การเคลื่อนที่และการกระจายตัวของสารประกอบพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่ดูดซับบนอนุภาคแขวนลอยภายในอาคารพาณิชย์บริเวณสถานีรถไฟฟ้าพระโขนง

นางสาวไพลิน ใบผกา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-3425-5

ลิขสิทธิ์ของ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1211762O6 12 พ.ย. 2549

MOVEMENT AND DISTRIBUTION OF PARTICLE-BOUND POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS (pPAHs) INSIDE COMMERCIAL BUILDINGS NEAR THE BANGKOK TRANSIT SYSTEM (BTS) PHRA KHANONG STATION

Miss Pailin Baiphaka

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Environmental Science (Inter-department)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2003

ISBN 974-17-3425-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเคลื่อนที่และการกระจายตัวของสารประกอบพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่ดูดซับบนอนุภาคแขวนลอยภายในอาคารพาณิชย์บริเวณสถานีรถไฟฟ้าพระโขนง
โดย	นางสาวไพลิน ใบผกา
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. สุรัตน์ บัวเลิศ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ ดร. ทรรศนีย์ เจตน์วิทยาชาญ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. สุชาดา กีระนันทน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. สุรัตน์ บัวเลิศ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ ดร. ทรรศนีย์ เจตน์วิทยาชาญ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. อาจอง ประทัตสุนทรสาร)

นางสาวไพลิน ใบผกา : การเคลื่อนที่และการกระจายตัวของสารประกอบพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่ดูดซับบนอนุภาคแขวนลอยภายในอาคารพาณิชย์บริเวณสถานีรถไฟฟ้าพระโขนง. (MOVEMENT AND DISTRIBUTION OF PARTICLE-BOUND POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBON (pPAHs) INSIDE COMMERCIAL BUILDINGS NEAR THE BANGKOK TRANSIT SYSTEM (BTS) PHRA KHANONG STATION) อาจารย์ที่ปรึกษา: อาจารย์ ดร. สุรัตน์ บัวเลิศ, อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม: อาจารย์ ดร. ทรรศนีย์ เจตน์วิทยาชาญ, 104 หน้า.
ISBN 974-17-3425-5

การศึกษาปริมาณของสารประกอบพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่ดูดซับบนอนุภาคแขวนลอย (pPAHs) ได้ดำเนินการที่บริเวณอาคารใกล้สถานีรถไฟฟ้า BTS ระหว่างวันที่ 23 กันยายน ถึง 6 ตุลาคม 2545 และพื้นที่เปรียบเทียบ ระหว่างวันที่ 6-19 มกราคม 2546 โดยเครื่อง Realtime PAH Monitor (PAS2000CE) จุดที่สามารถตรวจพบความเข้มข้นของ pPAHs สูงสุดในบริเวณอาคารใกล้สถานีรถไฟฟ้า BTS และพื้นที่เปรียบเทียบ คือ ภายนอกอาคารระดับพื้น โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 717.66 และ 80.80 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ความเข้มข้นของ pPAHs ที่ตรวจวัดได้บริเวณภายนอกและภายในของอาคารที่ตั้งอยู่ใกล้สถานีรถไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กันมากกว่าที่ตรวจวัดบริเวณอาคารในพื้นที่เปรียบเทียบ ทั้งนี้เป็นผลมาจากลักษณะโครงสร้างของพื้นที่แตกต่างกัน คือ โครงสร้างของสถานีรถไฟฟ้าที่จุดตรวจวัดส่งผลให้การแพร่กระจายของมลสารเกิดขึ้นในขอบเขตที่จำกัดมากกว่าบริเวณพื้นที่เปรียบเทียบ การเคลื่อนที่ของ pPAHs บริเวณอาคารที่ตั้งอยู่ใกล้สถานีรถไฟฟ้า พบว่า ในแนวระดับเดียวกัน ที่ระดับพื้นและระดับอาคารชั้นสาม สาร pPAHs จากภายนอกอาคารเคลื่อนที่และสะสมสู่ภายในอาคารใช้เวลาประมาณ 30 และ 20 นาที ตามลำดับ สำหรับการเคลื่อนที่ตามระดับความสูง พบว่า สาร pPAHs จากภายนอกอาคารระดับพื้นเคลื่อนที่และสะสมสู่ภายในอาคารชั้น 3 ใช้เวลาประมาณ 18 นาที ลักษณะการเคลื่อนที่ของ pPAHs ที่จุดตรวจวัดใต้สถานีรถไฟฟ้าจะปรากฏในทิศทางที่มาจากถนนเป็นหลัก เนื่องจากการเคลื่อนที่ของสารได้รับอิทธิพลจากการเคลื่อนตัวของยานพาหนะ จากการวิเคราะห์สมการถดถอยเพื่อคาดคะเนค่าความเข้มข้นเฉลี่ยหนึ่งชั่วโมงของ pPAHs ที่บริเวณอาคารใกล้สถานีรถไฟฟ้า พบว่า ปริมาณและความหนาแน่นของรถประเภทบรรทุกขนาดใหญ่และรถบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ เป็นปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการปลดปล่อยสาร และปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ temperature gradient ความเร็วและทิศทางลม และความเข้มแสง เมื่อทดสอบค่าความเข้มข้นของ pPAHs ที่คาดคะเนได้จากแบบจำลองเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริง พบว่า มีความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของ pPAHs ที่ได้จากข้อมูลทั้งสองชุด และสามารถประยุกต์ใช้แบบจำลองดังกล่าวในการลดปริมาณความเข้มข้น pPAHs โดยการควบคุมที่ปริมาณการจราจรโดยเฉพาะอย่างยิ่ง รถบรรทุกขนาดใหญ่และรถบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ

ภาควิชา สหสาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต.....ไพลิน ใบผกา.....
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2546 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

##4489095920: MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE
KEYWORD: PARTICLE-BOUND POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS (pPAHs)/ BANGKOK TRANSIT SYSTEM (BTS)/ VERTICAL DISTRIBUTION/ TRAFFIC SOURCE

PAILIN BAIPHAKA: MOVEMENT AND DISTRIBUTION OF PARTICLE-BOUND POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS (pPAHs) INSIDE COMMERCIAL BUILIDINGS NEAR THE BANGKOK TRANSIT SYSTEM (BTS) PHRA KHANONG STATION. THESIS ADVISOR: SURAT BUALERT Ph.D., THESIS COADVISOR: TASSANEE CHETWITTAYACHAN Ph.D., 104 pp. ISBN 974-17-3425-5

The study of particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons (pPAHs) at the BTS station during 23 September – 6 October 2002 and at the reference site during 6-19 January 2003 were carried out by using Realtime PAH Monitor (PAS2000CE). The highest average pPAHs concentrations measured at either the building nearby the BTS station or the reference site were found at the outdoor ground level with the values of 717.66 and 80.80 ng/m^3, respectively. The outdoor and indoor pPAHs concentrations surround the building near the BTS station showed higher relationship than those at the reference site. This might be caused by the structure of BTS station, which affected less distribution of the pollutant within the two study areas. Inside the building near the BTS station, the movement of pPAHs from outdoor to indoor area at the same receptor level, at ground floor and 3rd floor, showed the corresponding time delay of 30 and 20 minutes, respectively. For the vertical transportations, the pPAHs transported from outdoor at the ground level to indoor 3rd floor area with the delay time of 18 minutes. The transportation patterns of pPAHs at the site under the BTS station were mainly found from the road due to vehicular movement. From the regression analysis for predicting the hourly average pPAHs concentrations at the building near the BTS station, volume and density of bus and truck and of pickup and van, were dominant factors in relation to emission source. In addition, relative humidity, temperature gradient, wind speed and wind direction, and solar radiation, were important meteorological factors for temporal variation of the pPAHs concentrations. The predicted pPAHs concentrations from the regression model were compared with the observed values. The results showed a satisfactory correlation between the predicted and the observed pPAHs concentrations. Moreover, the model was considered to be useful for estimating the reduction of the pPAHs concentrations by control the traffic volume of bus and truck and pickup and van.

