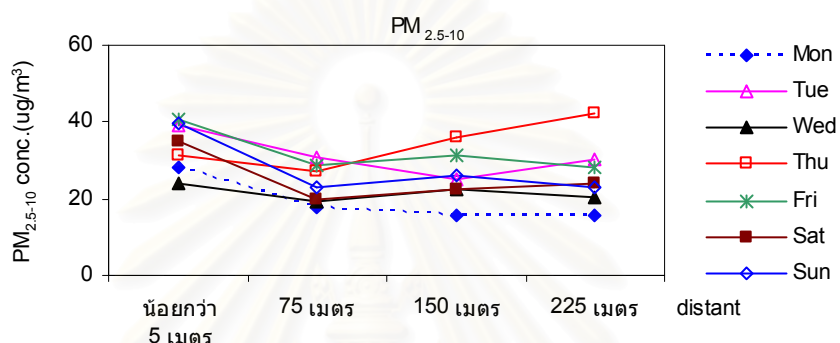
หมายเหตุ : ตัวอักษรที่มีขนาดต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.46 ความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่กระจายตัวตามแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิท

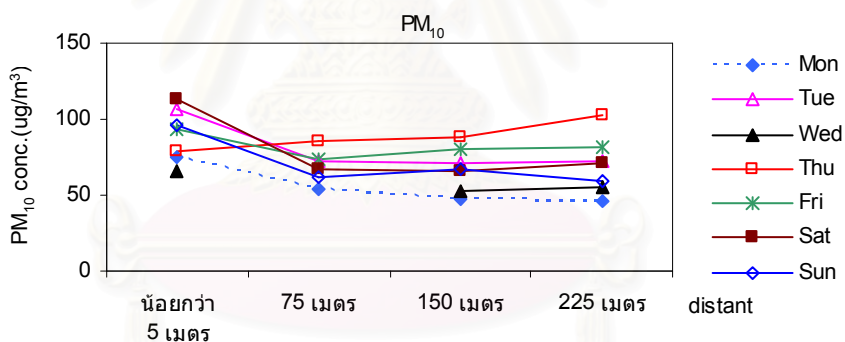
วันที่เก็บตัวอย่าง	ระยะห่างจากถนน (เมตร)			
	น้อยกว่า 5 เมตร	75 เมตร	150 เมตร	225 เมตร
วันจันทร์ที่ 20 กย. 47	74.74	54.15	47.19	45.92
วันอังคารที่ 21 กย. 47	106.77	72.75	70.44	72.53
วันพุธที่ 22 กย. 47	66.28	-	52.35	55.32
วันพฤหัสบดีที่ 23 กย. 47	79.22	85.92	88.76	102.94
วันศุกร์ที่ 24 กย. 47	93.73	73.87	80.03	81.14
วันเสาร์ที่ 25 กย. 47	113.63	66.87	66.01	70.59
วันอาทิตย์ที่ 26 กย. 47	96.67	61.90	67.00	59.73
ค่าเฉลี่ย	74.74±17.37	54.15±10.95	47.19±14.50	45.92±18.78



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 4.63 ความเข้มข้นฝุ่น PM_{2.5}(ก) PM_{10-2.5}(ข) และ PM₁₀(ค) ที่กระจายตัวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิท

จากภาพที่ 4.63(ก) ค่าเฉลี่ยของปริมาณฝุ่น PM_{2.5} ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร จากถนนมีค่า 56.26 44.66 41.78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และ 43.43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

การกระจายตัวของฝุ่น PM_{2.5} ตามแนวตั้งฉากมีแนวโน้มที่คล้ายคลึงกันใน ตลอดสัปดาห์ ที่ศึกษา คือ มีค่าความเข้มข้นสูงที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตรและลดลงที่ระยะต่างๆ กัน โดยจากระยะที่น้อยกว่า 5 เมตรไปถึง 75 เมตรความเข้มข้นของฝุ่นลดลง 20.62% ลดลง จากระยะที่น้อยกว่า 5 เมตรไปถึง 150 เมตร ฝุ่นลดลง 25.74% จากระยะที่น้อยกว่า 5 เมตรไปถึง 225 เมตรฝุ่นลดลง 22.81% และจากระยะน้อยกว่า 5 เมตร จนถึง 75 เมตรปริมาณฝุ่น PM_{2.5} ลดลง 20.62% และจาก

ระยะ 75 เมตร ไปจนถึงระยะ 150 เมตร ความเข้มข้นลดลง 6.45% และจากระยะ 150 เมตร ไปจนถึง 225 เมตร ความเข้มข้นเพิ่มขึ้น 3.95% และในวันพฤหัสบดีที่รูปแบบการกระจายตัวของฝุ่นต่างจากวันอื่นเนื่องจาก เมื่อพิจารณาถึงข้อมูลลมในวันพฤหัสบดีพบว่า ลมพัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปยังถนนมากกว่า 78.98% ลมพัดจากถนนมายังจุดเก็บตัวอย่างมีเพียง 7.2% และลมพัดขนานกับถนน 13.7% ซึ่งอาจเป็นผลทำให้ ความเข้มข้นของฝุ่นที่ระยะ 75 150 และ 225 เมตร มีค่าสูงกว่าที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่ระยะทางต่างๆ สามารถแสดงเป็นสัดส่วนในตาราง 4.47 จะเห็นว่าที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร มีความเข้มข้นของฝุ่นมากกว่าที่ระยะ 75 เมตร อยู่ในช่วงระหว่าง 0.59-1.22 เท่า และมากกว่าที่ระยะ 150 เมตร 0.55-1.1 เท่า และมากกว่า 225 เมตร 0.59-1.26 เท่า (ยกเว้นวันพฤหัสบดี) จะเห็นได้ว่าฝุ่น $PM_{2.5}$ ลดลงที่ระยะ เมตร 75 150 และ 225 เมตร มีสัดส่วนของการลดลงเฉลี่ยแล้วใกล้เคียงกัน คือ 0.79 0.76 และ 0.8 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนการกระจายตัวของฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่ระยะห่างจากถนนออกไป (75 เมตร – 225 เมตร) สัดส่วนการลดลงจากที่ระยะ 75 เมตร ไปที่ระยะ 150 เมตร และที่ระยะ 225 เมตรมีค่าใกล้เคียงกัน คืออยู่ในช่วง 0.87-1.08 หรือเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.83-1.17 แสดงให้เห็นว่าปริมาณฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่กระจายอยู่ภายในพื้นที่ที่ห่างจากถนนตั้งแต่ 75 จนถึง 225 เมตร มีปริมาณที่ใกล้เคียงกันมาก ตารางที่ 4.47 สัดส่วนการกระจายตัวของ $PM_{2.5}$ ที่ระยะทางต่างๆ กัน

วันที่เก็บตัวอย่าง	$PM_{2.5}$ (75) : $PM_{2.5}$ (<5)	$PM_{2.5}$ (150) : $PM_{2.5}$ (<5)	$PM_{2.5}$ (225) : $PM_{2.5}$ (<5)	$PM_{2.5}$ (150) : $PM_{2.5}$ (75)	$PM_{2.5}$ (225) : $PM_{2.5}$ (75)	$PM_{2.5}$ (225) : $PM_{2.5}$ (150)
วันจันทร์ที่ 20 กย. 47	0.78	0.68	0.65	0.87	0.83	0.96
วันอังคารที่ 21 กย. 47	0.62	0.67	0.63	1.08	1.02	0.94
วันพุธที่ 22 กย. 47	-	0.70	0.82	-	-	1.17
วันพฤหัสบดีที่ 23 กย. 47	1.22	1.10	1.26	0.90	1.03	1.14
วันศุกร์ที่ 24 กย. 47	0.85	0.92	0.99	1.08	1.17	1.09
วันเสาร์ที่ 25 กย. 47	0.59	0.55	0.59	0.93	1.00	1.07
วันอาทิตย์ที่ 26 ก.ย. 47	0.68	0.71	0.64	1.04	0.94	0.90
ค่าเฉลี่ย	0.79	0.76	0.80	0.98	1.00	1.04

หมายเหตุ :- การขัดข้องของกระแสไฟฟ้าไม่สามารถเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง

จากภาพที่ 4.63(ข) พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณฝุ่น $PM_{10-2.5}$ ที่ระยะ น้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตรจากถนนมีค่าเท่ากับ 33.89 23.81 25.62 และ 26.31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ แนวโน้มการกระจายตัวของฝุ่น $PM_{10-2.5}$ ตามแนวตั้งฉากมีแนวโน้มที่คล้ายคลึงกันตลอดสี่ปดาห์ที่ศึกษา เช่นเดียวกับฝุ่น $PM_{10-2.5}$ (ยกเว้นวันพฤหัสบดี) คือ จากระยะที่น้อยกว่า 5 เมตรไปถึง 75 เมตรความ

เข้มข้นของฝุ่นลดลง 29.73% ลดลง จากระยะที่น้อยกว่า 5 เมตรไปถึง 150 เมตรฝุ่นลดลง 24.40% จากระยะที่น้อยกว่า 5 เมตรไปถึง 225 เมตรฝุ่นลดลง 22.36% และจากระยะ 75 เมตร ไปจนถึงระยะ 150 เมตร ความเข้มข้นไม่ได้ลดลงแต่เพิ่มขึ้น 7.57% และจากระยะ 150 เมตรไปจนถึง 225 เมตร ความเข้มข้นไม่ได้ลดลงแต่เพิ่มขึ้น 2.71% อิทธิพลของลมที่พัดในวันพฤหัสบดีดังที่อธิบายในข้างต้นส่งผลให้เกิดการกระจายตัวของฝุ่น $PM_{10-2.5}$ ที่บริเวณห่างจากถนน (โดยเฉพาะที่ระยะ 225 เมตร มีความเข้มข้นสูงกว่าระยะอื่นๆ)

จากสัดส่วนระยะทางต่างๆ ที่แสดงในตารางที่ 4.48 แสดงให้เห็นว่าที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร มีความเข้มข้นของฝุ่นมากกว่าที่ระยะ 75 เมตร อยู่ในช่วงระหว่าง 0.58-0.88 เท่า และมากกว่าที่ระยะ 150 เมตร 0.55-1.15 เท่า (ยกเว้นวันพฤหัสบดี) และที่ระยะ 225 เมตร 0.56-1.36 เท่า (ยกเว้นวันพฤหัสบดี) และเมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนการกระจายตัวของฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่ระยะห่างจากถนนออกไป (75 เมตร – 225 เมตร) สัดส่วนการลดลงจากที่ระยะ 75 เมตร ไปที่ระยะ 150 เมตร และที่ระยะ 225 เมตรมีค่าใกล้เคียงกัน คืออยู่ในช่วง 0.82-1.31 หรือเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.89-1.56 แสดงให้เห็นว่าปริมาณฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่กระจายอยู่ภายในพื้นที่ที่ห่างจากถนนตั้งแต่ 75 จนถึง 225 เมตร มีปริมาณที่ใกล้เคียงกันมาก

เมื่อนำผลการตรวจวัดไปวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS for window โดยใช้วิธี One-way ANOVA เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นฝุ่น $PM_{2.5}$ และ $PM_{10-2.5}$ บริเวณที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร ว่าแตกต่างกันหรือไม่ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยตั้งสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ย pPAHs ทั้ง 3 บริเวณ ไม่แตกต่างกัน

H_1 : ค่าเฉลี่ย pPAHs ทั้ง 3 บริเวณ มีอย่างน้อย 1 คู่แตกต่างกัน

โดยในขั้นแรกทดสอบความแปรปรวนของทั้ง 4 ระยะ พบว่ามีค่า P-value > 0.05 ยอมรับ H_0 คือ ความแปรปรวนของ 3 บริเวณไม่แตกต่างกัน และเมื่อใช้สถิติทดสอบ F Test เพื่อทดสอบ พบว่ามีค่า P-value < 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 คือค่าเฉลี่ยต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ และพิจารณาผลการทดสอบโดยใช้ LSD พบว่า ฝุ่น $PM_{2.5}$ และ $PM_{10-2.5}$ ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร มีค่าสูงกว่า ระยะอื่นอย่างมีนัยสำคัญ และพบว่า ปริมาณฝุ่นทั้ง 2 ชนิด ที่ระยะ 75 150 และ 225 เมตร มีค่าไม่แตกต่าง (แสดงผลการวิเคราะห์ในภาคผนวก ข-8.1 และ ข-8.2)

ตารางที่ 4.48 สัดส่วนการกระจายตัวของ $PM_{10-2.5}$ ที่ระยะทางต่างๆ กัน

วันที่เก็บตัวอย่าง	$PM_{10-2.5}(75)$: $PM_{10-2.5} (<5)$	$PM_{10-2.5}(150)$: $PM_{10-2.5} (<5)$	$PM_{10-2.5}(225)$: $PM_{10-2.5} (<5)$	$PM_{10-2.5}(150)$: $PM_{10-2.5}(75)$	$PM_{10-2.5}(225)$: $PM_{10-2.5}(75)$	$PM_{10-2.5}(225)$: $PM_{10-2.5}(150)$
วันจันทร์ที่ 20 กย. 47	0.63	0.55	0.56	0.88	0.89	1.01
วันอังคารที่ 21 กย. 47	0.79	0.64	0.76	0.82	0.97	1.19
วันพุธที่ 22 กย. 47	0.80	0.94	0.86	1.17	1.07	0.91
วันพฤหัสบดีที่ 23 กย. 47	0.88	1.15	1.36	1.31	1.56	1.19
วันศุกร์ที่ 24 กย. 47	0.71	0.77	0.70	1.09	0.99	0.90
วันเสาร์ที่ 25 กย. 47	0.58	0.65	0.69	1.12	1.19	1.06
อาทิตย์ที่ 26 ก.ย. 47	0.58	0.67	0.59	1.15	1.01	0.88
ค่าเฉลี่ย	0.69	0.77	0.79	1.06	1.10	1.02

หมายเหตุ : - การขัดข้องของกระแสไฟฟ้าไม่สามารถเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง

จากการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยอื่นๆ ดังเช่นงานวิจัยของ Roorda-Knappe และคณะ (1997) ที่ศึกษาความเข้มข้นของ PM_{10} และ $PM_{2.5}$ ที่จุดต่างๆ ห่างจาก motorways โดยกำหนดระยะห่างจากถนนที่ระยะ 15 115 165 และ 305 เมตร โดยผลการศึกษาไม่พบความแตกต่างของความเข้มข้นของ PM_{10} และ $PM_{2.5}$ เมื่อระยะทางห่างจากถนนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ Hitchins และคณะ (2000) ตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นจากการจราจรซึ่งทำการตรวจวัดฝุ่นขนาด 0.015 – 0.697 ไมครอน (ด้วยเครื่อง scanning mobility particle sizer, SMPS) และฝุ่นขนาด 0.5 – 20 ไมครอน (ด้วยเครื่อง aerodynamic particle sizer, APS) และตรวจวัด $PM_{2.5}$ (ด้วยเครื่อง DustTrak) โดยทำการเก็บตัวอย่าง 7 จุด ที่มีระยะห่างจากถนนต่างๆ กัน ตั้งแต่ 15 เมตรจนถึง 375 เมตร พบว่าเมื่อลมพัดโดยตรงจากถนนมายังจุดเก็บตัวอย่างความเข้มข้นของฝุ่นขนาด 0.015 – 0.697 ไมครอนที่ระยะทางในช่วง 100 – 150 เมตรจากถนน จะลดลงครึ่งหนึ่งของความเข้มข้นสูงสุดที่ตรวจพบบริเวณที่ใกล้กับถนน (15 เมตร) เมื่อลมพัดขนานกับถนน ความเข้มข้นจะลดลงครึ่งหนึ่งที่ระยะทาง 50 – 100 เมตร และเมื่อลมพัดจากจุดตรวจวัดไปยังถนนจะไม่พบแนวโน้มการลดลงของความเข้มข้นกับระยะทาง นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อลมพัดโดยตรงจากถนนมายังจุดเก็บตัวอย่างความเข้มข้นฝุ่นขนาด 0.5 – 20 ไมครอน ที่ระยะทาง 150 เมตรจากถนน ความเข้มข้นจะลดลงร้อยละ 60 ของความเข้มข้นสูงสุดที่ตรวจพบบริเวณที่ใกล้กับถนน และเมื่อลมพัดโดยตรงจากถนนมายังจุดเก็บตัวอย่าง ฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่ระยะ 375 เมตร จะมีความเข้มข้นลดลงร้อยละ 75 และเมื่อลมพัดขนานกับถนน ฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่ระยะทาง 375 เมตร จะมีความเข้มข้นลดลงร้อยละ 65 เมื่อเทียบกับระยะ 15 เมตร ซึ่งการศึกษาของ Hitchins และคณะ แตกต่างจากการศึกษานี้ซึ่งพบว่าที่ระยะ 225 เมตรจากถนน ความเข้มข้นฝุ่น $PM_{2.5}$ และ $PM_{10-2.5}$ ลดลงเพียง 22.8% และ 22.36% ตามลำดับ แต่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wu และคณะ (2002) ซึ่งตรวจวัดการกระจายตัวของฝุ่นขนาด PM_{10} $PM_{2.5}$ และ PM_1

ในแนวระดับและแนวนอนใน Macao ประเทศจีน ทำการเก็บตัวอย่าง 6 จุด ที่ระยะ 2 42 72 120 170 และ 228 เมตรพบว่า ที่ระยะ 228 เมตร ความเข้มข้นฝุ่น PM_{10} $PM_{2.5}$ และ PM_1 ลดลงเพียง 7% 9% และ 10% ตามลำดับ

นอกจากนี้ได้นำผลปริมาณฝุ่นละอองมาคำนวณเป็นสัดส่วนความเข้มข้นฝุ่นละออง $PM_{2.5}/PM_{10}$ ซึ่งแสดงถึงค่าดัชนีความเด่นของ $PM_{2.5}$ ที่มีอยู่ในฝุ่นละออง PM_{10} ในการศึกษาได้คำนวณสัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ ของการตรวจวัดที่ 4 ระยะทาง โดยสัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ สามารถแสดงดังตารางที่ 4.49

ตารางที่ 4.49 สัดส่วน $PM_{2.5} / PM_{10}$ ที่กระจายตัวตามแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิท

ระยะทาง (เมตร)	น้อยกว่า 5 เมตร	75 เมตร	150 เมตร	225 เมตร
วันจันทร์ที่ 20 กย. 47	0.62	0.67	0.67	0.66
วันอังคารที่ 21 กย. 47	0.63	0.57	0.64	0.59
วันพุธที่ 22 กย. 47	0.64	-	0.57	0.63
วันพฤหัสบดีที่ 23 กย. 47	0.61	0.68	0.60	0.59
วันศุกร์ที่ 24 กย. 47	0.57	0.61	0.61	0.65
วันเสาร์ที่ 25 กย. 47	0.69	0.70	0.66	0.66
อาทิตย์ที่ 26 ก.ย. 47	0.59	0.63	0.61	0.61
ค่าเฉลี่ย	0.62	0.65	0.62	0.63

หมายเหตุ : - การขัดข้องของกระแสไฟฟ้าไม่สามารถตรวจวัดความเข้มข้น pPAHs

จากตารางที่ 4.49 พบว่า สัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ ของทั้ง 4 ระยะทางมีค่าอยู่ระหว่าง 0.57-0.70 และเมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยทั้ง 4 ระยะ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.62-0.65 เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ ที่กระจายตัวตามแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิท กับ สัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ ที่กระจายตัวตามแนวถนน (0.55-0.57) พบว่า แตกต่างกับการกระจายตัวตามแนวถนนเนื่องจากบริเวณที่มีการศึกษาการกระจายตัวตามแนวถนนมีลักษณะอาคารสูงปิดทึบและอยู่ริมถนนจึงมีปริมาณฝุ่น $PM_{2.5}$ มากกว่าบริเวณอุทยานเบญจสิริซึ่งมีลักษณะพื้นที่เป็นเขตเมืองทั่วไป ทำให้สัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ ที่กระจายตัวตามแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิทมีค่าต่ำกว่า และเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาวิจัยอื่น จากตารางที่ 4.42 พบว่า ค่าสัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ ที่ได้มีลักษณะคล้ายคลึงกับการศึกษาของ Chaloulakou และคณะ (2003) ที่ศึกษาในพื้นที่เขตเมือง Athens ประเทศ กรีก พบว่ามีสัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ เท่ากับ 0.45-0.62

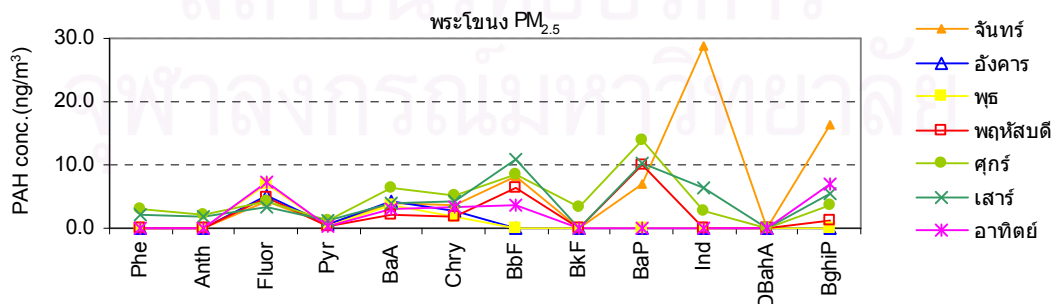
4.7 ปริมาณสาร PAHs ที่ปรากฏในฝุ่น $PM_{2.5}$ และ $PM_{10-2.5}$

4.7.1 การศึกษาการกระจายตัวของฝุ่น $PM_{2.5}$ และ $PM_{10-2.5}$ ตามแนวขนานกับถนนสุขุมวิท

ฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ และ $PM_{10-2.5}$ ที่ได้จากการเก็บด้วยชุดอุปกรณ์ personal air sample และ cascade impactor บริเวณริมถนนสุขุมวิท (ดังอธิบายไว้ในหัวข้อ 4.6.1) นำมาวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสาร PAHs โดยนำตัวอย่างฝุ่นละอองมาสกัดและวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC/MS ซึ่งวิเคราะห์ออกมาในหน่วย ng/m^3 และเนื่องจากของสาร PAHs มีลักษณะสมบัติที่สามารถปรากฏอยู่ในรูปของ gas phase gas-particle phase และ particle phase โดยส่วนใหญ่พฤติกรรมของสาร PAHs ที่มีมวลโมเลกุลต่ำๆ (2-3 rings) มักจะถูกพบในรูป gas phase (ไอและก๊าซ) ส่วนมวลโมเลกุลสูงมักจะดูดซับบนฝุ่นละออง ดังนั้นในการตรวจวัดในอากาศโดยทั่วไป มักจะตรวจวัดเฉพาะ PAHs ที่ดูดซับบนอนุภาครวมทั้งมีการระบุว่าสาร PAHs ที่ดูดซับบนฝุ่นละอองมีความเป็นพิษมากกว่า เนื่องจากจัดเป็นสารก่อมะเร็ง และจากเทคนิคการวิเคราะห์สาร PAHs โดยใช้ PAHs Mix Standard และ Internal Standard Mix โดยหาปริมาณของสาร PAHs เป้าหมายจากการเทียบ peak ratio ของ PAHs Mix Standard และ Internal Standard Mix เมื่อทดสอบผ่าน Recovery test แล้วพบว่า PAHs ที่มีโมเลกุลต่ำ (ทั้งตัว PAHs Mix Standard และ Internal Standard Mix) มี %recovery ที่ต่ำมาก เนื่องจากพฤติกรรมของสาร PAHs ที่มีมวลโมเลกุลต่ำๆ จะอยู่ได้ทั้งในรูปของ gas phase และ semi volatile ทำให้สารที่มีมวลโมเลกุลต่ำๆ ไม่เสถียรและสามารถสลายได้ง่าย ดังนั้นด้วยเหตุนี้จึงไม่แสดงผลการวิเคราะห์ naphthalene acenaphthylene, acenaphthene และ fluorene ได้ผลการวิเคราะห์โดยละเอียดแสดงในภาคผนวก ก-2.1

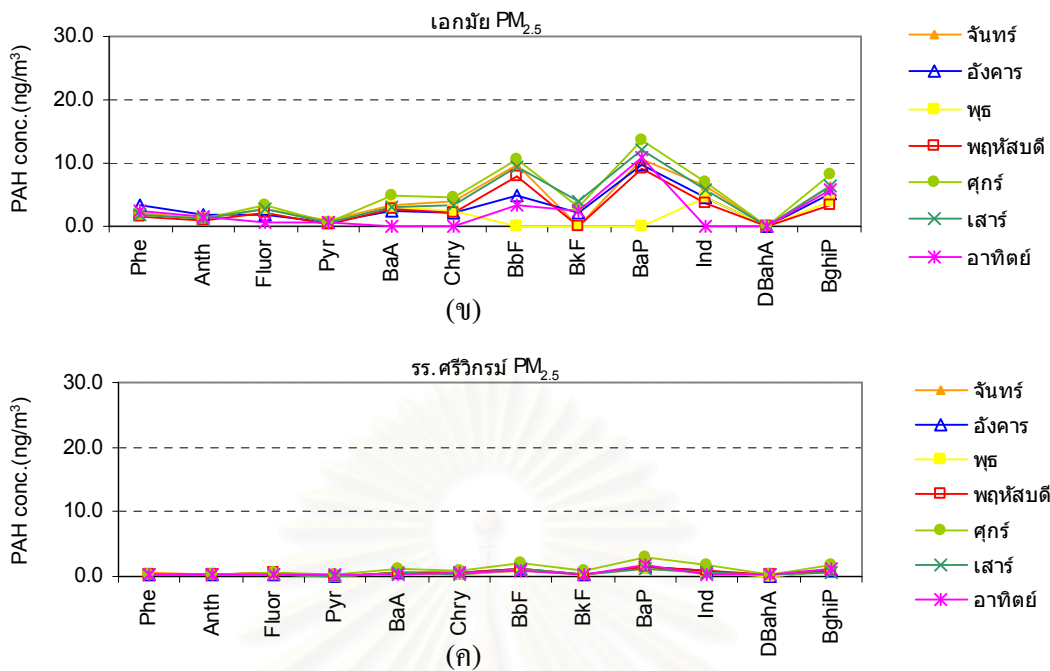
4.7.1.1 ชนิดและปริมาณสาร PAHs ในฝุ่น $PM_{2.5}$

ผลศึกษาการกระจายตัวของ PAHs ในฝุ่น $PM_{2.5}$ บริเวณริมถนนสุขุมวิท โดยแสดงเป็น PAHs profile ในฝุ่น ตลอดจนสัปดาห์ที่ทำการเก็บตัวอย่างดังภาพที่ 4.64 (ก)-(ค)



(ก)

ภาพที่ 4.64 PAHs profile ในฝุ่น $PM_{2.5}$ บริเวณสถานีรถไฟฟ้าวัดพระโขนง แยกเอกมัย และ รร.ศรีวิกรม์



ภาพที่ 4.64 (ต่อ) PAHs profile ในฝุ่น $PM_{2.5}$ บริเวณสถานีรถไฟฟ้าพระโขนง แยกเอกมัย และ รร.ศรีวิกรม์

จากภาพที่ 4.64 พบว่า PAH-profiles ของฝุ่น $PM_{2.5}$ พบว่าที่บริเวณสถานีรถไฟฟ้าพระโขนง แยกเอกมัย และรร.ศรีวิกรม์ มีแนวโน้มการขึ้นลงของ PAHs แต่ละชนิดเหมือนกันตลอดลำดับที่ทำการเก็บตัวอย่าง และยังพบว่าบริเวณสถานีรถไฟฟ้าพระโขนง และ แยกเอกมัย มีความเข้มข้นของ PAHs อยู่ในช่วงเดียวกัน และมีค่าสูงกว่าที่รร.ศรีวิกรม์ ประมาณ 4.26 และ 5.17 เท่าตามลำดับ ชนิดสาร PAHs ในฝุ่น $PM_{2.5}$ แสดงดังตารางที่ 4.50

ตารางที่ 4.50 ชนิดสาร PAHs ในฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่บริเวณสถานีรถไฟฟ้าพระโขนง แยกเอกมัย และ รร.ศรีวิกรม์บริหารธุรกิจ

ชนิดของ PAHs	พระโขนง mean (min – max)	รร.ศรีวิกรม์ mean (min – max)	แยกเอกมัย mean (min – max)
Phe	0.73 (0-2.92)	0.36 (0.30-0.48)	2.17 (1.58-3.39)
Anth	0.55 (nd-2.09)	0.20 (0.15-0.36)	1.31 (1.01-1.69)
Fluor	5.15 (3.39-7.27)	0.45 (0.35-0.55)	2.24 (0.52-3.22)
Pyr	0.67 (0.33-1.28)	0.13 (0.09-0.20)	0.61 (0.42-0.77)
BaA	3.92 (2.19-6.42)	0.61 (0.43-1.05)	2.80 (nd-4.89)
Chry	3.24 (1.85-5.11)	0.52 (0.34-0.91)	2.63 (nd-4.49)
BbF	5.39 (nd-10.79)	1.22 (0.95-2.16)	6.61 (nd-10.59)
BkF	0.50 (nd-3.48)	0.43 (0.34-0.75)	1.68 (nd-3.87)

ตารางที่ 4.50 (ต่อ) ชนิดสาร PAHs ในฝุ่น PM_{2.5} ที่บริเวณสถานีรถไฟฟ้าพระโขนง แยกเอกมัย และ รร.ศรีวิกรม์บริหารธุรกิจ

ชนิดของ PAHs	พระโขนง mean (min – max)	รร.ศรีวิกรม์ mean (min – max)	แยกเอกมัย mean (min – max)
BaP	5.91 (nd-13.79)	1.64 (1.13-2.90)	9.47 (nd-13.78)
Ind	5.44 (nd-28.86)	0.87 (0.35-1.65)	4.56 (nd-6.82)
DBahA	nd	0.17 (0.14-0.39)	nd
BghiP	4.81 (0-16.50)	1.06 (0.78-1.81)	5.56 (3.46-8.13)
Total PAHs	36.29 (12.68-72.71)	7.67 (6.11-12.76)	39.64 (20.33-58.98)

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยรวม PAHs ในฝุ่น PM_{2.5} บริเวณสถานีรถไฟฟ้าพระโขนง แยกเอกมัย และ รร.ศรีวิกรม์ พบว่ามีค่าเท่ากับ 36.29 39.64 และ 7.67 ng/m³ ตามลำดับ (ดังตารางที่ 4.50 และ ภาคผนวก ค-2 .1) จะเห็นได้ว่าปริมาณ PAHs ในฝุ่นบริเวณ สถานีรถไฟฟ้าพระโขนง และแยกเอกมัย ใกล้เคียงกันและมีค่าสูงกว่าที่บริเวณ รร.ศรีวิกรม์ พิจารณาค่าเฉลี่ยรวม PAHs ในฝุ่น PM_{2.5} กับการศึกษาวิจัยอื่นๆ ได้แก่งานวิจัยของ Vasconcellos และคณะ (2003) ศึกษา PAHs 12 ชนิด (phenanthrene ถึง benzo(g,h,i)perylene) ในเขตเมือง Sao Paulo ประเทศบราซิล โดยเก็บตัวอย่างใน 3 จุดเก็บ จุดเก็บตัวอย่างแรก Cidade Universitaria (CID) ห่างจากถนนสายหลัก 2 กิโลเมตรเป็นบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น มียานพาหนะที่ใช้แก๊สโซฮอล์ ดีเซล และเอทานอล บริเวณ COT เป็นบริเวณพื้นที่ป่า และบริเวณ AF เป็นส่วนท้ายของป่า เป็นบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์น้อยมาก การศึกษาได้กำหนดให้มีในช่วงฤดูหนาว และเก็บตัวอย่าง 41 ตัวอย่าง โดยเก็บตัวอย่างฝุ่น TSP ขนาดเล็กกว่า 20 ไมครอน ด้วย high volume air sampler เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า สาร PAHs โดยรวมที่บริเวณ CID มีค่าเท่า 3.10 ng/m³ บริเวณ AF มีค่าเท่ากับ 2.73 ng/m³ และบริเวณ COT มีค่าเท่า 1.92 ng/m³ จากทั้ง 3 จุดเก็บตัวอย่างมีปริมาณความเข้มข้นของ PAHs น้อยเนื่องจาก มีฝนตกในช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง สำหรับ Guo และคณะ (2003) ทำการศึกษาความเข้มข้นของสาร PAHs 16 ชนิด ในตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) และเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM₁₀) ในเมืองฮ่องกงในช่วงฤดูหนาว ระหว่างเดือนพฤศจิกายน ปี 2000 ถึงเดือนมีนาคม ปี 2001 และฤดูร้อน ในเดือนมิถุนายน ถึงเดือนสิงหาคม ปี 2001 โดยทำการเก็บตัวอย่างที่ Hung Hom ซึ่งเป็นตัวแทนพื้นที่ที่มีจราจรหนาแน่น และที่ Kwun Tony เป็นตัวแทนพื้นรวม พบว่ามีปริมาณความเข้มข้นของ PAHs ในฝุ่นขนาด PM_{2.5} บริเวณ Hung Hom ในฤดูร้อนและหนาวมีค่าเท่ากับ 4.87 และ 41.75 ng/m³ ตามลำดับ และ Kwun Tony ในฤดูร้อนและหนาวมีค่าเท่ากับ 3.71 และ 27.93 ng/m³ ตามลำดับ พบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับงานของ Vasconcellos และคณะ (2003) การศึกษานี้มีค่าสูงกว่าเนื่องจากจุดเก็บตัวอย่างห่างไม่เกิน 5 เมตร จากถนน และถนนมีลักษณะเป็น

street canyon ถึงแม้ว่าช่วงเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่างจะมีฝนตกเหมือนกันก็ตาม ปาจารย์ (2546) ศึกษา pPAHs ในฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในประเทศไทยจังหวัดกรุงเทพมหานคร ได้แก่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ดินแดง สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม โรงเรียนสิงหราช และมหาวิทยาลัยกรุงเทพ โดยเก็บตัวอย่างในฝุ่นเล็กกว่า 10 ไมครอน 5 ขนาด คือ <math><0.95\ 0.95-1.5\ 1.5-3.0\ 3.0-7.2\ \text{และ}\ >7.2\ \text{ไมครอน}</math> พบว่า PAHs 48% อยู่ในฝุ่น <math><0.95\ \mu\text{m}</math> 8% อยู่ในฝุ่น $0.95 - 1.5\ \mu\text{m}$ 10% อยู่ในฝุ่น $1.5-3.0\ \mu\text{m}$ 18% อยู่ในฝุ่น $3.0-7.2\ \mu\text{m}$ และ 16% อยู่ในฝุ่น $>7.2\ \mu\text{m}$ และพบว่า BeP Ind BghiP เป็นองค์ประกอบหลักของ PAHs ในฝุ่นซึ่งมีมากกว่าร้อยละ 97 ในฝุ่นขนาดเล็กกว่า 0.95 ไมครอนที่ปล่อยจากรถยนต์ดีเซล และพบว่ารถยนต์เบนซินมี BghiP เป็นองค์ประกอบหลัก

จากตารางที่ 4.51 บริเวณพระโขนงพบ Fluor BbF BaP Ind และ BghiP ในปริมาณสูง มีค่าเท่ากับ 5.15 5.39 5.91 5.44 และ 4.81 ng/m^3 ตามลำดับ ซึ่งชนิดสาร PAHs ที่พบสูงบริเวณพระโขนงเป็นชนิดเดียวกับที่พบบริเวณแยกเอกมัย ยกเว้น Fluor โดย BbF BaP Ind และ BghiP มีค่าเท่ากับ 6.61 9.47 4.56 และ 5.56 ng/m^3 ตามลำดับ และพบว่าบริเวณรร.ศรีวิกรม์พบสาร PAHs ทุกชนิด แต่ความเข้มข้นน้อยกว่าบริเวณพระโขนงและแยกเอกมัยมาก โดย PAHs 12 ชนิด มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.13 – 1.64 ng/m^3 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของ BaP ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง โดยเทียบมาตรฐานของ World Health Organization (WHO) ควรมีระดับ BaP ไม่เกิน 1 ng/m^3 จากการศึกษาพบว่าทั้ง 3 จุดเก็บตัวอย่างมีค่าอยู่ระหว่าง 1.67-9.47 ng/m^3 จากการศึกษาพบว่า มีค่า BaP ทุกพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงที่ทำให้เกิดมะเร็ง ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของ Thongsanit และคณะ (2003) เก็บตัวอย่างบริเวณพื้นที่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ดินแดง กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม โรงเรียนสิงหราช และมหาวิทยาลัยกรุงเทพ พบว่ามีค่า BaP ทุกพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงที่ทำให้เกิดมะเร็ง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 3-5 ng/m^3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.51 ชนิดของสารประกอบพอลิไซคลิกเอโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่ปรากฏในฝุ่นจากแหล่งกำเนิดหลักๆ ในแถบภูมิภาคเอเชีย

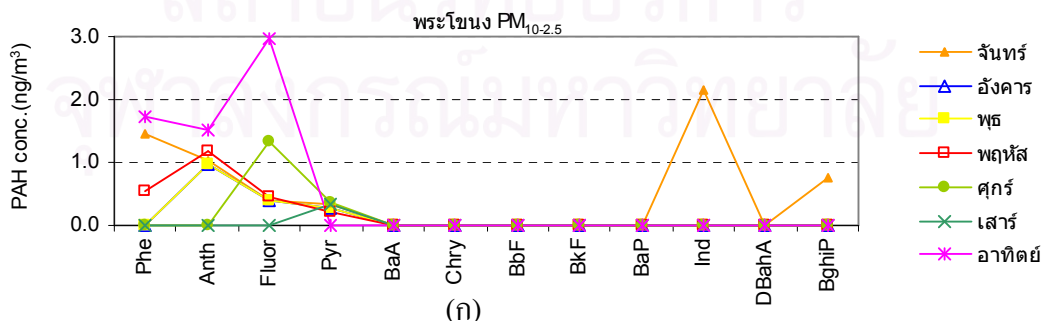
แหล่งกำเนิด	กิจกรรม/ประเภทพื้นที่	ชนิดที่พบ	เอกสารอ้างอิง
Stationary sources	Steel industry	BaP BaA Per BeP Cor Cyc	Yang และคณะ, 1998
	Cement	Acy Ace Anth	Yang และคณะ, 1998
	Power plant	Cyc, DBahA	Yang และคณะ, 1998
	Incineration	Pyr Pa Flu Ind Chry	Yang และคณะ, 1998; Kulkarni และ Venkataraman, 2000
Mobile sources	Diesel vehicle emission	Acy Flu Fluor Phe Pyr Chry BeP BbF BghiP	Yang และคณะ, 1998; Kulkarni และ Venkataraman, 2000; Ho และคณะ, 2002; Caricchia และคณะ, 1999 ; Oanh และคณะ, 2000
	Gasoline vehicle emission	Flu Chry Ind BghiP Cyc Cor	Yang และคณะ, 1998; Kulkarni และ Venkataraman, 2000; Ho และคณะ, 2002; Caricchia และคณะ, 1999; Omar และคณะ, 2002
	Roadside soil particles	Phe Fluor Pyr	Omar และคณะ, 2002
Combustion sources	Incomplete combustion and pyrolysis of fuels	Fluor Pyr Phe BghiP Ind	Ho และคณะ, 2002
	Combustion sources	Nap Acy Ace Flu Phe Anth	Park และคณะ, 2002
	Industrial oil burning	Pyr Chry Flu BaP Cyc	Yang และคณะ, 1998; Kulkarni และ Venkataraman, 2000
	Wood burning	BaP Flu	Kulkarni และ Venkataraman, 2000
	Coal combustion	Phe Flu Pyr	Kulkarni และ Venkataraman, 2000
Indoor sources	Camphor balls	Nap	Li และ Ro, 2000
	Incense burning	Fluor Pyr BaP BghiP	Li และ Ro, 2000
	Cooking-fuel	Pyr BaP	Kulkarni และ Venkataraman, 2000
พื้นที่ริมถนน (พระโขนง, เอกมัย, รร.ศรีวิกรม์)	Roadsides	Fluor BaP Ind BghiP BbF BaA Chry	การศึกษาครั้งนี้

หมายเหตุ * ที่มา Chang K-F และคณะ 2005

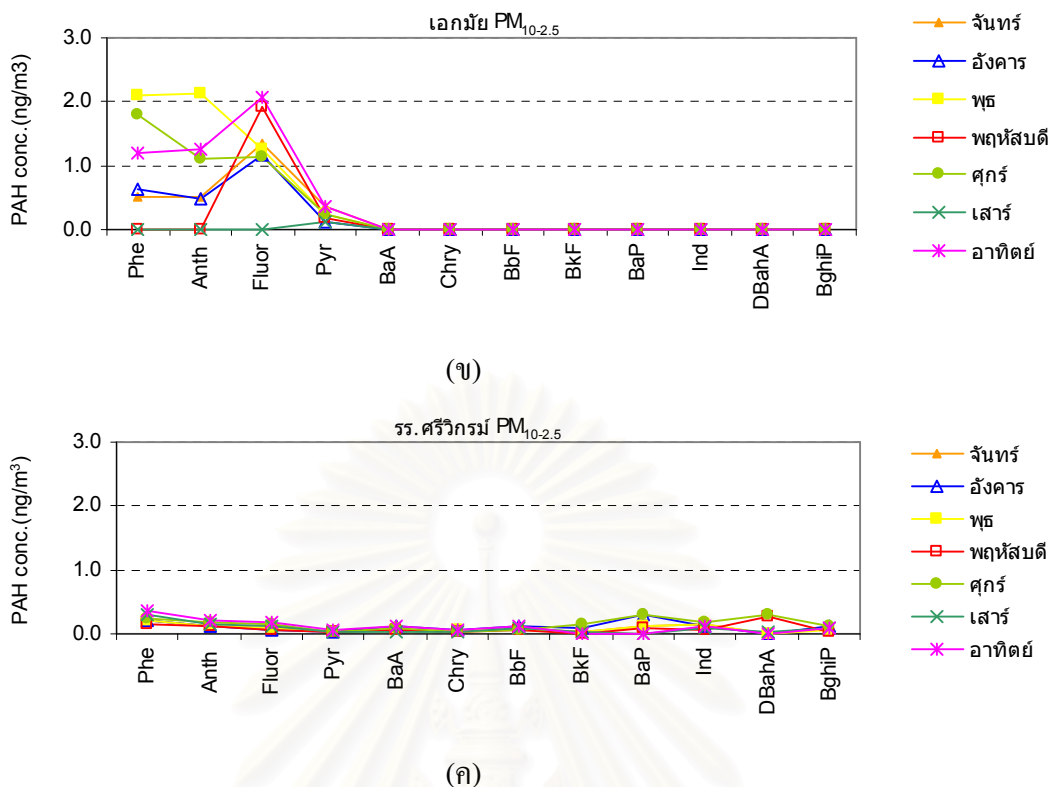
จากการศึกษาพบว่าฝุ่น $PM_{2.5}$ บริเวณ สถานีรถไฟฟ้าพระโขนง เอกมัย และรร.ศรีวิกรม์ พบ PAHs เกือบทุกชนิด ที่เป็น PAHs ที่ดูดซับบนอนุภาคแขวนลอย ยกเว้น DBahA และโดยส่วนใหญ่จะพบ Fluor BaP Ind BghiP BbF BaA Chry ในปริมาณสูง ซึ่ง PAHs ชนิดดังกล่าวมีแหล่งกำเนิดมาจากยานพาหนะประเภทดีเซลเป็นหลัก และเมื่อเปรียบเทียบชนิด PAHs ที่พบกับการศึกษาอื่น พบว่าสอดคล้องกับการศึกษาของ ปาจริย์ (2546) ศึกษา PAHs 20 ชนิด ในฝุ่นขนาดเล็กลงว่า 10 ไมครอน ในบรรยากาศบริเวณพื้นที่ริมถนน ได้แก่ จุฬาฯ และดินแดง BghiP Ind BeP BbF Cor และ BaP เป็นองค์ประกอบหลัก Oanh และคณะ (2000) ตรวจวัด PAHs 18 ชนิด โดยเก็บฝุ่น TSP ด้วย High volume sampler ภายใน The Asian Institute of Technology (AIT) โดยผลการศึกษาชี้ว่า Phe Anth Fluor และ Pyr มาจากการใช้เชื้อเพลิงเพื่อหุงต้มภายในมหาวิทยาลัยเป็นหลัก ส่วน BbF BghiP Cor Fluor และ Pyr มาจากยานพาหนะประเภทดีเซลภายใน AIT และพบว่าบริเวณถนนภายใน AIT มีความเข้มข้น PAHs โดยเฉลี่ย 12.79 ng/m^3 และ Kulkarni and Venkataraman (2000) ศึกษา PAHs ในบรรยากาศในประเทศอินเดีย โดยเก็บตัวอย่างฝุ่น TSP บริเวณพื้นที่ Saki Naka ซึ่งห่างจากจุดตัดการจราจร 0.5 กิโลเมตร เก็บที่ความสูง 15 เมตรจากพื้น และ Indian Institute of Technology (IIT) ซึ่งเป็นพื้นที่อยู่อาศัย โดยเก็บที่ความสูง 4 เมตรจากพื้น พบว่า Saki Naka และ IIT มีความเข้มข้นฝุ่น 126.6 และ $196.9 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ตามลำดับ และพบว่าที่ Saki Naka และ IIT มีความเข้มข้นของ total PAHs เท่ากับ 38.8 และ 24.5 ng/m^3 ตามลำดับ และยังระบุว่า Pyr Fluor มาจากเครื่องยนต์เบนซินและดีเซล Ind มาจาก เบนซิน และ Chry BbF BkF มาจากดีเซล ดังตารางที่ 4.51 ซึ่งแสดงชนิด PAHs จากแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ ที่ศึกษาวิจัยผ่านมา

4.7.1.2 ชนิดและปริมาณสาร PAHs ในฝุ่น $PM_{10-2.5}$

ผลศึกษาการกระจายตัวของ PAHs ในฝุ่น $PM_{10-2.5}$ บริเวณริมถนนสุขุมวิท โดยแสดงเป็น PAHs profile ในฝุ่น ตลอดจนลำดับที่ทำการเก็บตัวอย่างดังภาพที่ 4.65 (ก)-(ค)



ภาพที่ 4.65 PAHs profile ในฝุ่น $PM_{10-2.5}$ บริเวณสถานีรถไฟฟ้าพระโขนง แยกเอกมัย และ รร.ศรีวิกรม์



ภาพที่ 4.65 (ต่อ) PAHs profile ในฝุ่น $PM_{10-2.5}$ บริเวณพระโขนง แยกเอกมัย และ รร.ศรีวิกรม์

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณสาร PAHs ในฝุ่น $PM_{10-2.5}$ จะเห็นว่าที่บริเวณสถานีรถไฟฟ้าพระโขนง และแยกเอกมัยไม่สามารถตรวจพบ PAHs หลายๆ ชนิด (ได้แก่ BaA Chry BbF BkF BaP Ind DBahA BghiP) (ดังแสดงในภาพ 4.65(ก)-(ข)) ทั้งที่น่าจะพบปริมาณ PAHs ในฝุ่นดังกล่าว เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น สาเหตุที่ทำให้ได้ผลดังกล่าว คือ ในระหว่างการวิเคราะห์สาร PAHs ด้วย GC/MS ตัวอย่างของฝุ่นชนิดนี้นำมาสกัดและวิเคราะห์เป็นชุดแรก ซึ่งใช้ปริมาตรสุดท้ายของสารสกัดก่อนฉีดเข้า GC/MS ที่ $100 \mu l$ จึงพิจารณาแล้วเห็นว่า อาจเป็นเพราะตัวอย่างฝุ่นมีปริมาณน้อย จึงเป็นการยากที่จะพบสารกลุ่มนี้ ที่มีปริมาณน้อยได้ จึงปรับเทคนิคการวิเคราะห์ใหม่ โดยปรับปริมาตรสารตัวอย่างจาก $100 \mu l$ ให้เป็น $50 \mu l$ ซึ่งจะเห็นว่าในตัวอย่างที่ทำการเก็บที่บริเวณ รร.ศรีวิกรม์ สามารถวิเคราะห์พบ PAHs ชนิดต่างๆ มากขึ้น ดังภาพ 4.65(ค) ทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบปริมาณ PAHs ในฝุ่น $PM_{10-2.5}$ ที่บริเวณการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 บริเวณได้ และไม่สามารถบอกได้ว่ามีแนวโน้มเหมือนกันหรือไม่ เนื่องจากปัญหาทางเทคนิคที่กล่าวมาข้างต้น แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบ PAH-profiles ของฝุ่น $PM_{2.5}$ และ $PM_{10-2.5}$ ที่บริเวณรร.ศรีวิกรม์ โดยพบว่าลักษณะแนวโน้มการเพิ่มขึ้นลดลงของสารแต่ละชนิดเหมือนกัน และยังพบว่า รร.ศรีวิกรม์ มี BaP Ind DBahA Phe Anth และ Fluor สูง

ตารางที่ 4.52 ชนิดสาร PAHs ในฝุ่น $PM_{10-2.5}$ ที่บริเวณสถานีรถไฟฟ้าพระโขนง แยกเอกมัย และ รร.ศรีวิกรม์บริหารธุรกิจ

ชนิดของ PAHs	พระโขนง mean (min – max)	รร.ศรีวิกรม์ mean (min – max)	แยกเอกมัย mean (min – max)
Phe	0.53 (nd-1.73)	0.24 (0.15-0.35)	0.90 (nd-2.10)
Anth	0.81 (0.96-1.57)	0.14 (0.11-0.21)	0.78 (nd-2.12)
Fluor	0.85 (nd-0.39)	0.10 (0.05-0.18)	1.27 (nd-2.08)
Pyr	0.25 (nd-0.36)	0.03 (0.02-0.05)	0.23 (0.11-0.37)
BaA	nd	0.07 (0.04-0.12)	nd
Chry	nd	0.04 (0.03-0.07)	nd
BbF	nd	0.09 (0.05-0.13)	nd
BkF	nd	0.05 (nd-0.14)	nd
BaP	nd	0.13 (nd-0.29)	nd
Ind	0.31 (nd-2.15)	0.12 (0.05-0.17)	nd
DBahA	nd	0.08 (nd-0.29)	nd
BghiP	0.11 (nd-0.77)	0.08 (0.04-0.11)	nd
Total PAHs	2.86 (0.32-6.23)	1.19 (0.92-1.80)	3.18 (0.11-5.71)

PAH-profiles ของฝุ่น $PM_{10-2.5}$ บริเวณพระโขนง เอกมัย และ รร.ศรีวิกรม์ มีค่าเฉลี่ย total pPAHs 2.86 ng/m^3 3.18 ng/m^3 และ 1.19 ng/m^3 ตามลำดับ โดยชนิดที่พบวามทั้ง 3 บริเวณ คือ Phe Anth Fluor และ Pyr ซึ่งเป็นสาร PAHs ที่มีวงแอมโรมาติก 3-4 วง โดยพบว่าบริเวณพระโขนงมีค่าอยู่ในช่วงเดียวกับ แยกมัย และมีค่าสูงกว่า รร.ศรีวิกรม์

จากการศึกษาชนิด เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณสาร PAHs ในฝุ่น $PM_{2.5}$ และ $PM_{10-2.5}$ พบว่าที่บริเวณพระโขนง แยกเอกมัย และรร.ศรีวิกรม์ มีชนิดสาร pPAHs ที่เหมือนกัน แต่มีปริมาณที่แตกต่างกัน โดยพบว่าบริเวณ แยกเอกมัยและพระโขนง มีค่าไม่แตกต่างกัน และมีค่าสูงกว่าบริเวณรร.ศรีวิกรม์ เมื่อนำปริมาณของ PAHs โดยรวมในฝุ่น $PM_{2.5}$ และ $PM_{10-2.5}$ ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ไปเปรียบเทียบกับงานวิจัยของผู้อื่นพบว่า สาร PAHs ในฝุ่น $PM_{10-2.5}$ อยู่ในช่วงที่คล้ายคลึงกับการศึกษาของ Oanh และคณะ (2000) ที่ตรวจวัดในประเทศไทยมีค่าเท่ากับ 12.79 ng/m^3 และการศึกษาของ Omar และคณะ (2002) ที่ตรวจวัดในเขตเมืองของประเทศมาเลเซีย มีค่าเท่ากับ $6.28 \pm 4.35 \text{ ng/m}^3$ ดังตารางสรุปที่ 4.53 ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยของ PAHs โดยรวมในฝุ่นชนิดต่างๆ ในหลายๆ ประเทศ

ตารางที่ 4.53 Total PAHs (ng/m³) ในฝุ่น ที่ศึกษาในประเทศต่างๆ

ประเทศ	ความเข้มข้น (ng/m ³)	ลักษณะฝุ่น	ระยะเวลาที่เก็บ (ชั่วโมง)	อ้างอิง
Urban sites, Thailand	12.79	TSP	24	Oanh และคณะ, 2000
Urban sites, China	170-490	TSP	24	Simoneit และคณะ, 1991
Urban Malaysia	6.28±4.35	PM ₁₀	24	Omar และคณะ., 2002
Urban sites, Malaysia	7 and 9	TSP	24	Fang และคณะ, 1999
Urban Mumbai, India	24.5 and 38.8	PM ₁₀	72	Kulkarni และ Venkataraman, 2000
Urban Heraclion, Island of Crete, Greece	21.4-59.0	TSP	12-24	Gogou และคณะ, 1996
Urban Los Angeles, USA	0.02-0.18	TSP	24	Simoneit, 1984
Urban sites, Italy	35.14-72.41	PM ₁₀	24	Caricchiaและคณะ, 1999
Rural Finocalia, Island of Crete, Greece	0.2-2.0	TSP	20-24	Gogou และคณะ, 1996
Rural Malaysia	0.30 ±0.15	PM ₁₀	48	Omar และคณะ., 2002
Roadsides, Hong Kong	41.75 54.72	PM _{2.5} PM ₁₀	24	Guo และคณะ, 2003
Roadsides, Bangkok	7.67-39.64 1.19-3.18	PM _{2.5} PM _{10-2.5}	24	การศึกษานี้

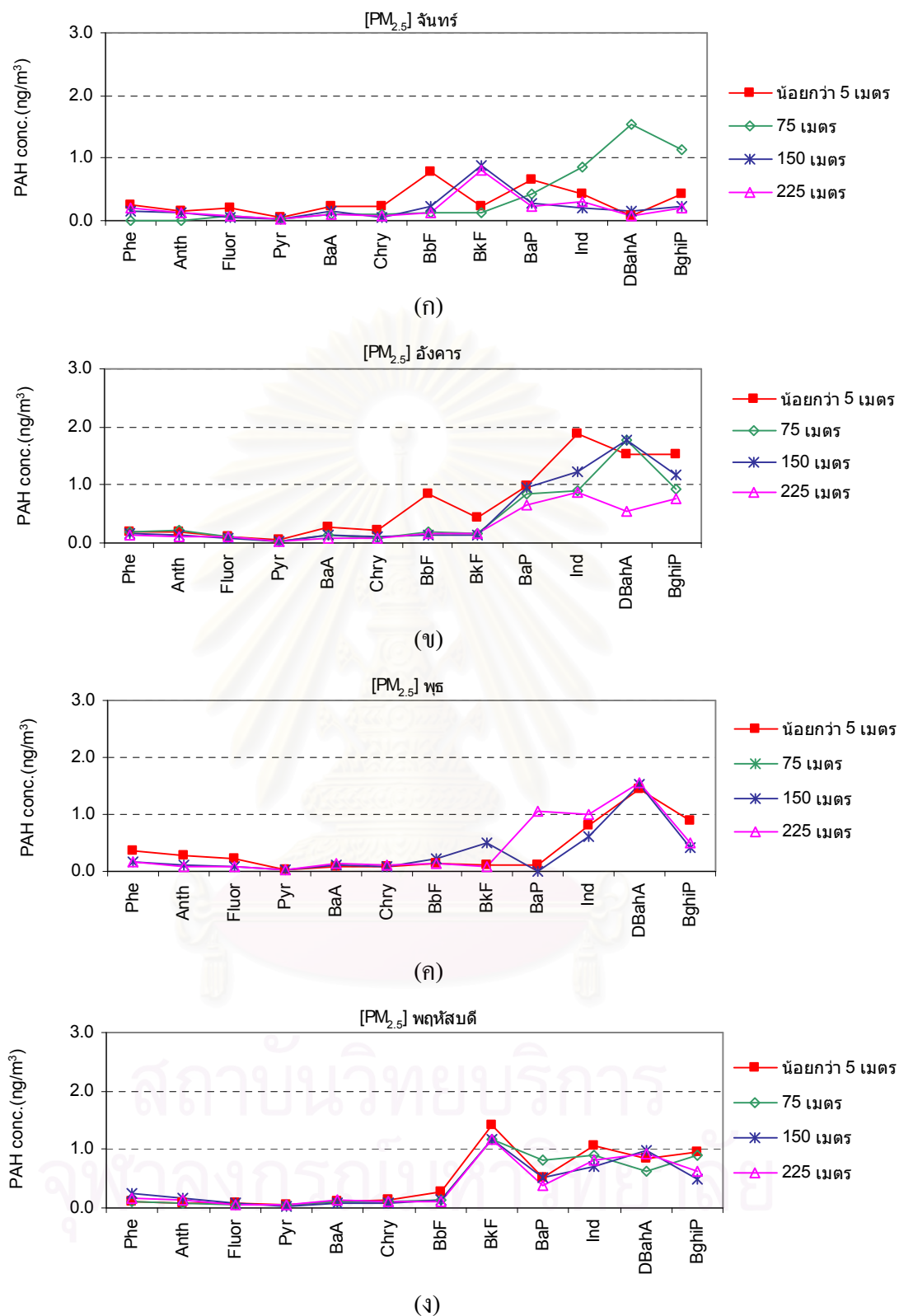
หมายเหตุ ที่มา Omar และคณะ, 2002

4.7.2 การศึกษาการกระจายตัวของฝุ่น PM_{2.5} และ PM_{10-2.5} ตามแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิท

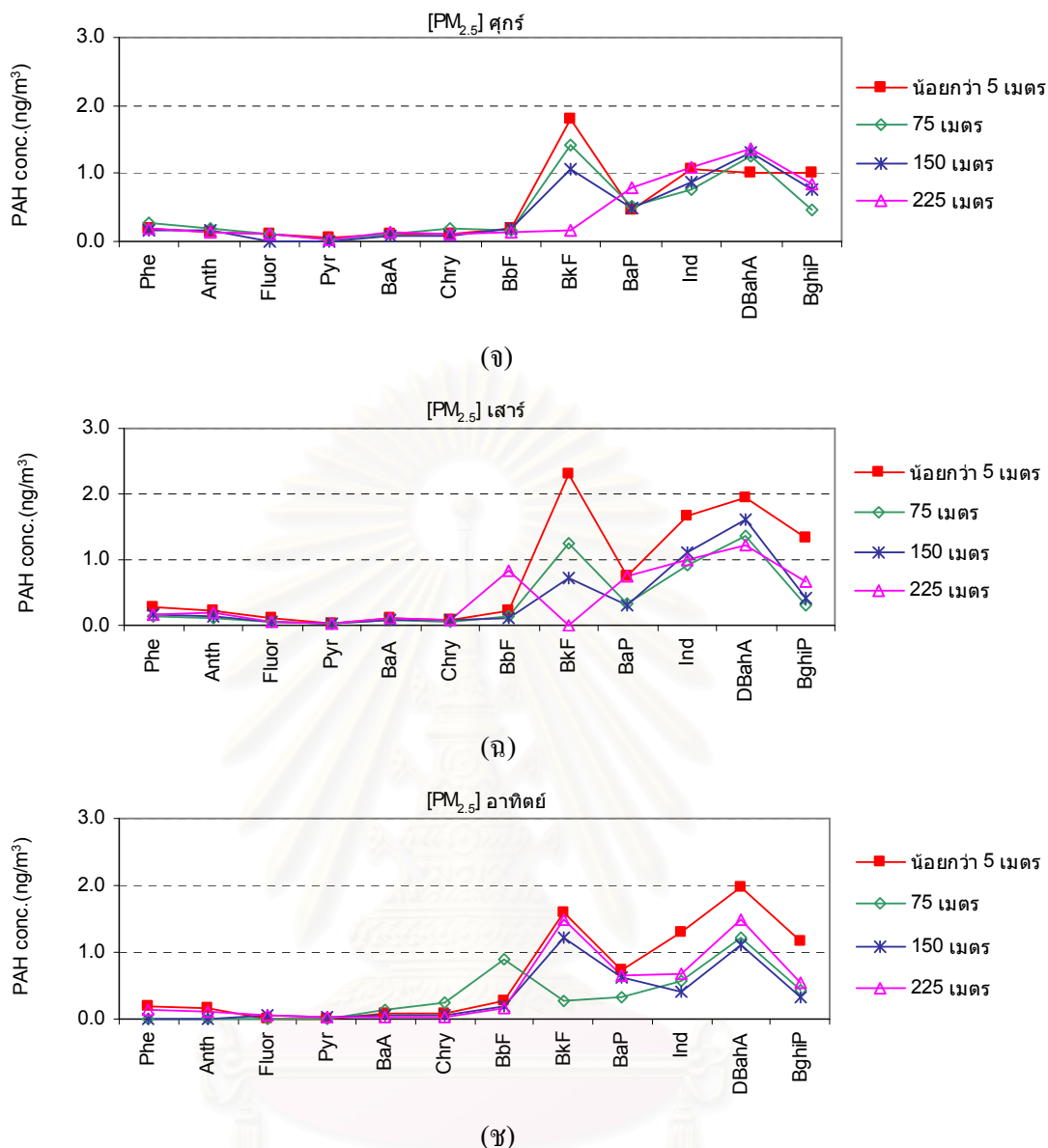
ฝุ่นละออง PM_{2.5} และ PM_{10-2.5} ที่ได้จากการศึกษาการกระจายตัวในแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิท (ดังอธิบายในหัวข้อ 4.6.2) นำมาวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสาร PAHs โดยเครื่อง GC/MS ซึ่งผลการวิเคราะห์สามารถแสดงเป็น PAH profile ในฝุ่น PM_{2.5} และ PM_{10-2.5} ดังนี้

4.7.2.1 ชนิดและปริมาณสาร PAHs ในฝุ่น PM_{2.5}

ผลการศึกษาการกระจายตัวของ PAHs ในฝุ่น PM_{2.5} ตามแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิทบริเวณอุทยานเบญจสิริ สามารถแสดงเป็น PAHs profile ในฝุ่นที่ตรวจพบในแต่ละวันของสัปดาห์ที่เก็บตัวอย่าง ดังภาพที่ 4.66 (ก)-(ข)



ภาพที่ 4.66 PAHs Profile ในฝุ่น PM_{2.5} วันจันทร์ (ก) อังคาร (ข) พุช (ค) พุทหัสบดี (ง) สุกรี (จ) เสาร (ฉ) และ อาทิตย์ (ช)



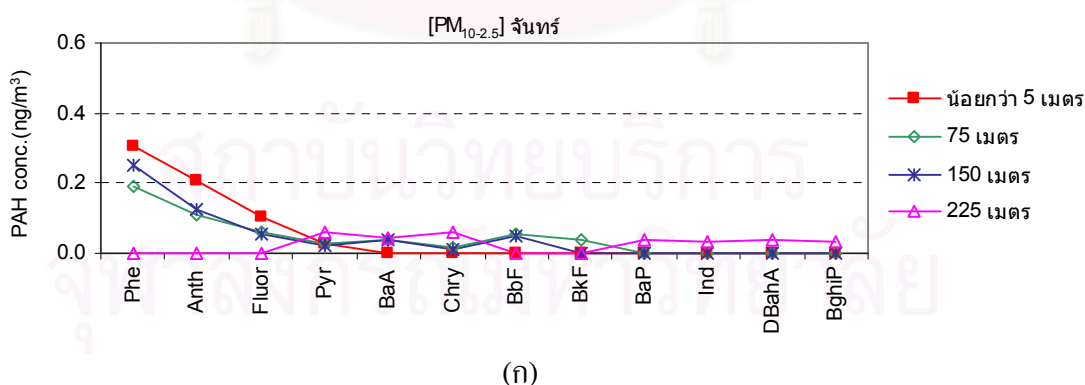
ภาพที่ 4.66 (ต่อ) PAHs Profile ในฝุ่น $PM_{2.5}$ วันจันทร์ (ก) อังคาร (ข) พุธ (ค) พฤหัสบดี (ง) สุกร (จ) เสาร์ (ฉ) และ อาทิตย์ (ช)

จากภาพที่ 4.66 แสดง PAH-profiles ในฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่ระยะทางต่างๆ ใน 1 สัปดาห์ ระหว่างวันจันทร์ถึงวันอาทิตย์ พบว่าในแต่ละวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง PAH profile ที่พบในแต่ละระยะทางที่ห่างจากถนน มีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้น-ลดลง ที่สอดคล้องกัน สำหรับตัวอย่างฝุ่นที่ระยะ 75 เมตร ของวันพฤหัสบดีไม่สามารถนำเสนอได้เนื่องจากมีข้อขัดข้องทางกระแสไฟฟ้าขณะที่ทำการวิเคราะห์ด้วย GC/MS จึงทำให้เสียตัวอย่างที่วิเคราะห์ไป ชนิดของ PAHs ที่พบเป็นหลักและมีปริมาณสูงในฝุ่น $PM_{2.5}$ ได้แก่ BkF BaP Ind DBahA และ BghiP ซึ่งจัดเป็น PAHs ที่มีจำนวนวงอะโรมาติก 5 วง ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับ การศึกษา $PM_{2.5}$ ตามแนวถนน

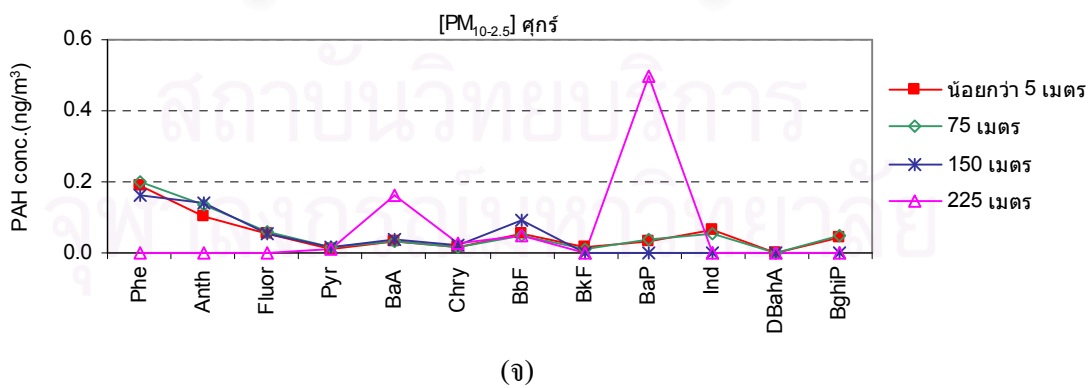
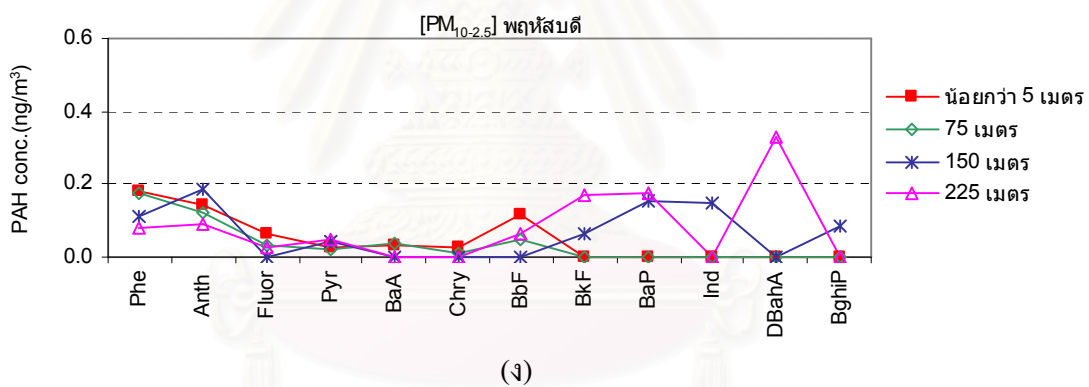
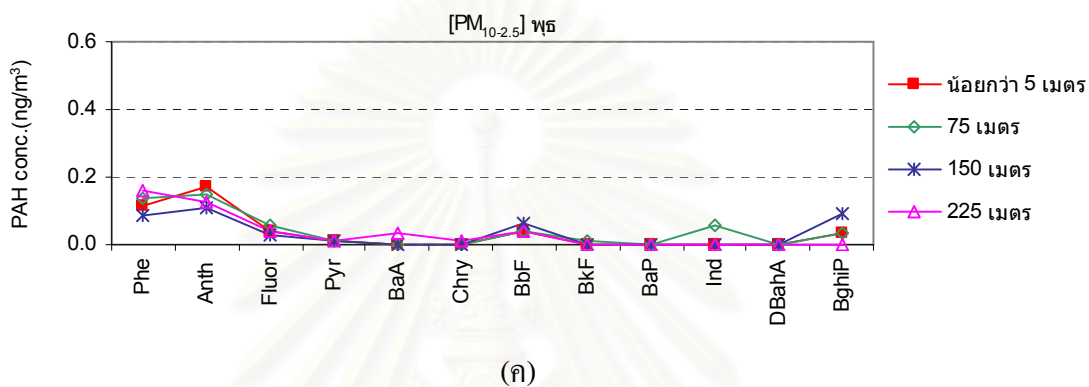
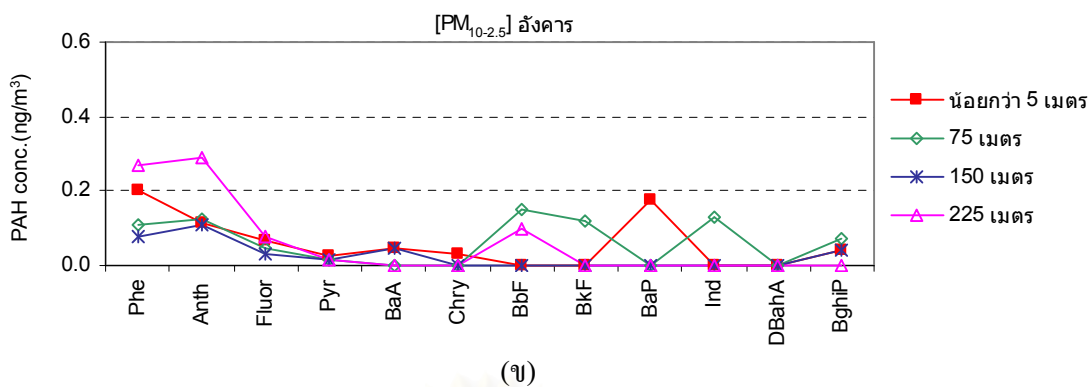
เมื่อเปรียบเทียบระหว่างปริมาณ PAHs ชนิดต่างๆ ที่ระยะห่างจากถนนทั้ง 4 ระยะ พบว่า พบว่า ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตรจากถนน มีค่าแนวโน้มของปริมาณ PAHs ที่พบสูงกว่าที่ระยะ 75 150 และ 225 เมตร (เห็นได้ชัดในวันเสาร์และอาทิตย์) และที่ระยะ 75 150 และ 225 เมตร มีปริมาณของ PAHs โดยรวมใกล้เคียงกัน โดย total PAHs เฉลี่ยที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร มีค่าเท่ากับ 6.85 4.79 4.42 และ 4.4 ng/m^3 ตามลำดับ โดยเมื่อเทียบจากระยะน้อยกว่า 5 เมตร ที่ระยะ 75 150 และ 225 เมตร %มีการลดลงเท่ากับ 29.98 35.5 และ 35.7% ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นที่ลดลงประมาณ 20.62% ถึง 25.64% สรุปว่าทั้ง 3 ระยะ มีแนวโน้มความเข้มข้นลดลงตามระยะทาง โดยเฉพาะที่น้อยกว่า 5 เมตร ไปยังที่ระยะ 75 เมตร แสดงว่าสาร pPAHs จากบริเวณริมถนนกระจายเข้ามายังบริเวณที่ห่างจากถนน และพบว่าเริ่มมีความเข้มข้นคงที่ตั้งแต่ระยะ 75 เมตรขึ้นไป จากการศึกษาเมื่อนำ total PAHs เฉลี่ยที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร มาเปรียบเทียบกับผลการกระจายตามแนวถนน พบว่าที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร ที่สวนเบญจสิริมีความเข้มข้นเฉลี่ยรวมใกล้เคียงกับบริเวณ รร. ศรีวิกรม์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.67 ng/m^3 เนื่องจากเมื่อพิจารณาโครงสร้างถนนพบว่า มีลักษณะคล้ายคลึงกันคือมีอาคารสูง 1 ฟังถนน และวางรถไฟฟ้า BTS ปิดล้อมช่องจราจรบางส่วน

4.7.2.2 ชนิดและปริมาณสาร PAHs ในฝุ่น $\text{PM}_{10-2.5}$

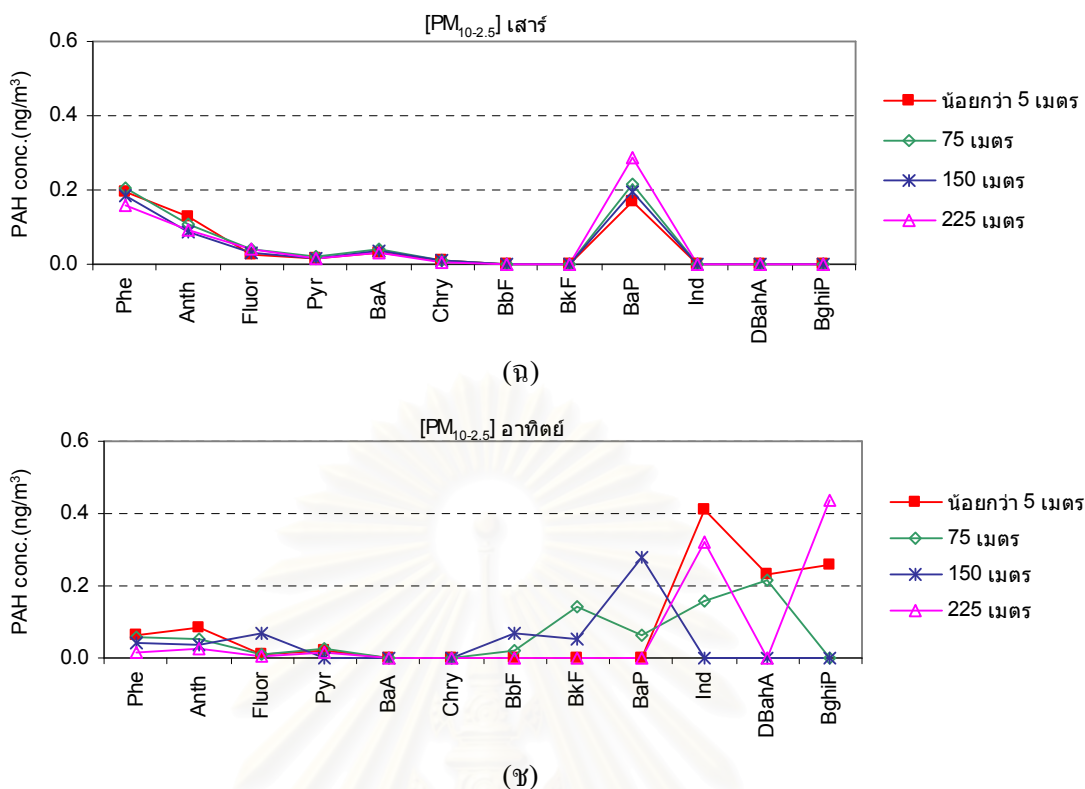
ผลการศึกษาการกระจายตัวของ PAHs ในฝุ่น $\text{PM}_{2.5}$ ตามแนวตั้งฉากกับถนน สุขุมวิทบริเวณอุทยานเบญจสิริ สามารถแสดงเป็น PAHs profile ในฝุ่นที่ตรวจพบในแต่ละวันของ สัปดาห์ที่เก็บตัวอย่าง ดังภาพที่ 4.67 (ก)-(ข)



ภาพที่ 4.67 PAHs Profile ในฝุ่น $\text{PM}_{10-2.5}$ วันจันทร์ (ก) อังคาร (ข) พุธ (ค) พฤหัสบดี (ง) ศุกร์ (จ) เสาร์ (ฉ) และ อาทิตย์ (ช)



ภาพที่ 4.67 (ต่อ) PAHs Profile ในฝุ่น PM_{10-2.5} วันจันทร์ (ก) อังคาร (ข) พุธ (ค) พฤหัสบดี (ง) ศุกร์ (จ) เสาร์ (ฉ) และ อาทิตย์ (ช)



ภาพที่ 4.67 (ต่อ) PAHs Profile ในฝุ่น PM_{10-2.5} วันจันทร์ (ก) อังคาร (ข) พุธ (ค) พฤหัสบดี (ง) ศุกร์ (จ) เสาร์ (ฉ) และ อาทิตย์ (ช)

ภาพที่ 4.67 แสดง PAH-profiles ในฝุ่น PM_{10-2.5} ที่ระยะทางต่างๆ ในวันจันทร์ – วันอาทิตย์ พบว่าในแต่ละวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง PAHs profile ที่วิเคราะห์ได้ที่ระยะทางต่างๆ นั้น มีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้น-ลดลงของ PAHs แต่ละชนิดสอดคล้องกัน (ยกเว้นในบางวัน เช่น อังคาร พฤหัสบดี ศุกร์ และอาทิตย์ ที่ PAHs บางชนิดมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกัน) สำหรับชนิดของ PAHs ที่พบใน PM_{10-2.5} เป็นหลักนั้นได้แก่ Phe Anth Fluor BaP BbF และ DBahA ซึ่งให้ผลที่คล้ายคลึงกันกับการศึกษาตามแนวนอน ในฝุ่นชนิดเดียวกัน

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ย total PAHs ในฝุ่น PM_{10-2.5} ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.65 0.61 0.53 และ 0.65 ng/m³ ตามลำดับ ผลที่ได้ชี้ให้เห็นว่า ไม่พบแนวโน้มการลดลงของสาร PAHs เมื่อระยะทางห่างจากถนนเพิ่มขึ้น ซึ่งแตกต่างจากผลของปริมาณความเข้มข้นฝุ่น PM_{10-2.5} และ PAHs ใน PM_{2.5}

จากการศึกษาฝุ่นทั้ง 2 ชนิด พบว่าสาร PAHs ที่เกาะกับฝุ่นละอองที่มากับยานพาหนะ มีความเกี่ยวข้องกับฝุ่นขนาด PM_{2.5} มากกว่าฝุ่น PM_{10-2.5} เนื่องจากพบว่าสาร pPAHs ในฝุ่น PM_{2.5} ลดลง เมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น และสอดคล้องกับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ PM_{2.5} ด้วย แต่กลับไม่พบแนวโน้มในฝุ่น PM_{10-2.5} เนื่องจากสาร PAHs ในฝุ่น PM_{10-2.5} อาจไม่ได้มาจากการจราจรเพียงอย่างเดียว จากการศึกษานี้พบว่าชนิด PAHs ที่มีโมเลกุลต่ำๆ พบมากในฝุ่น PM_{10-2.5} แต่ไม่พบ

ในฝุ่น $PM_{2.5}$ เช่น Phe Anth Fluor และ Pyr ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Schnelle และคณะ (1995) ซึ่งศึกษาการกระจายตัวของ PAHs ในฝุ่นละอองในบรรยากาศภายนอกอาคาร ใน Naila ทางใต้ของเยอรมันนี โดยใช้ High-volume sampler ต่อกับ Andersen PM_{10} Sampler (HVS) ที่อัตราการไหลอากาศ $1.13 \text{ m}^3/\text{min}$ และทำการวิเคราะห์ PAHs 22 ชนิด ในฝุ่นขนาดต่างๆ คือ 0.49 $0.49-0.95$ $0.95-1.5$ $1.5-3.0$ $3.0-7.2$ และ $7.2-10$ ไมครอน พบว่ามากกว่าร้อยละ 50 ของ PAHs อยู่ในฝุ่นขนาดเล็กกว่า 0.49 และมากกว่าร้อยละ 85 ของ PAHs อยู่ในฝุ่นขนาดเล็กกว่า 1.5 และพบว่า สาร PAHs ชนิดตั้งแต่ Phe Anth Fluor และ Pyr ความเข้มข้นจะสูงขึ้นเมื่อขนาดของฝุ่นใหญ่ขึ้น Guo และคณะ (2003) ตรวจวัด PAHs 16 ชนิด ในฝุ่น $PM_{2.5}$ และ PM_{10} ในเมืองฮ่องกง ในเขตพื้นที่จราจรหนาแน่น และพื้นที่ที่รวม พบว่า ratio ของ PAHs ใน $PM_{2.5}/PM_{10}$ ในพื้นที่จราจรหนาแน่น มีค่า ratio $0.76-0.84$ และในพื้นที่ที่รวมมีค่า ratio $0.72-0.79$ แสดงว่า PAHs ที่ดูดซับในฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน มีปริมาณมากกว่า ฝุ่นที่มีขนาด $2.5-10$ ไมครอน เมื่อพิจารณาจากการศึกษาครั้งนี้พบว่า มีพบว่า ratio ของ pPAHs ใน $PM_{2.5}/PM_{10}$ ที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร 75 150 และ 225 เมตร เท่ากับ 0.91 0.89 0.89 และ 0.87 แสดงว่า pPAHs จากการจราจรเกี่ยวข้องกับฝุ่น $PM_{2.5}$ มากกว่า $PM_{10-2.5}$

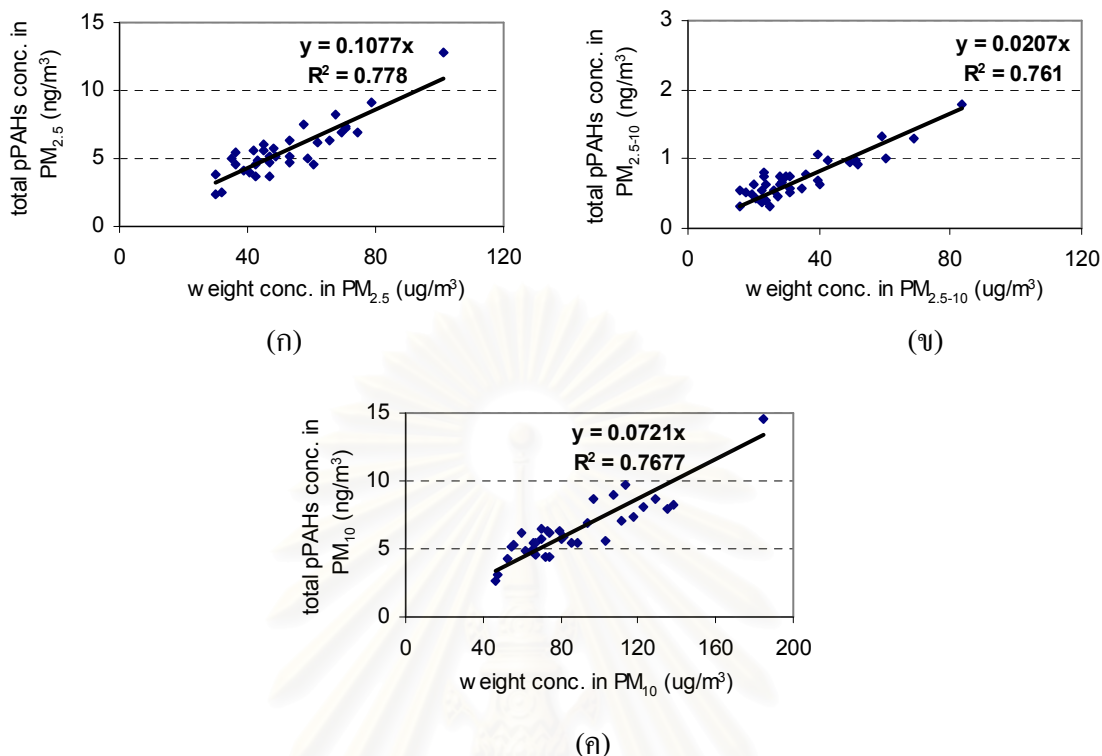
4.7.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้น PAHs ในฝุ่นกับปริมาณฝุ่นละออง

ค่าความเข้มข้นรวมของ PAHs 12 ชนิด ได้แก่ anthracene phenanthrene fluoranthene pyrene benzo(a)anthracene chrysene benzo(b)fluoranthene benzo(k)fluoranthene benzo(a)pyrene indeno(1,2,3-cd)pyrene dibenz(a,h)anthracene benzo(g,h,i)pyrene ที่วิเคราะห์โดย GC/MS ได้นำมาหาความสัมพันธ์กับความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดต่างๆ $PM_{2.5}$ $PM_{10-2.5}$ และ PM_{10} โดยได้คัดเลือกข้อมูลที่เก็บบริเวณ รร.ศรีวิกรม์และบริเวณอุทยานเบญจสิริ มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เนื่องจาก ระหว่างการวิเคราะห์สาร PAHs ด้วย GC/MS ตัวอย่างของฝุ่นที่นำมาสกัดและวิเคราะห์เป็นชุดแรก ซึ่งใช้ปริมาตรสุดท้ายของสารสกัดก่อนฉีดเข้า GC/MS ที่ $100 \mu\text{l}$ จึงพิจารณาแล้วเห็นว่า อาจเป็นเพราะตัวอย่างฝุ่นมีปริมาณน้อย จึงเป็นการยากที่จะพบสารกลุ่มนี้ ที่มีปริมาณน้อยได้ จึงปรับเทคนิคการวิเคราะห์ใหม่ โดยปรับปริมาตรสารตัวอย่างจาก $100 \mu\text{l}$ ให้เป็น $50 \mu\text{l}$ (ที่เก็บบริเวณ รร.ศรีวิกรม์และบริเวณอุทยานเบญจสิริ) ซึ่งสามารถวิเคราะห์พบ PAHs ชนิดต่างๆ มากขึ้น จึงคัดเลือกข้อมูลเฉพาะที่เก็บบริเวณ รร.ศรีวิกรม์และบริเวณอุทยานเบญจสิริ ผลความเข้มข้นของ PAHs ในตัวอย่างฝุ่นและ ปริมาณฝุ่นขนาดต่างๆ แสดงในตารางที่ 4.54 และกราฟและภาพที่ 4.68

ตารางที่ 4.54 ความเข้มข้นรวมของ PAHs 12 ชนิด ใน PM_{2.5} PM_{10-2.5} และ PM₁₀

พื้นที่	Total concentration of 12 PAHs ใน PM _{2.5} (ng/m ³)	Total concentration of 12 PAHs ใน PM _{10-2.5} (ng/m ³)	Total concentration of 12 PAHs ใน PM ₁₀ (ng/m ³)	ฝุ่น PM _{2.5} (µg/m ³)	ฝุ่น PM _{10-2.5} (µg/m ³)	ฝุ่น PM ₁₀ (µg/m ³)
วันที่ 1 เบลูจสิริ น้อยกว่า 5 เมตร	3.72	0.64	4.36	46.63	28.11	74.74
วันที่ 2 เบลูจสิริ น้อยกว่า 5 เมตร	8.21	0.70	8.91	67.46	39.31	106.77
วันที่ 3 เบลูจสิริ น้อยกว่า 5 เมตร	4.56	0.42	4.98	42.38	23.89	66.28
วันที่ 4 เบลูจสิริ น้อยกว่า 5 เมตร	5.68	0.59	6.27	48.05	31.17	79.22
วันที่ 5 เบลูจสิริ น้อยกว่า 5 เมตร	6.27	0.63	6.90	53.24	40.50	93.73
วันที่ 6 เบลูจสิริ น้อยกว่า 5 เมตร	9.10	0.57	9.67	78.85	34.78	113.63
วันที่ 7 เบลูจสิริ น้อยกว่า 5 เมตร	7.56	1.08	8.63	57.23	39.45	96.67
วันที่ 1 เบลูจสิริ 75 เมตร	4.56	0.53	5.08	36.50	17.65	54.15
วันที่ 2 เบลูจสิริ 75 เมตร	5.55	0.76	6.31	41.80	30.95	72.75
วันที่ 3 เบลูจสิริ 75 เมตร	-	0.50	-	-	19.21	-
วันที่ 4 เบลูจสิริ 75 เมตร	5.06	0.45	5.51	58.64	27.28	85.92
วันที่ 5 เบลูจสิริ 75 เมตร	5.52	0.66	6.18	45.20	28.67	73.87
วันที่ 6 เบลูจสิริ 75 เมตร	4.77	0.64	5.41	46.78	20.09	66.87
วันที่ 7 เบลูจสิริ 75 เมตร	4.06	0.75	4.81	39.05	22.86	61.90
วันที่ 1 เบลูจสิริ 150 เมตร	2.54	0.56	3.10	31.64	15.55	47.19
วันที่ 2 เบลูจสิริ 150 เมตร	6.08	0.32	6.40	45.21	25.24	70.44
วันที่ 3 เบลูจสิริ 150 เมตร	3.88	0.38	4.26	29.83	22.51	52.35
วันที่ 4 เบลูจสิริ 150 เมตร	4.70	0.79	5.49	52.93	35.83	88.76
วันที่ 5 เบลูจสิริ 150 เมตร	5.19	0.52	5.71	48.72	31.31	80.03
วันที่ 6 เบลูจสิริ 150 เมตร	4.85	0.56	5.40	43.43	22.58	66.01
วันที่ 7 เบลูจสิริ 150 เมตร	4.02	0.54	4.56	40.70	26.30	67.00
วันที่ 1 เบลูจสิริ 225 เมตร	2.33	0.31	2.64	30.26	15.67	45.92
วันที่ 2 เบลูจสิริ 225 เมตร	3.69	0.75	4.44	42.47	30.06	72.53
วันที่ 3 เบลูจสิริ 225 เมตร	4.93	0.43	5.36	34.76	20.56	55.32
วันที่ 4 เบลูจสิริ 225 เมตร	4.63	0.97	5.60	60.44	42.50	102.94
วันที่ 5 เบลูจสิริ 225 เมตร	5.12	0.75	5.86	52.88	28.26	81.14
วันที่ 6 เบลูจสิริ 225 เมตร	5.11	0.63	5.73	46.66	23.93	70.59
วันที่ 7 เบลูจสิริ 225 เมตร	5.41	0.82	6.23	36.53	23.20	59.73
วันที่ 1 รร.ศรีวิกรม์	6.94	1.01	7.95	74.46	60.55	135.00
วันที่ 2 รร.ศรีวิกรม์	6.94	1.30	8.24	69.59	68.61	138.21
วันที่ 3 รร.ศรีวิกรม์	6.30	0.99	7.29	65.92	51.42	117.34
วันที่ 4 รร.ศรีวิกรม์	0.92	7.22	8.14	70.69	52.00	122.70
วันที่ 5 รร.ศรีวิกรม์	1.80	12.76	14.56	101.03	83.55	184.58
วันที่ 6 รร.ศรีวิกรม์	0.96	6.11	7.07	62.02	49.50	111.52
วันที่ 7 รร.ศรีวิกรม์	1.32	7.39	8.71	70.42	58.82	129.24

หมายเหตุ : - มีข้อขัดข้องทางกระแสไฟฟ้าขณะทำการวิเคราะห์ด้วย GC/MS



ภาพที่ 4.68 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นรวมของ PAHs 12 ชนิด กับความเข้มข้นฝุ่นละออง

จากภาพ 4.68 (ก) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้น pPAHs ในฝุ่น $PM_{2.5}$ กับความเข้มข้นฝุ่น $PM_{2.5}$ ซึ่งได้ค่า R^2 เท่ากับ 0.778 แสดงถึง ปริมาณความเข้มข้นรวมของ PAHs ในฝุ่น $PM_{2.5}$ มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นฝุ่น $PM_{2.5}$ ในทำนองเดียวกัน ความเข้มข้นของ PAHs ใน $PM_{10-2.5}$ มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นฝุ่น $PM_{10-2.5}$ ที่ค่า R^2 เท่ากับ 0.761 (ดังภาพ 4.80 (ข)) และความเข้มข้นของ PAHs ใน PM_{10} มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นฝุ่น PM_{10} ที่ค่า R^2 เท่ากับ 0.7677 (ดังภาพ 4.68 (ค))

จากการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นรวมของ pPAHs ในฝุ่น $PM_{2.5}$ ต่อ ความเข้มข้นรวมของ pPAHs ในฝุ่น PM_{10} พบว่ามีค่าเฉลี่ย 0.88 แสดงว่า PAHs ในฝุ่นละอองเกาะกับฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน มากกว่า ฝุ่นที่มีขนาด 2.5 – 10 ไมครอน ซึ่งพบว่ามีสัดส่วนสอดคล้องกับการศึกษาของ Guo และคณะ (2003) ซึ่งทำการศึกษาความเข้มข้นของสาร PAHs 16 ชนิด ในตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) และเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) ในเมืองฮ่องกงในช่วงฤดูหนาว ระหว่างเดือนพฤศจิกายน ปี 2000 ถึงเดือนมีนาคม ปี 2001 และฤดูร้อนในเดือนมิถุนายน ถึงเดือนสิงหาคม ปี 2001 โดยทำการเก็บตัวอย่างที่ Hung Hom ซึ่งเป็นตัวแทนพื้นที่ที่มีจราจรหนาแน่น และที่ Kwun Tony เป็นตัวแทนพื้นที่ที่รวม พบว่าพื้นที่ Hung Hom มีสัดส่วนปริมาณความเข้มข้น PAHs ใน $PM_{2.5}$ ต่อความเข้มข้น pPAHs ใน PM_{10} 0.76-0.84 และ

พื้นที่ Kwun Tony มีสัดส่วนปริมาณความเข้มข้น pPAHs ใน $PM_{2.5}$ ต่อความเข้มข้น pPAHs ใน PM_{10} มีสัดส่วนปริมาณความเข้มข้น pPAHs ใน $PM_{2.5}$ ต่อความเข้มข้น pPAHs ใน PM_{10} 0.72 – 0.79 แสดงว่า PAHs ในฝุ่นละอองเกาะกับฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน มากกว่า ฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน แต่มากกว่า 2.5 ไมครอน

4.7.4 ความสัมพันธ์ของค่าความเข้มข้นของ PAHs ระหว่างการเก็บตัวอย่างแบบ on-line และ off-line

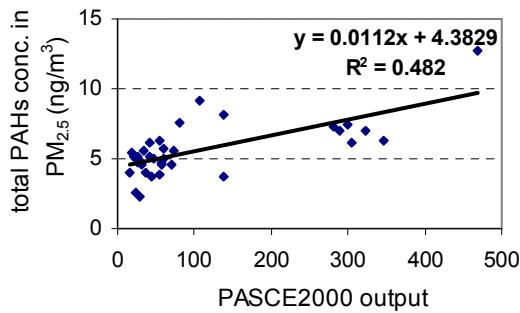
การหาความสัมพันธ์ระหว่างเครื่อง PAS2000CE กับการวิเคราะห์โดย GC/MS PAHs ที่ตรวจวัดได้ทั้ง 2 วิธี อยู่บนพื้นฐานของการตรวจวัดที่แตกต่างกัน โดยเครื่อง PAS2000CE สามารถตรวจวัดความเข้มข้นรวมของ pPAHs ที่มีขนาดประมาณ 1 ไมครอน และตรวจวัด ณ เวลาจริงที่ทำการเก็บตัวอย่าง แต่มีข้อเสียคือไม่สามารถบอกชนิดและปริมาณสาร PAHs แต่ละชนิดได้ ส่วนการวิเคราะห์ทางเคมีของ PAHs 16 ชนิด เป็นไปตามวิธีมาตรฐานของ US. EPA. ซึ่งสามารถทราบชนิดและปริมาณที่แน่นอน แต่มีข้อเสียคือ ตรวจวัดชนิดได้น้อยกว่าและใช้เวลาในการวิเคราะห์นาน และยุ่งยาก การหาความสัมพันธ์ของค่าความเข้มข้นของ PAHs ระหว่างการเก็บตัวอย่างโดย PAS และวิเคราะห์ความเข้มข้นรวมของ PAHs 12 ชนิดในฝุ่นขนาดต่างๆ สามารถนำความสัมพันธ์ที่ได้จากวิธีทั้งสองเพื่อคาดคะเนปริมาณของ PAHs ชนิดต่างๆ ในบริเวณที่ไม่ได้ทำการเก็บฝุ่นไปวิเคราะห์ต่อไป จากการศึกษาหาความสัมพันธ์โดย ค่าความเข้มข้นรวมของ PAHs 12 ชนิดในฝุ่นขนาดต่างๆ ได้แก่ $PM_{2.5}$ $PM_{10-2.5}$ PM_{10} ที่ได้ทำการเก็บตัวอย่างบริเวณ รร.ศรีวิกรม์ และบริเวณอุทยานเบญจสิริ ในช่วงเวลาเดียวกับการตรวจวัดแบบ on-line โดยใช้ PAS2000CE ได้นำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของ PAHs ที่ตรวจวัดได้ทั้ง 2 วิธี ซึ่งผลการวิเคราะห์โดย GC/MS และที่ตรวจวัดโดย PAS2000CE แสดงในตารางที่ 4.53

ตารางที่ 4.55 ความเข้มข้นรวมของ PAHs 12 ชนิด ใน $PM_{2.5}$ $PM_{10-2.5}$ และ PM_{10} กับความเข้มข้นรวมที่ตรวจวัดโดย PAS2000CE

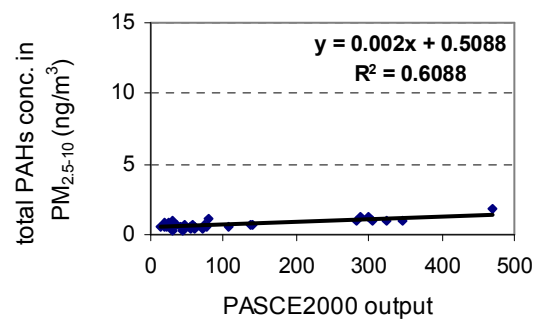
พื้นที่	Total concentration of 12 pPAHs ใน $PM_{2.5}$ (ng/m^3)	Total concentration of 12 pPAHs ใน $PM_{10-2.5}$ (ng/m^3)	Total concentration of 12 pPAHs ใน PM_{10} (ng/m^3)	PAS2000CE Output (ng/m^3)
วันที่ 1 เบญจสิริ น้อยกว่า 5 เมตร	3.72	0.64	4.36	139
วันที่ 2 เบญจสิริ น้อยกว่า 5 เมตร	8.21	0.70	8.91	139
วันที่ 3 เบญจสิริ น้อยกว่า 5 เมตร	4.56	0.42	4.98	71
วันที่ 4 เบญจสิริ น้อยกว่า 5 เมตร	5.68	0.59	6.27	60
วันที่ 5 เบญจสิริ น้อยกว่า 5 เมตร	6.27	0.63	6.90	54
วันที่ 6 เบญจสิริ น้อยกว่า 5 เมตร	9.10	0.57	9.67	107
วันที่ 7 เบญจสิริ น้อยกว่า 5 เมตร	7.56	1.08	8.63	81
วันที่ 1 เบญจสิริ 75 เมตร	4.56	0.53	5.08	56

ตารางที่ 4.55 (ต่อ) ความเข้มข้นรวมของ PAHs 12 ชนิด ใน PM_{2.5} PM_{10-2.5} และ PM₁₀ กับความเข้มข้นรวมที่ตรวจวัดโดย PAS2000CE

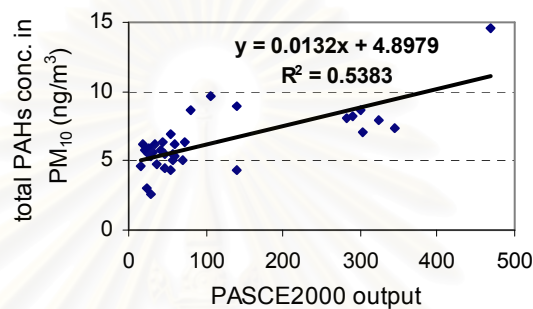
พื้นที่	Total concentration of 12 pPAHs ใน PM _{2.5} (ng/m ³)	Total concentration of 12 pPAHs ใน PM _{10-2.5} (ng/m ³)	Total concentration of 12 pPAHs ใน PM ₁₀ (ng/m ³)	PAS2000CE Output (ng/m ³)
วันที่ 2 เบญจสิริ 75 เมตร	5.55	0.76	6.31	74
วันที่ 3 เบญจสิริ 75 เมตร	-	0.50	-	78
วันที่ 4 เบญจสิริ 75 เมตร	5.06	0.45	5.51	46
วันที่ 5 เบญจสิริ 75 เมตร	5.52	0.66	6.18	33
วันที่ 6 เบญจสิริ 75 เมตร	4.77	0.64	5.41	56
วันที่ 7 เบญจสิริ 75 เมตร	4.06	0.75	4.81	35
วันที่ 1 เบญจสิริ 150 เมตร	2.54	0.56	3.10	23
วันที่ 2 เบญจสิริ 150 เมตร	6.08	0.32	6.40	43
วันที่ 3 เบญจสิริ 150 เมตร	3.88	0.38	4.26	54
วันที่ 4 เบญจสิริ 150 เมตร	4.70	0.79	5.49	25
วันที่ 5 เบญจสิริ 150 เมตร	5.19	0.52	5.71	20
วันที่ 6 เบญจสิริ 150 เมตร	4.85	0.56	5.40	28
วันที่ 7 เบญจสิริ 150 เมตร	4.02	0.54	4.56	14
วันที่ 1 เบญจสิริ 225 เมตร	2.33	0.31	2.64	29
วันที่ 2 เบญจสิริ 225 เมตร	3.69	0.75	4.44	45
วันที่ 3 เบญจสิริ 225 เมตร	4.93	0.43	5.36	60
วันที่ 4 เบญจสิริ 225 เมตร	4.63	0.97	5.60	31
วันที่ 5 เบญจสิริ 225 เมตร	5.12	0.75	5.86	25
วันที่ 6 เบญจสิริ 225 เมตร	5.11	0.63	5.73	41
วันที่ 7 เบญจสิริ 225 เมตร	5.41	0.82	6.23	18
วันที่ 1 รร.ศรีวิกรม์	6.94	1.01	7.95	324
วันที่ 2 รร.ศรีวิกรม์	6.94	1.30	8.24	290
วันที่ 3 รร.ศรีวิกรม์	6.30	0.99	7.29	346
วันที่ 4 รร.ศรีวิกรม์	7.22	0.92	8.14	282
วันที่ 5 รร.ศรีวิกรม์	12.76	1.80	14.56	470
วันที่ 6 รร.ศรีวิกรม์	6.11	0.96	7.07	304
วันที่ 7 รร.ศรีวิกรม์	7.39	1.32	8.71	300



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 4.69 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นรวมของ PAHs 12 ชนิด กับค่าเฉลี่ยความเข้มข้นรวมของ pPAHs ที่ตรวจวัดโดย PAS2000CE

เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของ PAHs 12 ชนิด หลักที่พบในฝุ่น $PM_{2.5}$ $PM_{10-2.5}$ และ PM_{10} กับค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ pPAHs โดยรวมที่ตรวจวัดโดยเครื่อง PAS2000CE ดังภาพ 4.69 (ก) (ข)(ค) พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ หรือ R^2 เท่ากับ 0.482 0.6088 และ 0.5383 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับงานศึกษาของ Agnesod และคณะ (1996) ที่ศึกษา pPAHs ในเขตเมืองประเทศอิตาลี โดยเปรียบเทียบระหว่างเครื่อง PAS (on-line) และ PAHs ที่วิเคราะห์จากฝุ่น PM_{10} ที่เก็บโดยเครื่อง TEOM โดยใช้อัตราการไหลอากาศแบบ low flow 15 ตัวอย่าง โดยเก็บตัวอย่าง 24 ชั่วโมง และ high flow 17 ตัวอย่าง โดยเก็บตัวอย่าง 3 ชั่วโมงระหว่างช่วงเวลา 08.00น.-11.00 น. และ 11.00น-14.00 น. พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจวัด pPAHs ด้วย PAS กับ low flow และ high flow มีค่าเท่ากับ 0.78 และ 0.82 ตามลำดับ การศึกษาของ Chetwittayachan (2002) ที่ศึกษา pPAHs ด้วย PAS และ PAHs ในตัวอย่างฝุ่นละออง พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างการเก็บตัวอย่างฝุ่นมาวิเคราะห์เคมี กับการตรวจวัดโดยเครื่อง PAS มีความสัมพันธ์ มีค่า R^2 เท่ากับ 0.723 สำหรับการศึกษาในประเทศไทย และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.3602 สำหรับผลการศึกษาในประเทศญี่ปุ่น ซึ่งในญี่ปุ่นได้ค่าค่อนข้างต่ำ เนื่องจากช่วงระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างมีฝนตก และเมื่อตัดข้อมูลวันที่มีฝนตกพบว่ามีค่าความสัมพันธ์ดีขึ้นโดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.723 พบว่าจากการศึกษานี้มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลางและแตกต่างจากการศึกษาข้างต้น เนื่องจากการศึกษาข้างต้น

ตรวจวัดเปรียบเทียบชนิด pPAHs 10 ชนิด และตรวจวัดในเขตเมือง ส่วนการศึกษานี้เก็บฝุ่นขนาด 2.5 และ 2.5 – 10 μm เท่านั้น และตรวจวัดความเข้มข้นรวมของ 12 pPAHs บริเวณพื้นที่ริมถนน และในช่วงเวลาที่ศึกษาเป็นช่วงฤดูฝน และจากการเก็บตัวอย่างด้วยชุดอุปกรณ์ personal air sample และ cascade impactor พบว่าปริมาณของฝุ่นที่ได้ค่อนข้างน้อยมาก อาจจะยากที่จะนำมาเปรียบเทียบกับ PAHs ที่ตรวจวัดโดยเครื่อง PAS

จากผลความสัมพันธ์ที่ได้พบว่า PAS2000CE สามารถตรวจวัด pPAHs ได้ในฝุ่นขนาด เล็กกว่า 1 μm ซึ่งเป็นฝุ่นที่เกิดจากการเผาไหม้จากยานพาหนะเป็นหลัก และสามารถตรวจวัด PAHs ที่มีวงแโรมาติก 4 วง หรือมากกว่า 4 วงขึ้นไป จึงทำให้ความเข้มข้นที่ตรวจวัดด้วยได้จาก PAS2000CE มีความเข้มข้นมากกว่า PAHs ที่วิเคราะห์ได้จากฝุ่นที่วิเคราะห์ทางเคมี ด้วย GC/MS ซึ่งวิเคราะห์เฉพาะชนิดและปริมาณที่ได้กำหนดตามมาตรฐานของ EPA ซึ่งประกอบด้วย 12 ชนิด ของ PAHs จาก 16 ชนิด และค่าที่ได้จากการตรวจวัดโดย PAS มีค่ามากกว่าประมาณ 15 เท่า ของ PAHs รวมที่ได้จากการวิเคราะห์เคมี ซึ่งสอดคล้องกับ Chetwittayachan (2002) ที่พบว่าค่าที่ได้จากการตรวจวัดโดย PAS มีค่ามากกว่าประมาณ 10 เท่า ซึ่งใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เนื่องจากเครื่อง PAS ตรวจวัดสาร PAHs ได้หลายชนิดและหลายกลุ่ม อันได้แก่ Phenanthrene Anthracene Pyrene Benzo(a)anthracene Chrysene Benzfluoranthene Benzo(a)pyrene Indeno(1,2,3-cd)pyrene Dibenz(a,h)anthracene Benzo(g,h,i)pyrene Methylphenanthrene isomer C2-alkylphenanthrene isomers Methylpyrene isomers Coronene C2-alkylpyrene isomer Methylbenz(a)anthracene isomers Benzo(e)pyrene Perylene Graphite Methylbenzofluoranthene isomers (EcoChem Analytics, 1999) ซึ่งอาจส่งผลต่อค่าความสัมพันธ์เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการวัดโดย PAS กับการวิเคราะห์ทางเคมีของ PAHs

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

สำหรับการศึกษานี้สามารถสรุปการวิจัยตามประเด็นที่ศึกษาต่างๆ ดังนี้ การกระจายตัวของสาร pPAHs ตามแนวถนน การกระจายตัวของสาร pPAHs ตามแนวตั้งฉากกับถนนที่มีลักษณะโครงสร้างถนนแตกต่างกัน การกระจายตัวของสาร pPAHs ตามโครงสร้างถนนที่แตกต่างกัน 3 ถนน การวิเคราะห์สมการถดถอยของความเข้มข้น pPAHs ปริมาณสาร PAHs ที่ปรากฏในฝุ่น $PM_{2.5}$ และ $PM_{10-2.5}$

1) การกระจายตัวของสาร pPAHs ตามแนวถนน

การศึกษาการกระจายตัวของสาร pPAHs ตามแนวถนน พบว่าปัจจัยด้านโครงสร้างถนน มีบทบาทสำคัญต่อการกระจายตัวของสาร pPAHs รวมทั้งสภาพทางอุตุนิยมวิทยา เช่น ความเร็วลม

- ถนนที่มีโครงสร้างของรถไฟฟ้า BTS โดยเฉพาะ บริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้า BTS และมีอาคารสูง 2 ฟังถนน ($H_1:H_2:W_1:W_2 = 9:9:14:14$) มีค่าการตรวจวัดสาร pPAHs สูงกว่าบริเวณโครงสร้างของถนนที่มีรางรถไฟฟ้า BTS อยู่ด้านบน และอาคารสูงเพียงข้างเดียว ($H_1:H_2:W_1:W_2 = 0:9:14:8.6$) โดยคิดเป็น 0.65 และ 0.38 เท่าในฤดูฝนและแล้งฝน ตามลำดับ และบริเวณที่เป็นจุดตัดการจราจร มีเพียงรางรถไฟฟ้า BTS และลักษณะที่เปิดโล่ง ($H_1:H_2:W_1:W_2 = 0:0:14:8.6$) มีค่าการตรวจวัดสาร pPAHs สูงกว่าบริเวณโครงสร้างของถนนที่มีรางรถไฟฟ้า BTS อยู่ด้านบน และอาคารสูงเพียงข้างเดียว ($H_1:H_2:W_1:W_2 = 0:9:14:8.6$) มีค่าใกล้เคียงกันในฤดูฝน และคิดเป็น 0.46 เท่าในฤดูแล้งฝน ตามลำดับบริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้า BTS และมีอาคารสูง 2 ฟังถนน ($H_1:H_2:W_1:W_2 = 9:9:14:14$) มีค่าการตรวจวัดสาร pPAHs สูงกว่าบริเวณที่เป็นจุดตัดการจราจร มีเพียงรางรถไฟฟ้า BTS และลักษณะที่เปิดโล่ง ($H_1:H_2:W_1:W_2 = 0:0:14:8.6$) โดยคิดเป็น 0.69 และ 0.83 เท่าในฤดูฝนและแล้งฝน ตามลำดับ

- ถนนที่มีโครงสร้างทางด่วนปิดล้อมช่องการจราจรพบว่า บริเวณใต้ด่วนที่มีโครงสร้างปิดล้อมช่องการจราจรพอดี และมีอาคารสูง 2 ฟังถนน ($H_1:H_2:W_1:W_2 = 9:12:27.6:27.6$) มีความเข้มข้น pPAHs สูงกว่า บริเวณโครงสร้างของถนนที่มีทางด่วนล้อมช่องการจราจรเพียงครึ่งหนึ่ง และไม่มีอาคารสูงบริเวณใกล้เคียง ($H_1:H_2:W_1:W_2 = 0:0:17.7:8.25$) โดยคิดเป็น 0.52 และ 0.4 เท่าในฤดูฝนและแล้งฝน ตามลำดับ และพบว่าบริเวณที่เป็นจุดตัดการจราจร มีทางด่วนล้อมช่องการจราจรพอดี และไม่มีอาคารสูงใกล้เคียง ($H_1:H_2:W_1:W_2 = 0:0:32:32$) มีค่าการตรวจวัดสาร pPAHs สูงกว่า บริเวณโครงสร้างของถนนที่มีทางด่วนล้อมช่องการจราจรเพียงครึ่งหนึ่ง และไม่มีอาคารสูงบริเวณใกล้เคียง ($H_1:H_2:W_1:W_2 = 0:0:17.7:8.25$) โดยคิดเป็น 0.32 และ 0.41 เท่าในฤดูฝน

และแล้งฝน ตามลำดับ และบริเวณที่เป็นจุดตัดการจราจร มีทางด่วนคร่อมช่องการจราจรพอดี และไม่มีอาคารสูงใกล้เคียง ($H_1:H_2:W_1:W_2 = 0:0:32:32$) ตรวจวัดสาร pPAHs ได้ปริมาณที่สูงกว่าบริเวณใต้ด่วนที่มีโครงสร้างปิดคร่อมช่องการจราจรพอดี และมีอาคารสูง 2 ฟังถนน ($H_1:H_2:W_1:W_2 = 9:12:27.6:27.6$) โดยคิดเป็น 0.61 เท่า และมีค่าใกล้เคียงกัน ในฤดูฝนและแล้งฝน ตามลำดับ

- เปรียบเทียบโครงสร้างถนนที่มีโครงสร้างของรถไฟฟ้า BTS กับ ถนนที่มีโครงสร้างทางด่วน พบว่าบริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้า BTS และมีอาคารสูง 2 ฟังถนน ($H_1:H_2:W_1:W_2 = 9:9:14:14$) พบปริมาณความเข้มข้นของสาร pPAHs สูงกว่าบริเวณใต้ด่วนที่มีโครงสร้างปิดคร่อมช่องการจราจรพอดี และมีอาคารสูง 2 ฟังถนน ($H_1:H_2:W_1:W_2 = 9:12:27.6:27.6$) โดยคิดเป็น 0.49 และ 0.93 เท่าในฤดูฝนและแล้งฝน ตามลำดับ บริเวณโครงสร้างของถนนที่มีรถไฟฟ้า BTS อยู่ด้านบน และอาคารสูงเพียงข้างเดียว ($H_1:H_2:W_1:W_2 = 0:9:14:8.6$) ตรวจวัดสาร pPAHs ได้ปริมาณที่สูงกว่าบริเวณโครงสร้างของถนนที่มีทางด่วนคร่อมช่องการจราจรเพียงครั้งหนึ่ง และไม่มีอาคารสูงบริเวณใกล้เคียง ($H_1:H_2:W_1:W_2 = 0:0:17.7:8.25$) คิดเป็น 0.49 และ มีค่าใกล้เคียงกัน ในฤดูฝนและแล้งฝนตามลำดับ บริเวณที่เป็นจุดตัดการจราจร มีทางด่วนคร่อมช่องการจราจรพอดี และไม่มีอาคารสูงใกล้เคียง ($H_1:H_2:W_1:W_2 = 0:0:32:32$) มีความเข้มข้น pPAHs ใกล้เคียง กับบริเวณที่เป็นจุดตัดการจราจร มีเพียงรถไฟฟ้า BTS และลักษณะที่เปิดโล่ง ($H_1:H_2:W_1:W_2 = 0:0:14:8.6$) ทั้ง 2 ฤดูกาล

2) การกระจายตัวของสาร pPAHs ตามแนวตั้งฉากกับถนนที่มีลักษณะโครงสร้างถนนแตกต่างกัน

การศึกษาการกระจายตัวตามแนวตั้งฉากกับถนนของสาร pPAHs ที่มีลักษณะโครงสร้างถนนแตกต่างกัน พบว่าที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร โครงสร้างถนนและสภาพทางออกถนนมีผลต่อการกระจายตัวของสาร pPAHs แต่ที่ระยะอื่นๆ พบว่า ระยะทาง ปริมาณการจราจร และสภาพทางออกถนน เช่น ทิศทางและความเร็วลม มีผลต่อการกระจายตัวของสาร pPAHs

- ลักษณะโครงสร้างถนนบริเวณที่แตกต่างกัน คือ บริเวณถนนที่มีโครงสร้างรถไฟฟ้า BTS ถนนที่มีทางด่วนปิดคร่อม และถนนที่มีลักษณะเปิดโล่ง ไม่มีผลต่อการกระจายตัวของ pPAHs ตามแนวตั้งฉากกับถนน แต่พบว่าการกระจายตัวของ pPAHs ขึ้นกับทิศทางและความเร็วลม โดยความเร็วลมที่ต่ำกว่า 0.1 m/s มลพิษจากถนนจะกระจายตัวไปที่ระยะต่างๆ ได้น้อย สัดส่วนของสารที่ระยะต่างๆ จึงมีค่าสูงและลดลงในทุกระยะ ส่วนความเร็วลมมากกว่า 0.4 m/s สัดส่วนของสารที่ระยะต่างๆ มีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากลมพัดพามลพิษจากถนนไปยังจุดเก็บตัวอย่าง ส่งผลให้ที่ระยะต่างๆ ความเข้มข้นไม่แตกต่างกัน และพบทิศลมทั้ง 3 กลุ่มทั้ง 2 ฤดูกาล พบว่าที่ระยะ 150 เมตรเป็นต้นไป ความเข้มข้นของมลพิษเริ่มคงที่

- เมื่อลมพัดจากถนนไปยังจุดเก็บตัวอย่าง และลมพัดขนานกับถนน สัดส่วนเฉลี่ยที่เมื่อเทียบกับระยะน้อยกว่า 5 เมตร ที่ระยะ 75 150 และ 225 เมตร ทั้งสองทิศทางมีค่าใกล้เคียงกัน โดยคิดเป็น 0.35 0.22 และ 0.20 ตามลำดับ เมื่อลมพัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปยังถนน ที่ระยะ 75 150 และ 225 เมตร มีสัดส่วนคิดเป็น 0.65 0.45 และ 0.4 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าความเร็วลมมีผลต่อ สัดส่วนการลดลงของสาร pPAHs โดยที่ความเร็วลมต่ำกว่า 0.1 m/s จะมีสัดส่วนการลดลงที่ระยะ 225 เมตรเมื่อเทียบกับน้อยกว่า 5 เมตร น้อยกว่า 0.28 และที่ความเร็วลมมากกว่า 0.4 m/s สัดส่วนที่ระยะ 75 150 และ 225 เมตรเทียบกับน้อยกว่า 5 เมตร มีค่าใกล้เคียงกันในทุกทิศทาง

3) การกระจายตัวของสาร pPAHs ตามโครงสร้างถนนที่แตกต่างกัน 3 ถนน

การกระจายตัวของสาร pPAHs ตามโครงสร้างถนนที่แตกต่างกัน 3 ถนน ได้แก่ โครงสร้างถนนที่มีโครงสร้างของรถไฟฟ้า BTS ถนนที่มีโครงสร้างทางด่วน และถนนเปิดโล่ง พบว่า โครงสร้างถนน ปัจจัยแวดล้อม และด้านสภาพการจราจรมีผลต่อการกระจายตัวของสาร pPAHs

- ในฤดู พบว่าบริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้า BTS และมีอาคารสูง 2 ฟังถนน ($H_1:H_2:W_1:W_2 = 9:9:14:14$) มีความเข้มข้นมลพิษสูงกว่าบริเวณใต้ด่วนที่มีโครงสร้างปิดล้อมช่องการจราจรพอดี และมีอาคารสูง 2 ฟังถนน ($H_1:H_2:W_1:W_2 = 9:12:27.6:27.6$) และ ถนนเปิดโล่ง ($H_1:H_2:W_1:W_2 = 0:0:24:0$) โดยคิดเป็น 0.49 และ 0.21 ตามลำดับ

- ในฤดูแล้งฝน พบว่าบริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้า BTS และมีอาคารสูง 2 ฟังถนน ($H_1:H_2:W_1:W_2 = 9:9:14:14$) และบริเวณใต้ด่วนที่มีโครงสร้างปิดล้อมช่องการจราจรพอดี และมีอาคารสูง 2 ฟังถนน ($H_1:H_2:W_1:W_2 = 9:12:27.6:27.6$) มีความเข้มข้นมลพิษสูงกว่า ถนนเปิดโล่ง ($H_1:H_2:W_1:W_2 = 0:0:24:0$) โดยคิดเป็น 0.33 และ 0.41 ตามลำดับ

4) การวิเคราะห์สมการถดถอยของความเข้มข้น pPAHs

การวิเคราะห์สมการถดถอยของความเข้มข้น pPAHs (regression analysis of pPAHs concentration) พบว่า การคัดเลือกตัวแปรที่เหมาะสมกับแบบจำลอง คือวิธี Backward elimination และตัวแปรที่ได้รับคัดเลือกมีทั้งหมด 6 ตัวแปร (ตารางที่ 4.37 หน้า 157) ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ pPAHs ได้แก่ ปัจจัยของโครงสร้างถนน ปริมาณของรถประเภทบรรทุกขนาดใหญ่และรถบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ และปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา(ได้แก่ ความเร็วและทิศทางลม และความเข้มแสง) เมื่อทดสอบค่าความเข้มข้นของ pPAHs ที่คาดคะเนได้จากแบบจำลองเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริง พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่วัดได้จริงและค่า

คาดคะเนมีค่าค่อนข้างต่ำพบว่า เนื่องจากตัวแปรไม่ได้มีการประยุกต์หาความสัมพันธ์ก่อนนำเข้าสู่สมการ แต่อย่างไรก็ตามพบว่า มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้น-ลดลง ที่สอดคล้องกันในฤดูแล้งฝน

5) ปริมาณสาร PAHs ที่ปรากฏในฝุ่น $PM_{2.5}$ และ $PM_{10-2.5}$

- การกระจายตัวของฝุ่นตามแนวถนน ความเข้มข้นของฝุ่น $PM_{2.5}$ และ $PM_{10-2.5}$ บริเวณสถานีรถไฟฟ้าพระโขนง และแยกเอกมัยมีค่าสูงกว่า รร.ศรีวิกรม์ พบว่า ความเข้มข้นของฝุ่น $PM_{2.5}$ มีค่าสูงกว่า ฝุ่น $PM_{10-2.5}$ โดยพบว่าสถานีรถไฟฟ้าพระโขนง และแยกเอกมัย มีความเข้มข้นของฝุ่น $PM_{2.5}$ สูงกว่า รร.ศรีวิกรม์ 1.54 และ 1.52 เท่าตามลำดับ ส่วนฝุ่น $PM_{10-2.5}$ สถานีรถไฟฟ้าพระโขนง และแยกเอกมัย มีความเข้มข้นสูงกว่า รร.ศรีวิกรม์ 1.49 และ 1.37 เท่าตามลำดับ

- การกระจายตัวของฝุ่น $PM_{2.5}$ และ $PM_{10-2.5}$ ตามแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิท พบว่าฝุ่นทั้ง 2 ขนาด เมื่อระยะทางจากถนนมากขึ้นความเข้มข้นของฝุ่นเริ่มคงที่ โดยที่ระยะ 75 150 และ 225 เมตร มีความเข้มข้นไม่แตกต่างกัน และพบว่าที่ระยะ 75 เมตรจากถนน มีความเข้มข้น $PM_{2.5}$ และ $PM_{10-2.5}$ ลดลงจากที่ระยะน้อยกว่า 5 เมตร คิดเป็น 19 และ 29% ตามลำดับ

- สาร PAHs ที่มีโครงสร้างโมเลกุลใหญ่จะพบปริมาณสูงขึ้นเมื่อฝุ่นมีขนาดเล็กลง ชนิด PAHs ที่พบในฝุ่น $PM_{2.5}$ คือ BkF BaP Ind DBahA และ BghiP และชนิด PAHs ที่พบในฝุ่น $PM_{10-2.5}$ คือ Phe Anth Fluor BbF และ DBahA

- การกระจายตัวของสาร PAHs ที่ดูดซับบนฝุ่นละออง ตามแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิท พบว่าสาร PAHs ที่ดูดซับบนฝุ่นขนาด $PM_{2.5}$ มีค่ามากกว่าฝุ่น $PM_{10-2.5}$ และสาร PAHs รวมในฝุ่น $PM_{2.5}$ ลดลง เมื่อระยะทางห่างจากถนนเพิ่มขึ้น แต่ไม่พบแนวโน้มเดียวกันในฝุ่น $PM_{10-2.5}$

- ปริมาณความเข้มข้น PAHs รวม มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ และ $PM_{10-2.5}$ โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.778 และ 0.761 ตามลำดับ

- ความสัมพันธ์ระหว่างการเก็บตัวอย่างแบบ on-line และ off-line พบว่าเข้มข้น 12 PAHs หลักที่พบในฝุ่น $PM_{2.5}$ $PM_{10-2.5}$ และ PM_{10} กับผลการตรวจวัดโดยเครื่อง PAS2000CE มีค่า R^2 เท่ากับ 0.482 0.6088 และ 0.5383

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) จากการศึกษาสมการถดถอยความเข้มข้นสาร pPAHs อาจต้องมีการวิเคราะห์ตัวแปรอื่นที่ไม่ตัวแปรเบื้องต้นเพียงอย่างเดียวในการสร้างสมการถดถอย (regression analysis of pPAHs concentration) เพื่อความสัมพันธ์ที่ดีขึ้นในการคาดคะเนค่าความเข้มข้นสาร pPAHs

2) การศึกษาพบว่าโครงสร้างถนนมีผลต่อการกระจายตัวของสาร pPAHs จึงควรมีเปิดช่องและระบายอากาศ เพื่อการกระจายตัวของมลพิษได้ดีขึ้น ไม่เช่นนั้นอาจส่งผลกับผู้อยู่อาศัยบริเวณ

นั้นโดยตรง รวมทั้งควรหลีกเลี่ยงการสร้างสิ่งปลูกสร้างที่จะเกิดขึ้นใหม่ ในระยะที่จะก่อให้เกิดการสะสมของมลพิษ

3) จากมาตรฐานของ World Health Organization (WHO) ระดับ BaP ไม่ควรเกิน 1 ng/m^3 แต่จากการศึกษาพบว่ามีค่า BaP ในฝุ่น $\text{PM}_{2.5}$ สูงกว่าค่ามาตรฐาน แสดงให้เห็นถึงประชากรที่พักอาศัยอยู่บริเวณพื้นที่ริมถนน มี บริเวณพื้นที่ริมถนน มีความเสี่ยงสูงที่ทำให้เกิดมะเร็งได้ จึงควรมีมาตรการในการลดผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อไป



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กลุ่มวิชาการและวางแผนฝ่ายสถิติ. 2547. http://www.dlt.go.th/statistics_web/vehicle.html[Online]
กรมการขนส่งทางบก : สำนักจัดระบบการขนส่งทางบก
- ควบคุมมลพิษ,กรม. 2543. พีเอเอช (พอลิไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน). กรุงเทพมหานคร :
กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
- ปจรรย์ ทองสนิท. 2545. สารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในฝุ่นละอองแต่ละขนาดใน
อากาศกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาคุชฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไพลิน ไบพกา. 2546. การเคลื่อนที่และการกระจายตัวของสารประกอบพอลิไซคลิกอะโรมาติก
ไฮโดรคาร์บอนที่ดูดซับบนอนุภาคแขวนลอยภายในอาคารพาณิชย์บริเวณสถานีรถไฟฟ้าพระโขนง.
วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริเพ็ญ สงประสิทธิ์ และลดภาพ ขุนิกการณ์, 2546. การวัดปริมาณฝุ่นขนาดเล็ก ($PM_{2.5}$, PM_{10})
ภายในโรงงานยาสูบ. วิทยานิพนธ์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.
- ศิริชัย พงษ์วิชัย. 2544. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์เน้นสำหรับงานวิจัย.
กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมพงษ์ เลิศพุดพิศุทธิ์. 2547. การกระจายตัวของฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10} และ $PM_{2.5}$).
วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุธีลา ตูลยะเสถียร, โกศล วงศ์สวรรค์ และสจิต วงศ์สวรรค์. 2544. มลพิษสิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 1.
กรุงเทพมหานคร : รวมสาส์น.

ภาษาอังกฤษ

- Behymer, T.D., and Hites, R.A. 1988. Photolysis of polycyclic aromatic hydrocarbons adsorbed on fly ash. Environment Science & Technology 22 : 1311-1319.
- Benner, B.A., Gordon, G.E., and Wise, S.A. 1989. Mobile sources of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: A roadway tunnel study. Environment Science & Technology 23 : 1269-1278.
- Bi, X., Sheng, G., Peng, P., Chen, Y., Zhang, Z., and Fu, J., 2003. Distribution of particle- and vapor-phase n-alkanes and polycyclic aromatic hydrocarbons in urban atmospheres of Guangzhou, China. Atmospheric Environment 37: 289-298.
- Bi, X., Sheng, G., Peng, P., Chen, Y., and Fu, J. 2005. Size distribution of n-alkanes and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in urban and rural atmospheres of Guangzhou, China. Atmospheric Environment 39: 477-487.
- Caricchia, M.A., Chiavarini, S., and Pezza, M. 1999. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the urban atmospheric particulate matter in the city of Naples (Italy). Atmospheric Environment 33: 3731-3738.
- Chakraborti, D., Van, V.L., and Van, E.P. 1988. Calcuta pollutants: Part II polynuclear aromatic hydrocarbon and some metal concentration on air particulates during winter 1984. Int Environment Anal Chem 32 : 109-120.
- Chaloulakou, A., Kassomenos, P., Spyrellis, N., Demokritou, P., and Koutrakis, P. 2003. Measurement of PM₁₀ and PM_{2.5} particle concentrations in Athens, Greece. Atmospheric Environment 37: 649-660.
- Chan L.Y. and Kwork W.S. 2000. Vertical dispersion of suspended particulate in urban area of Hong Kong. Atmospheric Environment 34: 4403-4412.
- Chang, K.F., Fang, G.C., Chen, J.C., and Wu, Y.S. 2005. Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Asia: A review from 1999 to 2004. Environment Pollution 1-9.
- Chetwittayachan, T., Shimazaki, D., and Yamamoto, K. 2002. A comparison of temporal variation of particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons (pPAHs) concentration in different urban environments: Tokyo, Japan, and Bangkok, Thailand. Atmospheric Environment 36: 2027-2037.
- Clayton, P., Davis, B.J, Jones, K., and Jones, P. 1992. Toxic organic micropollutants in urban air Stevenage, Hertfordshire, Warren Spring Laboratory : 122.
- Colmsjo, A.L, Zebuhr, Y.U., and Ostman, C.E., 1986b. Polynuclear aromatic compounds in the ambient air of Stockholm. Chemosphere 15 : 169-182.

- Cretney, J.R., Lee, H.L, Behymer, T.D., Hites, R.A., and Thilly, W.G. 1985. Analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in air particulate matter from a lightly industrialized urban area. Environment Science & Technology 19 : 397-404.
- Davies, I.W., Harrison, R.M., Perry R., Ratnayaka, and Wellings, R.A. 1976. Municipal incinerator as source of polynuclear aromatic hydrocarbons in environment. Environment Science & Technology 10 : 451-453.
- DeFre, R., Bruynseraede, P., and Kretzschmar, J.G. 1994. Air pollution measurements in traffic tunnels. Environment Health Perspectives 102 : 31-37.
- EcoChem Analytics, 1999. User's guide : Real time PAH monitor PAS2000CE, USA
- Environment Canada. 1994. Canadian Environment Protection Act. Priority substances list assessment report: Polycyclic aromatic hydrocarbons. Ottawa, Ministry of Supply and Services, 61 pp.
- Fang, G.-C., Yuh-Shen, W., Fu, P., Yang, I.-L., and Chen, M.-H. 2003. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the ambient air of suburban and industrial regions of central Taiwan. Atmospheric Environment 54: 443-452.
- Garivait, H., Laowagul, W., Sukasem, P., Ngod-Ngam, S., Polprasert, C., Reutergardh L.B. 1999. Airborne Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) In Bangkok Urban Air II. Level and Distribution. Polycyclic Aromatic Compounds 13: 313-327
- Guo, H., Lee, S.C., Ho, K.F., Wang, X.M., and Zou, S.C. 2003. Particle-associated polycyclic aromatic hydrocarbons in urban air of Hong Kong. Atmospheric Environment 37: 5307-5317.
- Hathiratana, G., 1999. A study on air pollution by airborne polycyclic aromatic hydrocarbons(PAHs) in Bangkok urban atmosphere. AIT Dissertation No. EV-99-1
- Hitchins, J., Morawska, L., Wolff, R., and Gilbert, D. 2000. Concentrations of submicrometre particles from vehicle emissions near a major road. Atmospheric Environment 34: 51-59.
- Ho, K.F., Lee, S.C., and Chin, G.M.Y. 2002. Characterization of selected volatile organic compounds polycyclic aromatic hydrocarbons and carbonyl compounds at a roadside monitoring station. Atmospheric Environment 36: 57-65.
- International Agency for Research on Cancer (IARC). 1983. Polynuclear aromatic compounds, Part 1. Chemical Environment and Experimental Data 32.
- IPCS. 1998. Environmental Health Criteria 202 : selected non-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft World Health Organization.

- Khesina, A.Y. 1994. Urban air pollution by carcinogenic and genotoxic polyaromatic hydrocarbons in the former USSR. *Environ Health Perspect*, 102 (suppl 4): 49-53.
- Kulkarni, P., and Venkataraman, C. 2000. Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons in Mumbai, India. *Atmospheric Environment* 34: 759-770
- Lee, W.J., Wang Y.F., Lin T.C. and Chen Y.Y. 1995. PAH characteristics in the ambient air of traffic-source. *The Science of the Total Environment* 159 : 185-200.
- Lee, I.Y., and Park, H.M. 1994 Parameterization of the pollutant transport and dispersion in urban street canyons.. *Atmospheric Environment* 28: 2343-2349.
- Lu, H.C. and Fang. G.C. 2002. Estimating the frequency distributions of PM₁₀ and PM_{2.5} by the statistics of wind speed at Sha-La, Taiwan. *The Science of the Total Environment* 298 : 119-130.
- McDow, S.R., Vartiainen, M., Sun, Q., Hong, Yusen., Yao, Y., and Kamens, R.M., 1994. Combustion aerosol water content and its effect on polycyclic aromatic hydrocarbons reactivity. *Atmospheric Environment* 29 : 791-797.
- McDow, S.R., Giger, W., Burtscher, H., Schmidt-Ott, A., and Siegmann, H.C. 1990. Polycyclic aromatic hydrocarbons and combustion aerosol photoemission. *Atmospheric Environment* 24 : 2911-2916.
- Miguel, A.H., Kirchstetter, T.W., and Harley, R.A. 1998. On-road emissions of particulate polycyclic aromatic hydrocarbons and black carbon from gasoline and diesel vehicles. *Environment Science & Technology* 32 : 3091-3099.
- Oanh, K., Baetz Reutergardh, L., Dung, N.Tr., Yu, M.-H., Yao, W.-X., and Co, H.X. 2000. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the airborne particulate matter at a location 40 km north of Bangkok, Thailand. *Atmospheric Environment* 34: 4557-4563.
- Oda, J., Nomura, S., Yasuhara, A., and Shibamoto, T. 2001. Mobile source of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons in a roadway tunnel. *Atmospheric Environment* 35: 4819-4827.
- Omar, N.Y.M.J., Abas, M.R.B., Ketuly, K.A., and Tahir, N.M. 2002. Concentrations of PAHs in atmospheric particles (PM-10) and roadside soil particles collected in Kuala Lumpur, Malaysia. *Atmospheric Environment* 36: 247-254.
- Panther, B.C., Hooper, M.A., and Tapper, N.J., 1999. A comparison of air particulate matter and associated polycyclic aromatic hydrocarbons in some tropical and temperate urban environments. *Atmospheric Environment* 33: 4087-4099.

- Park, S.S., Kim, Y.J., and Kang, C.H. 2002. Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons in Seoul, Korea. Atmospheric Environment 36: 2917-2924.
- Pistikopoulos, P., Masclet, P., and Mouvier. 1990. A receptor model adapted to reactive species: Polycyclic aromatic hydrocarbons: Evaluation of source contributions in an open urban site I. Particle compounds. Atmospheric Environment 24: 1189-1197.
- Possanzini, M., Palo, V.D., Gigliucci, P., Sciano, M.C.T., and Cecinato, A. 2004. Determination of phase-distributed PAH in Rome ambient air by denuder/GC-MS method. Atmospheric Environment 38: 1727-1734.
- Querol, X., Alastuey, A., Ruiz, C.R., Artinano, B., Harrison, R.M., Buringh, E., ten Brink, H.M., Lutz, M., Bruckmann, P., Straehi, P., and Schneider, J., 2004. Speciation and origin of PM₁₀ and PM_{2.5} in selected European cities. Atmospheric Environment 38: 6547-6555.
- Roorda-Knappe, M., Janssen, N., De Hartog, J., Van Vliet, P., Harssema, H., and Brunekreef, B. 1997. Air pollution from traffic in city districts near major motorways. Atmospheric Environment 32: 1921-1930.
- Ruellan, S., and Cachier, H. 2000. Characterisation of fresh particulate vehicular exhausts near a Paris high flow road. Atmospheric Environment 35: 453-468.
- Sakai, R., Siegmann, H.C., Sato, H., and Voorhees, A.S. 2002. Particulate matter and particle-attached polycyclic aromatic hydrocarbons in the indoor and outdoor air of Tokyo measured with personal monitors. Environmental Research Section A 89 : 66-71.
- Schnelle, J., Jansch, T., Wolf, K., Gebefugi, I., and Kettrup, A., 1995. Particle size dependent concentrations polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in the outdoor air. Atmospheric Environment 95: 3119-3127.
- Smith, D.J.T., and Harrison, R.M., 1996. Concentration, trends and vehicle source profile of polycyclic aromatic hydrocarbons in the U.K. atmosphere. Atmospheric Environment 30: 2513-2525.
- Thongsanit, P., Jinsart, W., Hooper, B., Hooper, M., and Limpaseni, W. 2003. Atmospheric particulate matter and polycyclic aromatic hydrocarbons for PM₁₀ and size-segregated samples in Bangkok. Air and Waste Management Association 53: 1490-1498.
- Thrane, K.E. 1987. Deposition of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in the surrounding of primary aluminium industry. Water Air Soil Pollute 33: 385-3393
- US EPA, 1999. Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air. Environmental Protection Agency, US Federal Register. Compendium Method TO-13A 1-42.

- Vasconcellos, R.C., Zacaria, D., Pires, M.A.F., Pool, C.S., and Carvalho, L.R.F. 2003. Measurements of polycyclic aromatic hydrocarbons in airborne particles from the metropolitan area of São Paulo City, Brazil. Atmospheric Environment 37: 3009-3018.
- Venkataraman, Chandra., Thomas, S., and Kulkarni, P. 1999. Size distributions of polycyclic aromatic hydrocarbon gas-particle partitioning to urban aerosols. Journal of Aerosol Science 30: 759-770
- Wu, Y., Hao, J., Fu, L., Wang, Z., and Tang, U. 2002. Vertical and horizontal profiles of airborne particulate matter near major roads in Macao, China. Atmospheric Environment 36: 4907-4918.
- Xiaomin, X., Zhen, H., and Jiasong, W. 2005. The impact of urban street layout on local atmospheric environment. Building and Environment Available online 1 July
- Yang, H.H., Lee, W.J., Chen, S.J., and Lai, S.O. 1998. PAH emission from various industrial stacks. J Hazard Mater. 60:159-174.




สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก
ข้อมูลด้านจรรยาบรรณถนนสุขุมวิท ถนนพระรามหก และถนนพญาไท
ณ วันที่ทำการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ก-1 ข้อมูลจราจรบนถนนสุขุมวิท ฤดูฝนตั้งแต่วันที่ 12 กันยายน ถึง 19 กันยายน 2547

ว/ด/ป	เวลา	in						out					
		tuk-tuk	motorcycle	car	taxi	pick up & van	bus&truck	tuk-tuk	motorcycle	car	taxi	pick up & van	bus&truck
12/9/47	9:00	18	396	420	270	348	126	24	384	396	420	420	180
	10:00	18	558	660	480	414	138	36	324	648	462	372	234
	11:00	24	420	726	324	402	138	12	330	786	450	468	168
	12:00	30	342	696	360	252	162	30	282	672	462	378	138
	13:00	6	426	636	492	192	138	18	282	834	582	390	174
	14:00	12	330	528	438	294	180	18	276	570	366	216	144
	15:00	6	414	648	318	240	150	6	282	762	600	396	192
	16:00	18	258	648	354	276	126	48	306	822	564	414	240
	17:00	12	174	600	474	330	138	30	342	1044	648	534	252
	18:00	-	282	570	510	192	78	12	306	840	660	426	246
	19:00	6	330	582	318	150	156	12	528	594	618	366	180
	20:00	-	342	558	516	186	114	12	450	774	648	336	180
	21:00	12	246	510	462	216	96	24	324	696	660	390	138
	22:00	-	150	354	450	108	66	6	282	546	756	228	42
	23:00	-	108	234	498	150	54	-	288	300	558	180	66
13/9/47	0:00	-	78	120	522	54	42	-	186	198	690	162	66
	1:00	-	60	132	456	66	24	-	150	198	768	120	36
	2:00	6	42	48	522	48	36	-	144	162	690	60	72
	3:00	6	18	60	270	30	42	6	84	60	366	108	36
	4:00	6	48	78	234	84	66	-	72	36	288	84	72
	5:00	24	168	198	264	186	132	6	60	66	288	138	96
	6:00	6	330	510	336	552	108	-	114	294	348	210	192
	7:00	12	750	834	270	582	246	18	480	918	510	630	102
	8:00	6	1362	348	108	276	18	12	1260	666	306	402	66
	9:00	42	1536	858	210	480	30	36	1050	834	540	438	108
	10:00	24	522	510	252	996	204	24	1050	582	408	654	192
	11:00	18	792	156	150	186	60	24	1020	456	426	624	294
	12:00	12	498	90	78	102	48	18	864	390	252	330	228
	13:00	12	1008	552	318	546	168	12	804	612	504	804	330
	14:00	12	846	480	378	546	198	-	1134	612	474	750	246
	15:00	6	1074	558	318	600	120	18	1224	642	420	726	234
	16:00	12	858	516	246	480	114	18	1188	1056	546	996	306
	17:00	6	822	426	252	234	60	12	1332	1302	510	972	324
	18:00	-	696	510	186	264	48	6	1458	1584	522	780	162
	19:00	-	516	690	366	270	144	-	906	1104	384	786	198
	20:00	12	282	588	390	252	66	6	456	918	546	660	90
	21:00	12	126	246	168	84	66	12	348	930	480	606	204
	22:00	-	216	378	456	156	102	-	468	564	564	456	216
	23:00	6	144	198	570	96	54	-	378	306	666	264	84
14/9/47	0:00	-	84	138	474	66	36	-	216	150	630	144	90
	1:00	6	54	138	480	78	42	-	96	288	684	258	36
	2:00	6	66	84	678	54	30	6	108	150	648	198	60

ตาราง ก-1 (ต่อ) ข้อมูลจราจรบนถนนสุขุมวิท ฤดูฝนตั้งแต่วันที่ 12 กันยายน ถึง 19 กันยายน 2547

ว/ด/ป	เวลา	in						out					
		tuk-tuk	motorcycle	car	taxi	pick up & van	bus&truck	tuk-tuk	motorcycle	car	taxi	pick up & van	bus&truck
	3:00	6	84	114	216	60	66	-	72	54	276	132	78
	4:00	24	198	204	168	192	144	6	72	60	294	114	114
	5:00	30	582	888	270	666	132	0	168	306	366	258	132
	6:00	36	1320	1026	240	540	48	24	954	852	426	600	150
	7:00	24	2130	906	186	318	180	24	1722	1056	552	588	150
	8:00	18	1140	726	210	552	180	6	798	498	426	570	246
	9:00	36	1146	618	258	480	156	30	1152	474	582	606	312
	10:00	12	1020	486	264	504	168	24	1092	516	384	774	294
	11:00	24	822	420	384	414	138	30	960	582	492	594	318
	12:00	18	840	528	318	438	156	30	720	462	492	546	222
	13:00	12	816	486	270	396	138	12	846	606	390	612	168
	14:00	6	732	444	240	378	90	-	-	-	-	-	-
	15:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	16:00	-	882	510	264	492	96	-	-	-	-	-	-
	17:00	-	438	432	288	408	96	24	846	792	462	798	114
	18:00	-	966	564	222	318	48	30	372	810	288	546	54
	19:00	-	1440	438	120	618	66	12	1890	1092	180	492	132
	20:00	18	360	378	372	228	102	6	810	996	264	804	114
	21:00	6	342	354	342	174	90	18	588	870	426	648	72
	22:00	-	228	222	354	156	72	-	576	858	588	546	120
	23:00	-	150	198	624	138	54	6	354	468	750	486	108
15/9/47	0:00	-	90	144	570	126	36	12	282	270	672	312	60
	1:00	-	84	138	1080	162	54	-	180	222	738	246	54
	2:00	-	54	42	408	54	72	6	180	210	810	270	30
	3:00	-	144	78	204	108	90	-	78	72	552	126	54
	4:00	18	174	114	174	186	108	-	78	42	300	132	102
	5:00	30	642	540	222	588	168	12	96	36	342	132	156
	6:00	48	1560	780	186	702	96	30	258	354	390	258	186
	7:00	36	2562	828	174	474	72	48	894	810	384	528	132
	8:00	30	1092	636	228	564	120	18	1560	1068	540	798	162
	9:00	36	1500	438	264	564	150	42	804	564	390	438	240
	10:00	6	1224	276	246	516	90	24	984	702	492	642	312
	11:00	24	948	672	588	432	210	36	1002	450	354	582	312
	12:00	30	942	498	312	456	186	36	858	582	414	750	348
	13:00	36	1044	462	264	444	66	12	738	498	426	516	300
	14:00	6	1128	450	270	468	114	18	1032	774	582	798	240
	15:00	12	876	618	360	546	162	-	924	720	426	564	240
	16:00	24	834	408	300	390	90	24	846	852	444	606	216
	17:00	-	678	480	138	264	72	12	1176	870	378	696	156
	18:00	-	486	366	120	306	144	12	1140	1542	384	780	186
	19:00	-	372	324	420	216	78	18	918	906	390	798	162
	20:00	-	372	342	270	150	54	24	648	1122	600	720	150
	21:00	-	210	276	402	270	114	18	630	780	606	366	144

ตาราง ก-1 (ต่อ) ข้อมูลจราจรบนถนนสุขุมวิท ฤดูฝนตั้งแต่วันที่ 12 กันยายน ถึง 19 กันยายน 2547

ว/ด/ป	เวลา	in						out					
		tuk-tuk	motorcycle	car	taxi	pick up & van	bus&truck	tuk-tuk	motorcycle	car	taxi	pick up & van	bus&truck
	22:00	-	234	192	594	186	84	6	402	546	666	366	186
	23:00	6	126	126	750	168	36	-	840	432	654	294	90
16/9/47	0:00	-	90	84	576	120	36	6	336	192	642	234	156
	1:00	-	54	90	552	96	66	12	174	216	672	192	78
	2:00	6	48	42	480	72	42	6	168	144	822	120	42
	3:00	6	132	48	282	78	66	-	114	72	564	120	48
	4:00	18	198	78	282	174	132	-	102	60	360	126	78
	5:00	6	702	828	246	636	144	12	90	30	324	138	132
	6:00	24	1338	834	192	618	102	24	240	378	390	294	216
	7:00	24	2286	738	210	390	126	18	924	864	540	648	204
	8:00	48	1326	66	174	570	156	30	1434	792	504	612	186
	9:00	42	1344	522	318	612	138	36	894	540	408	528	348
	10:00	30	990	372	252	414	126	18	1056	522	486	708	312
	11:00	12	828	498	342	366	162	36	1128	480	474	564	276
	12:00	30	936	426	258	390	120	18	942	468	330	666	246
	13:00	-	858	522	360	498	216	12	786	714	504	822	264
	14:00	-	966	606	414	522	180	18	1026	780	498	738	276
	15:00	18	954	522	306	546	138	6	864	576	456	756	150
	16:00	30	882	510	258	468	114	18	948	780	420	786	192
	17:00	-	750	390	240	300	72	6	1362	1044	462	858	192
	18:00	18	840	660	180	258	66	12	1452	1338	360	648	156
	19:00	6	558	630	228	276	162	18	666	648	486	510	96
	20:00	12	366	312	420	228	108	12	660	912	636	528	198
	21:00	-	258	294	378	186	72	6	546	756	594	456	210
	22:00	-	204	318	474	216	108	-	468	618	630	414	150
	23:00	-	216	288	564	150	60	6	384	450	606	354	162
17/9/47	0:00	-	102	174	480	90	12	6	300	402	684	348	60
	1:00	18	36	120	720	60	24	-	258	222	774	234	36
	2:00	-	24	60	654	48	72	-	90	192	828	180	24
	3:00	6	42	30	474	42	36	-	108	96	438	132	36
	4:00	6	96	60	366	108	48	-	96	30	282	90	102
	5:00	18	198	108	240	234	120	-	84	24	252	126	156
	6:00	42	582	726	276	624	120	12	282	342	348	276	228
	7:00	18	1122	1014	228	642	84	42	780	984	504	618	168
	8:00	30	2280	792	174	384	54	48	1392	870	384	750	138
	9:00	18	1140	630	108	384	240	24	714	498	348	450	204
	10:00	6	1086	594	240	480	150	12	708	510	372	630	204
	11:00	18	966	318	282	504	108	18	984	348	378	396	228
	12:00	6	1086	480	294	564	84	12	1080	534	384	732	210
	13:00	36	924	456	312	528	180	42	1140	720	492	858	228
	14:00	18	1422	456	282	420	138	66	1092	534	348	588	180
	15:00	18	1110	660	324	546	120	30	1320	576	354	660	180
	16:00	18	984	726	282	564	126	12	1242	726	396	822	150

ตาราง ก-1 (ต่อ) ข้อมูลจราจรบนถนนสุขุมวิท ฤดูฝนตั้งแต่วันที่ 12 กันยายน ถึง 19 กันยายน 2547

ว/ด/ป	เวลา	in						out					
		tuk-tuk	motorcycle	car	taxi	pick up & van	bus&truck	tuk-tuk	motorcycle	car	taxi	pick up & van	bus&truck
	17:00	6	906	366	168	294	96	24	1350	1056	492	930	240
	18:00	6	888	708	234	396	60	18	1230	1188	360	582	156
	19:00	-	540	414	228	282	84	12	990	708	270	462	126
	20:00	24	468	564	402	330	126	24	672	798	474	576	138
	21:00	-	324	456	330	222	90	-	408	852	582	582	144
	22:00	6	186	462	408	222	66	6	402	852	516	474	234
	23:00	-	246	222	474	96	54	6	378	426	594	294	174
18/9/47	0:00	6	162	228	828	120	30	12	396	828	990	504	204
	1:00	-	108	186	786	72	42	-	174	384	750	216	36
	2:00	12	54	96	834	60	66	-	234	438	918	330	24
	3:00	-	60	30	324	72	36	-	120	120	534	150	48
	4:00	24	102	42	222	72	54	6	90	90	354	150	90
	5:00	42	198	228	306	300	108	-	102	198	330	156	78
	6:00	30	288	222	222	204	72	12	162	204	444	204	144
	7:00	24	798	378	258	408	114	12	582	372	408	324	228
	8:00	12	1164	660	258	450	114	42	714	366	456	390	186
	9:00	24	1020	738	306	612	144	36	684	534	522	678	264
	10:00	18	792	636	180	432	132	18	552	642	528	684	210
	11:00	6	720	594	324	408	180	18	786	636	528	666	276
	12:00	30	546	600	324	456	162	42	600	840	456	684	246
	13:00	12	546	528	270	420	120	24	522	600	492	486	198
	14:00	24	612	606	408	426	162	18	432	834	480	558	222
	15:00	12	594	690	438	486	120	48	474	690	486	546	126
	16:00	-	522	528	294	420	132	6	492	708	486	564	138
	17:00	6	696	510	222	312	90	6	786	690	450	582	120
	18:00	6	666	660	312	294	132	6	882	684	336	504	144
	19:00	-	342	510	252	210	126	-	588	552	480	498	174
	20:00	6	210	516	324	210	96	6	504	750	594	594	150
	21:00	6	138	396	342	180	102	18	246	642	504	390	168
	22:00	6	198	420	498	186	60	-	276	474	504	366	162
	23:00	-	234	342	714	102	42	-	294	294	750	330	78
19/9/47	0:00	-	198	192	606	84	60	-	294	294	624	282	90
	1:00	-	24	102	432	72	18	-	66	312	768	300	48
	2:00	6	18	72	642	42	24	-	162	372	678	306	66
	3:00	-	48	96	654	54	42	-	300	180	552	426	48
	4:00	-	66	54	282	84	48	-	60	36	336	102	42
	5:00	6	144	132	240	132	54	-	42	102	246	120	54
	6:00	18	252	150	252	132	102	18	84	150	282	162	132
	7:00	12	366	258	222	294	102	6	240	402	420	240	114
	8:00	6	534	498	300	324	132	12	330	324	480	372	120
	9:00	30	540	516	366	414	174	6	384	480	450	468	156

ตาราง ก-2 ข้อมูลจราจรบนถนนสุขุมวิท ฤดูแล้งฝนตั้งแต่วันที่ 6 - 12 เมษายน 2548

ว/ด/ป	เวลา	in						out					
		tuk-tuk	motorcycle	car	taxi	pick up & van	bus&truck	tuk-tuk	motorcycle	car	taxi	pick up & van	bus&truck
6/4/48	14:00	6	18	1128	1032	450	774	270	582	468	798	114	240
	15:00	12	0	876	924	618	720	360	426	546	564	162	240
	16:00	24	24	834	846	408	852	300	444	390	606	90	216
	17:00	0	12	678	1176	480	870	138	378	264	696	72	156
	18:00	0	12	486	1140	366	1542	120	384	306	780	144	186
	19:00	0	18	372	918	324	906	420	390	216	798	78	162
	20:00	0	24	372	648	342	1122	270	600	150	720	54	150
	21:00	0	18	210	630	276	780	402	606	270	366	114	144
	22:00	0	6	234	402	192	546	594	666	186	366	84	186
	23:00	6	0	126	840	126	432	750	654	168	294	36	90
7/4/48	0:00	0	6	90	336	84	192	576	642	120	234	36	156
	1:00	0	12	54	174	90	216	552	672	96	192	66	78
	2:00	6	6	48	168	42	144	480	822	72	120	42	42
	3:00	6	0	132	114	48	72	282	564	78	120	66	48
	4:00	18	0	198	102	78	60	282	360	174	126	132	78
	5:00	6	12	702	90	828	30	246	324	412	600	144	132
	6:00	24	24	1338	240	834	378	192	390	564	708	102	216
	7:00	24	18	2286	924	738	864	210	540	855	906	126	204
	8:00	48	30	1326	1434	66	792	174	504	498	822	156	186
	9:00	42	36	1344	894	522	540	318	408	400	858	138	348
	10:00	30	18	990	1056	372	522	252	486	646	756	126	312
	11:00	12	36	828	1128	498	480	342	474	468	786	162	276
	12:00	30	18	936	942	426	468	258	330	300	858	120	246
	13:00	0	12	858	786	522	714	360	504	1087.2	420	216	264
	14:00	0	18	966	1026	606	780	414	498	986.4	348	180	276
	15:00	18	6	954	864	522	576	306	456	429	636	138	150
	16:00	30	18	882	948	510	780	258	420	378	504	114	192
	17:00	0	6	750	1362	390	1044	240	462	393	684	72	192
	18:00	18	12	840	1452	660	1338	180	360	429	516	66	156
	19:00	6	18	558	666	630	648	228	486	276	510	162	96
	20:00	12	12	366	660	312	912	420	636	228	528	108	198
	21:00	0	6	258	546	294	756	378	594	186	456	72	210
	22:00	0	0	204	468	318	618	474	630	216	414	108	150
	23:00	0	6	216	384	288	450	564	606	150	354	60	162
8/4/48	0:00	0	6	102	300	174	402	480	684	90	348	12	60
	1:00	18	0	36	258	120	222	720	774	60	234	24	36
	2:00	0	0	24	90	60	192	654	828	48	180	72	24
	3:00	6	0	42	108	30	96	474	438	42	132	36	36
	4:00	6	0	96	96	60	30	366	282	108	90	48	102
	5:00	18	0	198	84	108	24	240	252	234	126	120	156
	6:00	42	12	582	282	726	342	276	348	624	276	120	228
	7:00	18	42	1122	780	1014	984	228	504	642	618	84	168
	8:00	30	48	2280	1392	792	870	174	384	384	750	54	138

ตาราง ก-2 (ต่อ) ข้อมูลจราจรบนถนนสุขุมวิท ฤดูแล้งฝนตั้งแต่วันที่ 6 - 12 เมษายน 2548

ว/ด/ป	เวลา	in						out					
		tuk-tuk	motorcycle	car	taxi	pick up & van	bus&truck	tuk-tuk	motorcycle	car	taxi	pick up & van	bus&truck
	9:00	18	24	1140	714	630	498	108	348	384	450	240	204
	10:00	6	12	1086	708	594	510	240	372	480	630	150	204
	11:00	18	18	966	984	318	348	282	378	504	396	108	228
	12:00	6	12	1086	1080	480	534	294	384	564	732	84	210
	13:00	36	42	924	1140	456	720	312	492	528	858	180	228
	14:00	18	66	1422	1092	456	534	282	348	420	588	138	180
	15:00	18	30	1110	1320	660	576	324	354	546	660	120	180
	16:00	18	12	984	1242	726	726	282	396	564	822	126	150
	17:00	6	24	906	1350	366	1056	168	492	294	930	96	240
	18:00	6	18	888	1230	708	1188	234	360	396	582	60	156
	19:00	0	12	540	990	414	708	228	270	282	462	84	126
	20:00	6	18	384	618	480	1146	270	414	222	600	90	240
	21:00	12	6	432	474	384	780	240	306	276	474	66	300
	22:00	12	6	360	474	498	552	384	510	198	312	150	144
	23:00	12	6	192	480	468	576	486	450	234	336	126	186
9/4/48	0:00	6	18	132	432	282	564	402	618	150	396	36	162
	1:00	0	6	162	294	150	636	540	768	114	288	36	162
	2:00	6	12	96	204	198	546	612	1074	114	186	24	114
	3:00	6	12	48	150	132	378	636	558	78	168	18	66
	4:00	6	6	42	6	126	36	480	126	48	42	54	6
	5:00	18	12	162	78	150	84	228	294	186	174	78	78
	6:00	30	6	420	234	288	186	258	360	294	192	126	150
	7:00	12	30	660	282	246	366	246	498	306	360	144	126
	8:00	60	42	1182	720	696	462	408	498	450	324	132	192
	9:00	42	48	1068	594	564	558	306	672	570	492	150	282
	10:00	24	12	786	612	576	654	384	540	546	678	156	246
	11:00	42	36	732	642	594	564	324	426	522	456	132	246
	12:00	42	36	720	684	564	498	270	366	384	528	138	276
	13:00	6	24	654	612	474	870	282	576	408	546	78	252
	14:00	24	18	612	432	606	834	408	480	213	406	162	222
	15:00	12	48	594	474	690	690	438	486	324	324	120	126
	16:00	0	6	522	492	528	708	294	486	280	280	132	138
	17:00	6	6	696	786	510	690	222	450	208	208	90	120
	18:00	6	6	666	882	660	684	312	336	207	238	132	144
	19:00	6	24	420	456	438	798	246	528	222	474	66	132
	20:00	12	6	384	516	516	648	300	342	210	336	90	126
	21:00	6	18	222	366	390	582	336	600	132	294	54	72
	22:00	12	6	210	360	390	546	636	744	228	366	72	126
	23:00	6	0	270	378	342	426	660	666	228	336	42	96
10/4/48	0:00	0	0	156	252	210	318	768	750	96	288	54	54
	1:00	6	6	102	210	174	366	840	1236	108	306	36	42
	2:00	12	6	48	150	108	222	504	654	84	156	30	42
	3:00	12	12	66	96	120	120	336	420	84	180	48	48

ตาราง ก-2 (ต่อ) ข้อมูลจราจรบนถนนสุขุมวิท ฤดูแล้งฝนตั้งแต่วันที่ 6 - 12 เมษายน 2548

ว/ด/ป	เวลา	in						out					
		tuk-tuk	motorcycle	car	taxi	pick up & van	bus&truck	tuk-tuk	motorcycle	car	taxi	pick up & van	bus&truck
	4:00	6	6	144	108	150	84	222	246	90	102	24	54
	5:00	36	6	192	174	114	108	258	360	174	210	72	78
	6:00	0	12	138	210	30	180	84	450	78	198	48	126
	7:00	6	24	510	306	258	258	306	540	252	246	108	216
	8:00	42	30	594	384	504	456	396	492	312	378	150	204
	9:00	24	36	492	348	498	666	378	570	348	384	126	210
	10:00	24	30	354	354	684	678	456	546	228	468	144	162
	11:00	6	12	396	306	570	600	468	402	270	330	108	102
	12:00	12	6	384	294	582	678	414	666	282	360	156	198
	13:00	6	18	426	282	636	834	492	582	192	340	138	174
	14:00	12	18	330	276	528	570	438	366	251	226	180	144
	15:00	6	6	414	282	648	762	318	600	240	340	150	192
	16:00	18	48	258	306	648	822	354	564	222	356	126	240
	17:00	12	30	174	342	600	1044	474	648	256	388	138	252
	18:00	6	6	966	1296	564	1122	246	438	324	516	96	180
	19:00	6	18	468	1020	570	960	342	516	312	630	84	144
	20:00	6	24	480	804	444	786	330	594	180	462	96	138
	21:00	0	6	342	414	378	582	360	420	168	390	102	138
	22:00	6	0	312	432	348	618	456	582	204	414	66	186
	23:00	6	12	204	288	222	366	492	690	66	258	24	96
11/4/48	0:00	0	0	156	288	84	312	414	492	66	216	36	90
	1:00	0	0	126	174	126	216	612	696	72	186	42	30
	2:00	0	6	84	216	66	258	702	840	72	162	36	66
	3:00	12	6	90	150	96	186	432	528	90	90	36	48
	4:00	0	0	90	78	54	132	222	276	78	90	48	42
	5:00	18	0	102	108	114	78	180	246	168	78	78	96
	6:00	48	24	390	186	378	174	270	456	342	204	96	150
	7:00	12	12	612	144	480	168	300	156	354	96	120	30
	8:00	6	12	1362	1260	834	666	270	306	582	402	222	66
	9:00	42	36	1536	1050	348	834	108	540	276	438	162	108
	10:00	24	30	1680	984	798	606	288	534	396	444	168	228
	11:00	6	24	966	774	498	432	252	546	282	522	120	186
	12:00	24	60	1188	972	510	534	396	522	558	636	90	276
	13:00	24	36	930	1074	648	696	336	510	474	648	126	216
	14:00	12	0	846	1134	480	612	378	474	546	750	198	246
	15:00	6	18	1074	1224	558	642	318	420	600	726	120	234
	16:00	12	18	858	1188	516	1056	246	546	480	996	114	306
	17:00	6	12	822	1332	426	1302	252	510	234	972	60	324
	18:00	0	6	696	1458	510	1584	186	522	264	780	48	162
	19:00	0	0	516	906	690	1104	366	384	270	786	144	198
	20:00	12	6	282	456	588	918	390	546	252	660	66	90
	21:00	12	12	126	348	246	930	168	480	84	606	66	204
	22:00	0	0	216	468	378	564	456	564	156	456	102	216

ตาราง ก-2 (ต่อ) ข้อมูลจราจรบนถนนสุขุมวิท ฤดูแล้งฝนตั้งแต่วันที่ 6 - 12 เมษายน 2548

ว/ด/ป	เวลา	in						out					
		tuk-tuk	motorcycle	car	taxi	pick up & van	bus&truck	tuk-tuk	motorcycle	car	taxi	pick up & van	bus&truck
	23:00	6	0	144	378	198	306	570	666	96	264	54	84
12/4/48	0:00	0	0	84	216	138	150	474	630	66	144	36	90
	1:00	6	0	54	96	138	288	480	684	78	258	42	36
	2:00	6	6	66	108	84	150	678	648	54	198	30	60
	3:00	6	0	84	72	114	54	216	276	60	132	66	78
	4:00	24	6	198	72	204	60	168	294	192	114	144	114
	5:00	30	0	582	168	888	306	270	366	666	258	132	132
	6:00	36	24	1320	954	1026	852	240	426	540	600	48	150
	7:00	24	24	2130	1722	906	1056	186	552	318	588	180	150
	8:00	18	6	1140	798	726	498	210	426	552	570	180	246
	9:00	36	30	1146	1152	618	474	258	582	480	606	156	312
	10:00	12	24	1020	1092	486	516	264	384	252	387	168	294
	11:00	24	30	822	960	420	582	384	492	207	297	138	318
	12:00	18	30	840	720	528	462	318	492	219	273	156	222
	13:00	12	12	816	846	486	606	270	390	198	306	138	168

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ก-3 ข้อมูลจราจรบนถนนพระรามหก ฤดูฝนตั้งแต่วันที่ 29 กันยายน ถึง 6 ตุลาคม 2547

ว/ด/ป	เวลา	in						out					
		tuk-tuk	motorcycle	car	taxi	pick up & van	bus&truck	tuk-tuk	motorcycle	car	taxi	pick up & van	bus&truck
29/9/47	15:00	114	984	816	828	486	90	180	1278	630	762	516	72
	16:00	96	714	798	606	510	90	144	930	768	696	570	54
	17:00	78	654	1134	522	636	72	162	840	966	606	552	108
	18:00	72	540	822	510	408	72	84	822	1092	414	438	66
	19:00	24	228	528	192	192	36	90	444	792	354	378	54
	20:00	72	252	864	300	264	60	132	936	1050	324	426	36
	21:00	180	270	714	402	288	54	180	534	1002	408	336	54
	22:00	42	198	402	606	156	96	102	360	960	636	312	108
	23:00	36	138	288	348	96	66	72	240	582	384	162	42
30/9/47	0:00	48	78	258	378	96	12	60	234	318	384	84	36
	1:00	78	72	102	258	102	36	18	180	114	336	84	42
	2:00	96	36	72	216	48	18	30	72	72	264	48	30
	3:00	54	48	96	180	36	12	54	60	72	210	30	12
	4:00	60	30	36	156	48	18	42	54	24	198	42	18
	5:00	108	60	18	210	78	24	66	84	12	222	72	6
	6:00	90	42	84	336	66	42	72	132	36	210	102	24
	7:00	48	306	504	462	174	84	42	108	168	138	132	6
	8:00	54	654	1548	492	528	108	78	420	750	576	414	72
	9:00	54	1194	1278	558	438	90	54	714	714	546	324	66
	10:00	108	948	1158	708	540	108	120	696	618	714	360	108
	11:00	108	918	378	750	444	114	114	714	588	744	534	54
	12:00	150	960	690	840	642	138	108	558	858	756	726	78
	13:00	66	912	546	972	498	48	84	876	750	780	612	66
	14:00	138	738	510	726	552	84	120	516	606	708	666	78
	15:00	96	606	546	666	354	84	144	576	768	690	636	54
	16:00	108	930	1188	558	288	54	150	936	1050	552	450	60
	17:00	84	888	630	606	210	66	78	1092	1092	390	492	66
	18:00	30	552	984	330	282	90	78	810	792	330	438	54
	19:00	78	336	888	420	456	60	120	504	1098	324	738	48
	20:00	102	312	1092	546	582	90	150	306	1002	402	690	72
	21:00	84	276	432	378	234	78	78	294	666	288	306	78
	22:00	42	144	312	492	162	72	96	234	546	498	162	84
	23:00	84	162	240	366	78	84	42	270	300	402	174	48
1/10/47	0:00	30	72	150	264	54	24	54	102	162	372	138	18
	1:00	24	30	90	216	90	30	30	102	138	246	78	48
	2:00	30	60	48	174	84	18	48	90	54	192	54	24
	3:00	48	24	60	150	72	12	48	72	24	198	84	18
	4:00	72	30	24	180	42	30	66	54	42	210	60	12
	5:00	108	132	276	324	240	72	138	180	96	432	228	24
	6:00	126	246	510	390	366	138	150	222	414	342	24	66
	7:00	84	702	1296	558	450	114	96	504	1320	606	342	54
	8:00	96	1062	1020	528	558	66	120	678	882	486	306	108
	9:00	90	900	924	756	546	132	132	804	630	816	390	126

ตาราง ก-3 (ต่อ) ข้อมูลจราจรบนถนนพระรามหก ฤดูฝนตั้งแต่วันที่ 29 กันยายน ถึง 6 ตุลาคม 2547

ว/ด/ป	เวลา	in						out					
		tuk-tuk	motorcycle	car	taxi	pick up & van	bus&truck	tuk-tuk	motorcycle	car	taxi	pick up & van	bus&truck
	10:00	120	774	882	774	606	210	114	966	630	822	540	90
	11:00	162	1050	816	738	468	102	114	1032	504	654	432	96
	12:00	180	828	678	762	456	102	150	912	702	810	540	66
	13:00	108	804	738	756	522	108	102	846	912	642	552	72
	14:00	102	882	786	720	642	114	120	966	528	624	624	84
	15:00	108	798	888	678	570	102	156	1014	828	642	564	54
	16:00	108	708	1392	426	606	84	174	924	1332	666	744	114
	17:00	84	444	1056	468	480	66	90	900	1200	450	588	72
	18:00	30	624	1128	474	666	90	96	486	870	384	510	54
	19:00	78	576	780	354	408	60	144	1026	1152	354	570	54
	20:00	102	396	756	498	366	72	198	582	1098	444	450	54
	21:00	84	276	432	378	342	78	108	396	1056	696	420	114
	22:00	42	144	312	492	120	72	78	264	636	420	216	42
	23:00	84	162	240	366	90	84	66	252	348	420	132	36
2/10/47	0:00	30	72	150	264	72	24	54	96	156	390	84	24
	1:00	24	30	90	216	72	30	30	96	132	258	72	48
	2:00	30	60	48	174	54	18	48	84	54	198	36	24
	3:00	48	24	60	150	30	12	48	66	24	204	66	18
	4:00	72	30	96	180	54	12	66	54	42	216	96	12
	5:00	108	132	66	324	72	72	90	84	66	450	168	24
	6:00	126	246	120	390	132	90	156	216	366	354	228	66
	7:00	84	558	348	558	180	114	96	498	966	636	378	54
	8:00	96	846	528	528	300	66	126	672	786	510	510	108
	9:00	90	720	450	756	492	132	138	798	564	852	402	132
	10:00	120	618	384	774	702	126	114	960	564	858	648	90
	11:00	162	840	786	738	552	102	84	336	678	462	510	84
	12:00	150	660	930	906	528	102	120	426	1116	708	558	72
	13:00	108	642	900	762	726	108	126	384	1020	600	456	72
	14:00	138	702	990	864	834	114	78	366	942	654	726	96
	15:00	108	636	894	810	708	102	90	420	1176	672	576	120
	16:00	114	282	1224	510	474	84	84	336	1164	564	552	132
	17:00	114	174	1062	558	564	66	42	288	888	396	438	48
	18:00	90	246	1266	564	978	90	60	348	732	390	672	36
	19:00	30	228	876	546	468	60	48	432	1350	432	426	60
	20:00	84	156	846	594	348	72	60	192	1206	600	354	36
	21:00	108	216	972	450	270	78	102	186	876	414	216	36
	22:00	42	114	702	588	240	72	30	186	648	528	234	48
	23:00	84	126	240	438	156	84	72	120	378	480	150	48
3/10/47	0:00	30	54	150	180	66	24	30	96	120	228	36	12
	1:00	24	24	90	150	30	30	72	84	72	234	48	12
	2:00	30	48	48	198	18	18	30	54	48	246	24	12
	3:00	48	18	60	180	36	12	42	48	12	180	42	12

ตาราง ก-3 (ต่อ) ข้อมูลจราจรบนถนนพระรามหก ฤดูฝนตั้งแต่วันที่ 29 กันยายน ถึง 6 ตุลาคม 2547

ว/ด/ป	เวลา	in						out					
		tuk-tuk	motorcycle	car	taxi	pick up & van	bus&truck	tuk-tuk	motorcycle	car	taxi	pick up & van	bus&truck
	4:00	72	24	24	216	48	6	42	54	24	168	36	18
	5:00	108	102	276	270	90	72	72	72	72	312	114	12
	6:00	126	192	408	330	90	66	72	120	312	258	114	48
	7:00	84	402	420	312	96	102	36	342	888	432	198	42
	8:00	96	468	816	312	108	60	72	360	816	1026	180	42
	9:00	90	432	738	396	156	72	60	594	456	516	258	78
	10:00	120	576	702	462	186	114	84	534	426	606	318	42
	11:00	54	306	612	576	264	84	66	324	480	438	228	72
	12:00	30	354	648	486	264	114	84	408	654	672	408	60
	13:00	84	336	654	462	228	48	108	366	600	570	276	60
	14:00	84	330	510	480	228	84	78	348	552	624	264	84
	15:00	84	228	546	516	258	84	90	402	690	642	420	102
	16:00	78	354	696	426	300	84	84	324	684	540	288	114
	17:00	120	222	546	468	222	66	42	276	522	378	246	42
	18:00	108	312	564	474	228	90	60	330	492	372	348	30
	19:00	78	288	390	354	264	60	48	414	534	414	300	54
	20:00	120	198	378	498	252	72	60	186	522	570	252	30
	21:00	54	300	414	354	270	90	102	180	516	396	174	30
	22:00	60	168	300	462	144	48	30	180	336	504	216	42
	23:00	60	132	162	420	96	30	72	114	204	456	132	42
4/10/47	0:00	108	102	72	282	48	60	90	114	90	294	126	6
	1:00	72	30	66	240	54	12	36	54	114	372	54	6
	2:00	48	24	54	318	54	6	42	48	54	246	66	12
	3:00	54	36	18	180	66	24	66	48	48	204	48	18
	4:00	66	48	12	222	78	24	42	60	36	378	102	12
	5:00	120	150	96	252	156	54	102	150	54	438	162	24
	6:00	102	246	456	432	372	114	120	312	516	636	348	36
	7:00	102	828	1320	474	492	84	114	420	1056	558	372	72
	8:00	138	1188	1464	702	468	102	114	750	996	546	342	60
	9:00	114	960	1068	852	450	90	120	804	624	744	504	84
	10:00	138	996	846	792	660	114	162	930	630	738	522	66
	11:00	138	852	714	756	672	102	108	1104	672	714	570	66
	12:00	150	1098	732	780	528	90	114	1092	1158	654	540	60
	13:00	66	942	888	696	456	66	42	990	654	756	450	60
	14:00	138	1188	756	780	420	108	126	1332	708	666	570	60
	15:00	96	1032	792	672	402	78	132	1014	852	666	408	66
	16:00	78	714	1242	528	594	66	150	1008	1476	540	582	54
	17:00	72	594	900	516	696	114	84	984	948	372	720	108
	18:00	24	336	576	192	570	138	90	528	1020	318	918	72
	19:00	72	276	948	306	768	120	132	1122	1320	288	1008	114
	20:00	102	408	642	390	306	84	114	618	1308	582	516	78
	21:00	30	294	330	462	90	102	126	366	582	342	228	66

ตาราง ก-3 (ต่อ) ข้อมูลจราจรบนถนนพระรามหก ฤดูฝนตั้งแต่วันที่ 29 กันยายน ถึง 6 ตุลาคม 2547

ว/ด/ป	เวลา	in						out					
		tuk-tuk	motorcycle	car	taxi	pick up & van	bus&truck	tuk-tuk	motorcycle	car	taxi	pick up & van	bus&truck
	22:00	66	186	324	414	150	48	78	318	492	480	192	60
	23:00	78	168	204	414	114	66	60	222	288	318	174	30
5/10/47	0:00	72	102	132	294	60	12	36	126	144	288	132	18
	1:00	72	180	54	264	78	30	84	108	90	294	72	6
	2:00	48	54	60	144	36	18	36	72	60	312	36	12
	3:00	78	30	12	270	78	18	48	66	12	228	66	12
	4:00	90	108	54	246	54	12	48	72	36	210	96	18
	5:00	96	96	102	234	114	36	90	96	96	390	168	12
	6:00	48	198	276	246	174	84	84	156	396	324	228	48
	7:00	54	774	1674	570	558	66	48	432	1116	540	378	48
	8:00	102	1308	1332	630	504	60	96	1212	1020	1284	810	60
	9:00	120	966	984	606	570	114	78	744	576	648	402	102
	10:00	108	894	978	762	834	102	102	810	534	762	510	108
	11:00	108	1110	690	834	678	108	138	1200	582	870	648	66
	12:00	150	1002	666	684	582	126	48	912	1230	732	558	48
	13:00	66	858	810	888	528	84	42	828	546	846	456	72
	14:00	138	1068	690	768	606	108	126	1110	594	744	648	72
	15:00	96	942	720	660	486	108	132	846	714	744	576	48
	16:00	78	654	1134	522	636	72	150	936	966	606	552	108
	17:00	72	540	822	510	408	72	84	822	1092	414	438	66
	18:00	66	390	528	192	192	36	90	444	792	354	378	54
	19:00	72	438	864	300	264	60	132	780	1050	324	426	36
	20:00	102	366	588	384	282	102	144	516	852	648	414	42
	21:00	90	198	438	618	138	84	72	324	714	468	246	102
	22:00	30	78	276	456	120	84	102	234	516	450	270	96
6/10/47	23:00	42	84	204	420	114	60	84	222	288	360	150	30
	0:00	54	90	72	246	60	6	24	102	114	222	72	18
	1:00	36	36	60	240	48	12	36	96	114	306	78	12
	2:00	6	180	54	156	78	6	36	60	96	210	36	42
	3:00	54	48	60	228	60	18	72	54	72	282	78	6
	4:00	84	54	48	174	72	6	66	78	36	198	72	0
	5:00	114	72	66	282	156	66	120	126	36	396	204	24
	6:00	48	264	474	462	354	108	72	258	426	582	234	24
	7:00	78	660	1344	630	594	120	48	372	1056	612	342	54
	8:00	84	1170	1188	642	456	66	84	690	792	720	312	84
	9:00	54	840	984	636	414	144	96	966	594	750	510	90
	10:00	132	1176	708	780	558	138	78	1266	624	858	582	102
	11:00	90	954	636	690	618	60	84	1374	678	708	648	60
	12:00	138	1002	906	696	594	78	132	1008	654	732	336	54
	13:00	96	822	672	762	606	78	120	816	792	852	600	54
	14:00	54	840	738	588	564	78	114	1086	702	768	474	72

ตาราง ก-4 ข้อมูลจราจรบนถนนพระรามหก ฤดูแล้งฝนตั้งแต่วันที่ 18 - 24 เมษายน 2548

ว/ด/ป	เวลา	in						out					
		tuk-tuk	motorcycle	car	taxi	pick up & van	bus&truck	tuk-tuk	motorcycle	car	taxi	pick up & van	bus&truck
18/4/48	13:00	114	1038	702	810	426	90	120	768	594	786	450	60
	14:00	96	1044	684	1440	630	72	48	1158	690	738	534	72
	15:00	60	762	354	240	300	24	30	798	246	222	162	90
	16:00	66	1284	1176	480	564	138	90	792	1014	600	552	12
	17:00	48	750	720	300	306	84	36	486	498	276	246	102
	18:00	84	576	954	426	330	54	138	936	1230	420	432	42
	19:00	114	522	834	456	180	78	120	552	1110	426	408	60
	20:00	66	324	648	450	210	78	90	468	960	456	258	42
	21:00	102	210	414	450	150	72	48	354	636	288	204	78
	22:00	42	96	240	318	72	54	60	210	444	444	150	48
	23:00	54	162	324	342	54	18	60	186	282	294	102	18
19/4/48	0:00	36	72	162	282	66	6	24	102	216	246	108	12
	1:00	54	48	48	210	54	6	36	66	78	210	60	18
	2:00	36	48	78	240	90	12	30	72	60	240	42	30
	3:00	72	24	36	264	66	6	60	108	48	180	30	36
	4:00	66	30	66	330	84	12	60	36	54	372	54	6
	5:00	120	90	132	306	144	48	96	108	120	366	108	18
	6:00	90	288	534	594	360	90	66	204	570	726	384	12
	7:00	102	756	1320	474	474	114	102	462	1140	618	426	66
	8:00	78	1242	1506	576	480	66	42	858	810	558	348	30
	9:00	54	894	1062	756	498	84	126	966	984	924	540	102
	10:00	120	924	1440	234	570	162	126	1146	918	930	660	114
	11:00	150	1266	942	828	852	96	126	888	624	852	690	54
	12:00	120	882	804	780	588	90	174	936	672	606	540	96
	13:00	114	978	870	648	588	84	78	744	672	786	570	108
	14:00	96	1188	702	810	588	72	24	978	648	726	618	78
	15:00	132	972	894	678	504	72	192	852	762	672	672	48
	16:00	102	990	954	546	612	102	162	924	870	636	444	90
	17:00	66	726	840	408	510	90	60	786	870	402	468	36
	18:00	66	522	1164	444	420	96	108	624	1098	330	432	30
	19:00	102	390	894	474	324	78	150	528	1068	420	276	84
	20:00	108	426	618	462	156	78	204	900	1584	876	546	144
	21:00	78	276	462	462	180	108	72	378	696	342	210	72
	22:00	60	144	402	552	102	84	36	342	516	504	234	72
	23:00	30	96	126	366	96	24	66	264	300	354	126	54
20/4/48	0:00	60	150	126	312	66	30	42	78	144	228	72	48
	1:00	60	48	84	246	60	24	48	48	138	126	66	12
	2:00	30	30	84	216	72	18	24	66	54	132	48	18
	3:00	66	24	66	234	90	6	12	48	54	162	42	36
	4:00	72	48	66	234	114	18	42	60	24	258	78	18
	5:00	84	120	156	402	144	30	78	150	108	318	102	30
	6:00	126	330	498	546	474	108	162	198	612	558	348	30

ตาราง ก-4 (ต่อ) ข้อมูลจราจรบนถนนพระรามหก ฤดูแล้งฝนตั้งแต่วันที่ 18 - 24 เมษายน 2548

ว/ด/ป	เวลา	in						out					
		tuk-tuk	motorcycle	car	taxi	pick up & van	bus&truck	tuk-tuk	motorcycle	car	taxi	pick up & van	bus&truck
	7:00	96	702	1026	552	444	144	96	360	1086	642	396	84
	8:00	48	1266	1344	648	522	108	42	762	906	642	438	36
	9:00	90	882	1254	654	624	102	84	948	810	864	468	84
	10:00	72	1164	888	792	618	150	78	720	756	810	624	42
	11:00	90	1200	816	924	678	96	162	1158	708	948	750	84
	12:00	108	1056	768	762	552	108	72	840	480	564	576	78
	13:00	54	1098	846	822	534	60	42	762	624	744	630	72
	14:00	114	1062	822	666	642	102	138	1284	702	798	738	60
	15:00	150	1110	714	588	654	114	150	912	864	672	564	60
	16:00	78	1038	1152	408	582	150	72	924	810	492	504	72
	17:00	90	768	906	624	438	78	132	900	1278	618	558	54
	18:00	144	780	1266	522	420	72	96	846	1056	540	408	54
	19:00	24	228	528	192	192	36	90	444	792	354	378	54
	20:00	72	252	864	300	264	60	132	936	1050	324	426	36
	21:00	180	270	714	402	288	54	180	534	1002	408	336	54
	22:00	42	198	402	606	156	96	102	360	960	636	312	108
	23:00	36	138	288	348	96	66	72	240	582	384	162	42
21/4/48	0:00	48	78	258	378	96	12	60	234	318	384	84	36
	1:00	78	72	102	258	102	36	18	180	114	336	84	42
	2:00	96	36	72	216	48	18	30	72	72	264	48	30
	3:00	54	48	96	180	36	12	54	60	72	210	30	12
	4:00	60	30	36	156	48	18	42	54	24	198	42	18
	5:00	108	60	18	210	78	24	66	84	12	222	72	6
	6:00	90	42	84	336	66	42	72	132	36	210	102	24
	7:00	48	306	504	462	174	84	42	108	168	138	132	6
	8:00	54	654	1548	492	528	108	78	420	750	576	414	72
	9:00	54	1194	1278	558	438	90	54	714	714	546	324	66
	10:00	108	948	1158	708	540	108	120	696	618	714	360	108
	11:00	108	918	378	750	444	114	114	714	588	744	534	54
	12:00	150	960	690	840	642	138	108	558	858	756	726	78
	13:00	78	558	792	690	516	72	84	366	600	822	546	114
	14:00	72	1242	786	684	696	90	84	1014	672	816	516	84
	15:00	132	1122	846	684	552	90	156	918	852	684	690	66
	16:00	42	822	468	366	288	72	90	834	738	456	534	84
	17:00	102	696	936	660	516	60	72	852	1362	624	678	54
	18:00	108	534	960	534	348	48	126	750	1026	696	576	96
	19:00	90	534	984	558	330	96	78	690	762	426	282	48
	20:00	108	414	816	714	288	54	150	414	882	468	300	66
	21:00	60	258	486	480	234	132	120	396	918	486	378	84
	22:00	30	222	330	414	132	48	60	330	474	390	270	84
	23:00	24	144	264	402	156	72	78	240	324	378	192	54
21/4/48	0:00	78	150	186	360	60	42	78	96	228	234	132	12

ตาราง ก-4 (ต่อ) ข้อมูลจราจรบนถนนพระรามหก ฤดูแล้งฝนตั้งแต่วันที่ 18 - 24 เมษายน 2548

ว/ด/ป	เวลา	in						out					
		tuk-tuk	motorcycle	car	taxi	pick up & van	bus&truck	tuk-tuk	motorcycle	car	taxi	pick up & van	bus&truck
	1:00	54	36	96	282	48	6	48	60	90	210	60	18
	2:00	30	72	90	204	90	18	24	42	102	234	108	18
	3:00	54	42	42	210	72	12	42	126	30	216	24	6
	4:00	60	66	72	336	90	18	108	72	36	234	78	12
	5:00	84	156	162	384	174	36	96	132	90	264	96	30
	6:00	78	336	462	612	342	96	156	240	432	636	390	30
	7:00	114	504	1122	672	522	114	66	414	1098	666	390	102
	8:00	144	1200	1428	684	582	66	120	696	744	612	372	78
	9:00	54	930	780	654	594	96	102	858	696	576	600	84
	10:00	78	834	768	684	702	90	120	1104	732	750	828	120
	11:00	102	1098	672	762	732	60	126	1086	696	750	570	84
	12:00	84	666	750	804	576	84	108	894	822	738	690	72
	13:00	108	804	738	756	522	108	102	846	912	642	552	72
	14:00	102	882	786	720	642	114	120	966	528	624	624	84
	15:00	108	798	888	678	570	102	156	1014	828	642	564	54
	16:00	108	708	1392	426	606	84	174	924	1332	666	744	114
	17:00	84	444	1056	468	480	66	90	900	1200	450	588	72
	18:00	30	624	1128	474	666	90	96	486	870	384	510	54
	19:00	78	576	780	354	408	60	144	1026	1152	354	570	54
	20:00	102	396	756	498	366	72	198	582	1098	444	450	54
	21:00	84	276	432	378	342	78	108	396	1056	696	420	114
	22:00	54	150	432	486	168	54	78	306	570	396	234	36
	23:00	42	150	294	432	132	78	90	258	426	360	210	42
22/4/48	0:00	84	90	264	426	102	12	48	144	222	354	96	36
	1:00	48	90	114	372	90	18	24	72	156	294	84	30
	2:00	66	42	72	258	84	24	72	48	150	180	60	0
	3:00	60	36	78	228	48	24	30	60	60	306	54	12
	4:00	60	60	60	240	72	12	36	78	30	222	72	6
	5:00	114	96	78	294	102	42	90	150	78	270	42	18
	6:00	138	174	204	468	156	90	108	222	132	342	174	30
	7:00	102	312	528	402	378	84	84	318	330	522	222	42
	8:00	114	594	954	612	510	84	84	402	516	618	306	96
	9:00	42	642	936	522	462	132	84	474	612	582	390	72
	10:00	108	708	792	774	408	108	78	438	414	456	264	90
	11:00	144	516	690	774	384	108	108	588	474	456	396	42
	12:00	48	510	762	654	462	114	84	390	684	540	348	54
	13:00	102	384	726	708	408	108	114	720	810	684	510	108
	14:00	156	522	690	954	456	84	90	714	666	690	432	96
	15:00	120	600	618	552	354	84	90	720	558	558	396	48
	16:00	72	576	774	522	624	72	66	372	624	354	420	66
	17:00	84	570	684	486	312	60	96	570	990	468	456	42
	18:00	54	450	744	534	270	90	72	1044	774	444	372	90

ตาราง ก-4 (ต่อ) ข้อมูลจราจรบนถนนพระรามหก ฤดูแล้งฝนตั้งแต่วันที่ 18 - 24 เมษายน 2548

ว/ด/ป	เวลา	in						out					
		tuk-tuk	motorcycle	car	taxi	pick up & van	bus&truck	tuk-tuk	motorcycle	car	taxi	pick up & van	bus&truck
	19:00	102	390	720	492	240	72	72	342	600	438	234	60
	20:00	66	372	528	456	240	132	102	312	732	486	258	30
	21:00	60	228	468	498	138	54	132	258	528	384	204	42
	22:00	42	264	354	468	96	42	90	252	486	474	234	54
	23:00	66	126	366	426	138	30	102	222	348	426	120	60
23/4/48	0:00	72	126	252	282	96	24	24	168	204	366	138	48
	1:00	60	48	120	390	72	18	42	138	132	276	114	12
	2:00	60	36	102	312	60	6	72	36	150	264	84	0
	3:00	30	36	72	306	66	12	30	60	78	246	42	24
	4:00	66	42	90	276	84	12	78	84	54	258	42	6
	5:00	78	84	78	318	90	24	84	102	36	210	78	6
	6:00	78	108	132	366	168	54	90	138	120	216	78	6
	7:00	84	282	246	330	144	66	108	234	288	258	144	48
	8:00	48	564	492	426	276	120	114	306	390	444	240	54
	9:00	84	354	672	444	240	72	36	330	420	360	264	102
	10:00	96	354	822	564	372	84	54	216	528	342	222	78
	11:00	66	330	594	732	384	120	132	294	588	726	366	114
	12:00	96	432	660	828	396	78	60	360	606	534	348	84
	13:00	96	402	672	762	402	102	48	258	528	510	324	48
	14:00	138	288	528	594	258	72	72	348	660	636	366	66
	15:00	78	408	654	714	294	96	108	390	702	468	450	72
	16:00	84	336	804	624	330	120	54	348	498	492	252	30
	17:00	42	120	222	198	66	6	60	78	240	174	150	24
	18:00	114	390	774	534	240	54	96	408	624	450	246	48
	19:00	84	342	666	606	270	84	132	324	648	402	294	60
	20:00	84	306	492	534	192	96	96	252	564	396	222	36
	21:00	48	312	402	426	204	54	78	204	696	366	276	72
	22:00	60	168	300	462	144	48	30	180	336	504	216	42
	23:00	60	132	162	420	96	30	72	114	204	456	132	42
24/4/48	0:00	108	102	72	282	48	60	90	114	90	294	126	6
	1:00	72	30	66	240	54	12	36	54	114	372	54	6
	2:00	48	24	54	318	54	6	42	48	54	246	66	12
	3:00	54	36	18	180	66	24	66	48	48	204	48	18
	4:00	66	48	12	222	78	24	42	60	36	378	102	12
	5:00	120	150	96	252	156	54	102	150	54	438	162	24
	6:00	102	246	456	432	372	114	120	312	516	636	348	36
	7:00	102	828	1320	474	492	84	114	420	1056	558	372	72
	8:00	138	1188	1464	702	468	102	114	750	996	546	342	60
	9:00	114	960	1068	852	450	90	120	804	624	744	504	84
	10:00	138	996	846	792	660	114	162	930	630	738	522	66
	11:00	138	852	714	756	672	102	108	1104	672	714	570	66
	12:00	150	1098	732	780	528	90	114	1092	1158	654	540	60

ตาราง ก-5 ข้อมูลจราจรบนถนนพญาไท ฤดูฝนตั้งแต่วันที่ 22 - 29 ตุลาคม 2547

ว/ด/ป	เวลา	in+out			
		tuk-tuk & motorcycle	car & taxi	pick up & van	bus&truck
22/10/47	10:00	1398	2130	828	216
	11:00	1896	2184	870	240
	12:00	1536	2316	678	234
	13:00	1410	2448	558	204
	14:00	1632	2406	744	252
	15:00	1470	2478	756	270
	16:00	2520	2706	690	258
	17:00	1812	2184	642	186
	18:00	1398	2106	426	132
	19:00	1008	2100	474	162
	20:00	966	1872	462	198
	21:00	828	2364	444	210
	22:00	654	2058	384	138
	23:00	408	1782	276	108
23/10/47	0:00	288	1824	264	60
	1:00	306	1152	228	36
	2:00	198	1080	156	24
	3:00	102	990	108	60
	4:00	120	540	108	42
	5:00	90	408	102	96
	6:00	396	1482	264	204
	7:00	438	834	300	228
	8:00	480	996	390	294
	9:00	852	1416	540	294
	10:00	1272	2166	516	192
	11:00	876	2250	504	270
	12:00	1290	2460	852	240
	13:00	1260	2616	690	246
	14:00	1464	2472	936	282
	15:00	1218	2544	942	258
	16:00	2076	2736	858	276
	17:00	1482	2232	882	264
	18:00	1140	2094	594	246
	19:00	846	2808	504	168
	20:00	744	2544	522	216
	21:00	636	2346	360	174
	22:00	462	2178	264	144
	23:00	366	1590	252	132
24/10/47	0:00	438	1530	156	60
	1:00	258	1182	132	42
	2:00	240	1152	204	30
	3:00	150	990	162	60

ตาราง ก-5 (ต่อ) ข้อมูลจราจรบนถนนพญาไท ฤดูฝนตั้งแต่วันที่ 22 - 29 ตุลาคม 2547

ว/ค/ป	เวลา	in+out			
		tuk-tuk & motorcycle	car & taxi	pick up & van	bus&truck
	4:00	156	426	102	42
	5:00	138	480	114	96
	6:00	546	1164	348	204
	7:00	636	1080	378	270
	8:00	678	1350	510	318
	9:00	1188	1770	702	336
	10:00	1572	2706	804	270
	11:00	1230	2826	780	288
	12:00	1224	3456	1038	258
	13:00	1836	3486	786	252
	14:00	1710	3312	1146	312
	15:00	1290	3600	1128	288
	16:00	1944	3738	1254	306
	17:00	1644	3798	1128	294
	18:00	1434	3594	978	270
	19:00	486	2724	204	228
	20:00	450	2556	426	222
	21:00	576	2694	402	198
	22:00	414	2256	324	174
	23:00	288	1956	342	84
25/10/47	0:00	228	1404	216	66
	1:00	156	1254	180	6
	2:00	138	1110	168	12
	3:00	156	822	90	18
	4:00	96	546	84	42
	5:00	150	360	120	120
	6:00	426	762	384	168
	7:00	612	1692	570	216
	8:00	900	2130	1032	270
	9:00	1296	1614	924	294
	10:00	1056	1818	642	336
	11:00	1008	1884	606	240
	12:00	744	1674	360	138
	13:00	1356	2580	588	210
	14:00	1074	2880	486	234
	15:00	1362	2382	546	270
	16:00	1560	2358	456	288
	17:00	1266	2556	552	270
	18:00	1296	2478	540	216
	19:00	1068	1770	420	138
	20:00	834	2520	336	246
	21:00	666	2298	456	210
	22:00	510	1932	336	234

ตาราง ก-5 (ต่อ) ข้อมูลจราจรบนถนนพญาไท ฤดูฝนตั้งแต่วันที่ 22 - 29 ตุลาคม 2547

ว/ด/ป	เวลา	in+out			
		tuk-tuk & motorcycle	car & taxi	pick up & van	bus&truck
	23:00	360	1500	186	108
26/10/47	0:00	294	1224	198	102
	1:00	306	942	150	60
	2:00	210	906	96	30
	3:00	96	522	42	12
	4:00	234	300	60	54
	5:00	246	564	72	90
	6:00	558	756	318	186
	7:00	780	1818	486	252
	8:00	1284	2244	558	318
	9:00	1134	1596	624	366
	10:00	1290	1824	822	294
	11:00	1212	1920	930	234
	12:00	912	1722	990	180
	13:00	1578	2658	906	132
	14:00	1272	2976	1200	180
	15:00	1584	2490	1104	204
	16:00	1782	2448	1110	258
	17:00	1470	2688	1122	246
	18:00	1530	2586	1266	192
	19:00	990	2880	486	264
	20:00	678	2538	324	252
	21:00	726	2472	300	216
	22:00	438	2052	330	276
	23:00	312	1566	228	174
27/10/47	0:00	288	1314	234	78
	1:00	162	1014	156	60
	2:00	174	852	114	48
	3:00	84	618	102	18
	4:00	114	300	66	72
	5:00	192	318	132	138
	6:00	294	876	348	198
	7:00	756	1974	600	258
	8:00	960	1836	564	240
	9:00	1074	1722	738	294
	10:00	1170	1776	846	282
	11:00	1494	2346	798	216
	12:00	1458	2124	690	222
	13:00	1428	2748	666	222
	14:00	1782	2664	798	234
	15:00	1896	2712	774	258
	16:00	2100	2418	906	288
	17:00	2040	2562	936	270

ตาราง ก-5 (ต่อ) ข้อมูลจราจรบนถนนพญาไท ฤดูฝนตั้งแต่วันที่ 22 - 29 ตุลาคม 2547

ว/ด/ป	เวลา	in+out			
		tuk-tuk & motorcycle	car & taxi	pick up & van	bus&truck
	18:00	1656	2484	732	258
	19:00	888	2700	390	282
	20:00	546	2340	372	222
	21:00	690	2034	306	216
	22:00	492	1812	276	162
	23:00	354	1728	198	114
28/10/47	0:00	324	1140	108	78
	1:00	384	1026	126	48
	2:00	174	852	108	54
	3:00	120	504	72	42
	4:00	144	582	114	72
	5:00	270	420	132	150
	6:00	546	738	330	162
	7:00	702	1314	444	204
	8:00	930	1416	582	330
	9:00	1050	1464	648	330
	10:00	1572	1746	654	306
	11:00	1308	1848	612	276
	12:00	1620	1830	720	210
	13:00	1302	2106	600	294
	14:00	1662	2328	576	246
	15:00	1470	2304	618	204
	16:00	2040	2604	666	216
	17:00	1812	2268	576	168
	18:00	1554	2298	468	180
	19:00	1032	2112	426	222
	20:00	870	2040	408	246
	21:00	678	1770	444	240
	22:00	306	1944	330	228
	23:00	108	1488	258	126
29/10/47	0:00	90	1536	198	72
	1:00	72	1008	162	48
	2:00	66	834	156	42
	3:00	60	648	162	42
	4:00	60	330	114	72
	5:00	96	582	204	126
	6:00	324	588	234	180
	7:00	510	1728	438	216
	8:00	1230	1734	558	312
	9:00	1206	1794	582	294
	10:00	1506	1614	678	336

ตาราง ก-6 ข้อมูลจราจรบนถนนพญาไท ฤดูแล้งฝนตั้งแต่วันที่ 25 เมษายน - 1 พฤษภาคม 2548

ว/ด/ป	เวลา	in+out			
		tuk-tuk and motorcycle	car and taxi	pick up & van	bus&truck
25/4/48	0:00	252	1506	180	90
	1:00	174	1362	168	18
	2:00	150	1170	156	12
	3:00	132	858	102	24
	4:00	102	516	96	42
	5:00	150	348	150	108
	6:00	180	540	228	156
	7:00	192	660	360	234
	8:00	240	1284	342	348
	9:00	306	1458	420	258
	10:00	342	1212	858	270
	11:00	420	2400	294	312
	12:00	438	2586	408	330
	13:00	450	2382	414	180
	14:00	486	2076	312	246
	15:00	1158	2472	498	240
	16:00	1440	2574	666	246
	17:00	1596	2358	522	198
	18:00	1062	2430	228	192
	19:00	534	2070	372	138
	20:00	462	1986	336	192
	21:00	684	1938	252	210
	22:00	414	1782	300	222
	23:00	294	1668	144	192
26/4/48	0:00	186	1308	96	66
	1:00	180	990	108	78
	2:00	138	810	102	42
	3:00	84	582	54	18
	4:00	228	366	42	72
	5:00	234	546	96	102
	6:00	354	1332	276	240
	7:00	552	2520	492	216
	8:00	1350	2454	450	228
	9:00	1008	1980	624	420
	10:00	1104	1842	708	282
	11:00	1272	2016	618	210
	12:00	1170	2598	762	318
	13:00	1224	2370	318	270
	14:00	1404	2250	582	240
	15:00	1464	2346	738	240
	16:00	1146	2868	564	282
	17:00	1332	2976	558	228
	18:00	1242	2394	264	234

ตาราง ก-6 (ต่อ) ข้อมูลจราจรบนถนนพญาไท ฤดูแล้งฝนตั้งแต่วันที่ 25 เมษายน - 1 พฤษภาคม 2548

ว/ด/ป	เวลา	in+out			
		tuk-tuk and motorcycle	car and taxi	pick up & van	bus&truck
	19:00	1020	3108	336	270
	20:00	696	2748	282	270
	21:00	888	2526	264	222
	22:00	420	2202	282	276
	23:00	324	1590	120	168
27/4/48	0:00	270	1398	144	90
	1:00	168	1026	102	54
	2:00	180	864	78	48
	3:00	90	624	90	30
	4:00	180	312	54	24
	5:00	300	480	132	156
	6:00	330	1092	372	246
	7:00	426	2670	642	258
	8:00	1266	2436	522	294
	9:00	948	2172	468	390
	10:00	1110	2004	642	420
	11:00	1242	1800	636	264
	12:00	1206	2172	594	240
	13:00	1224	2490	564	270
	14:00	1434	2118	654	192
	15:00	1524	2376	606	252
	16:00	1362	2874	618	306
	17:00	1344	2820	582	216
	18:00	1086	2310	348	246
	19:00	882	2850	414	300
	20:00	510	2376	390	234
	21:00	594	2118	324	240
	22:00	462	2142	270	174
	23:00	270	1386	228	144
28/4/48	0:00	264	1218	120	72
	1:00	300	942	156	36
	2:00	150	780	114	24
	3:00	138	528	60	36
	4:00	156	372	132	66
	5:00	234	570	108	162
	6:00	318	1290	360	294
	7:00	516	2946	582	276
	8:00	1320	2478	408	294
	9:00	840	2010	600	420
	10:00	1158	1908	810	276
	11:00	1308	1908	678	276
	12:00	1158	2226	648	270
	13:00	1116	2484	612	234

ตาราง ก-6 (ต่อ) ข้อมูลจราจรบนถนนพญาไท ฤดูแล้งฝนตั้งแต่วันที่ 25 เมษายน - 1 พฤษภาคม 2548

ว/ด/ป	เวลา	in+out			
		tuk-tuk and motorcycle	car and taxi	pick up & van	bus&truck
	14:00	144	2256	588	180
	15:00	516	2208	594	186
	16:00	1278	2454	588	168
	17:00	1338	2340	558	174
	18:00	1350	2352	426	174
	19:00	924	2928	414	210
	20:00	780	2760	306	240
	21:00	606	2610	336	228
	22:00	492	2316	288	216
	23:00	366	1476	210	108
29/4/48	0:00	348	1284	186	96
	1:00	246	1092	174	24
	2:00	138	882	108	60
	3:00	156	672	174	18
	4:00	204	324	96	66
	5:00	276	498	162	126
	6:00	396	1146	426	240
	7:00	558	2712	636	186
	8:00	1380	2796	654	318
	9:00	960	1980	588	456
	10:00	1374	2004	696	312
	11:00	1290	1902	660	270
	12:00	1050	2268	606	240
	13:00	1056	2532	636	216
	14:00	1452	2274	708	258
	15:00	1488	2388	768	246
	16:00	1206	2532	534	264
	17:00	1452	2238	678	228
	18:00	1254	2466	552	198
	19:00	1260	2202	528	186
	20:00	972	1950	456	108
	21:00	1008	2100	474	162
	22:00	966	1872	462	198
	23:00	828	2364	444	210
30/4/48	0:00	654	2058	384	138
	1:00	408	1782	276	108
	2:00	288	1824	264	60
	3:00	306	1152	228	36
	4:00	198	1080	156	24
	5:00	102	990	108	60
	6:00	120	540	108	42
	7:00	90	408	102	96
	8:00	156	666	144	138

ตาราง ก-6 (ต่อ) ข้อมูลจราจรบนถนนพญาไท ฤดูแล้งฝนตั้งแต่วันที่ 25 เมษายน - 1 พฤษภาคม 2548

ว/ด/ป	เวลา	in+out			
		tuk-tuk and motorcycle	car and taxi	pick up & van	bus&truck
	9:00	288	960	312	288
	10:00	732	2394	654	348
	11:00	786	2106	534	312
	12:00	876	1980	558	222
	13:00	828	2448	540	252
	14:00	906	2544	618	300
	15:00	804	2832	576	168
	16:00	918	2484	546	246
	17:00	984	2622	582	180
	18:00	954	2604	594	210
	19:00	900	2514	492	222
	20:00	1080	2910	630	180
	21:00	846	2808	504	168
	22:00	744	2544	522	216
	23:00	636	2346	360	174
1/5/48	0:00	462	2178	264	144
	1:00	366	1590	252	132
	2:00	234	1158	198	24
	3:00	162	1032	174	30
	4:00	144	414	96	36
	5:00	114	486	108	138
	6:00	234	636	198	210
	7:00	294	666	282	294
	8:00	522	1458	384	300
	9:00	558	1722	612	348
	10:00	702	1632	546	288
	11:00	612	1776	522	234
	12:00	570	1962	480	270
	13:00	600	2466	498	204
	14:00	792	2532	642	228
	15:00	762	2634	510	282
	16:00	870	2772	528	264
	17:00	1158	2226	582	330
	18:00	660	2538	384	162
	19:00	678	2706	222	252
	20:00	624	2544	414	222
	21:00	582	2646	318	174
	22:00	378	2196	294	132
	23:00	306	1938	312	108

ตาราง ก-7 ข้อมูลจำนวนเฉลี่ยของรถแต่ละประเภทของถนนสุขุมวิท พระรามหก พญาไท ฤดูแล้งและแล้งฝน

วัน	ประเภทรถ	สุขุมวิท				พระราม 6				พญาไท			
		ฝน	ฝน	แล้งฝน	แล้งฝน	ฝน	ฝน	แล้งฝน	แล้งฝน	ฝน	ฝน	แล้งฝน	แล้งฝน
		sum	เฉลี่ย	sum	เฉลี่ย	sum	เฉลี่ย	sum	เฉลี่ย	sum	เฉลี่ย	sum	เฉลี่ย
อาทิตย์	tuk-tuk	534	22	642	27	3378	141	3576	149	10526	439	12384	516
	motorcycle	12990	541	16884	704	12078	503	11370	474				
	car	22380	933	22788	950	20184	841	19302	804	43826	1826	43908	1830
	taxi	22734	947	23064	961	19764	824	20802	867				
	pick up & van	12792	533	12747	531	8862	369	10302	429	13548	565	8820	368
	bus&truck	5730	239	5724	239	2622	109	2640	110				
จันทร์	tuk-tuk	468	20	600	25	4536	189	4266	178	18318	763	11658	486
	motorcycle	29022	1209	31242	1302	27084	1129	25920	1080				
	car	23574	982	23934	997	29496	1229	27720	1155	42324	614	39636	1652
	taxi	18816	784	19872	828	23562	982	23466	978				
	pick up & van	18930	789	18000	750	18186	758	14574	607	10278	1764	7806	325
	bus&truck	6150	256	6048	252	3156	132	2784	116				
อังคาร	tuk-tuk	564	27	444	32	4092	171	4272	178	20916	872	19020	793
	motorcycle	28638	1364	19278	1377	25506	1063	26544	1106				
	car	21288	1014	12816	915	28104	1171	31434	1310	43692	705	46722	1947
	taxi	16338	778	11058	790	24342	1014	24600	1025				
	pick up & van	17112	815	8613	615	16752	698	16992	708	13722	1821	8736	364
	bus&truck	5226	249	3984	285	2940	123	3090	129				
พุธ	tuk-tuk	750	31	180	18	4164	174	4134	172	22092	921	18408	767
	motorcycle	33924	1414	13872	1387	26922	1122	27540	1148				
	car	23652	986	12126	1213	29004	1209	31278	1303	43272	675	44910	1871
	taxi	20478	853	8754	875	24306	1013	24222	1009				
	pick up & van	20058	836	8952	895	16536	689	17748	740	11742	1803	9474	395
	bus&truck	6684	279	2718	272	2910	121	3096	129				

ตาราง ก-7 (ต่อ) ข้อมูลจำนวนเฉลี่ยของรถแต่ละประเภทของถนนสุขุมวิท พระรามหก พญาไท ฤดูฝนและแล้งฝน

วัน	ประเภทรถ	สุขุมวิท				พระราม 6				พญาไท			
		ฝน	ฝน	แล้งฝน	แล้งฝน	ฝน	ฝน	แล้งฝน	แล้งฝน	ฝน	ฝน	แล้งฝน	แล้งฝน
		sum	เฉลี่ย	sum	เฉลี่ย	sum	เฉลี่ย	sum	เฉลี่ย	sum	เฉลี่ย	sum	เฉลี่ย
พฤษภาคม	tuk-tuk	660	28	660	28	3966	165	3858	161	21978	916	16770	699
	motorcycle	33888	1412	28625	1332	21642	902	22722	947				
	car	23052	961	23744	967	26604	1109	26844	1119	38142	615	45360	1890
	taxi	20154	840	22235	849	22266	928	23274	970				
	pick up & van	20004	834	21898	912	15252	636	15210	634	10020	1589	9696	404
	bus&truck	7080	295	680	282	2874	120	3024	126	4632	193	4620	193
ตุลาคม	tuk-tuk	732	31	744	31	4692	196	4464	186	22650	944	21318	888
	motorcycle	33858	1411	34188	1425	25098	1046	25422	1059				
	car	24084	1004	24336	1014	30840	1285	31080	1295	41916	704	44478	1853
	taxi	18834	785	18114	755	23352	973	24096	1004				
	pick up & van	19854	827	19710	821	16644	694	19290	804	11040	1747	11406	475
	bus&truck	6036	252	6312	263	3480	145	3060	128	4212	176	4686	195
เสาร์	tuk-tuk	636	27	828	35	4122	172	4008	167	18402	767	14604	609
	motorcycle	21462	894	22146	923	16002	667	17262	719				
	car	22914	955	23118	963	29922	1247	23178	966	43758	642	46596	1942
	taxi	22026	918	21720	905	24468	1020	22668	945				
	pick up & van	17466	728	14514	605	17562	732	12678	528	11136	1823	9792	408
	bus&truck	6150	256	5922	247	3318	138	2904	121	4446	185	4188	175
เฉลี่ย	tuk-tuk	4344	26	4098	28	28950	172	28578	170	134882	866	114162	680
	motorcycle	193782	1173	166235	1191	154332	919	156780	933				
	car	160944	976	142862	987	194154	1156	190836	1136	296930	1826	311610	1855
	taxi	139380	845	124817	852	162060	965	163128	971				
	pick up & van	126216	766	104434	725	109794	654	106794	636	81486	486	65730	391
	bus&truck	43056	261	31388	262	21300	127	20598	123	31764	190	32838	195



ภาคผนวก ข

ข้อมูลทางสถิติ ประกอบด้วย

- การวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลทางสถิติด้วยวิธี One-Way ANOVA
- การวิเคราะห์สมการถดถอยแบบเส้นตรงพหุคูณ (Multiple linear regression analysis) ด้วย วิธี Enter method Backward method Forward method และ Stepwise method

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข-1. วิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้น pPAHs ตามแนวถนนสุขุมวิท ด้วย One-Way ANOVA

ข-1.1 อธิบาย

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
prakhanoge	7	513.71	149.25	56.41	375.68	651.74	336.00	747.00
ekkamai	7	354.00	118.96	44.96	243.98	464.02	254.00	561.00
school srivikorn	7	334.14	57.53	21.74	280.94	387.34	255.00	412.00
Total	21	400.62	136.76	29.84	338.36	462.87	254.00	747.00

Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.808	2	18	.087

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	135680.66	2	67840.33	5.122	.017
Within Groups	238406.28	18	13244.79		
Total	374086.95	20			

Multiple Comparisons

LSD

(I) VAR00001	(J) VAR00001	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
prakhanoge	ekkamai	159.71(*)	61.52	.018	30.47	288.95
	school srivikorn	179.57(*)	61.52	.009	50.33	308.81
ekkamai	prakhanoge	-159.71(*)	61.52	.018	-288.95	-30.47
	school srivikorn	19.86	61.52	.751	-109.38	149.10
school srivikorn	prakhanoge	-179.57(*)	61.52	.009	-308.81	-50.33
	ekkamai	-19.86	61.52	.751	-149.10	109.38

* The mean difference is significant at the .05 level.

ข-1.2 ฤดูแล้งฝน

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
prakhanoge	7	264.86	157.42	59.50	119.27	410.45	126.00	509.00
ekkamai	7	219.14	24.18	9.14	196.78	241.51	188.00	258.00
school srivikorn	7	100.00	37.69	14.25	65.14	134.86	61.00	170.00
Total	21	194.67	114.48	24.98	142.55	246.78	61.00	509.00

Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
12.410	2	18	.000

Robust Tests of Equality of Means

	Statistic(a)	df1	df2	Sig.
Welch	24.09	2	10.20	.000

a Asymptotically F distributed.

Multiple Comparisons

Dunnnett T3

(I) VAR00001	(J) VAR00001	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
prakhanoge	ekkamai	45.71	60.20	.831	-143.81	235.24
	school srivikorn	164.86	61.18	.085	-24.40	354.11
ekkamai	prakhanoge	-45.71	60.20	.831	-235.24	143.81
	school srivikorn	119.14(*)	16.93	.000	71.45	166.84
school srivikorn	prakhanoge	-164.86	61.18	.085	-354.11	24.40
	ekkamai	-119.14(*)	16.93	.000	-166.84	-71.45

* The mean difference is significant at the .05 level.

ข-2. วิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้น pPAHs ตามแนวถนนพระรามหก ด้วย One-Way ANOVA

ข-2.1 อุดฟัน

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Tisi	7	249.71	46.33	17.51	206.86	292.57	164.00	294.00
school samsenwit	5	139.60	40.04	17.91	89.88	189.32	78.00	176.00
Tuk chai	7	406.00	88.43	33.42	324.22	487.78	304.00	541.00
Total	19	278.32	125.23	28.73	217.96	338.67	78.00	541.00

Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
5.149	2	16	.019

Robust Tests of Equality of Means

	Statistic(a)	df1	df2	Sig.
Welch	25.343	2	10.237	.000

a Asymptotically F distributed.

Multiple Comparisons

Dunnnett T3

(I) VAR00001	(J) VAR00001	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Tisi	school samsenwit	110.11(*)	25.05	.004	38.61	181.62
	Tuk chai	-156.29(*)	37.73	.007	-265.00	-47.57
school samsenwit	Tisi	-110.11(*)	25.05	.004	-181.62	-38.61
	Tuk chai	-266.40(*)	37.92	.000	-376.18	-156.62
Tuk chai	Tisi	156.29(*)	37.73	.007	47.57	265.00
	school samsenwit	266.40(*)	37.92	.000	156.62	376.18

* The mean difference is significant at the .05 level.

ข-2.2 ฤดูเลี้ยงฝน

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Tisi	7	245.71	52.82	19.96	196.87	294.56	159.00	302.00
school samsenwit	7	104.71	32.72	12.37	74.45	134.98	60.00	156.00
Tuk chai	7	242.29	45.38	17.15	200.32	284.25	169.00	320.00
Total	21	197.57	79.40	17.33	161.43	233.71	60.00	320.00

Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.999	2	18	.388

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	90576.85	2	45288.429	22.953	.000
Within Groups	35516.28	18	1973.127		
Total	126093.14	20			

Multiple Comparisons

LSD

(I) VAR00001	(J) VAR00001	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Tisi	school samsenwit	141.00(*)	23.74	.000	91.12	190.88
	Tuk chai	3.43	23.74	.887	-46.45	53.31
school samsenwit	Tisi	-141.00(*)	23.74	.000	-190.88	-91.12
	Tuk chai	-137.57(*)	23.74	.000	-187.45	-87.69
Tuk chai	Tisi	-3.43	23.74	.887	-53.31	46.45
	school samsenwit	137.57(*)	23.74	.000	87.69	187.45

* The mean difference is significant at the .05 level.

ข-3. วิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้น pPAHs ตามแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิทด้วย One-Way ANOVA

ข-3.1 อลูมิเนียม

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
น้อยกว่า 5 m.	721	99.81	37.67	1.40	97.05	102.56	41.00	204.00
75 m.	721	53.99	16.31	.61	52.80	55.18	31.00	91.00
150 m.	721	29.66	10.57	.39	28.89	30.43	13.00	48.00
225 m.	721	35.69	15.37	.57	34.57	36.81	12.00	62.00
Total	2884	54.79	35.55	.66	53.49	56.09	12.00	204.00

Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
492.512	3	2879	.000

Robust Tests of Equality of Means

	Statistic(a)	df1	df2	Sig.
Welch	1026.994	3	1523.676	.000

a Asymptotically F distributed.

Multiple Comparisons

Dunnnett T3

(I) VAR00001	(J) VAR00001	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
น้อยกว่า 5 m.	75 m.	45.82(*)	1.53	.000	41.79	49.85
	150 m.	70.15(*)	1.46	.000	66.31	73.99
	225 m.	64.12(*)	1.52	.000	60.12	68.11
75 m.	น้อยกว่า 5 m.	-45.82(*)	1.53	.000	-49.85	-41.79
	150 m.	24.33(*)	.72	.000	22.42	26.24
	225 m.	18.30(*)	.84	.000	16.10	20.50
150 m.	น้อยกว่า 5 m.	-70.15(*)	1.46	.000	-73.99	-66.31
	75 m.	-24.33(*)	.72	.000	-26.24	-22.42
	225 m.	-6.03(*)	.69	.000	-7.86	-4.20
225 m.	น้อยกว่า 5 m.	-64.12(*)	1.52	.000	-68.11	-60.12
	75 m.	-18.30(*)	.84	.000	-20.50	-16.10
	150 m.	6.03(*)	.69	.000	4.20	7.86

* The mean difference is significant at the .05 level.

ข-3.2 ฤดูแล้งฝน

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
น้อยกว่า 5 m.	721.00	62.10	48.26	1.80	58.57	65.63	12.00	210.00
75 m.	721.00	25.15	9.61	.36	24.45	25.85	13.00	53.00
150 m.	721.00	11.70	2.93	.11	11.49	11.91	7.00	20.00
225 m.	721.00	11.03	3.67	.14	10.76	11.30	4.00	19.00
Total	2884.00	27.49	32.27	.60	26.32	28.67	4.00	210.00

Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
991.087	3	2880	.000

Robust Tests of Equality of Means

	Statistic(a)	df1	df2	Sig.
Welch	723.96	3.00	1457.42	.000

a Asymptotically F distributed.

Multiple Comparisons

Dunnnett T3

(I) VAR00001	(J) VAR00001	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
น้อยกว่า 5 m.	75 m.	36.95(*)	1.83	.000	32.12	41.78
	150 m.	50.40(*)	1.80	.000	45.65	55.15
	225 m.	51.07(*)	1.80	.000	46.31	55.82
75 m.	น้อยกว่า 5 m.	-36.95(*)	1.83	.000	-41.78	-32.12
	150 m.	13.45(*)	.37	.000	12.46	14.43
	225 m.	14.12(*)	.38	.000	13.11	15.13
150 m.	น้อยกว่า 5 m.	-50.40(*)	1.80	.000	-55.15	-45.65
	75 m.	-13.45(*)	.37	.000	-14.43	-12.46
	225 m.	.67(*)	.17	.001	.21	1.13
225 m.	น้อยกว่า 5 m.	-51.07(*)	1.80	.000	-55.82	-46.31
	75 m.	-14.12(*)	.38	.000	-15.13	-13.11
	150 m.	-.67(*)	.17	.001	-1.13	-.21

* The mean difference is significant at the .05 level.

ข-4. วิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้น pPAHs ตามแนวตั้งฉากกับถนนพระรามหกด้วย One-Way ANOVA

ข-4.1 ฤดูฝน

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
น้อยกว่า 5 m.	721	122.31	66.16	2.46	117.47	127.15	18.00	260.00
75 m.	721	55.31	22.57	.84	53.66	56.96	23.00	124.00
150 m.	721	40.51	18.93	.70	39.12	41.89	13.00	100.00
225 m.	721	24.44	11.65	.43	23.59	25.29	10.00	60.00
Total	2884	60.64	52.26	.97	58.74	62.55	10.00	260.00

Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
702.547	3	2880	.000

Robust Tests of Equality of Means

	Statistic(a)	df1	df2	Sig.
Welch	830.075	3	1480.040	.000

a Asymptotically F distributed.

Multiple Comparisons

Dunnett T3

(I) VAR00001	(J) VAR00001	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
น้อยกว่า 5 m.	75 m.	67.00(*)	2.60	.000	60.13	73.86
	150 m.	81.80(*)	2.56	.000	75.05	88.56
	225 m.	97.87(*)	2.50	.000	91.27	104.47
75 m.	น้อยกว่า 5 m.	-67.00(*)	2.60	.000	-73.86	-60.13
	150 m.	14.81(*)	1.10	.000	11.92	17.70
	225 m.	30.87(*)	.95	.000	28.38	33.37
150 m.	น้อยกว่า 5 m.	-81.80(*)	2.56	.000	-88.56	-75.05
	75 m.	-14.81(*)	1.10	.000	-17.70	-11.92
	225 m.	16.07(*)	.83	.000	13.89	18.25
225 m.	น้อยกว่า 5 m.	-97.87(*)	2.50	.000	-104.47	-91.27
	75 m.	-30.87(*)	.95	.000	-33.37	-28.38
	150 m.	-16.07(*)	.83	.000	-18.25	-13.89

* The mean difference is significant at the .05 level.

ข-4.2 ถูกลง

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
น้อยกว่า 5 m.	721	112.21	52.92	1.97	108.34	116.08	21.00	190.00
75 m.	721	62.63	21.94	.82	57.02	60.23	25.00	107.00
225 m.	721	30.16	14.38	.54	29.11	31.22	12.00	64.00
Total	2163	67.00	48.16	1.04	64.97	69.03	12.00	190.00

Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
901.868	2	2160	.000

Robust Tests of Equality of Means

	Statistic(a)	df1	df2	Sig.
Welch	1085.006	2	1257.757	.000

a. Asymptotically F distributed.

Multiple Comparisons

Dunnett T3

(I) VAR00001	(J) VAR00001	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
น้อยกว่า 5 m.	75 m.	53.58(*)	2.13	.000	48.48	58.69
	225 m.	82.05(*)	2.04	.000	77.16	86.93
75 m.	น้อยกว่า 5 m.	-53.58(*)	2.13	.000	-58.69	-48.48
	225 m.	28.46(*)	.98	.000	26.13	30.80
225 m.	น้อยกว่า 5 m.	-82.05(*)	2.04	.000	-86.93	-77.16
	75 m.	-28.46(*)	.98	.000	-30.80	-26.13

* The mean difference is significant at the .05 level.

ข-5. วิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้น pPAHs ตามแนวตั้งฉากกับถนนพญาไทด้วย One-Way ANOVA

ข-5.1 อลูมิเนียม

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
น้อยกว่า 5 m.	721	94.81	37.67	1.40	97.05	102.56	41.00	204.00
75 m.	721	32.00	16.30	.61	52.81	55.19	31.00	91.00
150 m.	721	34.66	10.57	.39	28.89	30.43	13.00	48.00
225 m.	721	43.69	15.37	.57	34.57	36.81	12.00	62.00
Total	2884	54.79	35.55	.66	53.49	56.09	12.00	204.00

Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
4.966	3	2880	.000

Robust Tests of Equality of Means

	Statistic(a)	df1	df2	Sig.
Welch	1027.783	3	1524.332	.000

a Asymptotically F distributed.

Multiple Comparisons

Dunnett T3

(I) VAR00001	(J) VAR00001	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
น้อยกว่า 5 m.	75 m.	45.80(*)	1.53	.000	41.78	49.83
	150 m.	70.15(*)	1.46	.000	66.31	73.99
	225 m.	64.12(*)	1.52	.000	60.12	68.11
75 m.	น้อยกว่า 5 m.	-45.80(*)	1.53	.000	-49.83	-41.78
	150 m.	24.34(*)	.72	.000	22.44	26.25
	225 m.	18.31(*)	.83	.000	16.11	20.51
150 m.	น้อยกว่า 5 m.	-70.15(*)	1.46	.000	-73.99	-66.31
	75 m.	-24.34(*)	.72	.000	-26.25	-22.44
	225 m.	-6.03(*)	.69	.000	-7.86	-4.20
225 m.	น้อยกว่า 5 m.	-64.12(*)	1.52	.000	-68.11	-60.12
	75 m.	-18.31(*)	.83	.000	-20.51	-16.11
	150 m.	6.03(*)	.69	.000	4.20	7.86

* The mean difference is significant at the .05 level.

ท-5.2 แฉงฝน

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
น้อกว่า 5 m.	721	133.71	69.79	2.60	151.42	161.62	30.00	308.00
75 m.	721	28.35	10.81	.40	27.56	29.14	9.00	52.00
150 m.	721	9.80	2.57	.10	9.61	9.98	6.00	18.00
225 m.	721	11.82	5.29	.20	11.43	12.20	3.00	23.00
Total	2884	51.62	70.54	1.31	49.05	54.20	3.00	308.00

Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1107.880	3	2880	.000

Robust Tests of Equality of Means

	Statistic(a)	df1	df2	Sig.
Welch	1719.712	3	1368.047	.000

a Asymptotically F distributed.

Multiple Comparisons

Dunnett T3

(I) VAR00001	(J) VAR00001	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
น้อกว่า 5 m.	75 m.	128.17(*)	2.63	.000	121.23	135.11
	150 m.	146.73(*)	2.60	.000	139.86	153.59
	225 m.	144.70(*)	2.61	.000	137.83	151.58
75 m.	น้อกว่า 5 m.	-128.17(*)	2.63	.000	-135.11	-121.23
	150 m.	18.55(*)	.41	.000	17.46	19.65
	225 m.	16.53(*)	.45	.000	15.35	17.71
150 m.	น้อกว่า 5 m.	-146.73(*)	2.60	.000	-153.59	-139.86
	75 m.	-18.55(*)	.41	.000	-19.65	-17.46
	225 m.	-2.02(*)	.22	.000	-2.60	-1.44
225 m.	น้อกว่า 5 m.	-144.70(*)	2.61	.000	-151.58	-137.83
	75 m.	-16.53(*)	.45	.000	-17.71	-15.35
	150 m.	2.02(*)	.22	.000	1.44	2.60

* The mean difference is significant at the .05 level.

ข-6. วิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้น pPAHs 3 โครงสร้างถนนด้วย One-Way ANOVA

ข-6.1 อลูเฟน

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Tisi	7	220.14	32.30	12.21	190.27	250.01	173.00	256.00
prakhanoge	7	447.14	37.27	14.09	412.68	481.61	392.00	500.00
cu.	7	91.71	26.49	10.01	67.21	116.22	47.00	128.00
Total	21	253.00	153.67	33.53	183.05	322.95	47.00	500.00

Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.770	2	18	.478

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	453488.857	2	226744.429	217.059	.000
Within Groups	18803.143	18	1044.619		
Total	472292.000	20			

Multiple Comparisons

LSD

(I) VAR00001	(J) VAR00001	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Tisi	prakhanoge	-227.00(*)	17.28	.000	-263.30	-190.70
	cu.	128.43(*)	17.28	.000	92.13	164.72
prakhanoge	Tisi	227.00(*)	17.28	.000	190.70	263.30
	cu.	355.43(*)	17.28	.000	319.13	391.72
cu.	Tisi	-128.43(*)	17.28	.000	-164.72	-92.13
	prakhanoge	-355.43(*)	17.28	.000	-391.72	-319.13

* The mean difference is significant at the .05 level.

ข-6.2 ฤดูแล้งฝน

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Tisi	7	289.29	49.50	18.71	243.50	335.07	228.00	367.00
prakhanoge	7	231.57	80.92	30.58	156.74	306.41	163.00	402.00
cu.	7	93.43	17.34	6.55	77.39	109.46	65.00	117.00
Total	21	204.76	99.40	21.69	159.52	250.01	65.00	402.00

Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.818	2	18	.191

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	141806.952	2	70903.476	22.876	.000
Within Groups	55790.857	18	3099.492		
Total	197597.810	20			

Multiple Comparisons

LSD

(I) VAR00001	(J) VAR00001	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Tisi	prakhanoge	57.71	29.76	.068	-4.81	120.23
	cu.	195.86(*)	29.76	.000	133.34	258.38
prakhanoge	Tisi	-57.71	29.76	.068	-120.23	4.81
	cu.	138.14(*)	29.76	.000	75.62	200.66
cu.	Tisi	-195.86(*)	29.76	.000	-258.38	-133.34
	prakhanoge	-138.14(*)	29.76	.000	-200.66	-75.62

* The mean difference is significant at the .05 level.

ข-7 เปรียบเทียบความเข้มข้นฝุ่น PM_{2.5} PM_{2.5-10} สถานีรถไฟฟ้าพระโขนง แยกแอมัย รร.ศรีวิกรม์

ข-7.1 PM_{2.5}

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
prakhanoge	7	113.33	28.75	10.87	86.74	139.92	82.71	165.34
ekkamai	7	111.86	25.48	9.63	88.30	135.43	77.21	162.06
school srivikorn	7	73.45	12.78	4.83	61.62	85.27	62.02	101.03
Total	21	99.55	29.15	6.36	86.28	112.82	62.02	165.34

Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.441	2	18	.263

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7160.500	2	3580.250	6.551	.007
Within Groups	9836.802	18	546.489		
Total	16997.302	20			

Multiple Comparisons

LSD

(I) VAR00001	(J) VAR00001	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
prakhanoge	ekkamai	1.47	12.50	.908	-24.79	27.72
	school srivikorn	39.88(*)	12.50	.005	13.63	66.14
ekkamai	prakhanoge	-1.47	12.50	.908	-27.72	24.79
	school srivikorn	38.42(*)	12.50	.007	12.16	64.67
school srivikorn	prakhanoge	-39.88(*)	12.50	.005	-66.14	-13.63
	ekkamai	-38.42(*)	12.50	.007	-64.67	-12.16

* The mean difference is significant at the .05 level.

U-7.2 PM_{2.5-10}

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
prakhanoge	7	90.09	31.02	11.72	61.40	118.78	67.06	157.31
ekkamai	7	82.90	13.50	5.10	70.41	95.39	70.69	108.22
school srivikorn	7	60.64	12.08	4.57	49.46	71.81	49.50	83.55
Total	21	77.88	23.50	5.13	67.18	88.57	49.50	157.31

Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.466	2	18	.257

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3302.037	2	1651.019	3.838	.041
Within Groups	7742.684	18	430.149		
Total	11044.721	20			

Multiple Comparisons

LSD

(I) VAR00001	(J) VAR00001	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
prakhanoge	ekkamai	7.19	11.09	.525	-16.10	30.48
	school srivikorn	29.46(*)	11.09	.016	6.17	52.75
ekkamai	prakhanoge	-7.19	11.09	.525	-30.48	16.10
	school srivikorn	22.26	11.09	.060	-1.03	45.56
school srivikorn	prakhanoge	-29.46(*)	11.09	.016	-52.75	-6.17
	ekkamai	-22.26	11.09	.060	-45.56	1.03

* The mean difference is significant at the .05 level.

U-7.3 PM₁₀

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
prakhanoge	7	203.42	57.88	21.88	149.90	256.95	149.77	322.65
ekkamai	7	194.76	38.04	14.38	159.58	229.95	148.31	270.28
school srivikorn	7	134.08	24.19	9.14	111.71	156.45	111.52	184.58
Total	21	177.42	51.13	11.16	154.15	200.70	111.52	322.65

Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.942	2	18	.408

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	19985.218	2	9992.609	5.570	.013
Within Groups	32293.330	18	1794.074		
Total	52278.549	20			

Multiple Comparisons

LSD

(I) VAR00001	(J) VAR00001	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
prakhanoge	ekkamai	8.66	22.64	.707	-38.91	56.23
	school srivikorn	69.34(*)	22.64	.007	21.77	116.91
ekkamai	prakhanoge	-8.66	22.64	.707	-56.23	38.91
	school srivikorn	60.68(*)	22.64	.015	13.11	108.25
school srivikorn	prakhanoge	-69.34(*)	22.64	.007	-116.91	-21.77
	ekkamai	-60.68(*)	22.64	.015	-108.25	-13.11

* The mean difference is significant at the .05 level.

ข-8 เปรียบเทียบความเข้มข้นฝุ่น PM_{2.5} PM_{2.5-10} บริเวณอุทยานเบญจสิริ

ข-8.1 PM_{2.5}

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
น้อยกว่า 5 m.	7	56.26	12.90	4.88	44.33	68.19	42.38	78.85
75 m.	6	44.66	7.83	3.20	36.45	52.88	36.50	58.64
150 m.	7	41.78	8.50	3.21	33.92	49.64	29.83	52.93
225 m.	7	43.43	10.69	4.04	33.54	53.32	30.26	60.44
Total	27	46.60	11.32	2.18	42.12	51.08	29.83	78.85

Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.778	3	23	.518

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	909.171	3	303.057	2.874	.058
Within Groups	2425.055	23	105.437		
Total	3334.226	26			

Multiple Comparisons

LSD

(I) VAR00001	(J) VAR00001	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
น้อยกว่า 5 m.	75 m.	11.60	5.71	11.601	5.71	.05
	150 m.	14.48(*)	5.49	14.483	5.49	.01
	225 m.	12.83(*)	5.49	12.834	5.49	.03
75 m.	น้อยกว่า 5 m.	-11.60	5.71	-11.601	5.71	.05
	150 m.	2.88	5.71	2.882	5.71	.62
	225 m.	1.23	5.71	1.233	5.71	.83
150 m.	น้อยกว่า 5 m.	-14.48(*)	5.49	-14.483	5.49	.01
	75 m.	-2.88	5.71	-2.882	5.71	.62
	225 m.	-1.65	5.49	-1.649	5.49	.77
225 m.	น้อยกว่า 5 m.	-12.83(*)	5.49	-12.834	5.49	.03
	75 m.	-1.23	5.71	-1.233	5.71	.83
	150 m.	1.65	5.49	1.649	5.49	.77

* The mean difference is significant at the .05 level.

ท-8.2 PM_{2.5-10}

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
น้อยกว่า 5 m.	7	33.89	6.40	2.42	27.97	39.80	23.89	40.50
75 m.	7	23.82	5.17	1.95	19.03	28.60	17.65	30.95
150 m.	7	25.62	6.55	2.48	19.56	31.68	15.55	35.83
225 m.	7	26.31	8.58	3.24	18.38	34.25	15.67	42.50
Total	28	27.41	7.50	1.42	24.50	30.32	15.55	42.50

Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.317	3	24	.813

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	415.054	3	138.351	3.004	.050
Within Groups	1105.203	24	46.050		
Total	1520.257	27			

Multiple Comparisons

LSD

(I) VAR00001	(J) VAR00001	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
น้อยกว่า 5 m.	75 m.	10.07(*)	3.63	.010	2.59	17.56
	150 m.	8.27(*)	3.63	.032	.78	15.76
	225 m.	7.58(*)	3.63	.048	.09	15.06
75 m.	น้อยกว่า 5 m.	-10.07(*)	3.63	.010	-17.56	-2.59
	150 m.	-1.80	3.63	.624	-9.29	5.68
	225 m.	-2.50	3.63	.498	-9.98	4.99
150 m.	น้อยกว่า 5 m.	-8.27(*)	3.63	.032	-15.76	-7.8
	75 m.	1.80	3.63	.624	-5.68	9.29
	225 m.	-.69	3.63	.850	-8.18	6.79
225 m.	น้อยกว่า 5 m.	-7.58(*)	3.63	.048	-15.06	-.09
	75 m.	2.50	3.63	.498	-4.99	9.98
	150 m.	.69	3.63	.850	-6.79	8.18

* The mean difference is significant at the .05 level.

ท-8.3 PM₁₀

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
น้อยกว่า 5 m.	7	90.15	17.37	6.56	74.09	106.21	66.28	113.63
75 m.	6	69.24	10.95	4.47	57.76	80.73	54.15	85.92
150 m.	7	67.40	14.50	5.48	53.98	80.81	47.19	88.76
225 m.	7	69.74	18.78	7.10	52.37	87.11	45.92	102.94
Total	27	74.31	17.74	3.41	67.30	81.33	45.92	113.63

Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.664	3	23	.583

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2390.848	3	796.949	3.167	.044
Within Groups	5787.034	23	251.610		
Total	8177.881	26			

Multiple Comparisons

LSD

(I) VAR00001	(J) VAR00001	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
น้อยกว่า 5 m.	75 m.	20.91(*)	8.82	20.905	8.82	.03
	150 m.	22.75(*)	8.48	22.751	8.48	.01
	225 m.	20.41(*)	8.48	20.410	8.48	.02
75 m.	น้อยกว่า 5 m.	-20.91(*)	8.82	-20.905	8.82	.03
	150 m.	1.85	8.82	1.846	8.82	.84
	225 m.	-.50	8.82	-.495	8.82	.96
150 m.	น้อยกว่า 5 m.	-22.75(*)	8.48	-22.751	8.48	.01
	75 m.	-1.85	8.82	-1.846	8.82	.84
	225 m.	-2.34	8.48	-2.341	8.48	.78
225 m.	น้อยกว่า 5 m.	-20.41(*)	8.48	-20.410	8.48	.02
	75 m.	.50	8.82	.495	8.82	.96
	150 m.	2.34	8.48	2.341	8.48	.78

* The mean difference is significant at the .05 level.

ข-9. การวิเคราะห์การถดถอยแบบเส้นพหุคูณ (Multiple regression analysis)

ข-9.1 Enter method

Variables Entered/Removed(b)

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Street, SR, WS, RH, Van, T, Bus(a)	.	Enter

a All requested variables entered.

b Dependent Variable: pPAHs

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.602(a)	.363	.361	.75802

a Predictors: (Constant), Street, SR, WS, RH, Van, T, Bus

ANOVA(b)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	953.773	7	136.253	237.128	.000(a)
	Residual	1673.800	2913	.575		
	Total	2627.573	2920			

a Predictors: (Constant), Street, SR, WS, RH, Van, T, Bus

b Dependent Variable: pPAHs

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-.057	.014		-4.013	.000
	Bus	.143	.019	.153	7.391	.000
	Van	.292	.017	.305	17.622	.000
	T	-.056	.015	-.065	-3.666	.000
	RH	-.004	.015	-.005	-.264	.792
	SR	.038	.018	.039	2.124	.034
	WS	-.236	.020	-.246	-11.787	.000
	Street	.391	.016	.418	24.879	.000

a Dependent Variable: pPAHs

9.2 Backward method

Variables Entered/Removed(b)

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Street, SR, WS, RH, Van, T, Bus(a)	.	Enter
2	.	RH	Backward (criterion: Probability of F-to-remove \geq .100).

a All requested variables entered.

b Dependent Variable: pPAHs

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.602(a)	.363	.361	.75802
2	.602(b)	.363	.362	.75790

a Predictors: (Constant), Street, SR, WS, RH, Van, T, Bus

b Predictors: (Constant), Street, SR, WS, Van, T, Bus

ANOVA(c)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	953.773	7	136.253	237.128	.000(a)
	Residual	1673.800	2913	.575		
	Total	2627.573	2920			
2	Regression	953.733	6	158.955	276.727	.000(b)
	Residual	1673.841	2914	.574		
	Total	2627.573	2920			

a Predictors: (Constant), Street, SR, WS, RH, Van, T, Bus

b Predictors: (Constant), Street, SR, WS, Van, T, Bus

c Dependent Variable: pPAHs

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-.057	.014		-4.013	.000
	Bus	.143	.019	.153	7.391	.000
	Van	.292	.017	.305	17.622	.000
	T	-.056	.015	-.065	-3.666	.000
	RH	-.004	.015	-.005	-.264	.792
	SR	.038	.018	.039	2.124	.034
	WS	-.236	.020	-.246	-11.787	.000
	Street	.391	.016	.418	24.879	.000
2	(Constant)	-.056	.014		-4.005	.000
	Bus	.143	.019	.154	7.492	.000
	Van	.292	.017	.305	17.656	.000
	T	-.057	.014	-.066	-3.978	.000
	SR	.039	.017	.041	2.306	.021
	WS	-.236	.020	-.247	-11.851	.000
	Street	.390	.015	.416	26.116	.000

a Dependent Variable: pPAHs

Excluded Variables(b)

Model		Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Collinearity Statistics
						Tolerance
2	RH	-.005(a)	-.264	.792	-.005	.734

a Predictors in the Model: (Constant), Street, SR, WS, Van, T, Bus

b Dependent Variable: pPAHs

๗-9.3 Forward method

Variables Entered/Removed(a)

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Street	.	Forward (Criterion: Probability-of-F-to-enter <= .050)
2	Van	.	Forward (Criterion: Probability-of-F-to-enter <= .050)
3	WS	.	Forward (Criterion: Probability-of-F-to-enter <= .050)
4	Bus	.	Forward (Criterion: Probability-of-F-to-enter <= .050)
5	T	.	Forward (Criterion: Probability-of-F-to-enter <= .050)
6	SR	.	Forward (Criterion: Probability-of-F-to-enter <= .050)

a Dependent Variable: pPAHs

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.484(a)	.234	.234	.83038
2	.569(b)	.324	.323	.78033
3	.588(c)	.346	.345	.76745
4	.599(d)	.359	.358	.75995
5	.602(e)	.362	.361	.75846
6	.602(f)	.363	.362	.75790

a Predictors: (Constant), Street

b Predictors: (Constant), Street, Van

c Predictors: (Constant), Street, Van, WS

d Predictors: (Constant), Street, Van, WS, Bus

e Predictors: (Constant), Street, Van, WS, Bus, T

f Predictors: (Constant), Street, Van, WS, Bus, T, SR

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ANOVA(g)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	614.826	1	614.826	891.655	.000(a)
	Residual	2012.748	2919	.690		
	Total	2627.573	2920			
2	Regression	850.776	2	425.388	698.606	.000(b)
	Residual	1776.797	2918	.609		
	Total	2627.573	2920			
3	Regression	909.530	3	303.177	514.752	.000(c)
	Residual	1718.043	2917	.589		
	Total	2627.573	2920			
4	Regression	943.515	4	235.879	408.432	.000(d)
	Residual	1684.058	2916	.578		
	Total	2627.573	2920			
5	Regression	950.677	5	190.135	330.518	.000(e)
	Residual	1676.896	2915	.575		
	Total	2627.573	2920			
6	Regression	953.733	6	158.955	276.727	.000(f)
	Residual	1673.841	2914	.574		
	Total	2627.573	2920			

a Predictors: (Constant), Street

b Predictors: (Constant), Street, Van

c Predictors: (Constant), Street, Van, WS

d Predictors: (Constant), Street, Van, WS, Bus

e Predictors: (Constant), Street, Van, WS, Bus, T

f Predictors: (Constant), Street, Van, WS, Bus, T, SR

g Dependent Variable: pPAHs

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-.061	.015		-3.966	.000
	Street	.453	.015	.484	29.861	.000
2	(Constant)	-.051	.014		-3.555	.000
	Street	.375	.015	.401	25.371	.000
	Van	.297	.015	.311	19.685	.000
3	(Constant)	-.050	.014		-3.536	.000
	Street	.359	.015	.383	24.516	.000
	Van	.303	.015	.317	20.379	.000
4	WS	-.144	.014	-.150	-9.988	.000
	(Constant)	-.056	.014		-3.994	.000
	Street	.387	.015	.413	25.883	.000
	Van	.288	.015	.301	19.411	.000
	WS	-.242	.019	-.252	-12.634	.000
	Bus	.147	.019	.158	7.671	.000
5	(Constant)	-.056	.014		-4.007	.000
	Street	.389	.015	.416	26.073	.000
	Van	.305	.016	.319	19.595	.000
	WS	-.227	.020	-.237	-11.616	.000
	Bus	.145	.019	.155	7.555	.000
	T	-.049	.014	-.057	-3.528	.000
6	(Constant)	-.056	.014		-4.005	.000
	Street	.390	.015	.416	26.116	.000
	Van	.292	.017	.305	17.656	.000
	WS	-.236	.020	-.247	-11.851	.000
	Bus	.143	.019	.154	7.492	.000
	T	-.057	.014	-.066	-3.978	.000
	SR	.039	.017	.041	2.306	.021

a Dependent Variable: pPAHs

Excluded Variables(g)

Model		Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Collinearity Statistics
						Tolerance
1	Bus	.023(a)	1.365	.172	.025	.946
	Van	.311(a)	19.685	.000	.342	.929
	T	.003(a)	.203	.839	.004	.988
	RH	-.070(a)	-4.109	.000	-.076	.889
	SR	.094(a)	5.848	.000	.108	.995
	WS	-.139(a)	-8.630	.000	-.158	.989
2	Bus	-.015(b)	-.958	.338	-.018	.932
	T	-.097(b)	-6.086	.000	-.112	.896
	RH	-.042(b)	-2.592	.010	-.048	.881
	SR	-.031(b)	-1.877	.061	-.035	.834
	WS	-.150(b)	-9.988	.000	-.182	.987
3	Bus	.158(c)	7.671	.000	.141	.519
	T	-.061(c)	-3.765	.000	-.070	.840
	RH	-.045(c)	-2.847	.004	-.053	.881
	SR	.027(c)	1.529	.126	.028	.741
4	T	-.057(d)	-3.528	.000	-.065	.839
	RH	-.029(d)	-1.826	.068	-.034	.864
	SR	.024(d)	1.398	.162	.026	.740
5	RH	-.015(e)	-.936	.349	-.017	.805
	SR	.041(e)	2.306	.021	.043	.699
6	RH	-.005(f)	-.264	.792	-.005	.734

a Predictors in the Model: (Constant), Street

b Predictors in the Model: (Constant), Street, Van

c Predictors in the Model: (Constant), Street, Van, WS

d Predictors in the Model: (Constant), Street, Van, WS, Bus

e Predictors in the Model: (Constant), Street, Van, WS, Bus, T

f Predictors in the Model: (Constant), Street, Van, WS, Bus, T, SR

g Dependent Variable: pPAHs

๗-9.4 Stepwise method

Variables Entered/Removed(a)

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Street	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter \leq .050, Probability-of-F-to-remove \geq .100).
2	Van	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter \leq .050, Probability-of-F-to-remove \geq .100).
3	WS	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter \leq .050, Probability-of-F-to-remove \geq .100).
4	Bus	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter \leq .050, Probability-of-F-to-remove \geq .100).
5	T	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter \leq .050, Probability-of-F-to-remove \geq .100).
6	SR	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter \leq .050, Probability-of-F-to-remove \geq .100).

a Dependent Variable: pPAHs

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.484(a)	.234	.234	.83038
2	.569(b)	.324	.323	.78033
3	.588(c)	.346	.345	.76745
4	.599(d)	.359	.358	.75995
5	.602(e)	.362	.361	.75846
6	.602(f)	.363	.362	.75790

a Predictors: (Constant), Street

b Predictors: (Constant), Street, Van

c Predictors: (Constant), Street, Van, WS

d Predictors: (Constant), Street, Van, WS, Bus

e Predictors: (Constant), Street, Van, WS, Bus, T

f Predictors: (Constant), Street, Van, WS, Bus, T, SR

ANOVA(g)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	614.826	1	614.826	891.655	.000(a)
	Residual	2012.748	2919	.690		
	Total	2627.573	2920			
2	Regression	850.776	2	425.388	698.606	.000(b)
	Residual	1776.797	2918	.609		
	Total	2627.573	2920			
3	Regression	909.530	3	303.177	514.752	.000(c)
	Residual	1718.043	2917	.589		
	Total	2627.573	2920			
4	Regression	943.515	4	235.879	408.432	.000(d)
	Residual	1684.058	2916	.578		
	Total	2627.573	2920			
5	Regression	950.677	5	190.135	330.518	.000(e)
	Residual	1676.896	2915	.575		
	Total	2627.573	2920			
6	Regression	953.733	6	158.955	276.727	.000(f)
	Residual	1673.841	2914	.574		
	Total	2627.573	2920			

a Predictors: (Constant), Street

b Predictors: (Constant), Street, Van

c Predictors: (Constant), Street, Van, WS

d Predictors: (Constant), Street, Van, WS, Bus

e Predictors: (Constant), Street, Van, WS, Bus, T

f Predictors: (Constant), Street, Van, WS, Bus, T, SR

g Dependent Variable: pPAHs

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-.061	.015		-3.966	.000
	Street	.453	.015	.484	29.861	.000
2	(Constant)	-.051	.014		-3.555	.000
	Street	.375	.015	.401	25.371	.000
	Van	.297	.015	.311	19.685	.000
3	(Constant)	-.050	.014		-3.536	.000
	Street	.359	.015	.383	24.516	.000
	Van	.303	.015	.317	20.379	.000
	WS	-.144	.014	-.150	-9.988	.000
4	(Constant)	-.056	.014		-3.994	.000
	Street	.387	.015	.413	25.883	.000
	Van	.288	.015	.301	19.411	.000
	WS	-.242	.019	-.252	-12.634	.000
	Bus	.147	.019	.158	7.671	.000
5	(Constant)	-.056	.014		-4.007	.000
	Street	.389	.015	.416	26.073	.000
	Van	.305	.016	.319	19.595	.000
	WS	-.227	.020	-.237	-11.616	.000
	Bus	.145	.019	.155	7.555	.000
	T	-.049	.014	-.057	-3.528	.000
6	(Constant)	-.056	.014		-4.005	.000
	Street	.390	.015	.416	26.116	.000
	Van	.292	.017	.305	17.656	.000
	WS	-.236	.020	-.247	-11.851	.000
	Bus	.143	.019	.154	7.492	.000
	T	-.057	.014	-.066	-3.978	.000
	SR	.039	.017	.041	2.306	.021

a Dependent Variable: pPAHs

Excluded Variables(g)

Model		Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Collinearity Statistics
						Tolerance
1	Bus	.023(a)	1.365	.172	.025	.946
	Van	.311(a)	19.685	.000	.342	.929
	T	.003(a)	.203	.839	.004	.988
	RH	-.070(a)	-4.109	.000	-.076	.889
	SR	.094(a)	5.848	.000	.108	.995
	WS	-.139(a)	-8.630	.000	-.158	.989
2	Bus	-.015(b)	-.958	.338	-.018	.932
	T	-.097(b)	-6.086	.000	-.112	.896
	RH	-.042(b)	-2.592	.010	-.048	.881
	SR	-.031(b)	-1.877	.061	-.035	.834
	WS	-.150(b)	-9.988	.000	-.182	.987
3	Bus	.158(c)	7.671	.000	.141	.519
	T	-.061(c)	-3.765	.000	-.070	.840
	RH	-.045(c)	-2.847	.004	-.053	.881
	SR	.027(c)	1.529	.126	.028	.741
4	T	-.057(d)	-3.528	.000	-.065	.839
	RH	-.029(d)	-1.826	.068	-.034	.864
	SR	.024(d)	1.398	.162	.026	.740
5	RH	-.015(e)	-.936	.349	-.017	.805
	SR	.041(e)	2.306	.021	.043	.699
6	RH	-.005(f)	-.264	.792	-.005	.734

a Predictors in the Model: (Constant), Street

b Predictors in the Model: (Constant), Street, Van

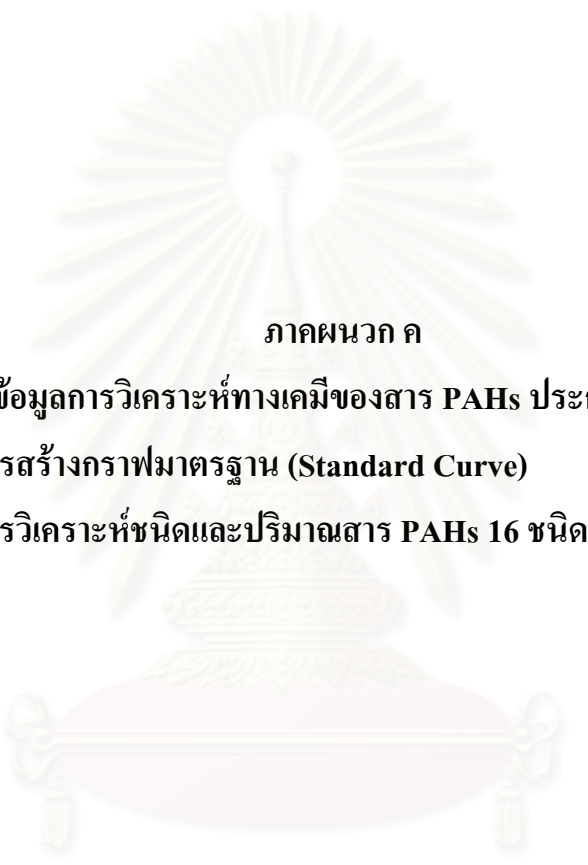
c Predictors in the Model: (Constant), Street, Van, WS

d Predictors in the Model: (Constant), Street, Van, WS, Bus

e Predictors in the Model: (Constant), Street, Van, WS, Bus, T

f Predictors in the Model: (Constant), Street, Van, WS, Bus, T, SR

g Dependent Variable: pPAHs



ภาคผนวก ค

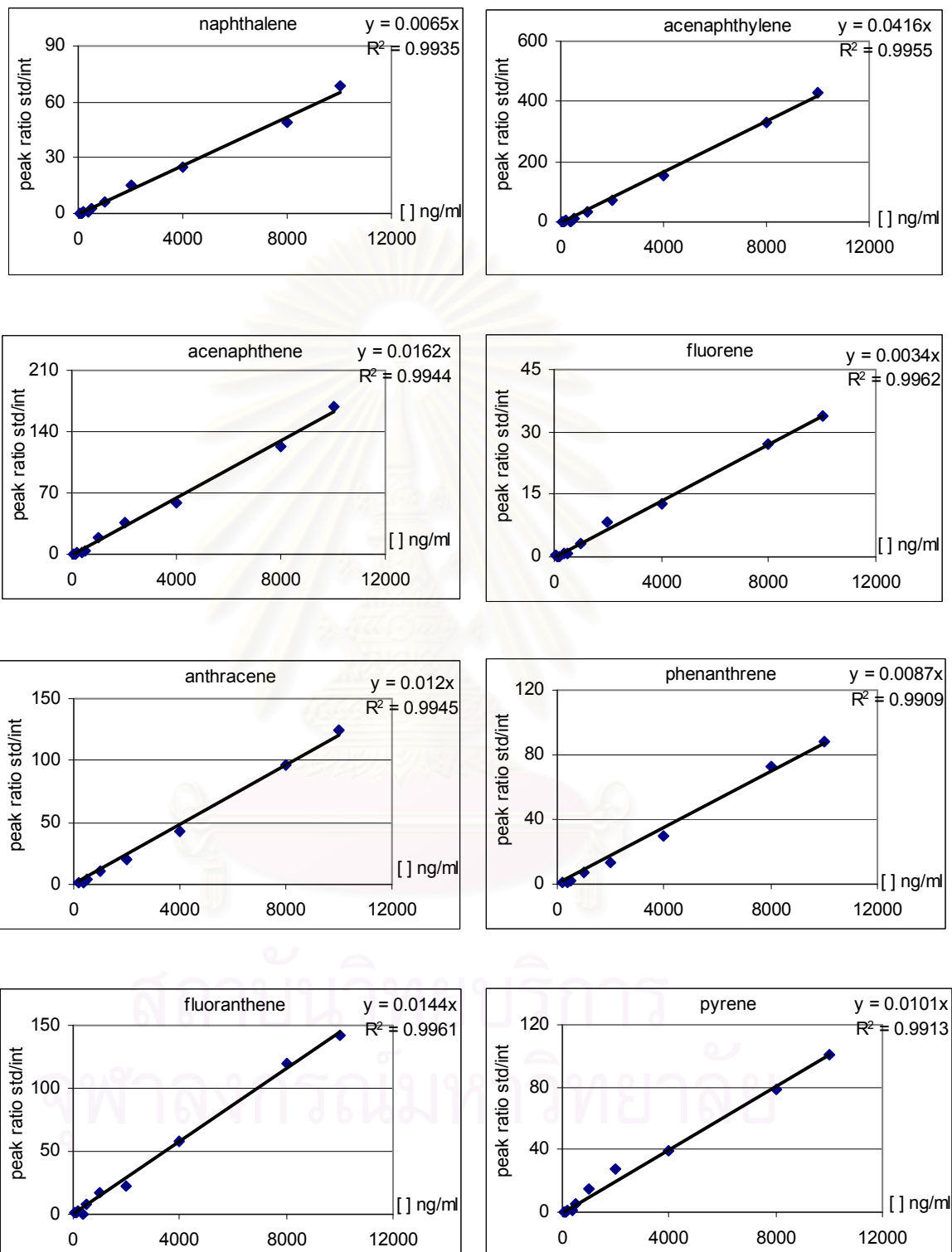
ข้อมูลการวิเคราะห์ทางเคมีของสาร PAHs ประกอบด้วย

- การสร้างกราฟมาตรฐาน (Standard Curve)
- การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสาร PAHs 16 ชนิด

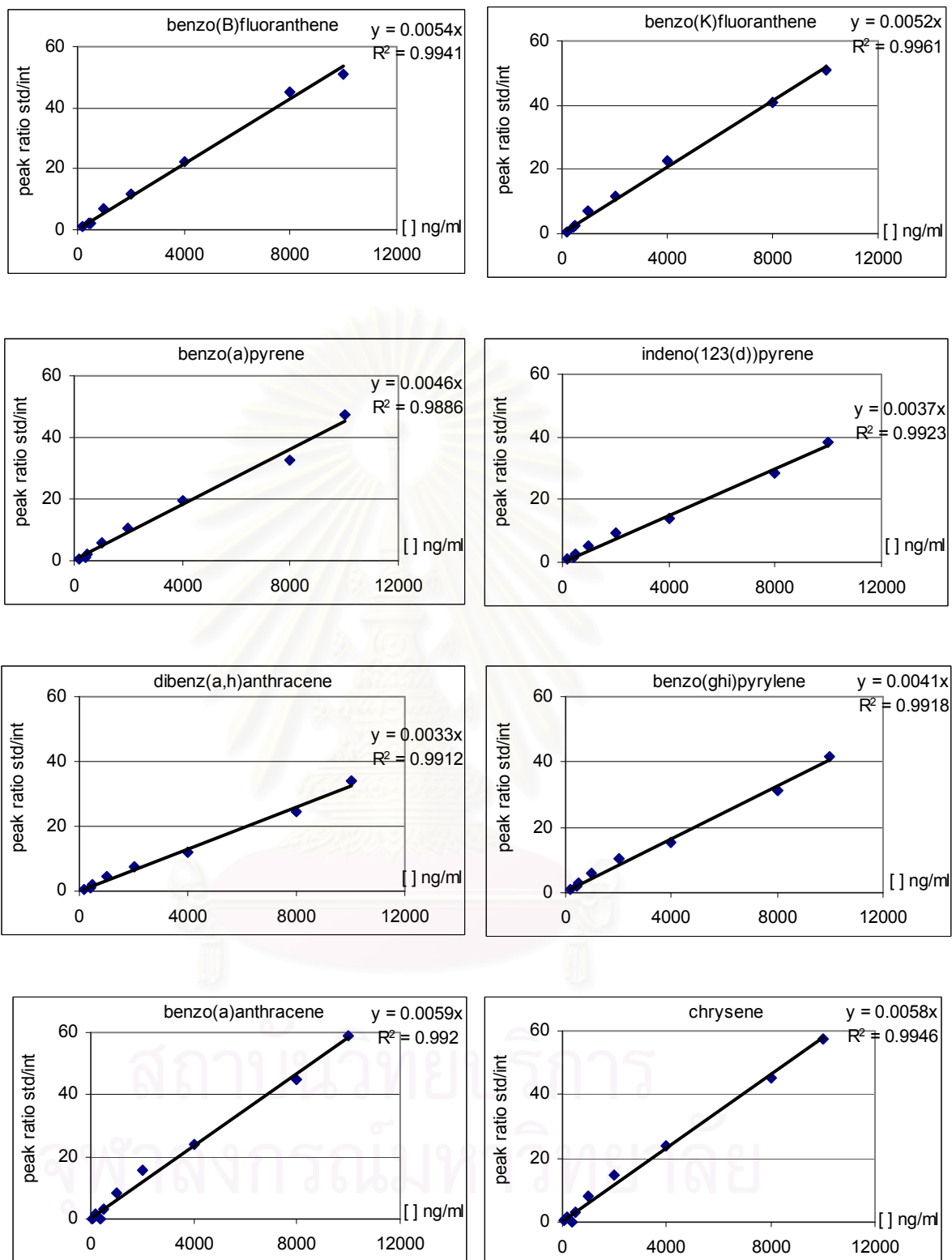
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ค-1 ผลการสร้างกราฟมาตรฐาน (Standard Curve)



ภาพที่ ค-1 กราฟมาตรฐาน (Standard Curve) สาร PAHs 16 ชนิด



ภาพที่ ค-1 (ต่อ) กราฟมาตรฐาน (Standard Curve) สาร PAHs 16 ชนิด

ค-2 การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสาร PAHs 16 ชนิด

ค-2.1 ผลการวิเคราะห์เคมีของสาร PAHs ในฝุ่น PM_{2.5} และ PM_{2.5-10} ตามแนวถนนกับถนนสุขุมวิท

ตาราง ค-2.1.1 ชนิดและปริมาณสาร PAHs ในฝุ่น PM_{2.5} บริเวณสถานีรถไฟฟ้าวัดพระโขนง

พระโขนง PM _{2.5}	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	ค่าเฉลี่ย
Nap	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Acy	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Ace	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Flu	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Phe	nd	nd	nd	nd	2.92	2.18	nd	0.73
Anth	nd	nd	nd	nd	2.09	1.77	nd	0.55
Fluor	4.19	5.07	6.89	4.88	4.34	3.39	7.27	5.15
Pyr	0.49	0.58	0.40	0.33	1.28	1.16	0.43	0.67
B[a]A	3.93	4.19	3.62	2.19	6.42	3.98	3.15	3.92
Chry	3.53	2.84	1.85	1.86	5.11	4.11	3.40	3.24
B[b]F	8.18	nd	nd	6.44	8.57	10.79	3.73	5.39
B[k]F	nd	nd	nd	nd	3.48	nd	nd	0.50
B[a]P	7.03	nd	nd	10.11	13.79	10.41	nd	5.91
Ind	28.86	nd	nd	nd	2.85	6.35	nd	5.44
D[a,h]A	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
B[g,h,i]P	nd	nd	nd	1.34	3.55	5.34	6.91	4.81
SUM	72.71	12.68	12.76	27.14	54.39	49.48	24.88	36.29

ตาราง ค-2.1.2 ชนิดและปริมาณสาร PAHs ในฝุ่น PM_{2.5-10} บริเวณสถานีรถไฟฟ้าวัดพระโขนง

พระโขนง PM _{2.5-10}	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	ค่าเฉลี่ย
Nap	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Acy	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Ace	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Flu	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Phe	1.45	nd	nd	0.56	nd	nd	1.73	0.53
Anth	1.02	0.97	0.96	1.18	nd	nd	1.53	0.81
Fluor	0.39	0.41	0.40	0.47	1.33	0.00	2.98	0.85
Pyr	0.33	0.27	0.26	0.21	0.36	0.32	nd	0.25
B[a]A	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Chry	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
B[b]F	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
B[k]F	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
B[a]P	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Ind	2.15	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.31
D[a,h]A	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
B[g,h,i]P	0.77	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.11
SUM	6.12	1.64	1.62	2.41	1.69	0.32	6.23	2.86

ตาราง ก-2.1.3 ชนิดและปริมาณสาร PAHs ในฝุ่น PM_{2.5} บริเวณแยกเอกมัย

เอกมัย PM _{2.5}	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	ค่าเฉลี่ย
Nap	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Acy	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Ace	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Flu	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Phe	2.16	3.39	1.79	1.58	1.94	1.88	2.43	2.17
Anth	1.27	1.69	1.34	1.01	1.27	1.24	1.37	1.31
Fluor	2.60	1.89	2.65	1.99	3.22	2.83	0.52	2.24
Pyr	0.77	0.56	0.54	0.42	0.74	0.67	0.57	0.61
B[a]A	3.31	2.49	3.11	2.81	4.89	3.02	nd	2.80
Chry	3.87	2.22	2.37	2.23	4.49	3.21	nd	2.63
B[b]F	9.82	4.88	nd	8.03	10.59	9.50	3.46	6.61
B[k]F	nd	2.24	nd	nd	3.10	3.87	2.54	1.68
B[a]P	10.73	9.59	nd	9.15	13.78	12.11	10.93	9.47
Ind	6.48	4.68	4.60	3.60	6.82	5.72	nd	4.56
D[a,h]A	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
B[g,h,i]P	6.27	5.05	3.95	3.46	8.13	6.44	5.63	5.56
SUM	47.29	38.67	20.33	34.27	58.98	50.50	27.45	39.64

ตาราง ก-2.1.4 ชนิดและปริมาณสาร PAHs ในฝุ่น PM_{2.5-10} บริเวณแยกเอกมัย

เอกมัย PM _{2.5-10}	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	ค่าเฉลี่ย
Nap	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Acy	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Ace	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Flu	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Phe	0.52	0.63	2.10	nd	1.81	nd	1.21	0.90
Anth	0.51	0.47	2.12	nd	1.10	nd	1.26	0.78
Fluor	1.35	1.17	1.25	1.92	1.13	nd	2.08	1.27
Pyr	0.37	0.12	0.25	0.17	0.25	0.11	0.35	0.23
B[a]A	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Chry	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
B[b]F	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
B[k]F	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
B[a]P	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Ind	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
D[a,h]A	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
B[g,h,i]P	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
SUM	2.75	2.38	5.71	2.09	4.31	0.11	4.90	3.18

ตาราง ก-2.1.5 ชนิดและปริมาณสาร PAHs ในฝุ่น PM_{2.5} บริเวณ รร.ศรีวิกรม์บริหารธุรกิจ

ร.ศรีวิกรม์ PM _{2.5}	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	ค่าเฉลี่ย
Nap	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Acy	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Ace	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Flu	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Phe	0.48	0.35	0.30	0.35	0.44	0.33	0.30	0.36
Anth	0.21	0.16	0.15	0.23	0.16	0.15	0.36	0.20
Fluor	0.49	0.35	0.37	0.55	0.55	0.44	0.37	0.45
Pyr	0.09	0.12	0.11	0.13	0.20	0.12	0.16	0.13
B[a]A	0.59	0.58	0.59	0.58	1.05	0.48	0.43	0.61
Chry	0.34	0.52	0.40	0.45	0.91	0.39	0.63	0.52
B[b]F	0.98	1.17	1.05	1.12	2.16	1.10	0.95	1.22
B[k]F	0.38	0.40	0.34	0.38	0.75	0.34	0.43	0.43
B[a]P	1.46	1.54	1.29	1.45	2.90	1.13	1.72	1.64
Ind	0.93	0.80	0.73	0.86	1.65	0.73	0.35	0.87
D[a,h]A	nd	0.15	0.14	0.16	0.17	0.16	0.39	0.17
B[g,h,i]P	1.00	0.81	0.82	0.97	1.81	0.73	1.31	1.06
SUM	6.94	6.94	6.30	7.22	12.76	6.11	7.39	7.67

ตาราง ก-2.1.6 ชนิดและปริมาณสาร PAHs ในฝุ่น PM_{2.5-10} บริเวณ รร.ศรีวิกรม์บริหารธุรกิจ

ร.ศรีวิกรม์ PM _{2.5-10}	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	ค่าเฉลี่ย
Nap	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Acy	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Ace	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Flu	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Phe	0.22	0.22	0.21	0.15	0.23	0.29	0.35	0.24
Anth	0.12	0.12	0.12	0.11	0.18	0.15	0.21	0.14
Fluor	0.09	0.05	0.10	0.06	0.14	0.11	0.18	0.10
Pyr	0.03	0.03	0.03	0.02	0.04	0.03	0.05	0.03
B[a]A	0.05	0.11	0.06	0.05	0.09	0.04	0.12	0.07
Chry	0.03	0.05	0.05	0.03	0.04	0.03	0.07	0.04
B[b]F	0.10	0.13	0.07	0.05	0.07	0.08	0.11	0.09
B[k]F	0.04	0.08	0.02	0.01	0.14	0.03	nd	0.05
B[a]P	0.11	0.29	0.13	0.09	0.30	nd	nd	0.13
Ind	0.14	0.11	0.14	0.05	0.17	0.09	0.13	0.12
D[a,h]A	nd	nd	nd	0.26	0.29	0.02	nd	0.08
B[g,h,i]P	0.08	0.11	0.05	0.04	0.11	0.08	0.10	0.08
SUM	1.01	1.30	0.99	0.92	1.80	0.96	1.32	1.19

ค-2.2 ผลการวิเคราะห์เคมีของสาร PAHs ในฝุ่น PM_{2.5} และ PM_{2.5-10} ตามแนวตั้งฉากกับถนนสุขุมวิท

ตาราง ค-2.2 ชนิดและปริมาณสาร PAHs ในฝุ่น PM_{2.5} บริเวณอุทยานเบญจสิริ

วันจันทร์ที่ 20 กย. 47	< 5 เมตร	75 เมตร	150 เมตร	225 เมตร	< 5 เมตร	75 เมตร	150 เมตร	225 เมตร	ค่าเฉลี่ย
	PM _{2.5}	PM _{2.5}	PM _{2.5}	PM _{2.5}	PM _{2.5-10}	PM _{2.5-10}	PM _{2.5-10}	PM _{2.5-10}	
Nap	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Acy	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Ace	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Flu	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Phe	0.26	nd	0.16	0.20	0.30	0.19	0.25	nd	0.17
Anth	0.14	nd	0.12	0.13	0.21	0.11	0.13	nd	0.10
Fluor	0.20	0.08	0.05	0.07	0.10	0.06	0.06	nd	0.08
Pyr	0.06	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.06	0.03
B[a]A	0.24	0.11	0.15	0.10	nd	0.04	0.04	0.05	0.09
Chry	0.22	0.11	0.06	0.08	nd	0.01	0.01	0.06	0.07
B[b]F	0.77	0.13	0.22	0.12	nd	0.05	0.05	nd	0.17
B[k]F	0.22	0.13	0.88	0.80	nd	0.04	nd	nd	0.26
B[a]P	0.65	0.43	0.28	0.22	nd	nd	nd	0.04	0.20
Ind	0.42	0.86	0.21	0.31	nd	nd	nd	0.03	0.23
D[a,h]A	0.08	1.54	0.16	0.06	nd	nd	nd	0.04	0.23
B[g,h,i]P	0.44	1.15	0.24	0.21	nd	nd	nd	0.03	0.26
SUM	3.72	4.56	2.54	2.33	0.64	0.53	0.56	0.31	1.90

วันอังคารที่ 21 กย. 47	< 5 เมตร	75 เมตร	150 เมตร	225 เมตร	< 5 เมตร	75 เมตร	150 เมตร	225 เมตร	ค่าเฉลี่ย
	PM _{2.5}	PM _{2.5}	PM _{2.5}	PM _{2.5}	PM _{2.5-10}	PM _{2.5-10}	PM _{2.5-10}	PM _{2.5-10}	
Nap	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Acy	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Ace	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Flu	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Phe	0.20	0.19	0.17	0.14	0.20	0.11	0.08	0.27	0.17
Anth	0.18	0.23	0.12	0.11	0.11	0.12	0.11	0.29	0.16
Fluor	0.10	0.11	0.07	0.10	0.06	0.05	0.03	0.08	0.08
Pyr	0.06	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.01	0.02	0.03
B[a]A	0.27	0.13	0.14	0.08	0.05	nd	0.05	nd	0.09
Chry	0.22	0.08	0.12	0.08	0.03	nd	nd	nd	0.07
B[b]F	0.84	0.19	0.13	0.17	nd	0.15	nd	0.10	0.20
B[k]F	0.43	0.16	0.13	0.16	nd	0.12	nd	nd	0.13
B[a]P	0.97	0.85	0.96	0.66	0.17	nd	nd	nd	0.45
Ind	1.89	0.89	1.23	0.86	nd	0.13	nd	nd	0.63
D[a,h]A	1.52	1.77	1.78	0.54	nd	nd	nd	nd	0.70
B[g,h,i]P	1.53	0.92	1.17	0.75	0.04	0.07	0.04	nd	0.57
SUM	8.21	5.55	6.08	3.69	0.70	0.76	0.32	0.75	3.26

ตาราง ก-2.2 (ต่อ) ชนิดและปริมาณสาร PAHs ในฝุ่น PM_{2.5} บริเวณอุทยานเบญจสิริ

วันที่ 22 กย. 47	< 5 เมตร PM _{2.5}	75 เมตร PM _{2.5}	150 เมตร PM _{2.5}	225 เมตร PM _{2.5}	< 5 เมตร PM _{2.5-10}	75 เมตร PM _{2.5-10}	150 เมตร PM _{2.5-10}	225 เมตร PM _{2.5-10}	ค่าเฉลี่ย
Nap	nd	-	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Acy	nd	-	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Ace	nd	-	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Flu	nd	-	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Phe	0.37	-	0.16	0.16	0.12	0.14	0.09	0.16	0.17
Anth	0.28	-	0.10	0.08	0.17	0.15	0.11	0.12	0.14
Fluor	0.23	-	0.10	0.08	0.04	0.06	0.03	0.04	0.08
Pyr	0.02	-	0.03	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
B[a]A	0.10	-	0.10	0.13	nd	nd	nd	0.04	0.05
Chry	0.07	-	0.08	0.12	nd	nd	nd	0.01	0.04
B[b]F	0.13	-	0.22	0.13	0.04	0.04	0.06	0.04	0.10
B[k]F	0.12	-	0.51	0.09	nd	0.01	nd	nd	0.10
B[a]P	0.11	-	nd	1.06	nd	nd	nd	nd	0.17
Ind	0.80	-	0.62	1.00	nd	0.06	nd	nd	0.35
D[a,h]A	1.44	-	1.53	1.54	nd	nd	nd	nd	0.65
B[g,h,i]P	0.88	-	0.42	0.50	0.03	0.04	0.09	nd	0.28
SUM	4.56	-	3.88	4.93	0.42	0.50	0.38	0.43	2.16

วันที่ 23 กย. 47	< 5 เมตร PM _{2.5}	75 เมตร PM _{2.5}	150 เมตร PM _{2.5}	225 เมตร PM _{2.5}	< 5 เมตร PM _{2.5-10}	75 เมตร PM _{2.5-10}	150 เมตร PM _{2.5-10}	225 เมตร PM _{2.5-10}	ค่าเฉลี่ย
Nap	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Acy	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Ace	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Flu	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Phe	0.12	0.12	0.24	0.15	0.18	0.17	0.11	0.08	0.15
Anth	0.09	0.08	0.17	0.12	0.14	0.12	0.19	0.09	0.13
Fluor	0.09	0.06	0.09	0.06	0.06	0.03	nd	0.03	0.05
Pyr	0.05	0.04	0.03	0.05	0.03	0.02	0.04	0.05	0.04
B[a]A	0.11	0.10	0.09	0.12	0.03	0.04	nd	nd	0.06
Chry	0.13	0.11	0.09	0.11	0.03	0.01	nd	nd	0.06
B[b]F	0.28	0.14	0.14	0.11	0.12	0.05	nd	0.06	0.11
B[k]F	1.41	1.17	1.16	1.16	nd	nd	0.06	0.17	0.64
B[a]P	0.52	0.82	0.53	0.38	nd	nd	0.16	0.18	0.32
Ind	1.08	0.90	0.70	0.81	nd	nd	0.15	nd	0.45
D[a,h]A	0.86	0.62	0.97	0.93	nd	nd	nd	0.33	0.46
B[g,h,i]P	0.94	0.89	0.49	0.63	nd	nd	0.08	nd	0.38
SUM	5.68	5.06	4.70	4.63	0.59	0.45	0.79	0.97	2.86

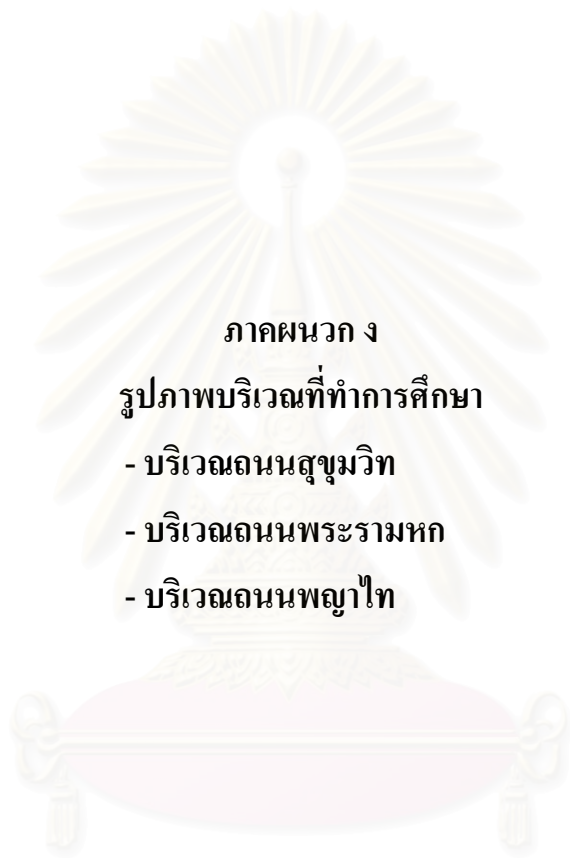
ตาราง ก-2.2 (ต่อ) ชนิดและปริมาณสาร PAHs ในฝุ่น PM_{2.5} บริเวณอุทยานเบญจสิริ

วันศุกร์ที่ 24 กย. 47	< 5 เมตร PM _{2.5}	75 เมตร PM _{2.5}	150 เมตร PM _{2.5}	225 เมตร PM _{2.5}	< 5 เมตร PM _{2.5-10}	75 เมตร PM _{2.5-10}	150 เมตร PM _{2.5-10}	225 เมตร PM _{2.5-10}	ค่าเฉลี่ย
Nap	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Acy	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Ace	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Flu	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Phe	0.20	0.27	0.17	0.18	0.19	0.20	0.16	nd	0.17
Anth	0.13	0.18	0.16	0.12	0.10	0.13	0.14	nd	0.12
Fluor	0.12	0.12	nd	0.12	0.05	0.06	0.05	nd	0.07
Pyr	0.04	0.04	nd	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
B[a]A	0.12	0.12	0.07	0.14	0.03	0.03	0.04	0.16	0.09
Chry	0.12	0.20	0.09	0.12	0.02	0.02	0.02	0.03	0.08
B[b]F	0.19	0.17	0.18	0.13	0.06	0.05	0.09	0.05	0.11
B[k]F	1.80	1.41	1.07	0.15	0.02	0.01	nd	nd	0.56
B[a]P	0.45	0.52	0.49	0.80	0.03	0.04	nd	0.50	0.36
Ind	1.07	0.77	0.86	1.10	0.07	0.06	nd	nd	0.49
D[a,h]A	1.02	1.25	1.32	1.36	nd	nd	nd	nd	0.62
B[g,h,i]P	1.00	0.47	0.77	0.86	0.04	0.05	nd	nd	0.40
SUM	6.27	5.52	5.19	5.12	0.63	0.66	0.52	0.75	3.08

วันเสาร์ที่ 25 กย. 47	< 5 เมตร PM _{2.5}	75 เมตร PM _{2.5}	150 เมตร PM _{2.5}	225 เมตร PM _{2.5}	< 5 เมตร PM _{2.5-10}	75 เมตร PM _{2.5-10}	150 เมตร PM _{2.5-10}	225 เมตร PM _{2.5-10}	ค่าเฉลี่ย
Nap	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Acy	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Ace	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Flu	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Phe	0.29	0.14	0.17	0.16	0.19	0.21	0.18	0.16	0.19
Anth	0.22	0.11	0.13	0.19	0.13	0.11	0.09	0.09	0.13
Fluor	0.11	0.05	0.05	0.05	0.02	0.04	0.03	0.04	0.05
Pyr	0.03	0.02	0.02	0.03	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02
B[a]A	0.12	0.07	0.09	0.11	0.03	0.04	0.03	0.03	0.07
Chry	0.09	0.07	0.08	0.10	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05
B[b]F	0.22	0.13	0.12	0.83	nd	nd	nd	nd	0.16
B[k]F	2.30	1.24	0.73	0.00	nd	nd	nd	nd	0.53
B[a]P	0.76	0.34	0.31	0.76	0.17	0.21	0.19	0.29	0.38
Ind	1.67	0.90	1.10	0.99	nd	nd	nd	nd	0.58
D[a,h]A	1.95	1.37	1.61	1.22	nd	nd	nd	nd	0.77
B[g,h,i]P	1.34	0.32	0.42	0.67	nd	nd	nd	nd	0.34
SUM	9.10	4.77	4.85	5.11	0.57	0.64	0.56	0.63	3.28

ตาราง ก-2.2 (ต่อ) ชนิดและปริมาณสาร PAHs ในฝุ่น PM_{2.5} บริเวณอุทยานเบญจสิริ

วันอาทิตย์ที่ 26 กย. 47	< 5 เมตร PM _{2.5}	75 เมตร PM _{2.5}	150 เมตร PM _{2.5}	225 เมตร PM _{2.5}	< 5 เมตร PM _{2.5-10}	75 เมตร PM _{2.5-10}	150 เมตร PM _{2.5-10}	225 เมตร PM _{2.5-10}	ค่าเฉลี่ย
Nap	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Acy	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Ace	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Flu	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Phe	0.18	nd	nd	0.13	0.06	0.06	0.04	0.02	0.06
Anth	0.17	nd	nd	0.10	0.08	0.05	0.03	0.03	0.06
Fluor	nd	nd	0.04	0.06	0.01	0.01	0.07	0.01	0.02
Pyr	nd	nd	0.03	0.03	0.02	0.03	0.00	0.01	0.02
B[a]A	0.07	0.12	0.04	0.04	nd	nd	nd	nd	0.03
Chry	0.09	0.24	0.04	0.04	nd	nd	nd	nd	0.05
B[b]F	0.28	0.88	0.19	0.17	nd	0.02	0.07	nd	0.20
B[k]F	1.61	0.28	1.21	1.48	nd	0.14	0.05	nd	0.60
B[a]P	0.74	0.32	0.63	0.64	nd	0.07	0.28	nd	0.34
Ind	1.29	0.56	0.41	0.68	0.41	0.16	nd	0.32	0.48
D[a,h]A	1.98	1.22	1.11	1.49	0.23	0.21	nd	nd	0.78
B[g,h,i]P	1.15	0.44	0.32	0.55	0.26	nd	nd	0.44	0.39
SUM	7.56	4.06	4.02	5.41	1.08	0.75	0.54	0.82	3.03



ภาคผนวก ง

รูปภาพบริเวณที่ทำการศึกษา

- บริเวณถนนสุขุมวิท
- บริเวณถนนพระรามหก
- บริเวณถนนพญาไท

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

1.พื้นที่ที่ศึกษาการกระจายตัวตามแนวถนน

1.1 ศึกษาการกระจายตัวตามแนวถนนสุขุมวิท

1) บริเวณสถานีรถไฟฟ้า BTS พระโขนง



ภาพที่ ง- 1 โครงสร้างจุดเก็บตัวอย่างบริเวณสถานีรถไฟฟ้า BTS พระโขนง

2) บริเวณป้อมควบคุมสัญญาณไฟจราจรแยกเอกมัย



ภาพที่ ง- 2 โครงสร้างจุดเก็บตัวอย่างบริเวณป้อมควบคุมสัญญาณไฟจราจรแยกเอกมัย

สภานโยบาย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3) บริเวณหน้าโรงเรียนสตรีวิกรม์บริหารธุรกิจ



ภาพที่ ง- 3 โครงสร้างจุดเก็บตัวอย่างบริเวณหน้าโรงเรียนสตรีวิกรม์บริหารธุรกิจ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2 ศึกษาการกระจายตัวตามแนวนนพระรามหก

1) บริเวณสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม



ภาพที่ ง- 4 โครงสร้างจุดเก็บตัวอย่างบริเวณสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม

2) บริเวณป้อมควบคุมสัญญาณไฟจราจรแยกตึกชัย



ภาพที่ ง- 5 โครงสร้างจุดเก็บตัวอย่างบริเวณป้อมควบคุมสัญญาณไฟจราจรแยกตึกชัย

สถาบันนวัตกรรมการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3) บริเวณหน้าโรงเรียนสามเสนวิทยาลัย



ภาพที่ ง- 6 โครงสร้างจุดเก็บตัวอย่างบริเวณหน้าโรงเรียนสามเสนวิทยาลัย

สถาบันวิจัยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. พื้นที่ที่ศึกษาการกระจายตัวแนวตั้งจากถนน

2.1 ศึกษาการกระจายตัวตามแนวถนนสุขุมวิท บริเวณอุทยานเบญจสิริ

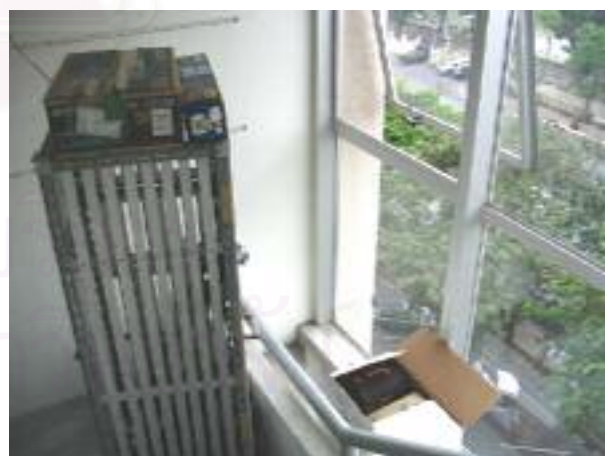


ภาพที่ ๖- 7 จุดเก็บตัวอย่างแนวตั้งจากถนนสุขุมวิท บริเวณอุทยานเบญจสิริ

2.2 ศึกษาการกระจายตัวตามแนวถนนพระรามหก บริเวณร.สามเสนวิทยาลัย



ภาพที่ ๓- 8 จุดเก็บตัวอย่างแนวตั้งฉากกับถนนพระรามหก บริเวณร.สามเสนวิทยาลัย



ภาพที่ ง- 9 จุดเก็บตัวอย่างแนวตั้งฉากกับถนนพญาไท บริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวเมทินี วรรณจิตร เกิดเมื่อวันที่ 26 เมษายน 2523 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต จากภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2545 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2546



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย