

การประยุกต์แบบจำลองคุณภาพอากาศริมถนน CALINE4 เพื่อพยากรณ์
ระดับปริมาณฝุ่นละอองริมถนนกรุงเทพมหานคร



นาย ชุมพล ศรีประภากร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-17-0722-3

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**APPLICATION OF CALINE4 AIR QUALITY MODEL FOR PREDICTION
ROADSIDE PARTICULATE MATTER'S LEVEL IN BANGKOK**



Mr.Chumpol Sripraparkorn

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Environmental Science**

Inter-department of Environmental Science

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2001

ISBN 974-17-0722-3

ชุมพล ศรีประภากร : การประยุกต์แบบจำลองคุณภาพอากาศริมถนน CALINE4 เพื่อพยากรณ์ระดับปริมาณฝุ่นละอองริมถนนกรุงเทพมหานคร (APPLICATION OF CALINE4 AIR QUALITY MODEL FOR PREDICTION ROADSIDE PARTICULATE MATTER'S LEVEL IN BANGKOK) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.วนิดา จินศาสตร์, 122 หน้า, ISBN 974-17-0722-3

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการประยุกต์แบบจำลองคุณภาพอากาศริมถนน CALINE4 จากประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อใช้คำนวณความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10) ของถนนลาดพร้าวและถนนดินแดงในช่วงเดือนมิถุนายน 2544 - เดือนมกราคม 2545 โดยเปรียบเทียบกับค่าที่วัดจริงริมถนน รวมทั้งศึกษาความเหมาะสมในการใช้เครื่อง DustTrak เป็นอุปกรณ์ตรวจสอบชนิดเคลื่อนที่ได้ โดยเปรียบเทียบกับผลจากเครื่องของกรมควบคุมมลพิษซึ่งใช้หลักการ Beta-Ray Absorption ผลชี้ให้เห็นว่าเครื่อง DustTrak มีความเป็นไปได้ในการใช้เป็นอุปกรณ์ติดตามตรวจสอบชนิดเคลื่อนที่ได้แต่ควรมีการทดสอบเพิ่มขึ้นเพื่อยืนยันผล ในการคำนวณเพื่อประยุกต์แบบจำลองเลือกใช้ค่าตัวคูณมลสารของกรมควบคุมมลพิษ และหลังจากทดลองใช้แบบจำลองกับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ได้ปรับใช้กับฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) ซึ่งผลที่ได้จากแบบจำลองชี้ให้เห็นถึงศักยภาพในการประยุกต์ใช้ โดยแสดงผลเป็นค่า Root Mean Square (RMSE) ที่ดีที่สุดของถนนลาดพร้าวคือ 0.94 และถนนดินแดงคือ 0.56 ปัจจัยที่มีผลต่อค่าจากแบบจำลองมากที่สุด ได้แก่ ค่าความเข้มข้นมลสารพื้นฐาน จำนวนยานพาหนะต่อชั่วโมง ค่า Composite Emission Factor ทิศทางและความเร็วลม ปัจจัยที่มีผลต่อแบบจำลองปานกลาง ได้แก่ อุณหภูมิ ระยะเวลาและความสูงของจุดรับมลสารจากแนวถนน และปัจจัยที่มีต่อแบบจำลองน้อย ได้แก่ ค่าระดับความคงตัวของบรรยากาศและค่าความสูงของมวลอากาศที่ผสมกัน (mixing height)

สหสาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม

ปีการศึกษา 2544

ลายมือชื่อนิติ.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

4289660220 : MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEY WORD : AIR QUALITY MODEL /CALINE4/PM10

CHUMPOL SRIPRAPARKORN : APPLICATION OF CALINE4 AIR QUALITY MODEL
FOR PREDICION ROADSIDE PARTICULATE MATTER'S LEVEL IN BANGKOK

THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. WANIDA JINSART 122 pp. ISBN 974-17-0722-3

In this research, CALINE4 air quality model from USA was applied to calculate particulate matter less than 10 micron (PM10) of Ladphrao and Dindaeng road between June 2001 - January 2002 by compare with measurement. Study the suitability for use the DustTrak equipment as a mobile monitor by compare with data of Pollution Control Department (PCD) that use Beta-Ray absorption. Results indicate that the DustTrak may be suitable as a mobile monitoring but further quality assurance need to be done. Emission Factor of PCD was chosen to calculate model application. The model after trailing with gaseous carbon monoxide was adapted for particulate matter. From the result model indicated potential in this application. The best root mean square error (RMSE) of Ladphrao road is 0.94 and Dindaeng road is 0.56. The major factors that related to model result were ambient pollutant concentration, number of vehicle per hour, composite emission factor, wind direction and wind speed. The minor factors were temperature, distance and height of receptor from roadside. The factors have little impact on model result were atmospheric stability class and mixing height.

