

การศึกษาด้านทุนสังคมของโรงไฟฟ้า กรณีศึกษา โรงไฟฟ้าถ่านหิน

นายวรัทย์ ศรีพิพัฒน์กุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)

are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

A STUDY OF SOCIAL COST OF POWER PLANT  
: THE CASE OF COAL FIRED POWER PLANT

Mr. Warat Sripipattanakul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2012

Copyright of Chulalongkorn University



วรัทย์ ศรีพิพัฒน์กุล: การศึกษาต้นทุนสังคมของโรงไฟฟ้า กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าถ่านหิน  
(A Study of Social Cost of Power Plant: The Case of Coal Fired Power Plant)  
อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ. สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน, 97 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการประเมินต้นทุนสังคมของโรงไฟฟ้าในปี 2553 โดยคิดมูลค่าผลกระทบทางด้านสุขภาพประชาชนจากมลพิษทางอากาศ ของโรงไฟฟ้าถ่านหิน รวมทั้งเปรียบเทียบต้นทุนสังคมที่ได้อัตราการจ่ายเงินเข้ากองทุนพัฒนาโรงไฟฟ้า ด้วยการใช้แนวทาง Impact Pathway Approach (IPA) โดยรวบรวมข้อมูลปริมาณสารพิษในอากาศได้แก่  $SO_2$   $NO_x$  และ  $PM_{10}$  ที่ปล่อยจากโรงไฟฟ้าถ่านหิน และใช้แบบจำลอง HYSPLIT เพื่อประเมินความเข้มข้นของมลพิษที่เพิ่มขึ้นในอากาศ จากนั้นนำข้อมูลผลกระทบด้านสุขภาพจากมลพิษทางอากาศ จากงานวิจัยต่างๆ โดยใช้หลักการ Exposure-Response Function (ERF) มาวิเคราะห์ผลกระทบด้านสุขภาพ และประเมินมูลค่าต้นทุนสังคมของโรงไฟฟ้าด้วยวิธีประเมินมูลค่าชีวิตเชิงสถิติ (Value of Statistical Life: VSL) เพื่อประเมินมูลค่าผลกระทบทางสุขภาพให้เป็นตัวเงิน

ผลการศึกษาพบว่าแนวทาง IPA เป็นวิธีหนึ่งที่เหมาะสมในการประเมินต้นทุนสังคมด้านผลกระทบสุขภาพที่เกิดจากโรงไฟฟ้า เนื่องจากมีการนำปัจจัยต่างๆ ที่สัมพันธ์กับผลกระทบมาวิเคราะห์อย่างครอบคลุมทุกด้านและเป็นระบบ และผลจากการวิเคราะห์ต้นทุนสังคมที่เกิดจากโรงไฟฟ้าถ่านหินในปี 2553 คิดเป็นเงิน 0.00011 - 0.00019 สตางค์ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง (kWh) หรือเทียบเท่ากับ 183,889.92 - 316,507.20 บาทต่อปี ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าที่ได้ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากขอบเขตการศึกษาเจาะจงเฉพาะผลกระทบที่มีต่อประชาชนในจังหวัดลำปางเท่านั้น อีกทั้งปัจจุบันโรงไฟฟ้าได้ใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพมาช่วยลดมลภาวะที่เกิดขึ้นจากการผลิตไฟฟ้าด้วยถ่านหิน

ส่วนการเปรียบเทียบกับการจ่ายเงินเข้ากองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้าในอัตรา 0.0143 บาทต่อ kWh จะเห็นว่าอัตราที่โรงไฟฟ้าจ่ายเงินเข้ากองทุนนั้นครอบคลุมต้นทุนสังคมที่เกิดขึ้น

ภาควิชา..... วิศวกรรมอุตสาหกรรม.....ลายมือชื่อ.....  
สาขาวิชา..... วิศวกรรมอุตสาหกรรม.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....  
ปีการศึกษา..... 2555.....

# #5171510921 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS : HEALTH IMPACT / SOCIAL COST/ AIR POLLUTION

WARAT SRIPIPATTANAKUL: A STUDY OF SOCIAL COST OF POWER PLANT: THE CASE STUDY OF COAL FITRED POWER PLANT.

ADVISOR : ASSOC.PROF. SUTHAS RATANAKUAKANGWAN , 97 pp.

The aim of this research is to study the social cost assessment method of air pollution from coal fired power plant 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<sub>2</sub> NO<sub>x</sub> and PM<sub>10</sub> emission from coal fired 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 0.00011 - 0.00019 satang per kWh or 183,889.92 – 316,507.20 THB per year. The cost is relatively small due to the study area which is limited within Lampang province, together with the clean technology that helps reduce pollutants from coal fired power generation.

When compared the social cost in this study to a contribution rate of 0.0143 THB per unit, 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.

Department : Industrial Engineering..... Student's Signature .....

Field of Study : Industrial Engineering Advisor's Signature .....

Academic Year : 2012.....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลงได้ ด้วยความกรุณาจาก รศ.สุทัศน์ รัตนเกื้อกั้วาน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำสำหรับแนวทางการทำวิจัยและให้ข้อคิดเห็นต่างๆในการทำวิจัยด้วยดี ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านประกอบไปด้วยประธานกรรมการและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ซึ่งประกอบด้วย รศ.ดร.ปารเมศ ชูติมา(ประธานกรรมการ) รศ.จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์ (กรรมการ) และ รศ. สมชาย พวงเพิกคีก (กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ) ที่ได้ให้คำชี้แนะเพื่อให้การวิจัยนี้ออกมาอย่างถูกต้อง รวมทั้ง ดร.ชัชวาล วงศ์มหาดเล็ก เจ้าหน้าที่จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่ได้ให้คำแนะนำในการใช้โปรแกรม HYSPLIT

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์และผู้เกี่ยวข้องทุกท่านอย่างสูง ณ ที่นี้ด้วย

## สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	4
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	6
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	6
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
1.6 ขั้นตอนและแผนดำเนินงานวิจัย.....	7
1.7 รายละเอียดทั่วไป.....	9
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	17
2.1 การประเมินมูลค่าผลกระทบจากโรงไฟฟ้า.....	17
2.2 สารมลพิษทางอากาศ.....	20
2.3 การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม.....	24
2.4 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม.....	25
2.5 มูลค่าชีวิตเชิงสถิติและต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของสุขภาพ.....	28
2.6 การประเมินค่าโดยการสัมภาษณ์โดยตรง.....	29
2.7 ทฤษฎีความเท่าเทียมของอำนาจซื้อ.....	31
2.8 แบบจำลอง HYSPLIT.....	31
2.9 มลพิษและผลกระทบสุขภาพ.....	33
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	42

	หน้า
บทที่ 3 ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย.....	47
3.1 ข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานกรณีศึกษา.....	47
3.2 การประเมินค่าสารมลพิษที่ปล่อยสู่บรรยากาศ.....	48
3.3 การหาปริมาณและการกระจายตัวของสารมลพิษ.....	58
3.4 การหาผลกระทบต่อสุขภาพ.....	62
3.5 การประเมินมูลค่าผลกระทบสุขภาพเป็นตัวเงิน.....	67
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	73
4.1 ผลกระทบต่อคุณภาพอากาศ.....	73
4.2 ผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษทางอากาศ.....	74
4.3 การประเมินมูลค่าต้นทุนสังคม .....	76
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	81
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	81
5.2 อภิปรายผลการวิจัย.....	81
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	82
รายการอ้างอิง.....	83
ภาคผนวก.....	84
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	97



## สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1	ปริมาณสารมลพิษที่ปล่อยจากโรงไฟฟ้าเทียบกับค่ามาตรฐาน.....	3
ตารางที่ 1.2	ต้นทุนสังคมที่ กฟผ.เป็นผู้รับผิดชอบ จากผลกระทบของโรงไฟฟ้าถ่านหิน.....	4
ตารางที่ 1.3	อัตราการจ่ายเงินเข้ากองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า.....	5
ตารางที่ 1.4	วงเงินงบประมาณรวมของกองทุนพัฒนาชุมชนรอบโรงไฟฟ้าถ่านหิน.....	5
ตารางที่ 1.5	รายละเอียดโรงไฟฟ้าถ่านหิน .....	10
ตารางที่ 1.6	คุณสมบัติของถ่านหินลิกไนต์ที่เหมาะสม.....	12
ตารางที่ 1.7	จำนวนประชากรจังหวัดลำปาง ปี 2553.....	14
ตารางที่ 2.1	งานวิจัยต่างๆ ที่ศึกษาต้นทุนสังคมจากโรงไฟฟ้า.....	18
ตารางที่ 2.2	สรุปวิธีประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อม.....	27
ตารางที่ 2.3	แสดงค่า Exposure Response Function.....	41
ตารางที่ 3.1	รายละเอียดโรงไฟฟ้าถ่านหิน ที่เดินเครื่องปัจจุบัน โรงที่ 4-13.....	47
ตารางที่ 3.2	ค่า Emission Factor ของโรงไฟฟ้าถ่านหิน.....	49
ตารางที่ 3.3	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm).....	50
ตารางที่ 3.4	ค่าเฉลี่ยการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (mg/m <sup>3</sup> ).....	51
ตารางที่ 3.5	ค่าอัตราการปล่อยอากาศเสียรายชั่วโมง.....	52
ตารางที่ 3.6	อัตราการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (kg/hr).....	54
ตารางที่ 3.7	ค่าผลการตรวจวัดปริมาณมลสารจากโรงไฟฟ้าถ่านหิน.....	55
ตารางที่ 3.8	อัตราการปล่อย PM <sub>10</sub> จากโรงไฟฟ้าต่อชั่วโมง.....	55
ตารางที่ 3.9	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (ppm).....	56
ตารางที่ 3.10	ค่าอัตราการปล่อยออกไซด์ของไนโตรเจน (kg/hr).....	57
ตารางที่ 3.11	พิกัด ละติจูด- ลองจิจูด ของแต่ละอำเภอ ใน จ.ลำปาง.....	58
ตารางที่ 3.12	ปริมาณความเข้มข้นของสารมลพิษเฉลี่ยรายปีที่เพิ่มขึ้นในบรรยากาศ.....	61
ตารางที่ 3.13	จำนวนผู้ป่วยในจากโรกระบบทางเดินหายใจและโรคหัวใจ.....	63
ตารางที่ 3.14	แสดงจำนวนประชากรที่เสียชีวิตจากการตายธรรมชาติ จ.ลำปาง.....	64
ตารางที่ 3.15	แสดง Exposure Response Function ที่ใช้ในงานวิจัย.....	65
ตารางที่ 3.16	ค่ามูลค่าชีวิตของคนกรุงเทพมหานคร.....	68
ตารางที่ 3.17	ค่า GDP PPP ระหว่างประเทศไทยและสหรัฐอเมริกา.....	69

ตารางที่ 3.18	แสดงค่า Damage Cost จากผลวิจัย WTP.....	70
ตารางที่ 3.19	ค่า Damage Cost หลังจากการใช้แนวคิด benefit transfer.....	70
ตารางที่ 3.20	อัตราเงินเฟ้อของประเทศไทย ตั้งแต่ปี 1995-2010.....	71
ตารางที่ 3.21	ค่าผลกระทบต่อหน่วยของแต่ละผลกระทบทางสุขภาพ.....	72
ตารางที่ 4.1	แสดงค่าปริมาณสารมลพิษเฉลี่ยรายปี.....	74
ตารางที่ 4.2	แสดงอัตราการเกิดผลกระทบสุขภาพ.....	75
ตารางที่ 4.3	ต้นทุนสังคมที่เกิดจากโรงไฟฟ้าถ่านหินในพื้นที่ จ.ลำปาง ปี 2553.....	76
ตารางที่ 4.4	แสดงค่าปริมาณการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าถ่านหิน ในปี 2553 .....	78
ตารางที่ 4.5	แสดงมูลค่าต้นทุนสังคมต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้า.....	79
ตารางที่ 4.6	เปรียบเทียบต้นทุนสังคมระหว่างก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และฝุ่น PM <sub>10</sub> .....	79

## สารบัญภาพ

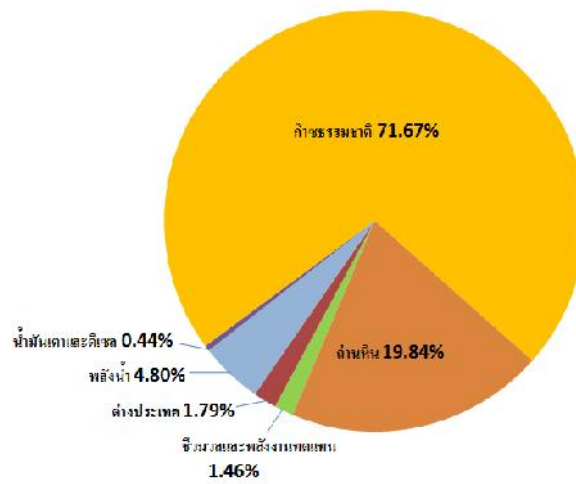
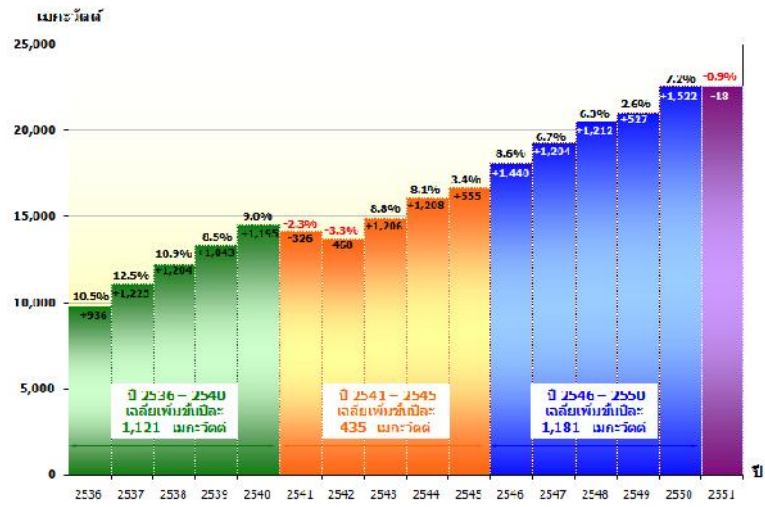
ภาพที่	หน้า
1.1	แสดงอัตราความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย.....2
1.2	แสดงสัดส่วนการผลิตและการซื้อไฟฟ้าแยกตามเชื้อเพลิง ปี 2552.....2
1.3	แสดงสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าในประเทศไทย ปี 2552.....9
1.4	แสดงขั้นตอนการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังความร้อน.....13
1.5	พื้นที่ใน จ.ลำปาง.....14
1.6	แสดงตำแหน่งจุดติดตั้งเครื่องวัดสภาพอากาศ.....15
2.1	แสดงขั้นตอนการประเมินผลกระทบจากโรงไฟฟ้า ด้วยวิธี IPA.....19
2.2	ส่วนประกอบของ CEMS .....23
2.3	แสดงประเภทของมูลค่าสิ่งแวดล้อม.....25
2.4	แสดงตัวอย่างผลจากโปรแกรม HYSPLIT.....32
2.5	แสดงความสัมพันธ์ของ Exposure Response Function.....35
3.1	แสดงตำแหน่งที่ตั้งของปล่องปล่อยก๊าซเสียจากโรงไฟฟ้า.....48
3.2	แสดงตัวอย่างทิศทางการเคลื่อนที่ของสารมลพิษจากแหล่งกำเนิด.....59
3.3	แสดงตัวอย่างค่าปริมาณสารมลพิษที่เพิ่มขึ้นในบรรยากาศ จากโปรแกรม HYSPLIT....59
3.4	แสดงค่าความเข้มข้นของสารมลพิษ โดยผ่านโปรแกรม Google Earth.....60
3.5	การแบ่ง grid เพื่อหาปริมาณสารที่เพิ่มขึ้นในแต่ละพื้นที่.....60
3.6	แสดงผลค่าความเข้มข้นของสารมลพิษที่เพิ่มขึ้นแต่ละพื้นที่จากโปรแกรม.....64
4.1	แสดงปริมาณสารพิษที่ปล่อยจากโรงไฟฟ้าถ่านหิน ในปี 2553 .....73
4.2	แสดงมูลค่าต้นทุนสังคมในแต่ละอำเภอ จ.ลำปาง .....77
4.3	เปรียบเทียบการจัดเก็บเงินเข้ากองทุนและต้นทุนสังคมที่เกิดขึ้นในปี 2553 .....80

## บทที่ 1

### บทนำ

การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งการขยายตัวของเศรษฐกิจนั้น ย่อมส่งผลดีต่อภาพรวมของประเทศ ทำให้รายได้ประชาชาติเพิ่มขึ้น ประชากรมีคุณภาพอยู่และฐานะทางเศรษฐกิจที่ดีขึ้น แต่การเจริญเติบโตที่รวดเร็วเกินไปโดยมุ่งเน้นการพัฒนาเฉพาะด้านเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ปัญหามลภาวะต่อคุณภาพน้ำ คุณภาพอากาศ คุณภาพชีวิต สังคม วัฒนธรรม สุขภาพอนามัย ทรัพยากรธรรมชาติ ซึ่งความเสียหายที่เกิดขึ้นเหล่านี้ถือว่าเป็นต้นทุนส่วนเพิ่ม (Marginal Cost) หรือต้นทุนสังคม (Social Cost) ที่ก่อให้เกิดความสูญเสีย หรือผลกระทบเชิงลบที่เกิดขึ้นกับสังคม เช่น แรงงานที่ต้องแบกรับภาระค่าใช้จ่ายการรักษาความเจ็บป่วยจากของเสียอันตรายที่หลีกเลี่ยงการผลิตที่ถูกต้องถึงสิ่งแวดล้อมโดยไม่ได้มีการจัดการอย่างถูกวิธี ซึ่งต้นทุนดังกล่าวเป็นสิ่งที่สังคมต้องแบกรับอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

เช่นเดียวกับอุตสาหกรรมไฟฟ้า ที่ความต้องการใช้ไฟฟ้า มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามสภาพเศรษฐกิจและการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมที่เจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง จากการพัฒนากรณีความต้องการไฟฟ้าตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (PDP 2010) ทำให้ต้องมีการสร้างโรงไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเพื่อรองรับต่อความต้องการใช้ไฟฟ้าในอนาคต โดยปัจจัยที่สำคัญในการเลือกเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า คือ ความมั่นคงของระบบไฟฟ้า ต้นทุนการผลิต และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นสำคัญ



และตาย ทำให้เกิดการประท้วงต่อต้านโรงไฟฟ้า การเรียกร้องค่าเสียหาย และการอพยพชาวบ้าน หลายชุมชนออกจากพื้นที่ (เกวลิน ณ เชียงใหม่, 2540) นอกจากนี้ประชาชนในพื้นที่ยังเสี่ยงต่อการได้รับผลกระทบในระยะยาวจากการสัมผัสสารมลพิษ ซึ่งค่าใช้จ่ายต่างๆเหล่านี้ถือเป็นต้นทุนสังคม ที่ผู้สร้างผลกระทบควรเป็นผู้รับผิดชอบต่อสังคม อย่างมีความเป็นธรรมและเหมาะสม ตามนโยบายความรับผิดชอบต่อสังคม ซึ่งถือว่าเป็นต้นทุนส่วนหนึ่งในการผลิตไฟฟ้า

จากผลกระทบในอดีต กฟผ. ได้ตระหนักถึงความสำคัญถึงผลกระทบต่อสุขภาพประชาชน และสิ่งแวดล้อม จึงได้มีการติดตั้งระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Flue Gas Desulfurization: FGD) และระบบดักจับฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิตย์ (Electrostatic Precipitator: ESP) เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งมีมาตรการที่เข้มงวดในการผลิตไฟฟ้า ซึ่งพบว่าในปัจจุบัน ปริมาณสารมลพิษที่ปล่อยจากโรงไฟฟ้ามีค่าปริมาณการปล่อยจะอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมกำหนดไว้ และจากการประเมินมูลค่าผลได้ในแง่สุขภาพอนามัยของประชาชนดีขึ้นเนื่องจากมลภาวะทางอากาศที่ลดลงประเมินโดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในบรรยากาศและอัตราการเจ็บป่วยด้วยโรคที่เกี่ยวข้องระบบทางเดินหายใจ ซึ่งมีการศึกษาอัตราการเจ็บป่วยของประชาชนในพื้นที่ อ.แม่เกาะ จ.ลำปาง เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (วิทยาลัยการสาธารณสุข จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544)

ตารางที่ 1.1 ปริมาณสารมลพิษที่ปล่อยจากโรงไฟฟ้าเทียบกับค่ามาตรฐาน

หน่วยการผลิต	ปริมาณสารมลพิษ		
	ฝุ่นละออง (mg/m <sup>3</sup> )	SO <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	NOx (mg/m <sup>3</sup> )
หน่วยการผลิตที่ 4-13	10-15	178-610	288-509
ค่ามาตรฐาน	180	838	614

ที่มา : มาตรฐานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องกำหนดค่าปริมาณสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงานผลิต ส่งหรือจำหน่าย พลังงานไฟฟ้า พ.ศ. 2547

ตารางที่ 1.2 ตัวอย่างต้นทุนสังคมที่ กฟผ. เป็นผู้รับผิดชอบ จากผลกระทบของโรงไฟฟ้าถ่านหิน

การอพยพของประชาชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า	จำนวนเงิน (ล้านบาท)
ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2521 บ้านท่าตุ่น บ้านนาแหม	81
ครั้งที่ 2 พ.ศ. 2521 บ้านสบม้า บ้านสบหลวงและบ้านสบจาง	78
ครั้งที่ 3 พ.ศ. 2530 บ้านเมะหลวง บ้านทางสูงและบ้านห้วยเป็ด	966
ครั้งที่ 4 พ.ศ. 2535 บ้านเวียงสุวรรณ บ้านนาล่าง	93
ครั้งที่ 5 พ.ศ. 2544 บ้านทางสูง	157
ครั้งที่ 6 พ.ศ. 2549 บ้านห้วยเป็ด บ้านห้วยคิง บ้านห้วยฝาย	304

ที่มา : สรุปผลการประชุม คณะกรรมการพิจารณาสิทธิการพลังงาน สภาผู้แทนราษฎร ครั้งที่ 29

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในอดีตมลภาวะจากโรงไฟฟ้าถ่านหินนับว่าสร้างผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและสุขภาพของประชาชนอย่างเห็นได้ชัดจนที่สุดผ่านการร้องเรียนทางสื่อต่างๆอย่างต่อเนื่อง และมีการจ่ายค่าชดเชยให้ผู้เสียหายเป็นเงินจำนวนมาก อาจกล่าวได้ว่าแม้จะมีต้นทุนการผลิตต่ำ แต่ต้นทุนด้านสังคมของโรงไฟฟ้าถ่านหินนั้นกลับสูงกว่าโรงไฟฟ้าประเภทอื่นๆ อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการประเมินต้นทุนสังคมเป็นตัวเงินที่ชัดเจน ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการประเมินต้นทุนสังคมที่เกิดจากผลกระทบของโรงไฟฟ้า เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุง พัฒนาประสิทธิภาพและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ ตั้งแต่ปี 2551 เป็นต้นมา มีการจัดตั้งกองทุนพัฒนาชุมชนรอบโรงไฟฟ้า เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชนและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากโรงไฟฟ้า ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะเปรียบเทียบต้นทุนสังคมที่ได้จากงานวิจัยนี้ กับอัตราการจ่ายเงินเข้ากองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดนโยบายความรับผิดชอบต่อสังคม

ตารางที่ 1.3 อัตราการจ่ายเงินเข้ากองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า

เชื้อเพลิง	สตางค์/หน่วย
ก๊าซธรรมชาติ	0.71-1.29
น้ำมันเตา, ดีเซล	0.86-1.43
ถ่านหิน, ลิกไนต์	1.43
พลังงานหมุนเวียน	
- ลมและแสงอาทิตย์	0.0
- ชีวมวล กาก และเศษวัสดุเหลือใช้ ชยะชุมชน	1.0
- พลังน้ำ	2.0

ที่มา: รายงานการประชุม คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ

ตารางที่ 1.4 วงเงินงบประมาณรวมของกองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้าถ่านหิน

ที่	วัตถุประสงค์ของกองทุน	งบประมาณ	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

ที่มา : งบประมาณรายจ่ายประจำปี 2553 ของกองทุนพัฒนาชุมชนรอบโรงไฟฟ้าจังหวัดลำปาง



## 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการประเมินต้นทุนสังคมของโรงไฟฟ้า
2. ประเมินต้นทุนสังคมที่เกิดจากโรงไฟฟ้าถ่านหิน
3. เปรียบเทียบต้นทุนสังคมที่ได้กับอัตราการจ่ายเงินเข้ากองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาต้นทุนสังคมจากมูลค่าผลกระทบทางสุขภาพของประชาชนจากมลพิษทางอากาศ ต่อสุขภาพมนุษย์ของโรงไฟฟ้าถ่านหิน
2. งานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นศึกษาประชาชนในพื้นที่ชุมชนรอบโรงไฟฟ้าถ่านหิน จ.ลำปาง

## 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. มูลค่าต้นทุนสังคมที่เกิดจากจากโรงไฟฟ้าถ่านหิน
2. มูลค่าต้นทุนสังคมต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง) ของโรงไฟฟ้าถ่านหิน

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางในการเปรียบเทียบกับอัตราการจัดเก็บเงินเข้ากองทุนพัฒนาชุมชนพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า
2. เป็นแนวคิดที่ในการหาต้นทุนที่แท้จริงจากการผลิตไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงถ่านหิน
3. เป็นแนวทางในการวางแผนการลงทุนในการเลือกใช้เทคโนโลยีในการผลิตไฟฟ้า
4. เป็นแนวทางในการวางแผนการเลือกเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า และกำหนดนโยบายสิ่งแวดล้อม ในอุตสาหกรรมไฟฟ้า
5. เป็นแนวทางในการกำหนดอัตราค่าธรรมเนียมในการปล่อยมลพิษ

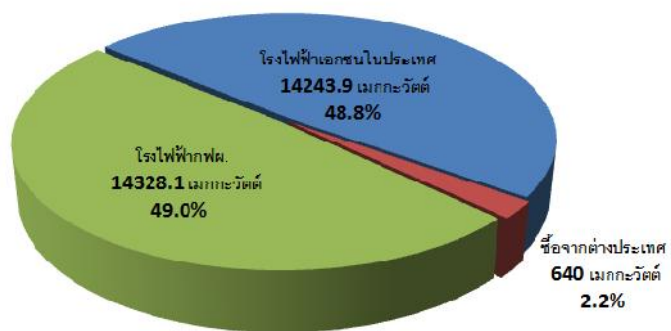
## 1.6 ขั้นตอนและแผนดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินมูลค่าต้นทุนสังคมของโรงไฟฟ้า เพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัย
2. เก็บรวบรวมข้อมูลที่ทำการศึกษา
  - ก. รวบรวม ศึกษา ข้อมูลปริมาณสารมลพิษทางอากาศ (Emission Data) ที่ปล่อยจากโรงไฟฟ้าถ่านหิน ในปี 2553 รวมถึงข้อมูลพื้นที่ศึกษา
  - ข. นำข้อมูลปริมาณสารมลพิษที่ได้ มาประเมินผลกระทบต่อคุณภาพอากาศ โดยใช้แบบจำลอง HYSPLIT เพื่อประเมินความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ
  - ค. รวบรวมข้อมูลผลกระทบด้านสุขภาพจากมลพิษทางอากาศ จากงานวิจัยทางระบาดวิทยา (Epidemiology) ต่างๆ ที่แสดงความสัมพันธ์ของ Exposure-Response Function/ Dose-Response Function
  - ง. รวบรวมข้อมูลด้านต้นทุนต่างๆ เช่น มูลค่าชีวิต ค่ารักษาพยาบาล รายได้เฉลี่ยของประชาชนในพื้นที่ศึกษา
3. วิเคราะห์ข้อมูล
 

วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากรวบรวมข้อมูล มีการใช้หลัก Benefit Transfer กับค่าที่มีการโอนมาใช้และลดความแตกต่างของสภาพแวดล้อม เศรษฐกิจ เพื่อหามูลค่าต้นทุนสังคมที่เกิดจากโรงไฟฟ้า
4. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ
5. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

### แผนดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ปี 2553-2554									
	มี.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	←————→									
2. เก็บรวบรวมข้อมูลที่ทำการศึกษา				←————→						
3. วิเคราะห์ข้อมูล								←————→		
4. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ									←————→	
5. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์									←————→	



ตารางที่ 1.5 รายละเอียดโรงไฟฟ้าถ่านหิน เครื่องที่ 1-13

เครื่องที่	กำลังผลิต (เมกะวัตต์)	พลังงานไฟฟ้ารายปี (ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง)	ใช้ถ่านหินลิกไนต์ประมาณรายปี (ล้านตัน)
1	75	-	-
2	75	-	-
3	75	-	-
4	150	985	1.0
5	150	985	1.0
6	150	985	1.0
7	150	985	1.0
8	300	1,970	2.0
9	300	1,970	2.0
10	300	1,970	2.0
11	300	1,970	2.0
12	300	1,970	2.0
13	300	1,970	2.0

### 1.7.3 เชื้อเพลิงสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า

ถ่านหิน คือ หินตะกอนชนิดหนึ่ง และเป็นแร่เชื้อเพลิงสามารถติดไฟได้ มีสีน้ำตาลอ่อนจนถึงสีดำ มีทั้งชนิดผิวมันและผิวด้าน น้ำหนักเบา ถ่านหิน ประกอบด้วย ธาตุที่สำคัญ 4 ชนิด ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน และออกซิเจน นอกจากนั้น มีธาตุ หรือสารอื่น เช่น กำมะถัน เจือปนเล็กน้อย ถ่านหินที่มีจำนวนคาร์บอนสูง และมีธาตุอื่นๆ ต่ำ เมื่อนำมาเผาจะให้ความร้อนมาก ถือว่าเป็นถ่านหินคุณภาพดี ซึ่งสามารถแยกประเภทตามลำดับชั้นได้ ดังนี้:

พีต (Peat) เป็นชั้นแรกในกระบวนการเกิดถ่านหิน ในระดับต่ำสุด ประกอบด้วยซากพืชซึ่งบางส่วนได้สลายตัวไปแล้ว มีปริมาณคาร์บอนต่ำ ประมาณร้อยละ 50-60 มีปริมาณออกซิเจนและความชื้นสูง แต่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้

ลิกไนต์ (Lignite) มีซากพืชหลงเหลืออยู่เล็กน้อย มีปริมาณคาร์บอนร้อยละ 60-75 มีออกซิเจนค่อนข้างสูง และมีความชื้นสูงถึงร้อยละ 30-70 เมื่อติดไฟมีควัน และเถ้าถ่านมาก เป็นถ่านหินที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงได้

ซับบิทูมินัส (Sub Bituminous) มีสีดำ เป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพเหมาะสมในการผลิตกระแสไฟฟ้า มีความชื้นประมาณร้อยละ 25-30 ปริมาณคาร์บอนสูงกว่าลิกไนต์ เป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพเหมาะสมในการผลิตกระแสไฟฟ้าและงานอุตสาหกรรม

บิทูมินัส (Bituminous) เป็นถ่านหินเนื้อแน่น แข็ง และมักจะประกอบด้วยชั้นถ่านหินสีดำสนิท เป็นมันวาว เป็นถ่านหินคุณภาพสูง มีปริมาณคาร์บอนร้อยละ 80-90 ให้ค่าความร้อนสูง มีปริมาณซีเถ้า และกำมะถันในระดับต่ำ เหมาะสำหรับใช้เป็นถ่านหินเพื่อการถลุงโลหะ และนิยมใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า

แอนทราไซต์ (Anthracite) ถ่านหินที่มีลักษณะดำเป็นเงามันวาวมาก มีรอยแตกเว้าแบบก้นหอย มีปริมาณคาร์บอนสูงถึงร้อยละ 90-98 ความชื้นต่ำประมาณร้อยละ 2-5 มีค่าความร้อนสูง แต่ติดไฟยาก เมื่อติดไฟจะให้เปลวไฟสีน้ำเงิน ไม่มีควัน ใช้เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมต่างๆ

ถ่านหินที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับโรงไฟฟ้า คือ ถ่านหินลิกไนต์ ที่ได้จากเหมืองแร่ลิกไนต์แม่เมาะ ที่ตั้งอยู่ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง เป็นเหมืองถ่านหินที่ใหญ่ที่สุดในประเทศ มีพื้นที่โครงการประมาณ 3,600 ไร่ แหล่งถ่านหินลิกไนต์แม่เมาะเป็นแอ่งระหว่างหุบเขา มีลักษณะรีคล้ายรูปไข่ มีโครงสร้างธรณีวิทยาเป็นแบบกระทะหงาย มีปริมาณถ่านหินสำรองที่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจทั้งสิ้น 1,152 ล้านเมตริกตัน เป็นถ่านหินที่มีค่าความร้อนประมาณ 2,639 แคลอรีต่อกรัม

### 1.7.3.1 คุณสมบัติของถ่านหินลิกไนต์ที่แม่เมาะ

ถ่านหินในแหล่งนี้เป็นถ่านหินลิกไนต์และบางส่วนเป็นซับบิทูมินัส มีค่าความร้อนต่ำ มีความชื้นสูงและซีเถ้ามาก เมื่อกองทิ้งไว้จะแตกร่อนมีสีน้ำตาลถึงสีดำ โดยทั่วไปมีผลวิเคราะห์สรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 1.6 คุณสมบัติของถ่านหินลิกไนต์ที่เหมาะสม

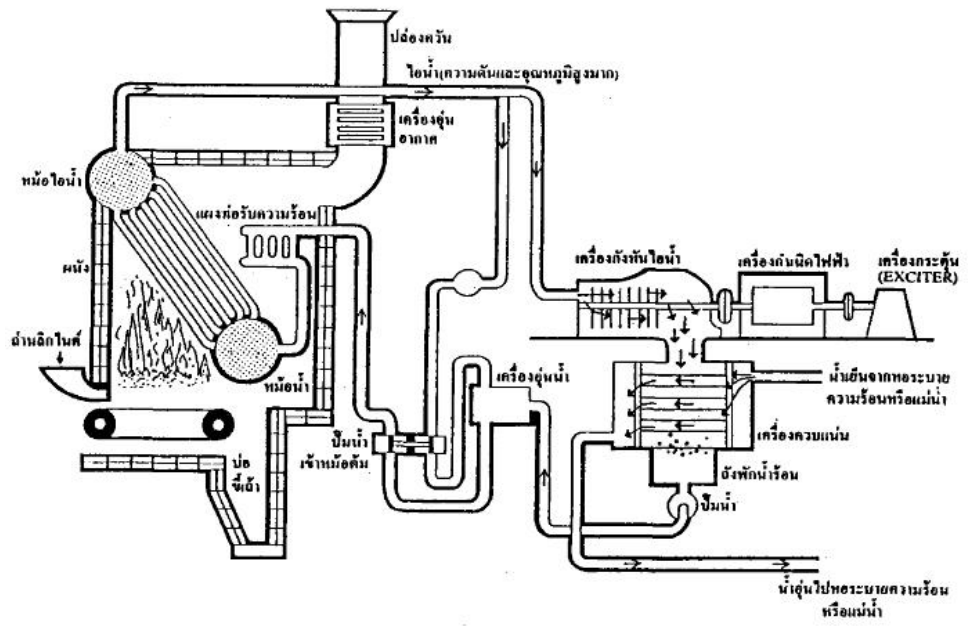
	ค่าเฉลี่ย
ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม)	2,790
ซีเถ้า (ร้อยละ)	22.6
ความชื้น(ร้อยละ)	32.0
กำมะถัน (ร้อยละ)	2.88

ที่มา: Mae Moh Units 1-9 Mining Study Vol. 1, 1989

#### 1.7.4 ขั้นตอนการทำงานของโรงไฟฟ้า

โรงไฟฟ้าถ่านหินเป็นโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง โดยทำการแปลงสภาพพลังงานสะสมในถ่านหินลิกไนต์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้น้ำเป็นตัวกลาง กระบวนการแปรสภาพพลังงาน มีขั้นตอนดังนี้

1. เปลี่ยนพลังงานสะสมในถ่านลิกไนต์ ให้เป็นพลังงานความร้อน โดยการเผาไหม้หรือเรียกว่าการสันดาป (Combustion or Oxidation)
2. พลังงานความร้อนจากการเผาไหม้จะถูกส่งผ่านไปให้กับน้ำ ทำให้น้ำอุณหภูมิสูงขึ้นจนกลายเป็นไอน้ำที่มีอุณหภูมิสูงและความดันสูง
3. เปลี่ยนพลังงานความร้อนของไอน้ำให้เป็นพลังงานกล โดยไอน้ำที่มีความดันสูงและอุณหภูมิสูงที่เกิดจากการกระบวนการเผาไหม้จะไปหมุนกังหันไอน้ำ
4. เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยกังหันไอน้ำจะไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า







ลำดับ	อำเภอ	จำนวน (คน)
1	อำเภอเมืองลำปาง	233,447
2	อำเภอแม่เมาะ	39,534
3	อำเภอเกาะคา	61,977
4	อำเภอเสริมงาม	32,268
5	อำเภองาว	57,112
6	อำเภอแจ้ห่ม	41,255
7	อำเภอลำปาง	44,639
8	อำเภอเถิน	61,300
9	อำเภอแม่พริก	16,852
10	อำเภอแม่ทะ	61,126
11	อำเภอสบปราบ	28,058
12	อำเภอห้างฉัตร	50,368
13	อำเภอเมืองปาน	34,013
	รวม	761,949



## นิยามศัพท์

- ต้นทุนสังคม หมายถึง มูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากผลกระทบของมลพิษทางอากาศต่อสุขภาพมนุษย์จากโรงไฟฟ้า
- มลพิษทางอากาศ หมายถึง สภาพอากาศที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่มากพอ และเป็นระยะเวลา นานพอที่จะทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ สัตว์ พืช และวัสดุต่างๆ

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 การประเมินมูลค่าผลกระทบจากโรงไฟฟ้า

สืบเนื่องจากปลายศตวรรษที่ 18 เกิดการปฏิวัติอุตสาหกรรม ระยะที่ 2 ในประเทศอังกฤษ เศรษฐกิจขยายตัวอย่างรวดเร็ว ความต้องการอุปโภคบริโภคมีมากขึ้น มีการใช้เครื่องจักรเพื่อเพิ่มกำลังผลิต มีควันเสียและมลพิษมหาศาลที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงงานอุตสาหกรรม ผู้คนเจ็บป่วยจากโรคระบบทางเดินหายใจ ต่อมาเริ่มมีความวิตกกังวลเกี่ยวกับผลกระทบและค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลที่เกิดขึ้นจากสภาพแวดล้อมเสื่อมโทรม จึงเป็นจุดกำเนิดของแนวคิดเกี่ยวกับการประเมินมูลค่าผลกระทบภายนอก (Externality) โดยในปี 1932 นักเศรษฐศาสตร์ชาวอังกฤษชื่อ Arthur C. Pigou ได้เขียนหนังสือเรื่อง “Economics of Welfare” หรือ “เศรษฐศาสตร์สวัสดิการ” ซึ่งมีแนวคิดว่ามีมูลค่าเสียหายที่เกิดขึ้นจากผลกระทบภายนอกหรือความเสียหายของสิ่งแวดล้อมจากการผลิตสินค้าหรือโรงงานอุตสาหกรรมควรรวมอยู่ในต้นทุนการผลิต เพื่อให้สะท้อนต้นทุนที่แท้จริงของราคาสินค้า ซึ่งต่อมาได้พัฒนาเป็นหลักการ “ผู้ก่อมลพิษเป็นผู้จ่าย” (Polluter Pays Principle) โดยเสนอแนะให้รัฐบาลจัดเก็บภาษีจากผลกระทบภายนอกเพื่อเป็นกลไกของรัฐบาลในการสร้างความสมดุลในการผลิตและการบริโภค รวมถึงช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมด้วย

อย่างไรก็ตาม การวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าโดยเฉพาะ เริ่มได้รับความสนใจมากขึ้นตั้งแต่ช่วงปี 1980 ซึ่งนักวิจัยพยายามประเมินมูลค่าผลกระทบให้เป็นตัวเงินด้วยวิธีการต่างๆ โดยในยุคแรกๆ ส่วนใหญ่ดำเนินการตามแนวทางวิเคราะห์จากบนลงล่าง (Top-Down Approach) ซึ่งเป็นการประเมินผลกระทบที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าอย่างกว้างๆทั้งประเทศหรือภูมิภาค แต่วิธีนี้มีจุดอ่อนเนื่องจากไม่สามารถเจาะจงเฉพาะพื้นที่ได้ และมูลค่าที่คำนวณได้ก็อยู่ในรูปต้นทุนเฉลี่ย (Average Cost) แทนที่จะเป็นต้นทุนส่วนเพิ่ม (Marginal Cost) (Friedrich and Bickel, 2001)

ต่อมา มีการใช้วิธีวิเคราะห์จากล่างขึ้นบน “Bottom-Up Approach” ซึ่งเป็นแนวคิดที่ตรงกันข้ามกับแบบบนลงล่าง โดยวิธีนี้เริ่มต้นด้วยการการวัดปริมาณสารพิษที่ปล่อยจากโรงไฟฟ้าแห่งใดแห่งหนึ่งโดยเฉพาะ จากนั้นรวบรวมข้อมูลด้านเทคโนโลยีของโรงไฟฟ้านั้นๆ เชื้อเพลิง ภูมิอากาศ สถานที่ ชั่วเวลา จำนวนประชากร ผลกระทบด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อม แล้วนำมาคำนวณให้อยู่ในรูปของตัวเงิน แนวทาง “Bottom-Up” มีความสำคัญต่อการพัฒนาการประเมินมูลค่าผลกระทบเป็นอย่างมาก โดยวิธีการที่ใช้แนวคิดแบบ Bottom Up ในการคิดมูลค่าผลกระทบภายนอกในวงการผลิตไฟฟ้าซึ่งเป็นที่ยอมรับและแพร่หลายมากที่สุดคือ “วิถีผลกระทบ” (Impact Pathway Approach: IPA) (Šasný, 2004) ที่พัฒนาโดยนักวิจัยในโครงการ ExternE (External Cost of Energy) ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากสหภาพยุโรป (European Commission: EC) ให้ดำเนินโครงการแบบต่อเนื่องตั้งแต่ปี 1991-2005 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเกี่ยวกับต้นทุนภายนอกที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้า รวมถึงพัฒนาโปรแกรมในการคำนวณต้นทุนผลกระทบภายนอกด้วย

จากงานวิจัยที่ผ่านมา บางงานวิจัยได้ศึกษาเฉพาะ ผลกระทบสุขภาพมนุษย์ที่เกิดจากฝุ่นละออง หรือก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เพียงอย่างเดียว และ การประเมินมูลค่าชีวิตของคนในพื้นที่ศึกษานั้นยังเป็นการนำค่าที่ได้จากงานวิจัยของต่างประเทศที่ได้มีการศึกษามาแล้ว มาประยุกต์ใช้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษามูลค่าต้นทุนสังคมที่เกิดจากผลกระทบทั้งจาก ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน และฝุ่นละออง ซึ่งเป็นมลพิษหลักที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้า และใช้ข้อมูลมูลค่าชีวิตของคนในประเทศพื้นที่ศึกษา เพื่อให้ตัวแปรต่างๆ มีความใกล้เคียงกัน เช่น รายได้ประชากร กำลังในการจ่าย ซึ่งจะส่งผลให้ค่าต้นทุนสังคมที่ได้นั้นครอบคลุมผลกระทบที่เกิดจากมลพิษของโรงไฟฟ้า และมีความแม่นยำมากกว่าการใช้ข้อมูลมูลค่าชีวิตของต่างประเทศ

ตารางที่ 2.1 งานวิจัยต่างๆ ที่ศึกษาต้นทุนสังคมจากโรงไฟฟ้าถ่านหิน

ผู้วิจัย	พื้นที่ศึกษา	ผลกระทบ	มูลค่าต้นทุนสังคม (UScents/kWh)
Vrhovcak (2005)	ประเทศโครเอเชีย	สุขภาพมนุษย์	0.05
ORNL/RFF (1994)	สหรัฐอเมริกา	สุขภาพมนุษย์	0.06 - 0.13
Georgakellos (2004)	ประเทศกรีซ	สุขภาพมนุษย์	0.022
Hainoun (2009)	ประเทศซีเรีย	สุขภาพมนุษย์	0.07-2.5

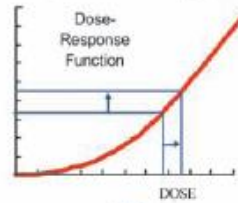
**SOURCE**  
(specification of site and technology)  
⇒ **emission**  
(e.g., kg/yr of particulates)



**DISPERSION**  
(e.g. atmospheric dispersion model)  
⇒ **increase in concentration at receptor sites**  
(e.g.,  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  of particulates in all affected regions)



**DOSE-RESPONSE FUNCTION**  
(or concentration-response function)  
⇒ **impact**  
(e.g., cases of asthma due to ambient concentration of particulates)



**MONETARY VALUATION**  
⇒ **cost**  
(e.g., cost of asthma)



## 2.2 สารมลพิษทางอากาศ

โดยทั่วไปการปล่อยสารมลพิษสู่บรรยากาศย่อมส่งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศ และอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของสิ่งมีชีวิต โครงการหรือกิจกรรมต่างๆที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศ เช่น ฝุ่นละอองจากการก่อสร้าง ควันจากท่อไอเสียรถยนต์ ก๊าซเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ โรงไฟฟ้า การขนส่ง หรือ เตเผาขยะ สิ่งเหล่านี้ล้วนทำให้เกิดมลพิษทางอากาศในรูปแบบต่างๆ แหล่งกำเนิดสารมลพิษทางอากาศ แบ่งได้เป็น 2 แหล่งกำเนิด คือ

- แหล่งกำเนิดโดยธรรมชาติ เช่น ฝุ่นละอองธรรมชาติ ฝุ่นละอองจากไฟป่า การระเบิดของภูเขาไฟ เป็นต้น
- แหล่งกำเนิดจากฝีมือมนุษย์ เช่น ฝุ่นควันและก๊าซเสียจากยานพาหนะ โรงงาน อุตสาหกรรม การก่อสร้าง เป็นต้น

สารมลพิษทางอากาศที่มีสภาพเป็นก๊าซ แบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

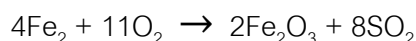
- (1) ก๊าซอนินทรีย์ เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ( $\text{SO}_2$ ) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ( $\text{NO}_x$ ) ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) เป็นต้น
- (2) ไอของสารอินทรีย์ เช่น สารประกอบไฮโดรคาร์บอน (HC) คีโตน (Ketones) เป็นต้น โดยรวมแล้ว ผลกระทบต่อคุณภาพอากาศ นอกจากส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ สัตว์ และพืช แล้ว ยังส่งผลกระทบต่อด้านสุนทรียภาพ เศรษฐกิจ ความปลอดภัยด้วย

### 2.2.1 สารมลพิษจากโรงไฟฟ้า

โดยทั่วไป การเผาไหม้เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า เช่น ถ่านหินลิกไนต์ ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงฟอสซิลทำให้เกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน คาร์บอนมอนนอกไซด์ และไฮโดรคาร์บอน นอกจากนี้ ในกระบวนการเผาไหม้ ยังเกิดมลพิษประเภทฝุ่นละออง (Particulate) หรือ ถ้าถ่าน สารมลพิษเหล่านี้จะเป็นสารมลพิษอากาศ หากมีปริมาณมากก็จะทำให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งก่อสร้างได้

## (1) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในกระบวนการผลิตไฟฟ้า

ในการผลิตไฟฟ้า ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงถ่านหินที่มีกำมะถันปะปนอยู่ในรูปของสารไอรอนไพไรต์( $\text{FeS}_2$ ) เมื่อถูกเผาไหม้จะเกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ดังสมการ

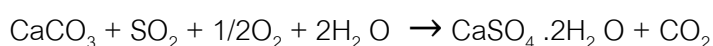


## (2) ฝุ่นละอองในกระบวนการผลิตไฟฟ้า (Particulate Matter :PM)

ฝุ่นละอองเกิดได้จากหลายขั้นตอนในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า เช่น การลำเลียงถ่านหิน การเผาไหม้ของถ่านหิน ซึ่งปริมาณการปลดปล่อยฝุ่นละอองจะขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น ชนิดของถ่านหิน กระบวนการผลิต เทคโนโลยี ฤดูกาล โดยเฉพาะฝุ่นที่มีขนาดเล็ก (วัดจากค่ามัธยฐานของเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 10 ไมโครเมตร :  $\text{PM}_{10}$ ) จะสามารถเข้าสู่ระบบหายใจได้ง่าย จึงมีผลกระทบมากกว่าฝุ่นขนาดใหญ่ โดยเฉพาะผลกระทบต่อสุขภาพของคนในพื้นที่ ดังนั้นจึงมีการควบคุมก๊าซมลพิษเหล่านี้ก่อนปล่อยออกสู่บรรยากาศ

## 2.2.2 ระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Flue Gas Desulfurization System : FGD)

ระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นเทคโนโลยีที่นิยมใช้มากที่สุดในกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกจากก๊าซเสียที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ของถ่านหินที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ ระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของโรงไฟฟ้าถ่านหินเป็นแบบเปียก (Wet Scrubbing Process) ใช้หินปูนซึ่งมีส่วนประกอบของแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate:  $\text{CaCO}_3$ ) เป็นสารดูดซับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์นี้ ในหอกำจัดก๊าซ (Absorber tower) โดยจะได้ยิปซัม ( $\text{Gypsum CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) เป็นผลพลอยได้ ดังสมการ





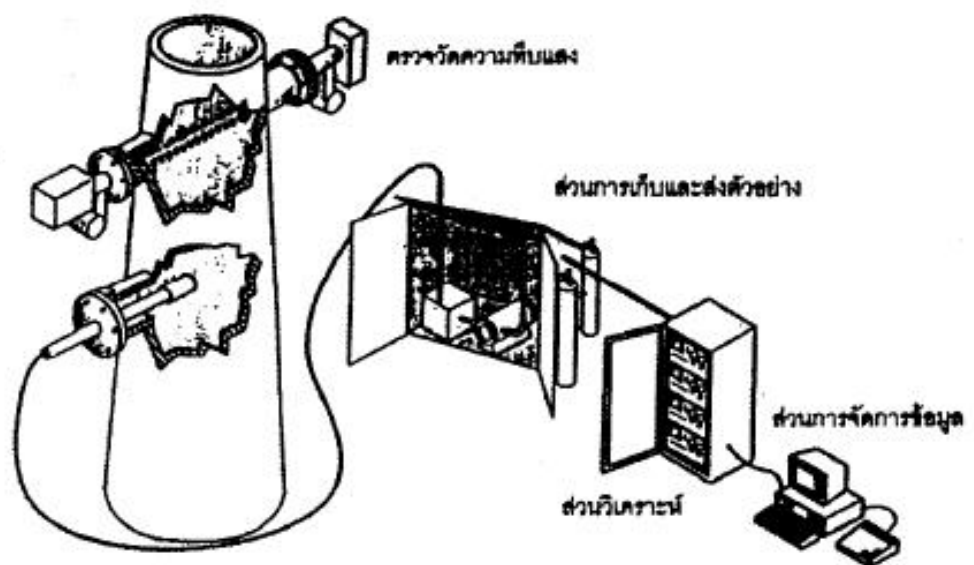
โดยปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ก่อนเข้าหอกำจัดก๊าซประมาณ 17 ตันต่อชั่วโมง หลังจากผ่านกระบวนการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ทำให้เหลือปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 0.8-0.9 ตันต่อชั่วโมง

### 2.2.3 ระบบตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซ

การวัดความเข้มข้นของก๊าซมลพิษ หรือ สารปนเปื้อนที่ระบายจากปล่องโรงไฟฟ้า นั้น ถูกกำหนดให้เป็นไปตามวิธีขององค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Environmental Protection Agency) หรือ U.S.EPA แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ การตรวจวัดแบบไม่ต่อเนื่อง และการตรวจวัดแบบต่อเนื่อง ในงานวิจัยฉบับนี้ได้เก็บข้อมูลจากการอุปกรณ์ตรวจวัดแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้าถ่านหิน

2.2.3.1 วิธีตรวจวัดแบบต่อเนื่อง (Continuous Emission Monitoring System: CEMS) เป็นการตรวจวัดความเข้มข้นสารมลพิษ โดยการติดตั้งเครื่องมือวัดประจำไว้ที่ปล่องระบายก๊าซเสียจากโรงไฟฟ้า เพื่อใช้ในการเคราะห์ปริมาณก๊าซมลพิษ เพื่อไม่ให้ปล่อยมลพิษเกินค่าที่กฎหมายควบคุม ชนิดของก๊าซที่ตรวจวัดประกอบด้วย SO<sub>2</sub> NO<sub>x</sub> นอกจากนี้มีการตรวจวัดค่า CO และ O<sub>2</sub> เพื่อใช้ในการปรับแต่งกระบวนการผลิตของโรงไฟฟ้า ซึ่งมาตรฐานในการตรวจวัดค่าสารมลพิษ เพื่อใช้รายงานปริมาณมลพิษที่ระบายออกจากโรงงาน มีทั้งหมด 29 วิธี แต่มีวิธีหลักๆ ที่ใช้ในการตรวจวัดมลพิษจากโรงไฟฟ้า ได้แก่

- U.S. EPA Method 1 - การหาตำแหน่ง และจำนวนจุดเก็บตัวอย่าง
- U.S. EPA Method 2 - การตรวจหาความเร็วและอัตราการไหลของอากาศในปล่อง
- U.S. EPA Method 3 - การหาน้ำหนักโมเลกุลแห้งของอากาศในปล่อง
- U.S. EPA Method 4 - การหาปริมาณความชื้นของอากาศในปล่องโรงงาน
- U.S. EPA Method 5 - การเก็บตัวอย่างเพื่อวัดปริมาณฝุ่นละอองในปล่อง
- U.S. EPA Method 6 - การตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ภายในปล่อง
- U.S. EPA Method 7 - การตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ภายในปล่อง
- U.S. EPA Method 8 - การตรวจวัดไฮดรอกซิลฟลูอริก และ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ภายในปล่อง



## 2.3 การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม

เป็นการศึกษาการส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของโครงการ แต่จากการวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่แล้วนั้นมักจะไม่ได้มีหน่วยวัดเป็นตัวเงิน ดังนั้นการประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมจึงเป็นการเปลี่ยนหน่วยวัดจากการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม ให้เป็นมูลค่าตัวเงิน เพื่อให้สามารถนำไปพิจารณาถึงผลประโยชน์สุทธิของโครงการต่างๆได้

**2.3.1 ประเภทของมูลค่าสิ่งแวดล้อม** ประเภทของมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของสิ่งแวดล้อม (Total Economic Value: TEV) สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

2.3.1.1 มูลค่าจากการใช้ (Use Value) คือ การที่สิ่งแวดล้อมให้ประโยชน์ที่เป็นรูปธรรม แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

(1) มูลค่าจากการใช้โดยตรง (Direct Use Value) คือ การที่มนุษย์ได้รับประโยชน์จากสิ่งแวดล้อมโดยตรง เช่น การได้รับอากาศบริสุทธิ์ แหล่งนันทนาการ ผลกระทบสุขภาพเนื่องจากคุณภาพอากาศ เป็นต้น

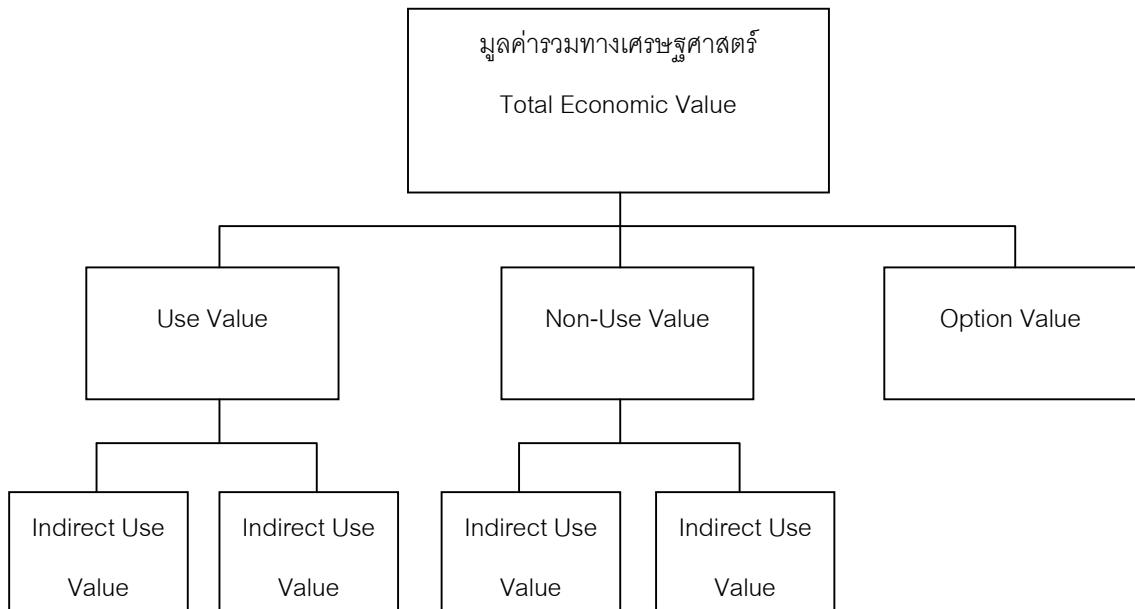
(2) มูลค่าจากการใช้โดยอ้อม (Indirect Use Value) คือ การที่สิ่งแวดล้อมทำหน้าที่เป็นปัจจัยการผลิตและให้ประโยชน์ต่อมนุษย์โดยผ่านกระบวนการผลิต เช่น คุณภาพน้ำในแม่น้ำที่สะอาดจะช่วยลดต้นทุนการผลิตน้ำประปา หรือคุณภาพน้ำที่มีผลต่อการเลี้ยงสัตว์ต่างๆ เป็นต้น

2.3.1.2 มูลค่าจากการไม่ได้ใช้ (Non-Use Value) คือ การที่สิ่งแวดล้อมให้ประโยชน์ทางด้านจิตใจกับมนุษย์โดยที่มนุษย์ไม่ได้รับประโยชน์จากการใช้สิ่งแวดล้อมนั้นเลย ไม่ว่าจะทางตรง หรือ ทางอ้อม โดยแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

(1) มูลค่าของการคงอยู่ (Existence Value) คือ เป็นมูลค่าทางจิตใจจากการทราบว่าสิ่งแวดล้อมยังมีสภาพที่ดี เช่น การมีสัตว์นานาชนิดอยู่ในธรรมชาติ

(2) มูลค่าเผื่อลูกหลานในอนาคต (Bequest Value) คือ เป็นมูลค่าจากการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมเพื่อให้ลูกหลานสามารถใช้ประโยชน์ได้ในอนาคต

2.3.1.3 มูลค่าเผื่อใช้ (Option Value) คือ การที่มนุษย์ไม่ได้รับประโยชน์จากสิ่งแวดล้อมนั้นเลยในปัจจุบัน ไม่ว่าจะในรูปแบบ Use Value หรือ Non-Use Value แต่มนุษย์คิดว่าจะมีโอกาสใช้ประโยชน์ได้ในอนาคต



ภาพที่ 2.3 ประเภทของมูลค่าสิ่งแวดล้อม

## 2.4 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม

การประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมมีหลายวิธี ทั้งการประเมินทางตรงและทางอ้อมสามารถแบ่งได้ดังนี้:

### 2.4.1 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยวิธีทางตรง (Direct Methods) ได้แก่

2.4.1.1 การประเมินค่าโดยการสัมภาษณ์โดยตรง (Contingent Valuation Method : CVM) เป็นวิธีการประเมินค่าโดยการสัมภาษณ์ประชาชนโดยตรง โดยใช้คำถามจากการสำรวจเพื่อแสดงถึงความพึงพอใจของบุคคลที่มีต่อสิ่งแวดล้อมโดยตรง ตั้งคำถามเพื่อให้บุคคลบอกระดับประโยชน์ หรือโทษ ในรูปของมูลค่าที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมที่กำลังจะเกิดขึ้นจริงหรือสมมติขึ้น (Hypothetical Market) สามารถใช้ประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมได้ทั้ง Use Value Non-Use Value และ Option Value ขึ้นอยู่กับลักษณะการตั้งคำถาม วิธี CVM เป็นการสำรวจทัศนคติของประชาชน ที่ได้จากการออกแบบสอบถาม ทดสอบแบบสอบถาม ทำการสำรวจความ

คิดเห็นของประชาชนตามการสุ่มตัวอย่าง และนำผลสำรวจที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือทางสถิติ เทคนิคนี้จึงใช้เวลาในการศึกษามากและมีค่าใช้จ่ายสูง

**2.4.1.2 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางอ้อม (Indirect Method)** เป็นการประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมที่ไม่มีการซื้อขายโดยตรงแต่มูลค่านี้อาจซ่อนอยู่ในรูปมูลค่าสินค้าอื่นๆ เช่น

(1) การประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมโดยผ่านราคาสินค้าที่มีมูลค่าในตลาด (Hedonic Price Method: HPM) เป็นการประเมิน เช่น การใช้ราคาอสังหาริมทรัพย์และราคาที่ดินเป็นตัวแทนเพื่อประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (Property and Land Valuation) โดยมีแนวคิดที่ว่า สภาพแวดล้อมบริเวณที่อยู่อาศัย เช่น สถานที่ที่ตั้ง ความปลอดภัย คุณภาพอากาศ น้ำ ล้วนมีอิทธิพลต่อราคาบ้านและที่ดิน นอกจากนี้อาจใช้ความแตกต่างในค่าจ้างแรงงานเป็นตัวแทนวัดมูลค่าระดับคุณภาพและความปลอดภัยของงานที่ทำ (Wage Differentiate Valuation) โดยมีแนวคิดที่ว่า งานที่มีความเสี่ยงสูงน่าจะได้รับผลตอบแทนที่สูง

(2) การประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมโดยที่สิ่งแวดล้อมนั้นทำหน้าที่เป็นปัจจัยการผลิต (Environment as Factor Input) เป็นวิธีที่ใช้ประเมินเมื่อสิ่งแวดล้อมนั้นทำหน้าที่เป็นปัจจัยการผลิต เป็นการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างสินค้าเอกชน (private goods) และสินค้าสิ่งแวดล้อม (environment goods) เช่น ถ้าคุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงไปอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภค ดังนั้นอุปสงค์ของเครื่องกรองน้ำจะเพิ่มขึ้น จึงทำให้ต้นทุนการผลิตน้ำดื่มเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เทคนิคนี้สามารถใช้ประเมินมูลค่าเฉพาะ Use Value เท่านั้น

(3) การประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีต้นทุนการเดินทาง (Travel Cost Method: TCM) เป็นวิธีที่ใช้วัด Direct Use Value เท่านั้น นิยมใช้กับการประเมินมูลค่าเชิงนันทนาการของสถานที่ท่องเที่ยว โดยมีแนวคิดคือ สถานที่ท่องเที่ยวที่สามารถดึงดูดประชาชนที่อาศัยอยู่ไกลได้ แสดงว่าสถานที่ท่องเที่ยวนั้นย่อมมีมูลค่าเชิงนันทนาการสูง จึงเป็นความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่ประชาชนเข้าชม กับค่าใช้จ่ายการเดินทาง เปรียบได้กับการศึกษาฟังก์ชันอุปสงค์ (Demand Function) ของสถานที่ท่องเที่ยวนั้น

(4) การประเมินผลกระทบโดยการโอนมูลค่าสิ่งแวดล้อม (Benefit Transfer Method) เป็นวิธีการที่ผู้ประเมินไม่ต้องทำการประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมโดยตรง แต่ใช้วิธีโอน

มูลค่าสิ่งแวดล้อมจากสถานที่ที่ได้มีการศึกษาไว้แล้ว (Study Site) มายังพื้นที่ที่กำลังศึกษา (Policy Site) ซึ่งพื้นที่ทั้งสองควรมีคุณลักษณะที่ใกล้เคียงกัน เหมาะสำหรับการต้องการข้อมูล ที่เร่งด่วน ซึ่งวิธีนี้สามารถคำนวณมูลค่าสิ่งแวดล้อมได้อย่างรวดเร็ว ประเภทของวิธี Benefit Transfer สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

- การโอนผ่านสมการ (Transfer of Function) เป็นการโอนสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับมูลค่า (Functional Relationship) ที่ได้จากผลการพื้นที่ที่ทำการศึกษาไว้แล้ว (Study Site) เพื่อนำมาใช้เป็นเกณฑ์สำหรับพื้นที่ที่กำลังศึกษาอยู่ (Policy Site) แต่ต้องมาทำการปรับค่าให้มีความสัมพันธ์กับพื้นที่ที่กำลังศึกษานั้นด้วย

- การโอนเฉพาะค่ามูลค่า/ตัวเลข (Transfer of Value) เป็นการโอนมูลค่าที่ได้จากการประมาณค่า โดยการใช้เทคนิคการประเมินแบบต่างๆ เช่น วิธี Travel Cost Method (TCM) วิธี Hedonic Price Method (HPM) วิธี Contingent Valuation Method (CVM) หรือวิธีอื่นๆ มาใช้โดยตรง ซึ่งในการโอนมูลค่านั้นจะต้องทำการปรับมูลค่าความแตกต่างของสภาพแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคมของพื้นที่ที่ทำการศึกษาแล้ว กับ พื้นที่ที่อยู่ระหว่างการศึกษา

## ตารางที่ 2.2 สรุปวิธีประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อม

		Contingent Valuation Method	Travel Cost Value	Hedonic Pricing Method	Environment as Factor Input	Benefit Transfer Approach
Use Value	Direct use value	/	/	/	/	/
	Indirect Use value	/		/	/	/
Non-Use Value	Existence Value	/				/
	Bequest Value	/				/
Option Value		/				/

## 2.5 มูลค่าชีวิตเชิงสถิติ (Value of statistical life :VSL) และต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของสุขภาพ (Economic Value of Health)

หมายถึงความเสียหายเชิงเศรษฐศาสตร์ที่เกิดจากการตาย หรือ การเจ็บป่วย ซึ่งวิธี VSL นั้นเป็นที่นิยมใช้ในการประเมินมูลค่าผลกระทบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่ที่มีปัญหาด้านมลภาวะทางอากาศ (Environmental Protection Agency (EPA) Guidelines): U.S. EPA 2000a) โดยมีหลักการประเมินมูลค่าออกเป็นตัวเงินหลักๆ 2 ประการ คือ แนวคิดตามหลักทุนมนุษย์ (Human Capital Approach) และแนวคิดความเต็มใจที่จะจ่าย (Willingness to Pay Approach) ซึ่งกล่าวโดยสรุปได้ดังนี้

### 2.5.1 แนวคิดตามหลักทุนมนุษย์ (Human Capital Approach)

หลักการทุนมนุษย์ เป็นแนวคิดที่มองว่ามนุษย์เป็นเหมือนกับปัจจัยการผลิตประเภททุน ซึ่งสามารถประเมินความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการเจ็บป่วยหรือการตาย ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลงก็สามารถวัดออกมาในรูปของการสูญเสียรายได้ ดังนั้นมูลค่าของมนุษย์สามารถวัดเป็นตัวเงินได้ เช่น รายได้ที่สูญเสียไปจากการเจ็บป่วยหรือตาย ค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาล เป็นต้น วิธีประเมินมูลค่าสามารถทำได้โดยคิดจากรายได้ของบุคคลรวมถึงค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาล การเจ็บป่วยก่อให้เกิดต้นทุนทางสังคมได้ดังนี้

(1) รายได้หรือผลผลิตที่ควรจะมีแต่ไม่เกิด (Foregone Earning) เนื่องจากผลกระทบจากโรคภัยไข้เจ็บที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของแรงงาน ทั้งจากความตาย (Death) ที่ส่งผลในรูปของการสูญเสียปริมาณแรงงาน ความพิการ (Disability) ส่งผลต่อการสูญเสียเวลาทำงาน การลดประสิทธิภาพการทำงาน (Debility) ในการทำงานเนื่องจากการเจ็บป่วย ทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง ได้งานลดลง โดยใช้การคำนวณมูลค่าผลผลิตหรือรายได้ที่เปลี่ยนแปลงไป โดยเปรียบเทียบระหว่าง ชั่วโมงการทำงานของแรงงานที่มีสุขภาพดีกับชั่วโมงการทำงานของแรงงานที่มีสุขภาพไม่ดี ค่าความแตกต่างของชั่วโมงการทำงาน สามารถนำมาหาค่ามูลค่าสุขภาพได้

(2) ค่ารักษาพยาบาล (Medical Cost) หรือ ต้นทุนที่เกิดจากค่าใช้จ่ายรักษาพยาบาลจากการเจ็บป่วย แนวคิดนี้เป็นวิธีที่ง่ายในการคำนวณที่สามารถประเมินค่าสุขภาพออกมาเป็นตัวเงินได้โดยตรงซึ่งคิดได้จากต้นทุนในการรักษาพยาบาลและมูลค่าของผลผลิตที่สูญเสียไปจากการเจ็บป่วย

ที่ทำให้ไม่สามารถทำงานได้ผลผลิตเท่าเดิม เช่น การสูญเสียรายได้จากการลางาน แต่แนวคิดนี้ไม่ได้ครอบคลุมถึงมูลค่าทางจิตใจจากการเจ็บป่วย

(3) ต้นทุนทางจิตใจ (Physical Cost) เป็นต้นทุนที่เกิดจากความรู้สึกไม่สบายใจ กังวลใจจากการเจ็บป่วย ซึ่งต้นทุนนี้ยากที่จะประเมินเป็นตัวเลขเงินได้ แนวคิดตามหลักทฤษฎีมนุษย์จึงไม่นำต้นทุนประเภทนี้มารวมด้วย

### 2.5.2 แนวคิดตามหลักการความเต็มใจที่จะจ่าย (Willingness to Pay Approach)

เนื่องจากแนวคิดตามหลักทฤษฎีมนุษย์ไม่สามารถประเมินมูลค่าสุขภาพทางจิตใจได้ แนวคิดใช้หลักเศรษฐศาสตร์สวัสดิการ คือ มนุษย์มีความเต็มใจที่จะจ่ายเพื่อป้องกันตนเองจากการเจ็บป่วย การตาย หรือปกป้องสภาพแวดล้อมที่จะได้รับความเสียหาย ซึ่งการที่สิ่งแวดล้อมมีคุณภาพที่ดีขึ้นย่อมส่งผลดีต่อแรงงาน คือทำให้แรงงานมีสุขภาพที่แข็งแรงขึ้น มีจำนวนวันที่เจ็บป่วยลดลง มีอัตราเสี่ยงการตายที่ลดลง

### 2.6 วิธีการประเมินค่าโดยการสัมภาษณ์โดยตรง (CVM)

เทคนิค CVM เป็นวิธีที่นิยมใช้ประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมและสินค้าสาธารณะ ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้การสมมติขึ้นโดยที่ไม่ได้เกิดขึ้นจริง โดยใช้วิธีสัมภาษณ์เพื่อสำรวจความเต็มใจที่จะจ่ายของแต่ละบุคคล ซึ่งจะต้องบอกระดับประโยชน์หรือโทษ ในรูปของมูลค่าที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมที่กำลังเกิดขึ้นจริงหรือสมมติขึ้น (Hypothetical Market) เทคนิคนี้ เป็นวิธีที่มีความคล่องตัวสูง เพราะสามารถนำมาใช้ประเมินการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมหรือผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อมนุษย์ ซึ่งสามารถให้คำตอบได้ว่ามีความรู้สึกอย่างไรกับผลกระทบที่เกิดขึ้น และสามารถประเมินค่าโดยการสัมภาษณ์ประชาชนโดยตรง ดังนั้น เทคนิค CVM จึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ต่างๆได้โดยการปรับรูปแบบคำถามที่ใช้ในการสำรวจทัศนคติของประชาชนให้เหมาะสมกับเหตุการณ์

รูปแบบคำถามที่นิยมใช้ในเทคนิค CVM แบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะหลักๆ คือ

(1) ความเต็มใจที่จะจ่าย (Willingness to Pay: WTP) ซึ่งจะเหมาะสำหรับกรณีที่มีผลประโยชน์เกิดขึ้นโดยวัดความเต็มใจที่จะจ่ายเงินเพื่อให้ได้บรรลุประโยชน์สูงขึ้น ซึ่งการประเมิน



มูลค่าชีวิตเชิงสถิติในรูปแบบของอรรถประโยชน์ที่เปลี่ยนแปลงไป โดยใช้หลัก WTP สามารถหาได้ดังสมการ

$$VSL = \frac{\Delta WTP}{\Delta R}$$

เมื่อ VSL คือ มูลค่าชีวิตเชิงสถิติ  
 WTP คือ ความเต็มใจที่จะจ่ายเพื่อเปลี่ยนแปลงหรือหลีกเลี่ยงความเสี่ยง  
 R คือ ความเสี่ยงที่สามารถเปลี่ยนแปลงให้ลดลงได้

(2) ความเต็มใจที่จะรับค่าชดเชย (Willingness to Accept Compensation: WTAC) ซึ่งเหมาะสำหรับกรณีที่เกิดการเสียประโยชน์ เช่น ความเต็มใจที่จะรับค่าชดเชยเท่าไรในกรณีที่ไม่มีโครงการปรับปรุงสภาพแวดล้อมบริเวณที่อยู่อาศัย

### 2.6.1 ทฤษฎีความเต็มใจที่จะจ่าย (Willingness to Pay : WTP)

เป็นทฤษฎีว่าด้วยพฤติกรรมผู้บริโภค ที่ผู้บริโภคมีเหตุผลในการเลือกบริโภค เพื่อให้ได้รับความพอใจหรืออรรถประโยชน์สูงสุดภายใต้งบประมาณที่มีอยู่อย่างจำกัด สามารถเขียนเป็นสมการพื้นฐานได้ดังนี้

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

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

การวัดมูลค่าความเต็มใจที่จะจ่าย นิยมใช้ในการวัดผลกระทบของสินค้าที่อยู่ในสภาพเสียหายให้กลับมามีอยู่ในสภาพเดิมหรือพัฒนาให้ดีขึ้น เช่น ความต้องการที่จะจ่ายเพื่อจะทำให้อากาศมีคุณภาพดีขึ้น

## 2.7 ทฤษฎีความเท่าเทียมกันของอำนาจซื้อ (Purchasing Power Parity : PPP)

ทฤษฎีนี้ได้รับแนวคิดมาจาก Gustav Cassel นักเศรษฐศาสตร์ชาวสวีเดน ในทศวรรษที่ 1920 เป็นทฤษฎีที่ใช้กำหนดอัตราแลกเปลี่ยนเงินตราระหว่างประเทศ โดยมีแนวคิดที่ว่า จำนวนเงินที่เท่ากันควรซื้อสินค้าชนิดเดียวกันได้จำนวนเท่ากันในประเทศต่างๆ หรือ สินค้าชนิดเดียวกันควรขายในราคาที่เหมาะสมในทุกรัฐ เมื่อไม่รวมถึงค่าขนส่งและภาษี หรือกฎที่เรียกว่า Law of One Price เป็นทฤษฎีที่ใช้อธิบายพฤติกรรมของอัตราแลกเปลี่ยนจริง โดยแบ่งออกเป็นสองแนวความคิด คือ ทฤษฎีความเสมอภาคของอำนาจการซื้ออย่างสมบูรณ์ (absolute PPP) และ ทฤษฎีความเสมอภาคของอำนาจการซื้อโดยเปรียบเทียบ (relative PPP)

- ทฤษฎีความเท่าเทียมกันของอำนาจการซื้ออย่างสมบูรณ์แนวคิดนี้ กล่าวได้ว่าดุลยภาพของอัตราแลกเปลี่ยนเท่ากับอัตราส่วนระหว่างราคาสินค้าทั้งสองประเทศ เช่น

$$E_A = P_A / P_B$$

เมื่อ  $E_A$  คือ อัตราแลกเปลี่ยนเงินตรา

$P_A P_B$  คือ ราคาสินค้าในประเทศ A และ B ตามลำดับ

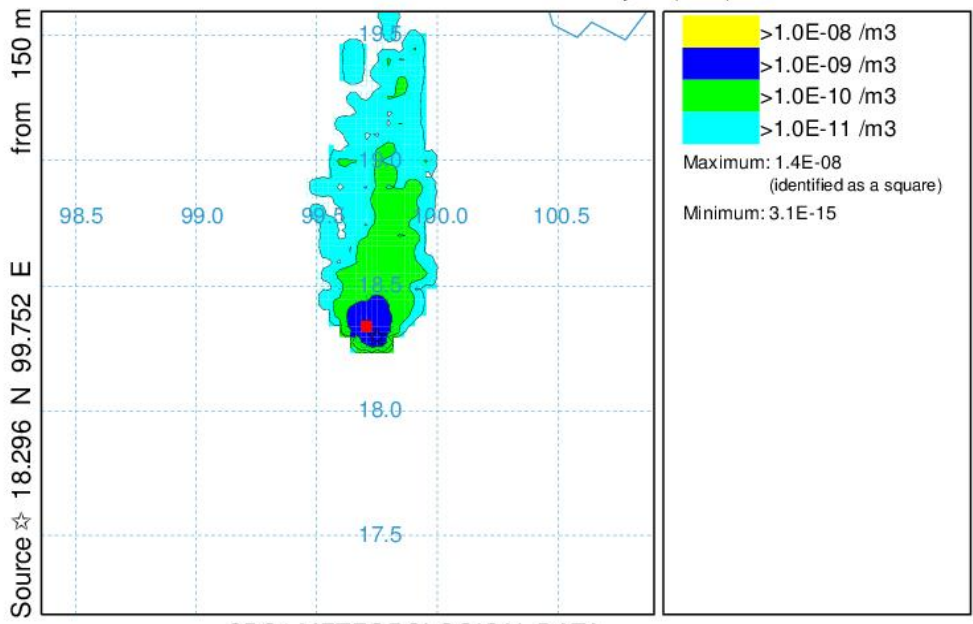
- ทฤษฎีความเท่าเทียมกันของอำนาจการซื้อโดยเปรียบเทียบแนวคิดนี้ กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงของอัตราแลกเปลี่ยนในช่วงเวลาหนึ่งเท่ากับการเปลี่ยนแปลงระดับราคาของสองประเทศในเวลาเดียวกัน

## 2.8 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory)

เป็นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นโดย Air Resources Laboratory (ARL), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) ประเทศสหรัฐอเมริกา ใช้คาดการณ์และวิเคราะห์ทิศทางเคลื่อนที่และการกระจายตัวของมลสารในอากาศ สามารถใช้ในการคำนวณตั้งแต่เส้นทางของกลุ่มอากาศทั่วไป ไปจนถึงการกระจายตัวและสะสมของสารต่างๆ ในอากาศที่ซับซ้อนได้ ซึ่งแบบจำลองนี้ได้ใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาทั่วโลกในการคำนวณ โดยสามารถใช้คาดการณ์ล่วงหน้าหรือย้อนหลัง โดยแบบจำลอง HYSPLIT จะอธิบายว่าสารต่างๆ ในบรรยากาศ

NOAA HYSPLIT MODEL

Concentration (/m3) averaged between 0 m and 20 m  
Integrated from 0000 01 May to 0000 02 May 10 (UTC)  
SUM Release started at 0000 01 May 10 (UTC)



CDC1 METEOROLOGICAL DATA

## 2.9 มลพิษและผลกระทบต่อสุขภาพ

โรงไฟฟ้าทำให้เกิดมลพิษหลายชนิด ซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตและเทคโนโลยี รวมทั้งมาตรการควบคุมมลพิษ จากการศึกษางานวิจัยทั้งในและต่างประเทศ พบว่ามลพิษจากโรงไฟฟ้า จะทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ ดังนี้

### 1. ฝุ่นละออง (Particulate Matter)

ฝุ่นละอองเกิดได้จากหลายขั้นตอนในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า เช่น การลำเลียง เชื้อเพลิง การเผาไหม้ของถ่านหิน ซึ่งปริมาณการปลดปล่อยฝุ่นละอองจะขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น ชนิดของถ่านหิน กระบวนการผลิต เทคโนโลยี ฤดูกาล ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ก่อให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญ ส่วนฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 10 ไมครอน ( $PM_{10}$ ) สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ได้ ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพ เช่น โรคระบบทางเดินหายใจ โรคหลอดเลือดสมอง สมองพิการ ปอดลดลง เป็นต้น

### 2. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ( $SO_2$ )

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นก๊าซไม่มีสี มีกลิ่นฉุนแสบจมูก จะทำอันตรายต่ออวัยวะในระบบที่ก๊าซแทรกซึมผ่าน ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ เช่น เกิดการระคายเคืองจมูก หลอดลมอักเสบ ติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจส่วนบน เป็นต้น

### 3. ออกไซด์ของไนโตรเจน ( $NO_x$ )

ออกไซด์ของไนโตรเจนที่พบมากที่สุดคือ ไนตริกออกไซด์ (NO) และไนโตรเจนไดออกไซด์ ( $NO_2$ ) เมื่อรวมตัวกับไอน้ำจะทำให้เกิดกรดไนตริก มีฤทธิ์ระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ อาจส่งผลให้เกิดโรคหลอดเลือดอักเสบ เกิดอาการเจ็บป่วยเรื้อรัง เป็นต้น

### 2.9.1 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ (Health Risk Assessment)

คือ กระบวนการศึกษาเพื่อประเมินผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ เนื่องจากสารเคมี กิจกรรม หรือ ปัจจัยเสี่ยงอื่นๆ ซึ่งเป็นการศึกษาทางระบาดวิทยา (Epidemiologic Studies) โดยจะทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ ระหว่างปัจจัยเสี่ยงกับการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ ซึ่งถือว่าเป็นหลักฐานที่ดีที่สุดในการศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพจากสารมลพิษในอากาศ การศึกษาทางระบาดวิทยาแบ่งออกได้ดังนี้

(1) การศึกษาระบาดวิทยาเชิงพรรณนา (Descriptive Epidemiologic Studies) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นจาก

- ข้อมูลที่รายงานผลกระทบต่อสุขภาพของการได้รับปัจจัยเสี่ยง มาทำการวิเคราะห์ แต่ข้อมูลที่ได้นั้นมาจากการบอกเล่า จึงมีข้อจำกัดในการนำไปใช้

- การศึกษาระยะสั้นเชิงวิเคราะห์ (Cross-Sectional Studies) เป็นการศึกษาถึงการได้รับปัจจัยเสี่ยงจะก่อให้เกิดผลข้างเคียง ณ เวลาหนึ่ง ในสถานที่หนึ่ง

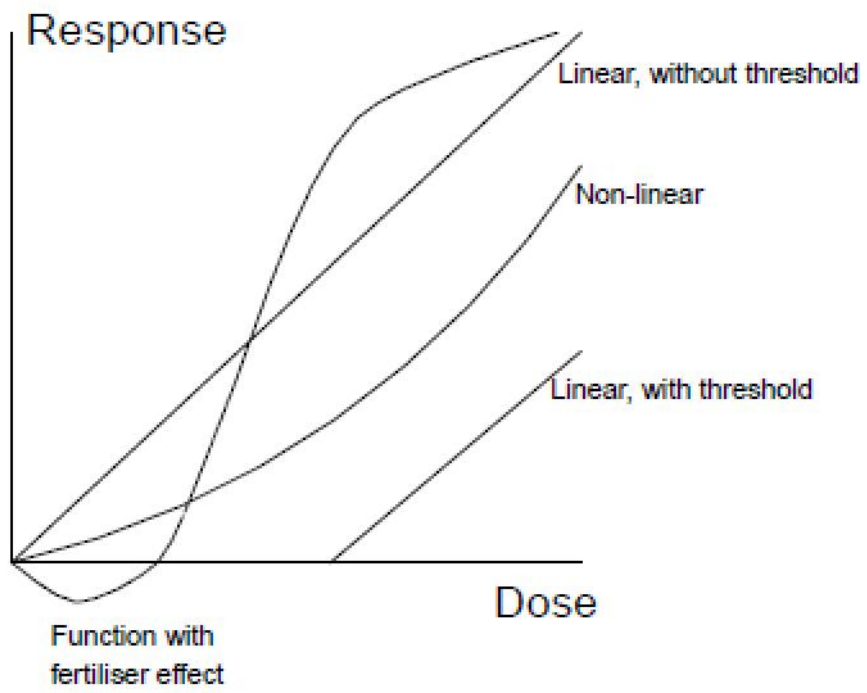
(2) การศึกษาระบาดวิทยาเชิงวิเคราะห์ (Analytical Epidemiology Studies) เป็นการศึกษาโดยทดสอบสมมติฐานว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเสี่ยงกับผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ โดยทำได้หลายลักษณะ เช่น

- การศึกษาไปข้างหน้า (Cohort studies) เป็นการศึกษาวิจัยจากสาเหตุไปหาโรค โดยการเปรียบเทียบกลุ่มประชากรที่มีปัจจัยเสี่ยง (exposure group) กับกลุ่มที่ไม่มีปัจจัยเสี่ยง (non exposure group) แล้วดูว่าส่งผลกระทบต่อสุขภาพแตกต่างกันอย่างไร

- การศึกษาย้อนหลัง (Case control studies) เป็นการศึกษาวิจัยจากโรคย้อนหลังไปหาเหตุ โดยเปรียบเทียบกลุ่มประชากรที่ได้รับผลกระทบต่อสุขภาพ (case) และกลุ่มที่คล้ายกันที่ไม่ได้รับผลกระทบ (control) แล้วย้อนหลังดูว่าแต่ละกลุ่มว่ามีความแตกต่างในการได้รับปัจจัยเสี่ยงอย่างไร

(3) การศึกษาระบาดวิทยาเชิงวิเคราะห์อภิมาน (Meta-analysis epidemiology studies) เป็นการประมวลและวิเคราะห์ผลข้อมูลจากงานวิจัยหลายงานวิจัยที่เป็นอิสระต่อกันอย่างเป็นระบบ

การศึกษาคือความสัมพันธ์ระหว่างผลกระทบต่อสุขภาพ กับความเข้มข้นของปริมาณสารมลพิษที่เพิ่มขึ้น เป็นการศึกษาทางระบาดวิทยา (epidemiology study) เพื่อหาผลกระทบ อัตราเสี่ยง การเกิดโรคจากการได้รับสารมลพิษที่เพิ่มขึ้น ผลที่ได้ ส่วนใหญ่จะแสดงผลในรูปความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการสัมผัสมลพิษกับอัตราการตาย อัตราการเกิดโรค (Exposure Response Function) ซึ่ง Exposure Response Function นี้เป็นที่นิยมนำมาใช้ประเมินผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดขึ้น เพื่อที่จะประเมินมูลค่าให้เป็นตัวเงิน เช่น งานวิจัยของ ORNL/RFF (1994) ExternE (1995) โดยผู้วิจัยนี้ได้รวบรวม Exposure Response Function ของงานวิจัยทางระบาดวิทยาต่างๆ ทั้งในประเทศและต่างประเทศเพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยนี้ และได้ใช้สมมติฐาน



mortality) รวมทั้งโรคและอาการทางระบบหายใจ ถึงแม้ว่าปริมาณอนุภาคมลสารอยู่ในระดับต่ำก็ มีผลกระทบต่อสุขภาพ นอกจากนี้ยังพบว่า ระดับ  $PM_{10}$  เพิ่มขึ้น  $10 \mu g/m^3$  จะทำให้เกิดผลต่างๆ ดังนี้

- อัตราการตายเพิ่มขึ้น 1%
- อัตราการเกิดโรคระบบการหายใจเพิ่มขึ้น 3.4%
- อัตราป่วยด้วยโรคหัวใจเพิ่มขึ้น 1.4%
- ผู้ป่วยมีอาการหอบจับปล้นเพิ่มขึ้น 3%
- ผู้ป่วยหอบหืดต้องเข้ารักษาพยาบาลเพิ่มขึ้น 2-3 %

- จากการศึกษาอัตราการตายในแต่ละวันกับระดับอนุภาคมลสารในแต่ละวัน พบว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลกระทบเหล่านี้เกิดทั้งในพื้นที่ที่มีความเข้มข้นของอนุภาคมลสารที่ระดับเดียวกับค่ามาตรฐาน และในพื้นที่ที่มีค่าต่ำกว่าระดับมาตรฐานคุณภาพอากาศ (Schwart, 2000 Samet , 2000a, Pope, 1992, Dockery , 1992)

- จากการศึกษาถึงความสัมพันธ์การตายและการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก ( $PM_{10}$ ) ในทวีปอเมริกาเหนือและยุโรปตะวันตก พบว่ามีความสัมพันธ์กัน และเช่นเดียวกับเมืองต่างๆ ในประเทศที่กำลังพัฒนา เช่น กรุงเทพมหานคร (Ostro, 1999) ซิดนีย์ (Ostro, 1996) เม็กซิโก (Loomis, 1999) เมืองเซี่ยงไฮ้ ประเทศจีน (Xu, 2002) เมืองนิวเดลี ประเทศอินเดีย (Cropper, 1997) ซึ่งผลการศึกษานั้นใกล้เคียงกันคือ เมื่อค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของ  $PM_{10}$   $\mu g/m^3$  จะสัมพันธ์กับอัตราการตายในแต่ละวันที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 1

- จากการศึกษา ความสัมพันธ์ของฝุ่นละอองกับผลกระทบต่อสุขภาพของเด็กในประเทศสหรัฐอเมริกา จำนวน 5,422 คน พบว่าอาการไอเรื้อรัง หลอดลมอักเสบ และอาการแน่นหน้าอก มีความสัมพันธ์กับฝุ่นละอองและมีความสัมพันธ์มากขึ้นในเด็กที่มีประวัติโรคหอบหืดแต่ความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพปอดกับฝุ่นละอองไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Dockery, 1989)

- จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง  $PM_{10}$  และอาการทางระบบหัวใจและการไหลเวียนเลือด พบว่าอนุภาคมลสารเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจ หัวใจเต้นไม่เป็นจังหวะ และกล้ามเนื้อหัวใจตาย ซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการตายด้วยโรคหัวใจ (Liao, 1999, Pope, 1999, Peter, 2000; Nolan, 1998)

- จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการตายรายวัน และ  $PM_{10}$  รายวันทางอากาศ ในกรุงเทพมหานคร พบว่าการสัมผัสกับอนุภาคมลสารในบรรยากาศโดยเฉพาะขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ( $PM_{10}$ ) ปริมาณ  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ทำให้เกิดอัตราการตายเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.5 (95%CI 0.3-0.7) หรือ อัตราการตายเพิ่มของร้อยละ 0.05 ต่อการเพิ่มของปริมาณ  $PM_{10}$   $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  และมีอัตราเสี่ยงต่อการตายบุคคลเฉลี่ยรายปี เท่ากับ  $2.4 \times 10^{-6}$  ต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ  $PM_{10}$   $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (นันทวรรณ วิจิตรวาทการ, 2547)

- จากการศึกษาผลกระทบของปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็ก ( $PM_{10}$ ) ต่ออาการทางระบบหายใจของเด็กนักเรียนในกรุงเทพมหานคร อายุ 7-12 ปี พบว่า อาการทางระบบหายใจเกือบทุกอาการของเด็กนักเรียนในโรงเรียนที่มีปริมาณ  $PM_{10}$  อยู่ในระดับสูงและปานกลางมีอัตราสูงกว่าโรงเรียนที่มี ปริมาณ  $PM_{10}$  ในระดับต่ำ และพบว่าอัตราการเกิดอาการทางระบบหายใจมีความสัมพันธ์กับปริมาณ  $PM_{10}$  ในแต่ละวัน (กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2535-2538)

- จากการศึกษาผลกระทบของฝุ่นละอองต่อสุขภาพประชาชนในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่า ปริมาณฝุ่นละอองมีความสัมพันธ์กับผลกระทบทางสุขภาพ และมีระดับความรุนแรงใกล้เคียงกับการศึกษาที่เมืองต่างๆ ทั่วโลก และระดับของ  $PM_{10}$  ในกรุงเทพมหานครในปัจจุบัน อาจทำให้มีคนในกรุงเทพมหานครตายก่อนเวลาอันควรจากการสัมผัสฝุ่นละอองภายนอกอาคาร ในระยะสั้นถึง 4,000-5,000 รายในแต่ละปี (ประมาณการจำนวนประชากร 10 ล้านคน) และการเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล เนื่องจากเจ็บป่วยด้วยโรคระบบหายใจ และโรคระบบหลอดเลือดหัวใจสูงขึ้นเมื่อระดับ  $PM_{10}$  สูงขึ้น (ธนาคารโลก กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม และวิทยาลัยการสาธารณสุขจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541)

- จากการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสมลพิษระยะยาวกับโรคระบบทางเดินหายใจในเด็กและผู้ใหญ่ที่อยู่บริเวณโรงไฟฟ้าถ่านหิน โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มตัวอย่างในพื้นที่ควบคุมที่อยู่ห่างไกลออกไป โดยเฝ้าติดตามคุณภาพสิ่งแวดล้อม และตรวจสุขภาพของกลุ่ม



ตัวอย่างเป็นเวลา 5 ปี พบว่าประชาชนที่อยู่รอบๆ โรงไฟฟ้าถ่านหินมีความเสี่ยงต่อการเกิดอาการทางระบบทางเดินหายใจมากกว่าประชาชนที่อยู่ในพื้นที่ควบคุม เช่น ผู้ใหญ่ที่อยู่รอบๆ บริเวณโรงไฟฟ้ามีความเสี่ยงที่จะเกิดอาการไอเรื้อรังมากกว่าผู้ใหญ่ที่อยู่ในเขตพื้นที่ควบคุมถึง 3 เท่า นอกจากนี้มีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอาการทางหายใจและสมรรถภาพปอด เปรียบเทียบกับการรับมลพิษในแต่ละวัน พบว่า  $PM_{10}$  และ  $SO_2$  มีผลต่ออัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคระบบทางเดินหายใจอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (วิทยาลัยสาธารณสุข จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544)

- จากการศึกษาแบบต่อเนื่องไปข้างหน้า (cohort study) เพื่อสำรวจผลกระทบจากปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศเนื่องจากโรงไฟฟ้าถ่านหิน ที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพประชาชนในพื้นที่อำเภอแม่เมาะ จากการเปรียบเทียบอาการโรคระบบทางเดินหายใจระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุมนั้น พบว่ากลุ่มศึกษามีอัตราชุกของอาการโรคระบบทางเดินหายใจสูงกว่ากลุ่มควบคุมทุกอาการ เช่น อาการโรคระบบทางเดินหายใจส่วนต้น เสียงวี๊ดในอกและไอมีเสมหะ หลอดลมอักเสบ ไอเรื้อรัง เสมหะเรื้อรัง (โครงการวิจัยผลกระทบจากมลพิษทางอากาศต่อสุขภาพประชาชนอำเภอแม่เมาะ จ.ลำปาง วิทยาลัยสาธารณสุข จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543)

- จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์รายวันในอากาศกับการมารับการรักษาด้วยอาการระบบหายใจเฉียบพลัน ณ โรงพยาบาลแม่เมาะ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง พบว่า จำนวนครั้งของผู้ป่วย ที่มารับการรักษาด้วยอาการระบบหายใจเฉียบพลันทั้งหมด มีความสัมพันธ์กับปริมาณ  $SO_2$  24 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (เสฏฐศิริ แสงสุวรรณ, 2550)

- จากการศึกษาผลของฝุ่นขนาดเล็กและก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ภายในที่พักอาศัยต่อสุขภาพของแม่บ้านและเด็กในกรุงเทพมหานคร พบว่าปริมาณฝุ่นมีความสัมพันธ์กับค่าพารามิเตอร์สมรรถภาพปอด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์นั้น ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณฝุ่นและสมรรถภาพปอด (วนิดา ทรัพย์สุข ,2543)

การศึกษผลกระทบทางสุขภาพของร่างกายมนุษย์ต่อปริมาณสารมลพิษที่เปลี่ยนแปลงในบรรยากาศนั้น เป็นการศึกษาทางระบาดวิทยา (Epidemiology) ซึ่งในประเทศไทย ยังมีการศึกษาเชิงระบาดวิทยาน้อย และผลจากงานวิจัยที่ผ่านมาก็มีแนวโน้มสอดคล้องกับงานวิจัยในประเทศ

อื่นๆ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงรวบรวมผลการศึกษาระบาดวิทยาของงานวิจัยต่างประเทศที่ผ่านๆ มา มา  
ประยุกต์ใช้ดังนี้

ตารางที่ 2.3 : ค่า Exposure Response Function

ผลกระทบ	Exposure Response Function			หน่วย	ที่มา
	ต่ำ	กลาง	สูง		
ตายก่อนวัยอันควร (Pre Mortality)	7E-06	1.4E-06	2E-05	Case/(person-year- $\mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$ )	Chestnut, 1992 Vichit-Vadakarn,2004 Rowe, 1995 ; Schwarz,1992
อายุมากกว่าหรือเท่ากับ 65	N/A	2.4E-06	N/A		
อายุน้อยกว่า 65	1.01E-07	1.69E-07	2.54E-07		
พักรักษาตัวในโรงพยาบาลเนื่องจากโรคทางเดินหายใจ (Respiratory Hospital Admission)	2.8E-06	5.7E-06	8.5E-06	Case/(person-year- $\mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$ )	Chestnut, 1992 Khatun,1997 Bozicevic, 2004
	6.6E-06	1.2E-05	1.73E-05		
	N/A	2.07E-06	N/A		
มีอาการผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ (Respiratory Symptoms)	0.08	0.168	0.256	Case/(person-year- $\mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$ )	Khatun,1997
มีอาการผิดปกติของระบบทางเดินอากาศหายใจฉับพลัน (Days with acute respiratory symptoms)	0.22	0.3	0.74	Case/(person-year- $\mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$ )	Chestnut , 1992
สูญเสียวันทำงาน (Restricted Activity Days)	0.029	0.058	0.078	Case/(person-year- $\mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$ )	Khatun,1997 A.Hainoun Maja Bozicevic, 2004
	N/A	0.04	N/A		
	N/A	0.025	N/A		
หอบหืด (Asthma Attack)	0.033	0.058	0.196	Case/(person-year- $\mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$ )	Khatun,1997
หลอดลมอักเสบเรื้อรัง	3E-05	6.12E-05	9.3E-05	Case/(person-year- $\mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$ )	Khatun,1997

ผลกระทบ	Exposure Response Function			หน่วย	ที่มา
	ต่ำ	กลาง	สูง		
(Chronic Bronchitis)	N/A 3.0E-05	4.9E-05 6.1E-05	N/A 9.3E-05		Bozicevic, 2004 Rowe, 1995; Schwarzd, 1992
เข้ารับบริการที่ห้องฉุกเฉิน (Emergency Room Visit)	1.16E-04	2.37E-04	3.54E-04	Case/(person-year- $\mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$ )	Khatun, 1997
พักรักษาตัวในโรงพยาบาลเนื่องจากโรคเกี่ยวกับหัวใจ (Cardiac Hospital Admission)	2.8E-06	5.06E-06	7.2E-06	Case/(person-year- $\mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$ )	Chestnut , 1992

## 2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธารา บัวคำศรี (2550) ปัจจุบันถ่านหินถูกนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้า ประมาณร้อยละ 40 ของปริมาณการผลิตทั้งหมด ซึ่งการเผาไหม้ของถ่านหินส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์ทั่วโลก ซึ่งคนทั่วโลกต้องรับผลกระทบโดยที่ผู้ผลิตไม่ได้รับผิดชอบต่อผลที่เกิดขึ้น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้ถ่านหินมีส่วนสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งทำให้มีผู้คนทั่วโลกเสียชีวิตจากผลกระทบนี้ถึง 150,000 คน ดังนั้นจะเห็นว่า ถึงแม้ถ่านหิน จะเป็นเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ราคาถูกที่สุด แต่ต้นทุนที่คิดมานั้นไม่ได้รวมถึงต้นทุนที่สร้างผลกระทบหรือต้นทุนภายนอกจากสิ่งแวดล้อม สุขภาพมนุษย์ รวมถึงโครงสร้างพื้นฐานและวิถีชีวิตของแหล่งชุมชน ซึ่งจากการประเมินค่าเสียหายโดยประมาณ จากสถาบันวิจัย CE Delft พบว่า ค่าเสียหายรายปีทั่วโลกประมาณ 3.6 แสนล้านยูโร จะเห็นว่าต้นทุนที่แท้จริงของถ่านหินนั้นสูงกว่าที่คิดไว้เท่าตัว

อรรถพล กวยาสกุล (2550) งานวิจัยนี้เป็นการประเมินต้นทุนสังคมของความสูญเสียที่เกิดจากผลกระทบภายนอกของปัญหามลพิษทางน้ำ อากาศ เสียง และกากของเสียอันตราย เนื่องจากโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์ ซึ่งใช้วิธีสมมติเหตุการณ์เพื่อให้ประเมินค่า (Contingent Valuation Method : CVM) ใช้หลักของความยินดีที่จะจ่าย (Willingness to Pay : WTP) เพื่อที่จะลดมลพิษในพื้นที่ โดยใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์ครัวเรือนในพื้นที่ที่มีโรงงานตั้งอยู่รอบๆ ให้รูปแบบการตั้งคำถามแบบปิดเสนอราคาสองครั้ง และมีการใช้แบบจำลองมาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลและความสัมพันธ์ของความยินดีที่จะจ่ายกับปัจจัยทางเศรษฐกิจและสังคม โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SAS มาใช้ในการประมวลผล จากงานวิจัยพบว่า ปัจจัยที่กำหนดขนาดของ WTP คือการได้รับผลกระทบจากมลพิษทางน้ำ ความต้องการมีส่วนร่วมในการประชุม การเจ็บป่วย เพศ อายุและรายได้ ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยของ WTP จำนวน 1,380.30 บาทต่อครัวเรือน และค่ามัธยฐานของ WTP จำนวน 818.45 บาทต่อครัวเรือน

วนิดา กิจตะวงค์ (2549) งานวิจัยนี้เป็นการประเมินต้นทุนด้านสุขภาพที่เกิดจากมลพิษทางอากาศของโครงการก่อสร้างถนนเชื่อมโยงเขตเศรษฐกิจพิเศษ ซึ่งทำการเปรียบเทียบต้นทุนสุขภาพระหว่างถนนสายเดิมที่ใช้ (ทางหลวงหมายเลข 1 จาก จ.เชียงราย – อ.แม่จัน และต่อด้วยทางหลวงหมายเลข 1016 จาก อ.แม่จัน - อ.เชียงแสน) กับถนนเชื่อมโยงเขตเศรษฐกิจพิเศษชายแดน (จ.เชียงราย – อ.เชียงแสน) โดยใช้แนวคิดตามหลักทุนมนุษย์ (Human Capital Approach) ใช้หลักต้นทุนของการเจ็บป่วย (Cost of Illness) ในการวัดมูลค่าด้านสุขภาพ และใช้จำนวนผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจเป็นตัวแทนการเปลี่ยนแปลงภาวะสุขภาพอันเนื่องมาจากสารมลพิษ โดยมีปัจจัย จำนวนประชากรในพื้นที่ศึกษา ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ และปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอน ในฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว จากการศึกษาพบว่า การมีถนนเชื่อมโยงเขตเศรษฐกิจพิเศษชายแดน จะช่วยลดต้นทุนด้านสุขภาพได้ถึง 1.5-1.6 เท่า เมื่อเทียบกับถนนสายเดิม

รัตนกอร์ กุลาตี (2538) งานวิจัยนี้เป็น การเปรียบเทียบต้นทุนโรงไฟฟ้าพลังความร้อนที่ใช้ถ่านหินลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิงในเชิงเศรษฐศาสตร์ ได้ศึกษาต้นทุนในการผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อให้ได้ต้นทุนที่ต่ำที่สุด โดยแบ่งกรณีศึกษาเป็น 2 กรณี คือ ศึกษาต้นทุนสิ่งแวดล้อม ด้วยการวัดค่าความเสียหาย (Damage Cost) จากการเจ็บป่วยของมนุษย์ ความเสียหายต่อพืชและสัตว์ เนื่องจากการผลิตของโรงไฟฟ้า โดยการใช้แนวคิดด้านผลิตภาพ (Productivity Approach) และต้นทุนในกรณีอพยพชาวบ้านออกจากบริเวณรอบๆโรงไฟฟ้า และเปรียบเทียบต้นทุนระหว่างระบบเทคโนโลยีของโรงไฟฟ้า ที่จะนำมาใช้ในการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ คือ โรงไฟฟ้า FGD และ โรงไฟฟ้า A-FBD จากการศึกษาพบว่าโรงไฟฟ้าถ่านหินรวมกับต้นทุนสิ่งแวดล้อมซึ่งเมื่อเทียบสัดส่วนกับต้นทุนโรงไฟฟ้าที่มีค่าน้อยมาก จะมีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำที่สุด แต่เนื่องจากไม่สามารถคำนวณต้นทุนสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นได้ทั้งหมด รวมถึงผลกระทบของสุขภาพของประชาชนรอบโรงไฟฟ้า ดังนั้นจึงเลือกโรงไฟฟ้าที่มีต้นทุนต่ำลงมา คือ โรงไฟฟ้าถ่านหินรวมกับค่าใช้จ่ายในการอพยพชาวบ้านออกห่างจากโรงไฟฟ้า

ธัญญวิทย์ อูยางกูร (2537) งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการประเมินต้นทุนด้านสุขภาพ กรณีศึกษา ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของโครงการทางด่วนขั้นที่ 4 เป็นการเปรียบเทียบต้นทุนด้านสุขภาพ กรณีมีและไม่มีทางด่วนขั้นที่ 4 โดยใช้แนวคิดตามหลักทุนมนุษย์ (Human Capital Approach) ในการประเมินต้นทุนด้านสุขภาพ ใช้ต้นทุนค่ารักษาพยาบาลและผลผลิตของแรงงานเป็นตัวแทน และใช้รูปแบบสมการ Physical Damage Function หาค่าความสัมพันธ์ของอัตราการป่วยเป็นโรค ระบบทางเดินหายใจเนื่องจากสารมลพิษทางอากาศ ซึ่งพบว่าปริมาณฝุ่นละอองในบรรยากาศมีอิทธิพลต่ออัตราการเป็นโรคอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อนำมาประเมินเป็นต้นทุนสุขภาพแล้วพบว่า ช่วยประหยัดต้นทุนด้านสุขภาพตลอดช่วงอายุโครงการ เท่ากับ 41,337 ล้านบาท จึงสรุปได้ว่าการมีโครงการทางด่วนขั้นที่ 4 นี้จะส่งผลประโยชน์แก่ประชาชนโดยรวม

A.Hainoun, A. Almoustafa, M. Serif Aldin (2009) ประเมินค่าผลกระทบสุขภาพจากมลพิษทางอากาศจากโรงไฟฟ้าในประเทศซีเรีย โดยใช้วิธี IPA สารมลพิษที่เป็นปัจจัยในงานวิจัยนี้คือ ฝุ่นละออง โดยใช้หลักการ Exposure-Response Function ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารมลพิษที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ อัตราการเป็นโรคต่างๆ ตามปริมาณสารพิษที่เพิ่มขึ้นในบรรยากาศในบรรยากาศ จากนั้นประเมินต้นทุนผลกระทบสุขภาพด้วยวิธีการ Benefit Transfer ที่มาจากการเก็บข้อมูลด้วยวิธี Willingness to Pay ของงานวิจัยในประเทศสหรัฐอเมริกา จากงานวิจัยพบว่า ต้นทุนผลกระทบจะมีค่าประมาณ 0.07 US cent ต่อกิโลวัตต์สำหรับเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ และ 2.5 US cent ต่อกิโลวัตต์สำหรับเชื้อเพลิงน้ำมัน ซึ่งชี้ให้เห็นว่าก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงที่มีต้นทุนผลกระทบสุขภาพต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ

Euston Quah , Tay Liam Boon (2002) งานวิจัยนี้เป็นการประเมินต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์สุขภาพเนื่องจากมลภาวะฝุ่นละอองในอากาศของประเทศสิงคโปร์ โดยใช้วิธีการ IPA ในการคิดต้นทุน และประเมินผลกระทบต่อสุขภาพด้วยหลักการ Damage Function หรือ Dose Response Function เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารมลพิษกับผลกระทบต่อสุขภาพ จากนั้นประเมินค่าผลกระทบต่อสุขภาพโดยใช้วิธี Benefit Transfer ที่มาจากการเก็บข้อมูลด้วยวิธีความเต็มใจที่จะจ่าย (WTP) ของงานวิจัยในประเทศอังกฤษ ผลที่ได้พบว่า ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์

สุขภาพ มีค่าถึง 3,662 ล้านดอลลาร์สหรัฐ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าจะต้องมีมาตรการป้องกันเพื่อป้องกันความเสียหายเชิงเศรษฐกิจของประเทศสิงคโปร์

Bui Duy Thanh, Thierry Lefevre (1999) งานวิจัยนี้เป็นการประเมินค่าผลกระทบสุขภาพจากมลพิษทางอากาศจากโรงไฟฟ้าในประเทศไทย สารมลพิษที่เป็นปัจจัยในงานวิจัยนี้คือ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และฝุ่นละออง งานวิจัยนี้ใช้หลักการ Exposure-Response Function ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารมลพิษที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ อัตราการเป็นโรคต่างๆ ตามปริมาณสารพิษที่เพิ่มขึ้นในบรรยากาศ ที่มีในงานวิจัยอื่นๆ โดยใช้แบบจำลอง Industrial Source Complex Short-Term model (ISCST2) ในการคำนวณการกระจายปริมาณสารมลพิษในบรรยากาศ จากนั้นประเมินต้นทุนผลกระทบสุขภาพด้วยวิธีการ Benefit Transfer ที่มาจากการเก็บข้อมูลด้วยวิธี Willingness to Pay ของงานวิจัยในประเทศสหรัฐอเมริกา จากงานวิจัยพบว่า ต้นทุนผลกระทบจะมีค่าประมาณ 0.006-0.05 ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา ขึ้นอยู่กับประเภทเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าและที่ตั้งของโรงไฟฟ้าด้วย

Suchitra Vassanadumrongdee, Shunji Matsuoka (2005) งานวิจัยนี้เป็นการศึกษามูลค่าทางชีวิตทางเชิงสถิติจากการลดอัตราการตายเนื่องจากมลภาวะทางอากาศ ของชาวกรุงเทพมหานคร ด้วยใช้วิธีการวัดมูลค่าชีวิตคน (VSL) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางด้วยแนวคิดความเต็มใจที่จะจ่าย (WTP) เพื่อลดอัตราการตายเนื่องจากมลภาวะทางอากาศ วิธีใช้แบบสอบถามคนกรุงเทพ โดยการสุ่มตัวอย่างคนกรุงเทพมหานคร จำนวน 680 คนจาก 20 เขต จากการศึกษาพบว่ามูลค่าชีวิตเชิงสถิติของคนกรุงเทพมหานครอยู่ในช่วง 0.74 - 1.32 ล้านดอลลาร์สหรัฐอเมริกา ซึ่งค่าที่ได้นั้นแตกต่างกับงานวิจัยของต่างประเทศ เนื่องจาก รายได้ประชากรมีความแตกต่างกัน

AA Oyem and Al. Igbafe (2010) งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ปริมาณและเส้นทางของละอองลอย (Aerosol) ในบรรยากาศเหนือประเทศไนจีเรีย โดยใช้ข้อมูลความหนาเชิงแสงของละอองในบรรยากาศ (Aerosol Optical Thickness, AOT) ที่ได้มาจากภาพถ่ายดาวเทียม NOAA และ



ข้อมูลจาก NASA ในช่วงเดือนมีนาคม 2007-เดือนกุมภาพันธ์ 2008 และใช้แบบจำลอง HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Lagrangian) ในการคำนวณเส้นทางการเคลื่อนที่และปริมาณของมวลอากาศ โดยทำการวิเคราะห์ในระดับความสูงที่ต่างกัน ได้แก่ระดับ 3000 1500 และ 5000 เมตรเหนือพื้นดิน (Above Ground Level : AGL) รวมทั้งนำข้อมูลทิศทางและความเร็วลมมาประกอบการวิเคราะห์ด้วย ผลที่ได้จากการวิจัยนี้ พบว่าสภาพอากาศแบบร้อนและแห้งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเคลื่อนที่ของฝุ่นละออง ทำให้เกิดปัญหาสุขภาพได้ง่ายในฤดูร้อน เช่น โรคลมแดด เยื่อหุ้มสมอง(และไขสันหลัง)อักเสบ รวมทั้งพบว่าอัตราการตายในฤดูนี้ค่อนข้างสูง ดังนั้นในฤดูร้อนควรลดกิจกรรมที่ปล่อยฝุ่นละอองให้เหลือน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อช่วยให้อากาศบริสุทธิ์ขึ้น และทำให้สภาพแวดล้อมเหมาะสมกับการอยู่อาศัยมากยิ่งขึ้น

**บทที่ 3**  
**วิธีดำเนินการวิจัย**

**3.1 ข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานกรณีศึกษา**

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดโรงไฟฟ้าถ่านหิน ที่เดินเครื่องปัจจุบัน โรงที่ 4-13

เครื่อง ที่	กำลังผลิต (เมกะวัตต์)	ความสูง ปล่อง (เมตร)	ประสิทธิภาพเครื่องกำเนิด ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ร้อยละ)	ประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดฝุ่น (ร้อยละ)
4	150	150	97	99.5
5	150		97	99.5
6	150	150	97	99.5
7	150		97	99.5
8	300	150	95	99.7
9	300	150	95	99.7
10	300	150	95	99.7
11	300	150	95	99.7
12	300	150	92	99.7
13	300	150	92	99.7

ที่มา : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย



ตารางที่ 3.2 ค่า Emission Factor ของโรงไฟฟ้าถ่านหิน

ประเภท โรงไฟฟ้า	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

ที่มา : Emission Inventory of Electricity Generating in Thailand (P. Kittayakasem, S. Patumsawad, S. Garivait Journal of Sustainable Energy & Environment 2 (2011) 65-69 )

ตารางที่ 3.3 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นซัลเฟอร์ไดออกไซด์รายชั่วโมงที่ปล่อยสู่บรรยากาศ ที่วัดได้จาก CEMS

โรงที่	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นซัลเฟอร์ไดออกไซด์รายชั่วโมงที่ปล่อยสู่บรรยากาศ (ppm) ที่ 25c 7%O2 ปี 2553											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
4,5	92.71	92.10	123.39	161.57	169.66	137.28	117.04	152.25	143.79	135.51	91.65	105.56
6,7	76.70	74.46	113.51	132.94	135.99	135.90	137.13	81.00	153.98	134.80	87.00	86.08
8	53.21	53.55	143.33	171.38	173.43	128.14	113.68	110.30	127.99	139.36	111.01	78.92
9	80.07	49.90	91.23	109.18	102.85	113.83	109.70	102.13	103.86	101.79	71.76	82.70
10	91.10	101.44	120.84	142.81	134.04	154.80	129.83	116.79	132.84	114.60	86.52	100.37
11	83.68	91.40	117.66	129.14	135.19	116.17	130.08	117.95	128.17	134.06	87.06	119.72
12	77.00	0.00	143.96	141.71	140.61	137.59	122.54	113.98	135.85	120.04	68.81	61.24
13	97.69	108.53	113.97	135.39	134.76	116.78	100.56	117.58	141.15	102.40	65.91	52.33
เฉลี่ย	81.52	71.42	120.99	140.52	140.82	130.06	120.07	114.00	133.45	122.82	83.72	85.87

ที่มา: สรุปผลดำเนินงาน ประจำปี พ.ศ. 2553 กองปฏิบัติการระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โรงไฟฟ้าแม่เมาะ

การเปลี่ยนหน่วย ส่วนในล้านส่วน (ppm) เป็น มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เพื่อนำไปคำนวณอัตรา  
การปล่อยก๊าซ ได้ดังสมการ

$$mg/m^3 = \frac{ppm \times MW}{24.45}$$

เมื่อ  $mg/m^3$  คือ ความเข้มข้นของสารมลพิษในหน่วยน้ำหนักต่อปริมาตร

ppm คือ ความเข้มข้นของสารมลพิษในหน่วยปริมาตรต่อปริมาตร

MW คือ น้ำหนักโมเลกุลของสารพิษ

24.45 คือ ปริมาตรในหน่วยลิตร ของก๊าซใดๆ 1 กรัมโมเลกุล ที่อุณหภูมิ 25 องศา  
เซลเซียส และความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท

ตารางที่ 3.4 ค่าเฉลี่ยการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สู่บรรยากาศในหน่วย มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร

โรงที่	ค่าเฉลี่ยการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์รายชั่วโมงที่ปล่อยสู่บรรยากาศ (mg/m <sup>3</sup> ) ที่ 25c 7%O <sub>2</sub> ปี 2553											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
4,5	242.83	241.24	323.17	423.19	444.37	359.56	306.54	398.77	376.62	354.92	240.05	276.49
6,7	200.92	195.02	297.31	348.20	356.19	355.94	359.16	212.17	403.30	353.08	227.86	225.47
8	139.38	140.25	375.42	448.88	454.26	335.63	297.75	288.91	335.23	365.01	290.75	206.70
9	209.72	130.71	238.95	285.97	269.40	298.14	287.34	267.50	272.03	266.62	187.97	216.61
10	238.60	265.68	316.51	374.05	351.07	405.46	340.06	305.90	347.93	300.17	226.62	262.89
11	219.19	239.39	308.17	338.25	354.10	304.27	340.71	308.94	335.70	351.12	228.02	313.57
12	100.77	0.00	377.05	371.17	368.29	360.39	320.96	298.55	355.82	314.42	180.23	160.41
13	255.88	284.27	298.50	354.63	352.95	305.87	263.40	307.96	369.71	268.21	172.63	137.06
เฉลี่ย	200.91	213.79	316.89	368.04	368.83	340.66	314.49	298.59	349.54	321.69	219.27	224.90

การหาอัตราการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์รายชั่วโมง หาได้จากสมการ

$$\begin{aligned}
 &= \text{ปริมาณการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์รายชั่วโมง} \times \text{อัตราการปล่อยอากาศเสียรายชั่วโมง} \\
 &= \frac{\text{มิลลิกรัม}}{\text{ลูกบาศก์เมตร}} \times \frac{\text{ลูกบาศก์เมตร}}{\text{ชั่วโมง}}
 \end{aligned}$$

ตารางที่ 3.5 ค่าอัตราการปล่อยอากาศเสียรายชั่วโมงจากโรงไฟฟ้าถ่านหิน

โรงที่	อัตราการปล่อยอากาศเสียจากปล่อง ที่ Actual O <sub>2</sub> , 25 °C 760 mmHg (m <sup>3</sup> /hr)
4,5	1,640,488
6,7	1,796,983
8	1,302,287
9	1,393,359
10	1,486,587
11	1,452,719
12	1,133,847
13	1,265,874

ที่มา : รายงานการตรวจวัดอากาศเสียจากปล่องโรงไฟฟ้าแม่เมาะ



ตารางที่ 3.6 อัตราการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์รายชั่วโมง สุ่มบรรยากาศ

โรงที่	อัตราการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์รายชั่วโมง สุ่มบรรยากาศ (kg/hr) ที่ 25c 7%O2 ปี 2553											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
4,5	398.36	395.75	530.16	694.24	728.98	589.85	502.88	654.18	617.84	582.24	393.80	453.58
6,7	361.05	350.45	534.26	625.71	640.07	639.62	645.40	381.27	724.72	634.48	409.46	405.17
8	181.51	182.65	488.90	584.57	591.58	437.09	387.76	376.24	436.57	475.35	378.64	269.18
9	292.22	182.13	332.94	398.46	375.37	415.42	400.37	372.72	379.04	371.50	261.91	301.82
10	354.70	394.96	470.52	556.06	521.90	602.75	505.53	454.75	517.23	446.23	336.89	390.81
11	318.42	347.77	447.68	491.38	514.41	442.02	494.96	448.80	487.68	510.08	331.25	455.53
12	114.26	0.00	427.52	420.85	417.58	408.63	363.92	338.51	403.45	356.50	204.35	181.88
13	323.91	359.85	377.86	448.92	446.79	387.19	333.43	389.84	468.01	339.52	218.53	173.50
เฉลี่ย	293.05	316.22	451.23	527.52	529.58	490.32	454.28	427.04	504.32	464.49	316.85	328.93

ตารางที่ 3.7 ค่าผลการตรวจวัดปริมาณมลสารจากโรงไฟฟ้าถ่านหิน ประจำปี 2553

โรงที่	ปริมาณมลสารจากโรงไฟฟ้าถ่านหิน ที่ 760 mmHg 25c 7% O <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
4,5	3	12	7.5
6,7	8	9	8.5
8	9	13	11
9	13	12	12.5
10	3	10	6.5
11	11	12	11.5
12	5	15	10
13	13	9	11

ตารางที่ 3.8 อัตราการปล่อย PM<sub>10</sub> จากโรงไฟฟ้าต่อชั่วโมง

โรงที่	อัตราการปล่อย PM <sub>10</sub> รายชั่วโมง (kg/hr)
4,5	6.77
6,7	8.4
8	7.88
9	9.58
10	5.31
11	9.19
12	6.24
13	7.66

อัตราส่วนระหว่าง PM<sub>10</sub> และ ปริมาณมลสารรวม (TSP) คือ 0.55 (California Air Resource Board, 1982)

ตารางที่ 3.9 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนรายชั่วโมง ที่ปล่อยจากโรงไฟฟ้า

โรงที่	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นออกไซด์ของไนโตรเจนรายชั่วโมงที่ปล่อยสู่บรรยากาศ (ppm)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
4,5	312	274	257	251	239	251	348	334	314	320	346	322
6,7	376	360	307	322	291	333	313	295	315	344	336	321
8	284	307	312	325	313	310	271	297	289	285	298	320
9	331	313	300	295	291	307	300	303	303	308	307	325
10	243	275	264	272	253	250	295	301	295	296	317	319
11	306	292	282	227	281	220	264	268	273	270	273	287
12	239	0	228	222	213	211	218	228	211	209	234	236
13	238	240	230	227	216	220	215	246	225	199	225	221
เฉลี่ย	291.13	294.43	272.50	267.63	262.13	262.75	278.00	284.00	278.13	278.88	292.00	293.88

ตารางที่ 3.10 ค่าอัตราการปล่อยออกไซด์ของไนโตรเจนรายชั่วโมง

โรงที่	อัตราการปล่อยก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนรายชั่วโมงสู่บรรยากาศ (kg/hr)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
4,5	628	552	517	505	481	505	700	672	632	644	696	648
6,7	829	794	677	710	642	734	690	650	695	758	741	708
8	454	491	499	519	500	495	433	475	462	455	476	511
9	566	535	513	504	498	525	513	518	518	527	525	556
10	443	502	482	496	461	456	538	549	538	540	578	582
11	545	520	503	405	501	392	471	478	487	481	487	512
12	333	0	317	309	296	294	303	317	294	291	326	328
13	370	373	357	353	335	342	334	382	349	309	349	343
เฉลี่ย	520.95	537.97	483.04	475.13	464.32	467.88	497.80	505.17	496.77	500.70	522.27	523.49

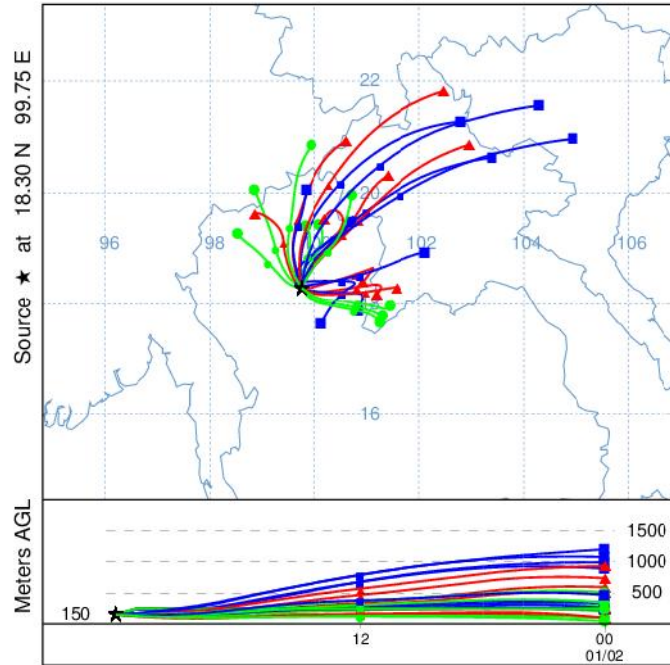
### 3.3 การหาปริมาณและการกระจายตัวของสารมลพิษ (Pollution Dispersion)

โดยการนำข้อมูลอัตราการปล่อยสารมลพิษจากโรงไฟฟ้า มาศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพอากาศ โดยใช้แบบจำลองทางอากาศ HYSPLIT จำลองเหตุการณ์ และดูทิศทางการเคลื่อนที่ (trajectory) ของมลสาร การกระจายตัว (dispersion) และปริมาณสารมลพิษที่เพิ่มขึ้นในบรรยากาศ (concentration) ในพื้นที่แต่ละอำเภอ ใน จ.ลำปาง ในช่วงเวลาต่างๆ โดยการกำหนด พิกัดพื้นที่ศึกษาของแต่ละอำเภอ เพื่อหาปริมาณสารมลพิษที่เพิ่มขึ้นในบรรยากาศของแต่ละพื้นที่

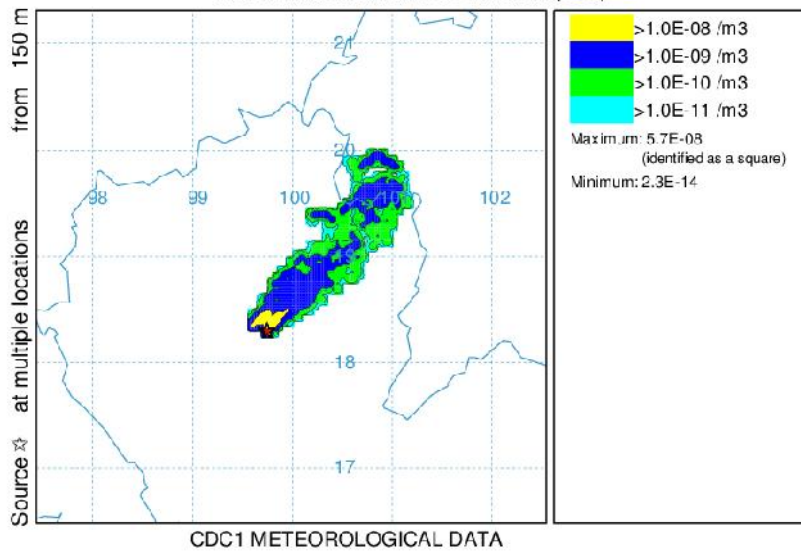
ตารางที่ 3.11 แสดงพิกัด ละติจูด- ลองจิจูด ของแต่ละอำเภอ ใน จ.ลำปาง

ลำดับ	อำเภอ	ละติจูด	ลองจิจูด
1	อำเภอเมืองลำปาง	18.263262 - 18.600697	99.360146 - 99.697975
2	อำเภอแม่เมาะ	18.200653 - 18.70609	99.629517 - 100.049744
3	อำเภอเกาะคา	17.985264 - 18.293254	99.220963 - 99.426956
4	อำเภอเสริมงาม	17.874203 - 18.29195	99.073128 - 99.285988
5	อำเภองาว	18.559042 - 19.051734	99.778999 - 100.116829
6	อำเภอแจ้ห่ม	18.499145 - 18.971234	99.518074 - 99.783119
7	อำเภอวังเหนือ	18.904987 - 19.405726	99.540253 - 99.73526
8	อำเภอเถิน	17.216888 - 17.874203	99.064888 - 99.460396
9	อำเภอแม่พริก	17.375542 - 17.634861	98.897347 - 99.19822
10	อำเภอแม่ทะ	17.933009 - 18.246307	99.429627 - 99.782536

NOAA HYSPLIT MODEL  
 Forward trajectories starting at 0000 UTC 01 Jan \*\*  
 CDC1 Meteorological Data



NOAA HYSPLIT MODEL  
 Concentration (/m3) averaged between 0 m and 20 m  
 Integrated from 0000 01 Jan to 0000 02 Jan 10 (UTC)  
 SO2 Release started at 0000 01 Jan 10 (UTC)





DAY	HR	LAT	LONG	SO2	CO	NO2	NO	PM10	PM2.5	SO4	NO3
283	2	-8.15	99.60	0.57E-11	0.00E+00	0.11E-10	0.28E-11	0.28E-11	0.30E+00	0.28E-11	0.28E-11
283	2	-8.15	99.65	0.85E-11	0.57E-11	0.28E-11	0.57E-11	0.28E-11	0.14E-10	0.57E-11	0.28E-11
283	2	-8.20	99.65	0.14E-10	0.57E-11	0.28E-11	0.28E-11	0.57E-11	0.57E-11	0.28E-11	0.28E-11
283	2	-8.20	99.70	0.38E-11	0.00E+00	0.00E+00	0.28E-11	0.00E+00	0.38E-11	0.28E-11	0.28E-11
283	2	-8.25	99.70	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.30E+00	0.28E-11	0.28E-11
283	3	-8.05	99.55	0.14E-10	0.85E-11	0.57E-11	0.28E-11	0.28E-11	0.31E-11	0.57E-11	0.57E-11
283	3	-8.05	99.60	0.57E-11	0.00E+00	0.85E-11	0.00E+00	0.28E-11	0.28E-11	0.00E+00	0.00E+00
283	3	-8.10	99.60	0.79E-10	0.37E-10	0.28E-10	0.26E-10	0.20E-10	0.51E-10	0.20E-10	0.20E-10
283	3	-8.15	99.60	0.23E-10	0.57E-11	0.11E-10	0.17E-10	0.57E-11	0.14E-10	0.11E-10	0.11E-10
283	3	-8.15	99.65	0.20E-10	0.31E-10	0.14E-10	0.26E-10	0.55E-10	0.31E-10	0.14E-10	0.14E-10
283	3	-8.20	99.65	0.28E-11	0.00E+00	0.00E+00	0.57E-11	0.57E-11	0.31E-10	0.63E-10	0.63E-10
283	3	-8.20	99.70	0.00E+00	0.38E-10	0.19E-10	0.19E-10	0.00E+00	0.38E-10	0.00E+00	0.00E+00
283	3	-8.25	99.70	0.00E+00	0.38E-10	0.19E-10	0.00E+00	0.19E-10	0.30E+00	0.00E+00	0.00E+00
283	4	-8.00	99.50	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.28E-11	0.00E+00	0.28E-11	0.57E-11	0.57E-11
283	4	-8.00	99.55	0.31E-10	0.11E-10	0.20E-10	0.17E-10	0.14E-10	0.17E-10	0.20E-10	0.20E-10
283	4	-8.05	99.55	0.65E-10	0.48E-10	0.40E-10	0.43E-10	0.34E-10	0.37E-10	0.51E-10	0.51E-10
283	4	-8.10	99.55	0.00E+00	0.57E-11	0.00E+00	0.78E-11	0.00E+00	0.57E-11	0.78E-11	0.78E-11
283	4	-8.05	99.60	0.45E-10	0.26E-10	0.20E-10	0.17E-10	0.11E-10	0.40E-10	0.83E-11	0.83E-11
283	4	-8.10	99.60	0.75E-10	0.40E-10	0.20E-10	0.72E-10	0.82E-10	0.11E-09	0.37E-10	0.37E-10
283	4	-8.15	99.60	0.00E+00	0.22E-10	0.00E+00	0.00E+00	0.19E-10	0.28E-11	0.19E-10	0.19E-10
283	4	-8.10	99.65	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.28E-11	0.19E-10	0.00E+00	0.00E+00
283	4	-8.15	99.65	0.00E+00	0.22E-10	0.22E-10	0.00E+00	0.00E+00	0.76E-10	0.00E+00	0.00E+00
283	4	-8.20	99.65	0.00E+00	0.38E-10	0.19E-10	0.19E-10	0.00E+00	0.19E-10	0.57E-11	0.57E-11
283	4	-8.20	99.70	0.19E-10	0.76E-10	0.76E-10	0.00E+00	0.00E+00	0.30E+00	0.00E+00	0.00E+00
283	4	-8.25	99.70	0.19E-10	0.38E-10	0.38E-10	0.00E+00	0.00E+00	0.19E-10	0.00E+00	0.00E+00

ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของสารมลพิษ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

ลำดับ	อำเภอ	SO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>	NO <sub>x</sub>
1	อำเภอเมืองลำปาง	0.0053	0.000064	0.0081
2	อำเภอแม่เมาะ	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
	<b>เฉลี่ย</b>	<b>0.00314</b>	<b>0.000036</b>	<b>0.008584</b>



### 3.4 การหาผลกระทบต่อสุขภาพ (Health Impact)

การหาผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากปริมาณสารมลพิษที่เพิ่มขึ้นในบรรยากาศ ในพื้นที่ศึกษา ซึ่งส่งผลให้เกิด อัตราการตาย หรือ อัตราการเจ็บป่วยที่เพิ่มขึ้น โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารมลพิษที่เปลี่ยนแปลงในบรรยากาศกับผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดขึ้น (Exposure Response Function) ที่ได้รวบรวมจากผลงานวิจัยทางระบาดวิทยา ทั้งจากงานวิจัยในประเทศเพื่อให้ได้ค่า Exposure Response Function ที่เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษา และงานวิจัยต่างประเทศ มาประยุกต์ใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ การหาผลกระทบต่อสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงของมลพิษในบรรยากาศ สามารถหาได้จากสมการ

$$D_{jk} = f_{er} \times \Delta P_j \times POP$$

เมื่อ

$D_{jk}$	หมายถึง	จำนวนผู้ที่ได้รับผลกระทบ k จากการได้รับมลพิษ j (case/year)
$f_{er}$	หมายถึง	exposure response coefficient จากมลพิษ j (case per person per year/ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
$\Delta P_j$	หมายถึง	ปริมาณเฉลี่ยของสารมลพิษ j ที่เพิ่มขึ้นในบรรยากาศ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
POP	หมายถึง	จำนวนประชากรที่ได้รับมลพิษทางอากาศ (person)

ในบางงานวิจัยทางระบาดวิทยา แสดงผลวิจัยในหน่วยของ เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของอัตราการป่วยต่อคนต่อการเพิ่มขึ้นของสารมลพิษ ดังนั้น สามารถหาจำนวนผู้ที่ได้รับผลกระทบได้ดังสมการ

$$D_{jk} = C_j \times \text{baseline rate } k \times \Delta P_j \times POP$$

เมื่อ

$D_{jk}$	หมายถึง	จำนวนผู้ที่ได้รับผลกระทบ k จากการได้รับมลพิษ j (case/year)
$C_j$	หมายถึง	เปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้นของอัตราการป่วยต่อคนต่อการเพิ่มขึ้นของสารมลพิษ j 1 $\mu\text{g}$ (percent change in number of case/ per person per $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Baseline rate หมายถึง อัตราการเกิดโรค  $k$  ในพื้นที่นั้น (case/year)

$\Delta P_j$  หมายถึง ปริมาณเฉลี่ยของสารมลพิษ  $j$  ที่เพิ่มขึ้นในบรรยากาศ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

POP หมายถึง จำนวนประชากรที่ได้รับมลพิษทางอากาศ (person)

จากการเก็บข้อมูลสถิติการเข้ารับรักษาพยาบาล ของผู้ป่วยในตามกลุ่มสาเหตุการเกิดโรคระบบหายใจ และโรคหัวใจและการไหลเวียนเลือด จากสถานบริการสาธารณสุข ของกระทรวงสาธารณสุขจังหวัดลำปาง ในปี 2553 สามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 3.13 จำนวนผู้ป่วยในจากโรคระบบทางเดินหายใจและโรคหัวใจและการไหลเวียนเลือด จ.ลำปาง ปี 2553

กลุ่มสาเหตุ	จำนวนผู้ป่วยใน (คน)
โรคระบบทางเดินหายใจ	11,026

ที่มา : สถานบริการสาธารณสุข ของกระทรวงสาธารณสุขจังหวัดลำปาง

หา baseline rate ของการเกิดโรคระบบหายใจได้จาก

$$\text{baseline rate} = \frac{\text{จำนวนผู้ป่วย}}{\text{จำนวนประชากร}}$$

จากข้อมูลจำนวนประชากร จังหวัดลำปาง ปี 2553 จะได้

$$\begin{aligned} \text{baseline rate} &= \frac{11026}{761949} \\ &= 0.014 \end{aligned}$$

อัตราการตาย ได้ทำการรวบรวมข้อมูลอัตราการตาย ตามสาเหตุการตาย ดังนี้

Respiratory Mortality, Cardiovascular Mortality, Ischemic Heart Disease. Stroke,

Conduction Disorder, Chronic Obstructive Pulmonary Disease, Asthma, Senility แต่ไม่รวมอัตราการตายที่เกิดจากอุบัติเหตุและฆาตกรรม (Homicides) (Nuntawan Vichit-Vadakarn, Nitaya Vajanapoom และ Bart Ostro : The Public Health and Air Pollution in Asia (PAPA) Project : Estimating Mortality Effects of Particulate Matter in Bangkok, Thailand : Environmental Health Perspectives Volume 116 number 9 ,2008) โดยทำการเก็บข้อมูลสถิติอัตราการตายจำแนกจากสถานบริการสาธารณสุข ของกระทรวงสาธารณสุขจังหวัดลำปาง ในปี 2553 ที่ใช้หลักบัญชีจำแนกทางสถิติระหว่างประเทศของโรคและปัญหาสุขภาพที่เกี่ยวข้อง ( International Statistical Classification of Disease and related Health problems 10<sup>th</sup> Revision) (ICD-10) โดยองค์การอนามัยโลก

ตารางที่ 3.14 แสดงจำนวนประชากรที่เสียชีวิตจากการตายธรรมชาติ จ.ลำปาง ปี 2553

สาเหตุ	ชาย	หญิง	รวม
โรคหัวใจ	157	130	287
ปอดอักเสบและโรคอื่นๆของปอด	141	70	211
อื่นๆ	1,981	1,806	3,787
รวม	2279	2006	4285

ที่มา : สถานบริการสาธารณสุข ของกระทรวงสาธารณสุขจังหวัดลำปาง

หา baseline rate ของอัตราการตายได้จาก

$$baseline\ rate = \frac{\text{จำนวนการตาย}}{\text{จำนวนประชากร}}$$

จากข้อมูลจำนวนประชากร จังหวัดลำปาง ปี 2553 จะได้

$$baseline\ rate = \frac{4285}{761949}$$

$$= 5.62 \times 10^{-3}$$

ตารางที่ 3.15 แสดง Exposure Response Function ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ สรุปได้ดังนี้

ผลกระทบทางสุขภาพ	Exposure Response Function			หน่วย	ที่มา
	ต่ำ	กลาง	สูง		
ตายนก่อนวัยอันควร (Pre Mortality)					
PM <sub>10</sub>	N/A	2.4E-06	N/A	Case/(person-year- $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Vichit-Vadakarn et. al,2004
SO <sub>2</sub>	N/A	0.04	N/A	% change in number of case per person per $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aunan, Xiao-Chuan Pan,2004
พักรักษาตัวในโรงพยาบาลเนื่องจากโรคทางเดินหายใจ (Respiratory Hospital Admission)					
PM <sub>10</sub>	N/A	0.12	N/A	% change in number of case per person per $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aunan, Xiao-Chuan Pan,2004
SO <sub>2</sub>	N/A	0.15	N/A	% change in number of case per person per $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aunan, Xiao-Chuan Pan,2004
มีอาการผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ (Respiratory Symptoms)	0.08	0.168	0.256	Case/(person-year- $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Khatun,1997
มีอาการผิดปกติของระบบทางเดินอากาศหายใจฉับพลัน (Days with acute respiratory symptoms)	0.22	0.3	0.74	Case/(person-year- $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Chestnut et al.
สูญเสียวันทำงาน (Restricted Activity Days)	0.029	0.058	0.078	Case/(person-year- $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Khatun,1997

ผลกระทบทางสุขภาพ	Exposure Response Function			หน่วย	ที่มา
	ต่ำ	กลาง	สูง		
หอบหืด (Asthma Attack)	0.033	0.058	0.196	Case/(person-year- $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Khatun, 1997
หลอดลมอักเสบเรื้อรัง (Chronic Bronchitis)	3E-05	6.12E-05	9.3E-05	Case/(person-year- $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Khatun, 1997
เข้ารับบริการที่ห้องฉุกเฉิน (Emergency Room Visit)	1.16E-04	2.37E-04	3.54E-04	Case/(person-year- $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Khatun, 1997
พักรักษาตัวในโรงพยาบาลเนื่องจากโรคเกี่ยวกับหัวใจ (Cardiac Hospital Admission)	2.8E-06	5.06E-06	7.2E-06	Case/(person-year- $\mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$ )	Chestnut et al.

### 3.5 การประเมินมูลค่าผลกระทบทางสุขภาพเป็นตัวเงิน

ในการประเมินผลกระทบทางสุขภาพให้เป็นตัวเงินนั้น จะแบ่งเป็นสองส่วนหลักๆ คือ ผลกระทบเนื่องจากการเสียชีวิต และ ผลกระทบเนื่องจากการเจ็บป่วย ดังนั้นจะต้องรู้มูลค่าของผลกระทบแต่ละหน่วย เช่น มูลค่าของชีวิต มูลค่าของการเจ็บป่วย ซึ่งมีทั้ง อัตราค่ารักษาพยาบาลของโรคต่างๆ ค่าสูญเสียโอกาสในการทำงาน เพื่อที่จะสามารถประเมินค่าให้เป็นตัวเงินได้

เมื่อ

Impact cost<sub>i</sub> คือ ผลกระทบเป็นตัวเงินเนื่องจากผลกระทบทางสุขภาพ i

$D_i$  คือ จำนวนผู้ได้รับผลกระทบทางสุขภาพ i

Damage cost<sub>i</sub> คือ มูลค่าต่อหน่วยของผลกระทบจากผลกระทบ i

#### 3.5.1 การประเมินมูลค่าชีวิตเชิงสถิติ (VSL)

เนื่องจากยังไม่มีงานวิจัยในการประเมินมูลค่าชีวิตของคนในจังหวัดลำปางจากผลกระทบทางมลภาวะทางอากาศ ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงได้นำผลจากการวิจัยการหามูลค่าชีวิตเชิงสถิติของคนกรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นการหามูลค่าชีวิตของคนกรุงเทพมหานคร จากแนวคิดความเต็มใจที่จะจ่าย (Willing to Pay) เพื่อที่จะลดอัตราเสี่ยงในการตาย จากมลภาวะทางอากาศ ด้วยการทำแบบสอบถาม 680 ฉบับ ของคนกรุงเทพมหานคร ใน 20 เขต มาประยุกต์ใช้กับงานวิจัย จากผลการวิจัยพบว่า มูลค่าชีวิตเชิงสถิติของคนกรุงเทพมหานครอยู่ในช่วง 0.74 – 1.32 ล้านดอลลาร์สหรัฐอเมริกา (Suchitra Vassanadumrongdee และ Matsuoka, 2005) งานวิจัยนี้ใช้สมมติฐานที่ว่าค่าชีวิตของคนในกรุงเทพมหานครเท่ากับคนในจังหวัดลำปาง

Risk reduction	Air pollution ( $N = 524$ )	
	30/1,000,000	60/1,000,000
Median WTP (95% confidence interval)	26 (23–30)	38 (33–43)
Mean WTP (95% confidence interval)	48 (44–55)	62 (57–69)
VSL from median WTP, million	0.87 (0.77–1.00)	0.63 (0.55–0.72)
VSL from mean WTP, million	1.60 (1.47–1.83)	1.30 (0.95–1.15)
Income-adjusted median WTP (95% confidence interval)	22 (20–26)	32 (28–37)
Income-adjusted mean WTP (95% confidence interval)	41 (38–47)	53 (49–59)
Income-adjusted VSL from median WTP, million	0.73 (0.67–0.87)	0.54 (0.47–0.62)
Income-adjusted VSL from mean WTP, million	1.37 (1.27–1.57)	0.88 (0.82–0.98)

$$Damage\ cost\ B = Damage\ cost\ A \times \left( \frac{GDP\ B\ (PPP)}{GDP\ A\ (PPP)} \right)$$

เมื่อ

Damage cost A คือ ผลกระทบที่เป็นตัวเงินจาก ประเทศ A

Damage cost B คือ ผลกระทบที่เป็นตัวเงินจาก ประเทศ B

$GDP_A$  คือ ผลิตภัณฑ์มวลรวมประเทศ A ต่อจำนวนประชากร ที่มีการปรับ  
กำลังซื้อ (Gross Domestic Product per capita: power purchase parity)

$GDP_B$  คือ ผลิตภัณฑ์มวลรวมประเทศ B ต่อจำนวนประชากร ที่มีการปรับ  
กำลังซื้อ (Gross Domestic Product per capita: power purchase parity)

ตารางที่ 3.17 แสดงค่า GDP PPP ระหว่างประเทศไทยและสหรัฐอเมริกา

ประเทศไทย (US dollar)	ประเทศสหรัฐอเมริกา (US dollar)
4,683.80	27,826.60

ที่มา: International Monetary Fund -2011 World economic Outlook

ดังนั้น

$$Damage\ cost\ B = \frac{4683.80}{27826.60} Damage\ cost\ A$$

$$Damage\ cost\ B = 0.17\ Damage\ cost\ A$$



ตารางที่ 3.18 แสดงค่า Damage Cost จากผลวิจัย WTP เพื่อที่จะลดการเกิดโรคต่างๆ จากมลพิษทางอากาศ

ผลกระทบทางสุขภาพ	ค่าใช้จ่าย (1995 US Dollar)
พักรักษาตัวในโรงพยาบาลเนื่องจากโรคทางเดินหายใจ (Respiratory Hospital Admission)	14000
มีอาการผิดปกติของระบบทางเดินอากาศหายใจฉับพลัน (Days with acute respiratory symptoms)	12
มีอาการผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ (Respiratory Symptoms)	9.4
สูญเสียวันทำงาน (Restricted Activity Days)	62
หอบหืด (Asthma Attack)	37
หลอดลมอักเสบเรื้อรัง (Chronic Bronchitis)	220000
เข้ารับบริการที่ห้องฉุกเฉิน (Emergency Room Visit)	520
พักรักษาตัวในโรงพยาบาลเนื่องจากโรคเกี่ยวกับหัวใจ (Cardiac Hospital Admission)	15000

ที่มา : Ostro and Chestnut (1998)

ตารางที่ 3.19 แสดงค่า Damage cost โดยวิธี benefit transfer และปรับค่าใช้กับประเทศไทย

ผลกระทบทางสุขภาพ	ค่าใช้จ่าย (1995 US Dollar)
พักรักษาตัวในโรงพยาบาลเนื่องจากโรคทางเดินหายใจ (Respiratory Hospital Admission)	2380
มีอาการผิดปกติของระบบทางเดินอากาศหายใจฉับพลัน (Days with acute respiratory symptoms)	2.04
มีอาการผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ	1.6

(Respiratory Symptoms)	
สูญเสียวันทำงาน (Restricted Activity Days)	10.54
หอบหืด (Asthma Attack)	6.29
หลอดลมอักเสบเรื้อรัง (Chronic Bronchitis)	37400
เข้ารับบริการที่ห้องฉุกเฉิน (Emergency Room Visit)	88.4
พักรักษาตัวในโรงพยาบาลเนื่องจากโรคเกี่ยวกับหัวใจ (Cardiac Hospital Admission)	2550

ตารางที่ 3.20 แสดงอัตราเงินเฟ้อของประเทศไทย ตั้งแต่ปี 1995-2010

อัตราเงินเฟ้อของประเทศไทย	
ปี	ร้อยละ
1995	5.818
1996	5.805
1997	5.626
1998	7.995
1999	0.285
2000	1.592
2001	1.627
2002	0.697
2003	1.804
2004	2.759
2005	4.54
2006	4.637
2007	2.242
2008	5.468
2009	-0.846
2010	3.272

ที่มา: indexmundi, 2010: ออนไลน์

ตารางที่ 3.21 แสดงมูลค่าผลกระทบต่อหน่วยของแต่ละผลกระทบทางสุขภาพ เมื่อปรับค่าเงินเป็น  
ปี 2553

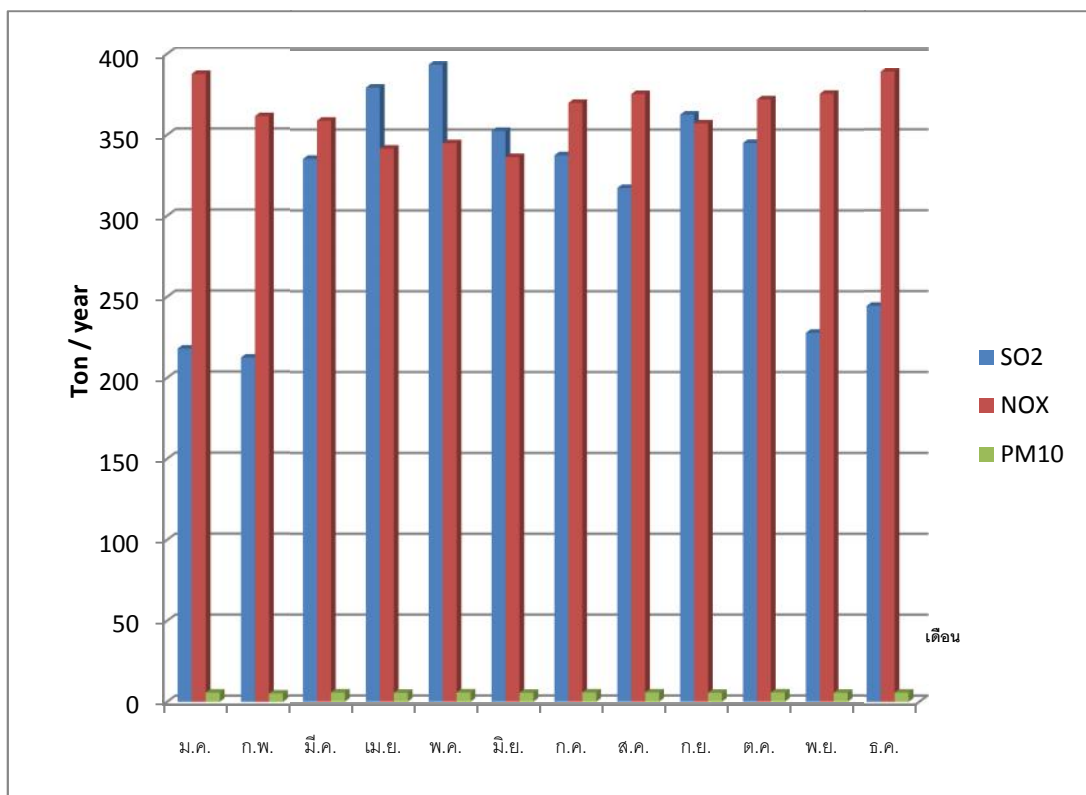
ผลกระทบทางสุขภาพ	ค่าใช้จ่าย (2010 US dollar)
ตายก่อนกำหนด (Pre-mortality)	0.92-1.64 ล้าน
พักรักษาตัวในโรงพยาบาลเนื่องจากโรคทางเดินหายใจ (Respiratory Hospital Admission)	3,784
มีอาการผิดปกติของระบบทางเดินอากาศหายใจฉับพลัน (Days with acute respiratory symptoms)	3.24
มีอาการผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ (Respiratory Symptoms)	2.54
สูญเสียวันทำงาน (Restricted Activity Days)	16.76
หอบหืด (Asthma Attack)	10
หลอดลมอักเสบเรื้อรัง (Chronic Bronchitis)	59,466
เข้ารับบริการที่ห้องฉุกเฉิน (Emergency Room Visit)	140.55
พักรักษาตัวในโรงพยาบาลเนื่องจากโรคเกี่ยวกับหัวใจ (Cardiac Hospital Admission)	4,054.5

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

#### 4.1 ผลกระทบต่อคุณภาพอากาศ

จากผลการศึกษา ปริมาณสารมลพิษที่เพิ่มขึ้นในอากาศ จากการปล่อยก๊าซเสียจากโรงไฟฟ้า โดยใช้โปรแกรม HYSPLIT จำลองการเคลื่อนที่และปริมาณสารที่เพิ่มขึ้นในบรรยากาศ พบว่า ปริมาณสารมลพิษที่เพิ่มขึ้นในอากาศ จะมีค่าเฉลี่ยรายปีสูงที่สุดใน อ.แม่เมาะ ซึ่งเป็นที่ตั้งของ โรงไฟฟ้า และจะค่อยๆ ลดลงไปเมื่อระยะทางห่างจากแหล่งกำเนิด ซึ่งค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของแต่ละสารมลพิษจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกัน เนื่องจากทิศทางลม และสภาพอากาศ ณ เวลา ต่างๆ ที่เป็นฐานข้อมูลของด้านสภาพอากาศของโปรแกรม HYSPLIT ซึ่งค่าปริมาณสารมลพิษที่ เพิ่มขึ้นในบรรยากาศในแต่ละอำเภอ แสดงดังตารางที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 แสดงปริมาณสารมลพิษที่ปล่อยจากโรงไฟฟ้าถ่านหิน ในปี 2553

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าปริมาณสารมลพิษเฉลี่ยรายปีที่เพิ่มขึ้นในแต่ละอำเภอ

ลำดับ	อำเภอ	ปริมาณสารมลพิษเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นรายปี ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
		SO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>	NO <sub>x</sub>
1	อำเภอเมืองลำปาง	0.0053	0.000064	0.0081
2	อำเภอแม่เมาะ	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
	<b>รวม</b>	<b>0.00314</b>	<b>0.000036</b>	<b>0.008584</b>

#### 4.2 ผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษทางอากาศ

การที่คุณภาพอากาศเปลี่ยนแปลงไป ย่อมส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ จากงานวิจัยทางระบาดวิทยาต่างๆ ที่ได้รวบรวมมา ซึ่งในงานวิจัยนี้คิดเฉพาะผลกระทบทางสุขภาพที่เกิดจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และ ฝุ่นขนาดเล็ก (PM<sub>10</sub>) เนื่องจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของไนโตรเจนนั้น ยังไม่มีผลการวิจัยที่ชี้ชัดเจนว่าส่งผลกระทบต่อสุขภาพอย่างไร จึงไม่ได้นำมาคิดเป็นผลกระทบต่อสุขภาพ

จากผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มขึ้นของมลพิษในอากาศเนื่องจากการผลิตไฟฟ้าทั้งจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และ ฝุ่นขนาดเล็ก (PM<sub>10</sub>) อาจทำให้เกิดอัตราการตายก่อนกำหนดเป็นจำนวน 0.005756 คน จำนวนครั้งที่ต้องเข้าพักรักษาตัวในโรงพยาบาลเนื่องจากโรคทางเดิน

หายใจเป็นจำนวน 0.0605 ครั้ง จำนวนครั้งที่มีอาการผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ เป็นจำนวน 5.62 ครั้ง จำนวนครั้งที่มีอาการผิดปกติของระบบทางเดินหายใจฉบับพลัน เป็นจำนวน 10.03 ครั้ง จำนวนวันที่ต้องสูญเสียวันทำงาน เป็นจำนวน 1.94 วัน จำนวนครั้งที่มีอาการหอบหืด เป็นจำนวน 1.94 ครั้ง จำนวนครั้งที่มีอาการหลอดลมอักเสบเรื้อรัง เป็นจำนวน 0.002 ครั้ง จำนวนครั้งที่เข้ารับบริการที่ห้องฉุกเฉิน เป็นจำนวน 0.007 ครั้ง และจำนวนครั้งที่เข้าพักรักษาตัวในโรงพยาบาลเนื่องจากโรคเกี่ยวกับหัวใจ เป็นจำนวน 0.00017 ครั้ง รายละเอียดผลกระทบสุขภาพบรรยายตามภาพแสดงในภาคผนวก

ตารางที่ 4.2 แสดงอัตราการเกิดผลกระทบสุขภาพ

ลำดับ	ผลกระทบสุขภาพ	จำนวน
1	ตายก่อนกำหนด (Pre-mortality)	0.005756 คน
2	พักรักษาตัวในโรงพยาบาลเนื่องจากโรคทางเดินหายใจ (Respiratory Hospital Admission)	0.0605 ครั้ง
3	มีอาการผิดปกติของระบบทางเดินอากาศหายใจฉบับพลัน (Days with acute respiratory symptoms)	5.62 ครั้ง
4	มีอาการผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ (Respiratory Symptoms)	10.03 ครั้ง
5	สูญเสียวันทำงาน (Restricted Activity Days)	1.94 วัน
6	หอบหืด (Asthma Attack)	1.94 ครั้ง
7	หลอดลมอักเสบเรื้อรัง (Chronic Bronchitis)	0.002 ครั้ง
8	เข้ารับบริการที่ห้องฉุกเฉิน (Emergency Room Visit)	0.007 ครั้ง
9	พักรักษาตัวในโรงพยาบาลเนื่องจากโรคเกี่ยวกับหัวใจ (Cardiac Hospital Admission)	0.00017 ครั้ง

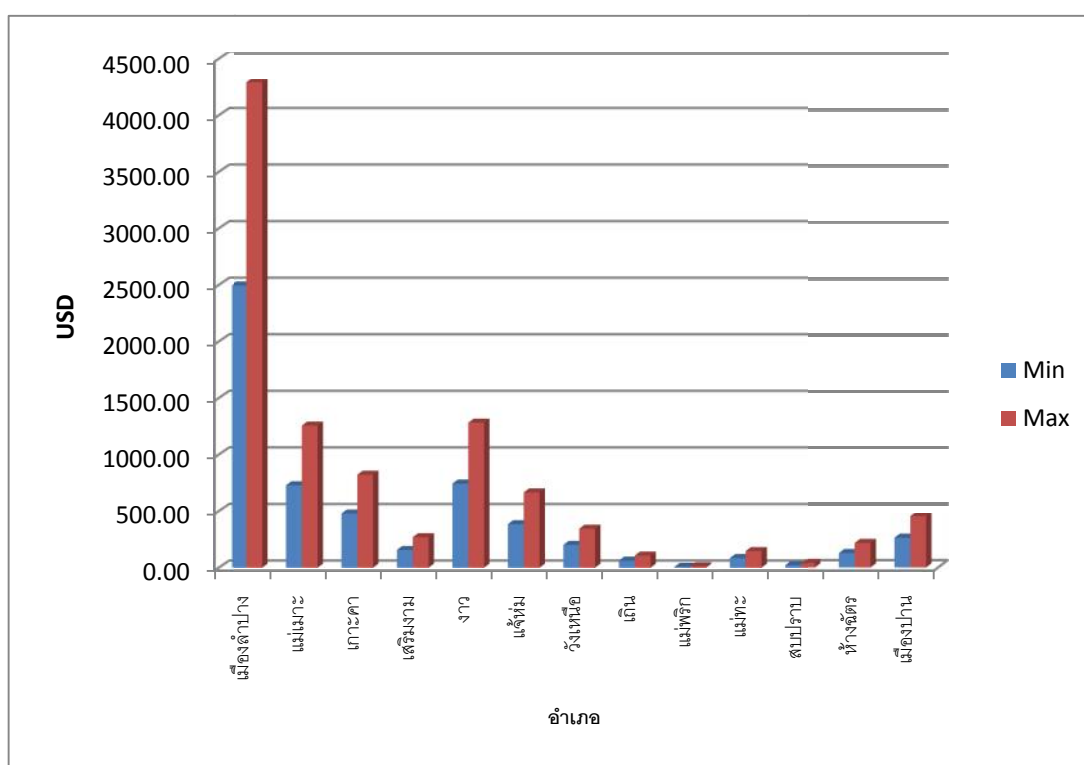
#### 4.3 การประเมินมูลค่าต้นทุนสังคม

การประเมินมูลค่าสังคมของโรงไฟฟ้า จากผลกระทบทางสุขภาพทั้งหมด สามารถแบ่งการประเมินเป็นสองส่วน คือ มูลค่าเนื่องจากการเสียชีวิต และมูลค่าจากการเจ็บป่วย ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า จากการเพิ่มปริมาณของสารมลพิษในอากาศนั้น ก่อให้เกิดอัตราการตายก่อนกำหนดเป็นจำนวน 0.005676 คน และจากค่า VSL เท่ากับ 0.92-1.64 ล้านดอลลาร์สหรัฐอเมริกา ทำให้สามารถประเมินเป็นต้นทุนสังคมได้ ได้ 5,295.48–9,439.76 ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา หรือเท่ากับ 169,455.36 –302,072.32 บาท และจากประเมินมูลค่าผลกระทบทางสุขภาพอื่นๆ นั้น ใช้แนวทาง Benefit Transfer แล้วมาปรับค่าให้มีความเหมาะสมกับพื้นที่ศึกษา และอัตราค่าเงินในปี 2553 พบว่า มูลค่าผลกระทบทางสุขภาพสามารถประเมินได้เป็นจำนวนเงิน 451.09 ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา หรือเท่ากับ 14,434.88 บาท ดังนั้นต้นทุนสังคมโรงไฟฟ้าที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าในปี 2553 ทั้งหมดจึงเท่ากับ 5,746.56 – 9,890.85 ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา หรือเท่ากับ 183,889.92 – 316,507.20 บาท

ตารางที่ 4.3 ต้นทุนสังคมที่เกิดจากโรงไฟฟ้าถ่านหิน ในพื้นที่ จ.ลำปาง พ.ศ. 2553

ลำดับ	อำเภอ	ต้นทุนสังคมที่เกิดขึ้น (US dollar)
1	อำเภอเมืองลำปาง	2,494.44 – 4291.24
2	อำเภอแม่เงา	728.32 – 1255.55
3	อำเภอเกาะคา	478.74 – 821.52
4	อำเภอเสริมงาม	156.99 – 269.62
5	อำเภองาว	743.59 – 1,281.76
6	อำเภอแจ้ห่ม	386.12 – 665.68
7	อำเภอลำดวน	201.35 – 344.62
8	อำเภอเถิน	62.32 – 106.93
9	อำเภอแม่พริก	6.88 – 11.79
10	อำเภอแม่ทะ	84.93 – 146.81

ลำดับ	อำเภอ	ต้นทุนสังคมที่เกิดขึ้น (US dollar)
11	อำเภอสบปราบ	22.42 – 38.68
12	อำเภอห้างฉัตร	123.88 – 212.05
13	อำเภอเมืองปาน	257.59 – 444.70
	<b>รวม</b>	<b>5,746.56 – 9,890.85</b>



ภาพที่ 4.2 แสดงมูลค่าต้นทุนสังคมในแต่ละอำเภอ จ.ลำปาง

จากภาพที่ 4.2 พบว่า อ.เมืองลำปางเป็นพื้นที่ที่เกิดต้นทุนสังคมสูงที่สุด ถึงแม้ อ.เมืองลำปาง จะไม่ได้เป็นอำเภอที่ได้รับมลพิษทางอากาศสูงที่สุด แต่เนื่องจาก อ.เมืองลำปาง มีจำนวนประชากร สูงที่สุดใน จ.ลำปาง จึงทำให้ อ.เมืองลำปาง เป็นอำเภอที่มีจำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบทางสุขภาพจากมลพิษทางอากาศสูงที่สุด ซึ่งทำให้ให้เกิดต้นทุนสังคมสูงขึ้นตามด้วย ดังนั้นสามารถกล่าวได้ว่าการเลือกสถานที่ตั้งของโรงไฟฟ้าจะต้องคำนึงถึงจำนวนประชากรที่อยู่ใกล้โรงไฟฟ้าเพื่อเป็นการลดต้นทุนสังคมให้มากที่สุด



ตารางที่ 4.4 แสดงค่าปริมาณการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าถ่านหิน ในปี 2553

โรง ที่	ปริมาณการผลิตไฟฟ้า (เมกะวัตต์-ชั่วโมง) ปี 2553											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
4,5	213725	193953	198690	196574	200260	51828	33356	214680	190275	203193	193528	214061
6,7	194191	185378	211188	170449	212684	192172	201660	95366	152709	211620	205486	212549
8	209887	181177	193729	187173	213594	184996	158963	212268	207159	172403	126313	101054
9	181503	177553	182525	207943	192110	183183	217569	176250	205158	218637	209119	193684
10	192002	197196	219273	211578	216797	189053	218344	210883	188197	217950	211224	193271
11	214020	197262	208586	210286	216519	212376	205070	194887	195643	218732	210959	198050
12	100732	194663	135157	226890	215927	211547	217319	211828	206532	217139	187003	215470
13	212565	15346	215911	245414	191996	211288	188900	210565	20271	50657	184498	216834
รวม	1518625	1147865	1565059	1656307	1659797	1436443	1441181	1526697	1365944	151031	1528130	1544973

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าต้นทุนสังคมต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้า

ปริมาณการผลิตไฟฟ้าปี 2553 (MWh)	ต้นทุนสังคม ที่เกิดขึ้น (US dollar)	ต้นทุนสังคมต่อหน่วย การผลิตไฟฟ้า (US cent/MWh)	ต้นทุนสังคมต่อหน่วย การผลิตไฟฟ้า (Baht/KWh)
16,5420,052	5,746.56 – 9,890.85	0.00347-0.00598	0.0000011-0.0000019

อัตราค่าเงินบาท ปี 2553 ที่ 1 US dollar เท่ากับ 32 บาท

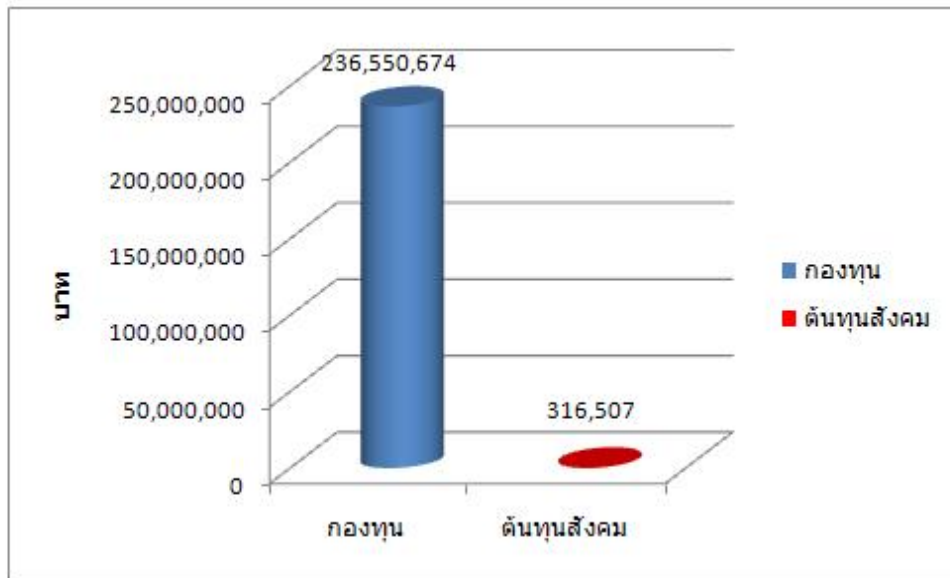
ต้นทุนสังคมของโรงไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการผลิตไฟฟ้าในปี 2553 พบว่า เกิดต้นทุนสังคมเท่ากับ 5,746.56 – 9,890.85 ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา หรือเท่ากับ 183,889.92 – 316,507.2 บาท และจากปริมาณการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าถ่านหิน ปี 2553 ผลิตได้ทั้งหมด 16,5420,052 เมกกะวัตต์ชั่วโมง (MWh) ดังนั้นต้นทุนสังคมที่เกิดขึ้นต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้า จะเท่ากับ 0.00011 - 0.00019 สตางค์ ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง

เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนสังคม ระหว่างมูลค่าผลกระทบสุขภาพจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และฝุ่น PM<sub>10</sub> พบว่า :

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบต้นทุนสังคมระหว่างก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และฝุ่น PM<sub>10</sub>

สารมลพิษ	ปริมาณการปล่อยต่อปี (ตัน)	ต้นทุนสังคม (US dollar)
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	3730.345	5,448.54 – 9,535.06
ฝุ่น PM <sub>10</sub>	66.8388	298.03 – 355.80

และจาก ปริมาณการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และฝุ่น PM<sub>10</sub> จะได้ว่า อัตราการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สู่บรรยากาศ ก่อให้เกิดต้นทุนสังคม 46.74 – 81.79 บาท/ตัน และอัตราการปล่อยฝุ่น PM<sub>10</sub> ก่อให้เกิดต้นทุนสังคม 142.69 – 170.34 บาท/ตัน จะเห็นได้ว่า ในปริมาณการปล่อยมลพิษที่เท่ากัน ฝุ่น PM<sub>10</sub> นั้นก่อให้เกิดต้นทุนทางสังคมสูงกว่า ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์



## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาพบว่าแนวทาง IPA เป็นวิธีหนึ่งที่เหมาะสมในการประเมินต้นทุนสังคมด้านผลกระทบสุขภาพที่เกิดจากโรงไฟฟ้า เนื่องจากการนำปัจจัยต่างๆที่สัมพันธ์กับผลกระทบมาวิเคราะห์อย่างครอบคลุมทุกด้านและเป็นระบบ และผลจากการวิเคราะห์พบว่า ปริมาณสารมลพิษจากการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าถ่านหินที่ปล่อยออกสู่อากาศ ก่อให้เกิดต้นทุนสังคม คิดเป็นเงิน 0.00011 - 0.00019 สตางค์ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง (kWh) หรือเท่ากับ 183,889.92 ถึง 316,507.20 บาทต่อปี ซึ่งจะเห็นได้ว่าต้นทุนทางสังคมมีมูลค่าน้อยมาก เนื่องจากขอบเขตการศึกษาเจาะจงเฉพาะผลกระทบที่มีต่อประชาชนในจังหวัดลำปางเท่านั้น อีกทั้งปัจจุบันโรงไฟฟ้าได้ใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพมาช่วยลดมลภาวะที่เกิดขึ้นจากการผลิตไฟฟ้าด้วยถ่านหิน ส่วนการเปรียบเทียบกับกรจ่ายเงินเข้ากองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้าในอัตรา 0.0174 บาทต่อ kWh จะเห็นว่าการศึกษาด้านต้นทุนสังคมที่เกิดจากผลกระทบด้านสุขภาพ เป็นแค่แนะแนวทางในการประเมินค่าใช้จ่ายในกองทุน ซึ่งยังมีปัจจัยอื่นๆอีกมากที่ต้องคำนึงถึง

#### 5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษาต้นทุนสังคมของโรงไฟฟ้าถ่านหิน คิดเป็นเงิน 0.00011 - 0.00019 สตางค์ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมงนั้น พบว่า ค่าที่ได้ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา แต่อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากงานวิจัยนี้กำหนดขอบเขตศึกษา เฉพาะ จ.ลำปาง เพื่อเป็นแนวคิดในการเปรียบเทียบกับการจัดเก็บเงินเข้ากองทุนพัฒนาในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า จึงทำให้ค่าที่ได้ต่ำกว่าจากการคิดมูลค่าผลกระทบของทั้งประเทศ และจากผลการศึกษาเห็นว่า ที่ตั้งของโรงไฟฟ้านั้น มีผลต่อต้นทุนสังคม ถ้าโรงไฟฟ้านั้นตั้งห่างจากแหล่งชุมชนก็จะทำให้มีต้นทุนสังคมที่ต่ำ แต่ถ้าวางโรงไฟฟ้าตั้งใกล้แหล่งชุมชนก็จะทำให้มีต้นทุนสังคมสูง ถึงแม้จะปล่อยสารมลพิษเพียงเล็กน้อยก็ตาม

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

1. งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพียงพื้นที่ใน จ.ลำปางเท่านั้น ดังนั้นเพื่อให้ได้ต้นทุนสังคมที่มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ควรศึกษาผลกระทบทั้งจากคน สัตว์ และพืช ในภาพกว้างทั้งประเทศเนื่องจากสารมลพิษนั้นสามารถเคลื่อนที่เป็นระยะทางได้ไกลเนื่องจากการพัดพาของกระแสลม
2. เนื่องจากงานวิจัยนี้ ได้มีการใช้การศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพ ข้อมูลทางด้านตัวเงินที่เป็นงานวิจัยในกลุ่มคนชาวต่างชาติ ดังนั้นถ้าหากมีการนำข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยที่มีการศึกษาในประเทศไทย อาจทำให้ได้การประเมินต้นทุนสังคมมีความแม่นยำยิ่งขึ้น เพราะมีตัวแปรต่างๆที่คล้ายคลึงกัน เช่น พันธุกรรม สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ เป็นต้น
3. งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพ เนื่องจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซออกไซด์ ไนโตรเจน และฝุ่นขนาดเล็ก ดังนั้น ควรมีการนำผลกระทบทางสุขภาพของมลพิษอื่นๆ ที่ปล่อยจากโรงไฟฟ้า มาคิดรวมด้วย เพื่อให้ครอบคลุมต้นทุนที่เกิดจากโรงไฟฟ้ามากยิ่งขึ้น

## รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. รายงานความรับผิดชอบต่อสังคม., 2552

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. รายงานการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมโรงไฟฟ้าแม่เมาะ., 2544.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. รายงานสรุปผลงานประจำปี 2553 กองปฏิบัติการระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โรงไฟฟ้าแม่เมาะ., 2553.

ฉัตรไชย รัตนไชย. การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

ชัชวาลย์ จันทรวิจิตร, อะเดื้อ อุณหเลขกะ, และยุววงศ์ จันทรวิจิตร. ระบบเฝ้าระวังผลกระทบทางสุขภาพของประชาชนในพื้นที่บริเวณโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง., 2552.

ธารา บัวคำศรี. ต้นทุนจริงของถ่านหิน. กรีนพีซเอเชียตะวันออกเฉียงใต้, 2550.

ธัญญวิทย์ อูยางกูร. การประเมินต้นทุนด้านสุขภาพ กรณีศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของโครงการทางด่วนขั้นที่ 4. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2537.

นันทวรรณ วิจิตรวาทการ และคณะ. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการประเมินอัตราการตายอัตราการป่วย และผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ อันเนื่องมาจากมลพิษทางอากาศในกรุงเทพมหานคร., 2547

วิทยาลัยการสาธารณสุขจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. รายงานฉบับสมบูรณ์ การศึกษาผลกระทบจากมลพิษทางอากาศต่อสุขภาพประชาชน อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง เล่มที่2., 2544.

ประพิมพ์ วรรณสม. ต้นทุนทางสังคมของการใช้สารเคมีอันตรายในการผลิตพืชผัก : ค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพของเกษตรกร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2543.

มนัสนันท์ เนียมศรี. การประเมินมูลค่าชีวิตจากการใช้สารเคมีทางการเกษตรของเกษตรกรผู้ปลูก  
ส้มโอ: กรณีศึกษา จังหวัดพิจิตร. วารสารวิทยาการจัดการและสารสนเทศศาสตร์  
มหาวิทยาลัยนเรศวร 7 (2554-2555): 51-65.

รัตนกอร์ กุลาดี. การเปรียบเทียบต้นทุนโรงไฟฟ้าพลังความร้อนที่ใช้ถ่านลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิงในเชิง  
เศรษฐศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, คณะเศรษฐศาสตร์  
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2538.

วนิดา กิจตะวงค์. การประเมินต้นทุนด้านสุขภาพที่เกิดจากมลพิษทางอากาศของโครงการก่อสร้าง  
ถนนเชื่อมโยงเขตเศรษฐกิจพิเศษชายแดน (เชียงใหม่-เชียงใหม่). วิทยานิพนธ์ปริญญา  
มหาบัณฑิต, คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2549.

วิวัฒนา สุวรรณแสงจันเจริญ. เศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมและสุขภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 1.  
กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.

สมชาย สุขสิริเสรีกุล. เศรษฐศาสตร์สุขภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย, 2551.

เสฏฐศิริ แสงสุวรรณ. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์รายวันในอากาศกับ  
การมารักษาด้วยอาการระบบหายใจเฉียบพลัน ณ รพ.แม่มาะ อ.แม่มาะ จ.ลำปาง.  
วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2550.

อดิษฐ์ อิศรางกูร ณ อยุธยาและคณะ. การศึกษาพัฒนาการวิเคราะห์ผลกระทบด้านเศรษฐศาสตร์  
สิ่งแวดล้อม. สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย, 2543.

อรรถพล กวยาสกุล. ต้นทุนสังคมจากการผลิตในอุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์ใน  
ประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์การจัดการ  
คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2550.

## ภาษาอังกฤษ

- Bui Duy Thanh and Thierry Lefevre. Assessing health impacts of air pollution from electricity generation: the case of Thailand, Environment Impact Assessing Review (2000) : 137-158.
- Dimitrios A. Georgakellos. External cost of air pollution from thermal power plants: case of Greece. International Journal of Energy Sector (2007) : 257-272
- Euston Qua and TayLiam Boon. The economic cost of particulate air pollution on health in Singapore, Journal of Asian Economics (2003) : 73-90.
- Haidong Kan and Bingheng Chen. Particulate air pollution in urban areas of Shanghai, China: health-based economic assessment. Science of the total Environment (2004) : 71-79.
- Hainoun, A, Almoustafa, A, and Seif Aldin, M. Estimating the health damage costs of Syrian electricity generation system using impact pathway approach. Elsevier Energy 35 (2009) : 628-638.
- Kristin Aunan and Xiao-Chuan Pan. Exposure-response functions for health effects of ambient air pollution applicable for China – a meta analysis. Science of the Total Environment (2004) : 3-16.
- Macias, P. and Isla, J. Damage costs produced by electric power plants: An externality valuation in the Mexico City Metropolitan Area. Science of the Total Environment (2010) : 4511-4523.
- Maja Bozicevic Vrchovcak, Zeljko Tomsic, and Nenad Debrecin. External costs of electricity production: case study Croatia. Energy Policy (2005) : 1385-1395.



Nuntawan Vichit-Vadakarn, Nitaya Vajanapoom, and Bart Ostro. The Public Health and Air Pollution in Asia (PAPA) Project: Estimating the Mortality Effects of Particulate Matter in Bangkok, Thailand. Environment Health Perspectives (2008) : 1179-1182.

ORNL/RFF-Oak Ridge National Laboratory and Resource for the Future Inc., External costs and benefits of fuel cycles. A study for US department of Energy and the Commission of the European Communities. Report No.1-8, 1994.

Peter Bickel and Rainer Friedrich. ExternE Externalities of Energy Methodology.,2005.

Roland R. Draxler and HESS, G.D.. Description of the Hysplit\_4 Modeling system. NOAA Technical memorandum ERL ARL-224. 2010.

Sang-Hoon Kim. Evaluation of negative environmental impacts of electricity generation: Neoclassical and institutional approaches. Energy Policy (2007) : 413-423.

Suchitra Vassanadumrongdee and Shunji Matsuoka. Risk Perceptions and Value of Statistical Life for Air Pollution and Traffic Accidents: Evidence from Bangkok, Thailand. The Journal of Risk and Uncertainty (2005) : 261-287.

Yu Wang. The analysis of the impacts of energy consumption on environment and public health in China. Elsevier Energy (2010) : 4473-4479.

ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก

ตาราง แสดงจำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบสุขภาพและต้นทุนสังคมที่เกิดขึ้นจากการตายก่อนกำหนด (Pre- mortality)

ลำดับ	อำเภอ	จำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบ (คน)			ต้นทุนสังคม (US Dollar)
		SO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>	รวม	
1	อำเภอเมืองลำปาง	0.002460	0.0000359	0.0024955	2295.9 – 4092.7
2	อำเภอแม่เมาะ	0.000723	0.0000092	0.0007323	673.68 – 1200.91
3	อำเภอเกาะคา	0.000468	0.0000079	0.0004761	438 – 780.78
4	อำเภอเสริมงาม	0.000154	0.0000025	0.0001564	143.92 – 256.554
5	อำเภองาว	0.000738	0.0000095	0.0007475	687.66 – 1225.83
6	อำเภอแจ้ห่ม	0.000385	0.0000041	0.0003895	358.68 – 638.83
7	อำเภอลำปาง	0.000195	0.0000037	0.0001990	183.06 – 326.332
8	อำเภอเถิน	0.000061	0.0000010	0.0000620	57.01 – 101.62
9	อำเภอแม่พริก	0.000007	0.0000001	0.0000068	6.28 – 11.19
10	อำเภอแม่ทะ	0.000085	0.0000009	0.0000859	79.07 – 140.95
11	อำเภอสบปราบ	0.000022	0.0000003	0.0000226	20.77 – 37.03
12	อำเภอห้างฉัตร	0.000120	0.0000023	0.0001225	112.66 – 200.83
13	อำเภอเมืองปาน	0.000257	0.0000029	0.0002599	239.1 – 426.21
	<b>รวม</b>	0.005676	0.0000802	0.0057560	5,295.48 – 9,439.76

## ภาคผนวก ข

ตารางแสดงจำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบสุขภาพและต้นทุนสังคมที่เกิดขึ้นจากการเข้าพักรักษาตัวในโรงพยาบาลเนื่องจากโรคทางเดินหายใจ

ลำดับ	อำเภอ	จำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบ (คน)			ต้นทุนสังคม (US Dollar)
		SO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>	รวม	
1	อำเภอเมืองลำปาง	2.598265	0.0251002	2.623365	9926.81
2	อำเภอแม่เมาะ	0.763797	0.0064425	0.77024	2914.59
3	อำเภอเกาะคา	0.494576	0.0055184	0.500094	1892.36
4	อำเภอเสริมงาม	0.162631	0.0017347	0.164366	621.96
5	อำเภองาว	0.779579	0.0066204	0.786199	2974.98
6	อำเภอแจ้ห่ม	0.407187	0.0028416	0.410029	1551.55
7	อำเภอวังเหนือ	0.206232	0.0026248	0.208857	790.31
8	อำเภอเถิน	0.064365	0.0007209	0.065086	246.29
9	อำเภอแม่พริก	0.007078	0.0000849	0.007163	27.10
10	อำเภอแม่ทะ	0.089855	0.0006162	0.090471	342.34
11	อำเภอสบปราบ	0.023569	0.0001885	0.023758	89.90
12	อำเภอห้างฉัตร	0.126927	0.0016077	0.128535	486.38
13	อำเภอเมืองปาน	0.271424	0.0020571	0.273481	1034.85
	<b>รวม</b>	5.995485	0.0561581	6.051643	22899.42

## ภาคผนวก ค

ตาราง แสดงจำนวนประชากรได้รับผลกระทบสุขภาพและต้นทุนสังคมที่เกิดขึ้นจากการมีอากาศ  
 ผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ (Respiratory Symptoms)

ลำดับ	อำเภอ	จำนวนประชากร ที่ได้รับผลกระทบ (คน)	ต้นทุนสังคม (US dollar)
		PM <sub>10</sub>	
1	อำเภอเมืองลำปาง	2.51	6.38
2	อำเภอแม่เมาะ	0.64	1.64
3	อำเภอเกาะคา	0.55	1.40
4	อำเภอเสริมงาม	0.17	0.44
5	อำเภองาว	0.66	1.68
6	อำเภอแจ้ห่ม	0.28	0.72
7	อำเภอลำปางหลวง	0.26	0.67
8	อำเภอเถิน	0.07	0.18
9	อำเภอแม่พริก	0.01	0.02
10	อำเภอแม่ทะ	0.06	0.16
11	อำเภอสบปราบ	0.02	0.05
12	อำเภอห้างฉัตร	0.16	0.41
13	อำเภอเมืองปาน	0.21	0.52
	<b>รวม</b>	5.62	14.26

## ภาคผนวก ง

ตาราง แสดงจำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบสุขภาพและต้นทุนสังคมที่เกิดขึ้นจากการมีอากาศ  
 ผิดปกติของระบบทางเดินหายใจเฉียบพลัน (Days with acute respiratory symptoms)

ลำดับ	อำเภอ	จำนวนประชากร ที่ได้รับผลกระทบ (คน)	ต้นทุนสังคม (US dollar)
		PM <sub>10</sub>	
1	อำเภอเมืองลำปาง	4.48	14.52
2	อำเภอแม่เมาะ	1.15	3.73
3	อำเภอเกาะคา	0.99	3.19
4	อำเภอเสริมงาม	0.31	1.00
5	อำเภองาว	1.18	3.83
6	อำเภอแจ้ห่ม	0.51	1.64
7	อำเภอลำปาง	0.47	1.52
8	อำเภอเถิน	0.13	0.42
9	อำเภอแม่พริก	0.02	0.05
10	อำเภอแม่ทะ	0.11	0.36
11	อำเภอสบปราบ	0.03	0.11
12	อำเภอห้างฉัตร	0.29	0.93
13	อำเภอเมืองปาน	0.37	1.19
	<b>รวม</b>	10.03	32.49

## ภาคผนวก จ

ตาราง แสดงจำนวนประชากรได้รับผลกระทบสุขภาพและต้นทุนสังคมที่เกิดขึ้นจากการสูญเสียวันทำงาน (Restricted Activity Days)

ลำดับ	อำเภอ	จำนวนประชากร ที่ได้รับผลกระทบ (คน)	ต้นทุนสังคม (US dollar)
		PM <sub>10</sub>	
1	อำเภอเมืองลำปาง	0.87	14.52
2	อำเภอแม่เมาะ	0.22	3.73
3	อำเภอเกาะคา	0.19	3.19
4	อำเภอเสริมงาม	0.06	1.00
5	อำเภองาว	0.23	3.83
6	อำเภอแจ้ห่ม	0.10	1.64
7	อำเภอลำดวน	0.09	1.52
8	อำเภอเถิน	0.02	0.42
9	อำเภอแม่พริก	0.00	0.05
10	อำเภอแม่ทะ	0.02	0.36
11	อำเภอสบปราบ	0.01	0.11
12	อำเภอห้างฉัตร	0.06	0.93
13	อำเภอเมืองปาน	0.07	1.19
	<b>รวม</b>	1.94	32.49

## ภาคผนวก ฉ

ตาราง แสดงจำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบสุขภาพและต้นทุนสังคมที่เกิดขึ้นจากมีอาการหอบหืด

(Asthma Attack)

ลำดับ	อำเภอ	จำนวนประชากร ที่ได้รับผลกระทบ (คน)	ต้นทุนสังคม (US dollar)
		PM <sub>10</sub>	
1	อำเภอเมืองลำปาง	0.87	8.67
2	อำเภอแม่เมาะ	0.22	2.22
3	อำเภอเกาะคา	0.19	1.91
4	อำเภอเสริมงาม	0.06	0.60
5	อำเภองาว	0.23	2.29
6	อำเภอแจ้ห่ม	0.10	0.98
7	อำเภอลำดวน	0.09	0.91
8	อำเภอเถิน	0.02	0.25
9	อำเภอแม่พริก	0.00	0.03
10	อำเภอแม่ทะ	0.02	0.21
11	อำเภอสบปราบ	0.01	0.07
12	อำเภอห้างฉัตร	0.06	0.56
13	อำเภอเมืองปาน	0.07	0.71
	<b>รวม</b>	1.94	19.39



## ภาคผนวก ข

ตาราง แสดงจำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบสุขภาพและต้นทุนสังคมที่เกิดขึ้นจาก อากาศ  
 หลอดลมอักเสบเรื้อรัง (Chronic Bronchitis)

ลำดับ	อำเภอ	จำนวนประชากร ที่ได้รับผลกระทบ (คน)	ต้นทุนสังคม (US dollar)
		PM <sub>10</sub>	
1	อำเภอเมืองลำปาง	0.000914	54.37
2	อำเภอแม่เมาะ	0.000235	13.96
3	อำเภอเกาะคา	0.000201	11.95
4	อำเภอเสริมงาม	0.000063	3.76
5	อำเภองาว	0.000241	14.34
6	อำเภอแจ้ห่ม	0.000104	6.16
7	อำเภอลำปาง	0.000096	5.69
8	อำเภอเถิน	0.000026	1.56
9	อำเภอแม่พริก	0.000003	0.18
10	อำเภอแม่ทะ	0.000022	1.33
11	อำเภอสบปราบ	0.000007	0.41
12	อำเภอห้างฉัตร	0.000059	3.48
13	อำเภอเมืองปาน	0.000075	4.46
	<b>รวม</b>	0.002046	121.65

## ภาคผนวก ซ

ตาราง แสดงจำนวนประชากรได้รับผลกระทบสุขภาพและต้นทุนสังคมที่เกิดขึ้นจากการเข้ารับ  
บริการที่ห้องฉุกเฉิน (Emergency Room Visit)

ลำดับ	อำเภอ	จำนวนประชากร ที่ได้รับผลกระทบ (คน)	ต้นทุนสังคม (US dollar)
		PM <sub>10</sub>	
1	อำเภอเมืองลำปาง	0.003541	0.50
2	อำเภอแม่เมาะ	0.000909	0.13
3	อำเภอเกาะคา	0.000778	0.11
4	อำเภอเสริมงาม	0.000245	0.03
5	อำเภองาว	0.000934	0.13
6	อำเภอแจ้ห่ม	0.000401	0.06
7	อำเภอลำปาง	0.000370	0.05
8	อำเภอเถิน	0.000102	0.01
9	อำเภอแม่พริก	0.000012	0.00
10	อำเภอแม่ทะ	0.000087	0.01
11	อำเภอสบปราบ	0.000027	0.00
12	อำเภอห้างฉัตร	0.000227	0.03
13	อำเภอเมืองปาน	0.000290	0.04
	<b>รวม</b>	0.007922	1.11

## ภาคผนวก ฉ

ตาราง แสดงจำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบสุขภาพและต้นทุนสังคมที่เกิดขึ้นจากการเข้าพักรักษาตัวในโรงพยาบาลเนื่องจากโรคเกี่ยวกับหัวใจ (Cardiac Hospital Admission)

ลำดับ	อำเภอ	จำนวนประชากร ที่ได้รับผลกระทบ (คน)	ต้นทุนสังคม (US dollar)
		PM <sub>10</sub>	
1	อำเภอเมืองลำปาง	0.000076	0.31
2	อำเภอแม่เมาะ	0.000019	0.08
3	อำเภอเกาะคา	0.000017	0.07
4	อำเภอเสริมงาม	0.000005	0.02
5	อำเภองาว	0.000020	0.08
6	อำเภอแจ้ห่ม	0.000009	0.03
7	อำเภอลำดวน	0.000008	0.03
8	อำเภอเถิน	0.000002	0.01
9	อำเภอแม่พริก	0.000000	0.00
10	อำเภอแม่ทะ	0.000002	0.01
11	อำเภอสบปราบ	0.000001	0.00
12	อำเภอห้างฉัตร	0.000005	0.02
13	อำเภอเมืองปาน	0.000006	0.03
	<b>รวม</b>	0.000169	0.69

### ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายวรัทย์ ศรีพิพัฒน์กุล เกิดเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2527 สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2549 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2551 ปัจจุบันทำงานในตำแหน่งวิศวกร ระดับ 5 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย