การประเมินประสิทธิภาพของการควบคุมการปล่อยสารอินทรีย์ระเหยที่คลังน้ำมัน

นางสาวจันทร์เพ็ญ กาญจนประพันธ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม สหสาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545
ISBN 974-17-2751-8
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EVALUATION OF VOLATILE ORGANIC COMPOUND CONTROL EFFECTIVENESS AT BULK GASOLINE TERMINALS

Miss Chanpen Kanjanaprapan

A Thesis submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Environmental Management
Inter-department Program in Environmental Management
Graduate School
Chulalongkorn Universtiy
Academic Year 2002

ISBN 974-17-2751-8

Copyright of Chulalongkorn University

Thesis Title	EVALUATION OF VOLATILE ORGANIC COMPOUND CONTROL EFFECTIVENESS AT BULK GASOLINE TERMINALS
By	Miss Chanpen Kanjanaprapan
Field of Study	Environmental Management
Thesis Advisor	Associate Professor Proespichaya Kanatharana, Ph.D
Thesis Co-Advisor	Supat Wangwongwattana, Ph.D.

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree

.....Dean of Graduate School
(Professor Suchada Kiranandana, Ph.D.)

THESIS COMMITTEE

.....Chairman
(Assistant Professor Sutha Khaodhiar, Ph.D.)

.....Thesis Advisor
(Associate Professor Proespichaya Kanatharana, Ph.D.)

.....Thesis Co-Advisor
(Supat Wangwongwattana, Ph.D.)

.....Member
(Khemarath Osathaphan, Ph.D.)

.....Member
(Bhumsit Saksri)

จันทร์เพ็ญ กาญจนประพันธ์ : การประเมินประสิทธิภาพของการควบคุมการปล่อยสารอินทรีย์ระเหยที่คลังน้ำมัน (EVALUATION OF VOLATILE ORGANIC COMPOUND CONTROL EFFECTIVENESS AT BULK GASOLINE TERMINALS)
อ.ที่ปรึกษา: รศ.ดร.เพริศพิชญ์ คณาธารณา อ.ที่ปรึกษาร่วม: ดร.สุพัฒน์ หวังวงศ์วัฒนา
จำนวนหน้า86 หน้า ISBN 974-17-2751-8.

ศึกษาประสิทธิภาพของการควบคุมการปล่อยสารระเหยอินทรีย์ระเหยที่คลังน้ำมัน โดยทำการเก็บตัวอย่างไอระเหยของน้ำมันจากคลังน้ำมันที่มีการติดตั้งระบบเก็บกักสารอินทรีย์ระเหยง่าย 2 แห่งคือ บ.เชลล์แห่งประเทศไทย และ บ.ขนส่งน้ำมันทางท่อ จำกัด ทุกวันตั้งแต่ 1-8 , 12-16 ธันวาคม 2545 ถึงและ 21-27 มกราคม 2546 โดยเก็บตัวอย่างที่ 2 จุดเก็บตัวอย่างพร้อมกันคือ จุดก่อนไอน้ำมันเข้าสู่ระบบเก็บกักสารอินทรีย์ระเหยและจุดที่ปล่องระบายของระบบในขณะที่ระบบกำลังปฏิบัติงาน ตัวอย่างทั้งหมดทำการวิเคราะห์สารอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมดและสารอินทรีย์ระเหยง่ายอันตรายได้แก่ เบนซิน โทลูอีน เอทิลเบนซิน โอโธไซลีน เมตาไซลีน และ เมทิลเทอร์ดบิวทิลอีเทอร์ โดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีในสภาวะที่เหมาะสม

จากการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพของระบบเก็บกักสารอินทรีย์ระเหยง่ายคลังน้ำมันทั้งสองแห่งมีค่าใกล้เคียงกัน โดยที่ประสิทธิภาพของการเก็บกักสารอินทรีย์ระเหยง่าย และ สารอินทรีย์ระเหยง่ายอันตราย คือ 99.97% และ 99.01% ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการเก็บกักสารอินทรีย์ระเหยง่ายอันตรายแต่ละตัวจะแตกต่างกันโดยเรียงจากมากไปน้อยตามลำดับดังนี้ เอทิลเบนซิน > เมทิลเทอร์ดบิวทิลอีเทอร์ > โอโธไซลีน > เบนซิน > โทลูอีน > เมตาไซลีน ที่ 100%, 99.82%, 99.69%, 98.75%, 98.21% และ97.93% จากประสิทธิภาพในการเก็บกักดังกล่าว พบว่าค่าเฉลี่ยของสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ปล่อยจากระบบอยู่ภายใต้ข้อกำหนดของกฎหมายของกระทรวงวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม คือ 0.24 และ 0.11 มิลลิกรัมต่ออากาศ 1 ลิตร ที่ บ.เชลล์แห่งประเทศไทย และ บ.ขนส่งน้ำมันทางท่อ จำกัด ตามลำดับ

