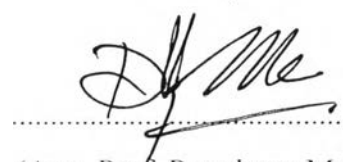
LIFE CYCLE ENERGY AND ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF WARM-MIXED ASPHALT (WMA)

Suwimon Leedilok

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
2013

Thesis Title:	Life Cycle Energy and Environmental Assessment of Warm-mixed Asphalt (WMA)
By:	Suwimon Leedilok
Program:	Petrochemical Technology
Thesis Advisors:	Asst. Prof. Pomthong Malakul
	Dr. Thawach Chatchupong

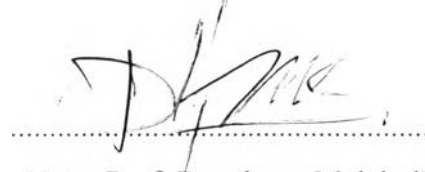
Accepted by the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Master of Science.



.....College Dean

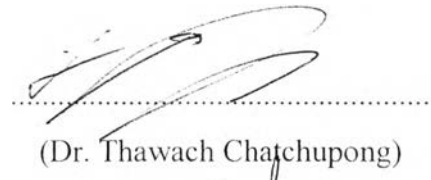
(Asst. Prof. Pomthong Malakul)

Thesis Committee:



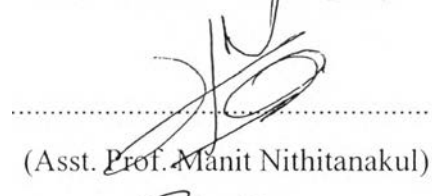
.....

(Asst. Prof. Pomthong Malakul)



.....

(Dr. Thawach Chatchupong)



.....

(Asst. Prof. Manit Nithitanakul)

.....

(Assoc. Prof. Thumrongrut Mungcharoen)

ABSTRACT

5471023063: Petrochemical Technology Program
Suwimon Leedilok: Life Cycle Environmental and Energy Assessment of Warm-mixed Asphalt (WMA)
Thesis Advisors: Asst. Prof. Pomthong Malakul and Dr. Thawach Chatchupong, 166 pp.

Keywords: Hot-mixed asphalt (HMA)/ Warm-mixed asphalt (WMA) / Life cycle assessment (LCA)

This study focused on evaluating the energy consumption and environmental performance of warm-mixed asphalt (WMA) technology as an alternative pavement to conventional hot-mixed asphalt (HMA) using life cycle assessment technique (LCA). The scope included data collection, analysis of energy and environmental impacts, and comparison between WMA and HMA. The system boundary covered provision of raw materials, asphalt production, transport, paving, maintenance, and disposal (demolition or recycling) based on a functional unit of 7 m x 1 km x 0.05 m road pavement. The data of asphalt production and pavement were collected from actual sites and compiled by using commercial LCA software, SimaPro 7.3. After that, a life cycle impact assessment (LCIA) was performed to evaluate the environmental impacts, focusing on global warming potential (GWP) and energy input. The results were compared with HMA based on the same functional units and also with results from other studies. The results of this study showed that GWP, represented by greenhouse gases (GHG) emissions, came mostly from raw materials and asphalt production with only a small contribution from the transportation and pavement process. When compared to HMA, the results showed that WMA had better performance in both GWP and energy aspects, but the benefits were not significant (<5%). It is expected that more environmental benefits can be achieved if the mixing temperature is further decreased. In comparison to other studies, the energy and environmental performance of HMA and WMA in Thailand is not as good as those observed in other countries. Finally, the end of life phase is obvious that recycling process helps reduce both energy input and GWP impact such that the more recycle leads to the better environment performance of asphalt.