Inter-department Environmental Science

Field of Study Environmental Science

Academic year 2001

Student's signature.....*Chumpol*

Advisor's signature.....*Wanida Jinsart*

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฅ
สารบัญตาราง.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย.....	2
1.3 สมมติฐาน.....	2
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.7 วิธีดำเนินการวิจัย.....	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 แนวคิดและทฤษฎี.....	5
2.2 ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน.....	5
2.3 แหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง.....	6
2.4 ผลกระทบของอนุภาคฝุ่นละออง.....	7
2.5 มาตรฐานอนุภาคฝุ่นละอองในประเทศไทย.....	9
2.6 ภาพรวมของแบบจำลองคุณภาพอากาศ.....	9
2.7 Gaussian Plume model.....	13
2.8 การกระจายตัวในชั้นเขตแดน.....	18
2.9 ประเภทความคงตัวของอากาศและสัมประสิทธิ์การกระจายตัว.....	23
2.10 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	32

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย.....	34
3.1 พื้นที่ทำการศึกษา.....	34
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	38
3.3 การคำนวณค่า Composite emissison factor.....	45
บทที่ 4 ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ข้อมูล.....	46
4.1 ปริมาณการจราจร.....	46
4.2 การเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละออง PM10 จากเครื่อง DustTrak และ Beta-Ray Absorption กรมควบคุมมลพิษ.....	60
4.3 การปรับปรุงแบบจำลอง CALINE4.....	66
4.4 ผลวิเคราะห์ความไวของแบบจำลอง CALINE4.....	77
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	87
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	87
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	92
รายการอ้างอิง.....	93
ภาคผนวก.....	102
ภาคผนวก ก ปริมาณยานพาหนะ.....	103
ภาคผนวก ข ข้อมูลการจราจรและจุดนิยามที่เกี่ยวข้อง.....	112
ภาคผนวก ค สูตรที่ใช้ในการคำนวณค่าต่าง ๆ.....	121
ภาคผนวก ง วิธีประเมินค่าความคงตัวของบรรยากาศ.....	126
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	111

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงภาพการกระจายตัวแบบ Gaussian ในแนวนอนและแนวตั้ง.....	16
รูปที่ 2.2 แสดงขอบเขตของชั้นเขตแดน.....	20
รูปที่ 2.3 แสดงผังลมของแต่ละพื้นผิว.....	21
รูปที่ 2.4 แสดงอุณหภูมิที่ความสูงต่างๆ และค่าความตัวของอากาศ.....	24
รูปที่ 2.5 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวในทิศได้ลมของ Pasquill-Gifford.....	26
รูปที่ 2.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Monin-Obukhov และ surface roughness สำหรับค่าความตัวของอากาศประเภทต่างๆ	30
รูปที่ 3.1 แสดงแผนที่ของถนนลาดพร้าว.....	34
รูปที่ 3.2 แสดงภาพถนนลาดพร้าวบริเวณที่ทำการศึกษา.....	35
รูปที่ 3.3 แสดงสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศริมถนนของกรมควบคุมมลพิษ บริเวณ หน้าที่พักตำรวจจราจร โชคชัย 4.....	35
รูปที่ 3.4 แสดงแผนที่ของถนนดินแดง.....	36
รูปที่ 3.5 แสดงภาพถนนดินแดงบริเวณที่ทำการศึกษา.....	37
รูปที่ 3.6 แสดงสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศริมถนนของกรมควบคุมมลพิษ หน้าเคหะชุมชนดินแดง.....	37
รูปที่ 3.7 แสดงเครื่องมือ DustTrak.....	38
รูปที่ 3.8 เครื่องตรวจวัดฝุ่นละอองด้วยวิธี Beta-Ray Adsorption ของกรมควบคุมมลพิษ.....	39
รูปที่ 3.9 แสดงหน้า Job Parameters ของโปรแกรม CALINE4	40
รูปที่ 3.10 แสดงหน้า Link Geometry ของโปรแกรม CALINE4.....	41
รูปที่ 3.11 แสดงหน้า Link Activity ของโปรแกรม CALINE4.....	42
รูปที่ 3.12 แสดงหน้า Run Condition ของโปรแกรม CALINE4.....	43
รูปที่ 3.13 แสดงหน้า Receptor ของโปรแกรม CALINE4.....	44
รูปที่ 4.1 แสดงปริมาณยานพาหนะแยกตามประเภทรายชั่วโมง ถนนลาดพร้าว วันที่ 7 สิงหาคม 2544.....	51
รูปที่ 4.2 แสดงปริมาณยานพาหนะแยกตามประเภทรายชั่วโมง ถนนลาดพร้าว วันที่ 20 กันยายน 2544.....	51
รูปที่ 4.3 แสดงปริมาณยานพาหนะแยกตามประเภทรายชั่วโมง ถนนลาดพร้าว วันที่ 21 มกราคม 2545.....	52