จากการศึกษาความคุ้มทุนในการใช้ระบบกักเก็บโดยดูจากข้อมูลปัจจุบันสุทธิของรายได้รวมตลอดอายุของระบบ 20 ปีพบว่า ที่ FPT และที่ Shell บริษัทจะขาดทุน 28.87 ล้านบาท และ 63.65 ล้านบาท ตามลำดับ (สืบเนื่องมาจากการใช้งานไม่เต็มประสิทธิภาพของเครื่องกักเก็บใช้ประมาณ 20%) ในขณะที่ต้นทุนเฉลี่ยในการกำจัด สารอินทรีย์ระเหยง่าย 1 กิโลกรัม ที่ FPT และ Shell มีค่าเท่ากับ 35.711 บาท และ 22.657 บาทตามลำดับ อย่างไรก็ดียังมีประโยชน์ที่สำคัญอย่างอื่นที่ยังไม่สามารถคิดเป็นเงินได้รวมอยู่ในการประเมิน อันได้แก่ผลประโยชน์ในการลดความเสี่ยงทางสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในขณะที่มีการเติมน้ำมันที่คลังน้ำมัน ซึ่งหากคิดเป็นเงินอาจจะพิจารณาจากวันหยุดลาป่วยที่ลดลง และผลประโยชน์ที่สำคัญอีกอย่างคือการลดปริมาณการเกิดก๊าซโอโซนในบรรยากาศซึ่งจัดเป็นสารอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ

สหสาขาวิชา...การจัดการสิ่งแวดล้อม....ลายมือชื่อนิสิต.....จันทร์เพ็ญ กาญจนประพันธ์.....
สาขาวิชา.....การจัดการสิ่งแวดล้อม.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา .....2545.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4489404120 : MAJOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT
KEY WORD: VAPOR RECOVERY UNIT / HAZARDOUS AIR POLLUTANT / VOC CONTROL EFFECTIVENESS /

CHANPEN KANJANAPRAPAN: EVALUATION OF VOLATILE ORGANIC COMPOUND CONTROL EFFECTIVENESS AT BULK GASOLINE TERMINALS.
THESIS ADVISOR: ASSOC.PROF.PROESPICHAYA KANATHARANA
THESIS CO-ADVISOR : SUPAT WANGWONGWATANA, Ph.D
86 pp. ISBN 974-17-2751-8

Studies on the evaluation of volatile organic compounds control effectiveness at Bulk Gasoline Terminals i.e. the Shell of Thailand and the Fuel Pipeline Transportation (FPT). The samples were daily collected at both inlet (uncontrolled) and outlet (controlled) of Vapour Recovery Unit (VRU), during 1-8, 12-16 of December 2002 and 21-27 of January 2003. All the samples were analysed for total VOCs and major HAPs benzene (B), toluene (T), ethyl benzene (EZ), xylene (X) and methyl tert-butyl ether (MTBE) by Gas chromatograph with Flame Ionization Detector (GC/FID) at the optimum conditions.

The VOCs and HAPs removal efficiencies of two Bulk Gasoline Terminals were almost the same which an average efficiency of 99.97% and 99.01% respectively. From this studies also shown that the VRU could removed the HAPs varies from 97% to 100%. The order of HAPs control efficiency were ethylbenzene > MTBE > o-xylene > benzene > toluene > m-xylene, 100%, 99.82%, 99.69%, 98.75%, 98.21% and 97.93%, respectively. The results showed that the average VOCs emitted at both Bulk Gasoline Terminals, 0.24mg/l and 0.11 mg/l respectively, were under the compliance limit of notice of the Ministry of Science, Technology and Environment.

From the economic estimation was based on the net annual revenue through 20 years of VRU at FPT and Shell were -28.87 Million Baht and –63.65 Million Baht, respectively (since only 20% capacity of VRU were used). The average cost of 1 kilogram VOCs removed of FPT and Shell was 35.711 Baht and 22.657 Baht, respectively. However, the other benefits getting from emissions controlled at gasoline terminal that could not value in monetary were not included. Those are health benefit of reducing occurrence of sickness of operators who work at site and reducing level of air pollution, especially for ozone accumulation.

