

การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยสารอินทรีย์ระเหยง่าย จังหวัดระยอง

Geographic Information Systems Application for Volatile Organic Compounds (VOCs) Risk Zone Analysis, in Rayong Province

ธัญญรัตน์ ไชยคราม* และสุเพชร จิรขจรกุล

ภาควิชาเทคโนโลยีชนบท คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Thanyarat Chaiyakarm* and Supet Jirakajohnkool

Department of Rural Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University,

Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

บทคัดย่อ

การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยสารอินทรีย์ระเหยง่าย จังหวัดระยอง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพื้นที่เสี่ยงภัยและผลกระทบจากการแพร่กระจายของสารอินทรีย์ระเหยง่าย ในบรรยากาศโดยทั่วไปค่าเฉลี่ยรายปีที่มีค่าความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดตามประกาศกรมควบคุมมลพิษ โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประมาณค่าเชิงพื้นที่ด้วยวิธี inverse distance weighted (IDW) พบว่าในพื้นที่จังหวัดระยองมีการแพร่กระจายของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศโดยทั่วไปค่าเฉลี่ยรายปีที่มีค่าความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐานค่าเฉลี่ย 12 เดือน (moving average) ในปี พ.ศ. 2556 จำนวน 5 ชนิด คือ benzene, vinyl chloride, 1,2-dichloroethane, chloroform และ 1,3-butadiene ณ บริเวณจุดตรวจวัดคุณภาพอากาศ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลมาตาพุต โรงเรียนวัดหนองแฟบ สถานีเมืองใหม่มาตาพุต ชุมชนบ้านพลง ศูนย์บริการสาธารณสุขบ้านตากวน หมู่บ้านนพเกตุ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านหนองจอก และบริเวณวัดปลวกเกตุ ได้มีการจัดระดับพื้นที่ที่มีความเสี่ยงภัยเป็น 5 ระดับ คือ เสี่ยงมากที่สุด เสี่ยงมาก เสี่ยงปานกลาง เสี่ยงน้อย และเสี่ยงน้อยมาก จากการศึกษาพบว่าจำนวนหมู่บ้านที่ได้รับผลกระทบจากการแพร่กระจายของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศโดยทั่วไปในเวลา 1 ปี พบหมู่บ้านอยู่ในขอบเขตพื้นที่เสี่ยงภัยระดับเสี่ยงมากที่สุดจากสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่เกินค่ามาตรฐานจำนวน 4 ชนิด 158 หมู่บ้าน คิดเป็นร้อยละ 38.92 ซึ่งเป็นอัตราความเสี่ยงที่สูงและเป็นปัญหาที่สำคัญของหน่วยงานในท้องถิ่นที่ควรให้ความสำคัญและเฝ้าระวังภัยจากสารอินทรีย์ระเหยง่ายในเขตพื้นที่จังหวัดระยอง

คำสำคัญ : ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์; สารอินทรีย์ระเหยง่าย

Abstract

The objective of this geographic information systems application for volatile organic compounds (VOCs) risk zone analysis in Rayong province is to study the risk areas and the impacts of the spread of volatile organic compounds in general atmosphere by using the annual average of 12-month statistics with concentration exceeding the standard values set by the Pollution Control Department. In processing with geographic information system estimating VOCs in form of a map showing the distribution by using Inverse distance weighted (IDW), it was found that, in Rayong province, there was the spread of five types of the VOCs i.e. benzene, vinyl chloride, 1,2-dichloroethane, chloroform and 1,3-butadiene, with 12-month moving average of concentrations exceeding the standard in general atmosphere. Monitoring was performed at the air quality monitoring points at Map Ta Phut health promoting hospital, Wat Nong Fab school, new Map Ta Phut city station, Ban Phleng community, Ban Takuan health center, Nop Ket village, Ban Nong Chok health promoting hospital and Wat Pluak Ket vicinity. According to the VOCs risk areas assessment, the risks were classified into five levels, i.e. highest, high, moderate, low, and very low. 158 villages of 406, representing 38.92 percent, were found located in the highest risk zone of 4 types of VOCs exceeding the standard. The risk was classified high and this is a major local problem that needs to be concerned and monitoring on VOCs danger in the area of Rayong province.

Keywords: geographic information systems (GIS); volatile organic compounds (VOCs)

1. คำนำ

ปัญหาสารอินทรีย์ระเหยง่าย (volatile organic compounds, VOCs) เป็นปัญหามลพิษทางอากาศที่สำคัญเริ่มมีมาตั้งแต่ 2 ทศวรรษ ที่ผ่าน มา เนื่องจากเป็นปัญหาระดับชาติที่หน่วยงานภาครัฐ โดยกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมให้ความสำคัญต่อการแก้ไข เนื่องจากสารอินทรีย์ระเหยง่ายมากกว่า 20 ชนิด (กรมควบคุมมลพิษ, 2555) ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชากร ถ้าประชากรได้รับสารพิษเป็นระยะเวลานานจะมีผลกระทบต่อสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับระบบหายใจ ระบบหัวใจ ปอด และก่อให้เกิดมะเร็งบางชนิดได้ นอกจากนี้สารอินทรีย์ระเหยง่ายยังมีกลไกก่อให้เกิดพิษ ชนิดเฉียบพลัน (acute effects) เมื่อได้รับพิษอย่างอ่อน ๆ ปานกลาง หรือ

เข้มข้น ซึ่งอาจทำให้มีอาการแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับระยะเวลาและปริมาณ จากการสำรวจแหล่งกำเนิดมลพิษด้านอากาศในเขตควบคุมมลพิษ จังหวัดระยอง จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งหน่วยงานในส่วนกลางและส่วนท้องถิ่น ประกอบด้วยการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย กรมโรงงานอุตสาหกรรม กรมควบคุมมลพิษ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ในเขตควบคุมมลพิษพบว่า ในพื้นที่ดังกล่าว เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศที่สำคัญ คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมจึงประกาศให้พื้นที่จังหวัดระยองบางพื้นที่เป็นพื้นที่เขตควบคุมมลพิษ (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2552) จังหวัดระยองเป็นพื้นที่ที่มีโรงงานอุตสาหกรรมอยู่มาก และเป็นแหล่งที่มี

โอกาสเกิดการกระจายสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศมาก ผู้ศึกษาจึงได้รวบรวมข้อมูลสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ตรวจวัดโดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยสารอินทรีย์ระเหยง่ายในเขตจังหวัดระยอง และกำหนดพื้นที่เสี่ยงที่ได้รับสารอินทรีย์ระเหยง่าย ผลจากการศึกษาจะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องนำไปวางแผนเฝ้าระวังผลกระทบจากสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่จะส่งผลกระทบต่อประชากรต่อไป