Inter-Department Environmental Science
Filed of study Environmental Science
Academic year 2003

Student's signature.....Pailin Baiphaka.....
Advisor's signature.....S. Bualert.....
Co-advisor's signature.....T. Chetwittayachan.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากหลาย ๆ ฝ่าย ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.สุรัตน์ บัวเลิศ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร. ทรรศนีย์ เจตน์วิทยาชาญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งท่านได้กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำให้ข้อคิดเห็นต่าง ๆ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับทุนและอุปกรณ์การศึกษาจากโครงการ Risk evaluation of particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons (pPAHs) at roadside air environment in Bangkok by time-series analysis and its application to urban traffic managemant ซึ่งมีศาสตราจารย์ ดร. Yamamoto Kazuo เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการและมีอาจารย์ ดร.ทรรศนีย์ เจตน์วิทยาชาญ เป็นผู้ประสานงาน จึงขอกราบขอบพระคุณ ณ ที่นี้

นอกจากนี้ ได้รับความเอื้อเฟื้อสถานที่ติดตั้งอุปกรณ์บริเวณสถานีรถไฟฟ้าจาก บริษัท ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) โดยมี คุณธีระ ตระกูลเงิน เป็นผู้ประสานงาน และคุณสมภพ สุภาวิมล ซึ่งเป็นเจ้าของสถานีที่ติดตั้งอุปกรณ์บริเวณในอาคารและนอกอาคาร จึงขอกราบขอบพระคุณ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุก ๆ ท่านในสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อมที่ได้ให้คำแนะนำและให้ข้อคิดเห็นต่าง ๆ ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการที่เข้าฟังการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่กรุณาสละเวลาช่วยเหลือในการแก้ไขวิทยานิพนธ์และขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ และเจ้าหน้าที่ทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือตลอดการทำวิจัย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยได้ใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา และพี่ ๆ ทุกคน ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงิน ความช่วยเหลือและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญภาพ	ญ
คำย่อ	ฏ
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 แนวเหตุผลและทฤษฎี	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2 ทบทวนเอกสาร	4
2.1 บทนำ	4
2.2 ลักษณะสมบัติทางกายภาพและเคมี	4
2.3 แหล่งกำเนิด PAHs	8
2.4 การกระจายตัวของ PAHs ในบรรยากาศ	10
2.5 การได้รับสัมผัส PAHs ของมนุษย์	11
2.6 ความเป็นพิษของ PAHs	12
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
3 วิธีดำเนินการศึกษา	17
3.1 สถานที่ทำการศึกษา	17
3.2 เครื่องมือวัดความเข้มข้น PAHs	18
3.3 วิธีดำเนินการ	19
4 วิเคราะห์และวิจารณ์ผลการทดลอง	27
4.1 ข้อมูลการทดลองเบื้องต้น	27
4.2 ความเข้มข้นของ pPAHs	27
4.3 ความสัมพันธ์ความเข้มข้น pPAHs ระหว่างนอกอาคารและในอาคาร	31
4.4 การเคลื่อนที่ของ pPAHs ตามระดับความสูง	33

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.5 การเคลื่อนที่ของ pPAHs จากภายนอกอาคารเข้าสู่ภายในอาคาร (บริเวณอาคารใกล้สถานีรถไฟฟ้า BTS) 34
4.6 ความเข้มข้นของ pPAHs กับการจราจร 39
4.7 สภาพอุตุนิยมวิทยา 46
4.8 การเคลื่อนที่ของ pPAHs 47
4.9 การวิเคราะห์สมการถดถอยของความเข้มข้น pPAHs 51
5 สรุปและข้อเสนอแนะ 61
5.1 สรุปผลการทดลอง 61
5.2 ข้อเสนอแนะ 63
รายการอ้างอิง 64
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก 67
ภาคผนวก ข 83
ภาคผนวก ค 100
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 104

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 จำนวน PAHs ในระบบ kata-annellated และ peri-condensed ที่มีจำนวนวงอะโรมาติก (N) ตั้งแต่ 1 วง 5

