

วารสารวิศวกรรมศาสตร์

การศึกษาต้นทุนสังคมของโรงไฟฟ้า กรณีศึกษา โรงไฟฟ้าแม่เมาะ

วรthy ศรีพิพัฒน์กุล* และ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ ประเทศไทย 10330

อีเมล: warat@hotmail.com*

บทคัดย่อ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการประเมินต้นทุนสังคมของโรงไฟฟ้า โดยคิดเป็นมูลค่าผลกระทบทางด้านสุขภาพประชาชนจากมลพิษทางอากาศ ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง รวมทั้งเปรียบเทียบต้นทุนสังคมที่ประเมินได้ กับอัตราการจ่ายเงินเข้ากองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า ด้วยการใช้แนวทาง Impact Pathway Approach (IPA) โดยการรวบรวมข้อมูลปริมาณสารพิษในอากาศได้แก่ SO_2 NO_x และ PM_{10} ที่ปล่อยจากโรงไฟฟ้า และใช้แบบจำลอง HYSPLIT เพื่อประเมินความเข้มข้นของมลพิษที่เพิ่มขึ้นในอากาศ จากนั้นนำข้อมูลผลกระทบด้านสุขภาพจากมลพิษทางอากาศที่อ้างอิง จากงานวิจัยต่างๆ โดยใช้หลักการ Exposure-Response Function (ERF) มาวิเคราะห์ผลกระทบด้านสุขภาพ และประเมินมูลค่าต้นทุนทางสังคมของโรงไฟฟ้าด้วยวิธีประเมินมูลค่าชีวิตเชิงสถิติ (Value of Statistical Life: VSL) เพื่อประเมินมูลค่าผลกระทบทางสุขภาพให้เป็นตัวเงิน

ผลการศึกษาพบว่าแนวทาง IPA เป็นวิธีหนึ่งที่เหมาะสมในการประเมินต้นทุนสังคมด้านผลกระทบสุขภาพที่เกิดจากโรงไฟฟ้า เนื่องจากมีการนำปัจจัยต่างๆ ที่สัมพันธ์กับผลกระทบมาวิเคราะห์อย่างครอบคลุมทุกด้านและเป็นระบบ และผลจากการวิเคราะห์ต้นทุนสังคมที่เกิดจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะในปี 2553 คิดเป็นเงิน 0.000107-0.000187 สตางค์ต่อกิโลวัตต์ ชั่วโมง (kWh) หรือเทียบเท่ากับ 179,136 บาท-311,456 บาท ต่อปริมาณการผลิตไฟฟ้าในปี 2553 เมื่อเปรียบเทียบกับ การจ่ายเงินเข้ากองทุนเพื่อสนับสนุนด้านสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อมในปี 2553 เป็นจำนวน 15,481,680 บาท จะเห็นได้ว่า อัตราที่โรงไฟฟ้าจ่ายเงินเข้ากองทุนนั้นเป็นจำนวน 49 เท่าของต้นทุนสังคมที่เกิดขึ้น ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าอัตราการจ่ายเงินเข้ากองทุนนั้นครอบคลุมต้นทุนสังคม

คำสืบค้น: ต้นทุนสังคม, วิถีผลกระทบ, ผลกระทบภายนอก, โรงไฟฟ้าแม่เมาะ, ถ่านหิน, ผลกระทบสุขภาพ

วารสารวิศวกรรมศาสตร์ (ISSN: 1906-3636) ปีที่ 4 ฉบับที่ 2

วันที่ส่ง 25 กันยายน 2555

วันที่ตอบรับ 15 ตุลาคม 2555

วันที่ตีพิมพ์ 30 มกราคม 2556

Online at <http://www.ej.eng.chula.ac.th/>

DOI:10.4186/ejth.2012.4.2.1



A Study of Social Cost of Power Plant: the Case of Mae Moh Power Plant

Warat Sripipattanakul* and Suthas Ratanakuakangwan

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand

E-mail: warat@hotmail.com*

Abstract. The aim of this research is to study the social cost assessment method of air pollution from Mae Moh coal fired power plant located in Lampang province in 2010 and compare its monetary value with the contribution rate to Power Development Fund. The researcher applied the impact pathway approach (IPA) through compilation of SO_2 , NO_x and PM_{10} emission from power plant and used HYSPLIT model to simulate the emissions, transport, dispersion, and deposition of pollutants. Subsequently, damages to public health were quantified by Exposure Response Function (ERF) and the monetary value of such impacts was calculated by Value of Statistical Life (VSL).

The results show that (1) IPA is an appropriate way to analyze the social cost because of its complete chain of causal relationships from source of the emission through monetization of health endpoints; (2) the damage costs range between 0.000107-0.000187 satang per kWh or 179,136-311,456 THB per year. Comparing to the amount of 15,481,680 Baht paid by the power plant in 2010 for the power plant development fund in terms of health and medical support, it will be 49 times of social cost. It is found that the rate collected from the power plant to the fund is reasonable and covering the whole social cost of health impacts.

Keywords: Social cost, impact pathway approach, externality, coal-fired power plant, coal, health impacts.

Engineering Journal (ISSN: 1906-3636) Volume 4 Issue 2

Received 25 September 2012

Accepted 15 October 2012

Published 30 January 2013

Online at <http://www.ej.eng.chula.ac.th/>

DOI:10.4186/ejth.2012.4.2.1

1. บทนำ

โรงไฟฟ้าถ่านหินนับว่าเป็นโรงไฟฟ้าฐานที่มีความสำคัญ เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตต่ำ ราคาถูก ลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงนำเข้าจากต่างประเทศ และช่วยให้ประเทศไทยมีความมั่นคงด้านพลังงาน สามารถตอบสนองความต้องการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องได้ แต่ในอดีต ผลภาวะจากโรงไฟฟ้าถ่านหินนับว่าสร้างผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและสุขภาพของประชาชนอย่างเห็นได้ชัดจนที่สุดผ่านการร้องเรียนทางสื่อต่างๆอย่างต่อเนื่อง และมีการจ่ายค่าชดเชยให้ผู้เสียหายเป็นเงินจำนวนมาก เช่น ค่าชดเชยการอพยพของประชาชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ในช่วงปี 2521-2549 เป็นเงินถึง 1,679 ล้านบาท ดังตารางที่ 1 จึงอาจกล่าวได้ว่าแม้จะมีต้นทุนการผลิตต่ำ แต่ต้นทุนด้านสังคมของโรงไฟฟ้าถ่านหินนั้นกลับสูงกว่าโรงไฟฟ้าประเภทอื่นๆ [1] ปัจจุบันการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยมีมาตรการที่เข้มงวดเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพประชาชนที่อยู่อาศัยรอบโรงไฟฟ้า เช่น การติดตั้งระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ระบบดักจับฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิตย์ และการควบคุมปริมาณสารพิษที่ปล่อยจากโรงไฟฟ้าให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมกำหนด อีกทั้งจากการประเมินสุขภาพโดยวิทยาลัยการสาธารณสุข จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี 2544-2545 พบว่าสุขภาพของประชาชนรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะอยู่ในเกณฑ์ดีขึ้น แต่ต้นทุนสังคมส่วนนี้ ยังคงควรนำมาพิจารณาเพื่อประโยชน์ในการวางแผนการก่อสร้างโรงไฟฟ้าในอนาคต