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 4.4 แสดงปริมาณยานพาหนะแยกตามประเภทรายชั่วโมง ถนนลาดพร้าว วันที่ 22 มกราคม 2545.....	52
รูปที่ 4.5 แสดงปริมาณยานพาหนะแยกตามประเภทรายชั่วโมง ถนนดินแดง วันที่ 3 กรกฎาคม 2544.....	58
รูปที่ 4.6 แสดงปริมาณยานพาหนะแยกตามประเภทรายชั่วโมง ถนนดินแดง วันที่ 16 สิงหาคม 2544.....	58
รูปที่ 4.7 แสดงปริมาณยานพาหนะแยกตามประเภทรายชั่วโมง ถนนดินแดง วันที่ 23 มกราคม 2545.....	59
รูปที่ 4.8 แสดงปริมาณยานพาหนะแยกตามประเภทรายชั่วโมง ถนนดินแดง วันที่ 25 มกราคม 2545.....	59
รูปที่ 4.9 แสดงผลที่ได้จากเครื่อง DustTrak และ Beta-Ray Absorption ต่อเวลา บนถนนลาดพร้าว วันที่ 21 มกราคม 2545.....	60
รูปที่ 4.10 แสดงผลที่ได้จากเครื่อง DustTrak และ Beta-Ray Absorption ต่อเวลา บนถนนลาดพร้าว วันที่ 22 มกราคม 2545.....	61
รูปที่ 4.11 แสดงผลที่ได้จากเครื่อง DustTrak และ Beta-Ray Absorption ต่อเวลา บนถนนดินแดง วันที่ 23 มกราคม 2545.....	62
รูปที่ 4.12 แสดงผลที่ได้จากเครื่อง DustTrak และ Beta-Ray Absorption ต่อเวลา บนถนนดินแดง วันที่ 25 มกราคม 2545.....	63
รูปที่ 4.13 แสดงค่า Linear Regression.....	64
รูปที่ 4.14 แสดงสมการถดถอยและค่า R^2 ของข้อมูลทั้ง 4 วัน.....	65
รูปที่ 4.15 แสดงความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนไซด์ที่ได้จากแบบจำลอง กับค่าที่วัดจริง.....	66
รูปที่ 4.16 แสดงการเปรียบเทียบค่าระหว่างแบบจำลองและค่าจากกรมควบคุมมลพิษ ในวันที่ 7 สิงหาคม 2544.....	69
รูปที่ 4.17 แสดงการเปรียบเทียบค่าระหว่างแบบจำลองและค่าจากกรมควบคุมมลพิษ ในวันที่ 20 กันยายน 2544.....	70