Inter-department. Environmental Management Student's signature.....
Field of study Environmental Management Advisor's signature.....
Academic year.....2002..... Co-Advisor's signature.....

ACKNOWLEDGEMENTS

The author wishes to express her gratitude and indebtedness to my advisor, Assoc. Prof. Dr. Proespichaya Kanatharana and Dr. Supat Wangwongwatana, co-advisor, for their supervision, persistent guidance and steadfast encouragement during the entire period of this study. Author also wishes to thank specially her examination committee members, Dr. Sutha Khaodhiar, Dr. Khemmarath Osathaphan and Mr. Bhumsit Saksri, for their valuable time and suggestions.

The author is deeply indebted to the staff of Automotive Pollution Laboratory, Pollution Control Department (PCD), for their prompt assistance and cooperation during this study. Special thanks are also to Mr. Somkiat Thaumsang, official laboratory of the Reference Laboratory and Toxicology Center, Disease Control Department, for his assistance in setting up and running the laboratory. The author could not possibly have completed the research, under circumstances sometimes difficult, except for the helpfulness of Miss Benjawan Pentrakulchai, officer at Automotive Emission Department, PCD.

Sincere thanks are also to the Shell of Thailand and Fuel Pipeline Transportation for allowing the author to take air sample used in this study. Deep appreciation is also extended to the chemical laboratory of the Shell of Thailand and the Pollution Control Department for lending their testing materials.

The author also would like to express her deepest thanks for the National Research Center for Environmental and Hazardous Waste management (NRC-EHWM) and Cool Sorption Thailand. The author could not have completed the research without their scholarship.

Finally, the author must acknowledge her indebtedness to her English teacher, Mrs. Nancy Harmon, Mr. Thomson L, her beloved family and friends, who support and encourage of all my effort to study at success.

CONTENTS

Pages

THAI ABSTRACT.....iv

ENGLISH ABSTRACT.....v

ACKNOWLEDGEMENTS.....vi

CONTENTS.....vii

LIST OF FIGURES.....ix

LIST OF TABLES.....x

LIST OF ABBREVIATIONS.....xii

CHAPTER 1 INTRODUCTION.....1

1.1 Background.....1

1.2 Objectives.....3

1.3 Scope of the study.....4

CHAPTER 2 LITERATURE REVIEW.....5

2.1 General.....5

2.2 Major sources of VOCs.....5

2.3 Ozone, VOCs, Hazardous Air Polutants (HAPs)
and its effects on Health and Environment.....9

2.3.1 Photochemical Reaction and Ozone Formation.....9

2.3.2 Hazardous Air Pollutants (HAPs).....11

2.4 Gasoline distribution network.....14

2.5 Factor influencing gasoline emissions.....16

2.5.1 Hazardous Air Pollutant Content of Gasoline Vapor.....16

2.5.2 Methods of Loading Gasoline.....19

2.5.3 Temperature and Vapor Pressure.....20

2.6 Vapor recovery system.....21

2.6.1 Type of Vapor Recovery Unit.....21

2.6.2 Effectiveness of Vapor Recovery Unit.....23

2.7 Concerned legislation.....25
2.8 Test method for hazardous air pollutant and
non hazardous air pollutant from vapor recovery unit.....27

CHAPTER 3 EXPERIMENTAL PROCEDURE.....28
3.1 Characteristic of Vapor Recovery Unit in the studying :
Carbon Vacuum Adsorpbent (CVA).....28
3.2 Schedule of sampling.....30
3.3 Sampling Procedure.....30
3.4 Analytical procedures.....32
3.5 Gathering others concerned information.....37

CHAPTER 4 RESULTS AND DISCUSSIONS.....38
4.1 Volatile organic compounds (VOCs) and hazardous air
pollutants (HAPs) in gasoline vapor at bulk gasoline terminal.....38
4.2 Control efficiency of VRU for VOCs and HAPs.....39
4.3 Estimation of toxic emission load at bulk gasoline terminals.....46
4.4 Effect of VOCs controlled to O_3 reduction in Bangkok.....52
4.5 Cost effectiveness of VRU.....53

CHAPTER 5 CONCLUSIONS.....65

CHAPTER 6 RECOMMENDATION FOR FURTHER STUDY.....68

REFERENCES.....69

APPENDICES.....73
Appendix A
Appendix B
Appendix C

BIOGRAPHY.....86

LIST OF TABLES

Pages

2.1 The reaction rate coefficient of various hydrocarbon compounds and its concentration to form ozone.....6

2.2 Air Pollution Emissions by Pollutant and Source, 1993.....6

2.3 Sources of NO_x and HC emission from various activities in Bangkok, 1997.....8

2.4 Characteristics of Bangkok Major Hydrocarbon Sources 8

2.5 The reaction rate coefficient of various hydrocarbons and its concentration to form ozone.....10

2.6 Vapor profile of normal gasoline.....18

2.7 Control efficiencies(CE) of vapor control unit for HAP at gasoline loading rack.....26

4.1 The concentration of Total VOCs and HAPs at sampling sites of VRU (The Shell of Thailand).....40

4.2 The concentration of Total VOCs and HAPs at sampling sites of VRU (Fuel Pipipeline Transportation).....42

4.3 The control efficiencies for VOCs and HAPs of Carbon Vacuum Adsorption Unit (CVA) at bulk gasoline terminals.....45

4.4 Uncontrolled VOC emission factors for tank trucks.....47

4.5 Uncontrolled gasoline vapor HAP-to-VOC content.....47

4.6 HAP EFs for carbon adsorber units at submerged loading operations using vapor balance service. (SHELL site).....48

4.7 HAP EFs for carbon adsorber units at submerged loading operations using dedicated normal service. (FPT site).....48

4.8 Estimation HAP Emission rates for Shell and FPT, (Kg./year).....49

4.9 Estimation of uncontrolled emission and controlled emission of Shell Thailand and FPT in year 2002.....50

4.10 Pollutant emission rates (t yr^{-1}) for Bangkok in 1997 and 2002.....52

4.11 Cost effectiveness of vapor recovery unit (FPT).....56

4.12 Cost effectiveness of vapor recovery unit (Shell).....57

4.13 The conclusion of cost effectiveness of VRU.....58

4.14 Cost effectiveness of vapor recovery unit with full capacity operation (FPT).....59
4.15 Cost effectiveness of vapor recovery unit with full capacity operation (Shell).....60
4.16 The conclusion of cost effectiveness of VRU with full utilization.....61
4.17 Pay back period of VRU investment at FPT and Shell (Million Baht).....62
4.18 Bulk terminal loading rack costs – New 10mg/ l Unit (Thousand of third quarter 1990 Dollars).....64
5.1 The conclusion of cost effectiveness of VRU.....67

LIST OF FIGURES

Pages

2.1 Gasoline Distribution Facilities –United States.....15

2.2 Closed compartment top loading and bottom loading.....19

2.3 The "stages" of vapor emission control.....26

3.1 Procedure for study.....28

3.2 Outlet Sampling Line.....31

3.3 Inlet Sampling Point.....31

3.4 Flame Ionization Detector (FID) of PIERBURG, FID PM-2000 Standard.....33

3.5 Dynamic dilution with purified Nitrogen gas.....34

3.6 Gas chromatography with flame ionization detector (GC/FID).....35

3.7 Gas chromatograph mass spectrometry (GC/MS) , Varian Saturn 2000.....36

4.1 VOCs and HAPs control efficiency of CVA.....45

4.2 Uncontrolled emissions and controlled emissions (Shell&FPT).....50

4.3 Health benefit from VOCs reduction.....59

LIST OF ABBREVIATIONS

API	=	American Petroleum Institute
BACT	=	Best Available Control Technology
BTEX	=	Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylenes
CASE	=	Connecticut Academy of Science and Engineering
CE	=	Control Efficiency
CNS	=	Central Nervous System
CVA	=	Carbon Vacuum Adsorption
CSIRO	=	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization
ETBE	=	Ethyl Tertiary Butyl Ether
FID	=	Flame Ionization Detector
FPT	=	Fuel Pipeline Transportation Limited
GC	=	Gas Chromatography
HAP	=	Hazadous Air Pollutant
HC	=	Hydro Carbon
IRIS	=	Integrated Risk Information System
MS	=	Mass Spectrometry
MTBE	=	Methyl tert-Butyl Ether
NO_z	=	Nitrogen Oxide
NPV	=	Net Present Value
OSHA	=	Occupational Safety & Health Administration
PCD	=	Pollution Control Department
PID	=	Photo Ionization Detector
ppb	=	Part Per Billion
ppm	=	Part Per Million
RVP	=	Reid Vapor Pressure
USEPA	=	U.S. Environmental Protection Agency
VOC	=	Volatile Organic Compound
VRU	=	Vapor Recovery Unit
WHO	=	World Health Organization