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่มีค่าเฉลี่ย 12 เดือน (moving average) ในปี พ.ศ. 2556 ที่มีค่าความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐาน ในจังหวัดระยองร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

2.2 เพื่อประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประเมินจำนวนหมู่บ้านที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยที่ได้รับสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่มีค่าความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปี

3. อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

3.1.1 แผนที่ภูมิประเทศจังหวัดระยองมาตราส่วน 1:50,000 จัดทำโดยกรมแผนที่ทหารบกในรูปแบบดิจิทัลและกำหนดพิกัดอ้างอิงในระบบ UTM (universal transverse mercator) WGS 1984 zone 47 เพื่อใช้เป็นแผนที่ฐานอ้างอิงพิกัดภูมิศาสตร์กับชั้นข้อมูลอื่น

3.1.2 ข้อมูลตำแหน่งพิกัดหมู่บ้าน ในจังหวัดระยอง อ้างอิงพิกัดกับแผนที่ภูมิประเทศ

3.1.3 ข้อมูลสถิติการตรวจวัดปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่าย ตั้งแต่เดือนมกราคม 2556

ถึงธันวาคม 2556 ได้นำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย 12 เดือน (moving average) และเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน จากสำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ จำนวน 9 สถานี ได้แก่ สถานีโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลมาตาพุด วัดมาบชลูด โรงเรียนวัดหนองแฟบ สถานีเมืองใหม่มาตาพุด ชุมชนบ้านพลง ศูนย์บริการสาธารณสุขบ้านตากวน หมู่บ้านนพเกตุ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านหนองจอก และชุมชนวัดปลวกเกตุเพื่อประมวลผลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

3.2 ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาการแพร่กระจายของสารอินทรีย์ระเหยง่ายจำนวน 9 ชนิด ได้แก่ สารเบนซีน (benzene) 1,3-บิวทาไดอีน (1,3-butadiene) คลอโรฟอร์ม (chloroform) 1,2-ไดคลอโรอีเทน (1,2-dichloroethane) ไดคลอโรมีเทน (dichloromethane) 1,2-ไดคลอโรโพรเพน (1,2-dichloropropane) เตตระคลอโรเอทิลีน (tetrachloroethylene) ไตรคลอโรเอทิลีน (trichloroethylene) และไวนิลคลอไรด์ (vinyl chloride) ที่ได้จากการตรวจวัดปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่าย ตั้งแต่เดือนมกราคม 2556 ถึงธันวาคม 2556 นำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย 12 เดือน (moving average) และเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน ในพื้นที่ศึกษาที่มีค่าความเข้มข้นของการแพร่กระจายเกินค่ามาตรฐานที่กำหนด จากกรมควบคุมมลพิษดังแสดงในตารางที่ 1

4. วิธีการศึกษา

4.1 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องสารอินทรีย์ระเหยง่ายและพิษจากสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่มีผลกระทบต่อสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับระบบหายใจ ระบบหัวใจปอด และก่อให้เกิดมะเร็งบางชนิด จากการแพร่กระจายของสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่มีค่าเฉลี่ยรายปี

สารอินทรีย์ระเหยง่าย (volatile organic compounds, VOCs) (วรรณ และคณะ, 2552) หรือที่เรียกกันทั่วไปว่าสารวีไอซี (VOCs) ซึ่งหมายถึงกลุ่มสารอินทรีย์ที่ระเหยเป็นไอได้ง่ายและกระจายตัวไปในอากาศได้ในอุณหภูมิและความดันปกติ สารอินทรีย์ระเหยง่าย ทั้งที่เป็นสารก่อมะเร็งและสารที่มีได้เป็นสารก่อมะเร็ง ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตและเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชากรที่สัมผัสโดยการหายใจเข้าสู่ร่างกาย แม้ว่าปริมาณของสารอินทรีย์ที่ระเหยง่ายจะไม่เกินมาตรฐานตามที่กำหนดไว้ในประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 30 (พ.ศ. 2550) สารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศมีการกำหนดค่าเฝ้าระวังสารอินทรีย์ง่ายที่ระเหยในบรรยากาศ โดยทั่วไป ในเวลา 24 ชั่วโมง (กรมควบคุมมลพิษ, 2552) ตามสมการที่ (1) ดังนี้

$$\text{ค่าเฝ้าระวังสำหรับสาร VOCs ในบรรยากาศในเวลา 24 ชม.} = \frac{\text{PEL}}{(4.2 \times 10 \times 10)} \quad (1)$$

เมื่อ ค่า PEL คือ permissible exposure limite ของ Occupational Safety and Health Administration ค่าเฉลี่ยที่ประชากรทั่วไปจะได้รับสัมผัสสารตลอดระยะเวลา 24 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 7 วัน

ตามประกาศของกรมควบคุมมลพิษ เรื่องการกำหนดค่าเฝ้าระวังสำหรับสารอินทรีย์ที่ระเหยง่ายในบรรยากาศโดยทั่วไปในเวลา 24 ชั่วโมง สารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ จะศึกษาเฉพาะสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ได้กำหนดค่าเฝ้าระวังโดยทั่วไปในเวลา 1 ปี จำนวน 9 ชนิด (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2550) รายละเอียดดังตารางที่ 1

4.2 จัดเตรียมชุดข้อมูลสถิติทุติยภูมิค่าความเข้มข้นของการแพร่กระจายในบรรยากาศโดยทั่วไป ในระยะเวลา 1 ปี สถิติการแพร่กระจายในปี พ.ศ. 2556 จากสำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง

กรมควบคุมมลพิษ ณ สถานีจุดตรวจวัดคุณภาพอากาศ จำนวน 9 สถานี (สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ, 2557) ประมวลผลสถิติในฐานข้อมูล โดยแบ่งชั้นข้อมูลเป็นชั้นข้อมูลความเข้มข้นของการแพร่กระจายในระดับสูงสุด (maximum) ของแต่ละเดือนทั้ง 9 สถานี เพื่อให้อยู่ในรูปแบบสำหรับการวิเคราะห์ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และเชื่อมโยงฐานข้อมูล ข้อมูลสถิติ และพิกัดภูมิศาสตร์สถานีตรวจคุณภาพอากาศ ทั้ง 9 แห่ง ให้อยู่ในระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์เดียวกัน คือ WGS1984 UTM zone 47N