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 4.18 แสดงการเปรียบเทียบค่าระหว่างแบบจำลองและค่าจากกรมควบคุมมลพิษ ในวันที่ 21 มกราคม 2545.....	71
รูปที่ 4.19 แสดงการเปรียบเทียบค่าระหว่างแบบจำลองและค่าจากกรมควบคุมมลพิษ ในวันที่ 22 มกราคม 2545.....	72
รูปที่ 4.20 แสดงการเปรียบเทียบค่าระหว่างแบบจำลองและค่าจากกรมควบคุมมลพิษ ในวันที่ 3 กรกฎาคม 2544.....	73
รูปที่ 4.21 แสดงการเปรียบเทียบค่าระหว่างแบบจำลองและค่าจากกรมควบคุมมลพิษ ในวันที่ 16 สิงหาคม 2544.....	74
รูปที่ 4.22 แสดงการเปรียบเทียบค่าระหว่างแบบจำลองและค่าจากกรมควบคุมมลพิษ ในวันที่ 23 มกราคม 2545.....	75
รูปที่ 4.23 แสดงการเปรียบเทียบค่าระหว่างแบบจำลองและค่าจากกรมควบคุมมลพิษ ในวันที่ 25 มกราคม 2545.....	76
รูปที่ 5.1 แสดงสัดส่วนประเภทยานพาหนะบนถนนลาดพร้าวเฉลี่ย ตลอดช่วงเวลาทำการศึกษา.....	87
รูปที่ 5.2 แสดงสัดส่วนประเภทยานพาหนะบนถนนดินแดงเฉลี่ย ตลอดช่วงเวลาทำการศึกษา.....	88
รูปที่ 5.3 แสดงภาพความสัมพันธ์ของค่าระหว่าง DustTrak และ Beta-Absorption ของข้อมูลทั้ง 4 ทำการศึกษา.....	89

สารบัญตาราง

ตารางประกอบ		หน้า
ตารางที่ 2.1	ค่า surface roughness lengths ตามชนิดพื้นที่และฤดูกาล.....	20
ตารางที่ 2.2	แสดงค่า surface roughness สำหรับเมืองต่างๆ.....	22
ตารางที่ 2.3	แสดงเงื่อนไขทางอุตุนิยมวิทยาที่ใช้กำหนดค่า.....	25
ตารางที่ 2.4	แสดงค่าคงที่ของ Pasquill-Gifford สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัว.....	26
ตารางที่ 2.5	แสดงค่าเฉลี่ยความร้อนจากกิจกรรมของมนุษย์และค่าความส่องสว่าง ของดวงอาทิตย์ในเมืองต่างๆ.....	28
ตารางที่ 2.6	แสดงค่า Bowen ratios ต่อประเภทการใช้ที่ดินและฤดูกาล (ค่าเฉลี่ย).....	29
ตารางที่ 2.7	แสดงการแปลค่า Monin-Obukhov length ให้ค่าลักษณะการคงตัว ของบรรยากาศสำหรับค่าความคงตัวของอากาศประเภทต่างๆ.....	29
ตารางที่ 2.8	แสดงค่า Monin-Obukhov ที่น้อยที่สุด.....	30
ตารางที่ 3.1	แสดงค่าที่ต้องกำหนดในหน้า Link Geometry.....	41
ตารางที่ 3.2	แสดงค่าที่ต้องกำหนดในหน้า Link Geometry.....	42
ตารางที่ 3.3	การกำหนดค่า Co-ordinate ของ Receptor ตามที่ตั้งของ สถานีตรวจวัดคุณภาพ.....	42
ตารางที่ 3.4	แสดงการแบ่งประเภทยานพาหนะและค่า Emission Factor ของกรมควบคุมมลพิษ.....	45
ตารางที่ 4.1	แสดงจำนวนยานพาหนะประเภทต่างๆ บนถนนลาดพร้าว.....	46
ตารางที่ 4.2	แสดงช่วงเวลาที่ยานพาหนะผ่านมากและน้อยที่สุดบนถนนลาดพร้าว ในวันที่ 7 สิงหาคมและ 20 กันยายน 2544.....	47
ตารางที่ 4.3	แสดงช่วงเวลาที่ยานพาหนะผ่านมากและน้อยที่สุดบนถนนลาดพร้าว ในวันที่ 21-22 มกราคม 2545.....	49
ตารางที่ 4.4	แสดงจำนวนยานพาหนะประเภทต่างๆ บนถนนดินแดง.....	53
ตารางที่ 4.5	แสดงช่วงเวลาที่ยานพาหนะผ่านมากที่สุดและน้อยที่สุดบนดินแดง ในวันที่ 3 กรกฎาคม และวันที่ 16 สิงหาคม 2544.....	54
ตารางที่ 4.6	แสดงช่วงเวลาที่ยานพาหนะผ่านมากที่สุดและน้อยที่สุดบนดินแดง ในวันที่ 23 และ 25 มกราคม 2545.....	56
ตารางที่ 4.7	แสดงค่า R ² ของข้อมูลในวันที่ทำการศึกษา.....	64