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการประเมินต้นทุนสังคมของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ โดยคิดมูลค่าผลกระทบทางด้านสุขภาพประชาชนจากมลพิษทางอากาศ ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง รวมทั้งเปรียบเทียบต้นทุนสังคมที่ได้กับอัตราการจ่ายเงินเข้ากองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้าในส่วนการสนับสนุนด้านสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อมดังตารางที่ 2 เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดนโยบายความรับผิดชอบต่อสังคมของโรงไฟฟ้าถ่านหินต่อไป

ตารางที่ 1 ตัวอย่างต้นทุนสังคมที่ กฟผ. เป็นผู้รับผิดชอบ จากผลกระทบของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ [2]

การอพยพของประชาชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า		จำนวนเงิน (ล้านบาท)
ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2521	บ้านท่าตุน บ้านนาแหม	81
ครั้งที่ 2 พ.ศ. 2521	บ้านสบมั่ว บ้านสบหลวงและบ้านสบจาง	78
ครั้งที่ 3 พ.ศ. 2530	บ้านเมาะหลวง บ้านหางสูงและบ้านห้วยเป็ด	966
ครั้งที่ 4 พ.ศ. 2535	บ้านเวียงสวรรค์ บ้านนาล่าง	93
ครั้งที่ 5 พ.ศ. 2544	บ้านหางสูง	157
ครั้งที่ 6 พ.ศ. 2549	บ้านห้วยเป็ด บ้านห้วยคิง บ้านห้วยฝาย	304

ตารางที่ 2 งบประมาณของกองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ปี 2553 [3]

ที่	วัตถุประสงค์ของกองทุน	งบประมาณ (บาท)	ร้อยละ
1	สนับสนุนการพัฒนาอาชีพ	21,963,720	10
2	สนับสนุนการศึกษา ศาสนา วัฒนธรรม ดนตรี กีฬา	26,933,340	12.26
3	สนับสนุนการสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม	15,481,680	7.05
4	สนับสนุนการพัฒนาคุณภาพชีวิต	139,867,974	63.68
5	สนับสนุนด้านอื่นๆ	15,384,920	7.01
รวม		219,631,634	100

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1. การประเมินมูลค่าผลกระทบต่อสุขภาพ (Impact Pathway Approach: IPA)

วิธีคิดมูลค่าต้นทุนสังคมในวงจรผลิตไฟฟ้าซึ่งเป็นที่ยอมรับและแพร่หลายมากที่สุดคือ “วิธีผลกระทบหรือ IPA” [4] ซึ่งได้รับการพัฒนาโดยนักวิจัยในโครงการ ExternE (External Cost of Energy) และได้รับเงินสนับสนุนจากสหภาพยุโรป (European Commission: EC) ให้ดำเนินโครงการแบบต่อเนื่องตั้งแต่ปี 1991-2005 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเกี่ยวกับต้นทุนภายนอกที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้า รวมถึงพัฒนาโปรแกรมในการคำนวณต้นทุนผลกระทบภายนอกด้วย ที่ผ่านมามีการศึกษาต้นทุนสังคมจากโรงไฟฟ้าโดยใช้แนวทาง IPA ดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งแนวทางประเมินผลกระทบจากโรงไฟฟ้าตาม IPA มีขั้นตอนดังนี้

1. การประเมินปริมาณสารพิษ ที่ปล่อยสู่บรรยากาศ จากโรงไฟฟ้า ซึ่งปริมาณมลพิษทางอากาศที่ปลดปล่อยจากโรงไฟฟ้า ซึ่งจะขึ้นอยู่กับประเภทของเชื้อเพลิงที่ใช้ ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า
2. การหาการกระจายตัวของสารมลพิษ และปริมาณความเข้มข้นสารมลพิษที่เพิ่มขึ้นในบรรยากาศ ที่ทำให้คุณภาพอากาศเปลี่ยนแปลง
3. การหาผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดขึ้น ด้วยแนวคิดพื้นฐานจาก การเปลี่ยนแปลงของระดับมลพิษในบรรยากาศ ย่อมส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ โดยใช้ผลการศึกษาทางระบาดวิทยามาร่วมประยุกต์
4. การประเมินมูลค่าผลกระทบทางสุขภาพให้เป็นตัวเงิน

ตารางที่ 3 งานวิจัยต่างๆ ที่ศึกษาต้นทุนทางสังคมของโรงไฟฟ้าถ่านหิน [5-8]

ผู้วิจัย	พื้นที่ศึกษา	จำนวนประชากร ในพื้นที่ศึกษา (คน)	ผลกระทบ	มูลค่าต้นทุนสังคม (UScents/kWh)
ORNL/RFF (1994)	ประเทศสหรัฐอเมริกา	252,177,000	สุขภาพมนุษย์	0.06-0.13
Georgakellos (2004)	ประเทศกรีซ	11,023,600	สุขภาพมนุษย์	0.022
Vrhovcak (2005)	ประเทศโครเอเชีย	4,496,869	สุขภาพมนุษย์	0.05
Hainoun (2009)	ประเทศซีเรีย	19,747,856	สุขภาพมนุษย์	0.07-2.5

2.1.2. การประเมินผลกระทบโดยการโอนมูลค่าสิ่งแวดล้อม (Benefit Transfer Method)

เป็นวิธีการที่ผู้ประเมินไม่ต้องทำการประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมโดยตรง เป็นวิธีที่ประหยัดเวลาและต้นทุนในการศึกษา โดยใช้วิธีโอนผ่านสมการ (Transfer of Function) ซึ่งเป็นการโอนสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับมูลค่า (Functional Relationship) ที่ได้จากพื้นที่ที่ทำการศึกษาไว้แล้ว (Study Site) เพื่อนำมาใช้เป็นเกณฑ์สำหรับพื้นที่ศึกษา (Policy Site) แต่จะไม่สามารถโอนมูลค่าได้อย่างตรงไปตรงมา จะต้องมาทำการปรับค่าให้มีความสัมพันธ์กับพื้นที่ที่กำลังศึกษานั้นด้วย [9]

2.1.3. มูลค่าชีวิตเชิงสถิติ (Value of Statistical Life: VSL)

หมายถึงความเสียหายเชิงเศรษฐศาสตร์ที่เกิดจากการตาย หรือ การเจ็บป่วย ซึ่งวิธี VSL นั้นเป็นที่นิยมใช้ในการประเมินมูลค่าผลกระทบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณที่มีปัญหาด้านมลภาวะทางอากาศ เช่น Environmental Protection Agency (EPA) Guidelines (U.S. EPA, 2000a)

2.1.4. ทฤษฎีความเต็มใจที่จะจ่าย (Willingness to Pay: WTP)

เป็นทฤษฎีว่าด้วยพฤติกรรมผู้บริโภค ที่ผู้บริโภคมีเหตุผลในการเลือกบริโภค เพื่อให้ได้รับความพอใจหรืออรรถประโยชน์สูงสุดภายใต้งบประมาณที่มีอยู่อย่างจำกัด สามารถเขียนได้ดังสมการ (1) [10]

$$\text{Maximize } U = U(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n); p_1x_1 + p_2x_2 + p_3x_3 + \dots + p_nx_n \leq B \quad (1)$$