ตารางที่ 1 มาตรฐานค่าสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศโดยทั่วไปในเวลา 1 ปี

สารอินทรีย์ระเหยง่าย	ค่ามาตรฐาน (มก./ลบ.ม.)
เบนซีน	1.7
ไวนิลคลอไรด์	10
1,2-ไดคลอโรอีเทน	0.4
ไตรคลอโรเอทิลีน	23
ไดคลอโรมีเทน	22
1,2-ไดคลอโรโพรเพน	4
เตตระคลอโรเอทิลีน	200
คลอโรฟอร์ม	0.43
1,3-บิวทาไดอิน	0.33

4.3 ประมวลผลฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS database) ด้วยสถิติความเข้มข้นของการแพร่กระจายของสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ดำเนินการถ่ายโอนข้อมูลให้อยู่ในระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์แล้วประมวลผลค่าสถิติการแพร่กระจายของสารอินทรีย์ระเหยง่าย จากการประมาณค่าเชิงพื้นที่ (data interpolation) หรือการประมาณค่าในช่วง (สุเพชร์, 2555) เป็นการพยากรณ์ คาดการณ์ หรือทำนายค่าให้กับเซลล์ (cell) ในข้อมูลแบบ

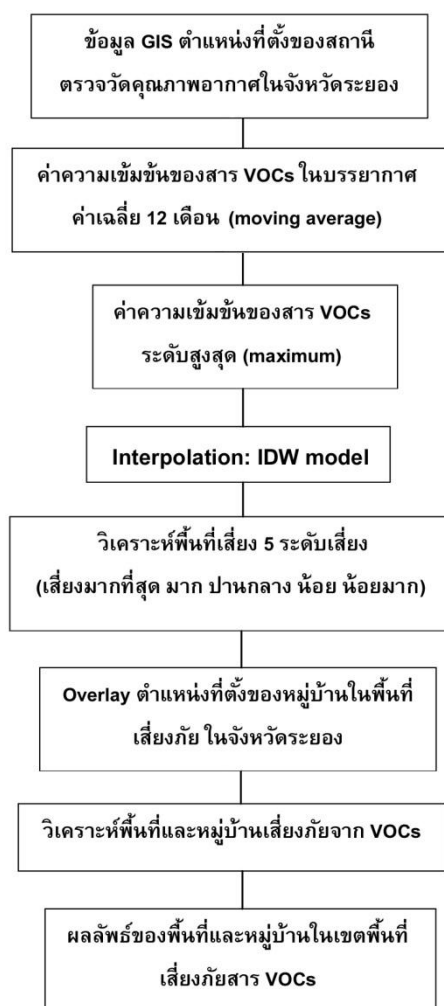
แรสเตอร์ (raster) จากข้อมูลตัวอย่างที่มีอยู่อย่างจำกัด ด้วยวิธีการนี้สามารถใช้ในการพยากรณ์ค่าที่ไม่ทราบจากจุดใด ๆ ทางภูมิศาสตร์ได้ ไม่ว่าจะเป็นจุดความสูง ปริมาณน้ำฝน การกระจายตัวของสารเคมี ระดับเสียงรบกวน และอื่น ๆ การประมาณค่าความสูงให้กับพื้นที่ผิวแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ วิธีการโดยตรง และวิธีการทางสถิติ การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยสารอินทรีย์ระเหยง่าย ซึ่งเป็นวิธีการทางสถิติที่ทำนายค่าให้กับแบบจำลองพื้นผิวมาใช้งานวิเคราะห์กับความสัมพันธ์ ณ จุดต่าง ๆ ของพื้นผิวเนื่องจากข้อจำกัดของสถานีตรวจวัดค่าสารอินทรีย์ระเหยง่ายมีเพียง 9 แห่ง

ดังนั้นการสุ่มเก็บตัวอย่างเพียง 9 สถานีตรวจวัดอากาศ และใช้การทำนายค่าที่เป็นไปได้ให้กับตำแหน่งที่ไม่มีสถานีตรวจวัดค่าการแพร่กระจายบนพื้นที่ผิวได้โดยตรงจึงเป็นวิธีการที่นิยมใช้ในการศึกษา ด้วยการคำนวณค่าให้กับจุดที่ไม่ทราบอาศัยจากจุดที่มีค่าสถิติ โดยผู้ศึกษาเลือกใช้กระบวนการวิเคราะห์ด้วยสมการ inverse distance weighted (IDW) แสดงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ โดยตำแหน่งใกล้เคียงกันย่อมมีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ในการคำนวณค่า ณ ตำแหน่งที่ต้องการตำแหน่งสถานีที่อยู่ใกล้ที่สุดมีน้ำหนักความสำคัญมากกว่าตำแหน่งที่อยู่ห่างไกล จึงเป็นการประมาณค่าให้กับจุดที่ไม่ทราบค่าจากผลรวมเชิงเส้นของค่าที่ทราบแล้วถ่วงน้ำหนักจุดให้ถูกจำกัดด้วยระยะทาง ค่าถ่วงน้ำหนักนี้จะเปลี่ยนแปลงตามระยะทางจากจุดที่ไม่ทราบค่าไปยังจุดที่ทราบค่าจุดต่อไป ซึ่งจุดที่ทราบค่าที่อยู่ใกล้ที่สุดจะมีความสำคัญหรือมีค่าน้ำหนักมากที่สุดในการประมาณค่าจุดที่ไม่ทราบค่านั้น การคำนวณค่าให้กับตำแหน่งที่ไม่ทราบค่าด้วยวิธีการ IDW สามารถคำนวณได้จากสูตรทั่วไป (กรมแผนที่ทหาร, 2556) ดังสมการที่ (2)

$$Z_j = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{Z_i}{d_{ij}^n} \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_{ij}^n} \right)} \quad (2)$$

เมื่อให้ Z_i คือ ค่าของจุดที่ทราบค่า, d_{ij} คือ ระยะทางจากจุดที่ทราบค่า, Z_j คือ จุดที่ไม่ทราบค่า, n คือ จำนวนนับ

ซึ่งมีขั้นตอนและกระบวนการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยสารอินทรีย์ระเหยง่าย จังหวัดระยอง ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กระบวนการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยสารอินทรีย์ระเหยง่าย จังหวัดระยอง

การสร้างเส้นชั้นปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่เท่ากัน (isodata) ของข้อมูลค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยง่ายจำแนกตามค่าความเสี่ยงระดับเฉลี่ย และระดับความเสี่ยงสูงสุดจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 9 สถานี เพื่อวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยจากสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากการแพร่กระจายของสารแต่ละชนิดทั้งในระดับความเข้มข้นการแพร่กระจายระดับเฉลี่ย (average) และระดับสูงสุด (maximum)

4.4 นำข้อมูลสถิติค่าสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ตั้งแต่เดือนมกราคม 2556 ถึงธันวาคม 2556 นำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย 12 เดือน (moving average) ที่ตรวจวัดทั้ง 9 สถานี บันทึกในฐานข้อมูล GIS ในรูปแบบ WGS 1984 UTM zone 47N ประมวลผลสถิติการกระจายสารอินทรีย์ระเหยง่ายด้วยสมการ IDW ได้ผลลัพธ์แผนที่สถิติการกระจายตัวของสารอินทรีย์ระเหยง่าย แล้วจำแนกเป็นพื้นที่เสี่ยงภัยจากสารอินทรีย์ระเหยง่ายเป็น 5 ระดับ ซึ่งแบ่งเป็นระดับพื้นที่เสี่ยงภัยมากที่สุด เสี่ยงมาก เสี่ยงปานกลาง เสี่ยงน้อย และเสี่ยงน้อยมาก โดยอ้างอิงตามค่ามาตรฐานค่าแผ่กระจายสารอินทรีย์ระเหยง่ายเฉลี่ยรายปีในบรรยากาศตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กรมควบคุมมลพิษ โดยกำหนดให้ค่าความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐานของสารแต่ละชนิดอยู่ในระดับความเสี่ยงภัยมาก

4.5 นำข้อมูลพิกัดตำแหน่งหมู่บ้านจังหวัดระยอง (ตารางที่ 2) บันทึกในระบบ GIS รูปแบบ WGS 1984 UTM zone 47N มาวิเคราะห์การซ้อนทับ (overlay) ในระบบ GIS ร่วมกับแผนที่แสดงพื้นที่เสี่ยงภัยจากสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่มีค่าความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปี เพื่อประเมินหมู่บ้านที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยได้รับสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่มีค่าความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปี โดยจำแนกหมู่บ้านเป็น 5 ระดับ คือ หมู่บ้านที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยมากที่สุด

เสี่ยงมาก เสี่ยงปานกลาง เสี่ยงน้อย และเสี่ยงน้อยมาก โดยอ้างอิงตามค่ามาตรฐานสารอินทรีย์ระเหยง่ายเฉลี่ยรายปีจากตารางที่ 1 ตามกระบวนการดำเนินการศึกษาดังรูปที่ 1 กระบวนการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยสารอินทรีย์ระเหยง่าย จังหวัดระยอง

ตารางที่ 2 จำนวนหมู่บ้านในจังหวัดระยอง

อำเภอ	เนื้อที่ (ตร.กม.)	เขตการปกครอง		
		ตำบล	หมู่บ้าน	บ้าน
เมือง	514.547	11	85	114,881
บ้านฉาง	238.372	3	23	24,514
แกลง	788.463	15	131	48,037
วังจันทร์	395.249	4	27	9,034
บ้านค่าย	489.075	7	51	21,716
ปลวกแดง	618.341	6	34	23,570
เขาชะเมา	269.950	4	28	8,096
นิคมพัฒนา	238.000	4	27	16,625
รวมยอด	3,551.997	54	406	266,473

ที่มา : สำนักงานจังหวัดระยอง (2554)

4.6 ศึกษาและประเมินจำนวนหมู่บ้านตามค่าความเสี่ยงที่ได้รับผลกระทบจากสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่มีค่าความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปีของสารแต่ละชนิด

5. ผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์การแพร่กระจายของสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากค่าเฉลี่ย 12 เดือน (moving average) ตั้งแต่เดือนมกราคม 2556 ถึงธันวาคม 2556 ในพื้นที่ศึกษา จังหวัดระยอง จำนวน 9 ชนิด แสดงดังผลการศึกษาดังตารางที่ 3 พบว่าสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่มีค่าความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปีจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ สารเบนซีน (benzene)

1,3-บิวทาไดเอิน (1,3-butadiene) คลอโรฟอร์ม (chloro-form) ethane) และไวนิลคลอไรด์ (vinyl chloride) 1,2-ไดคลอโรอีเทน (1,2-dichloro-

ตารางที่ 3 การแพร่กระจายสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่มีค่าเฉลี่ย 12 เดือน (moving average) ปี พ.ศ. 2556

สารอินทรีย์ระเหย ในบรรยากาศโดยทั่วไป 24 ชั่วโมง	โรงพยาบาลส่งเสริม สุขภาพตำบลมาบตาพุด	วัดมาบชูด	โรงเรียนวัดหนองแฟบ	สถานีเมืองใหม่ มาบตาพุด	ชุมชนบ้านพลอง	ศูนย์บริการ สาธารณสุขบ้านตากวน	หมู่บ้านบเกตุ	โรงพยาบาลส่งเสริม ตำบลหนองจอก	วัดปอแก้ว
Benzene	3.10	1.50	1.80	3.10	6.00	2.8	3.30	5.30	5.30
1,3-Butadiene	1.80	0.32	0.21	2.9	0.51	0.44	0.29	0.22	0.19
Chloroform	0.17	0.19	0.54	0.24	0.14	0.14	0.13	0.13	0.12
1,2-Dichloroethane	1.80	0.32	0.21	2.90	0.51	0.44	0.29	0.22	0.20
Dichloromethane	1.35	0.80	0.47	1.50	2.10	1.17	2.93	0.50	0.48
1,2-Dichloropropane	0.33	0.32	0.63	0.62	0.33	0.32	0.32	0.32	0.32
Tetrachloroethylene	0.16	0.13	0.10	0.18	0.19	0.14	0.17	0.11	0.12
Trichloroethylene	0.24	0.21	0.22	0.31	0.22	0.22	0.35	0.21	0.23
Vinyl Chloride	2.30	0.45	0.07	2.10	100	0.45	0.43	0.06	0.06

หน่วย : มคก./ ลบ.ม.