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางประกอบ	หน้า
ตารางที่ 4.8	แสดงค่า Root Mean Square Error (RMSE) ในวันต่าง ๆ ที่การศึกษา..... 77
ตารางที่ 4.9	ข้อมูลของวันที่ 7 สิงหาคม 2544 เวลา 8.00-9.00 น. 78
ตารางที่ 4.10	แสดงผลความไวของแบบจำลอง CALINE4 ต่อปริมาณการจราจร..... 79
ตารางที่ 4.11	แสดงผลความไวของแบบจำลองต่อค่า Emission Factor..... 80
ตารางที่ 4.12	แสดงผลความไวของแบบจำลองต่อความเร็วลม..... 81
ตารางที่ 4.13	แสดงผลความไวของแบบจำลองต่อทิศทางลม..... 82
ตารางที่ 4.14	แสดงผลความไวของแบบจำลองต่อระดับความกดตัวของบรรยากาศ..... 83
ตารางที่ 4.15	แสดงค่าความไวของแบบจำลองต่อค่า Mixing Height..... 83
ตารางที่ 4.16	แสดงค่าความไวของแบบจำลองต่ออุณหภูมิ..... 84
ตารางที่ 4.17	แสดงค่าความไวของแบบจำลองที่มีต่อค่า Ambient PM10 Concentration..... 85
ตารางที่ 4.18	ความไวของแบบจำลองที่มีต่อระยะห่างและความสูงของจุดรับมลสาร จากขอบถนน..... 86
ตารางที่ 5.1	แสดงค่า Root Mean Square Error (RMSE) ในวันต่าง ๆ ที่การศึกษา..... 90
ตารางที่ ก.1	แสดงปริมาณยานพาหนะประเภทต่างๆ วันที่ 3 กรกฎาคม 2544..... 104
ตารางที่ ก.2	แสดงปริมาณยานพาหนะประเภทต่างๆ วันที่ 7 สิงหาคม 2544..... 105
ตารางที่ ก.3	แสดงปริมาณยานพาหนะประเภทต่างๆ วันที่ 16 สิงหาคม 2544..... 106
ตารางที่ ก.4	แสดงปริมาณยานพาหนะประเภทต่างๆ วันที่ 20 กันยายน 2544..... 107
ตารางที่ ก.5	แสดงปริมาณยานพาหนะประเภทต่างๆ วันที่ 21 มกราคม 2545..... 108
ตารางที่ ก.6	แสดงปริมาณยานพาหนะประเภทต่างๆ วันที่ 22 มกราคม 2545..... 109
ตารางที่ ก.7	แสดงปริมาณยานพาหนะประเภทต่างๆ วันที่ 23 มกราคม 2545..... 110
ตารางที่ ก.8	แสดงปริมาณยานพาหนะประเภทต่างๆ วันที่ 25 มกราคม 2545..... 111
ตารางที่ ข.1	แสดงข้อมูลการจราจรและอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้อง ของถนนดินแดง ในวันที่ 3 กรกฎาคม 2544..... 113
ตารางที่ ข.2	แสดงข้อมูลการจราจรและอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้อง ของถนนลาดพร้าว ในวันที่ 7 สิงหาคม 2544..... 114
ตารางที่ ข.3	แสดงข้อมูลการจราจรและอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้อง ของถนนดินแดง ในวันที่ 16 สิงหาคม 2544..... 115

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางประกอบ	หน้า
ตารางที่ ข.4 แสดงข้อมูลการจราจรและอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้อง ของถนนลาดพร้าว ในวันที่ 20 กันยายน 2544.....	116
ตารางที่ ข.5 แสดงข้อมูลการจราจรและอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้อง ของถนนลาดพร้าว ในวันที่ 21 มกราคม 2545.....	117
ตารางที่ ข.6 แสดงข้อมูลการจราจรและอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้อง ของถนนลาดพร้าว ในวันที่ 22 มกราคม 2545.....	118
ตารางที่ ข.7 แสดงข้อมูลการจราจรและอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้อง ของถนนดินแดง ในวันที่ 23 มกราคม 2545.....	119
ตารางที่ ข.8 แสดงข้อมูลการจราจรและอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้อง ของถนนดินแดง ในวันที่ 25 มกราคม 2545.....	120
ตารางที่ ง.1 แสดงการประเมินค่าความคงตัวของบรรยากาศตามแบบ Pasquill-Gifford.....	127

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย