รอยเท้าคาร์บอนขององค์กรการศึกษา: กรณีศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นางสาว บุญจิรา จนางคะกาญจน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

540932

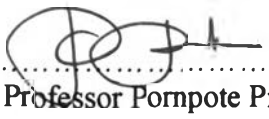
CARBON FOOTPRINT OF AN ACADAMIC ORGANIZATION: A CASE STUDY OF THE DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING, CHULALONGKORN UNIVERSITY

Miss Boonjira Janangkakan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Environmental Management
(Interdisciplinary Program)
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2011
Copyright of Chulalongkorn University

Thesis Title	CARBON FOOTPRINT OF AN ACADEMIC ORGANIZATION: A CASE STUDY OF THE DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING,CHULALONGKORN UNIVERSITY.
By	Miss Boonjira Janangkakan
Field of Study	Environmental Management
Thesis Advisor	Associate Professor Orathai Chavalparit, Ph.D.
Thesis Co-Advisor	Premrudee Kanchanapiya, Ph.D.

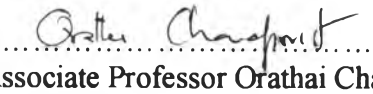
Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree



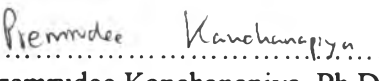
.....Dean of the Graduate School
(Associate Professor Pornpote Piumsomboon, Ph.D.)

THESIS COMMITTEE

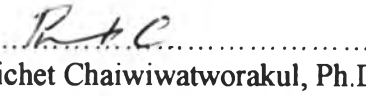
.....Chairman
(Assistant Professor Manaskorn Rachakornkij, Ph.D.)



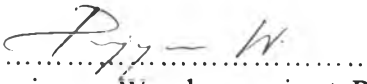
.....Thesis Advisor
(Associate Professor Orathai Chavalparit, Ph.D.)



.....Thesis Co-Advisor
(Premrudee Kanchanapiya, Ph.D.)



.....Examiner
(Pichet Chaiwiwatworakul, Ph.D.)



.....External Examiner
(Punjaporn Weschayanwiwat, Ph.D.)

บุญจิรา จนางคะกาญจน์: รอยเท้าคาร์บอนขององค์กรการศึกษา: กรณีศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (Carbon Footprint of an academic organization: a case study of the Department of Environmental Engineering, Chulalongkorn University) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ.ดร.อรทัย ชวาลภาฤทธิ์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ดร.เปรมฤดี กาญจนปิยะ, 111 หน้า.

บทความนี้นำเสนอการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสถาบันการศึกษา โดยการคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการใช้ไฟฟ้า และกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง ได้แก่การใช้เชื้อเพลิงในการเดินทาง การใช้วัสดุและการเกิดของเสีย วัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และเสนอแนะทางเลือกในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยใช้การหลักการรอยเท้าคาร์บอนเป็นเครื่องมือในการประเมิน ซึ่งผลการศึกษาพบว่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยจากภาควิชาในปี 2009 เท่ากับ 138.6 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ซึ่งพบว่าการใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญที่สุดของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยคิดเป็น 85.2 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี หรือเท่ากับร้อยละ 61.5 รองลงมา คือการขนส่ง การจัดการของเสีย และการใช้วัสดุ คิดเป็น 43.3, 9.5 และ 0.6 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี เมื่อคำนวณออกมาเป็นร้อยละต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด จะเท่ากับร้อยละ 31.3, 6.8 และ 0.4 ตามลำดับ จากผลการคำนวณที่ได้สามารถนำมาใช้เสนอแนะกลยุทธและมาตรการเพื่อลดการปล่อยเรือนกระจกของสถาบันการศึกษาได้ มาตรการที่ได้ผลดีและยั่งยืนในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก คือหลักการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร ซึ่งนอกจากจะสามารถลดค่าไฟฟ้าแล้ว ยังลดการปลดปล่อยเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้แก่ การซื้อสินค้าอุปกรณ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่น เครื่องปรับอากาศ หลอดไฟ และอุปกรณ์วิจัยประหยัดพลังงาน การลดการใช้ไฟฟ้าโดย ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกครั้งเมื่อไม่ใช้งาน การสร้างจิตสำนึกเพื่อส่งเสริมให้ทุกคนในองค์กรรวมทั้งนิสิต นักศึกษาตระหนักถึงปัญหาด้านผลกระทบจากก๊าซเรือนกระจก กระตุ้นให้เกิดโครงการการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อช่วยกันลดการใช้พลังงาน และ ใช้หลักการ 3R (การลดการก่อขยะ, การนำกลับมาใช้ใหม่ในสภาพเดิม, การนำกลับมาใช้ใหม่โดยผ่านการแปรสภาพ) ภายในองค์การมากขึ้น งานวิจัยชิ้นนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสถาบันการศึกษาอื่นๆ และสามารถนำผลการประเมินมาใช้เป็นข้อมูลในการวางมาตรการเพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสถาบันการศึกษาต่อไปในอนาคตได้

สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2554 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

5187543320 : MAJOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT
KEYWORDS : CARBON FOOTPRINT/ ORGANIZATION FOOTPRINT/ GHG EMISSIONS/ GHG REDUCTION

BOONJIRA JANANGKAKAN : CARBON FOOTPRINT OF AN ACADEMIC ORGANIZATION: A CASE STUDY OF THE DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING, CHULALONGKORN UNIVERSITY. ADVISOR: ASSOC. PROF. ORATHAI CHAVALPARIT, Ph.D., CO-ADVISOR: PREMRUDEE KANCHANAPIYA, Ph.D., 111 pp.

To evaluate a carbon footprint of an academic institution, direct and indirect GHG emissions were calculated. The major sources of GHG emissions were classified into four main categories, which were energy use, material use, transportation, and waste disposal. The aim of this research was to evaluate the carbon footprint of the Department of Environmental Engineering, Chulalongkorn University and to develop alternative options for reduction of the greenhouse gas emissions using the measured carbon footprint as a key factor. The result showed that the total carbon footprint of the department based on year 2009 was 138.6 tCO_2e per year and the average carbon footprint per person is 1.08 tC. From the calculation, energy consumption was considered as the biggest source of GHG emissions that generated 85.2 tCO_2e annually. It was accounted for 61.5% of the overall GHGs emission. The GHGs emission produced from transportation, waste and material use were 43.3, 9.5, and 0.6 tCO_2e annually or 31.3 %, 6.8% and 0.4%, respectively. The implementation option for the reduction of carbon footprint was energy conservation within a building. The strategies included use of appliance with high energy efficiency such as air conditioning system and lighting system as well as turning off air conditioning, lighting lamps and lab equipment when they are not in use. For the waste and material use, 3R (reduce, reuse, and recycle) is considered to be the powerful strategy that should be promoted to decrease the GHG emissions. This implementation strategy should be carried out along with establishment of incentive system in the organization. A campaign to create and raise awareness on GHG emission problems among the staff members and students is also needed for the organization to achieve sustainable reduction of GHG emissions.

Field of Study : Environmental Management Student's Signature : .....
Academic Year : 2011 Advisor's Signature : .....
Co-advisor's Signature : .....

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to deeply thank the various people who, during the master degree in which this endeavor lasted, provided us with useful and helpful assistance.

First and foremost I offer my sincerest gratitude to my thesis advisor Associate Professor. Dr. Orathai Chavalparit and my co-advisor Dr. Premrudee Kanchanapiya my supervisor, who has supported me throughout my thesis with his patience and knowledge. I attribute the level of my Masters degree to their encouragement and effort and without them this thesis, too, would not have been completed or written. One simply could not wish for a better or friendlier advisor. I would like to express gratitude to my thesis committees Assistant Professor Dr. Manaskorn Rachakornkij, Dr. Pichet Chaiwiwatworakul and Dr. Punjaporn Weschayanwiwat for their valuable comment and suggestion.

This work is based on financial supported by The Center of Excellent for Environment and Hazardous Waste Management (EHWM), Chulalongkorn University and National Metal and Materials Technology Center (MTEC), Thailand. Moreover, special thanks are extended to officers at EHWM program for their encouragement and help.

Many friends have helped me stay sane through these difficult years. Their support, wonderful suggest, and care helped me overcome setbacks and stay focused on my graduate study. I greatly value their friendship and I deeply appreciate their belief in me.

Finally, Most important persons, none of this would have been possible without the love and patience of my family. My immediate family to whom this thesis is dedicated to, has been a constant source of love, concern, understanding, cheerfulness, support and strength all these years. I would like to express my heart-felt gratitude to my family. My extended family has aided and encouraged me throughout this endeavor.

