การวิเคราะห์ลักษณะสัญญาณของโครงข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์เพื่อเฝ้าระวังและระบุแหล่งกำเนิดของสารอินทรีย์ระเหยในบริเวณพื้นที่อุตสาหกรรม

ณัฐภัทร อธิปัญญาพันธุ์
พีช พุ่มขจร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

การวิเคราะห์ลักษณะสัญญาณของโครงข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์เพื่อเฝ้าระวังและระบุแหล่งกำเนิดของสารอินทรีย์ระเหยในบริเวณพื้นที่อุตสาหกรรม

ณัฐภัทร อธิปัญญาพันธุ์

พีช พุ่มขจร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเคมี

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2558

THE ANALYSIS OF SIGNALS FROM ELECTRONIC NOSE NETWORK TO MONITOR AND IDENTIFY VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS EMISSION SOURCES IN INDUSTRIAL AREA

NUTTAPHAT ATIPUNYAPUN

PEECHA PHOMKAJORN

A REPORT SUMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT THE REQUIREMENTS

FOR THE DEGREE OF BACHELOR IN CHEMICAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2015

ปริญญานิพนธ์เรื่อง	การวิเคราะห์ลักษณะสัญญาณของโครงข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์เพื่อเฝ้าระวังและระบุแหล่งกำเนิดของสารอินทีย์ระเหยในบริเวณพื้นที่อุตสาหกรรม
โดย	นายณัฐภัทร อธิปัญญาพันธุ์ นายพีช พุ่มขจร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. นริศรา ทองบุญชู ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์

....ประธานกรรมการ
(ดร. นริศรา ทองบุญชู)

....กรรมการ
(รศ.ดร. อัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ)

....กรรมการ
(ผศ. รื่นฤดี เบญจางคประเสริฐ)

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การวิเคราะห์ลักษณะสัญญาณของโครงข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์เพื่อเฝ้าระวังและระบุแหล่งกำเนิดของสารอินทรีย์ระเหยในบริเวณพื้นที่อุตสาหกรรม

โดย นายณัฐภัทร อธิปัญญาพันธุ์

นายพีช พุ่มขจร

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขา วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา 2558

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. นริศรา ทองบุญชู

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลสัญญาณจากโครงข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์ ที่ติดตั้งบริเวณพื้นที่อุตสาหกรรม หาความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งกำเนิดและลักษณะอากาศที่มีผลต่อการแพร่กระจายของสารอินทรีย์ระเหยในชุมชนรอบๆ แยกการวิเคราะห์ออกเป็นสามส่วน ส่วนแรกทำการวิเคราะห์แหล่งกำเนิด จากการศึกษารายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม ส่วนที่สองวิเคราะห์ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาจากสถานีของโครงข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้ทราบข้อมูลขนาด และทิศทางลมและภาวะผันกลับของอุณหภูมิในพื้นที่ศึกษา ส่วนสุดท้ายทำการวิเคราะห์สัญญาณจากการตรวจวัดของเซนเซอร์ 7 ชนิดที่ติดตั้งอยู่ที่สถานีที่ติดตั้งในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมจำนวน 10 สถานี และชุมชนจำนวน 2 สถานี ผลจากการศึกษาในพื้นที่ที่ศึกษามีจำนวนโรงงาน 11 โรงงาน มีโรงงาน 8 โรงที่อาจจะเป็นแหล่งกำเนิดของสารอินทรีย์ระเหย การศึกษาข้อมูลอุตุนิยมวิทยาพบว่า ลมในพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่เป็นลมปานกลาง และลมสงบ พัดมาจากทิศตะวันตก ทิศตะวันตกเฉียงใต้และทิศใต้ จำนวนวันที่การเกิดภาวะผกผันของอุณหภูมิในช่วงหน้าฝน และหน้าร้อนจะเกิดขึ้นน้อย ในขณะที่ในช่วงหน้าหน้าหนาวจะเกิดขึ้นเกือบทุกวัน ขนาดและลักษณะสัญญาณที่ได้จากเซนเซอร์จากสถานีในพื้นที่อุตสาหกรรมบ่งชี้ว่าแหล่งกำเนิดของสารอินทรีย์ระเหยมาจากบริเวณใกล้ๆ สัญญาณที่บริเวณชุมชนจะค่อนข้างราบเรียบ และไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง เมื่อมีลมพัดจากทิศของแหล่งกำเนิดจะทำให้เกิดพีค นอกจากนี้สัญญาณที่ขึ้นของแต่ละเซนเซอร์ในแต่ละสถานียังมีลักษณะที่แตกต่างกันเนื่องจากองค์ประกอบและชนิดของสารเคมีที่แตกต่างแสดงว่าโครงข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์สามารถแยกแยะความแตกต่างของแหล่งกำเนิดได้ การวิเคราะห์ทิศทางลมร่วมกับสัญญาณที่ตรวจวัดที่ใกล้แหล่งกำเนิดสามารถนำไปใช้คาดการณ์แหล่งที่มาของแหล่งกำเนิดที่ส่งผลกระทบต่อชุมชน และจัดการปัญหาการร้องเรียนเกี่ยวกับกลิ่นในพื้นที่

Report Title	The Analysis of Signals from Electronic Nose Network to Monitor and Identify Volatile Organic Compounds Emission Sources in Industrial Area
By	Mr. Nuttaphat Atipunyapun Mr. Peecha Phomkajorn
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Chemical Engineering
Year	2015
Advisor	Dr. Narisara Thongboonchoo

The objectives of this study are to analyze signal data from E-nose network in industrial area to find correlation of emission sources and weather conditions that affect the concentration of Volatile Organic Compounds (VOCs) in nearby residential area. The Analysis processes were divided to three parts. First, Environmental Impact Assessment (EIA) report of each plant was analyzed to identify possible source. The second part, meteorological data from E-nose station were explored to have knowledge on wind speed and direction and temperature inversion in study area. The last part, signal data from 7 sensors at 10 stations in Industrial area and 2 stations in residential area were analyzed. The analysis of EIA report revealed that 8 of 11 plants in study area were possible sources of VOCs. The analysis of meteorological data disclosed that dominated wind in the area were light and moderate breeze and from west, southwest, and south. The number of day with temperature inversion in each month during rainy and summer season was small. While during winter season, the temperature inversion occurred almost every day. The magnitude and patterns of signals from sensors of stations in industrial area indicated that sources of VOCs were from nearby area. Signals in residential area were almost flatted and less variations. When, a strong wind blown from direction of emission source, the elevated of signal was observed. In addition, the specific responses of each sensor in each station due to difference component of chemical species indicated that E-nose network could differentiate each emission source. The analysis of wind direction together with sensor signals from nearby sources could be used to identify emission sources that affected residential area and eliminate odor complaints in the area.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีจากความช่วยเหลือตลอดมาของคณาจารย์และบุคลากรหลายฝ่าย ผู้จัดทำของกราบขอบคุณทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือดังนี้

ดร. นริศรา ทองบุญชู อาจารย์ที่ปรึกษา ที่มอบความรู้ ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และชี้แนะข้อบกพร่อง พร้อมทั้งช่วยแก้ไขปัญหาต่างๆ จนสามารถดำเนินงานสำเร็จรุร่วงไปได้ด้วยดี

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในการอนุเคราะห์และการสนับสนุนทางการเงินในการทำปริญญานิพนธ์

บิดา มารดา ผู้ให้อุปการะคุณ ที่ช่วยส่งเสริมให้ข้าพเจ้าได้มีการศึกษา ข้าพเจ้าจะนำความรู้ความสามารถที่ได้ศึกษาไปใช้เพื่อก่อเกิดประโยชน์ต่อสังคมอย่างสุดความสามารถ และมิลืมที่จะตอบแทนบุญคุณทุกท่าน

ทั้งนี้ผู้มีพระคุณอีกหลายท่านที่ไม่ได้กล่าวมา ณ ที่นี้ ที่อบรมสั่งสอนและได้มอบความรู้แก่ข้าพเจ้าข้าพเจ้า จึงขอกราบอาราธนาคุณพระศรีรัตนตรัย ดลบันดาลให้ทุกท่านมีแต่ความสุขความเจริญยิ่งขึ้นไป

หากเกิดความผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าขอน้อมรับไว้ ณ ที่นี้ และข้าพเจ้ายินดีที่จะนำข้อมูลอันจะมีประโยชน์แก่ผู้สนใจ สามารถนำไปใช้ประกอบการศึกษาค้นคว้า เพื่อเป็นประโยชน์ในวันข้างหน้าข้าพเจ้าจักยินดีอย่างยิ่ง คุณประโยชน์อันใดอันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นายณัฐภัทร อธิปัญญาพันธุ์

นายพีช พุ่มขจร

สารบัญ

หน้า

สารบัญ (ต่อ)

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ หน้า

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

สารบัญตาราง

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

จำนวนประชากรและการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศไทยที่เติบโตอย่างต่อเนื่องส่งผลให้มีความต้องการสินค้าอุปโภคและบรโภคเพิ่มขึ้นมากทำให้มีการขยายตัวของโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อตอบสนองความต้องการของตลาด จังหวัดระยองเป็นจังหวัดในภาคตะวันออกที่ไม่ไกลจากกรุงเทพฯ เป็นที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมหลายแห่ง มีความสะดวกในการขนส่งวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์รวมถึงมีท่าเรือน้ำลึก การขยายตัวของอุตสาหกรรมแม้ว่าจะส่งผลดีคือนำความเจริญทางด้านเศรษฐกิจของประเทศ แต่ก็มีผลกระทบอย่างมากต่อวิถีชีวิตของชุมชนและสภาพแวดล้อมต่างๆโดยรอบพื้นที่อุตสาหกรรม ภายในโรงงานในพื้นที่อุตสาหกรรมมีกิจกรรมต่างๆ ที่ปลดปล่อยของเสียสู่สิ่งแวดล้อมในรูปของกากของเสีย น้ำเสีย และสารที่เป็นมลพิษทางอากาศซึ่งได้แก่ ไนโตรเจนออกไซด์ (Nitrogen oxide: NOX) คาร์บอนมอนออกไซด์ (Carbon monoxide : CO) ฝุ่นละออง(Particulate matter :PM) ซัลเฟอร์ออกไซด์ (Sulfur dioxide: SO_X) และสารประกอบอินทรีย์ระเหย (Volatile organic compounds :VOCs) ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนรอบพื้นที่อุตสาหกรรม แต่สารที่ส่งผลกระทบอย่างรุนแรงแม้ว่าจะมีการปลดปล่อยออกมาในปริมาณน้อยเนื่องจากความเป็นพิษและสามารถรับรู้ได้จากกลิ่นที่มีลักษณะเฉพาะ คือ สารประกอบอินทรีย์ระเหย ซึ่งส่งผลทำให้เยื่อบุทางเดินหายใจถูกทำลาย มีฤทธิ์กดประสาท วิงเวียนศีรษะ ซึมเศร้า หรือหมดสติได้ นอกจากนี้อาจยังเป็นสารก่อมะเร็งเมื่อได้รับการติดต่อกันเป็นเวลานาน [1] สารประเภทนี้สามารถปลดปล่อยจากกระบวนการผลิต ถังเก็บสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ ระบบบำบัดน้ำเสีย ปล่องระบายและอื่นๆ ซึ่งปัญหามลพิษดังกล่าวควรได้รับการแก้ไขโดยเร่งด่วนเพื่อลดปริมาณมลพิษและลดปัญหาการร้องเรียน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการนำร่องเพื่อนำอุปกรณ์จมูกอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้นเพื่อเลียนแบบจมูกของคนในการรับ จด จำ และจำแนกกลิ่น ไปติดตั้งในบริเวณพื้นที่อุตสาหกรรมและชุมชนรอบๆพื้นที่อุตสาหกรรม ในลักษณะเครือข่าย [2] โดยจะนำข้อมูลจากสัญญาณไฟฟ้าของเซนเซอร์แต่ละตัวมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลอุตุนิยมวิทยา อาทิ ขนาดและทิศทางของลม และข้อมูลทั่วไปของโรงงานรอบๆพื้นที่ศึกษาเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการตรวจวัด ที่ใกล้แหล่งกำเนิดกับลักษณะทางอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อค่าที่ได้จากการตรวจวัดบริเวณใกล้ชุมชน

1.2 วัตถุประสงค์

1. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแหล่งกำเนิดและลักษณะอากาศที่มีผลต่อการแพร่กระจายมลพิษทางอากาศ
2. นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ไปใช้ในการบ่งชี้ถึงแหล่งกำเนิดของการแพร่กระจายมลพิษในพื้นที่อุตสาหกรรม จังหวัดระยอง

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. พื้นที่ศึกษาคือพื้นที่อุตสาหกรรมแห่งหนึ่งในจังหวัดระยอง
2. ศึกษาในช่วงระหว่างเดือนเมษายน พ.ศ. 2558 ถึงเดือน เมษายน พ.ศ. 2559
3. วิเคราะห์โดยอาศัยข้อมูลจากสัญญาณไฟฟ้าเซนเซอร์อิเล็กทรอนิกส์และข้อมูลอุตุนิยมวิทยาจากสถานีของจมูกอิเล็กทรอนิกส์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบข้อมูลของคุณภาพอากาศใกล้บริเวณแหล่งกำเนิด
2. ทราบถึงความสัมพันธ์ของแหล่งกำเนิดกับสภาพทางอุตุนิยวิทยาที่มีผลต่อการแพร่กระจายตัวของมลพิษทางอากาศจากโรงงานอุตสาหกรรม

บทที่ 2

ทฤษฎี

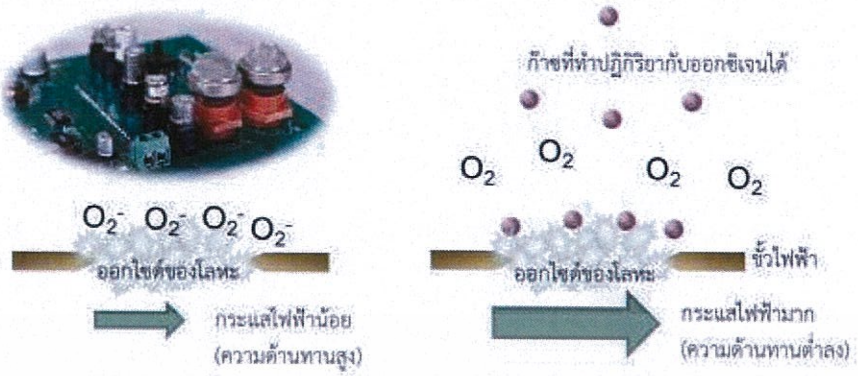
การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแหล่งกำเนิดและลักษณะอากาศที่มีผลต่อการแพร่กระจายมลพิษจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ข้อมูลของจมูกอิเล็กทรอนิกส์ ข้อมูลพื้นที่อุตสาหกรรมในจังหวัดระยองและสถานการณ์ปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหย ข้อมูลทั่วไปและลักษณะของโรงงานในพื้นที่อุตสาหกรรมที่ทำการศึกษา ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับลักษณะอากาศในบริเวณพื้นที่อุตสาหกรรมที่ศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1จมูกอิเล็กทรอนิกส์

จมูกอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic nose) หรืออีโนส (E-nose) เป็นอุปกรณ์ซึ่งถูกออกแบบและสร้างเพื่อตรวจสอบและจดจำกลิ่นหรือก๊าซต่างๆ ได้คล้ายการทำงานของจมูกมนุษย์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ง่าย รู้ผลการตรวจวัดเร็ว และบอกข้อมูลเชิงคุณภาพของกลิ่นที่สนใจได้ถูกต้อง

2.1.1 หลักการทำงานของจมูกอิเล็กทรอนิกส์ [2]

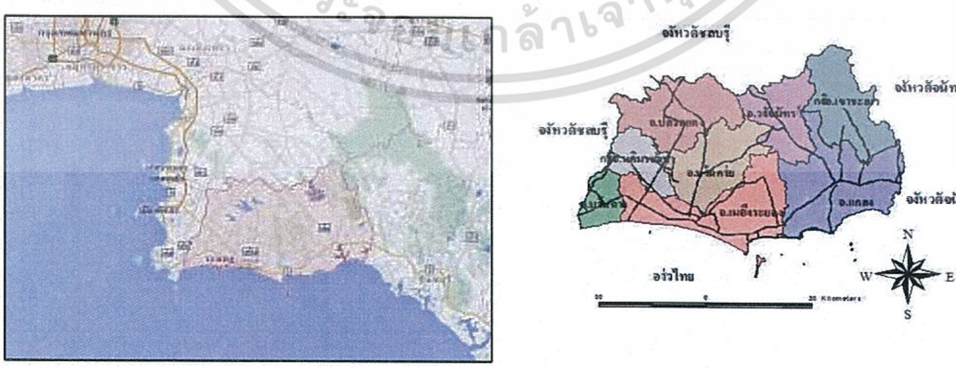
จมูกอิเล็กทรอนิกส์เป็นนวัตกรรมการตรวจวัดซึ่งอาศัยการประมวลผลจากเซนเซอร์ตรวจวัดก๊าซหลายชนิด โดยการเลียนแบบจมูกของมนุษย์ กลไลสำคัญคือระบบจดจำและวิเคราะห์รูปแบบทางสถิติ (Pattern Recognition) ซึ่งเป็นการประมวลผลจำแนกรูปแบบหรือลักษณะแพทเทิร์นของกลิ่นที่ต้องการวัดจากเซนเซอร์หลายชนิด เซนเซอร์เหล่านี้ทำงานคล้ายเซลล์ประสาทชนิดต่างๆ และแปลงสัญญาณการตอบสนองเป็นสัญญาณไฟฟ้า เพื่อนำมาประมวลผล เปรียบเทียบกับฐานข้อมูลของแพทเทิร์นที่ได้เก็บข้อมูลไว้ก่อน โดยเซนเซอร์ประเภทที่นิยมใช้ในเทคโนโลยีจมูกอิเล็กทรอนิกส์ คือ กลุ่มตัวเร่งปฏิกิริยาพวกออกไซด์ของโลหะ (Metal oxide catalysts) หลักการทำงานของเซนเซอร์ประเภทออกไซด์ของโลหะนี้อาศัยออกซิเจนซึ่งมาทำปฏิกิริยากับผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาแบบออกไซด์โลหะที่อุณหภูมิสูง โดยเซนเซอร์ประเภทนี้จะมีตัวให้ความร้อนเฉพาะบริเวณพื้นที่ตรงวัสดุออกไซด์โลหะ ออกซิเจนที่ผิวนี้จะเป็นโมเลกุลที่มีประจุและทำปฏิกิริยากับก๊าซและสารอินทรีย์ระเหยหลายชนิดได้ง่าย เมื่อก๊าซเหล่านี้เข้ามาทำปฏิกิริยาจะทำให้ออกซิเจนหลุดจากผิวและถ่ายเทประจุให้กับชั้นออกไซด์ของโลหะและเพิ่มความสามารถในการนำไฟฟ้าของชั้นนี้ กลไกการทำงานของเซนเซอร์ประเภทออกไซด์ของโลหะแสดงดังรูปที่ 2.1 สัญญาณที่ตรวจวัดได้จะขึ้นกับค่าความเข้มข้นของก๊าซ โดยระดับต่ำสุดที่ใช้ในการตรวจวัดอยู่ที่ประมาณ 1 ส่วนในล้านส่วน หรือ ppm แม้ว่าระดับนี้จะสูงกว่าค่าการตรวจวัดที่พบได้ในพื้นที่ชุมชนและพื้นที่อุตสาหกรรม แต่ก๊าซเซนเซอร์ประเภทนี้ตอบสนองต่อก๊าซหลายชนิดได้พร้อมกันทำให้สามารถใช้ตรวจวัดในพื้นที่จริงได้ เนื่องจากแหล่งกำเนิดกลิ่นโดยทั่วไปจะมีสารระเหยหลายๆชนิดปะปนกันมา



รูปที่ 2.1 กลไกการทำงานของเซนเซอร์ประเภทออกไซด์ของโลหะ

2.2 พื้นที่อุตสาหกรรมในจังหวัดระยองและสถานการณ์การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหย [3, 4]

นับตั้งแต่แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 4 (พ.ศ.2540-2524) ที่มีนโยบายให้กระจายแหล่งที่ตั้งอุตสาหกรรมไปยังส่วนภูมิภาคและฉบับที่ 5 (พ.ศ. 2525-2529) ที่ได้กำหนดให้พัฒนาพื้นที่ เฉพาะในส่วน จังหวัดชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก ให้เป็นแหล่งอุตสาหกรรมหลักของประเทศ ทำให้มีการจัดตั้งพื้นที่อุตสาหกรรมในพื้นที่ระหว่างจังหวัดชลบุรีและเขตเทศบาลเมืองระยอง จังหวัดระยอง เนื้อที่ประมาณ 123,750 ไร่ดังแสดงในรูปที่ 2.2 เพื่อส่งเสริมโครงการอุตสาหกรรมหลักต่างๆบริเวณหนองแฟบ-มาบตาพุด ทำให้มีโรงงานอุตสาหกรรมตั้งขึ้นในจังหวัดระยองเป็นจำนวนมาก เนื่องจากเป็นจังหวัดที่อยู่ใกล้กรุงเทพมหานครมีความสะดวกในการขนส่งวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์ รวมถึงมีท่าเรือน้ำลึก ในบริเวณเนื้อที่จังหวัดระยองประกอบไปด้วยพื้นที่อุตสาหกรรมหลัก 5 แห่ง โดยอุตสาหกรรมหลัก ได้แก่ กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี เหล็ก เคมีภัณฑ์ ไฟฟ้า เป็นต้น ในพื้นที่จังหวัดระยองมีโรงงานอุตสาหกรรมทั้งหมด 2,713 โรง จำนวนของโรงงานแยกตามประเภทโรงงาน 10 อันดับแรกในจังหวัดระยองแสดงดังตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.2 แผนที่แสดงพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกและจังหวัดระยอง[5]

ตารางที่ 2.1 จำนวนและประเภทโรงงานในพื้นที่อุตสาหกรรมในจังหวัดระยอง

ลำดับ	(ลำดับตามบัญชีประเภทโรงงาน) ประเภทหรือชนิดโรงงาน	จำนวน (โรง)
1	(42) โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับ เคมีภัณฑ์ สารเคมี หรือวัสดุเคมี ซึ่งไม่ใช่ปุ๋ยอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง	19
2	(64) โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์โลหะอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างดังต่อไปนี้	9
3	(53) โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับ ผลิตภัณฑ์พลาสติก อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง	30
4	(52) โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับยาง อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง	10
5	(44) โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการผลิตยางเรซินสังเคราะห์ ยางอีลาสโตเมอร์ พลาสติก หรือเส้นใยสังเคราะห์ซึ่งมิใช่ใยแก้ว	5
6	(49) โรงงานกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม	3
7	(59) โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับถลุง หลอม หล่อ รีด ดึง หรือผลิตเหล็ก หรือเหล็กกล้าในขั้นตอน (Iron and Steel Basic Industries)	4
8	(88)โรงงานผลิตพลังงานไฟฟ้า	7
9	(89) โรงงานผลิตก๊าซ ซึ่งมิใช่ก๊าซธรรมชาติส่งหรือจำหน่ายก๊าซ	7
10	(50) โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์จากปิโตรเลียม ถ่านหิน หรือลิกไนต์ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง	7

ที่มา:ฐานข้อมูลของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ในปี พ.ศ. 2553 ของกระทรวงอุตสาหกรรม

เนื่องจากบริเวณพื้นที่อุตสาหกรรมในจังหวัดระยองเป็นที่ตั้งของโรงงานเกี่ยวกับอุตสาหกรรมเคมีและปิโตรเคมีจำนวนมากส่งผลทำให้เกิดผลกระทบต่างๆ ทั้งกับวิถีชีวิตของชุมชนและด้านสิ่งแวดล้อมของบริเวณโดยรอบพื้นที่อุตสาหกรรม ปัญหาหลักคือมลพิษทางอากาศที่เกิดจากการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหย จากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ผลการติดตามตรวจสอบสารอินทรีย์ระเหยง่ายจำนวน 9 ชนิดในพื้นที่จังหวัดระยองจากรายงานสถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศและเสียง พ.ศ. 2554 ของกรมควบคุมมลพิษ [6] พบว่าปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่มีค่าความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปี ได้แก่ 1,3-บิวทาไดอีน คลอโรฟอร์ม เบนซีน 1,2-ไดคลอโรอีเทน เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในปีที่ผ่านมาแล้วพบว่าสถานการณ์โดยรวมมีปริมาณสารอินทรีย์ระเหยเพิ่มมากขึ้นทั้งนี้อาจเนื่องจากการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม ค่าเฝ้าระวังสำหรับสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศจำนวน 19 ชนิดในบรรยากาศทั่วไปในเวลา 24 ชั่วโมงแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ค่าเฝ้าระวังสำหรับสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศโดยทั่วไปในเวลา 24 ชั่วโมง [7]

สารอินทรีย์ระเหย	ปริมาณการปลดปล่อย
1. อะซีทัลดีไฮด์ (Acetaldehyde)	ไม่เกิน 860 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
2. อะครอลีน (Acrolein)	ไม่เกิน 0.55 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
3. อะคริโลไนไตร (Acrylonitrile)	ไม่เกิน 10 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
4. เบนซีน (Benzene)	ไม่เกิน 7.6 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
5. เบนซิลคลอไรด์ (Benzyl Chloride)	ไม่เกิน 12 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
6. 1, 3 - บิวทาไดอีน (1, 3 - Butadiene)	ไม่เกิน 5.3 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
7. โบรโมมีเธน (Bromomethane)	ไม่เกิน 190 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
8. คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (Carbon Tetrachloride)	ไม่เกิน 150 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
9. คลอโรฟอร์ม (Chloroform)	ไม่เกิน 57 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
10. 1, 4 - ไดคลอโรเบนซีน (1, 4 - Dichlorobenzene)	ไม่เกิน 1,100 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
11. 1, 2 - ไดคลอโรอีเธน (1, 2 - Dichloroethane)	ไม่เกิน 48 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
12. ไดคลอโรมีเธน (Dichloromethane)	ไม่เกิน 210 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
13. 1, 2 - ไดคลอโรโพรเพน (1, 2 - Dichloropropane)	ไม่เกิน 82 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
14. 1, 4 - ไดออกเซน (1, 4 - Dioxane)	ไม่เกิน 860 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
15. เตตระคลอโรเอทธิลีน (Tetrachloroethylene)	ไม่เกิน 400 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
16. 1, 2 - ไดโบรโมอีเธน (1, 2 - Dibromoethane)	ไม่เกิน 370 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
17. 1, 1, 2, 2 – เตตระคลอโรอีเธน (1, 1, 2, 2 - Tetrachloroethane)	ไม่เกิน 83 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
18. ไตรคลอโรเอทธิลีน (Trichloroethylene)	ไม่เกิน 130 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
19. ไวนิลคลอไรด์ (Vinyl Chloride)	ไม่เกิน 20 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

2.3 ข้อมูลทั่วไปและลักษณะของโรงงานในพื้นที่อุตสาหกรรมที่ทำการศึกษา [8-12]

ข้อมูลทั่วไปและลักษณะการประกอบกิจการของโรงงาน 10 อันดับแรกในจังหวัดระยองเป็นข้อมูลสำคัญในการศึกษาแหล่งกำเนิดของมลพิษทางอากาศมีรายละเอียดโดยสังเขปดังนี้

2.3.1 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับ เคมีภัณฑ์ สารเคมี หรือวัสดุเคมี ซึ่งไม่ใช่ปุ๋ยอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง

โรงงานประเภทนี้หมายถึงโรงงานที่ผลิตเคมีภัณฑ์ สารเคมี หรือ วัสดุเคมี รวมไปถึงการเก็บรักษา ลำเลียง แยก คัดเลือก หรือแบ่งบรรจุภัณฑ์เฉพาะเคมีภัณฑ์อันตราย โดยกระบวนการผลิตส่วนใหญ่ของโรงงานประเภทนี้จะประกอบไปด้วยกระบวนการย่อย 4 ขั้นตอนดังแสดงดังรูปที่ 2.5 ซึ่งประกอบด้วย

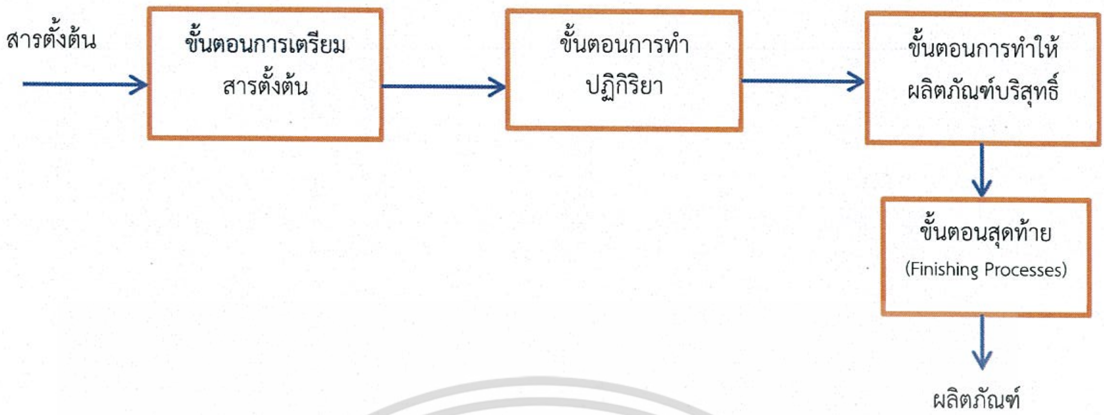
1. กระบวนการเตรียม การผสมหรือปรับปรุงคุณภาพของสารตั้งต้น กระบวนการนี้มีหน้าที่ขจัดสิ่งเจือปนออกจากสารตั้งต้นหรือเป็นการทำสารตั้งต้นที่นำกลับมาใช้ใหม่ให้กลับมาบริสุทธิ์ใกล้เคียงกับสารตั้งต้นใหม่มากที่สุด โดยอาจจะใช้อุปกรณ์เช่น หอกลั่นหรือหอดูดซับเพื่อแยกสารตั้งต้นและสารเจือปนที่อยู่ในสถานะของเหลวเหมือนกัน หรือใช้เครื่องกรอง ถังตกตะกอน หรือการทำแห้งในกรณีที่ต้องนำของแข็งที่ปราศจากความชื้นเข้าสู่กระบวนการ นอกจากการทำปรับปรุงคุณภาพของสารตั้งต้นแล้วอาจจะมีการเพิ่มอุณหภูมิหรือความดันเพื่อให้ได้ตามสภาวะที่ปฏิกิริยาจะเกิดได้อย่างสมบูรณ์

2. ขั้นตอนทำการปฏิกิริยา เมื่อสารตั้งต้นผ่านการเตรียมหรือปรับปรุงคุณภาพก็จะเข้าสู่ขั้นตอนการทำปฏิกิริยา ซึ่งอุปกรณ์หรือถังปฏิกรณ์ที่ใช้จะขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น เช่นปฏิกิริยาที่เป็นการเผาไหม้ ก็จะใช้หอเผา (furnace) หรือใช้เป็นถังปฏิกรณ์แบบกวนต่อเนื่อง นอกจากนี้กระบวนการอาจจะแบ่งเป็นแบบต่อเนื่องหรือแบบกะ

3. ขั้นตอนการทำสารผลิตภัณฑ์ให้บริสุทธิ์ หลังจากผลิตภัณฑ์ออกจากส่วนทำปฏิกิริยาแล้วมักจะมีสิ่งเจือปนจากสารตั้งต้นที่ทำปฏิกิริยาไม่หมดหรือผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ จึงต้องมีการแยกออกซึ่งอาจจะเป็นการกลั่น การดูดซึม การดูดซับ การนำไอน้ำมาไล่สารตัวที่ไม่ต้องการออก การกรอง หรือการตกตะกอนเป็นต้น

4. ขั้นตอนสุดท้ายก่อนส่งออกจำหน่าย ในขั้นตอนนี้อาจจะเป็นการทำให้เป็นผงโดยการอบแห้ง การบรรจุใส่บรรจุภัณฑ์

ตัวอย่างกระบวนการทั่วไปของโรงงานผลิตเคมีภัณฑ์หรือสารเคมีแสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 กระบวนการทั่วไปของโรงงานผลิตเคมีภัณฑ์หรือสารเคมี

2.3.2 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์โลหะอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง [9]

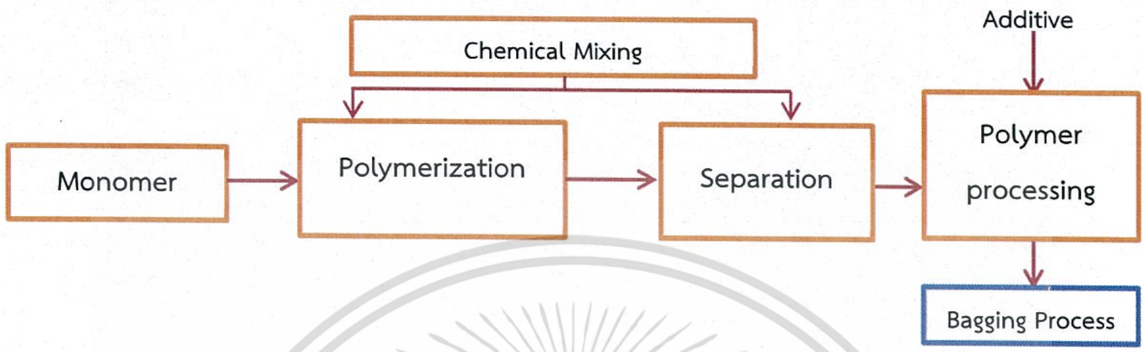
โรงงานประเภทนี้หมายถึงโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์โลหะรวมไปถึงการทำภาชนะบรรจุ การทำผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีปั๊มหรือกระแทก การทำผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องอัดชนิดเกลียว การทำตู้หรือห้องนิรภัย การทำผลิตภัณฑ์จากลวดหรือสายเคเบิล โดยใช้ลวดที่ได้มาจากแหล่งผลิตอื่น ซึ่งมิใช้ลวดหรือสายเคเบิลที่หุ้มด้วยฉนวน การทำขดสปริงเหล็ก สลัก แป้นเกลียว วงแหวน หมุดย้ำ หรือหลอดชนิดพับได้ที่ไม่ทำในโรงรีดหรือดึงขั้นต้น การทำเครื่องสุขภัณฑ์เหล็กหรือโลหะเคลือบ เครื่องทองเหลือง สำหรับใช้ในการต่อท่อหรือเครื่องประกอบวาล์วหรือท่อ การทำเครื่องใช้เล็ก ๆ จากโลหะ การทำผลิตภัณฑ์โลหะสำเร็จรูป ด้วยวิธีเคลือบหรือลงรัก ชุบ หรือขัด การอัดเศษโลหะ การตัด พับ หรือม้วนโลหะ และ การกลึง เจาะ คว้าน กัด ไส เจียน หรือ เชื่อมโลหะทั่วไป ตัวอย่างกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตเหล็ก เคลือบโครเมียมซึ่งเป็นโรงงานในประเภทนี้ ประกอบด้วยขั้นตอนการผลิต 5 ขั้นตอนคือ

1. การทำความสะอาดด้วยด่างและกรด เพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนที่เกาะอยู่บนผิวของแผ่นเหล็ก
2. การเคลือบโครเมียมด้วยกระแสไฟฟ้าภายในถังเคลือบ
3. การเคลือบน้ำมันเพื่อป้องกันสนิม รอยขีดข่วน และรอยถลอก
4. ตรวจสอบคุณภาพของแผ่นเหล็ก
5. การม้วนแผ่นเหล็กเพื่อส่งไปจำหน่าย

2.3.3 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับ ผลิตภัณฑ์พลาสติก อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง [10]

โรงงานประเภทนี้หมายถึง โรงงานที่ผลิตเครื่องมือ เครื่องใช้ เครื่องเรือน หรือประดับ และรวมถึงชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์พลาสติก การทำเสื่อหรือพรม การทำเปลือกหุ้มไส้กรอก การทำภาชนะบรรจุ เช่น ถุงหรือกระสอบ การทำพลาสติกเป็นเม็ด แท่ง ท่อ หลอด แผ่น ชิ้น ผง หรือรูปทรงต่าง ๆ การทำผลิตภัณฑ์สำหรับใช้เป็นฉนวน การทำรองเท้า หรือชิ้นส่วนของรองเท้า การอัดพลาสติกหลาย ๆ ชั้นเป็น

แผ่น การล้าง บด หรือย่อยพลาสติก โรงงานประเภทที่ทำการผลิตพอลิเมอร์ถูกจัดอยู่ในโรงงานประเภทที่ 44 เนื่องจากผลิตภัณฑ์จะอยู่ในรูปแบบเป็นเม็ดหรือผง ตัวอย่างกระบวนการผลิตของโรงงานประเภทนี้แสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 กระบวนการผลิตทั่วไปของโรงงานผลิตเม็ดพลาสติก

กระบวนการโดยทั่วไปของโรงงานผลิตพอลิเมอร์ประกอบด้วยกระบวนการย่อย 6 กระบวนการ ได้แก่

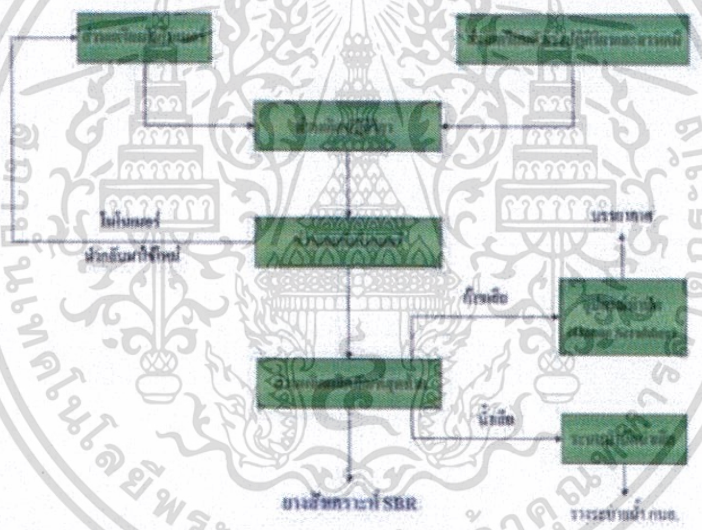
1. การเตรียมโมโนเมอร์ เพื่อแยกสารเจือปนออกจากมอนอเมอร์ ทำให้สารที่เป็นมอนอเมอร์มีความบริสุทธิ์มากขึ้น
2. การเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชัน (Polymerization)
3. การแยก เพื่อแยกมอนอเมอร์ที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยาหรือสารผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้อื่นๆ
4. การเตรียมสารเคมีหรือ Chemical mixing มีหน้าที่เตรียมสารเคมีที่จำเป็นต้องใช้ในกระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชัน และ Separation
5. การขึ้นรูป polymer processing พอลิเมอร์ที่ได้จากกระบวนการ Separation จะเข้าส่วนกระบวนการ Polymer processing เพื่อขึ้นรูปเป็น เม็ด ผง ฟิล์ม เป็นต้น และเติมสารเติมแต่ง (Additive) ให้ได้คุณสมบัติของพลาสติกตามที่ต้องการ
6. ในส่วนสุดท้ายจะเป็นการบรรจุพลาสติกใส่ถุง (Bagging Process) เพื่อส่งขายต่อไป

2.3.4 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับยาง อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง [10]

โรงงานประเภทนี้หมายถึง โรงงานที่ทำยางแผ่นในขั้นต้น จากน้ำยางธรรมชาติ การหั่น ผสม รีดให้เป็นแผ่น หรือตัดแผ่นยางธรรมชาติ ซึ่งมิใช่การทำในสวนยางหรือป่า การทำยางแผ่นรมควัน การทำยางเครป ยางแท่ง ยางน้ำ หรือการทำยางให้เป็นรูปอื่นใดที่คล้ายคลึงกันจากยางธรรมชาติ การทำผลิตภัณฑ์ยาง นอกจากที่ระบุไว้ในลำดับที่ 51 (โรงงานผลิต ซ่อม หล่อ หรือดอกยางนอกหรือยางในสำหรับยานพาหนะ) จากยางธรรมชาติหรือยางสังเคราะห์ โดยโรงงานประเภทนี้มักจะจดทะเบียนควบคู่กับโรงงานที่ประกอบกิจกรรมยางอีลาสโตเมอร์

2.3.5 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการผลิตยางเรซินสังเคราะห์ ยางอีลาสโตเมอร์ พลาสติก หรือเส้นใยสังเคราะห์ซึ่งมิใช่ใยแก้ว [11]