เมื่อ U คือ ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ของผู้บริโภค; x_i คือ สินค้าชนิดที่ i โดยที่ $i = 1, 2, 3, \dots, n$; p_i คือ ราคาของสินค้าชนิดที่ i โดยที่ $i = 1, 2, 3, \dots, n$; B คือ งบประมาณของแต่ละบุคคล

การวัดมูลค่าความเต็มใจที่จะจ่าย นิยมใช้ในการวัดผลกระทบของสินค้าที่อยู่ในสภาพเสียหายให้กลับมาอยู่ในสภาพเดิมหรือพัฒนาให้ดีขึ้น เช่น ความต้องการที่จะจ่ายเพื่อจะทำให้คุณภาพอากาศดีขึ้น

2.1.5. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory)

เป็นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นโดย Air Resources Laboratory (ARL), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) ประเทศสหรัฐอเมริกา ใช้คาดการณ์และวิเคราะห์ทิศทางเคลื่อนที่และการกระจายตัวของมวลสารในอากาศ สามารถใช้ในการคำนวณตั้งแต่เส้นทางของกลุ่มอากาศทั่วไป ไปจนถึงการจำลองการกระจายตัวและสะสมของสารต่างๆ ในอากาศที่ซับซ้อนได้โดยใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาทั่วโลกในการคำนวณที่มีการเก็บไว้เป็นฐานข้อมูลของโปรแกรม นอกจากนี้ยังสามารถเลือกแสดงผลร่วมกับ Google Earth ได้ [11] นอกจากนี้ แบบจำลอง HYSPLIT ยังทำให้รู้จุดเริ่มต้นของมลภาวะ ซึ่งจะช่วยให้หน่วยงานที่ดูแลคุณภาพอากาศจัดทำนโยบายได้อย่างเหมาะสม มีการใช้แบบจำลอง HYSPLIT อย่างแพร่หลายโดยหน่วยงานรัฐในสหรัฐอเมริกา รวมทั้งองค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (World Meteorological Organization, WMO) และทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (International Atomic Energy Agency: IAEA) ส่วนในประเทศไทย มีการใช้ HYSPLIT เพื่อจำลองการกระจายตัวฝุ่นแขวนลอย ในโครงการวิจัยการพัฒนาระบบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เบื้องต้นเพื่อการพยากรณ์เตือนภัยมลภาวะหมอกควันสำหรับภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยและการประยุกต์ใช้ในฤดูไฟป่าหน้าแล้ง ซึ่งดำเนินการโดยบัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (The Joint Graduate School of Energy and Environment: JGSEE)

2.2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปี 2009 ได้มีการประเมินค่าผลกระทบสุขภาพจากมลพิษทางอากาศ โดยใช้วิธี IPA ของโรงไฟฟ้าในประเทศซีเรีย [8] สารมลพิษที่เป็นปัจจัยในงานวิจัยนี้คือ ฝุ่นละออง โดยใช้หลักการ Exposure-Response Function ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารมลพิษที่ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์ อัตราการเป็นโรคต่างๆ ตามปริมาณสารพิษที่เพิ่มขึ้นในบรรยากาศ ในบรรยากาศ จากนั้นประเมินต้นทุนผลกระทบสุขภาพด้วยวิธีการ Benefit Transfer ที่มาจากการเก็บข้อมูลด้วยวิธี Willingness to Pay ของงานวิจัยในประเทศสหรัฐอเมริกา จากงานวิจัยพบว่า ต้นทุนผลกระทบจะมีค่าประมาณ 0.07 US

cent ต่อกิโลวัตต์ สำหรับเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ และ 2.5 US cent ต่อกิโลวัตต์สำหรับเชื้อเพลิงน้ำมัน ซึ่งชี้ให้เห็นว่าก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงที่มีต้นทุนผลกระทบต่อสุขภาพต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ

นอกจากนี้ได้มีการศึกษามูลค่าทางชีวิตทางเชิงสถิติจากการลดอัตราการตายเนื่องจากมลภาวะทางอากาศ ของประชากรกรุงเทพมหานคร โดยใช้วิธีการวัดมูลค่าชีวิตคน (VSL) [12] ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ด้วยแนวคิดความเต็มใจที่จะจ่าย (WTP) เพื่อลดอัตราการตายเนื่องจากมลภาวะทางอากาศ โดยใช้วิธีแจกแบบสอบถามด้วยการสุ่มตัวอย่างชาวกรุงเทพมหานคร จำนวน 680 คนจาก 20 เขต จากการศึกษาพบว่า มูลค่าชีวิตเชิงสถิติของคนกรุงเทพมหานครอยู่ในช่วง 0.74–1.32 ล้านดอลลาร์สหรัฐอเมริกา ซึ่งค่าที่ได้นั้นแตกต่างกับงานวิจัยของต่างประเทศ เนื่องจากรายได้ประชากรมีความแตกต่างกัน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1. ข้อมูลเบื้องต้นของโรงไฟฟ้าการศึกษา

โรงไฟฟ้าแม่เมาะ ปัจจุบันเดินเครื่อง 10 โรง คือ โรงที่ 4-13 โดยเครื่องที่ 4-7 มีกำลังผลิต 150 MW และ 8-13 มีกำลังผลิต 300 MW มีกำลังผลิตรวม 2400 MW มีประสิทธิภาพเครื่องกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Flue Gas Desulfurization: FGD) ตั้งแต่ 92-97% ส่วนประสิทธิภาพเครื่องกำจัดฝุ่น (Electrostatic Precipitator: ESP) 99.5-99.7% [13]

3.2. การประเมินค่าสารมลพิษที่ปล่อยสู่บรรยากาศ

การหาปริมาณมลพิษทางอากาศที่ปล่อยจากโรงไฟฟ้า ซึ่งจะขึ้นอยู่กับประเภทของเชื้อเพลิงที่ใช้ ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า และเทคโนโลยีของระบบกำจัดมลพิษของโรงไฟฟ้า โดยทั่วไปนิยมคำนวณปริมาณมลพิษโดยใช้ค่าแฟคเตอร์ของการปลดปล่อยสารมลพิษ (Emission Factor) [14] ได้จากสมการ (2)

$$E = Q \times EF \times (1 - ER / 100) \quad (2)$$

เมื่อ E คือ ปริมาณมลพิษที่ปลดปล่อย (kg/hr); Q คือ ขนาดของโรงไฟฟ้า (MWh); EF คือ แฟคเตอร์ของการปล่อยสารมลพิษ (Emission Factor); ER คือ ประสิทธิภาพของเครื่องกำจัดมลพิษ (%)

ในการคำนวณปริมาณสารมลพิษที่ปล่อยจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะจากการผลิตไฟฟ้า สามารถคำนวณได้โดยใช้ค่า Emission Factor ดังตารางที่ 4 เป็นผลการศึกษาค่า Emission Factor ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยในปี 2544-2549 โดยค่า Emission Factor ที่ได้จากการศึกษานั้นเป็นการศึกษากรณีที่โรงไฟฟ้ามีการติดตั้งระบบ FGD และ ESP แล้ว และปัจจุบันโรงไฟฟ้าแม่เมาะยังไม่มีมีการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีในการกำจัดมลภาวะ ดังนั้นจึงสามารถหาปริมาณสารมลพิษที่ปล่อยจากโรงไฟฟ้าได้ดังสมการ (3)

$$E = Q \times EF \quad (3)$$

เมื่อ E คือ ปริมาณมลพิษที่ปลดปล่อย (kg/hr); Q คือ ขนาดของโรงไฟฟ้า (MWh); EF คือ แฟคเตอร์ของการปล่อยสารมลพิษของโรงไฟฟ้าที่ติดตั้งระบบควบคุมมลภาวะ (Emission Factor)

ตารางที่ 4 ค่า Emission Factor เฉลี่ยของโรงไฟฟ้าแม่เมาะในปี 2544-2549 [15]

ประเภทโรงไฟฟ้า	เชื้อเพลิง	สารมลพิษ	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อย	
			kg/GJ	kg/MWh
พลังงานความร้อน	ถ่านหิน	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ติดตั้ง FGD)	0.12	1.26
		ฝุ่นละออง (ติดตั้ง ESP)	0.01024	0.09
		ออกไซด์ไนโตรเจน	0.26	2.83

จากสมการ (3) แสดงตัวอย่างการคำนวณอัตราการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์รายชั่วโมงของโรงไฟฟ้า ได้ดังนี้

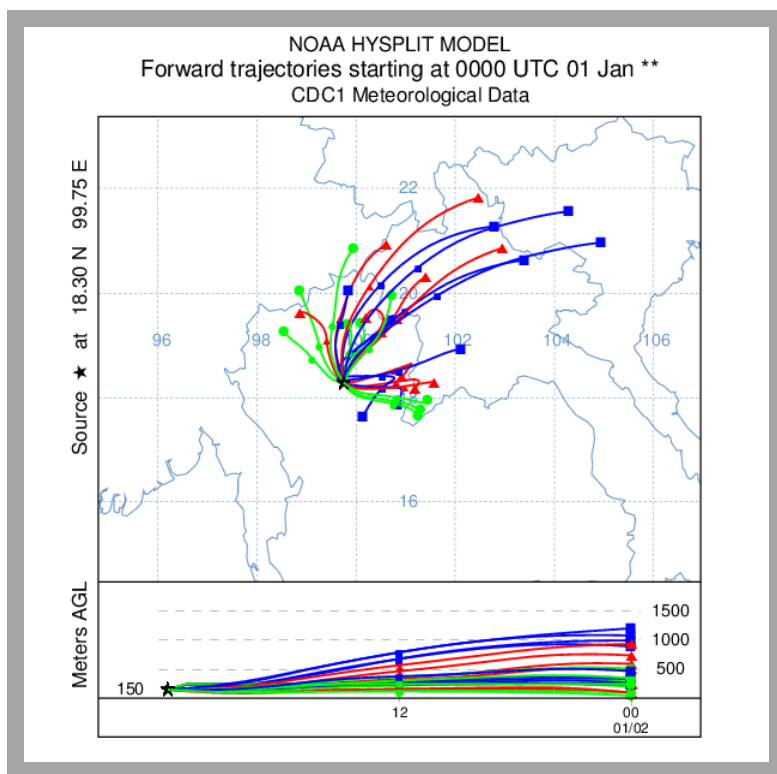
$$E = 2400 \times 1.26$$

$$= 3024 \text{ kg/hr}$$

ดังนั้น แสดงว่า อัตราการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ คือ 3,024 กิโลกรัมต่อชั่วโมงการผลิตไฟฟ้า (เมื่อเดินเครื่องการผลิตที่ 2400 เมกกะวัตต์ชั่วโมง) ซึ่งค่านี้จะนำไปใช้เป็นข้อมูลตั้งต้นในขั้นตอนถัดไป

3.3. การหาปริมาณและการกระจายตัวของสารมลพิษ (Pollution Dispersion)

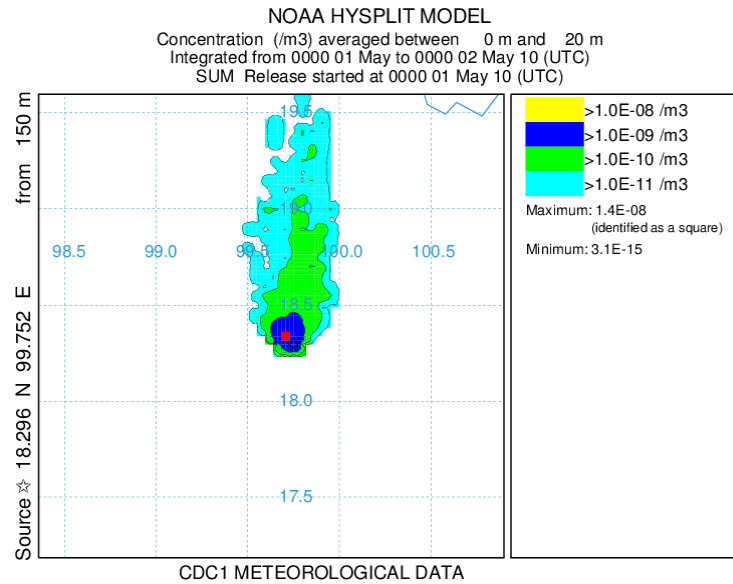
โดยการนำข้อมูลปริมาณการปล่อยสารมลพิษจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ มาศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพอากาศ จากการเพิ่มขึ้นของสารมลพิษในอากาศ ศึกษาทิศทางการเคลื่อนที่ของสารมลพิษที่จะตกกระทบในแต่ละพื้นที่ศึกษา เพื่อนำไปศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ต่อไป โดยใช้แบบจำลองทางอากาศ HYSPLIT จำลองเหตุการณ์ และดูทิศทางการเคลื่อนที่ (Trajectory) ของมวลสารและการกระจายตัว (Dispersion) ซึ่งค่าข้อมูลนำเข้าของโปรแกรมคือ ปริมาณการปล่อยสารมลพิษรายวัน ที่ได้จากอัตราการปล่อยสารมลพิษรายชั่วโมงจากการคำนวณใน สมการ (3) ส่วนข้อมูลอุตุนิยมวิทยานั้นเป็นฐานข้อมูลของโปรแกรม HYSPLIT จากรูปที่ 1 ซึ่งเป็นตัวอย่างทิศทางการเคลื่อนที่ของมวลสารจากแหล่งกำเนิด ในวันที่ 1 มกราคม 2553 ที่ได้จากการประมวลผลจากโปรแกรม HYSPLIT จะเห็นว่าทิศทางการเคลื่อนที่ของสารมลพิษจะกระจายไปทั่วบริเวณแต่จะมีทิศทางการเคลื่อนที่ส่วนใหญ่มาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งจะเป็นไปตามข้อมูลอุตุนิยมวิทยารายวัน ซึ่งในแต่ละวันทิศทางการเคลื่อนที่ของสารจะแตกต่างกันไป ดังนั้นจึงต้องกำหนดพิกัดพื้นที่ศึกษาของแต่ละอำเภอ ใน จ.ลำปาง เพื่อหาปริมาณสารมลพิษที่เพิ่มขึ้นในบรรยากาศในแต่ละพื้นที่ ดังรูปที่ 2 และปริมาณสารมลพิษที่เพิ่มขึ้นในบรรยากาศ (Concentration) ในแต่ละพื้นที่ที่ได้จากโปรแกรมจะแสดงค่าในรูปความเข้มข้น โดยมวลต่อปริมาตรอากาศ (กรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ซึ่งสามารถแสดงค่าระดับความเข้มข้นของสารมลพิษในแต่ละพื้นที่ซึ่งแสดงระดับสีที่แตกต่างกัน ดังรูปที่ 3 ค่าที่ได้จะมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ตามทิศทางการเคลื่อนที่ของมวลสารและสภาพอุตุนิยมวิทยา จากการประมวลผลของโปรแกรม HYSPLIT พบว่าปริมาณสารมลพิษที่ขึ้นในอากาศของจากการปริมาณการปล่อยสารมลพิษของโรงไฟฟ้าในแต่ละพื้นที่ของ จ.ลำปาง มีความแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 5



รูปที่ 1 ตัวอย่างทิศทางการเคลื่อนที่ของสารมลพิษจากแหล่งกำเนิด



รูปที่ 2 ผลความเข้มข้นสารมลพิษจากโปรแกรม HYSPLIT ผ่าน โปรแกรม Google Earth



รูปที่ 3 ผลปริมาณความเข้มข้นของสารมลพิษที่เพิ่มขึ้นในอากาศจากโปรแกรม HYSPLIT

ตารางที่ 5 ปริมาณสารมลพิษเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นรายปีในอากาศ ในพื้นที่ จ.ลำปาง จากโปรแกรม HYSPLIT

ลำดับ	อำเภอ	ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของสารมลพิษ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
		SO ₂	PM ₁₀	NO _x
1	อำเภอเมืองลำปาง	0.0053	0.000064	0.0081
2	อำเภอแม่เมว	0.0092	0.000097	0.0112
3	อำเภอเกาะคา	0.0038	0.000053	0.0076
4	อำเภอเสริมงาม	0.0024	0.000032	0.0057
5	อำเภองาว	0.0065	0.000069	0.0092
6	อำเภอแจ้ห่ม	0.0047	0.000041	0.0066
7	อำเภอวังเหนือ	0.0022	0.000035	0.0053
8	อำเภอเถิน	0.0005	0.000007	0.0021
9	อำเภอแม่พริก	0.0002	0.000003	0.00098
10	อำเภอแม่ทะ	0.0007	0.000006	0.0053
11	อำเภอสบปราบ	0.0004	0.000004	0.0017
12	อำเภอห้างฉัตร	0.0012	0.000019	0.00069
13	อำเภอเมืองปาน	0.0038	0.000036	0.0042
เฉลี่ย		0.00314	0.000036	0.008584

3.4. การหาผลกระทบต่อสุขภาพ (Health Impact)

การหาผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากปริมาณสารมลพิษที่เพิ่มขึ้นในบรรยากาศ ในพื้นที่ศึกษา ซึ่งส่งผลให้เกิด อัตราการตาย หรือ อัตราการเจ็บป่วยที่เพิ่มขึ้น โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารมลพิษที่เปลี่ยนแปลงในบรรยากาศ กับผลกระทบต่อสุขภาพ (Exposure Response Function) ที่ได้รวบรวมจากผลงานวิจัยทางระบาดวิทยา ทั้งจากงานวิจัยในประเทศเพื่อให้ได้ค่า exposure response function ที่เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษา และงานวิจัยต่างประเทศ ดังตารางที่ 6 มาประยุกต์ใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ การหาผลกระทบต่อสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงของมลพิษในบรรยากาศ สามารถหาได้จากสมการ (4) [16]

$$D_{jk} = f_{er} \times \Delta P_j \times POP \quad (4)$$

เมื่อ D_{jk} คือ จำนวนผู้ที่ได้รับผลกระทบ k จากการได้รับมลพิษ j (case/year); f_{er} คือ Exposure Response Coefficient จากมลพิษ j (case per person per year/ $\mu\text{g}/\text{m}^3$); ΔP_j คือ ปริมาณเฉลี่ยของสารมลพิษ j ที่เพิ่มขึ้นในบรรยากาศ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$); POP คือ จำนวนประชากรที่ได้รับมลพิษทางอากาศ (person)

ตารางที่ 6 ค่า Exposure Response Coefficient ของผลกระทบทางสุขภาพ [17-19]

ผลกระทบ	Exposure Response Coefficient case/(person-year- $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
ตายก่อนวัยอันควร	2.4E-06
พักรักษาตัวในโรงพยาบาลเนื่องจากโรคทางเดินหายใจ	1.68E-03
มีอาการผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ	0.168
อาการผิดปกติของระบบทางเดินอากาศหายใจฉับพลัน	0.3
สูญเสียวันทำงาน	0.058
หอบหืด	0.058
หลอดลมอักเสบเรื้อรัง	6.12E-05
เข้ารับบริการห้องฉุกเฉิน	2.37E-04
พักรักษาตัวเนื่องจากโรคเกี่ยวกับหัวใจ	5.06E-06

3.5. การประเมินมูลค่าผลกระทบทางสุขภาพเป็นตัวเงิน

ในการประเมินผลกระทบทางสุขภาพให้เป็นตัวเงินนั้น จะแบ่งเป็นสองส่วนหลักๆ คือ ผลกระทบเนื่องจากการตาย และผลกระทบเนื่องจากการเจ็บป่วย ดังนั้นจะต้องรู้มูลค่าของผลกระทบแต่ละหน่วย เช่น มูลค่าของชีวิต มูลค่าของการเจ็บป่วย ซึ่งมีทั้ง อัตราค่ารักษาพยาบาลของโรคต่างๆ ค่าสูญเสียโอกาสในการทำงาน มูลค่าทางจิตใจ เพื่อที่จะสามารถประเมินค่าให้เป็นตัวเงินได้ จากสมการ (5) [16]

$$\text{Impact Cost}_k = D_{jk} \times \text{Damage Cost}_k \quad (5)$$

เมื่อ Impact Cost_k คือ ผลกระทบเป็นตัวเงินจากการผลกระทบทางสุขภาพ k ; D_{jk} คือ จำนวนผู้ที่ได้รับผลกระทบทางสุขภาพ k จากการได้รับมลพิษ j ; Damage Cost_k คือ มูลค่าต่อหน่วยของผลกระทบทางสุขภาพ k

งานวิจัยนี้ได้อ้างอิงมูลค่าผลกระทบทางสุขภาพที่ใช้แนวคิดความเต็มใจที่จะจ่ายเพื่อที่จะไม่ให้เกิดการเจ็บป่วยต่างๆ ของงานวิจัยต่างประเทศ เนื่องจากยังไม่มีงานวิจัยที่มีการศึกษามูลค่าผลกระทบทางสุขภาพในประเทศไทย แล้วจึงใช้วิธีการประเมินมูลค่าผลกระทบโดยการโอนมูลค่าสิ่งแวดลอม (Benefit Transfer Method) มายังพื้นที่ที่กำลังศึกษาโดยตรง ซึ่งในการโอนมูลค่านั้นจะต้องทำการปรับค่าความแตกต่างของสภาพเศรษฐกิจมายังพื้นที่ศึกษา ในงานวิจัยนี้ได้อ้างอิงผลการศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกา ดังตารางที่ 7 ดังนั้นจึงต้องปรับมูลค่าความแตกต่างทางเศรษฐกิจเพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับประเทศไทยซึ่งค่า WTP ของคนในประเทศสหรัฐอเมริการย่อมมีความแตกต่างกับคนไทย เนื่องจากสภาพเศรษฐกิจของประเทศ รวมถึงความเท่าเทียมของอำนาจซื้อ (Power Purchase Parity: PPP) เนื่องจากรายได้ที่แตกต่างกัน สามารถโอนมูลค่าได้ดังสมการ (6) [20]

$$\text{Damage Cost}_B = \text{Damage Cost}_A \times \text{GDP}_B(\text{PPP}) / \text{GDP}_A(\text{PPP}) \quad (6)$$

เมื่อ Damage Cost_A คือ มูลค่าผลกระทบใน ประเทศ A; Damage Cost_B คือ มูลค่าผลกระทบใน ประเทศ B; $\text{GDP}_A(\text{PPP})$ คือ ผลิตภัณฑ์มวลรวมประเทศ A ต่อจำนวนประชากร ที่มีการปรับกำลังซื้อ (Gross Domestic Product per Capita: Power Purchase Parity); $\text{GDP}_B(\text{PPP})$ คือ ผลิตภัณฑ์มวลรวมประเทศ B ต่อจำนวนประชากร ที่มีการปรับกำลังซื้อ (Gross Domestic Product per Capita: Power Purchase Parity)

ตารางที่ 7 ค่า Damage Cost จากงานวิจัย WTP เพื่อที่จะลดการเกิดโรคต่างๆ จากมลพิษทางอากาศในปี ค.ศ.1995 [21]

ผลกระทบทางสุขภาพ	ค่าใช้จ่าย (ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา)
พักรักษาตัวในโรงพยาบาลเนื่องจากโรคทางเดินหายใจ	14,000
มีอาการผิดปกติของระบบทางเดินอากาศหายใจฉับพลัน	12
มีอาการผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ	9.4
สูญเสียวันทำงาน	62
หอบหืด	37
หลอดลมอักเสบเรื้อรัง	220,000
เข้ารับบริการที่ห้องฉุกเฉิน	520
พักรักษาตัวในโรงพยาบาลเนื่องจากโรคเกี่ยวกับหัวใจ	15,000

ดังนั้นจากสมการ (6) และค่า GDP(PPP) ในตารางที่ 8 สามารถหาค่า Damage Cost ในประเทศไทยได้ดังนี้

$$\text{Damage Cost}_{\text{ไทย}} = \text{Damage Cost}_{\text{สหรัฐอเมริกา}} \times 4683.80 / 27826.60$$

$$\text{Damage Cost}_{\text{ไทย}} = 0.17 \times \text{Damage Cost}_{\text{สหรัฐอเมริกา}}$$

ตารางที่ 8 ค่า GDP (PPP) ระหว่างประเทศไทยและสหรัฐอเมริกาในปี ค.ศ. 1995 [22]

ประเทศไทย (ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา)	ประเทศสหรัฐอเมริกา (ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา)
4,683.80	27,826.60

ตารางที่ 9 ค่า Damage Cost หลังจากการใช้หลักการ Benefit Transfer เพื่อปรับมาใช้ในงานวิจัย ในปี ค.ศ. 1995

ผลกระทบทางสุขภาพ	ค่าใช้จ่าย (ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา)
พักรักษาตัวในโรงพยาบาลเนื่องจากโรคทางเดินหายใจ	2,380
อาการผิดปกติของระบบทางเดินอากาศหายใจเฉียบพลัน	2.04
อาการผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ	1.6
สูญเสียวันทำงาน	10.54
หอบหืด	6.29
หลอดลมอักเสบเรื้อรัง	37,400
เข้ารับบริการที่ห้องฉุกเฉิน	88.4
พักรักษาตัวในโรงพยาบาลเนื่องจากโรคเกี่ยวกับหัวใจ	2,550

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากผลการศึกษา ปริมาณสารมลพิษที่เพิ่มขึ้นในอากาศ จากการปล่อยก๊าซเสียจากโรงไฟฟ้า โดยใช้โปรแกรม HYSPLIT พบว่า ปริมาณสารมลพิษที่เพิ่มขึ้นในอากาศ จะมีค่าเฉลี่ยรายปีสูงสุดใน อ.แม่เมาะ ซึ่งเป็นที่ตั้งของโรงไฟฟ้า และจะค่อยๆ ลดลงไปเมื่อระยะทางห่างจากแหล่งกำเนิด ซึ่งค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของแต่ละสารมลพิษจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกัน เนื่องจากทิศทางลม และสภาพอากาศ ณ เวลาต่างๆ ที่เป็นฐานข้อมูลของด้านสภาพอากาศของโปรแกรม HYSPLIT

4.1. ผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษทางอากาศ

จากการที่คุณภาพอากาศเปลี่ยนแปลงไป ย่อมส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ จากงานวิจัยทางระบาดวิทยาต่างๆ ที่ได้รวบรวมมา ซึ่งในงานวิจัยนี้คิดผลกระทบทางสุขภาพ เนื่องจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และ ฝุ่นขนาดเล็ก (PM_{10}) ส่วนก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนเพียงลำพังนั้นไม่พบว่ามีความสัมพันธ์กับการเกิดอาการทางระบบหายใจอย่างชัดเจน ไม่มีความสัมพันธ์กับการเข้าโรงพยาบาลและสมรรถภาพปอด [23-25] และยังไม่มีการวิจัยทางระบาดวิทยาที่ศึกษาผลกระทบของออกไซด์ไนโตรเจนอย่างเจาะจง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงไม่นำมาคิดเป็นผลกระทบ

ผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มขึ้นของมลพิษในอากาศ อาจทำให้เกิดอัตราการตายก่อนกำหนดเป็นจำนวน 5.76×10^{-3} คนต่อปี หรือ สามารถประเมินเป็นต้นทุนสังคมได้ 5,295.48-9,429.76 ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา หรือเทียบเท่ากับ 169,455-301,752 บาทต่อปี และจากต้นทุนสังคมจากผลกระทบทางสุขภาพอื่นๆ จะเห็นว่า พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบทางสุขภาพ จากมลพิษทางอากาศ สูงสุด อยู่ที่ อ.เมืองลำปาง ถึงแม้ อ.เมืองลำปาง จะไม่ได้เป็นอำเภอที่ได้รับมลพิษทางอากาศสูงสุด แต่เนื่องจาก อ.เมืองลำปาง มีจำนวนประชากรสูง จึงทำให้ อ.เมืองลำปาง เป็นอำเภอที่มีจำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบทางสุขภาพจากมลพิษทางอากาศสูงสุด ซึ่งก่อให้เกิดต้นทุนสังคมสูงขึ้นตามด้วย ดังนั้นจำนวนประชากรที่อยู่ใกล้โรงไฟฟ้า ย่อมเป็นตัวแปรหนึ่งในการเลือกสถานที่ตั้งของโรงไฟฟ้า

จากตารางที่ 10 พบว่าต้นทุนสังคมที่เกิดจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะในปี 2553 เท่ากับ 5,598.83 ถึง 9,733.11 ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา หรือ เท่ากับ 179,162-311,459 บาท (อัตราแลกเปลี่ยนเฉลี่ยปี 2553 ที่ 1 ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา = 31.73

บาท) และจากปริมาณการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ปี 2553 ผลิตได้ทั้งหมด 16,5420,052 เมกกะวัตต์ชั่วโมง (MWh) ดังนั้นต้นทุนสังคมที่เกิดขึ้นต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้า จะเท่ากับ 0.000107-0.000187 สตางค์ ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 10 ต้นทุนสังคมที่เกิดจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ในพื้นที่ จ.ลำปาง พ.ศ. 2553

ลำดับ	อำเภอ	จำนวนประชากร	ต้นทุนสังคมที่เกิดขึ้น (ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา)
1	อำเภอเมืองลำปาง	233,447	2430.4 - 4227.2
2	อำเภอแม่เมาะ	39,534	709.51 - 1,236.74
3	อำเภอเกาะคา	61,977	466.54 - 809.32
4	อำเภอเสริมงาม	32,268	152.98 - 265.61
5	อำเภองาว	57,112	724.4 - 1262.57
6	อำเภอแจ้ห่ม	41,255	375.11 - 655.57
7	อำเภอวังเหนือ	44,639	196.25 - 339.52
8	อำเภอเถิน	61,300	60.73 - 105.34
9	อำเภอแม่พริก	16,852	6.71 - 11.62
10	อำเภอแม่ทะ	61,126	82.73 - 144.61
11	อำเภอสบปราบ	28,058	21.84 - 38.1
12	อำเภอห้างฉัตร	50,368	120.75 - 208.92
13	อำเภอเมืองปาน	34,013	250.91 - 438.02
รวม		761,949	5,598.83 - 9,733.11

ตารางที่ 11 ต้นทุนสังคมต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้า

ปริมาณการผลิตไฟฟ้า ปี 2553 (เมกกะวัตต์ชั่วโมง)	ต้นทุนสังคม ที่เกิดขึ้น (ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา)*	ต้นทุนสังคมต่อ หน่วยการผลิตไฟฟ้า (เซ็นต์สหรัฐอเมริกา /เมกกะวัตต์ชั่วโมง)	ต้นทุนสังคมต่อ หน่วยการผลิตไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง)
16,5420,052	5598.83-9733.11	0.0034-0.0059	0.00000107-0.00000187

*อัตราค่าเงินบาทเฉลี่ย ปี 2553 ที่ 1 US dollar เท่ากับ 31.73 บาท [26]

5. สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1. สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาพบว่าแนวทาง IPA เป็นวิธีหนึ่งที่เหมาะสมในการประเมินต้นทุนสังคมด้านผลกระทบสุขภาพที่เกิดจากโรงไฟฟ้า เนื่องจากการนำปัจจัยต่างๆที่สัมพันธ์กับผลกระทบมาวิเคราะห์อย่างครอบคลุมทุกด้านและเป็นระบบ และผลจากการวิเคราะห์ต้นทุนสังคมที่เกิดจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะในปี 2553 คิดเป็นเงิน 0.000107-0.000187 สตางค์ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง (kWh) หรือเทียบเท่ากับ 179,162 บาท ถึง 311,459 บาทต่อปี ซึ่งจะเห็นได้ว่าต้นทุนทางสังคมมีมูลค่าน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาต้นทุนทางสังคมของโรงไฟฟ้าในงานวิจัยต่างประเทศ แต่เนื่องจากขอบเขตของงานวิจัยนี้เจาะจงศึกษาเฉพาะผลกระทบที่เกิดต่อประชาชนในจังหวัดลำปางเท่านั้น ซึ่งจำนวนประชากรในพื้นที่ศึกษานั้นน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ ดังนั้นต้นทุนทางสังคมที่เกิดขึ้นจึงไม่ได้ครอบคลุมผลกระทบต่อประชากรทั้งประเทศเมื่อเทียบกับการประเมินมูลค่าผลกระทบต่อประชากรทั้งประเทศดังในการศึกษาของต่างประเทศ อีกทั้งปัจจุบันโรงไฟฟ้าได้ใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพมาช่วยลดมลภาวะที่เกิดขึ้นจากการผลิตไฟฟ้าด้วยถ่านหิน ส่วนการเปรียบเทียบกับกรจ่ายเงินเข้ากองทุนเพื่อสนับสนุนด้านสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อมในปี 2553 เป็นจำนวน 15,481,680 บาท จะเห็นได้ว่าอัตราที่โรงไฟฟ้าจ่ายเงินเข้ากองทุนนั้นเป็นจำนวน 49 เท่าของต้นทุนสังคมที่เกิดขึ้น ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าอัตราการจ่ายเงินเข้ากองทุนนั้นครอบคลุมต้นทุนสังคมที่เกิดขึ้น และจากสมมติฐานของการศึกษาว่าจำนวนประชากรมีผลต่อต้นทุนทางสังคมของโรงไฟฟ้าพบว่าเป็นจริง ดังจากผลการศึกษาต้นทุนทางสังคมที่เกิดขึ้นในแต่ละอำเภอ ในจังหวัดลำปาง จะเห็นว่า อ.เมืองลำปางมีต้นทุนทางสังคมสูงที่สุด เนื่องจากมีจำนวนประชากรสูงที่สุด ถึงแม้ อ.เมืองลำปางจะไม่ใช่ว่าพื้นที่ที่ได้รับปริมาณสารมลพิษสูงที่สุดก็ตาม

5.2. อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษาต้นทุนสังคมของโรงไฟฟ้าถ่านหิน คิดเป็นเงิน 0.000107-0.000187 สตางค์ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง นั้น พบว่าค่าที่ได้ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา แต่มีสาเหตุเนื่องมาจาก งานวิจัยนี้กำหนดขอบเขตศึกษา เฉพาะ จ. ลำปาง เพื่อเป็นแนวคิดในการเปรียบเทียบกับกรจัดเก็บเงินเข้ากองทุนพัฒนารอบโรงไฟฟ้า จึงทำให้ค่าที่ได้ต่ำกว่าจากการคิดมูลค่าผลกระทบของทั้งประเทศ และเป็นการศึกษาเฉพาะผลกระทบทางสุขภาพที่เกิดจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM₁₀) เท่านั้น จากผลการศึกษาเห็นว่า ที่ตั้งของโรงไฟฟ้านั้น มีผลต่อต้นทุนสังคม ถ้าโรงไฟฟ้านั้นตั้งห่างจากแหล่งชุมชนก็จะทำให้มีต้นทุนสังคมที่ต่ำ แต่ถ้าโรงไฟฟ้าตั้งใกล้แหล่งชุมชนก็จะทำให้มีต้นทุนสังคมสูง ถึงแม้จะปล่อยสารมลพิษเพียงเล็กน้อยก็ตาม

5.3. ข้อเสนอแนะ

1. งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพียงพื้นที่ใน จ.ลำปางเท่านั้น ดังนั้นเพื่อให้ได้ต้นทุนสังคมที่มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ควรศึกษาผลกระทบทั้งจากคน สัตว์ และพืช ในภาพกว้างทั้งประเทศเนื่องจากสารมลพิษนั้นสามารถเคลื่อนที่เป็นระยะทางได้ไกลเนื่องจากการพัดพาของกระแสลม
2. เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้มีการใช้ผลการศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพ ข้อมูลทางด้านตัวเงิน จากงานวิจัยในกลุ่มคนชาวต่างชาติ ดังนั้นถ้าหากมีการนำข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยที่มีการศึกษาในประเทศไทย อาจทำให้ได้การประเมิน

ต้นทุนสังคมมีความแม่นยำยิ่งขึ้น เพราะมีตัวแปรต่างๆ ที่คล้ายคลึงกัน เช่น พันธุกรรม สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ เป็นต้น

3. งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพ เนื่องจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และฝุ่นขนาดเล็ก ดังนั้น ควรมีการนำผลกระทบทางสุขภาพของมลพิษอื่นๆ ที่ปล่อยจากโรงไฟฟ้า มาคิดรวมด้วย เพื่อให้ครอบคลุมต้นทุนที่เกิดจากโรงไฟฟ้ามากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

- [1] ธารา บัวคำศรี. ต้นทุนจริงของถ่านหิน. กรีนพีซเอเชียตะวันออกเฉียงใต้, 2550.
- [2] “สรุปผลการประชุม,” คณะกรรมาธิการพลังงาน สภาผู้แทนราษฎร ครั้งที่ 29
- [3] งบประมาณรายจ่ายประจำปี 2553 ของกองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้าจังหวัดลำปาง. [Online]. Available: <http://www.eppo.go.th>
- [4] สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย, การศึกษาพัฒนาการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านเศรษฐศาสตร์ สิ่งแวดล้อม. 2543.
- [5] “External costs and benefits of fuel cycles. A study for US department of Energy and the Commission of the European Communities,” ORNL/RFF-Oak Ridge National Laboratory and Resource for the Future Inc., Rep. No.1-8, 1994.
- [6] G. A. Dimitrios, “External cost of air pollution from thermal power plants: case of Greece,” *International Journal of Energy Sector*, pp. 257-272, 2007.
- [7] V. B. Maja, T. Zeljko, and D. Nenad, “External costs of electricity production: case study Croatia,” *Energy Policy*, pp. 1385-1395, 2005.
- [8] A. Hainoun, A. Almoustafa, and M. Serif Aldin, “Estimating the damage health costs of Syrian electricity generation system using impact pathway approach,” *Elsevier Energy*, vol. 35, pp. 628-638, 2009.
- [9] S. Milan, H. Miroslav, and M. Jan, “The ExternE method: a brief discussion on externality definition and estimation method,” *AEA Technology*, vol. 9, 2004.
- [10] มนัสนันท์ เนียมศรี และ กนกวรรณ จันทร์เจริญชัย, “การประเมินมูลค่าชีวิตเชิงสถิติจากการใช้สารเคมีทางการเกษตรของเกษตรกรผู้ปลูกส้มโอ: กรณีศึกษา จังหวัดพิจิตร,” *วารสารวิทยาการจัดการและสารสนเทศศาสตร์*, หน้า:51-65, ต.ค. 2554-มี.ค. 2555.
- [11] A Complete Modeling System for Simulating Dispersion of Harmful Atmospheric Material. Air Resources Laboratory HYSPLIT Model Research. [Online]. Available: http://www.arl.noaa.gov/HYSPLIT_info.php
- [12] S. Vassanadumrongdee and S. Matsuoka, “Risk Perceptions and Value of Statistical Life for Air Pollution and Traffic Accidents Evidence from Bangkok, Thailand,” *The Journal of Risk and Uncertainty*, pp. 261-287, 2005.
- [13] โรงไฟฟ้าแม่เมาะ. [Online]. Available: <http://www.maemoh.egat.co.th>

- [14] U.S. Environmental Protection Agency, *Compilation of Air Pollutant Emission Factors AP42*, 5th ed.1995.
- [15] P. Krittayakasem, S. Patumsawad, and S. Garivait, "Emission inventory of electricity generating in Thailand," *Journal of Sustainable Energy & Environment*, vol. 2, pp. 65-69, 2011.
- [16] W. Yu, "The analysis of the impacts of energy consumption on environment and public health in China," *Elsevier Energy*, pp. 4473-4479, 2010.
- [17] นันทวรรณ วิจิตรวาทการ และคณะ, "รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการประเมินอัตราการตาย อัตราการป่วย และผลกระทบทางเศรษฐกิจอื่นเนื่องมาจากมลพิษทางอากาศในกรุงเทพมหานคร," 2547.
- [18] L. G. Chestnut, B. D. Ostro, and N. Vichit-Vadakarn, "Health impacts of particulate matter in Bangkok," the Pollution Control Department, Thailand, Final Report, 1998.
- [19] A. Kristin and X.-C. Pan, "Exposure-response functions for health effects of ambient air pollution applicable for China—a meta-analysis," *Science of the Total Environment*, pp. 3-16, 2004.
- [20] P. Preiss and V. Klotz, "Ecosense Web V1.3, description of updated and extended draft tools for the detailed site-dependant assessment of external cost," Germany: institute Fur Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung–IER Universitat Stuttgart; 2008.
- [21] B. D. Ostro and L. G. Chestnut, "Assessing the health benefits of reducing particulate matter air pollution in the United States," *Environmental Research Section A*, vol. 76, pp. 94-106, 1998.
- [22] International Monetary Fund, 2011 World Economic Outlook. [Online]. Available: <http://www.imf.org/external/pubs/ft/2011/index.asp>
- [23] วิทยาลัยการสาธารณสุข จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, "รายงานฉบับสมบูรณ์ การศึกษาผลกระทบจากมลพิษทางอากาศต่อสุขภาพประชาชน อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง เล่มที่ 2," 2544.
- [24] C. Spix, H. R. Anderson, J. Schwartz, M. A. Vigotti, A. LeTertre, J. M. Vonk, G. Touloumi, F. Balducci, T. Piekarski, L. Bacharova, A. Tobias, A. Pönkä, and K. Katsouyanni, "Short-term effects of air pollution on hospital admissions of respiratory diseases in Europe: a quantative summary of APHEA study result," *Archives of Environmental*, vol. 53, no. 1, pp.: 54-64, 1998.
- [25] วนิตา ทรัพย์สุข, "ผลของฝุ่นขนาดเล็กและก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ภายในที่พักอาศัยต่อสุขภาพของแม่บ้านและเด็กในกรุงเทพมหานคร," วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.
- [26] ธนาคารแห่งประเทศไทย. [Online]. Available: <http://www.bot.or.th/statistics/reportpage.asp>