CONTENTS

PAGE

ABSTRACT IN THAI iv

ABSTRACT IN ENGLISH v

ACKNOWLEDGEMENTS vi

CONTENTS vii

LIST OF TABLES x

LIST OF FIGURES xii

LIST OF ABBREVIATIONS xiii

CHAPTER I INTRODUCTION 1

1.1 General introduction 1

1.2 Objectives 2

1.3 Hypotheses 2

1.4 Scopes of the study 3

CHAPTER II THEORTICAL BACKGROUND AND LITERATURE REVIEWS 4

2.1 Climate change 4

2.2 The Greenhouse Gas (GHG) overview 4

2.2.1 Global Warming Potentials (GWP) 5

2.2.2 Source of greenhouse gases 6

2.2.3 The environmental impacts due to climate change 7

2.2.4 United Nations Framework Convention on Climate Change 8

2.2.5 The Kyoto Protocol 8

2.3 Greenhouse Gases evaluation method 9

2.3.1 Ecological Footprint 9

2.3.2 Life Cycle Assessment (LCA) 9

2.3.3 Carbon footprint 12

2.4 Carbon footprint 15

PAGE

2.4.1 Types of the carbon footprint.....15
2.4.2 Standard and guidance.....16
2.4.3 Benefits of carbon footprint.....17
2.4.4 Greenhouse gases assessment method.....18
2.4.5 Methodological framework.....19
2.4.6 Data sources and data quality.....20
2.4.7 Calculation of carbon footprint.....2
2.5 Carbon footprint reduction.....22
2.5.1 Energy conservation.....23
2.5.2 Energy conservation in the building.....24
2.6 Literature Reviews.....26

CHAPTER III METHODOLOGY.....33
3.1 Research plan.....33
3.2 Definition of organizational boundaries.....34
3.3 Definition of operational boundaries.....34
3.4 Collection of GHG inventory.....38
3.5 Calculation of GHG emissions.....39
3.6 Evaluation of the important sources of carbon dioxide emissions.....42
3.7 Development of carbon footprint reduction strategies.....42

CHAPTER IV RESULTS AND DISCUSSION.....43
4.1 Organizational boundary.....43
4.1.1 Chulalongkorn University.....43
4.1.2 The Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University.....43
4.2 Operational boundary.....46
4.3 Calculation GHG inventory of the department.....50
4.3.1 Carbon footprint from wastewater treatment.....51

PAGE

4.3.2 Carbon footprint from electricity consumption 53
4.3.2.1 Electricity consumption of the department 53
4.3.2.2 GHG emissions from electricity consumption.....55
4.3.3 Carbon footprint from material use.....58
4.3.4 Carbon footprint from transportation 61
4.3.5 Carbon footprint of solid waste.....64
4.4 Evaluation Carbon Footprint in the department.....65
4.5 Comparison of the GHG emission sources in this study.....67
4.5.1 Carbon footprint classified by scope.....67
4.5.2 Comparison with the previous studies.....70
4.6 Carbon Footprint Reduction.....71
4.6.1 The possible options for reduce energy consumption and GHG emissions for the department 72
4.6.1.1 Renewable energy 73
4.6.1.2 Energy conservation (electricity use).....73
4.6.1.3 Cost-benefit of possible GHGs reduction options..75
4.6.2 Transportation 78
4.6.3 Material use and waste disposal.....79
4.6.4 Management Strategy of Chulalongkorn University.....80

CHAPTER V CONCLUSION AND RECCOMMENDATIONS.....82

REFERENCES.....83
APPENDICES.....89
Appendix A.....90
Appendix B.....94
Appendix C.....104
Appendix D.....108
BIOGRAPHY.....111