2.2 สูตรโครงสร้าง น้ำหนักโมเลกุล จุดหลอมเหลวและจุดเดือดของ PAHs 6

2.3 การจัดกลุ่ม PAHs โดย International Agency for Research on Cancer 13

3.1 สาร PAHs ที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้ และพลังงาน photoionization 19

3.2 พารามิเตอร์ทางอุตุนิยมวิทยาและเครื่องมือที่ใช้ตรวจวัด 22

4.1 ค่าสัมประสิทธิ์เพื่อการตัดสินใจ (R^2) ระหว่างเครื่อง Realtime PAH Monitor PAS2000CE จำนวน 5 เครื่อง 27

4.2 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของ pPAHs บริเวณพื้นที่ศึกษา 30

4.3 อัตราส่วนระหว่างจุดตรวจวัดความเข้มข้น pPAHs บริเวณพื้นที่ศึกษา 31

4.4 ค่าเฉลี่ย และอัตราส่วนความเข้มข้นทั้ง 3 จุดตรวจวัด 34

4.5 ค่า R_{xy} Lag และระยะเวลาในแต่ละจุดตรวจวัด 38

4.6 ปริมาณรถแต่ละประเภท 41

4.7 ความเร็วเฉลี่ยของรถแต่ละประเภทในวันทำงาน 43

4.8 ความเร็วเฉลี่ยของรถแต่ละประเภทในวันหยุด 44

4.9 ความเร็วเฉลี่ยของรถแต่ละประเภทบนถนนบริเวณศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศในวันทำงาน 44

4.10 ความเร็วเฉลี่ยของรถแต่ละประเภทบนถนนบริเวณศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศในวันหยุด 45

4.11 ค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา 47

4.12 ความหมายของตัวแปรที่ใช้ในสมการ regression 55

4.13 ผลการวิเคราะห์สมการถดถอยทั้ง 3 วิธี 57

4.14 ผลของ analysis of variance ทั้ง 3 วิธี 57

4.15 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในสมการถดถอย 58

4.16 ค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงความเข้มข้นของค่าที่ได้จากสมการ และค่าที่ลดปริมาณจราจร 10% และ 50% 60

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 โครงสร้างกลุ่ม PAHs ระบบ kata-annellated และ ระบบ peri-condensed 4

3.1 โครงสร้างสถานีรถไฟฟ้า BTS (สถานีพระโขนง) 17

3.2 โครงสร้างบริเวณพื้นที่เปรียบเทียบ 17

3.3 เครื่อง Realtime PAH Monitor PAS2000CE (จำนวน 5 เครื่อง) 18

3.4 แสดงจุดเก็บตัวอย่างอากาศบริเวณสถานีรถไฟฟ้า (สถานีพระโขนง) และบริเวณใกล้ เคียง 21

3.5 แสดงจุดเก็บตัวอย่างอากาศบริเวณพื้นที่เปรียบเทียบ 22

3.6 โครงสร้างถนนและจุดติดตั้งอุปกรณ์บริเวณถนนสุขุมวิทเพื่อนับปริมาณจราจร และวัดความเร็วของรถ 24

3.7 แผนผังสรุปขั้นตอนวิธีการดำเนินการ 25

4.1 ความเข้มข้นเฉลี่ยรายชั่วโมงของ pPAHs ในแต่ละวันบริเวณอาคารใกล้สถานี รถไฟ ฟ้า BTS 28

4.2 ความเข้มข้นเฉลี่ยรายชั่วโมงของ pPAHs ในแต่ละวันบริเวณพื้นที่เปรียบเทียบ 29

4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ pPAHs ที่ตรวจวัดนอกอาคาร และในอาคารบริเวณ อาคารใกล้สถานีรถไฟฟ้า BTS ที่ระดับพื้น (ก) และชั้น3 (ข) 31

4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ pPAHs ที่ตรวจวัดนอกอาคารและ ในอาคารบริเวณพื้นที่เปรียบเทียบที่ระดับพื้น(ก)และชั้น3 (ข) 32

4.5 ความเข้มข้นของ pPAHs ตามระดับความสูง 33

4.6 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากค่าจากการวิเคราะห์แบบ cross-correlation ของความเข้มข้นของ pPAHs ระหว่างนอกและในอาคารที่ระดับเดียวกัน ระดับพื้น (ก) ชั้น 3 (ข) 35

4.7 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากค่าจากการวิเคราะห์แบบ Cross-correlation ของความเข้มข้นของ pPAHs ระหว่างนอกและในอาคารที่ต่างระดับเดียว ในอาคาร(ก) นอกอาคาร (ข) นอกอาคารและในอาคาร (ค) 37

4.8 เส้นทางการเคลื่อนที่ของ pPAHs 39

4.9 ปริมาณรถประเภทต่าง ๆ ทั้งถนนฝั่งเข้าเมืองและฝั่งออกเมือง 40

4.10 สัดส่วนปริมาณรถแต่ละประเภท 41

4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้น pPAHs (นอกอาคารระดับพื้น) และปริมาณ ของรถ แต่และประเภท 43

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้น pPAHs (นอกอาคารระดับพื้น) และความหนาแน่นของรถแต่และประเภท (ก) วันทำงาน (ข) วันหยุด 46
4.13 ทิศทางการเคลื่อนที่ของ pPAHs บริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้า BTS 48
4.14 ทิศทางการเคลื่อนที่ของ pPAHs บริเวณนอกอาคารชั้น 3 49
4.15 ทิศทางการเคลื่อนที่ของ pPAHs บริเวณชานชลาของสถานีรถไฟฟ้า BTS 50
4.16 การเปลี่ยนแปลงของปัจจัย/ตัวแปร ต่าง ๆ ในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา 52
4.17 การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้น pPAHs จากค่าที่วัดได้จริง ค่าประมาณ และค่าคาดเคนะ 59
4.18 กราฟความสัมพันธ์ค่าความเข้มข้น pPAHs ระหว่างค่าที่วัดจริงและค่าคาดคะเน 59
4.19 การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้น pPAHs จากค่าประมาณ ค่าคาดเคนะ ค่าคะเนที่ลดปริมาณจราจร 10 % และ 50 % 60

คำย่อ

คำย่อหน่วย

^{0}C	หมายถึง	องศาเซลเซียส
eV	หมายถึง	อิเล็กตรอนโวลต์
µg/day	หมายถึง	ไมโครกรัมต่อวัน
$\mu g/m^3$	หมายถึง	ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
l/min	หมายถึง	ลิตรต่อนาที
µm	หมายถึง	ไมโครเมตร
mg/l	หมายถึง	มิลลิกรัมต่อลิตร
mm	หมายถึง	มิลลิเมตร
m/s	หมายถึง	เมตรต่อวินาที
ng/l	หมายถึง	นาโนกรัมต่อลิตร
ng/m^3	หมายถึง	นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
nm	หมายถึง	นาโนเมตร
W/m^2	หมายถึง	วัตต์ต่อตารางเมตร
w/w	หมายถึง	น้ำหนักต่อน้ำหนัก

คำย่อทิศทาง

E	หมายถึง	ทิศตะวันออก
ENE	หมายถึง	ทิศที่ทำมุมกับทิศเหนือ 67.5 องศา
ESE	หมายถึง	ทิศที่ทำมุมกับทิศเหนือ 112.5 องศา
N	หมายถึง	ทิศเหนือ
NE	หมายถึง	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ
NNE	หมายถึง	ทิศที่ทำมุมกับทิศเหนือ 22.5 องศา
NNW	หมายถึง	ทิศที่ทำมุมกับทิศเหนือ 337.5 องศา
NW	หมายถึง	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ
S	หมายถึง	ทิศใต้
SE	หมายถึง	ทิศตะวันออกเฉียงใต้
SSE	หมายถึง	ทิศที่ทำมุมกับทิศเหนือ 157.5 องศา
SSW	หมายถึง	ทิศที่ทำมุมกับทิศเหนือ 202.5 องศา
SW	หมายถึง	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
W	หมายถึง	ทิศตะวันตก
WNW	หมายถึง	ทิศที่ทำมุมกับทิศเหนือ 292.5 องศา
WSW	หมายถึง	ทิศที่ทำมุมกับทิศเหนือ 247.5 องศา