ดัดแปลงจาก : สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง (2557)

ตารางที่ 4 ประเมินจำนวนหมู่บ้านที่ได้รับผลกระทบตามระดับค่าความเสี่ยงที่ได้รับจากสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่มีค่าความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปี พ.ศ. 2556

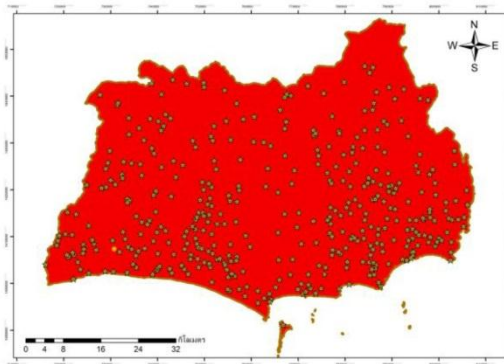
สารอินทรีย์ระเหย	ค่ามาตรฐาน	จำนวนหมู่บ้านที่ได้รับผลกระทบจำแนกตามระดับความเสี่ยง					ผลรวม ทั้งหมด
		เสี่ยงมาก ที่สุด	เสี่ยงมาก	เสี่ยงปาน กลาง	เสี่ยงน้อย	เสี่ยงน้อย มาก	
สารเบนซีน	1.7	406	0	0	0	0	406
ร้อยละ พื้นที่เสี่ยงภัย	มคก./ลบ.ม.	100	0	0	0	0	100
สาร1,3 – บิวทาไดเอิน	0.33	389	1	1	0	15	406
ร้อยละ พื้นที่เสี่ยงภัย	มคก./ลบ.ม.	95.8	0.25	0.25	0	3.7	100
สารคลอโรฟอร์ม	0.43	2	0	5	232	167	406
ร้อยละ พื้นที่เสี่ยงภัย	มคก./ลบ.ม.	0.5	0	1.23	57.14	41.13	100
สาร1,2-ไดคลอโรอีเทน	0.4	393	6	2	4	1	406
ร้อยละ พื้นที่เสี่ยงภัย	มคก./ลบ.ม.	96.8	1.48	0.5	0.97	0.25	100
สารไวนิลคลอไรด์	10	158	177	48	17	6	406
ร้อยละ พื้นที่เสี่ยงภัย	มคก./ลบ.ม.	38.92	43.6	11.8	4.2	1.48	100

จากการประมวลผล GIS ได้ผลลัพธ์ในภาพที่ 2 เมื่อประเมินจำนวนหมู่บ้านตามระดับค่าความเสี่ยงที่ได้รับผลกระทบจากสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่มีค่าเฉลี่ย 12 เดือน (moving average) ในปี พ.ศ. 2556 ที่มีค่าความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐานดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่า

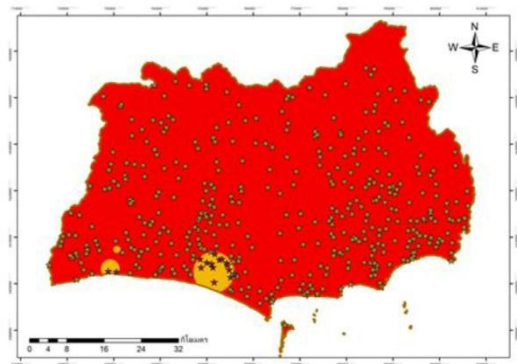
5.1 สารเบนซีน มีค่ามาตรฐานที่ 1.7 มคก./ลบ.ม. จากการศึกษามหาวิทยาลัยในระดัความเสี่ยงมากที่สุด จำนวน 406 หมู่บ้าน (ร้อยละ 100) ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา ตรวจพบเกินมาตรฐานบริเวณสถานีโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลมาบตาพุด โรงเรียนวัดหนองแฟบ สถานีเมืองใหม่มาบตาพุด

ชุมชนบ้านพลง ศูนย์บริการสาธารณสุขบ้านตากวน
หมู่บ้านนพเกตุ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล
บ้านหนองจอก และชุมชนวัดปลวกเกตุ ยกเว้น

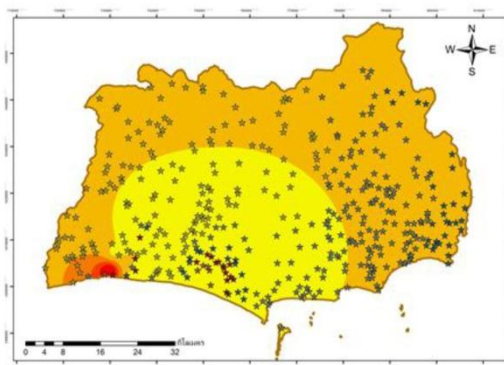
สถานีวิจัยนาข้าวที่มีค่าไม่เกินมาตรฐาน และพบค่า
ความเข้มข้น 6.0 มกค./ลบ.ม. ณ สถานีตรวจวัด
ชุมชนบ้านพลง



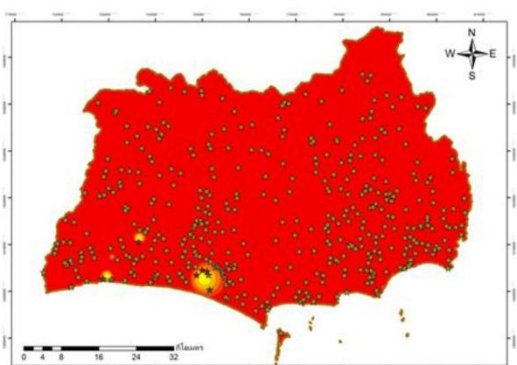
แผนที่การแพร่กระจายของสารเบนซีน



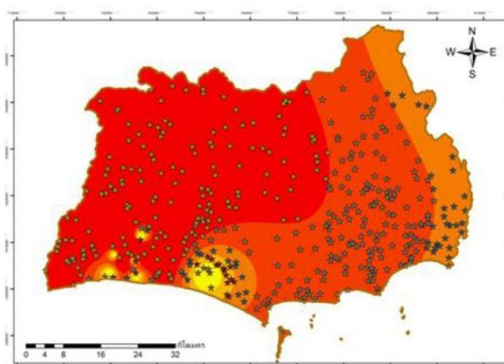
แผนที่การแพร่กระจายของสาร 1,3 - บิวทาไดออกซิน



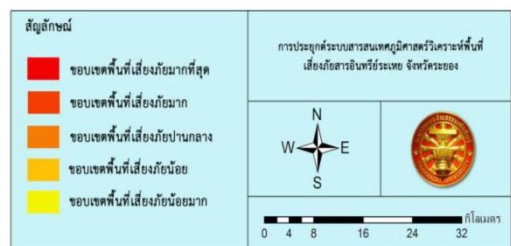
แผนที่การแพร่กระจายของสารคลอโรฟอร์ม



แผนที่การแพร่กระจายของสาร 1,2-ไดคลอโรอีเทน



แผนที่การแพร่กระจายของสารไวนิลคลอไรด์



รูปที่ 2 แผนที่แสดงหมู่บ้านที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่มีค่าความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐาน
เฉลี่ยรายปี

5.2 สาร 1,3-บิวทาไดอิน มีค่ามาตรฐานที่ 0.33 มกค./ลบ.ม. จากการศึกษาพบหมู่บ้านในระดับเสี่ยงมากที่สุด จำนวน 389 หมู่บ้าน (ร้อยละ 95.8) ตรวจพบเกินมาตรฐานบริเวณ 4 สถานี ได้แก่ สถานีตรวจวัดโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลมาตาพุด สถานีตรวจวัดเมืองใหม่มาตาพุด ชุมชนบ้านพลง และศูนย์บริการสาธารณสุขบ้านตากวน และพบค่าความเข้มข้น 2.90 มกค./ลบ.ม. ณ สถานีตรวจวัดเมืองใหม่มาตาพุด

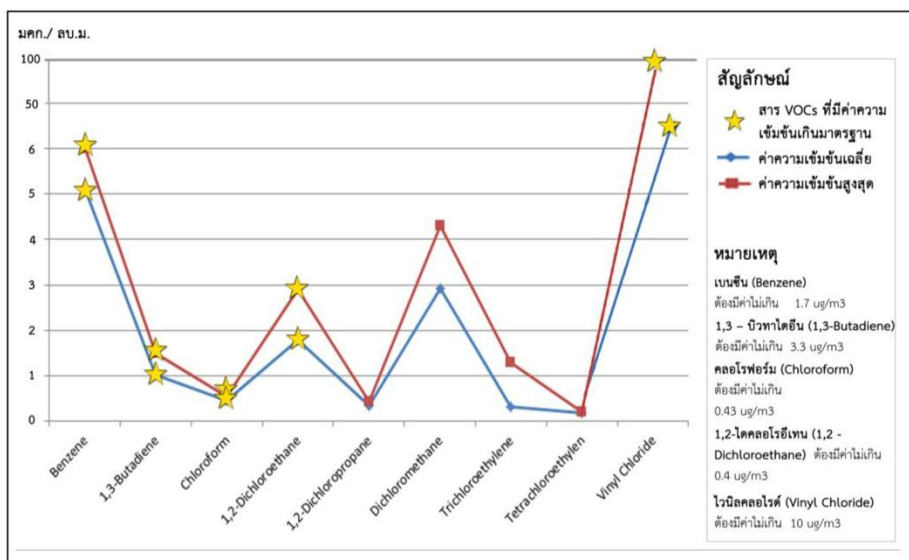
5.3 สาร 1,2-ไดคลอโรอีเทน มีค่ามาตรฐานที่ 0.4 มกค./ลบ.ม. จากการศึกษาพบหมู่บ้านในระดับเสี่ยงมากที่สุด จำนวน 393 หมู่บ้าน (ร้อยละ 96.8) จากการตรวจวัดค่าความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐาน จำนวน 4 สถานี ได้แก่ สถานีตรวจวัดโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพมาตาพุด ชุมชนบ้านพลง ศูนย์บริการสาธารณสุขบ้านตากวน และพบค่าความเข้มข้น 2.90 มกค./ลบ.ม. ณ สถานีตรวจวัดเมืองใหม่มาตาพุด

5.4 สารไวนิลคลอไรด์ มีค่ามาตรฐานที่ 10 มกค./ลบ.ม. จากการศึกษาพบหมู่บ้านในระดับเสี่ยงมากที่สุด จำนวน 158 หมู่บ้าน (ร้อยละ 38.92) จาก

การตรวจวัดพบค่าความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐาน ณ สถานีตรวจวัดชุมชนบ้านพลงเพียงสถานีเดียว ซึ่งตรวจพบค่าความเข้มข้น 100 มกค./ลบ.ม.

5.5 สารคลอโรฟอร์ม มีค่ามาตรฐานที่ 0.43 มกค./ลบ.ม. จากการศึกษาพบหมู่บ้านในระดับเสี่ยงมากที่สุด จำนวน 2 หมู่บ้าน (ร้อยละ 0.5) จากการตรวจวัดพบค่าความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐาน ณ สถานีตรวจวัดโรงเรียนวัดหนองแฟบเพียงสถานีเดียว ซึ่งมีค่าความเข้มข้น 0.54 มกค./ลบ.ม.

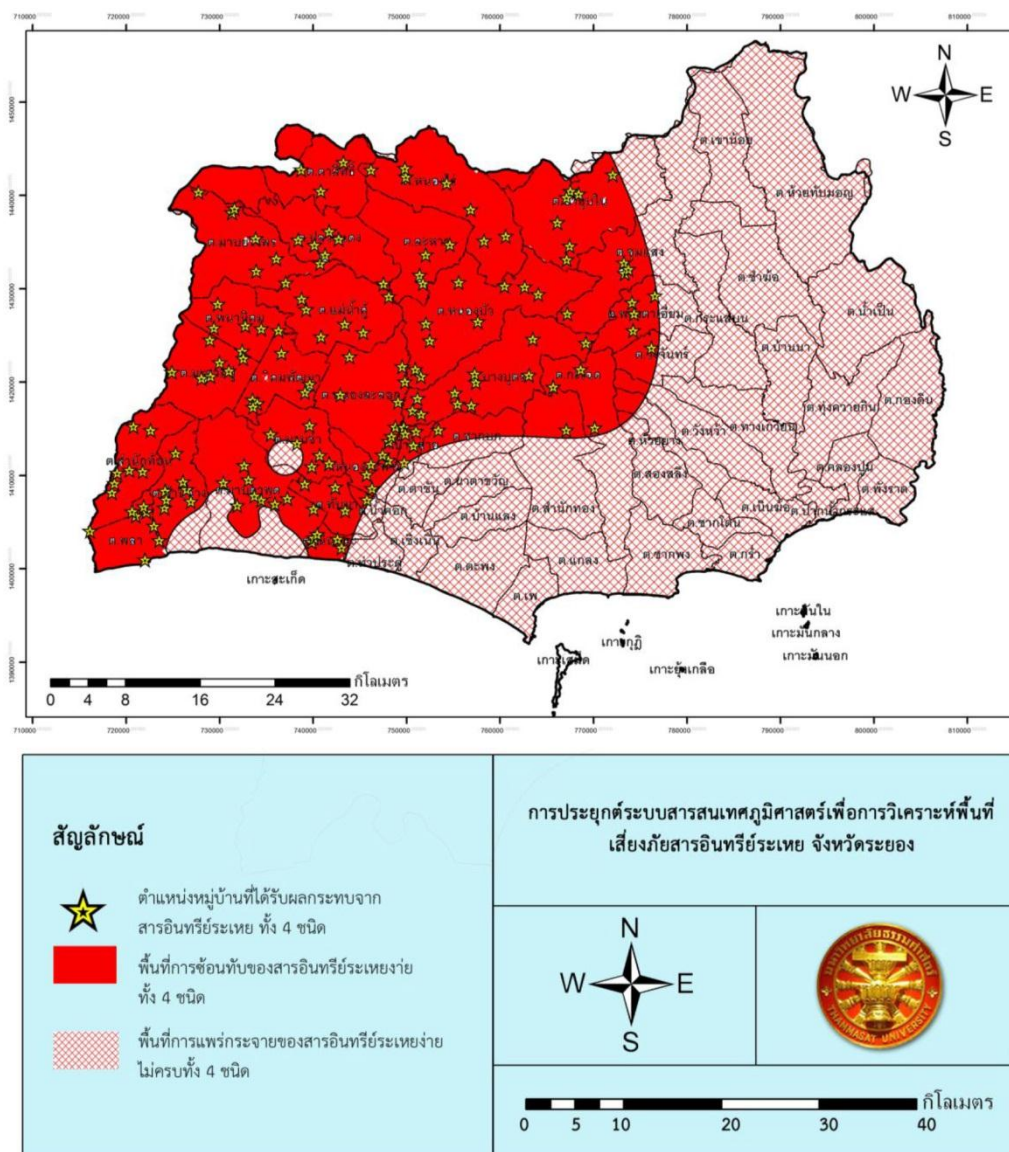
จากผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของสำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ (2556) ที่ตรวจพบสารเบนซีน (benzene) 1,3-บิวทาไดอิน (1,3-butadiene) 1,2-ไดคลอโรอีเทน (1,2-dichloroethane) และไวนิลคลอไรด์ (vinyl chloride) เกินมาตรฐานที่ตรวจพบ (รูปที่ 3) ยกเว้นที่แตกต่างไปจากการศึกษาของสำนักจัดการคุณภาพอากาศ กรมควบคุมมลพิษ คือ คลอโรฟอร์ม (chloroform) ที่ผู้ศึกษาได้ผลลัพธ์ ณ โรงเรียนวัดหนองแฟบ ที่มีค่า 0.54 มกค./ลบ.ม. ที่เกินไปจากมาตรฐานตารางที่ 1 ซึ่งพบผลกระทบ 2 หมู่บ้าน คิดเป็นร้อยละ 0.5



รูปที่ 3 ระดับปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายค่าเฉลี่ย 12 เดือน (moving average) ในปี พ.ศ. 2556

หมู่บ้านอยู่ในขอบเขตพื้นที่เสี่ยงภัยระดับ
เสี่ยงมากที่สุดจากสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่เกินค่า
มาตรฐานจำนวน 4 ชนิด มีจำนวนหมู่บ้านที่ได้รับ

ผลกระทบสูงสุด จำนวน 158 หมู่บ้าน คิดเป็นร้อยละ 38.92 ของจำนวนหมู่บ้านทั้งหมด ซึ่งมี
รายละเอียดดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แผนที่ชุมชนได้รับผลกระทบจากสารอินทรีย์ระเหยง่าย 4 ชนิดที่มีค่าความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐาน
เฉลี่ยรายปี พ.ศ. 2556 จำนวน 158 ชุมชน

สารอินทรีย์ระเหยง่ายที่มีค่าความเข้มข้น
การแพร่กระจายในบรรยากาศเกินค่ามาตรฐานที่
กำหนด ซึ่งอาจก่อให้เกิดมะเร็งหากสัมผัสเป็นระยะ

เวลานาน และจากผลการศึกษาการแพร่กระจาย
ของสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่มีค่าเฉลี่ยรายปีทั้ง 5
ชนิด พบว่ามีอัตราความเสี่ยงภัยสารอินทรีย์ระเหย

ง่ายของพื้นที่ในระดับมากที่สุดและมีค่าความเข้มข้นการแพร่กระจายในบรรยากาศเกินค่ามาตรฐานที่กำหนด กระเจายตัวในบริเวณทางด้านทิศตะวันตกและทิศใต้ของพื้นที่ศึกษา และเป็นที่ตั้งของนิคมอุตสาหกรรมหลายนิคมอุตสาหกรรม สามารถแสดงการแพร่กระจายของสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่มีค่าความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดได้ ดังรูปที่ 2

จากการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ไม่พบหมู่บ้านที่อยู่ในพื้นที่ในระดับเสี่ยงมากที่สุดที่จะมีโอกาสรับสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่เกินค่ามาตรฐานทั้ง 5 ชนิด พร้อมกันในคราวเดียว แต่เมื่อไม่นาคลอโรฟอร์มมาวิเคราะห์เนื่องจากพบเพียง 2 หมู่บ้าน ดังนั้นผลการวิเคราะห์จะพบว่าในพื้นที่บริเวณเดียวกันมีหมู่บ้านที่อยู่ในพื้นที่ระดับเสี่ยงมากที่สุดจากสารอินทรีย์ระเหย 4 ชนิด ได้แก่ สาร 1,3-บิวทาไดอิน สารไวโนลคลอไรด์ สารเบนซีน และสาร 1,2-ไดคลอโรอีเทน ที่มีค่าความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปี พบ 158 หมู่บ้าน คิดเป็นร้อยละ 38.92 ของจำนวนหมู่บ้านที่ต้องให้การเฝ้าระวังมีจำนวนมากขึ้น

6. สรุปผลการศึกษาและอภิปรายผล

การศึกษาในครั้งนี้ ได้รวบรวมข้อมูลสถิติสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศโดยทั่วไปในเวลา 1 ปี จำนวน 9 ชนิด จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ 9 แห่ง ของกรมควบคุมมลพิษในพื้นที่จังหวัดระยอง และนำค่าสถิติที่ได้รับมาประมวลผลในรูปแบบระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายด้วยวิธี inverse distance weighted (IDW) จำแนกค่าปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากค่ามาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษด้วย เป็น 5 ระดับความเสี่ยง คือ เสี่ยงมากที่สุด เสี่ยงมาก เสี่ยงปานกลาง เสี่ยงน้อย และเสี่ยงน้อยที่สุด พบว่าในพื้นที่จังหวัดระยองมีสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่มีค่าความเข้มข้น

เกินค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปีจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ สารเบนซีน สาร 1,3-บิวทาไดอิน สารไวโนลคลอไรด์ และสาร 1,2-ไดคลอโรอีเทน ที่สอดคล้องกับรายงานผลการศึกษาของสำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ (2556) ส่วนการศึกษาที่แตกต่างกัน คือ จากการศึกษายังพบพื้นที่เพียง 2 หมู่บ้าน ที่มีความเสี่ยงจากสารคลอโรฟอร์ม ซึ่งตรวจพบจากสถานีตรวจวัดโรงเรียนวัดหนองแพบ

จากการวิเคราะห์เชิงพื้นที่พบว่าหมู่บ้านที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยจากสารอินทรีย์ระเหยที่เกินค่ามาตรฐาน 4 ชนิด ในระดับเสี่ยงมาก มีจำนวน 158 หมู่บ้าน คิดเป็นร้อยละ 38.92 ของหมู่บ้านทั้งหมด 406 หมู่บ้าน ที่ต้องให้ความสำคัญและเฝ้าระวังภัยที่อาจจะเกิดผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของประชากรในพื้นที่ดังกล่าว

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ในการศึกษาวิจัยในระยะถัดไปหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรต้องมีข้อมูลสถิติจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ ณ สถานีอื่น ๆ เพิ่มมากขึ้น ให้ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาจังหวัดระยอง ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการศึกษาครั้งนี้

7.2 ในการศึกษาควรพิจารณาในประเด็นที่ตั้งโรงงานอุตสาหกรรมแต่ละประเภทที่มีความเกี่ยวข้องกับการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยง่ายในพื้นที่เพื่อเพิ่มความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น เพื่อพิจารณาการกระจายตัวของสารอินทรีย์ระเหยง่ายมีความสัมพันธ์กับตำแหน่งที่ตั้งของโรงงานหรือไม่ โดยการวิเคราะห์จากตำแหน่งปล่อยปล่อยควันต้นกำเนิดของมลพิษทางอากาศ

7.3 การศึกษาต่อยอดจากงานวิจัยนี้สามารถศึกษาในประเด็นการเตรียมการอพยพหรือการให้บริการของโรงพยาบาลในพื้นที่บริการเพื่อขนย้ายผู้ที่ได้รับสารพิษชนิดเฉียบพลัน กรณีเกิดการระเบิดและรั่วไหลของสารพิษชนิดสารเบนซีน สาร

1,3-บิวทาไดอิน สารคลอโรฟอร์ม สารไวนิลคลอไรด์ และสาร 1,2-ไดคลอโรอีเทน เพื่ออพยพประชากรจากหมู่บ้านที่ได้รับอัตราเสี่ยงมากจากทั้ง 4 ชนิด จำนวน 158 หมู่บ้านนอกพื้นที่ หรือ นำส่งโรงพยาบาลที่ใกล้และเหมาะสมที่สุด

8. กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จของงานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลค่าการตรวจวัดสารอินทรีย์ระเหยง่าย จากสำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ ที่สนับสนุนข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้ศึกษาขอขอบคุณ ภาควิชาเทคโนโลยีชนบท คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์การใช้โปรแกรม ArcGIS 10.2 for desktop trial version เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ค่าสารอินทรีย์ระเหยง่ายเพื่อการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยจังหวัดระยองในการศึกษาครั้งนี้

9. เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ, 2552, กำหนดค่าเฝ้าระวังสำหรับสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศโดยทั่วไปในเวลา 24 ชั่วโมง, แหล่งที่มา : http://infofile.pcd.go.th/law/2_89_air.pdf?CFID=15004146&CFTOKEN=99700347, 25 กรกฎาคม 2556.

กรมควบคุมมลพิษ, 2555, ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารอินทรีย์ระเหยง่าย VOCs, แหล่งที่มา : http://thaitechno.net/dip/knowledge_detail.php?id=1165&uid=35317, 20 กรกฎาคม 2556.

กรมแผนที่ทหาร, 2556, การใช้โปรแกรมภูมิสารสนเทศในการสร้างแบบจำลองความสูงสามมิติของภูมิประเทศ, แหล่งที่มา :

<http://www.rtsd.mi.th/sections/Geodesy/index.php/2013-10-18-22-53-16/20-2013-10-01-02-06-30.htm>, 12 สิงหาคม 2556.

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2550, กำหนดมาตรฐานค่าสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศโดยทั่วไปในเวลา 1 ปี, แหล่งที่มา : http://infofile.pcd.go.th/law/2_78_air.pdf?CFID=15004146&CFTOKEN=99700347, 25 กรกฎาคม 2556.

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2552, กำหนดให้ท้องที่เขตตำบลมาบตาพุด ตำบลห้วยโป่ง ตำบลเนินพระ และตำบลทับมา อำเภอเมืองระยอง จังหวัดระยอง ทั้งตำบล ตำบลมาบตาพุด อำเภอนิคมพัฒนา จังหวัดระยอง ทั้งตำบล และตำบลบ้านฉาง อำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยอง รวมทั้งพื้นที่ทะเลภายในแนวเขต เป็นเขตควบคุมมลพิษ, แหล่งที่มา : http://www.onep.go.th/neb/6.%20Laws/data/announcement_neb/neb_announcement32.pdf, 25 กรกฎาคม 2556.

วรรณ เลาวกุล, 2552, โครงการวิจัย เรื่อง การประเมินการระบายสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากไอระเหยน้ำมันของรถยนต์ที่ใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลล์, ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, ปทุมธานี.

สำนักงานจังหวัดระยอง, 2554, ข้อมูลทั่วไปจังหวัดระยอง, แหล่งที่มา : <http://www.rayong-culture.org/politic.php>, 30 สิงหาคม 2556.

สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ, 2556, ข้อมูลสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศ (VOCs), แหล่งที่มา : <http://aqnis.pcd.go.th/data/vocs>, 25 กรกฎาคม 2556.

สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง, 2557, ข้อมูล
การตรวจวัดสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายใน
บรรยากาศในพื้นที่จังหวัดระยอง, ข้อมูล ณ
วันที่ 14 มีนาคม 2557, กรมควบคุมมลพิษ
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม,
กรุงเทพฯ.

สุเพชร จิระจรกุล, 2555, เรียนรู้ระบบภูมิสารสนเทศด้วยโปรแกรม ArcGIS Desktop 10.1. for Desktop, บริษัท เอ.พี.กราฟิคดีไซน์และการพิมพ์, กรุงเทพฯ.