โรงงานประเภทนี้หมายถึง โรงงานที่ผลิตยางเรซินสังเคราะห์ ซึ่งยางเรซินสังเคราะห์หมายถึงวัสดุที่ทำการสังเคราะห์ขึ้นมาโดยมีคุณสมบัติคล้ายยางธรรมชาติ และยางอีลาสโตเมอร์ซึ่งคือพอลิเมอร์ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยา โคพอลิเมอร์ (Copolymerization) ระหว่างยางสังเคราะห์หรือพลาสติกเรซินและยางสังเคราะห์ ทำให้ได้ พอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติยืดหยุ่นได้ของยางและแข็งแรงเหมือนพลาสติก ส่วนโรงงานที่ผลิตเส้นยางสังเคราะห์จะมีกระบวนการคล้ายการผลิตพลาสติกคือจะนำวัตถุดิบมาทำเป็นมอนอเมอร์และนำมาทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน ตัวอย่างกระบวนการผลิตของโรงงานประเภทนี้เช่น โรงงานผลิตยางอีลาสโตเมอร์ มีกระบวนการผลิตคล้ายกับกระบวนการผลิตพอลิเมอร์ที่กล่าวในส่วนที่ 2.3.3 คือจะนำมอนอเมอร์มาทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชั่นให้ได้ยางสังเคราะห์ สารที่ออกมาจะเข้าสู่กระบนการแยกเพื่อแยกโมโนเมอร์ที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยาหรือผลิตภัณฑ์พลอยได้ออกจากพอลิเมอร์ พอลิเมอร์ที่บริสุทธิ์จะเข้าสู่กระบวนการผลิตภัณฑ์สุดท้ายเพื่ออบแห้งยางอัดยางให้เป็นก้อนจากนั้นเข้าสู่ขั้นตอนหอแผ่นฟิล์ม และนำไปเก็บหรือจำหน่ายต่อไป ตัวอย่างของกระบวนการผลิต Styrene Butadiene Rubber แสดงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 กระบวนการผลิตยางสังเคราะห์ Styrene Butadiene Rubber (SBR) [11]

2.3.6 โรงงานกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม [12, 13]

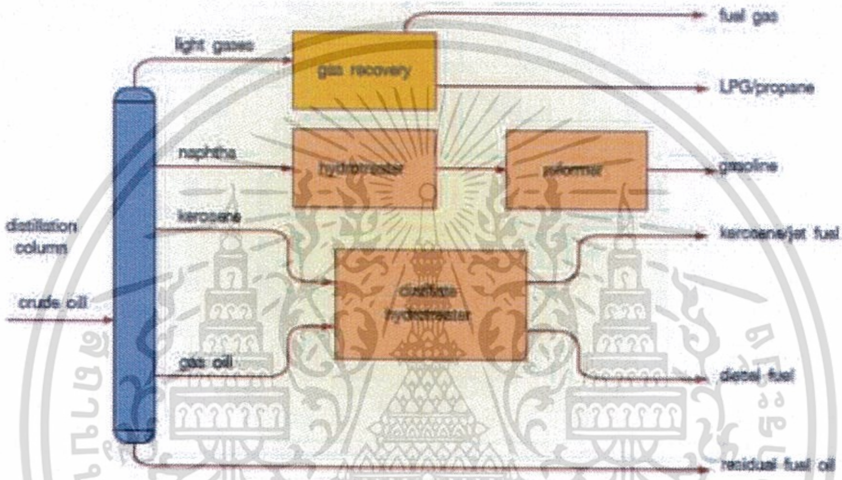
โรงกลั่นน้ำมันเป็นอุตสาหกรรมที่แปรรูปน้ำมันดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปต่างๆ โดยกระบวนการที่สำคัญของโรงกลั่นคือ

1. กระบวนการผลิตหลักซึ่งประกอบไปด้วย หอกลั่นแบบบรรยากาศ (Atmospheric Distillation Column) หอกลั่นแบบสุญญากาศ (Vacuum Distillation Column)

2. กระบวนการปรับปรุงคุณภาพ เช่นการบำบัดด้วยไฮโดรเจน (Hydrotreating Unit) การกำจัดซัลเฟอร์ (Desulfurization)

3. กระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ (Conversion process) เช่น กระบวนการแตกสลายและปรับโครงสร้างโมเลกุลเพื่อให้ได้น้ำมันที่มีค่าออกเทนและมูลค่าสูงขึ้น เช่น กระบวนการแตกตัวด้วตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic cracking process) กระบวนการแตกตัวด้วยความร้อน (Thermal cracking process) โดยใช้หอ Hydrocraker กระบวนการรีฟอร์มด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic reforming process) โดยใช้หอ Catalytic Reformer และ การเปลี่ยนไอโซเมอร์ (Isomerization)

4. หน่วยเสริมการผลิต (Auxiliary facilities) นอกจากที่ได้กล่าวมาทั้ง 3 กระบวนการ กระบวนการที่มีความสำคัญคือหน่วยเสริมการผลิต ซึ่งจะผลิตสารเพื่อช่วยในกระบวนการผลิต เช่น หน่วยผลิตไอน้ำ หน่วยผลิตไฮโดรเจน กระบวนการผลิตของโรงกลั่นแสดงดังรูปที่ 2.6



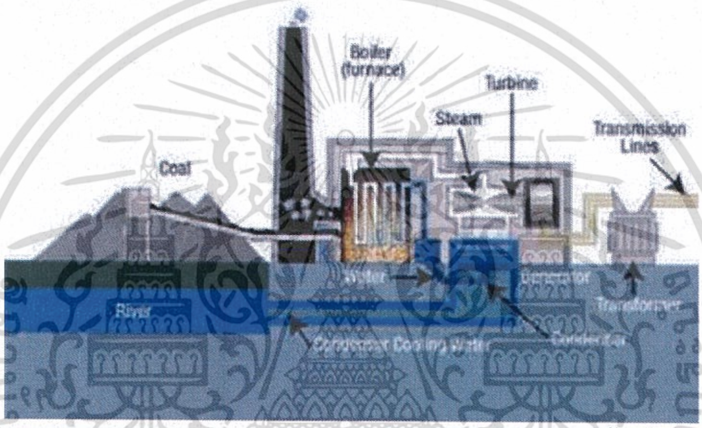
รูปที่ **2.6** กระบวนการผลิตโดยทั่วไปของโรงกลั่นน้ำมัน [12, 13]

2.3.7 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับถลุง หลอม หล่อ รีด ดึง หรือผลิตเหล็ก หรือเหล็กกล้าในขั้นต้น

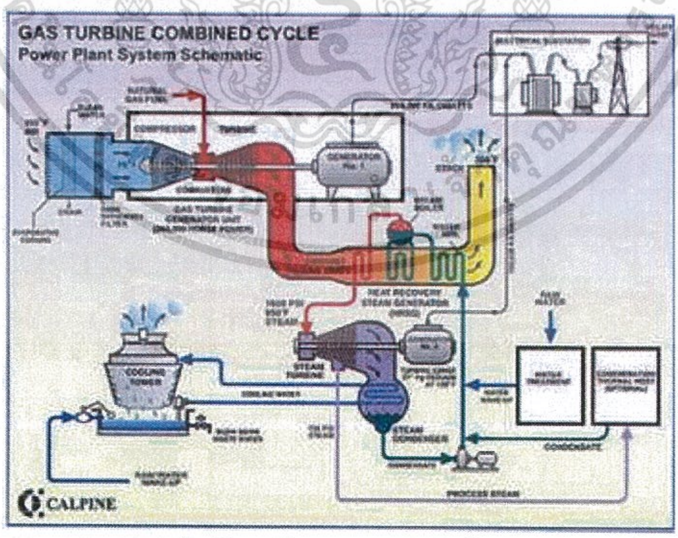
โรงงานผลิตเหล็กมีกระบวนการโดยทั่วไปได้แก่ กระบวนการหลอมเหล็ก การปรับปรุงคุณภาพน้ำเหล็กซึ่งจะเติมสารเคมีต่างๆลงไปเพื่อปรับปรุงเหล็ก การหล่อน้ำเหล็กให้เป็นเหล็กแท่ง เมื่อน้ำเหล็กได้คุณภาพที่ต้องการแล้วจะนำเข้าสู่กระบวนการหล่อเย็นน้ำเหล็กและทำให้เป็นแท่งโดยผ่านเครื่องหล่อเหล็กแท่งกระบวนการสุดท้ายคือการรีดเหล็กแท่งให้เป็นเหล็กเส้น โดยจะมีการให้ความร้อนแท่งเหล็กอีกครั้ง และจะส่งเข้าแท่นรีดเหล็กเพื่อได้เหล็กตามประเภทและเหล็กที่ต้องการ

2.3.8 โรงงานผลิตพลังงานไฟฟ้า [14]

โรงงานผลิตไฟฟ้า คือโรงงานที่มีการผลิตไฟฟ้าด้วยการเปลี่ยนแปลงพลังงานประเภทใดประเภทหนึ่งให้เป็นพลังงานกลเพื่อใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า โรงงานผลิตไฟฟ้าในประเทศไทยที่ผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อจ่ายให้โรงงานอุตสาหกรรมต่างๆส่วนใหญ่จะเป็นโรงงานผลิตไฟฟ้าประเภทพลังงานความร้อนที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตไอน้ำไปใช้มนการขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือโรงงานผลิตไฟฟ้าอีกประเภทหนึ่งทีพบเห็นได้ทั่วไปคือโรงงานผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม โดยหลักการคือการใช้เครื่องยนต์สันดาปซึ่งจะนำแก๊สธรรมชาติหรือถ่านหินมาเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้อากาศ อากาศจะมีอุณหภูมิและความดันสูงก็จะถูกส่งไปยังกังหันแก๊สเพื่อขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยไอเสียจากกระบวนการยังสามารถนำไปใช้ผลิตไอน้ำเพื่อนำไปขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตัวที่สอง กระบวนการผลิตของโรงงานผลิตไฟฟ้าทั้งสองประเภทแสดงดังรูปที่ 2.7 และ 2.8 ตามลำดับ



รูปที่ 2.7 กระบวนการผลิตกระไฟฟ้าของโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงถ่านหิน [14]



รูปที่ 2.8 กระบวนการผลิตกระไฟฟ้าของโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม [14]

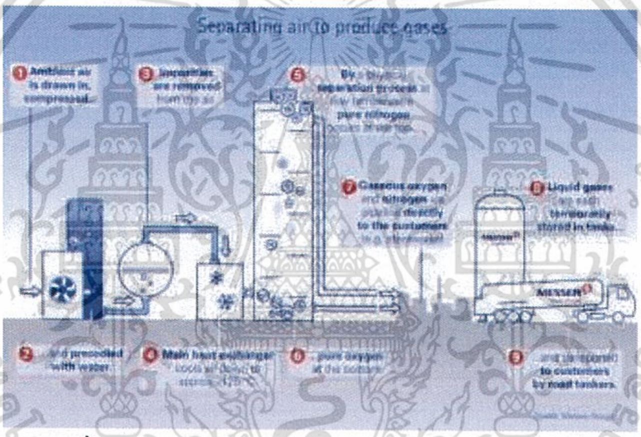
2.3.9 โรงงานผลิตก๊าซ ซึ่งมิใช่ก๊าซธรรมชาติส่งหรือจำหน่ายก๊าซ [15, 16]

โรงงานประเภทนี้ หมายถึง โรงงานที่นำวัตถุดิบคืออากาศ มาผ่านกระบวนการแยกอากาศ โดยนำมาผ่านหอกลั่นแบบอุณหภูมิต่ำ (Air Separation Unit) ซึ่งผลิตภัณฑ์ได้แก่ แก๊สไนโตรเจน แก๊สออกซิเจน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สฮีเลียม แก๊สอาร์กอน เป็นต้น กระบวนการผลิตแบ่งได้ออกเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

1. การบำบัดอากาศ อาจใช้การกรองเพื่อดักจับฝุ่นละอองเล็กๆ การลดอุณหภูมิเพื่อให้การเจือปนเช่นความชื้นควบแน่นกลายเป็นของเหลว หรือการใช้หอดูดซับเพื่อแยกแก๊สที่ไม่ต้องการออกก่อนส่งไปยังหน่วยแยกอากาศ

2. หน่วยแยกอากาศใช้การกลั่นแบบลดอุณหภูมิโดยผลิตภัณฑ์หลักที่ได้ ได้แก่ ก๊าซออกซิเจน ก๊าซไนโตรเจน ก๊าซอาร์กอน และก๊าซนีออน [16]

ตัวอย่างกระบวนการผลิตของโรงงานแยกก๊าซแสดงดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 กระบวนการผลิตของโรงงานแยกอากาศ [16]

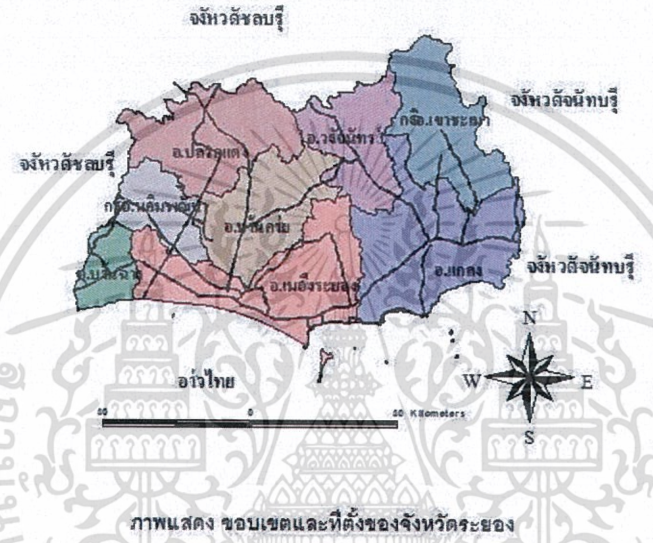
2.3.10 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์จากปิโตรเลียม ถ่านหิน หรือลิกไนต์ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง [17]

โรงงานในประเภทนี้ได้แก่ โรงงานที่มีการทำแอลฟัลต์ หรือน้ำมันดิบ การทำกระดาษอาบแอลฟัลต์ หรือน้ำมันดิบ การทำเชื้อเพลิงก้อนหรือเชื้อเพลิงสำเร็จรูปจากถ่านหินหรือลิกไนต์ที่แต่งแล้ว การผสมผลิตภัณฑ์จากปิโตรเลียมเข้าด้วยกันหรือการผสมผลิตภัณฑ์จากปิโตรเลียมกับวัสดุอื่น และการกลั่นถ่านหินในเตาโค้ก ซึ่งไม่เป็นส่วนหนึ่งของการผลิตก๊าซหรือเหล็ก ผลิตภัณฑ์จากปิโตรเลียมเป็นวัตถุดิบที่สำคัญของ อุตสาหกรรมปิโตรเคมี โดยในปัจจุบันโรงงานที่ประกอบกิจการปิโตรเลียมนอกจากมีส่วนการกลั่นแล้วยังมีหน่วยผลิตที่นำนำมันที่กลั่นได้มาผสมกันหรือสารอื่นเพื่อเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และขยายการประกอบการไปถึงอุตสาหกรรมปิโตรเคมีตั้งแต่ต้นน้ำถึงปลายน้ำ นอกจากนี้ยังมีการผลิตแอลฟัลต์ ปิโตรเลียมแว็กซ์ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการกลั่นแบบสูญญากาศ

2.4 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับลักษณะอากาศในบริเวณพื้นที่อุตสาหกรรมที่ศึกษา [18-21]

2.4.1 ลักษณะภูมิศาสตร์โดยทั่วไปของจังหวัดระยอง [18]

จังหวัดระยอง มีลักษณะภูมิประเทศเป็นเทือกเขาและที่ราบ ทางตะวันออกเฉียงใต้ของภาคมีทิวเขาบรรทัดเป็นแนวกั้นพรมแดนกับประเทศกัมพูชา ถัดเข้ามามีทิวเขาจันทบุรี ทางเหนือมีทิวเขาสันกำแพงและพนมดงรักวางตัวในแนวตะวันตก-ตะวันออกเป็นแนวแบ่งเขตภาคนี้ กับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทางตะวันตกและทางใต้เป็นฝั่งทะเลติดกับอ่าวไทย มีเกาะน้อยใหญ่มากมายแผนที่แสดงการแบ่งเขตปกครองและโครงข่ายถนนหลักแสดงดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แผนที่แสดงการแบ่งเขตปกครองและโครงข่ายถนนหลัก[19]

2.4.2 ลักษณะอากาศโดยทั่วไปและลักษณะอากาศที่มีผลต่อการแพร่กระจายของมลพิษ [20]

จังหวัดระยองตั้งอยู่ในพื้นที่ภาคตะวันออกของประเทศไทย ซึ่งลักษณะภูมิอากาศของภาคตะวันออกมีความคล้ายคลึงกับภาคใต้ คือ ทางตอนบนของภาคจากจังหวัดปราจีนบุรี สระแก้ว ชลบุรี ฉะเชิงเทราจะมีลักษณะอากาศแบบสะวันนา ส่วนทางตอนล่างคือ จันทบุรีและตราด จะมีลักษณะอากาศแบบร้อนชื้นแบบมรสุม คือ มีฝนตกชุก อากาศร้อนชื้น โดยปัจจัยที่ควบคุมอุณหภูมิของภาคตะวันออก คือ ลมพายุที่ได้รับอิทธิพลจากพายุดีเปรสชันจากทะเลจีนใต้ทำให้เกิดฝนตกหนัก ได้รับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดจากอ่าวไทย ทำให้เกิดฝนตกในภาคนี้ส่วนลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือไม่ค่อยมีผลต่อภาคตะวันออกมากนัก เนื่องจากมีทิวเขาสันกำแพงและพนมดงรักเป็นแนวกั้นไว้ อากาศจึงไม่ค่อยหนาวเย็น รวมถึงการวางตัวของแนวเทือกเขาจันทบุรีและเทือกเขาบรรทัดจะกั้นทิศทางของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้ฝนตกชุกในเขตจังหวัดจันทบุรี และจังหวัดตราด และเนื่องจากความใกล้ไกลทะเลทำให้ ทางตอนบนของภาคที่อยู่ห่างจากทะเลมีอากาศร้อน อุณหภูมิสูง ส่วนทางตอนล่างอยู่ใกล้ทะเลจะได้รับลม

ทะเลทำให้อากาศเย็น ซึ่งจากสภาพภูมิอากาศของภาคตะวันออกส่งผลให้สภาพพื้นที่ของพื้นที่อุตสาหกรรมในจังหวัดระยองมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. ฤดูกาลในจังหวัดระยอง

ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคม - เดือนตุลาคม รวมระยะ 6 เดือน โดยในเดือนพฤษภาคม ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะพัดเข้ามา ฝนจะตกมาก ต่อมาในเดือนมิถุนายน ฝนจะลดปริมาณการตกลงอย่างชัดเจน ยกเว้นทางด้านอำเภอแกลง และอำเภอเขาชะเมา ต่อมาในเดือนกรกฎาคม ฝนก็จะเริ่มตก และจะตกมากในเดือนสิงหาคม - กันยายน - ตุลาคม ซึ่งฝนที่ตกมากในช่วงนี้ ก็เนื่องจากได้รับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในอ่าวไทย และพายุดีเปรสชัน ที่ได้เคลื่อนตัวมาจากทะเลจีนใต้ฝั่งเวียดนาม และพัดมาทางทิศตะวันตกเข้าสู่พื้นที่จังหวัดในภาคตะวันออก

ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน - กุมภาพันธ์ รวมระยะเวลา 4 เดือน ฤดูนี้อุณหภูมิของจังหวัดระยอง ไม่ลดต่ำมากเหมือนภาคอื่น ๆ เพราะเขตนี้อยู่ปลายมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ความหนาวเย็นจึงไม่ลดลงมาก นอกจากนี้ ก็ยังได้รับไออุ่นจากทะเล จึงทำให้จังหวัดระยอง ไม่หนาวเย็นมาก

ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่ปลายเดือนกุมภาพันธ์ จนถึงปลายเดือนเมษายน ระยะเวลา 2 เดือน ระยะนี้มีลมตะวันออกเฉียงใต้และลมเฉื่อยจากทะเลในตอนบ่ายพัดมาร่วมกับลมตะวัน ออกเฉียงใต้ จึงทำให้ลมมีกำลังแรงมากยิ่งขึ้น ดังนั้น ฝั่งทะเลระยอง ในระยะเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน จึงมีคลื่นลมค่อนข้างแรงในตอนบ่ายและเย็น ทำให้อุณหภูมิไม่สูง อากาศจึงไม่ร้อนมาก

2.อุณหภูมิ เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่หนาวเย็นและได้รับไออุ่นจากทะเลจึงทำให้อุณหภูมิของจังหวัดระยอง ค่อนข้างสม่ำเสมอไม่ร้อนจนเกินไป อุณหภูมิจึงเฉลี่ยอยู่ที่ 28.1 องศาเซลเซียส

3.ความชื้นสัมพัทธ์ จังหวัดระยองเป็นเขตที่อยู่ใกล้ทะเล ตอนกลางของจังหวัดเป็นภูเขาและ ป่าไม้ จึงมีผลกับลมฟ้าอากาศเป็นอย่างมาก ทำให้มีความชื้นสัมพัทธ์ค่อนข้างสูงตลอดปีโดยเฉลี่ย 77%

4.ความยาวของวันจังหวัดระยอง ตั้งอยู่บนเส้นรุ้งที่ 12-13 องศาเหนือ และเส้นแวงที่ 101-102 องศาตะวันออก จึงมีผลต่อความยาวของวัน กล่าวคือ ในเดือนมีนาคมและปลายเดือน ในเดือนมีนาคมและปลายเดือนกันยายน จะมีช่วงกลางวันและกลางคืนเท่ากัน เดือนมิถุนายน จะมีช่วงกลางวันถึง 12.30 ชั่วโมง และเดือนธันวาคม จะมีช่วงกลางวันสั้นที่สุด

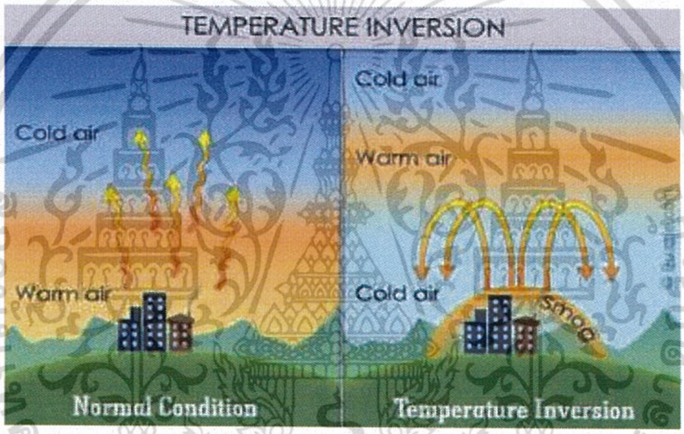
5.แสงแดด จังหวัดระยอง อยู่ในเขตชายฝั่งทะเล ซึ่งเป็นเขตที่มีปริมาณน้ำฝนค่อนข้างสูง จึงทำให้ความเข้มของแสงแดดต่ำกว่าเขตอื่นๆ [21]

ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะภูมิอากาศของพื้นที่อุตสาหกรรมในจังหวัดระยองส่งผลต่อความเข้าการแพร่กระจายตัวของมลพิษทางอากาศ ในการหาความสัมพันธ์ของแหล่งกำเนิดและลักษณะอากาศที่มีผลต่อการกระจายมลพิษนั้นจำเป็นต้องมีการวัดข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา เพื่อประกอบการประเมินสถานการณ์ หรือผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม หรือชุมชน ข้อมูลอุตุนิยมมีความจำเป็นสำหรับการตรวจวัดคุณภาพอากาศ เพื่อเลือกกำหนดจุดที่ตั้งของสถานีตรวจวัด (monitoring site) ระดับความเข้มข้นของ

สารมลพิษทางอากาศที่ตรวจวัดได้ ณ จุดตรวจเป็นผลมาจากการเคลื่อนที่ของมลพิษทางอากาศมายังจุดตรวจวัด ดังนั้นทิศทางลมและความเร็วลมเป็นปัจจัยสำคัญที่บ่งชี้ถึงพื้นที่หรือสิ่งที่จะได้รับผลกระทบจากมลพิษทางอากาศ และระดับความรุนแรงของมลพิษขึ้นกับระดับความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศในพื้นที่และความสามารถในการแพร่กระจายหรือการเจือจางลงของสารมลพิษทางอากาศ

2.4.3 ภาวะผันกลับของอุณหภูมิ (Thermal Inversion) [22, 23]

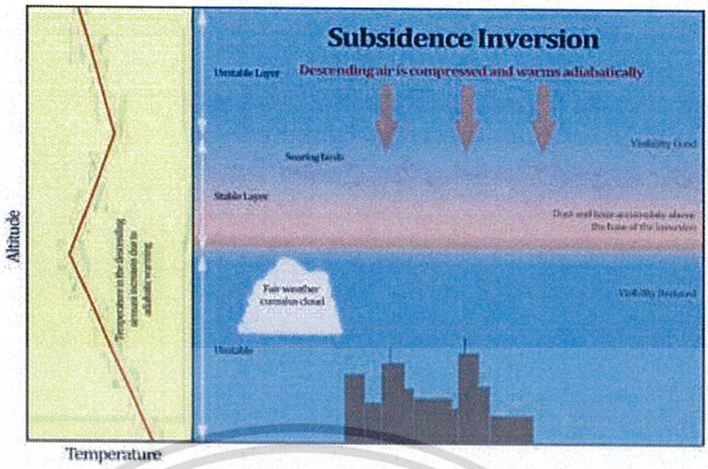
ภาวะผันกลับของอุณหภูมิ คือภาวะที่การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในตามแนวระดับตรงกันข้ามกับสภาวะปกติ ซึ่งเมื่อความสูงจากแนวระดับเพิ่มขึ้นอุณหภูมิของบรรยากาศก็จะลดต่ำลงเรื่อยๆ แต่ในภาวะผันกลับจะเกิดปรากฏการณ์ที่มีชั้นที่เย็นอยู่ใต้ชั้นที่อุ่นกว่า ส่งผลทำให้เกิดการกักมลพิษไว้ในชั้นของภาวะผันกลับนี้ มลพิษจึงไม่สามารถกระจายไปได้ ความแตกต่างของภาวะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบปกติและผันกลับแสดงดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 การเกิดสภาวะผันกลับของอุณหภูมิ [22]

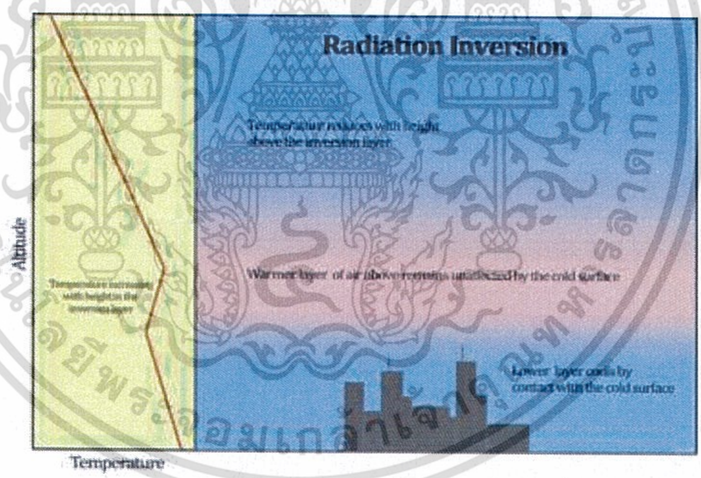
ซึ่งภาวะผันกลับของอุณหภูมิแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. Subsidence inversion เป็นภาวะที่เกิดขึ้นเมื่อมวลอากาศหรือมลพิษที่มีอุณหภูมิลอยขึ้นไปชนกับบริเวณที่มีความกดอากาศสูงทำให้เกิดชั้นที่มีอุณหภูมิสูงอยู่ใต้มวลอากาศเย็นข้ามความกดอากาศสูงและมวลอากาศเย็นอยู่ด้านล่างดังแสดงในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 การเกิดภาวะผันกลับของอุณหภูมิแบบ Subsidence inversion [23]

2. Radiation inversion ภาวะแบบผกผันประเภทนี้เกิดจากอุณหภูมิของอากาศบริเวณใกล้พื้นดินจะต่ำกว่าอุณหภูมิในระดับที่สูงกว่า อันเนื่องมาจากพื้นดินคายความร้อนสู่บรรยากาศรอบๆ แต่อุณหภูมิอยู่ใกล้พื้นดินจะเย็นกว่าซึ่งจะมีอุณหภูมิไม่ต่างจากพื้นดินมากนัก ซึ่งสภาวะผกผันแบบนี้จะเกิดขึ้นในช่วงเวลากลางคืนดังแสดงในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.13 การเกิดสภาวะผันกลับชองอุณหภูมิแบบ Radiation inversion [23]

ปัจจัยที่ส่งผลทำให้เกิดภาวะผันกลับของอุณหภูมินี้ได้แก่ กลางคืนมีระยะเวลานาน เป็นวันที่ท้องฟ้าเปิดโล่งอากาศนิ่งไม่มีลมและอากาศแห้ง ซึ่งในบริเวณพื้นที่อุตสาหกรรมมาบตาพุดมีปัจจัยทั้งด้านสภาพภูมิประเทศและสภาพภูมิอากาศที่มีแนวโน้มจะเกิดภาวะผันกลับนี้

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Tsai-Yin Lin และคณะ[24] ทำการศึกษาตรวจวัดค่าเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ในสภาพอากาศบริเวณรอบ Chinese petroleum corporation (CPC) refinery ที่เมือง Kaohsiung ในประเทศไต้หวัน การวิจัยครั้งนี้ได้เลือกเมือง Kaohsiung ซึ่งเป็นเมืองที่อยู่ทางตอนใต้ของประเทศ เป็นที่ตั้งของนิคมอุตสาหกรรมที่มีโรงงานปิโตรเคมีขนาดใหญ่ มีกำลังผลิตสูงสุด 270,000 บาร์เรล/วัน เป็นพื้นที่หลักในการผลิตผลิตภัณฑ์จากน้ำมัน และผลิตภัณฑ์จากปิโตรเคมีของประเทศไต้หวันโรงงานที่ก่อตั้งในปี ค.ศ. 2001 งานวิจัยนี้ทำการวิจัยโดยเก็บรวบรวมตัวอย่างของอากาศจาก 26 โรงงานในช่วงเวลาตั้งแต่วันที่ 28 เมษายน ถึงวันที่ 4 พฤษภาคม ปี ค.ศ. 2001 ซึ่งแหล่งของการปลดปล่อยสาร VOCs มาจากกระบวนการผลิต ถังกักเก็บ ท่อขนส่งสารและพื้นที่บำบัดของเสียในโรงงาน โดยใช้เทคนิคการตรวจวัด ได้แก่ gas chromatography (GC) และ ultra-violet differential optical absorption spectroscopy (UV-DOAS) ในการตรวจวัดข้อมูลจากโรงงานต่างๆผลจากการศึกษาปรากฏว่า ค่าความเข้มข้นสูงสุดของ VOCs คือ 2506 ppbv บริเวณที่พบค่าความเข้มข้นสูงสุดนั้นจะอยู่บริเวณปล่องควัน (stack) บ่อบำบัดน้ำเสียและบริเวณประตูทิศตะวันออกของโรงงาน จากการศึกษาพบว่าค่าระดับความเข้มข้นของ VOCs ที่ตรวจวัดได้นั้นเกี่ยวเนื่องกับหลายปัจจัยได้แก่ ความเร็วลม ทิศทางการแพร่กระจายความเข้มข้นของ VOCs อุณหภูมิ ความชื้น เป็นต้น และจากการตรวจวัดข้อมูลยังพบว่า ช่วงที่มีค่าความเข้มข้นสูงนั้นจะอยู่ในช่วงที่สภาพภูมิอากาศคงที่ กระแสลมค่อยข้างเบา ท้องฟ้าปลอดโปร่ง จึงแสดงให้เห็นว่าสภาพภูมิอากาศมีผลต่อค่าความเข้มข้นและการกระจายตัวของมลพิษทางอากาศ

Julia Wallace และคณะ [25] ทำงานวิจัยเรื่องผลกระทบจากภาวะผันกลับของอุณหภูมิที่มีผลต่อระดับของไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) และฝุ่นลองขนากเล็ก (PM2.5) โดยใช้ข้อมูลลักษณะของอุณหภูมิซึ่งตรวจวัดด้วยคลื่นอินฟาเรด (Atmospheric Infrared Sounder; AIRS) งานวิจัยนี้ได้นำข้อมูลลักษณะอุณหภูมิของอากาศตามแนวดิ่งมาจากระบบ AIRS เพื่อทำการตรวจสอบและบ่งชี้ช่วงเวลาที่เกิดภาวะผันกลับของอุณหภูมิ ในสองช่วงเวลาคือกลางวันและกลางคืน ส่วนค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์และฝุ่นลองขนาดเล็ก (PM2.5) วัดจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในพื้นที่ เมื่อได้ข้อมูลทั้งสองส่วนมาแล้วก็ได้ใช้วิธีการทางสถิติเพื่อมาทำสุ่มและตรวจสอบข้อมูลในวันที่เกิดภาวะผันกลับของอุณหภูมิจากจำนวนวันทั้งหมดเนื่องจากผู้วิจัยทำการเก็บมูลทั้งหมด 4 ปี ทำให้มีจำนวนชุดข้อมูลมาก นอกจากจะพิจารณาความเข้มข้นของมลพิษในสภาวะปกติและความเข้มข้นของมลพิษในภาวะที่เกิดการผันกลับของอุณหภูมิแล้ว ยังพิจารณาจากวันที่เป็นช่วงวันหยุดและเทศกาล ความสัมพันธ์กับความเร็วลมและทิศทางลม ซึ่งการศึกษางานวิจัยนี้สามารถนำมาเป็นแนวทางในการศึกษาและนำมาปรับใช้กับการวิเคราะห์ผลกระทบของภาวะผันกลับของอุณหภูมิที่มีผลต่อความเข้มข้นจากมลพิษในนิคมอุตสาหกรรมที่ศึกษา

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแหล่งกำเนิดและลักษณะอากาศที่มีผลต่อการแพร่กระจายมลพิษในพื้นที่อุตสาหกรรมที่ศึกษา มีวิธีการดำเนินงานประกอบขั้นตอนต่างๆ คือ การศึกษาและรวบรวมข้อมูลโรงงานประเภทต่างๆ การรวบรวมข้อมูลสัญญาณไฟฟ้าจาก "จมูกอิเล็กทรอนิกส์ (E-Nose)" ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาและมลพิษจากสถานีตรวจวัดและข้อมูลการร้องเรียนจากประชาชนเพื่อนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของข้อมูลโดยจัดทำโครงข่ายความสัมพันธ์ เพื่อใช้ในการเฝ้าระวังและบ่งชี้ถึงแหล่งกำเนิดของมลพิษโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การรวบรวมข้อมูล

จากแผนที่การติดตั้งสถานีจมูกอิเล็กทรอนิกส์ในพื้นที่ศึกษาจำนวน 12 สถานี ดังแสดงในรุปที่ 3.1 ซึ่งเมื่อพิจารณาพื้นที่รอบๆแล้วมีโรงงานที่อยู่ใกล้เคียงทั้งหมด 11 โรงงานคือ โรงงาน A-K เพื่อที่จะสามารถเข้าใจความสัมพันธ์ของแหล่งกำเนิดและลักษณะอากาศที่มีผลต่อการแพร่กระจายมลพิษจึงทำการรวบรวมข้อมูลดังนี้

3.1.1 การรวบรวมข้อมูลโรงงาน

ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลมีรายละเอียดดังนี้

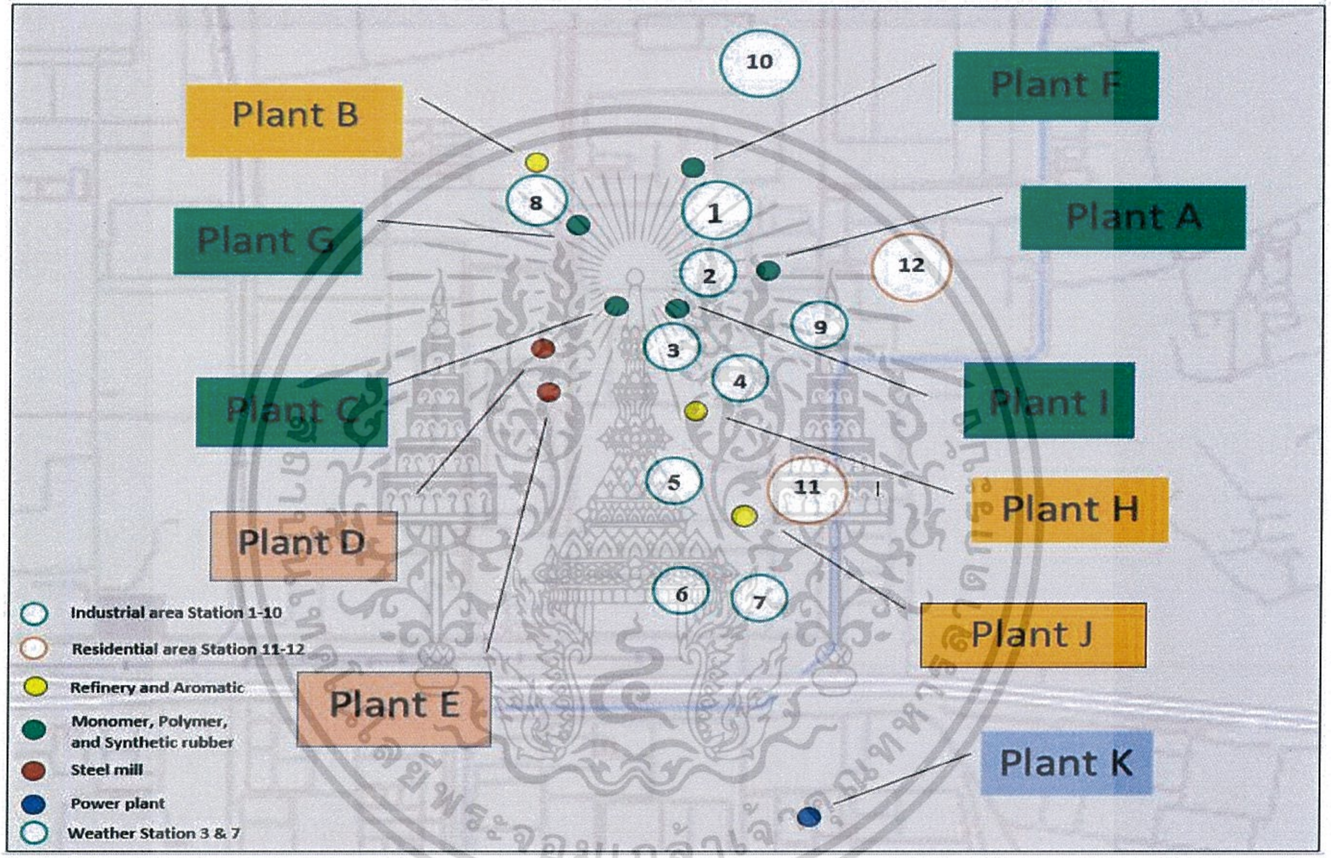
1. ศึกษาข้อมูลโรงงานในพื้นที่อุตสาหกรรม จังหวัดระยอง จากฐานข้อมูลของกรมโรงงานอุตสาหกรรมของปี พ.ศ. 2553 เพื่อหาข้อมูลของโรงงานในพื้นที่ที่ทำการศึกษาโดยการสืบค้นจากรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA) ที่รายงานต่อสำนักนโยบายและแผนพัฒนาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมโดยเป็นรายงานที่จัดทำขึ้นตั้งแต่ พ.ศ.2540-2556

2. ศึกษาและคัดกรองข้อมูลต่างๆที่มีอยู่ในรายงาน EIA เพื่อให้ได้ข้อมูลต่างๆ ที่สำคัญและจำเป็นที่จะใช้ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ โดยข้อมูลกิจกรรมที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์ ได้แก่

1) ข้อมูลกระบวนการผลิต (Process source) ได้แก่ กำลังการผลิต ประเภทของกระบวนการผลิต เวลาทำงานจากหน่วยต่างๆในกระบวนการผลิต เช่น Blow down, Compressor engine, Fluid catalytic cracking unit และการทำงานเป็นแบบกะ (Batch) หรือแบบต่อเนื่อง (Continuous)

2) ข้อมูลของแหล่งกำเนิดที่มีการเผาไหม้ (Combustion source) ได้แก่ ชนิดและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ของแหล่งที่ก่อให้เกิดกระบนการเผาไหม้ เช่น Boiler, Fired boiler และ Furnace

3) ข้อมูลถังกักเก็บ (Storage tank) ได้แก่ ชนิดของถังกักเก็บ ลักษณะทางกายภาพของถังกักเก็บ เช่น เส้นผ่านศูนย์กลาง ปริมาตรบรรจุ และชนิดของสารเคมีที่บรรจุ



รูปที่ 3.1 แผนที่ในการติดตั้งจมูกอิเล็กทรอนิกส์และโรงงานในบริเวณที่ศึกษ

3.1.2 การรวบรวมข้อมูลสัญญาณของเซนเซอร์และข้อมูลอุตุนิยมวิทยาจากโครงข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์

รวบรวมข้อมูลสัญญาณต่างๆจากเซนเซอร์ที่ติดตั้งในสถานีตรวจจมูกอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งทั้ง 12 สถานีจะมีข้อมูลจากเซนเซอร์ประเภทโลหะออกไซด์จำนวน 7 เซนเซอร์ที่ว่องไวต่อแก๊สต่างๆดังรายละเอียดในตารางที่ 3.1 ส่วนข้อมูลอุตุนิยมวิทยามาจาก 2 สถานีคือ 3 และ 7 ตัวอย่างของข้อมูลของลักษณะจากเซนเซอร์ที่วิเคราะห์และข้อมูลอุตุนิยมวิทยาจากสถานีที่ 3 แสดงดังรูปที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของเซนเซอร์

ชื่อเซนเซอร์	แก๊สที่เซนเซอร์ว่องไวต่อ
S1	VOCs, H_2S, Alcohol
S2	CFC
S3	VOCs, H_2, Ethanol, ISO-butane
S4	VOCs, Toluene, H_2S
S5	Iso-butane, Propane, Methane, H_2
S6	Ammonia, H_2S, Ethanol
S7	CO_2

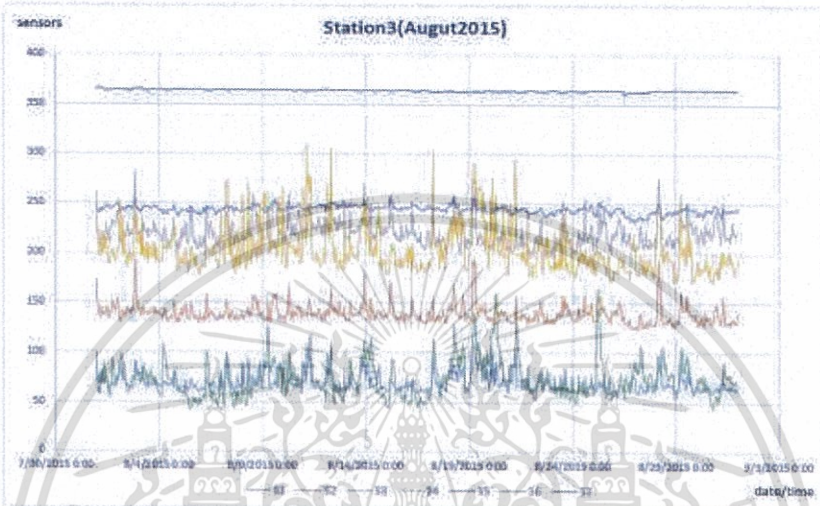
dateTime	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	Temperature	Humidity	pressure	wd	ws
01/08/2015 00:00	75	142	224	211	244	80	365	329	311	327	25	96	101133	180	1
01/08/2015 00:00	75	142	224	211	244	80	365	329	311	327	25	96	101133	180	1
01/08/2015 00:01	76	144	228	214	245	81	365	327	310	326	25	96	101141	270	0
01/08/2015 00:01	76	144	228	214	245	81	365	327	310	326	25	96	101141	270	0
01/08/2015 00:02	78	143	226	221	244	82	365	324	309	325	25	96	101137	270	0
01/08/2015 00:02	78	143	226	221	244	82	365	324	309	325	25	96	101137	270	0
01/08/2015 00:03	78	141	223	216	244	80	365	327	310	326	25	96	101131	225	3
01/08/2015 00:03	78	141	223	216	244	80	365	327	310	326	25	96	101131	225	3
01/08/2015 00:04	76	138	215	211	242	79	365	328	311	327	25	96	101140	225	3
01/08/2015 00:04	76	138	215	211	242	79	365	328	311	327	25	96	101140	225	3
01/08/2015 00:05	76	136	213	211	242	78	365	326	310	325	25	96	101134	180	1
01/08/2015 00:05	76	136	213	211	242	78	365	326	310	325	25	96	101134	180	1
01/08/2015 00:06	97	141	221	261	243	78	365	328	311	326	25	96	101132	180	2
01/08/2015 00:06	97	141	221	261	243	78	365	328	311	326	25	96	101132	180	2
01/08/2015 00:07	108	145	227	279	246	78	364	328	312	327	25	96	101128	180	1
01/08/2015 00:07	108	145	227	279	246	78	364	328	312	327	25	96	101128	180	1
01/08/2015 00:08	124	151	241	309	248	80	365	327	311	326	25	96	101119	180	2
01/08/2015 00:08	124	151	241	309	248	80	365	327	311	326	25	96	101119	180	2
01/08/2015 00:09	95	162	251	231	249	79	365	328	311	326	25	96	101124	180	3
01/08/2015 00:09	95	162	251	231	249	79	365	328	311	326	25	96	101124	180	3
01/08/2015 00:10	81	153	239	213	244	77	366	325	310	325	25	96	101125	180	6
01/08/2015 00:10	81	153	239	213	244	77	366	325	310	325	25	96	101125	180	6
01/08/2015 00:11	78	150	231	213	244	76	365	328	311	326	25	95	101133	180	4
01/08/2015 00:11	78	150	231	213	244	76	365	328	311	326	25	95	101133	180	4
01/08/2015 00:12	71	140	215	199	240	76	365	326	310	324	25	95	101140	180	2
01/08/2015 00:12	71	140	215	199	240	76	365	326	310	324	25	95	101140	180	2
01/08/2015 00:13	68	136	209	190	239	75	366	323	309	324	25	95	101142	180	4
01/08/2015 00:13	68	136	209	190	239	75	366	323	309	324	25	95	101142	180	4
01/08/2015 00:14	64	134	205	183	238	73	365	327	310	326	25	95	101142	180	3

Sheet1 Sheet2 Sheet3 Sheet4

รูปที่ 3.2 ตัวอย่างข้อมูลดิบจากจมูกอิเล็กทรอนิกส์สถานีที่ 3 (1-31 August 2015)

3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลจากแต่ละเซนเซอร์

นำข้อมูลสัญญาณไฟฟ้าที่ติดตั้งบนอุปกรณ์มาสร้างเป็นกราฟแสดงดังรูปที่ 3.3 ซึ่งจะนำไปใช้ในการหารูปแบบและความสัมพันธ์กับข้อมูลอื่นๆเพื่อทำการวิเคราะห์หารูปแบบและความสัมพันธ์เพื่อที่จะหาความสัมพันธ์ที่จะบ่งชี้ถึงแหล่งกำเนิดและลักษณะทางอุตุนิยมวิทยาโดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้



รูปที่ 3.3 กราฟระหว่างสัญญาณไฟฟ้าจากเซนเซอร์ต่างๆของสถานีที่ 3
และเวลาที่ตรวจวัดตั้งแต่ 1-31 สิงหาคม 2558

3.2.1 การวิเคราะห์หารูปแบบของสัญญาณเซนเซอร์ต่างๆจากจมูกอิเล็กทรอนิกส์ (E-Nose)

การวิเคราะห์หารูปแบบของข้อมูลจากจมูกอิเล็กทรอนิกส์เป็นการวิเคราะห์กราฟที่ได้จากการตรวจวัดเพื่อหารูปแบบของข้อมูลว่ามีลักษณะคล้ายคลึงหรือแตกต่างกันอย่างไร โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.เก็บรวบรวมข้อมูลจากจมูกอิเล็กทรอนิกส์ที่แสดงออกมาในลักษณะของกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าการตรวจวัดสารจากเซ็นเซอร์ทั้ง 8 ตัว ในช่วงเวลาต่างๆที่ทำการวิเคราะห์

2.นำข้อมูลกราฟแต่ละช่วงเวลาที่ศึกษามาวิเคราะห์แยกเป็นรายวัน รายเดือด เพื่อมาวิเคราะห์แนวโน้มของกราฟในแต่ละช่วงเวลาว่ามีรูปแบบและลักษณะเหมือนหรือแตกต่างกันเช่นไร

3.2.2 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างผลกระทบจากภาวะผันกลับของอุณหภูมิที่มีต่อความเข้มข้นของมลพิษในพื้นที่อุตสาหกรรมที่ศึกษา

จากที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่2 ว่าภาวะผันกลับของอุณหภูมิมีผลต่อความเข้มข้นของมลพิษเนื่องจากปรากฏการณ์ที่จะเกิดขึ้นเมื่อมีภาวะผันกลับของอุณหภูมิคือมีชั้นหรือโดมมากั้นไม่ให้มลพิษกระจายขึ้นไปในแนวดิ่งได้ ทำให้เกิดการสะสมของมลพิษจึงอาจมีผลให้ปริมาณมลพิษที่วัดได้อาจจะมีค่าสูงขึ้นกว่าปกติ การวิเคราะห์ผลกระทบจากภาวะผันกลับของอุณหภูมิจึงมีความสำคัญต่อปริญญษนิพนธ์นี้

เนื่องจากจะเป็นอีกหนึ่งตัวบ่งชี้ว่าเมื่อความเข้มข้นของสารมลพิษที่ได้จากจมูกอิเล็กทรอนิกส์มีค่าสูงมากกว่ารูปแบบปกติมีสาเหตุมาจากโรงงานมีกิจกรรมที่ปล่อยสารพิษออกมามากขึ้นหรือเกิดภาวะผันกลับของอุณหภูมิในพื้นที่

โดยวิธีการวิเคราะห์สามารถทำได้โดยขั้นตอนต่อไปนี้

1.การรวบรวมข้อมูลจากสถานีตรวจอากาศที่ติดตั้งที่ตำแหน่งเดียวกัน แต่ที่ระดับความสูงต่างกัน คือ 3 และ 30 เมตร เพื่อหารูปแบบของอุณหภูมิที่เป็นภาวะผกผัน

2.นำข้อมูลอุณหภูมิที่ตรวจวัดที่ระดับความสูง 3 และ 30 เมตร มาหาผลต่างของอุณหภูมิด้วยการนำอุณหภูมิด้วยการนำอุณหภูมิอากาศที่ความสูง 3 เมตร ลบกับอุณหภูมิที่ความสูง 30 เมตร ตัวอย่างข้อมูลความแตกต่างของอุณหภูมิแสดงดังรูปที่ 3.4

Station (3 mteters)		Station (30 mteters)		ΔT
01/01/2016 00:00	28	01/01/2016 00:00	29	-1
01/01/2016 02:00	27	01/01/2016 02:00	28	-1
01/01/2016 03:00	26	01/01/2016 03:00	27	-1
01/01/2016 06:00	25	01/01/2016 06:00	26	-1
01/01/2016 20:00	29	01/01/2016 20:00	30	-1
01/01/2016 21:00	29	01/01/2016 21:00	30	-1
01/01/2016 22:00	28	01/01/2016 22:00	29	-1
02/01/2016 00:00	28	02/01/2016 00:00	29	-1
02/01/2016 02:00	26	02/01/2016 02:00	27	-1
02/01/2016 03:00	26	02/01/2016 03:00	27	-1
02/01/2016 04:00	26	02/01/2016 04:00	27	-1
02/01/2016 05:00	25	02/01/2016 05:00	26	-1
02/01/2016 06:00	25	02/01/2016 06:00	26	-1
02/01/2016 21:00	29	02/01/2016 21:00	30	-1
02/01/2016 22:00	29	02/01/2016 22:00	30	-1
03/01/2016 00:00	28	03/01/2016 00:00	29	-1
03/01/2016 02:00	27	03/01/2016 02:00	28	-1
03/01/2016 03:00	27	03/01/2016 03:00	28	-1
03/01/2016 05:00	27	03/01/2016 05:00	28	-1
03/01/2016 06:00	26	03/01/2016 06:00	27	-1
03/01/2016 20:00	29	03/01/2016 20:00	30	-1
03/01/2016 21:00	29	03/01/2016 21:00	30	-1
03/01/2016 22:00	29	03/01/2016 22:00	30	-1
03/01/2016 23:00	28	03/01/2016 23:00	30	-2
04/01/2016 00:00	27	04/01/2016 00:00	29	-2
04/01/2016 01:00	27	04/01/2016 01:00	29	-2
04/01/2016 02:00	26	04/01/2016 02:00	29	-3
04/01/2016 03:00	26	04/01/2016 03:00	28	-2
04/01/2016 04:00	25	04/01/2016 04:00	28	-3

Temp Inversion-12 | Temp Inversion-01 | Temp Inversion-02 | Temp Inversion-03 | Temp I

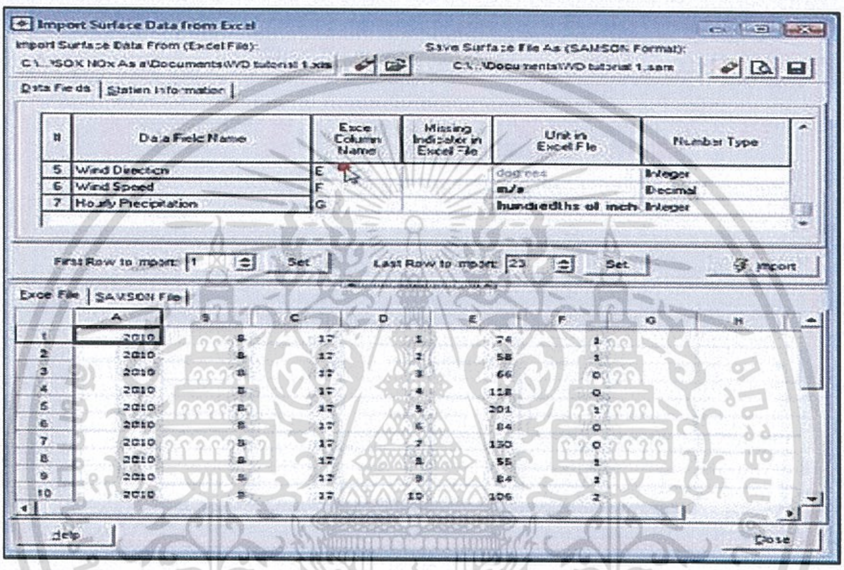
รูปที่ 3.4 ตัวอย่างการหารูปแบบของอุณหภูมิโดยการหาผลต่างของอุณหภูมิ

หากผลต่างของอุณหภูมิเป็นบวกแสดงว่าในช่วงเวลานั้นๆอากาศอยู่ในภาวะปกติ เพราะโดยปกติอุณหภูมิที่ระดับต่ำกว่าจะสูงกว่าอุณหภูมิที่ระดับสูงกว่า แต่ถ้าผลต่างของอุณหภูมิเป็นลบแสดงว่าบ่งชี้ถึงภาวะผันกลับของอุณหภูมิ

3.เมื่อระบุได้ถึงช่วงเวลาที่เกิดภาวะผันกลับของอุณหภูมิแล้ว นำช่วงเวลาดังกล่าวไปตรวจสอบกับข้อมูลของเซนเซอร์จากจมูกอิเล็กทรอนิกส์ที่ติดตั้งบริเวณต่างของพื้นที่ศึกษาเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างเซนเซอร์ที่มีค่าสูงกับช่วงเวลาที่เกิดภาวะผันกลับของอุณหภูมิ

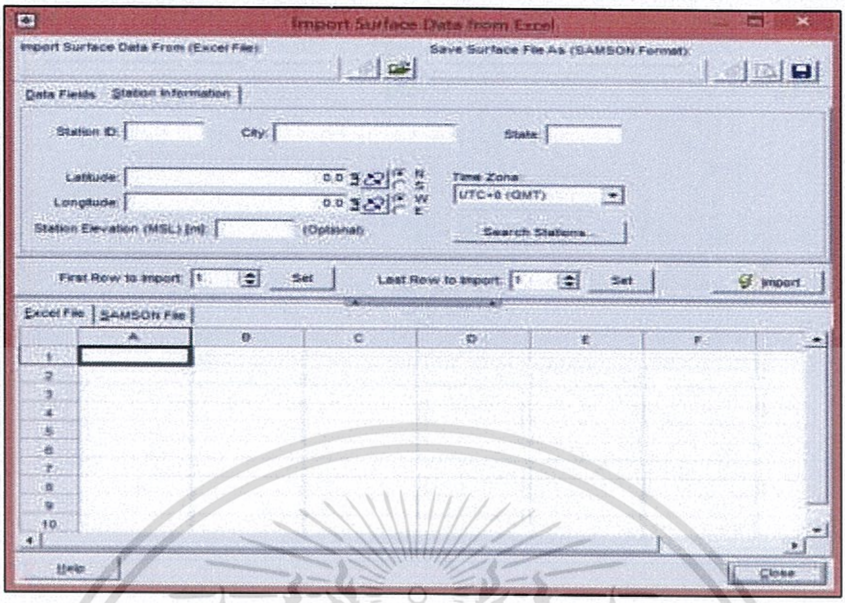
3.2.3 จัดทำแผนภูมิลมในพื้นที่อุตสาหกรรมที่ศึกษา

นำข้อมูลสถานี ความเร็วและทิศทางลมที่ความสูง 3 เมตรจากสถานี 3 และ 7 มาจัดทำแผนภูมิลมหรือ WIND ROSE โดยใช้โปรแกรม WRPLOT View 7.0.0 เพื่อแสดงถึงลักษณะของทิศทางลม ความเร็วลม ในช่วงเวลาต่างๆ ที่อาจส่งผลต่อการแพร่กระจายมลพิษทางอากาศ ซึ่งลักษณะของแผนที่อาจมีความแตกต่างกันเนื่องมาจาก ฤดูกาล ช่วงเวลา เป็นต้น ตัวอย่างสำหรับการป้อนเข้าข้อมูลต่างๆของโปรแกรมแสดงดังรูปที่ 3.5-3.6 การป้อนข้อมูลของ ความเร็วลม ทิศทางลม ในช่วงเวลาต่างๆกันโดยแสดงดังรูปที่ 3.5



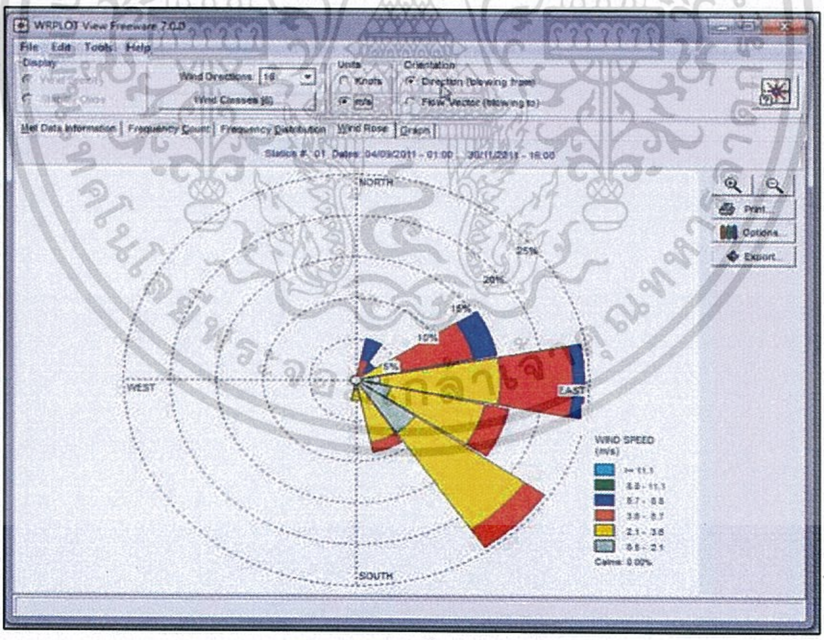
รูปที่ 3.5 การใส่ค่าของข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาที่ได้จาก E-Nose

ส่วนการป้อนข้อมูลของสถานที่ตั้ง เนื่องจากโปรแกรมนี้สร้างขึ้นโดยประเทศสหรัฐอเมริกาและแคนาดา ดังนั้นเมืองและรัฐ จึงมีเฉพาะในประเทศสหรัฐอเมริกาและแคนาดา ในการศึกษานี้จึงต้องเลือกเมืองที่มีลักษณะภูมิอากาศให้ใกล้เคียงกับประเทศไทยมากที่สุด โดยจะใช้เมืองอาร์เธอร์พอร์ต (Port Arthur) รัฐเท็กซัส(Texas) ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 การกำหนดสถานที่ ในโปรแกรม WRPLOT VIEW Version 7.0.0

เมื่อป้อนข้อมูลดังกล่าวครบถ้วนแล้วก็สามารถสร้างแผนภูมิลมขึ้นมาได้ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างของแผนภูมิลมในพื้นที่ศึกษา

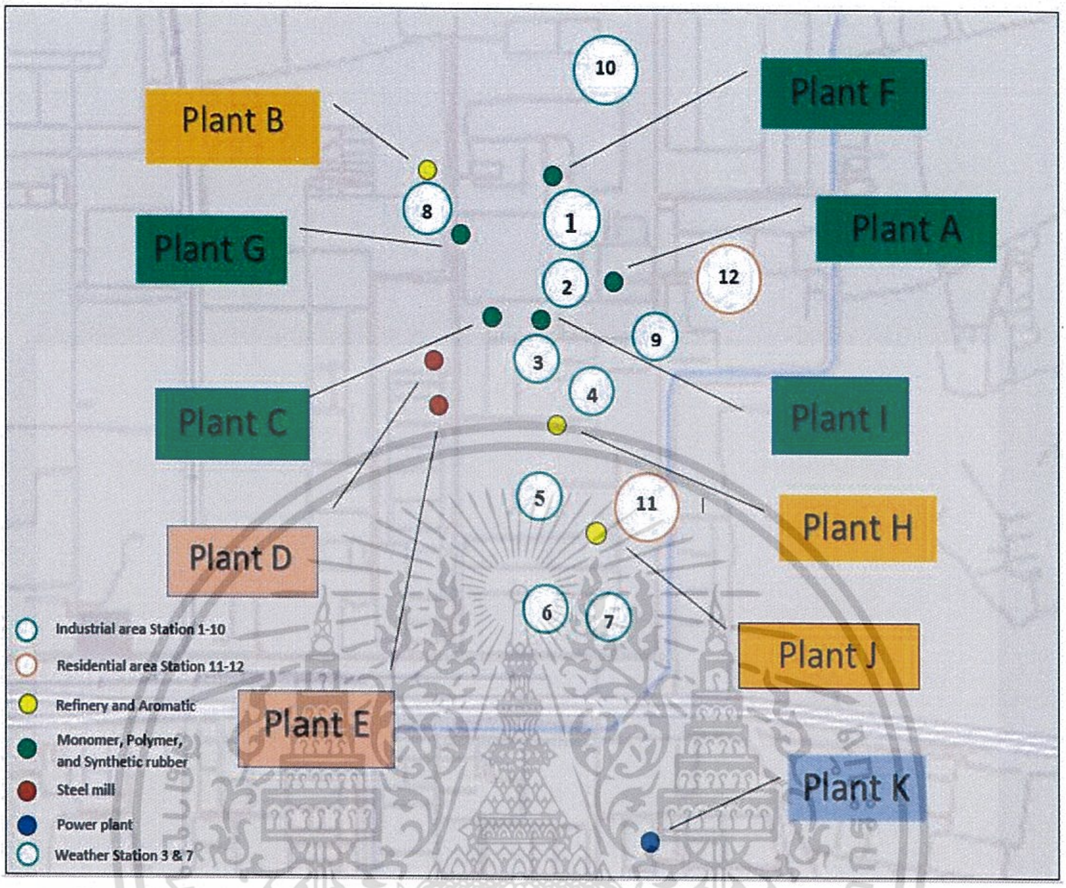
บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

ผลการดำเนินงานแบ่งอภิปรายเป็น 4 ส่วน ในส่วนแรกคือข้อมูลของแหล่งกำเนิด ส่วนที่สองคือข้อมูลของสัญญาณไฟฟ้าจากเซนเซอร์ของเครือข่ายเครือข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนที่สามคือการวิเคราะห์ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาจากเครือข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์ และส่วนสุดท้ายคือกรณีศึกษาของการใช้ผลการตรวจวัดเพื่อระบุที่มาของแหล่งกำเนิด

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลของแหล่งกำเนิดของสารอินทรีย์ระเหย

การวิเคราะห์ข้อมูลของแหล่งกำเนิดทำโดยการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆจากรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม ได้แก่ กระบวนการผลิตของโรงงาน ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น ถังสำรองวัตถุดิบและสารเคมีอื่นๆที่ใช้ในโรงงาน ระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น เพื่อวิเคราะห์หาชนิดและประเภทของสารอินทรีย์ระเหยที่อาจปลดปล่อยจากโรงงานนั้นๆ จากการศึกษาพบว่ามีโรงงานที่ตั้งอยู่ใกล้พื้นที่ศึกษาทั้งหมด 11 โรงงาน ดังแสดงในรูปที่ 4.1 โดยแบ่งออกเป็นโรงงานประเภทโรงกลั่นน้ำมันและอะโรเมติกส์ 3 โรง โรงผลิตโมโนเมอร์ พอลิเมอร์และยางสังเคราะห์ 5 โรง โรงไฟฟ้า 1 โรง และ โรงงานเหล็ก 2 โรง ผลการศึกษามลพิษทางอากาศที่อาจจะปลดปล่อยจากกระบวนการต่างๆของโรงงานแต่ละโรงงานแสดงดังตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แผนที่แสดงที่ตั้งของโรงงานและสถานีจมูกอิเล็กทรอนิกส์ (หมายเลข 1-10 คือสถานีของจมูกอิเล็กทรอนิกส์ที่ตั้งอยู่บริเวณอุตสาหกรรม หมายเลข 11 และ12 คือสถานีของจมูกอิเล็กทรอนิกส์ที่ตั้งอยู่ในชุมชน

ตารางที่ 4.1 ประเภทการประกอบก่อการและมลพิษทางอากาศที่อาจจะปลดปล่อยจากโรงงาน 11 โรงงาน

โรงงาน	ประเภทการประกอบกิจการ	สารมลพิษทางอากาศที่อาจจะปลดปล่อย
A	โรงผลิตโมโนเมอร์ พอลิเมอร์และยางสังเคราะห์	บิวทาไดอีน (Butadiene) สารอินทรีย์ระเหย (VOCs)
B	โรงกลั่นและโรงอะโรเมติกส์	สารอินทรีย์ระเหย(VOCs)
C	โรงผลิตโมโนเมอร์ พอลิเมอร์และยางสังเคราะห์	บิวทาไดอีน
D	โรงงานเหล็ก	สารประกอบซัลเฟอร์ออกไซด์ (SOx) สารประกอบไนโตรเจนออกไซด์ (NOx) ฝุ่นละอองขนาดใหญ่ (Suspended Particulate Matter:SPM)
E	โรงงานเหล็ก	สารประกอบซัลเฟอร์ออกไซด์ (SOx) สารประกอบไนโตรเจนออกไซด์ (NOx) ฝุ่นละอองขนาดใหญ่ (Suspended Particulate Matter:SPM)
F	โรงผลิตโมโนเมอร์ พอลิเมอร์และยางสังเคราะห์	ไตรเอทิลฟอสเฟต (Triethyl phosphate) อะซีทัลดีไฮด์ (Acetaldehyde)
G	โรงผลิตโมโนเมอร์ พอลิเมอร์และยางสังเคราะห์	เอทิล อะซิเตต (Ethyl acetate) พาราไซลีน (Paraxylene)
H	โรงกลั่นและโรงอะโรเมติกส์	ไฮโดรเจนซัลไฟล์ (H_2S) สารประกอบซัลเฟอร์ออกไซด์ (SOx) สารประกอบไนโตรเจนออกไซด์ (NOx) สารอินทรีย์ระเหย (VOCs)
I	โรงผลิตโมโนเมอร์ พอลิเมอร์และยางสังเคราะห์	บิวทาไดอีน
J	โรงกลั่นและโรงอะโรเมติกส์	สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) 1-บิวทีน (1-Butene) สารอินทรีย์ระเหย (VOCs)
K	โรงไฟฟ้า	สารประกอบซัลเฟอร์ออกไซด์ (SOx) สารประกอบไนโตรเจนออกไซด์ (NOx) สารอินทรีย์ระเหย (VOCs)

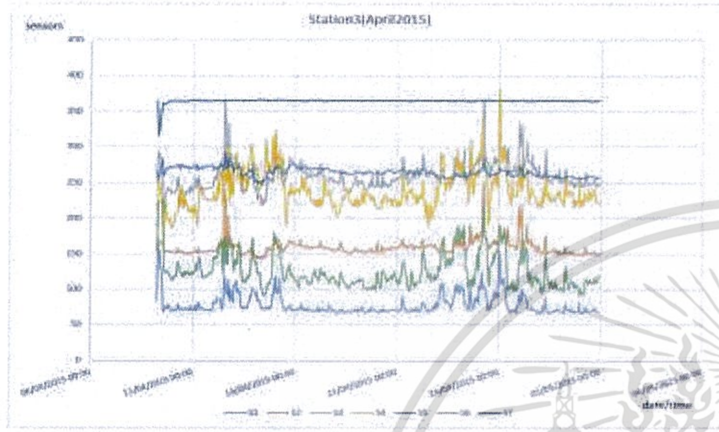
4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลการตรวจวัดสารอินทรีย์ระเหยจากจมูกอิเล็กทรอนิกส์

4.2.1 ข้อมูลสัญญาณไฟฟ้าจากเซนเซอร์ต่างๆจากสถานีที่ติดตั้งใกล้แหล่งกำเนิด

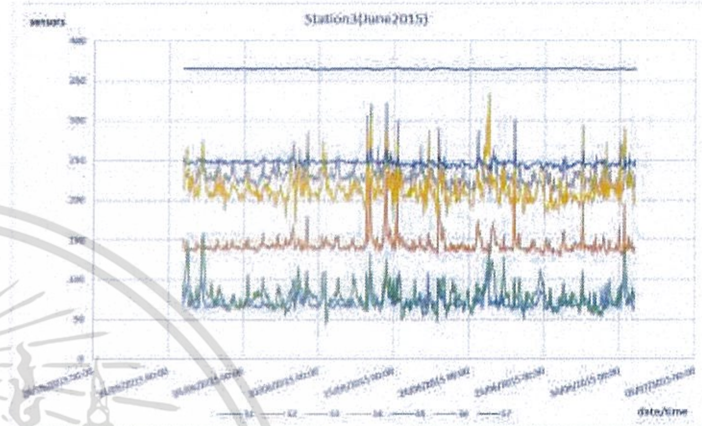
การวิเคราะห์ข้อมูลทำโดยการนำค่าของสัญญาณไฟฟ้าของสัญญาณเซนเซอร์ทั้งหมด 7 ตัวมาสร้างกราฟเทียบกับเวลาที่ตรวจวัด เพื่อวิเคราะห์หารูปแบบของสัญญาณ ตัวอย่างของสัญญาณของเซนเซอร์ของสถานีที่ 3 และสถานีที่ 8 แสดงดังรูปที่ 4.2 และ 4.3 ว่าสัญญาณมีลักษณะแบบ oscillation คือมีพีคขึ้นซ้ำๆตลอดเวลาซึ่งบ่งชี้ว่าแหล่งกำเนิดของสัญญาณมาจากบริเวณใกล้ๆไม่ได้มาจากบริเวณอื่นๆ การขึ้นพีคของสัญญาณของแต่ละเซนเซอร์ในแต่ละสถานีจะมีความแตกต่างกันซึ่งจะเห็นได้ว่าจะมีพีคเฉพาะของเซนเซอร์ S4 ที่ขึ้นในสถานีที่ 3 ในขณะที่มีพีคเฉพาะของ S1 ที่ขึ้นในสถานีที่ 8 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์จมูกอิเล็กทรอนิกส์สามารถใช้ระบุความแตกต่างของชนิดและความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศในแต่ละสถานีได้ แต่เนื่องจากยังไม่สามารถนำตัวอย่างของสารเคมีที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในบริเวณนั้นๆ ไปทดสอบกับอุปกรณ์ได้ ทำให้ไม่สามารถระบุได้ชัดเจนว่าเป็นกลิ่นใด นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเปรียบเทียบลักษณะของสัญญาณในแต่ละเดือนของแต่ละสถานีพบว่าจะมีความแตกต่างทั้งขนาดและชนิดของเซนเซอร์ที่ขึ้นพีค แสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบและชนิดของมลพิษทางอากาศในบริเวณใกล้โรงงานไม่ได้คงที่ แต่มีความผันแปรตลอดเวลาซึ่งอาจจะเกิดจากแหล่งกำเนิดที่แตกต่างกัน และ/หรือ จากกิจกรรมที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา จึงจำเป็นต้องตรวจวัดมลพิษทางอากาศตลอดเวลาเพื่อที่จะได้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลง

4.2.2 ข้อมูลจากสถานีที่ติดตั้งใกล้ชุมชน

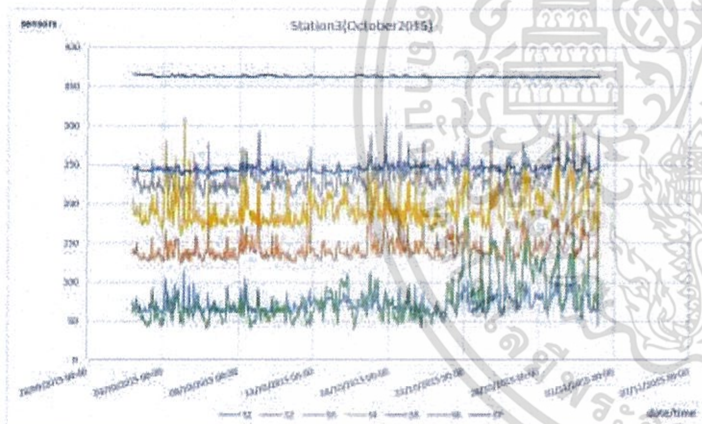
ลักษณะสัญญาณของเซนเซอร์จากจมูกอิเล็กทรอนิกส์ที่ติดตั้งในบริเวณชุมชนจะแตกต่างจากสถานีที่ติดตั้งบริเวณใกล้แหล่งกำเนิดดังแสดงดังรูปที่ 4.4 โดยสัญญาณจะค่อนข้างราบเรียบ จะมีพีคสูงในบางช่วงเวลาขึ้นอยู่กับมวลอากาศที่พัดพาสารสารอินทรีย์ระเหยมาในบริเวณมาในบริเวณชุมชนและก็จะหายไป ซึ่งมีลักษณะเหมือนพีคที่เกิดจากการแพร่กระจายและบ่งชี้ว่าช่วงเวลาที่เกิดพีคเกิดจากมลพิษที่มาจากบริเวณอื่น



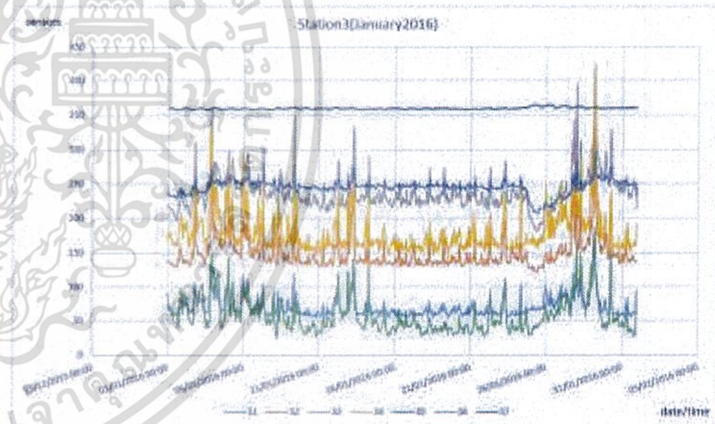
(a)



(b)

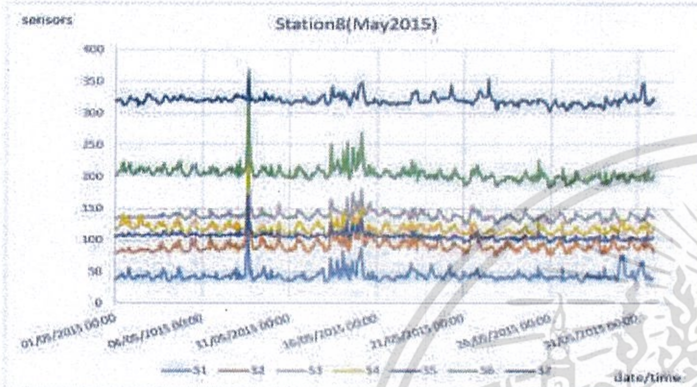


(c)

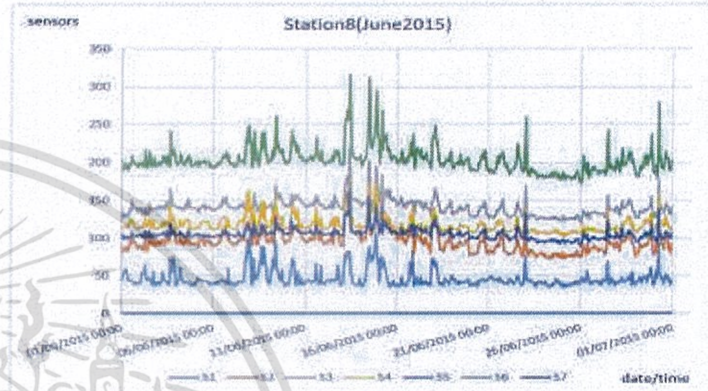


(d)

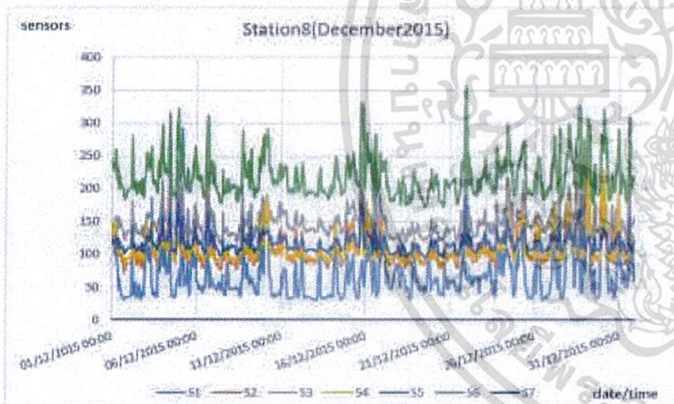
รูปที่ 4.2 สัญญาณจากเซนเซอร์ต่างๆเทียบกับเวลาของสถานีที่ 3 ในเดือนเมษายน พ.ศ.2558 (a) มิถุนายน พ.ศ. 2558 (b) ตุลาคม พ.ศ. 2558 (c) มกราคม พ.ศ. 2559 (d)



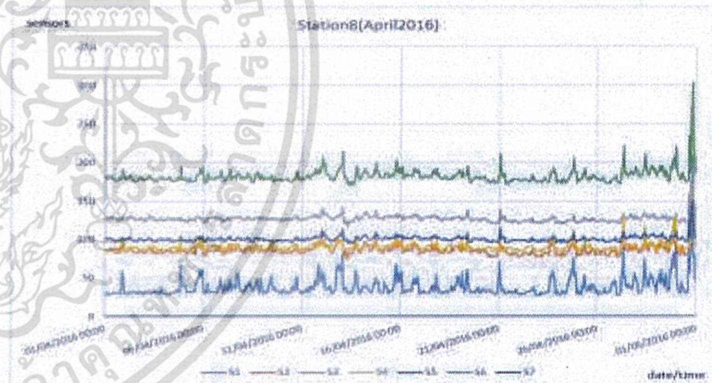
(a)



(b)

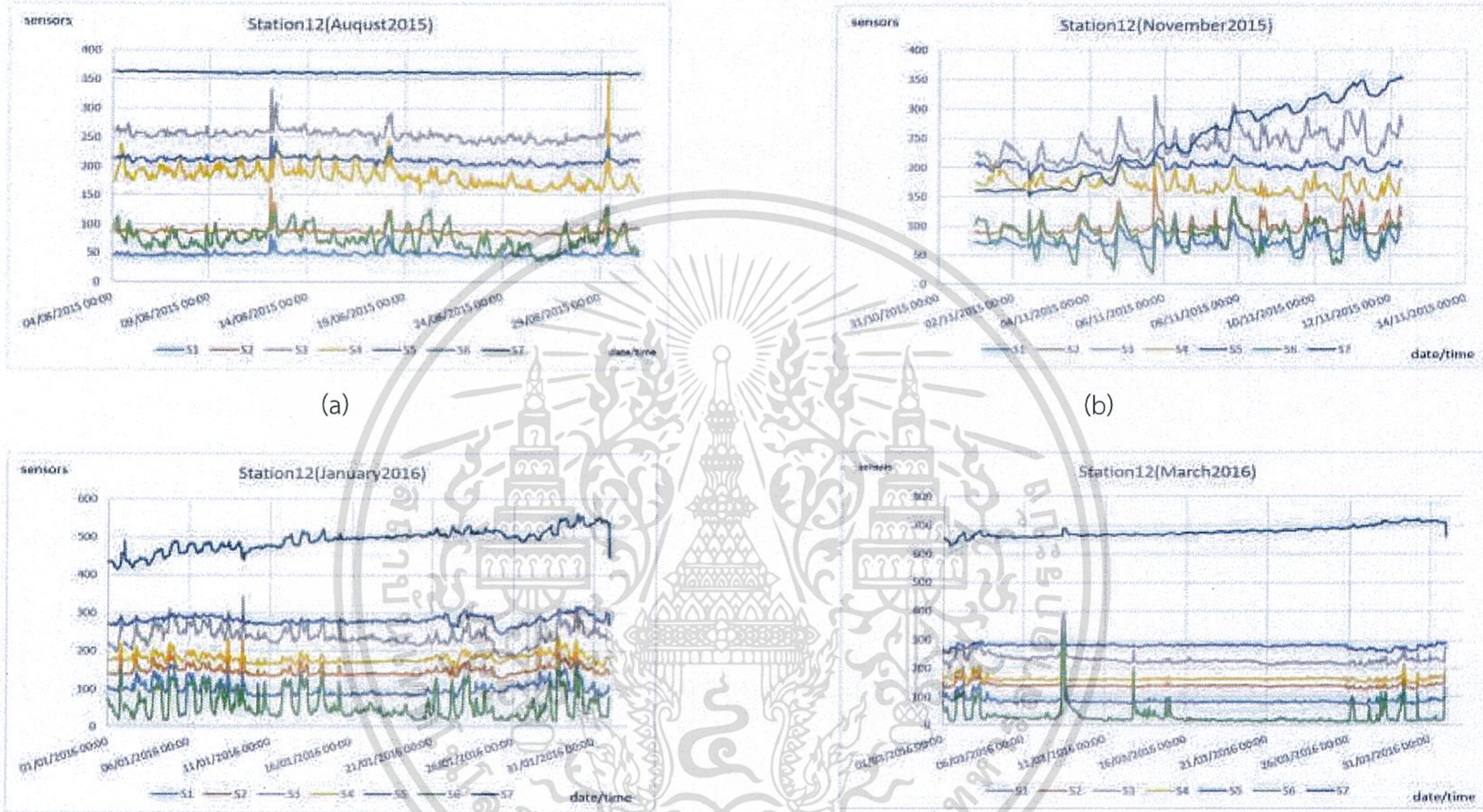


(c)



(d)

รูปที่ 4.3 สัญญาณจากเซนเซอร์ต่างๆเทียบกับเวลาของสถานีที่ 8 เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2558 (a) มิถุนายน พ.ศ. 2558 (b) ธันวาคม พ.ศ. 2558 (c) เมษายน พ.ศ. 2559 (d)



(a) (b)

(c) (d)

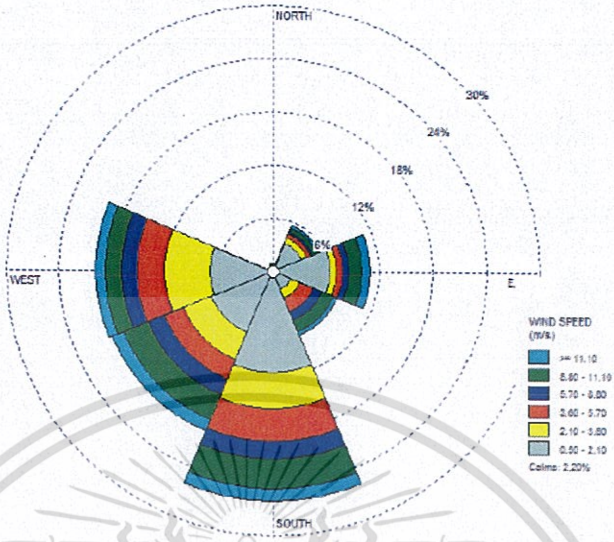
รูปที่ 4.4 สัญญาณจากเซนเซอร์ต่างๆเทียบกับเวลาของสถานีที่ 12 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2558 (a) พฤศจิกายน พ.ศ. 2558 (b) มกราคม พ.ศ. 2559 (c) มีนาคม พ.ศ.2559 (d)

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่ได้จากการตรวจวัดโดยเครือข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์

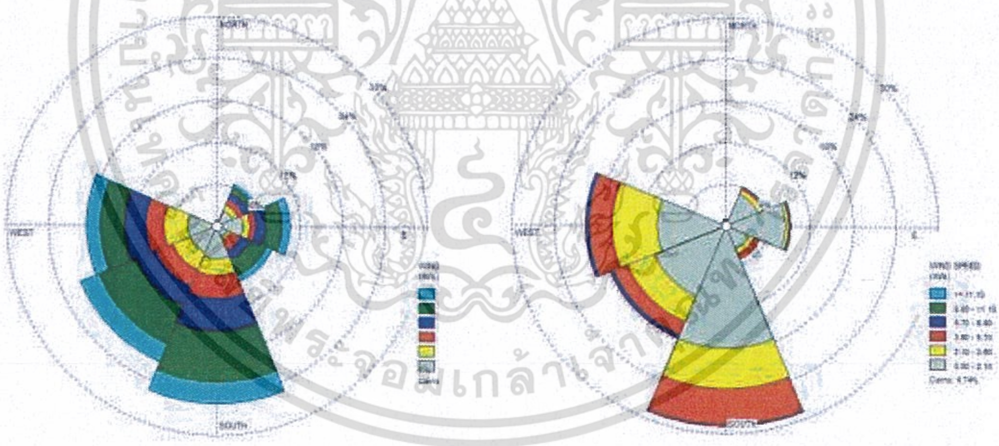
ข้อมูลจากการติดตั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อวัดข้อมูลอุตุนิยมวิทยาแก่ อุณหภูมิ ความดัน ทิศทางลม ความเร็วลม และ ปริมาณน้ำฝน ที่ติดตั้งที่สถานี 3 และ 7 และจากสถานีที่ระยะ 3 เมตร และ 30 เมตร มีลักษณะดังนี้

4.3.1 ความเร็วลมและทิศทางลมในพื้นที่ศึกษา

ข้อมูลแผนภูมิลม (Wind Rose) ของสถานี 7 ที่ตั้งอยู่ตอนล่างของบริเวณที่ศึกษาแสดงดังรูปที่ 4.1 มีลักษณะคือ พบว่าลมส่วนใหญ่มาจากทางทิศตะวันตก ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศใต้ ชุมชนที่อยู่ทางทิศตะวันตกออกและทิศเหนือของบริเวณพื้นที่ของกลุ่มโรงงานจะมีโอกาสได้รับผลกระทบจากสารอินทรีย์ที่ปลดปล่อยออกมาจากโรงงาน นอกจากนี้เมื่อพิจารณาแผนภูมิลมในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน ดังแสดงในรูปที่ 4.6 พบว่าทิศทางเดียวกัน แต่ความเร็วลมในช่วงเวลากลางวันจะแรงกว่าในตอนกลางคืนเนื่องจากสถานีที่ 7 ติดตั้งอยู่บริเวณที่ยื่นไปในทะเลทำให้อิทธิพลของลมทะเลจึงมากกว่าลมชนิดอื่นๆ ในส่วนของสถิติของความแรงลมซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.7พบว่าลมส่วนใหญ่มีความเร็วเฉลี่ยในช่วง 0.5 – 2.10 m/s ซึ่งตามมาตรโบฟอร์ด (Beaufort scale) จัดว่าเป็นลมสงบถึงลมอ่อน มีเพียง 11.6 เปอร์เซ็นต์ที่เป็นลมกระโชก และ 5.6 เปอร์เซ็นต์ที่เป็นลมแรง และแผนภูมิลมจากสถานีที่ 3 ซึ่งเป็นอีกสถานีที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดข้อมูลอุตุนิยมวิทยาแสดงดังรูปที่ 4.8 ลักษณะของลมที่ตรวจวัดได้พบว่าส่วนใหญ่ลมพัดมาจากทางทิศใต้ และความเร็วลมที่ตรวจวัดได้มากที่สุดคือ 5.7 – 8.8 m/s ตามมาตรโบฟอร์ดลมชนิดนี้เป็นลมปานกลาง รองลงมาคือ 3.6 – 5.7 m/s เช่นเดียวกับที่สถานีที่ 7 เมื่อพิจารณาแผนภูมิลมในช่วงเวลากลางวันและกลางคืนพบว่าทั้งสองช่วงมีทิศทางคล้ายคลึงกันแต่ความเร็วลมในช่วงเวลากลางวันจะเร็วกว่าในเวลากลางคืน แผนภูมิลมเฉพาะช่วงเวลาของสถานที่ 3 แสดงดังรูปที่ 4.9 และสถิติของความแรงของลมของสถานีที่ 3 แสดงดังรูปที่ 4.10 จากข้อมูลของแผนภูมิลมของทั้งสองสถานีทำให้สรุปได้ว่าลมที่มีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายของมลพิษมากที่สุดคือลมทะเล

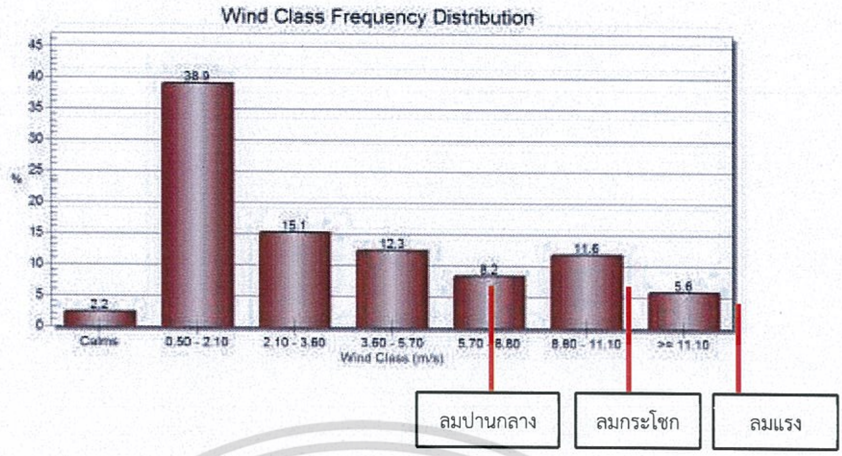


รูปที่ 4.5 แผนภูมิลมช่วงเดือนเมษายน 2558 ถึงเดือนเมษายน 2559 ของสถานีที่ 7

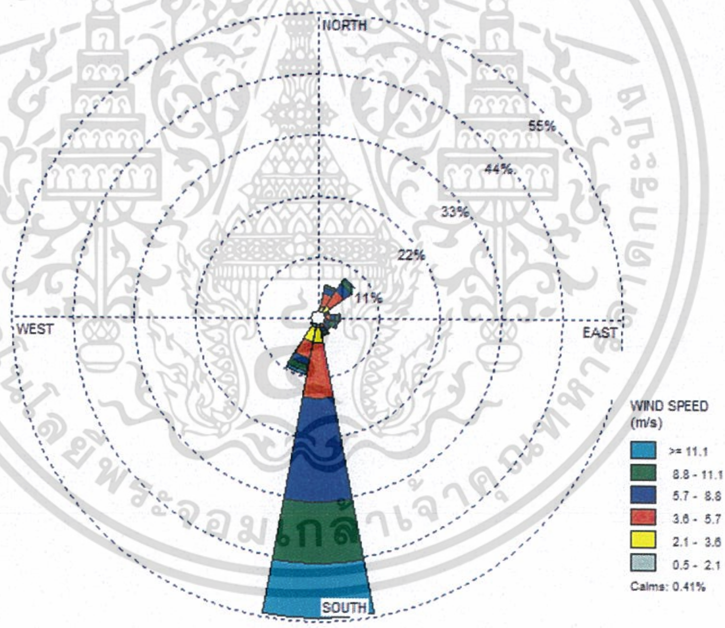


(a) (b)

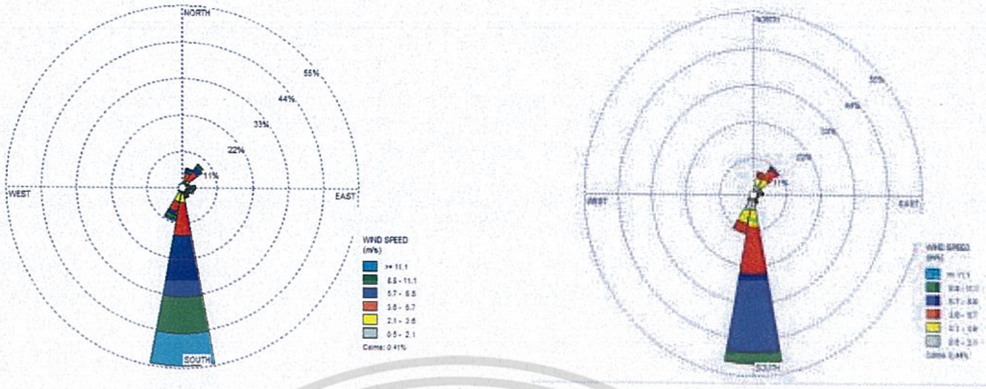
รูปที่ 4.6 แผนภูมิลมเฉพาะช่วงเวลาของสถานีที่ 7 (a) กลางวัน (b) กลางคืน



รูปที่ 4.7 ความถี่ของการเกิดลมแต่ละประเภท (Class) ตามความเร็วลมและตามมาตรโบฟอร์ด ของสถานีที่ 7

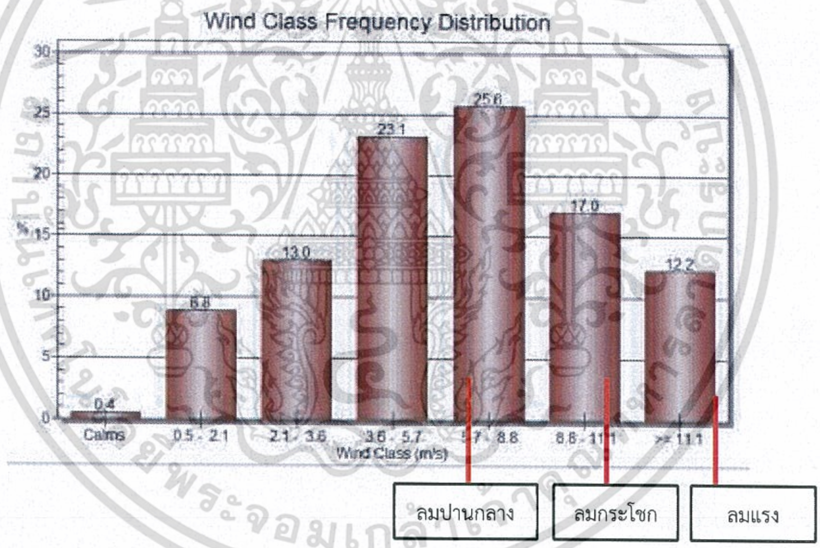


รูปที่ 4.8 แผนภูมิลมของสถานีที่ 3 ช่วงเดือนเมษายน 2558 ถึงเดือนเมษายน 2559



(a) (b)

รูปที่ 4.9 แผนภูมิลมเฉพาะช่วงเวลาของสถานีที่ 3 (a) กลางวัน (b) กลางคืน



รูปที่ 4.10 ความถี่ของการเกิดลมแต่ละประเภท (Class) ตามความเร็วลมและตามมาตรโบฟอร์ด

ของสถานีที่ 3

4.3.2 ภาวะผันกลับของอุณหภูมิ

ภาวะผันกลับของอุณหภูมิหาได้จากความแตกต่างของอุณหภูมิที่ติดตั้งที่อุปกรณ์ที่ความสูง 3 เมตรและ 30 เมตร ซึ่งหากเกิดภาวะผันกลับของอุณหภูมิที่ตรวจวัดได้จากที่ความสูง 30 เมตรจะสูงกว่าที่ 3 เมตร ซึ่งจะส่งผลทำให้มลพิษทางอากาศไม่สามารถแพร่กระจายตัวในแนวระดับได้มากเท่าภาวะปกติทำให้ความเข้มข้นของมลพิษจะสูงกว่าในภาวะปกติซึ่งผลจากการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดตั้งแต่เดือนกันยายน พ.ศ. 2558 ถึง เมษายน พ.ศ. 2559 พบว่าจำนวนวันในแต่ละเดือนที่ตรวจพบภาวะผันกลับ แสดงดังตาราง 4.2 จากตารางจะเห็นว่าภาวะผันกลับของอุณหภูมิจะเกิดในช่วงฤดูหนาว (พฤศจิกายน – มกราคม) มากที่สุดโดยเดือนที่มีจำนวนการเกิดภาวะผันกลับของอุณหภูมิมากที่สุดคือเดือนธันวาคมและมกราคม รองลงมาคือเดือนพฤศจิกายน เดือนที่มีจำนวนการเกิดภาวะผันกลับของอุณหภูมิน้อยที่สุดคือเดือนเมษายน เมื่อนำช่วงเวลาที่เกิดภาวะผันกลับของอุณหภูมิไปตรวจสอบจำนวนครั้งของพีคของสัญญาณที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเดียวกัน พบว่าจำนวนครั้งที่เกิดพีคน้อยกว่าจำนวนครั้งที่เกิดภาวะผันกลับของอุณหภูมิมาก แสดงว่าภาวะดังกล่าวอาจจะไม่ส่งผลต่อการแพร่กระจายของมลพิษ

ตารางที่ 4.2 จำนวนครั้งที่เกิดภาวะผันกลับของอุณหภูมิในแต่ละเดือนในพื้นที่ศึกษาและจำนวนครั้งของพีคของสัญญาณที่พบตรงกับช่วงเวลาเดียวกัน

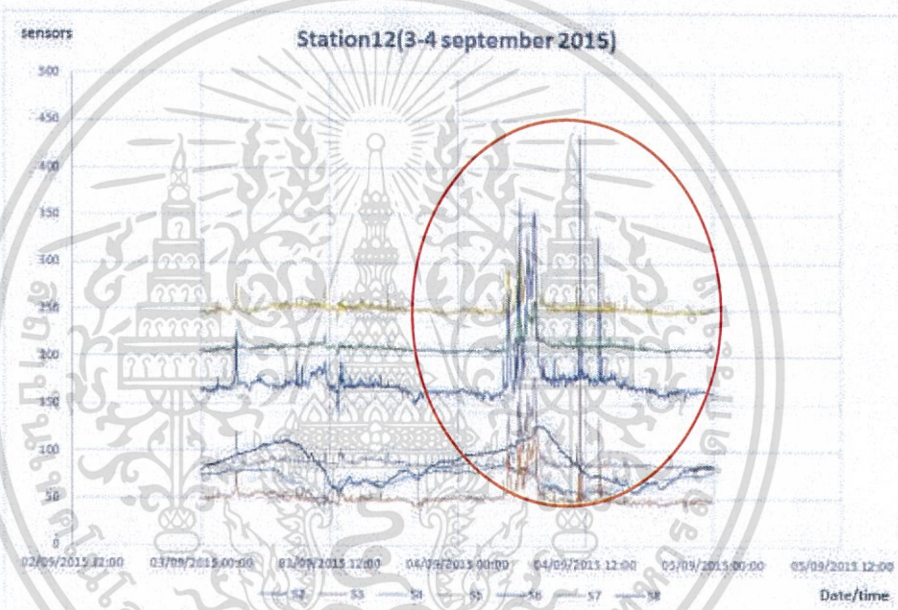
เดือน-ปี	จำนวนครั้งที่เกิดภาวะผันกลับของอุณหภูมิ	จำนวนครั้งของพีคของค่าของสัญญาณที่พบตรงกับภาวะผันกลับของอุณหภูมิ					
		สถานีที่ 1	สถานีที่ 2	สถานีที่ 3	สถานีที่ 4	สถานีที่ 5	สถานีที่ 6
กันยายน-58	8	3	1	5	1	5	1
ตุลาคม-58	15	4	ไม่มีข้อมูล	7	7	8	ไม่มีข้อมูล
พฤศจิกายน-58	19	7	ไม่มีข้อมูล	4	8	7	ไม่มีข้อมูล
ธันวาคม-58	25	5	6	6	10	7	7
มกราคม-59	25	5	7	4	8	5	5
กุมภาพันธ์-59	13	4	3	3	6	5	4
มีนาคม-59	10	2	1	2	4	3	3
เมษายน-59	3	1	0	1	2	1	0

เดือน-ปี	จำนวนครั้งที่เกิดภาวะผันกลับของอุณหภูมิ	จำนวนครั้งของพีคของค่าของสัญญาณที่พบตรงกับภาวะผันกลับของอุณหภูมิ					
		สถานีที่ 7	สถานีที่ 8	สถานีที่ 9	สถานีที่ 10	สถานีที่ 11	สถานีที่ 12
กันยายน-58	8	2	3	2	3	1	1
ตุลาคม-58	15	4	ไม่มีข้อมูล	5	7	6	ไม่มีข้อมูล
พฤศจิกายน-58	19	4	ไม่มีข้อมูล	5	7	6	ไม่มีข้อมูล
ธันวาคม-58	25	4	8	5	5	3	1
มกราคม-59	25	7	7	6	6	3	1
กุมภาพันธ์-49	13	4	6	5	4	2	2
มีนาคม-59	10	4	5	4	5	0	1
เมษายน-59	3	0	1	0	1	0	0

4.4 กรณีศึกษาของการใช้ข้อมูลจากเครือข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์เพื่อใช้ในการระบุแหล่งกำเนิดของสารอินทรีย์ระเหย

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วน 4.2 พบว่ารูปแบบของสัญญาณจากเซนเซอร์ที่บริเวณชุมชนจะมีความแตกต่างจากบริเวณใกล้แหล่งกำเนิดโดยพีคที่ขึ้นสูงในบางช่วงเวลาเกิดจากลมพัด พามวลอากาศจากบริเวณแหล่งกำเนิด จึงได้นำข้อมูลที่เกิดพีคในเขตชุมชนไปตรวจสอบย้อนกลับเพื่อหาที่มาแหล่งกำเนิดโดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

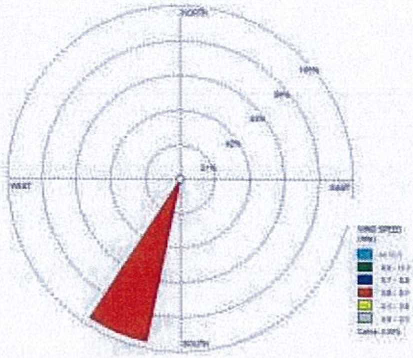
1. นำข้อมูลสัญญาณที่สถานีที่ 12 ในช่วงระหว่างวันที่ 3-4 กันยายน 2558 ไปตรวจสอบเวลาที่เกิดพีคซึ่งพบว่าเกิดพีคสูงในช่วงเวลา 6:00 น. ดังแสดงในรูปที่ 4.11



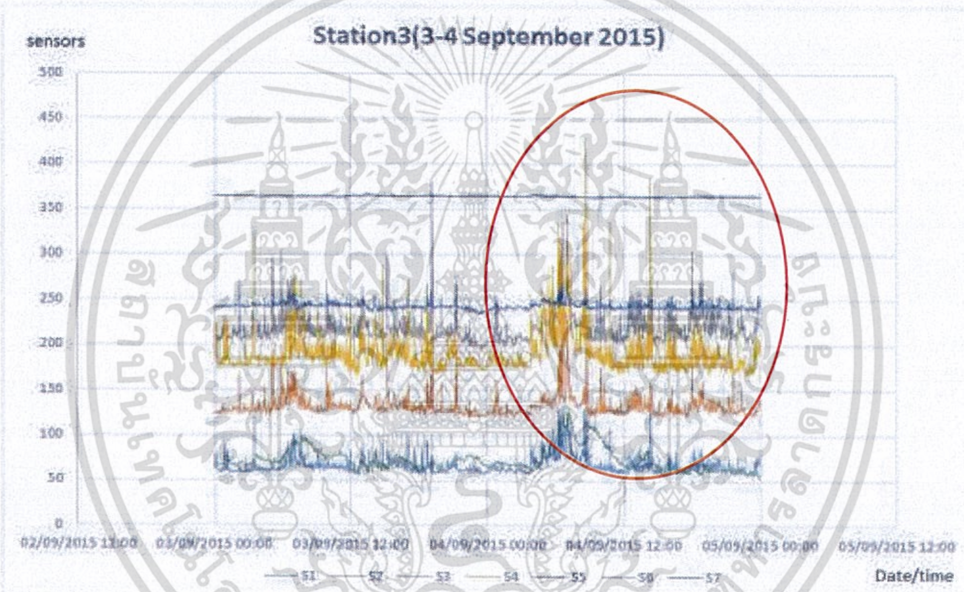
รูปที่ 4.11 สัญญาณจากเซนเซอร์ต่างๆจากสถานีที่ 12ในช่วงเวลาวันที่ 3-4 กันยายน พ.ศ. 2558

2. นำช่วงเวลาดังกล่าวไปตรวจสอบข้อมูลทิศทางและความเร็วลม ซึ่งจากข้อมูลพบว่าลมในช่วงเวลาดังกล่าวมีที่มาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้เป็นหลัก และขนาดเท่ากับ 4 เมตรต่อวินาที แผนภูมิลมของสถานีที่ 12 ยังแสดงให้เห็นว่าลมในช่วงเวลาดังกล่าวมาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้เป็นหลัก ดังแสดงในรูป 4.9 แสดงว่าแหล่งกำเนิดของสารอินทรีย์ระเหยน่าจะมาจากโรงงานที่ตั้งอยู่ในทิศดังกล่าว

3. ตรวจสอบข้อมูลสัญญาณเซนเซอร์ของสถานีต่างๆ ในช่วงเวลาเดียวกับที่กล่าวไว้ข้างต้น ซึ่งพบว่าข้อมูลที่สถานีที่3พบว่ามีการขึ้นพีคของเซนเซอร์ S1, S2, และ S4 ตรงกับข้อมูลที่สถานี 12 ในขณะที่ข้อมูลที่สถานีอื่นๆ ไม่มีพีคตรงกับสถานีที่ 3 ดังแสดงในรูปที่ 4.12

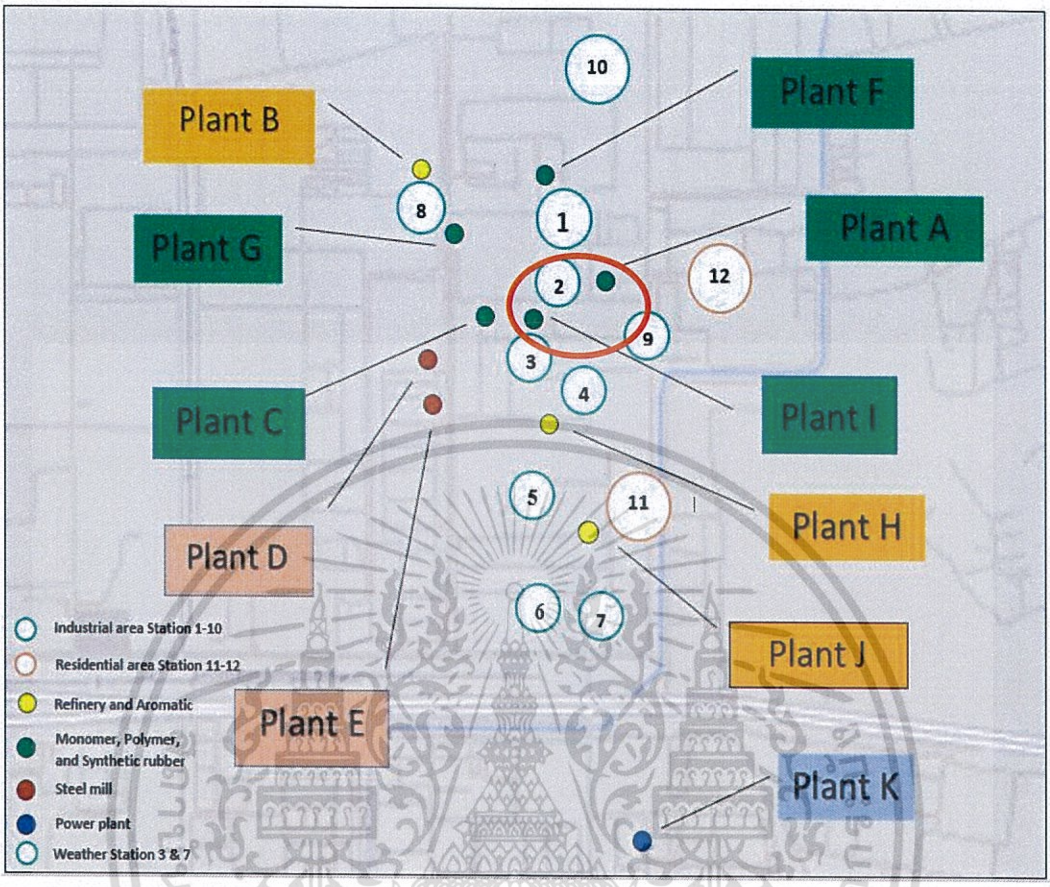


รูปที่ 4.12 แผนภูมิของลมในช่วงวันที่ 3-4กันยายน พ.ศ. 2558 ของสถานีที่ 12



รูปที่ 4.13 ค่าของเซนเซอร์ที่พล๊อตกับวันที่และเวลาของสถานีที่ 3ในช่วงวันที่ 3-4 กันยายน พ.ศ. 2558

4. ตรวจสอบโรงงานที่อยู่ใกล้ๆสถานี 3 ซึ่งจากแผนที่การติดตั้งเครือข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์และโรงงานรอบๆ พบว่าบริเวณนั้นมีโรงงาน I และ A ซึ่งน่าจะเป็นแหล่งกำเนิด ดังแสดงในรูป 4.14



รูปที่ 4.14 แผนที่แสดงบริเวณที่อาจเป็นแหล่งกำเนิดที่ปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหย

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลการตรวจวัดจากจมูกอิเล็กทรอนิคส์เพื่อหาความสัมพันธ์ของแหล่งกำเนิดและลักษณะอากาศที่มีผลต่อบริเวณชุมชนบริเวณโดยรอบพื้นที่อุตสาหกรรม ซึ่งใช้ข้อมูลการตรวจวัดสารอินทีย์ระเหยและข้อมูลอุตุนิยมวิทยาจากทั้งหมด 12 สถานี สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลจากโรงงานโดยศึกษาจากรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA) เพื่อหาแนวโน้มการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากโรงงานทั้งหมด 11 โรงงานพบว่า สามารถระบุประเภทแล้วชนิดของมลพิษทางอากาศและสารอินทรีย์ระเหยของโรงงานได้

2. การวิเคราะห์ลักษณะของสัญญาณจากเซนเซอร์ตรวจวัดสารอินทรีย์ระเหยที่ได้จากทั้ง 12 สถานี ผลการวิเคราะห์พบว่าในบริเวณโรงงานสัญญาณมีลักษณะแบบ Oscillation คือมีพีคขึ้นซ้ำๆ ตลอดเวลา ซึ่งบ่งชี้ว่าแหล่งกำเนิดของสัญญาณมาจากบริเวณใกล้ๆ ไม่ได้มาจากบริเวณอื่นๆ ส่วนในบริเวณชุมชนโดยรอบพื้นที่อุตสาหกรรมลักษณะของสัญญาณ จะมีลักษณะราบเรียบ แต่จะมีพีคในบางช่วงเวลา ซึ่งขึ้นกับมวลอากาศที่ถูกลมพัดพามาในบริเวณชุมชน การขึ้นพีคของสัญญาณของแต่ละเซนเซอร์ในแต่ละสถานีที่มีความแตกต่างกันแสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์จมูกอิเล็กทรอนิกส์สามารถระบุถึงความแตกต่างของชนิดและความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศในแต่ละสถานีได้ ความแตกต่างของพีคของสัญญาณแต่ละสถานีในช่วงแต่ละเดือนแสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบและชนิดของมลพิษทางอากาศรอบๆ สถานีไม่ได้คงที่แต่มีความผันแปรตลอดเวลา จึงจำเป็นที่ต้องตรวจวัดตลอดเวลาเพื่อที่จะได้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลง

3.จากการเก็บข้อมูลสภาพอากาศ ได้แก่ ความเร็วลม ทิศทางลม ในบริเวณพื้นที่อุตสาหกรรมที่ศึกษา ในช่วงเวลาตั้งแต่เดือนเมษายน พ.ศ. 2558 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ.2559 พบว่าลักษณะลมในบริเวณพื้นที่ดังกล่าว จะพัดมาจากทิศใต้ ทิศตะวันตกและทิศตะวันตกเฉียงใต้เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งลมที่เกิดขึ้นนี้มีอิทธิต่อการแพร่กระจายความเข้มข้นของสารอินทีย์ระเหยมากกว่าลมประจำถิ่น อาทิ ลมบก ลมทะเล โดยลมส่วนใหญ่มีความเร็วเฉลี่ยในช่วง 0.5-2.10 m/s ซึ่งตามมาตรโบฟอร์ดจัดว่าเป็นลมสงบถึงลมอ่อนมีเพียง 11.6% ที่เป็นลมกระโชกและ 5.6% ที่เป็นลมแรง

4.การวิเคราะห์ภาวะผันกลับของอุณหภูมิพบว่าในเดือนที่เกิดภาวะผันกลับของอุณหภูมิมากที่สุดคือเดือน ธันวาคม พ.ศ.2558 และเดือนมกราคม พ.ศ. 2559 รองลงมาคือเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2558 แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับลมที่เกิดขึ้น พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจายของสารอินทรีย์ระเหยมากกว่าคือลมโดยมีความเร็วเฉลี่ยในช่วง 0.5-2.10 m/s มีทิศทางส่วนใหญ่มาจากทิศใต้และทิศตะวันตกเฉียงใต้

5.การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสัญญาณของจมูกอิเล็กทรอนิกส์บริเวณใกล้แหล่งกำเนิดและชุมชนร่วมกับทิศทางลมสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการหาแหล่งที่มาของการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยได้ดีกว่าวิธีที่นำเครื่องมือแบบพกพาลงไปในพื้นที่เมื่อมีปัญหาการร้องเรียน เนื่องจากเป็นวิธีเก็บข้อมูลอยู่ตลอดเวลาสามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ได้ตลอดเวลา

5.2 ข้อเสนอแนะ

1.การดำเนินงานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ถ้าได้ข้อมูลที่เป็นเชิงปริมาณเช่นความเข้มข้นของอินทรีย์ระเหยที่ตรวจวัดได้ จะสามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแหล่งกำเนิดและลักษณะอากาศได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น ซึ่งในข้อจำกัดนี้ทำให้ไม่มีข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้เพียงพอ อาทิ ไม่สมารถระบุถึงแหล่งกำเนิดสารอินทรีย์ระเหยว่ามาจากโรงงานใด เป็นต้น

2.การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้เป็นระบบนำร่องเพื่อนำจมูกอิเล็กทรอนิกส์เข้าไปใช้ในบริเวณพื้นที่อุตสาหกรรม จึงใช้ข้อมูลจากจมูกอิเล็กทรอนิคส์มาใช้เท่านั้น จึงอาจทำให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่คลาดเคลื่อน ควรนำข้อมูลจากแหล่งอื่นมาใช้ในการศึกษาด้วย

3.หากสามารถเก็บตัวอย่างสารเคมีแต่ละชนิดในพื้นที่ ถ้าให้อุปกรณ์จมูกอิเล็กทรอนิกส์จดจำกลิ่นนั้นๆ ได้มากเพียงพอและบันทึกเป็นฐานข้อมูล จะสามารถใช้เก็บข้อมูลในการระบุกลิ่นของสารต่างๆและที่มาได้ดียิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] พัชราวดี สุวรรณธาดา.2557.**ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศ (VOCs)**. [Online]. Available: http://infofile.pcd.go.th/air/250357_3.pdf?CFID=1571929&CFTOKEN

[2] วิทยาลัยนาโนสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.2558.**รายงานโครงการพัฒนาระบบเครื่อข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเฝ้าระวังกลิ่นและสารระเหยในนิคมอุตสาหกรรม (AirNose) ระยะที่ 1**.กรุงเทพฯ: มีน เซอร์วิส ซัพพลาย

[3] สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.2554.**แผนพัฒนาการสังคมและเศรษฐกิจแห่งชาติ ฉบับที่ 4 พ.ศ.2520-2524**. [Online]. Available: http://www.nesdb.go.th/ewt_dl_link.php .ph?nid=3779

[4] สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.2550. **แผนพัฒนาการสังคมและเศรษฐกิจแห่งชาติฉบับที่ 5 พ.ศ.2525-2529**. [Online]. Available: http://www.nesdb.go.th/ewt_dl_link.php? nid=3780

[5] สำนักข่าวออนไลน์ไทยพับลิก้า.2011.**การใช้พื้นที่ในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด**. [Online]. Available: http://thaipublica.org/infographics/maptaphut-map/

[6] กรมควบคุมมลพิษ. 2554. ผลการติดตามตรวจสอบสารอินทรีย์ระเหยง่าย ปี 2554.**รายงานสถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศและเสียง ปี 2554**. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

[7] กรมควบคุมมลพิษ (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม). 2556. **มาตรฐานคุณภาพอากาศและเสียง.** [Online]. Available: http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_airnd01.html

[8] บริษัท คอนซัลแทนท์ ออฟ เทคโนโลยี จำกัด. มีนาคม 2554.**บริษัท อดิตยา เบอร์ล่าเคมีคัลส์ (ประเทศไทย) จำกัด (อีพอกซี่ ดีวิชั่น) (รายงานการวิเคราะห์ผลกระทบ สิ่งแวดล้อม โครงการโรงงานผลิตอีพอกซี่ เรซิน สายการผลิตที่ 4)**.กรุงเทพฯ: บริษัท อดิตยา เบอร์ล่า เคมีคัลส์ (ประเทศไทย) จำกัด (อีพอกซี่ ดีวิชั่น).

[9] บริษัท คอนซัลแทนท์ ออฟ เทคโนโลยี จำกัด. 2554.**รายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมการเปลี่ยนแปลงรายละเอียดโครงการในรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบ สิ่งแวดล้อม โครงการโรงงานผลิตแผ่นเหล็กเคลือบผิวส่วนขยาย ครั้งที่1 ของ บริษัท สยามแผ่นเหล็กวิลาส จำกัด.** กรุงเทพฯ: บริษัท สยามแผ่นเหล็กวิลาส จำกัด

[10] พระราชบัญญัติโรงงาน. 2535.**บัญชีประเภทโรงงานอุตสาหกรรม.** [Online]. Available: http://www.diw.go.th/hawk/data/factype.php

[11] บริษัท คอนซัลแทนท์ ออฟ เทคโนโลยี จำกัด. 2551. **บริษัท บี เอส ที อิลาสโตเมอร์ จำกัด (รายงานการเปลี่ยนแปลงรายละเอียดโครงการหน่วยผลิตยางสังเคราะห์)**. บริษัทบี เอส ที อิลาสโตเมอร์ จำกัด

[12] ยงยุทธ ตรังคชสาร และคณะ. 2553. **สารนุกรมเปิดโลกปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน.**กรุงเทพฯ

[13] บริษัท ซีคอท จำกัด. พฤษภาคม 2551. **บริษัท โรงกลั่นน้ำมันระยอง จำกัด (มหาชน) (การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมโครงการเชื้อเพลิงสะอาดและปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์)**. บริษัท โรงกลั่นน้ำมันระยอง จำกัด (มหาชน).

[14] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2558. **ประเภทโรงไฟฟ้า**. [Online]. Available: http://www.eppo.go.th/doc/doce/27.html

[15] George T. Austin. 1984. **Shreve's Chemical Process Industries (5th Ed.).** Singapore: McGRAW-HILL

[16] Messer. 2558. **Separating Air to Produce Gases**. [Online]. Available: http://www.messergroup.com/de/Info_Download/info grafiken/index .html?iLangID=1

[17] พระราชบัญญัติโรงงาน. 2535. **บัญชีประเภทโรงงานอุตสาหกรรม.** [Online]. Available: http://www.diw.go.th/hawk/data/factype.php

[18] กรมอุตุนิยมวิทยา (กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร). 2558. **ลักษณะภูฏิประเทศของประเทศไทย**. [Online].Available:http://www.tmd.go.th/info/knowledge_weather 01_n.html

[19] กรมการข้าว.2558. **แผนที่จังหวัดระยอง.**[Online].Available:http://www.brrd.in.th/ricemap/ceCD52/index.php-url=detail.php&region_id=1&province_id=21.htm#

[20] นิรนาม.2558. **ลักษณะภูมิภาคตะวันออก.** [Online]. Available: http://itnamthip.wordpress.com/วิชาสังคม/ภาคตะวันออก/ลักษณะภูมิภาคตะวันออก/

[21] Thanaton Khinbupha.2555. **สภาพพื้นที่ของจังหวัดระยอง**. [Online]. Available: http://Sites.google.com/site/rayongthanaton/system/app/pages/recentChanges

[22] Rujuta Patil.2015. **Causes and Effects of Temperature Inversion.** [Online]. Available: http://www.buzzle.com/articles/causes-and-effects-of-temperature-inversion.html

[23] Fly Me to the Moon. 2015. **Recognizing a Temperature Inversion**. [Online]. Available: http://www.brisbanehotairballooning.com.au/recognising-a-temperature-inversion/.

[24] Tsai-Yin Lin, et al. 2004. **Volatile Organic Compound Concentration in Ambient Air of Kaohsiung Petroleum Refinery in Taiwan.** Atmospheric Environment. 38:4111-4122.

[25] Wallace, Julie. and Pavlos Kanaroglou.2009.**The Effect of Temperature Inversions on Ground-Level Nitrogen Dioxide (NO2) and Fine Particulate Matter (PM2.5) Using Temperature Profiles from the Atmospheric Infrared Sounder (AIRS).** Science of The Total Environment 407 (2009) 5085-5095