ENVIRONMENTAL AND ENERGY ASSESSMENT OF NATURAL GAS PRODUCTION IN THAILAND USING LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) TECHNIQUE

Mr. Charoen Lappitakpong

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University
in Academic Partnership with
The University of Michigan, The University of Oklahoma,
Case Western Reserve University and Institut Français du Pétrole
2007

501998

Thesis Title:	Environmental and Energy Assessment of Natural Gas Production in Thailand Using Life Cycle Assessment (LCA) Technique
By:	Charoen Lappitakpong
Program:	Petrochemical Technology
Thesis Advisors:	Asst. Prof. Pomthong Malakul

Accepted by the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Master of Science.

Nantaya Yanumet ..... College Director

(Assoc. Prof. Nantaya Yanumet)

Thesis Committee:

.....

(Asst. Prof. Pomthong Malakul)

.....

(Asst. Prof. Manit Nithitanakul)

.....

(Assoc. Prof. Pornpote Piumsomboon)

ABSTRACT

4871008063: Petrochemical Technology Program
Charoen Lappitakpong: Environmental and Energy Assessment of Natural Gas Production in Thailand Using Life Cycle Assessment (LCA) Technique
Products: Sale gas, Ethane, Propane, LPG, and NGL
Thesis Advisors: Asst. Prof. Dr. Pomthong Malakul, 69pp.
Keywords: LCA/ Natural gas/ Ethane/ Propane/ LPG/ NGL/ Environmental impacts

In this research, environmental and energy assessment of natural gas production in Thailand using life cycle assessment (LCA) technique was conducted. The scope covered the data collection (inventory analysis) of input/output of raw materials, energy and all emissions (to air, water and soil) of three gas separation plants (GSP units 1, 2 and 3) at PTT PLC in Map-ta-put, Rayong. The data were compiled and processed by commercial LCA software SimaPro 7.0 in order to assess the environmental impacts in various categories, such as global warming, acidification, etc. Comparisons of the environmental performance among the three GSPs were also performed. The results showed that the environmental impacts of the natural gas production come mainly from the use of electricity which is supplied from two sources: an in-house gas-turbine power generator and the electricity grid-mix of EGAT. It was found that the electricity generated in the GSP complex using its sale gas emits CO_2 and NO_x per unit much higher than that of EGAT. When comparing the three GSP units, GSP2, which has the smallest production capacity and the least complicated process, shows the lowest environmental impact. Having a CO_2 removal unit installed and CO_2 sold as a by-product, GSP1 registers a favorable environmental performance. The improvement can be made by adjusting the ratio of the utilization of electricity generated within the complex or from outside (EGAT). In addition, if the CO_2 removal unit were to be installed in GSP2 and GSP3, this would lead to a reduction of the CO_2 emission, thereby enhancing the overall environmental performance of the natural gas production in Thailand.

บทคัดย่อ

เจริญ ลาภพิทักษ์พงษ์ : การประเมินผลกระทบด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของการผลิตก๊าซธรรมชาติในประเทศไทยโดยใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต (Environmental and Energy Assessment of Natural Gas Production in Thailand using Life Cycle Assessment (LCA) Technique) อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. ปมทอง มาลากุล ณ อยุธยา xx หน้า ISBN xxx-xxxx-xx-x

งานวิจัยนี้ทำการประเมินผลกระทบด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของการผลิตก๊าซธรรมชาติในประเทศไทยโดยใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์บัญชีรายการสารขาเข้าและขาออกทั้งหมดตั้งแต่วัตถุดิบ พลังงาน รวมถึงมลพิษต่างๆ ที่ถูกปล่อยออกมา (สู่อากาศ น้ำ และดิน) จากโรงแยกก๊าซที่ 1, 2 และ 3 ของบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ที่มาบตาพุด จังหวัดระยอง ข้อมูลที่รวบรวมได้ถูกนำมาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SimaPro 7.0 เพื่อประเมินผลกระทบในด้านต่างๆ เช่น ภาวะโลกร้อน การเกิดฝนกรด เป็นต้น นอกจากนี้ ยังได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงสิ่งแวดล้อมของโรงแยกก๊าซทั้ง 3 โรงด้วย ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตก๊าซธรรมชาติเกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงแยกก๊าซเป็นหลัก ซึ่งมาจากสองแหล่งคือ จากหน่วยผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันก๊าซภายในโรงแยกก๊าซเอง และจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยพบว่าไฟฟ้าที่ผลิตในโรงแยกก๊าซนั้นปล่อย CO_2 และ NO_x ต่อหน่วยมากกว่าไฟฟ้าที่มาจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เมื่อเปรียบเทียบระหว่างโรงแยกก๊าซทั้ง 3 โรงพบว่า โรงแยกก๊าซที่ 2 ซึ่งมีกำลังการผลิตน้อยที่สุดและมีกระบวนการซับซ้อนน้อยที่สุดมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ส่วนโรงแยกก๊าซที่ 1 ที่มีการติดตั้งหน่วยกำจัด CO_2 และสามารถขาย CO_2 ได้นั้น มีประสิทธิภาพเชิงสิ่งแวดล้อมที่ดี การปรับปรุงเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากโรงแยกก๊าซสามารถทำได้โดยการปรับสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าที่ผลิตเองกับไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และโดยการติดตั้งหน่วยกำจัด CO_2 ที่โรงแยกก๊าซที่ 2 และ 3 ที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพเชิงสิ่งแวดล้อมโดยรวมได้

ACKNOWLEDGEMENTS

The author is grateful for the scholarship and funding of the thesis work provided by the Petroleum and Petrochemical College; and the National Excellence Center for Petroleum, Petrochemicals, and Advanced Materials, Thailand.

I would like to gratefully give special thanks to my advisor, Asst. Prof. Pomthong Malakul, for their criticism, valuable guidance, valuable suggestion, and vital help throughout this research work.

I greatly appreciate all my friends, PPC and MTEC staffs who gave me support and encouragement.

Finally, I am deeply indebted to my family for their love, care, and encouragement

TABLE OF CONTENTS

		PAGE
Title Page		i
Abstract (in English)		iii
Abstract (in Thai)		iv
Acknowledgements		v
Table of Contents		vi
List of Tables		viii
List of Figures		ix
CHAPTER		
I	**INTRODUCTION**	1
II	**BACKGROUND AND LITERATURE REVIEW**	3
	2.1 Life Cycle Analysis (LCA)	3
	2.1.1 A Brief History of LCA	4
	2.1.2 LCA Method	4
	2.1.3 LCA Applications	6
	2.2 Natural Gas	6
	2.2.1 How Natural Gas is Formed?	7
	2.2.2 Application of Natural Gas	8
	2.1.3 Natural Gas and the Environment	16
	2.1.3 Natural Gas Production in Thailand	18
III	**EXPERIMENTAL**	24
	3.1 Materials	24
	3.2 Experimental	24
IV	**RESULTS AND DISCUSSION**	31
	4.1 Life Cycle Inventory	31
	4.1.1 Gas Separation Plant Unit 1	31
	4.1.2 Gas Separation Plant Unit 2	34

CHAPTER		PAGE
	4.1.3 Gas Separation Plant Unit 3	36
	4.2 Comparison between GSP1, GSP2 and GSP3	39
	4.3 Life Cycle Environmental Impact Assessment (LCIA)	40
	4.4 Suggestions for Improvement	45
	4.4.1 Changing Source of Electricity	45
	4.4.2 Installed CO_2 Removal Unit	46
V	**CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS**	48
	REFERENCES	50
	APPENDICES	51
	Appendix A Raw Data of Gas Separation Plants	51
	Appendix B Data Collection of Emission to Water	55
	Appendix C Calculation of Carbon Dioxide	57
	Appendix D Data Collection of Emission to Air	58
	Appendix E Calculation of density of sale gas	59
	Appendix F Characterization Factor of Eco-indicator 95	60
	Appendix G Characterization Factor of Eco-indicator 99	65
	CURRICULUM VITAE	69

LIST OF TABLES

TABLE		PAGE
2.1	Typical composition of natural gas	7
2.2	Fossil fuel emission levels	17
2.3	Production Capacity and Products of Gas Separation Plant Units 1-5	23
4.1	The input-output of overall process of the GSP1 production of 1 kg of product.	34
4.2	The input-output of overall process of the GSP2 production of 1 kg of product.	36
4.3	The input-output of overall process of the GSP3 production of 1 kg of product.	39
4.4	Comparison between GSPs in terms of feed, energy consumption and emissions for production of 1 kg products	40
4.5	Environmental impact in equivalent units for each category using Eco-indicator 95 for 1 kg of ethane	42
4.6	The environmental impact assessment using Eco-indicator 99 for each impact category for 1 kg of ethane	44
4.7	The performance of sale gas from GSP1-3	47

LIST OF FIGURES

FIGURE		PAGE
2.1	LCA frameworks	4
2.2	Phases and applications of an LCA (based on ISO14040)	5
2.3	Interpretation	6
2.4	Natural Gas Use by Sector	9
2.5	Residential Energy Costs per Btu	10
2.6	Commercial Energy Use	12
2.7	Industrial Primary Energy Consumption by Fuel 1970 – 2020	14
2.8	Electricity Generation by Fuel 1970-2020	16
2.9	Gas Pipeline Network	21
3.1	Boundary of gas separation plant unit 1 (GSP 1)	25
3.2	Boundary of gas separation plant unit 2 (GSP 2)	25
3.3	Boundary of gas separation plant unit 3 (GSP 3)	26
4.1	Gas separation plant unit 1 processes	32
4.2	Input-output data of gas separation plant unit 1	33
4.3	Gas separation plant unit 2 processes	34
4.4	Input-output data of gas separation plant unit 2	35
4.5	Gas separation plant unit 3 processes	36
4.6	Input-output data of gas separation plant unit 3	37
4.7	Environmental impact categories of production of 1 kg ethane from GSP1, GSP2, and GSP3 by using Eco-indicator 95	41
4.8	Damage assessment of production of 1 kg ethane from GSP1, GSP2, and GSP3 by using Eco-indicator 99	43
4.9	Environmental impact categories of production of 1 kg ethane from GSP1, GSP2, and GSP3 by using Eco-indicator 99	43

FIGURE **PAGE**

4.10	Environmental impact categories of production of 1 kg ethane with out fossil fuel	44
4.11	The comparison of environmental impacts of 1 MJ electricity between electricity generated by an in-house gas turbine and generated by EGAT	45
4.12	The comparison of environmental impacts between using in-house gas turbine and EGAT	46