LIST OF TABLES

		PAGE
Table 2.1	Global warming potentials of some greenhouse gases	6
Table 2.2	Source of GHGs	6
Table 2.3	Data analysis of LCAs, carbon footprints and ecological footprint	14
Table 2.4	Energy Use Reduction Strategies.....	25
Table 2.5	Criteria for calculation of carbon footprint in University	32
Table 3.1	GHG inventory and the scope emission boundaries.....	35
Table 3.2	The Department's scope 1 GHG emission sources	38
Table 3.3	The Department's scope 2 GHG emission sources	38
Table 3.4	The Department's scope 3 GHG emission sources	39
Table 3.5	Equations for calculating the greenhouse gas emissions from all activities	41
Table 4.1	The Environmental Engineering Department's demographic for 2007-2010.....	46
Table 4.2	The GHG inventory and department scope emission boundaries...	47
Table 4.3	GHG emission sources classified by scope and emission category	49
Table 4.4	Emission factors used in this study	50
Table 4.5	BOD concentrations of various sampling points in the wastewater treatment process	51
Table 4.6	Data requirement for calculation emission factor of wastewater	52
Table 4.7	Calculation of BOD removal and GHG emissions.....	53
Table 4.8	Calculation of GHG emission from electricity purchased during FY 2007-2009.....	57
Table 4.9	GHG emissions by various electrical equipment in 2009.....	58
Table 4.10	GHG emissions divided by location based.....	58
Table 4.11	Water used within the ENG 21 building recorded in 2006.....	60
Table 4.12	GHG emission by material use in 2009.....	61
Table 4.13	Summary of daily commuting survey results of the faculty and staff members.	62

PAGE

Table 4.14	Distance of research travel by ground transportation.....	63
Table 4.15	Distance of research travel by air transportation	63
Table 4.16	Calculation of the carbon footprint due to transportation	63
Table 4.17	Data collection for the department's solid waste	65
Table 4.18	Calculation of the carbon footprint from solid waste	65
Table 4.19	Carbon Footprint of the Department of Environmental Engineering in 2009.....	66
Table 4.20	Comparison with the previous studies	71
Table 4.21	Overall of Recommendations in Reduction Methods	74
Table 4.22	Energy Efficiency Rating: Air-Conditioner	75
Table 4.23	Description of replacement of the existing air-conditioners in the department with new models	76
Table 4.24	Cost-effective of proposed replacement with new air-conditioners in the department.....	76
Table 4.25	Description of proposed replacement with T5 tubes for the lighting system in the department	77
Table 4.26	Cost-effective of proposed replacement with T5 tubes.....	78
Table 4.27	Strategies for Reducing Transportation Emissions	78
Table 4.28	Strategies for Reducing Material Use and Waste Emissions	79

LIST OF FIGURES

		PAGE
Figure 2.1	Global anthropogenic greenhouse gas emissions in 2004	7
Figure 2.2	Sources of Global Greenhouse Gas Emissions	7
Figure 2.3	Global and Annex I countries' CO_2 emissions	9
Figure 2.4	Humanity's Ecology Footprint, 1961-2005.....	10
Figure 2.5	Life Cycle Stages	11
Figure 2.6	Breakdown of a typical person's Carbon Footprint	15
Figure 2.7	Scope of greenhouse emission by sources	18
Figure 3.1	Flow diagram of research methodology	33
Figure 4.1	Map presenting location of all buildings in the faculty of Engineering, Chulalongkorn University	44
Figure 4.2	System boundary of this study.....	46
Figure 4.3	Monthly electricity consumption of the Department of Environmental Engineering in FY 2007.....	54
Figure 4.4	Monthly electricity consumption of the Department of Environmental Engineering in FY 2008.....	54
Figure 4.5	Monthly electricity consumption of the Department of Environmental Engineering in the FY 2009.....	54
Figure 4.6	The department electricity consumption from FY 2007-2009	55
Figure 4.7	GHG emission from electricity purchased of the department in FY 2007-2009.....	57
Figure 4.8	Water consumption rate of the Environmental and Civil Engineering building	60
Figure 4.9	Proportion of carbon footprint from each emission source of the Department of Environmental Engineering.....	67
Figure 4.10	Calculation of carbon footprint of scope 2 emission (by electrical equipment).....	68
Figure 4.11	Calculation carbon footprint of scope 2 emission (by equipment and area).....	69
Figure 4.12	Calculation carbon footprint of scope 3 emission.....	69

LIST OF ABBREVIATIONS

CH_4	Methane
CF	Carbon Footprint
CO_2	Carbon dioxide
DEFRA	Department for Environmental, Food and Rural Affairs
EF	Emission Factor
EPA	Environmental Protection Agency
FY	Fiscal Year
GHG	Greenhouse Gas
GWP	Global Warming Potential
LCA	Life Cycle Analysis
N_2O	Nitrous Oxide
HFCs	Hydrofluorocarbons
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISO	International Organization of Standard
PFCs	Perfluorocarbons
SF_6	Sulphur Hexafluoride
tC	tons of Carbon
tCO_2e	tons of Carbon dioxide equivalent
TGO	Thailand Greenhouse Gas Management Organization
UNEP	United Nations Environment Programme
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development
WRI	World Resource Institute