บทคัดย่อ

สุวิมล หลีดิลก : การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมและพลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตของแอสฟัลต์คอนกรีตแบบใช้ความร้อนต่ำ (Life Cycle Environmental and Energy Assessment of Warm-mixed Asphalt (WMA)) อ. ที่ปรึกษา: ผศ. ดร. ปมทอง มาลากุล ณ อยุธยา และ ดร. ธวัช ฉัตรชูพงศ์ 166 หน้า

งานวิจัยนี้ทำการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและพลังงานของแอสฟัลต์คอนกรีตแบบใช้ความร้อนต่ำซึ่งพัฒนามาจากการใช้แอสฟัลต์คอนกรีตแบบใช้ความร้อนปกติแบบเดิม โดยใช้กระบวนการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตในการวิเคราะห์ การศึกษานี้จะทำการเก็บข้อมูลจากโรงงานจริง วิเคราะห์ผลกระทบ นำแอสฟัลต์ทั้ง 2 อย่างมาเปรียบเทียบกันและเปรียบเทียบกับการศึกษาของต่างประเทศ ขอบเขตของการศึกษาครอบคลุมตลอดวัฏจักรตั้งแต่วัตถุดิบ การผลิตแอสฟัลต์ การขนส่ง การปูถนน จนถึงการกำจัดและการนำกลับมาใช้ใหม่ของแอสฟัลต์คอนกรีต โดยการศึกษาครั้งนี้ มีหน่วยของการศึกษา คือถนนขนาดความกว้าง 7 เมตร ความยาว 1 กิโลเมตรและความหนา 5 เซนติเมตร ข้อมูลต่างๆ ที่เก็บรวบรวมจะถูกนำมาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SimaPro 7.3 ด้วยวิธี Eco-Indicator 95 และ CML baseline 2000 เพื่อประเมินภาระด้านสิ่งแวดล้อมด้านต่างๆ โดยเน้นที่ผลกระทบด้านภาวะโลกร้อนและพลังงานที่ใช้ จากผลการศึกษาในแบบ cradle-to-gate แสดงให้เห็นว่า ผลกระทบด้านภาวะโลกร้อนและพลังงานที่ใช้เกิดมาจากขั้นตอนการผลิตมากที่สุด ตามด้วยการขนส่งและการปูถนนที่มีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น นอกจากนี้แอสฟัลต์คอนกรีตแบบใช้ความร้อนต่ำมีผลกระทบด้านภาวะโลกร้อนและพลังงานที่ใช้ในกระบวนการต่ำกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตแบบใช้ความร้อนปกติแต่ต่ำกว่าไม่มาก ซึ่งคาดว่าการลดอุณหภูมิในการผลิตมากขึ้นจะช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้นด้วย นอกจากนี้เมื่อนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาเปรียบเทียบกับการศึกษาของต่างประเทศพบว่าผลกระทบด้านภาวะโลกร้อนและพลังงานที่ใช้ของข้อมูลที่เก็บในประเทศไทยมีปริมาณมากกว่ามาก และเมื่อพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิต (cradle-to-grave) พบว่า การนำกลับมาใช้ใหม่ของแอสฟัลต์ส่งผลดีทางด้านภาวะโลกร้อนและพลังงานที่ใช้มากกว่าการฝังกลบ

ACKNOWLEDGEMENTS

This work would not have been possible without the assistance of the following individuals:

First and foremost, I sincerely appreciate Asst. Prof. Pomthong Malakul, my advisor, and Dr. Thawach Chatchupong, my co-advisor, for providing invaluable knowledge, creative comments, untouchable experience in classroom, and kind support throughout this research work.

I would like to thank Asst. Prof. Manit Nithitanakul and Assoc. Prof. Thumrongrut Mungcharoen for being my thesis committee. Their suggestions and comments are very beneficial for me and this work.

I also thank Mr. Sompit Petchprayul and Pharawee Wibul for your kind suggestion and kind support throughout this research work.

This thesis work is funded by the Petroleum and Petrochemical College and PTT Public Company Limited, Thailand

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

Finally, I am deeply indebted to my family for their love, understanding, encouragement, and support for me at all time.

TABLE OF CONTENTS

LIST OF TABLES

LIST OF FIGURES

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**