

การพัฒนาระบบฐานข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมอโลหะ



นางสาวนันทยา คำกันยา

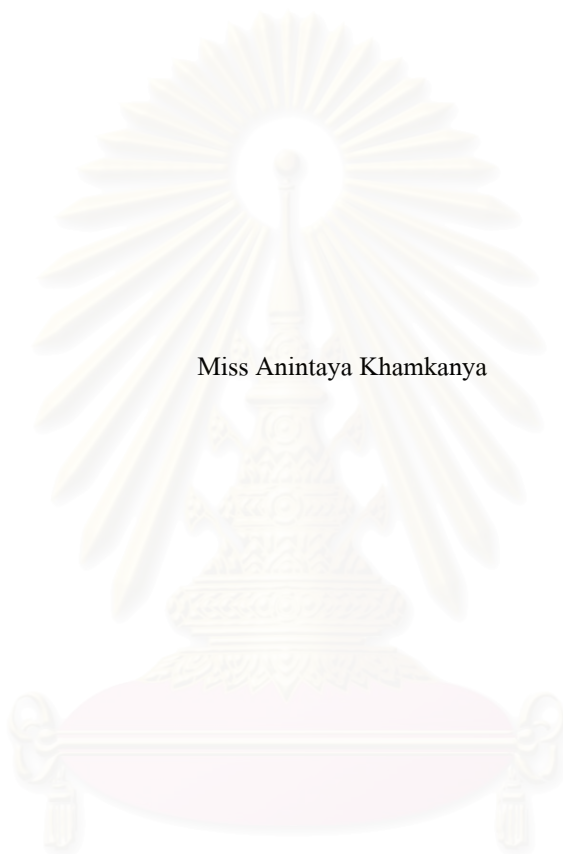
สถาบันวิทยบริการ  
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2550

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DATABASE DEVELOPMENT FOR ENERGY CONSUMPTION ANALYSIS  
IN NON-METAL INDUSTRY

Miss Anintaya Khamkanya



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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 2007

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การพัฒนาระบบฐานข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของ  
อุตสาหกรรมอโลหะ

โดย

นางสาวอนินทยา คำกันยา

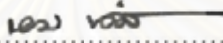
สาขาวิชา

วิศวกรรมอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา

ศาสตราจารย์ ดร.ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ


คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้  
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

  
..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(ศาสตราจารย์ ดร.ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ)

  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ชรรมาภรณ์พิลาศ)

  
..... กรรมการ  
(อาจารย์อังศุมาลิน เสนจันทร์ศิไชย)

อนินทยา คำกันยา : การพัฒนาระบบฐานข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน  
ของอุตสาหกรรมอลูมิเนียม. (DATABASE DEVELOPMENT FOR ENERGY CONSUMPTION  
ANALYSIS IN NON-METAL INDUSTRY) อ.ที่ปรึกษา: ศ.ดร.ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ,  
160 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมอลูมิเนียมในช่วงปี  
พ.ศ. 2546-2548 และจัดทำระบบฐานข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการบริโภค  
พลังงานของอุตสาหกรรมอลูมิเนียม ซึ่งประกอบไปด้วยอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ อุตสาหกรรมแก้ว  
และกระจก และอุตสาหกรรมเซรามิก

ขั้นตอนการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน เริ่มต้นจากการเก็บรวบรวมข้อมูลของแต่ละ  
อุตสาหกรรม จากนั้นทำการศึกษาค้นคว้าที่เหมาะสมในการนำมาวิเคราะห์ และได้เลือกใช้ดัชนีดีวีซี  
ค่าเฉลี่ยลอการิทึม (Logarithm Mean Divisia Index, LMDI) เป็นดัชนีสำหรับการวิเคราะห์ โดย  
กำหนดปัจจัยในการวิเคราะห์ ได้แก่ ปัจจัยระดับการผลิต ปัจจัยโครงสร้างการผลิต และปัจจัยความ  
เข้มพลังงาน จากนั้นทำการวิเคราะห์แบบพิจารณาเป็นช่วงเวลา โดยใช้ข้อมูลของปี พ.ศ. 2546 เป็น  
ปีฐานในการวิเคราะห์

ผลการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมอลูมิเนียม ในภาพรวมสามารถสรุปได้  
ว่า อุตสาหกรรมอลูมิเนียมมีการบริโภคพลังงานเพิ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2547 และ 2548 อย่างต่อเนื่องคิด  
เป็นร้อยละ 5.32 และ 11.98 ตามลำดับ ซึ่งการบริโภคพลังงานที่เพิ่มขึ้นนี้ เกิดจากปัจจัยระดับการ  
ผลิตที่เพิ่มขึ้นเป็นหลัก ส่วนปัจจัยโครงสร้างการผลิตมีผลให้เกิดการบริโภคพลังงานเพิ่มขึ้นเพียง  
เล็กน้อย ในขณะที่ปัจจัยความเข้มพลังงานนั้น กลับส่งผลให้เกิดการบริโภคพลังงานลดลง

เนื่องจากการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานมีขั้นตอนที่ซับซ้อน จึงได้ออกแบบและจัดทำ  
ระบบฐานข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานที่เหมาะสม โดยสามารถวิเคราะห์การ  
บริโภคพลังงาน วิเคราะห์ความเข้มพลังงาน และวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงาน ซึ่งจะ  
ช่วยให้การวิเคราะห์หาสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงปริมาณการบริโภคพลังงานสะดวกและรวดเร็ว  
มากขึ้น

ภาควิชา.....วิศวกรรมอุตสาหกรรม.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมอุตสาหกรรม.....

ปีการศึกษา.....2550.....

ลายมือชื่อนิสิต.....อนินทยา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

## 4870719021: MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEY WORD: ENERGY CONSUMPTION / DIVISIA INDEX / DECOMPOSITION ANALYSIS  
/ NON-METAL INDUSTRY

ANINTAYA KHAMKANYA: DATABASE DEVELOPMENT FOR ENERGY  
CONSUMPTION ANALYSIS IN NON-METAL INDUSTRY. THESIS ADVISOR:  
PROF. SIRICHAN THONGPRASERT, Ph.D., 160 pp.

This thesis aims to analyze energy consumption of non-metallic industry during 2003-2006 and prepare database management system for analyzing trend of energy consumption of non-metallic industry, especially cement, glass and ceramic industry.

Energy consumption data of the interested industry is initially collected for setting out the suitable index. Logarithm Mean Divisia Index (LMDI) is orderly selected to use as the main index of energy consumption analysis. Important factors relating to the study include production level, production structure, and energy intensity. Time period analysis is used for finding out significant energy consumption information, based on the 2003 energy consumption data.

The analysis shows that non-metallic industry, especially the interested factories, has increasingly consumed energy in 2004 and 2005 by 5.32% and 11.98%, respectively. The main factor influencing energy consumption is the higher of production level. The production structure has a small impact to the increasing of energy consumption. Nonetheless, the energy intensity is likely to influence the lower energy consumption.

According to the complex and huge of relevant information of energy consumption analysis, the study has developed database management system for collecting and analyzing, for energy consumption, energy intensity, and energy elasticity/coefficient. This may benefit researchers and practitioners employing the system to monitor and manage the energy consumption of their specific areas more effectively and conveniently.

Department.....INDUSTRIAL ENGINEERING..... Student's signature.....  
Field of study...INDUSTRIAL ENGINEERING... Advisor's signature.....  
Academic year.....2007.....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยความช่วยเหลือและเสียสละเวลาให้คำแนะนำ จากศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งให้คำแนะนำระหว่างการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี ผู้เขียนขอถือโอกาสนี้กราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมภรณ์พิลาศ และอาจารย์อังศุมาลิน เสนจันทร์ดิไชย กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่อง ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับรองศาสตราจารย์ มานิจ ทองประเสริฐ คณะที่ปรึกษาตรวจสอบจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และคณะทำงาน โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมและอาคารต่างๆ (SEC): อุตสาหกรรมโลหะ ที่ช่วยให้ข้อมูลเพิ่มเติม รวมทั้งให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ และความช่วยเหลือ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และสมาชิกในครอบครัวทุกท่าน ที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจตลอดการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่มีได้กล่าวไว้ในที่นี้

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง .....	ญ
สารบัญภาพ .....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ภาพรวมการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมอโลหะ.....	1
1.2 ภาพรวมของอุตสาหกรรมอโลหะ.....	4
1.2.1 อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์.....	5
1.2.2 อุตสาหกรรมแก้วและกระจก.....	6
1.2.3 อุตสาหกรรมเซรามิก .....	8
1.3 ลักษณะการรวบรวมข้อมูลการบริโภคพลังงานในปัจจุบัน .....	10
1.4 ลักษณะการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานในปัจจุบัน .....	11
1.5 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	12
1.6 ขอบเขตของการวิจัย .....	12
1.7 ผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	12
1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	13
1.9 วิธีดำเนินการวิจัย .....	13
1.10 ระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย .....	14
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	15
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	15
2.1.1 การบริโภคพลังงาน .....	15
2.1.2 ความเข้มพลังงาน .....	15
2.1.3 การวิเคราะห์แยกส่วนพลังงานโดยใช้ดัชนี (Index Decomposition Analysis).....	17
2.1.4 ความยืดหยุ่น/ สัมประสิทธิ์พลังงาน .....	24
2.1.5 ข้อมูลและการประมวลผลประสิทธิภาพพลังงาน .....	26
2.1.6 การออกแบบฐานข้อมูล .....	27

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	32
2.2.1 การวิเคราะห์แยกส่วนพลังงาน (Energy Decomposition Analysis).....	32
2.2.2 การวิเคราะห์การบริโภคพลังงานในประเทศไทย .....	34
2.2.3 การวิเคราะห์การบริโภคพลังงานในต่างประเทศ.....	35
2.2.4 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	38
<b>บทที่ 3 การวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน .....</b>	<b>41</b>
3.1 ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน .....	43
3.1.1 การคำนวณความเข้มพลังงานปฐมภูมิ .....	45
3.2 การศึกษาดัชนีที่เหมาะสมสำหรับวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน .....	48
3.2.1 การวิเคราะห์การบริโภคพลังงานโดยใช้ดัชนีลาสเปร์รี่ .....	52
3.2.2 การวิเคราะห์การบริโภคพลังงานโดยใช้ดัชนีคิวิเซีย.....	54
3.2.3 สรุปดัชนีในการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน .....	59
3.3 การวิเคราะห์ความเข้มพลังงาน .....	61
3.4 การวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงาน .....	63
3.5 วิธีการคำนวณและการวิเคราะห์ผลการคำนวณ.....	64
3.5.1 การวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน.....	64
3.5.2 การวิเคราะห์ความเข้มพลังงาน .....	68
3.5.3 การวิเคราะห์ค่าความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงาน .....	70
3.6 สรุป.....	71
<b>บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมโลหะ .....</b>	<b>72</b>
4.1 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพลังงานของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์.....	73
4.1.1 การวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์.....	73
4.1.2 ผลการวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงานของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ ...	75
4.2 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพลังงานของอุตสาหกรรมแก้วและกระจก.....	76
4.2.1 การวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมแก้วและกระจก.....	76
4.2.2 ผลการวิเคราะห์ความเข้มพลังงานของอุตสาหกรรมแก้วและกระจก .....	79
4.2.3 ผลการวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงานของอุตสาหกรรมแก้วและ กระจก .....	80
4.3 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพลังงานของอุตสาหกรรมเซรามิก.....	80
4.3.1 การวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมเซรามิก .....	80



4.3.2 ผลการวิเคราะห์ความเข้มพลังงานของอุตสาหกรรมเซรามิก.....	84
4.3.3 ผลการวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงานของอุตสาหกรรมเซรามิก.....	84
4.4 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพลังงานของอุตสาหกรรมโลหะ .....	85
4.4.1 การวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมโลหะ .....	85
4.4.2 ผลการวิเคราะห์ความเข้มพลังงานของอุตสาหกรรมโลหะ .....	88
4.4.3 ผลการวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงานของอุตสาหกรรมโลหะ .....	88
4.5 สรุป.....	89
บทที่ 5 ระบบฐานข้อมูลสำหรับวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน .....	90
5.1 การออกแบบระบบฐานข้อมูล.....	90
5.2 โปรแกรมส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน .....	93
5.3 การรายงานผล.....	98
5.4 การประยุกต์ใช้งานเพิ่มเติม.....	103
5.5 ข้อกำหนดของระบบ .....	107
5.6 สรุป.....	107
บทที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	108
6.1 สรุปงานวิจัย.....	108
6.2 ข้อกำหนดของงานวิจัย.....	111
6.3 ข้อเสนอแนะ .....	112
รายการอ้างอิง.....	115
ภาคผนวก .....	118
ภาคผนวก ก รายละเอียดเพิ่มเติมของการรวบรวมข้อมูล บปร.1.....	119
ภาคผนวก ข ข้อมูลการผลิตและปริมาณพลังงานที่ใช้ของโรงงานอุตสาหกรรมตัวอย่าง	124
ภาคผนวก ค ข้อมูลเศรษฐศาสตร์ของอุตสาหกรรมโลหะ .....	127
ภาคผนวก ง จากการรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ .....	134
ภาคผนวก จ คู่มือการใช้ระบบฐานข้อมูลสำหรับวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน .....	137
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	160

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 1.1 การใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมการผลิตปี 2549.....	2
ตารางที่ 1.2 ราคาพลังงานแยกตามชนิดเชื้อเพลิงในแต่ละปี.....	3
ตารางที่ 1.3 สรุปมูลค่าพลังงานแยกตามชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ในอุตสาหกรรมอโลหะในปี พ.ศ. 2549.	3
ตารางที่ 3.1 ค่าความเข้มพลังงานและค่าถ่วงน้ำหนักของโรงงานปูนซีเมนต์ในปี พ.ศ. 2548.....	47
ตารางที่ 3.2 ค่าความเข้มพลังงานปฐมภูมิของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ แก้วและกระจก เซรามิก และ อโลหะในช่วงปี พ.ศ. 2546 – 2548.....	47
ตารางที่ 3.3 สรุปข้อมูลปริมาณการผลิต โครงสร้างการผลิตและความเข้มพลังงานปฐมภูมิของ อุตสาหกรรมแก้วกระจกและเซรามิก ..... ในช่วงปี พ.ศ. 2546 – 2548.....	48
ตารางที่ 3.4 ข้อมูลปริมาณการผลิต โครงสร้างการผลิต และความเข้มพลังงานปฐมภูมิของ อุตสาหกรรมอโลหะในช่วงปี พ.ศ. 2546 – 2548 .....	48
ตารางที่ 3.5 ชุดข้อมูลที่นำมาใช้ทดสอบการวิเคราะห์ .....	59
ตารางที่ 3.6 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปีที่ T เทียบกับปีที่ 0 โดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 3.5 .....	60
ตารางที่ 3.8 การอ่านผลการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานจากการวิเคราะห์แบบผลคูณ .....	66
ตารางที่ 3.9 การอ่านผลการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานจากการวิเคราะห์แบบผลบวก .....	66
ตารางที่ 3.10 สรุปผลการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานจากตัวอย่างในหัวข้อที่ 3.5.1.....	66
ตารางที่ 3.11 การอ่านผลการวิเคราะห์ความเข้มพลังงานจากการวิเคราะห์แบบผลคูณ .....	69
ตารางที่ 3.12 การอ่านผลการวิเคราะห์ความเข้มพลังงานจากการวิเคราะห์แบบผลบวก.....	69
ตารางที่ 3.13 สรุปผลการวิเคราะห์ความเข้มพลังงานจากตัวอย่างในหัวข้อที่ 3.5.2.....	69
ตารางที่ 4.1 สรุปข้อมูลของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์.....	73
ตารางที่ 4.2 สรุปผลการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์เมื่อใช้ปี พ.ศ. 2546 เป็นปีฐาน .....	74
ตารางที่ 4.3 สรุปผลการวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงานของอุตสาหกรรมซีเมนต์ .....	75
ตารางที่ 4.4 สรุปข้อมูลของอุตสาหกรรมแก้วและกระจก .....	76
ตารางที่ 4.5 สรุปการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมแก้วและกระจกเมื่อใช้ปี พ.ศ. 2546 เป็นปีฐาน .....	77

ตารางที่ 4.7 สรุปผลการวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงานของอุตสาหกรรมแก้วและ กระจก .....	80
ตารางที่ 4.8 สรุปข้อมูลของอุตสาหกรรมเซรามิก.....	81
ตารางที่ 4.9 สรุปการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมเซรามิกเมื่อใช้ปี พ.ศ. 2546 เป็น ปีฐาน .....	82
ตารางที่ 4.11 สรุปผลการวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงานของอุตสาหกรรมเซรามิก ..	84
ตารางที่ 4.12 สรุปข้อมูลของอุตสาหกรรมอลูมิเนียม .....	85
ตารางที่ 4.13 สรุปการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมอลูมิเนียมเมื่อใช้ปี พ.ศ. 2546 เป็นปีฐาน .....	87
ตารางที่ 4.15 สรุปผลการวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงานของอุตสาหกรรมอลูมิเนียม ...	89
ตารางที่ 6.1 สรุปผลการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมอลูมิเนียม .....	110
ตารางที่ 6.2 สรุปผลการวิเคราะห์ความเข้มพลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมอลูมิเนียม .....	110
ตารางที่ 6.3 สรุปผลการวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมอลูมิเนียม .....	111

## สารบัญญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 1.1 กราฟเปรียบเทียบการใช้พลังงานใน สาขาอุตสาหกรรมการผลิตปี 2549 .....	2
รูปที่ 1.2 กราฟแสดงปริมาณพลังงานแต่ละชนิดที่ใช้ในอุตสาหกรรมอโลหะปี พ.ศ. 2549 .....	3
รูปที่ 1.3 โครงสร้างของอุตสาหกรรมอโลหะในประเทศไทย .....	4
รูปที่ 1.4 สัดส่วนการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์.....	5
รูปที่ 1.5 สัดส่วนต้นทุนพลังงาน ในอุตสาหกรรมกระจกและแก้ว .....	7
รูปที่ 2.1 การประมวลผลประสิทธิภาพพลังงาน .....	27
รูปที่ 2.2 เปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนแปลงแบบปีต่อปีของแต่ละปัจจัยระหว่างวิธี AMDI และ LMDI .....	36
รูปที่ 2.3 ผลของการเปลี่ยนแปลงแบบช่วงเวลาในแต่ละปัจจัยของวิธี AMDI.....	37
รูปที่ 2.4 ผลของการเปลี่ยนแปลงแบบช่วงเวลาในแต่ละปัจจัยของวิธี LMDI .....	37
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนในการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน.....	41
รูปที่ 3.2 การแบ่งระดับโครงสร้างอุตสาหกรรมอโลหะ .....	43
รูปที่ 3.3 จำแนกวิธีการในการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน .....	49
รูปที่ 4.1 กราฟเปรียบเทียบดัชนีการเปลี่ยนแปลงพลังงานของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ .....	74
รูปที่ 4.2 กราฟเปรียบเทียบปริมาณการเปลี่ยนแปลงพลังงานในแต่ละปัจจัยของอุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์.....	75
รูปที่ 4.3 กราฟเปรียบเทียบดัชนีการเปลี่ยนแปลงพลังงานของอุตสาหกรรมแก้วและกระจก .....	78
รูปที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบปริมาณการเปลี่ยนแปลงพลังงานในแต่ละปัจจัยของอุตสาหกรรมแก้ว และกระจก .....	78
รูปที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบดัชนีการเปลี่ยนแปลงพลังงานของอุตสาหกรรมเซรามิก.....	83
รูปที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบปริมาณการเปลี่ยนแปลงพลังงานในแต่ละปัจจัยของอุตสาหกรรมเซรา มิก.....	83
รูปที่ 4.7 กราฟเปรียบเทียบดัชนีการเปลี่ยนแปลงพลังงานของอุตสาหกรรมอโลหะ .....	86
รูปที่ 4. 8 กราฟเปรียบเทียบปริมาณการเปลี่ยนแปลงพลังงานในแต่ละปัจจัยของอุตสาหกรรม อโลหะ.....	87
รูปที่ 5.1 ระดับและโครงสร้างของฐานข้อมูล.....	91
รูปที่ 5.2 แบบจำลองอีอาร์ของระบบฐานข้อมูล .....	91

รูปที่ 5.3 แผนผังการไหลของระบบ .....	92
รูปที่ 5.4 หน้าจอกำหนดการเชื่อมต่อกับเครื่องแม่ข่าย.....	93
รูปที่ 5.5 หน้าจอรายละเอียดกลุ่มอุตสาหกรรมย่อย.....	94
รูปที่ 5.6 หน้าจอรายละเอียดอุตสาหกรรมระดับที่ 1.....	94
รูปที่ 5.7 หน้าจอข้อมูลของกลุ่มอุตสาหกรรมระดับที่ 2 .....	95
รูปที่ 5.8 หน้าจอการป้อนข้อมูล .....	96
รูปที่ 5.9 หน้าจอปรับแต่งหน่วยของข้อมูลหลัก .....	96
รูปที่ 5.10 หน้าจอปรับแต่งข้อมูลเพิ่มเติม .....	97
รูปที่ 5.11 หน้าจอเลือกรูปแบบการวิเคราะห์.....	98
รูปที่ 5.12 หน้าจอแสดงรายงานสรุปข้อมูลอุตสาหกรรม .....	98
รูปที่ 5.13 หน้าจอแสดงรายงานการวิเคราะห์แบบช่วงเวลาของการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน..	99
รูปที่ 5.14 หน้าจอแสดงรายงานการวิเคราะห์แบบช่วงเวลาของการวิเคราะห์ความเข้มพลังงาน ...	100
รูปที่ 5.15 หน้าจอแสดงรายงานการวิเคราะห์แบบช่วงเวลาของการวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/ สัมประสิทธิ์พลังงาน .....	100
รูปที่ 5.16 หน้าจอแสดงรายงานการวิเคราะห์แบบคู่ปีของการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน .....	101
รูปที่ 5.17 หน้าจอแสดงรายงานการวิเคราะห์แบบคู่ปีของการวิเคราะห์ความเข้มพลังงาน.....	101
รูปที่ 5.18 หน้าจอแสดงรายงานการวิเคราะห์แบบคู่ปีของการวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์ พลังงาน.....	102
รูปที่ 5.19 การเข้าสู่ระบบความช่วยเหลือ .....	102
รูปที่ 5.20 หน้าจอระบบความช่วยเหลือ .....	103
รูปที่ 5.21 การส่งออกผลสรุปข้อมูลในแต่ละปีเป็นแฟ้มข้อมูลเอกเซล.....	104
รูปที่ 5.22 การส่งออกผลสรุปการวิเคราะห์เป็นแฟ้มข้อมูลเอกเซล.....	104
รูปที่ 5.23 รายงานข้อมูลในรูปแบบของไฟล์เอกเซล .....	105
รูปที่ 5.24 ตัวอย่างกราฟแสดงผลการวิเคราะห์ช่วงเวลาแบบกราฟเส้น .....	105
รูปที่ 5.25 ตัวอย่างกราฟแสดงผลการวิเคราะห์ช่วงเวลาแบบกราฟแท่ง .....	106
รูปที่ 5.26 ตัวอย่างกราฟแสดงผลการวิเคราะห์คู่ปีแบบกราฟแท่ง .....	106
รูปที่ 5.27 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมที่มี 2 ระดับ .....	106
รูปที่ ง.1 ตัวอย่างข้อมูลจากฐานข้อมูล บพร.ของอุตสาหกรรมแก้วและกระจก.....	136

# บทที่ 1

## บทนำ

สำหรับทุกอุตสาหกรรม ไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมบริการ หรืออุตสาหกรรมผลิต ล้วนแล้วแต่ต้องใช้พลังงานเป็นปัจจัยในการดำเนินการทั้งสิ้น ซึ่งพลังงานเหล่านี้ ได้จากการเปลี่ยนเชื้อเพลิงให้อยู่ในรูปพลังงานที่เหมาะสมตามลักษณะของแต่ละกิจกรรม ในขณะเดียวกันราคาเชื้อเพลิงเหล่านี้ นับวันยิ่งจะเพิ่มมูลค่าสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงส่งผลให้ต้นทุนทางด้านพลังงาน กลายเป็นต้นทุนที่มีสัดส่วนเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับต้นทุนรวมของการผลิต

นอกจากนี้ การใช้พลังงานในกิจกรรมต่างๆ ยังส่งผลต่อสภาพภูมิอากาศของโลก เนื่องจากในการเปลี่ยนรูปของพลังงาน จะมีการปล่อยก๊าซซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดสภาวะเรือนกระจก อาทิ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) สารประกอบไนโตรเจนออกไซด์ (NO<sub>x</sub>) และสารประกอบซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO<sub>x</sub>) เป็นต้น ซึ่งก๊าซเหล่านี้มีผลให้อุณหภูมิบนพื้นโลกเพิ่มสูงขึ้น และเป็นสาเหตุของสภาพอากาศที่เกิดความแปรปรวนไปทั่วโลก

ดังนั้น การวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน จะเป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยให้โรงงาน หรือหน่วยงานสามารถมองเห็นแนวโน้มการใช้พลังงาน เพื่อให้เกิดการปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงาน และเกิดแนวทางสำหรับการอนุรักษ์พลังงานในลำดับต่อไป

### 1.1 ภาพรวมการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมโลหะ

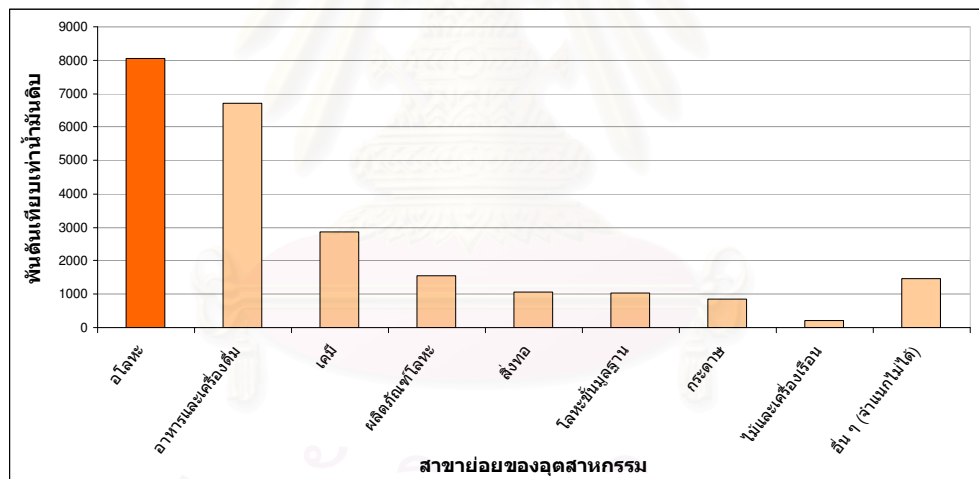
จากรายงานพลังงานของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2549 ซึ่งจัดทำและเผยแพร่โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) สังกัดกระทรวงพลังงาน สามารถสรุปการใช้พลังงานของประเทศไทยได้ดังตารางที่ 1.1

จากข้อมูลตารางเปรียบเทียบการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมการผลิตปี 2549 จะเห็นได้ว่า อุตสาหกรรมโลหะ มีอัตราการใช้พลังงานสูงที่สุดในกลุ่มอุตสาหกรรมสาขาย่อย คือ 8,062 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ คิดเป็นร้อยละ 33.80 ของปริมาณการใช้พลังงานรวมทั้งหมดของปริมาณการใช้พลังงานรวมในสาขาอุตสาหกรรมของประเทศไทย โดยสามารถแจกแจงปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในแต่ละชนิดได้ดังกราฟรูปที่ 1.3 และเมื่อนำมาพิจารณาตามราคาของพลังงาน ดังตารางที่ 1.2 จะสามารถประเมินมูลค่าของพลังงานในภาคส่วนอุตสาหกรรมโลหะได้ดังตารางที่ 1.3

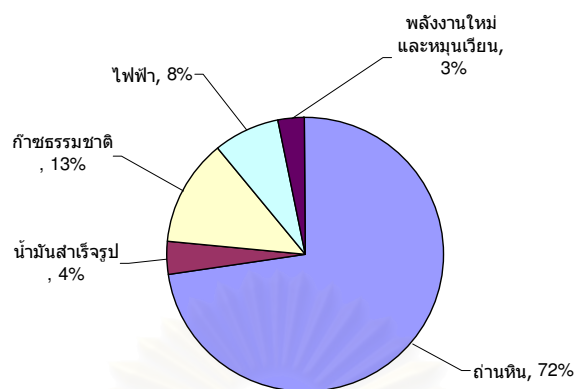
ตารางที่ 1.1 การใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมการผลิตปี 2549

สาขาย่อย	หน่วย : พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ						พลังงานใหม่ และหมุนเวียน	รวมทั้งสิ้น
	ถ่านหิน	น้ำมันสำเร็จรูป	ก๊าซธรรมชาติ	ไฟฟ้า	รวม			
อโลหะ	5,843	310	1,026	644	7,823	239	8,062	
อาหารและเครื่องดื่ม	144	429	119	870	1,562	5,164	6,726	
เคมี	906	501	491	821	2,719	143	2,862	
ผลิตภัณฑ์โลหะ	-	167	334	1,049	1,550	-	1,550	
สิ่งทอ	48	350	-	675	1,073	-	1,073	
โลหะขั้นมูลฐาน	143	358	-	548	1,049	-	1,049	
กระดาษ	481	191	-	187	859	-	859	
ไม้และเครื่องเรือน	-	48	-	143	191	24	215	
อื่น ๆ (จำแนกไม่ได้)	95	1,288	-	72	1,455	-	1,455	
<b>รวม</b>	<b>7,660</b>	<b>3,642</b>	<b>1,970</b>	<b>5,009</b>	<b>18,281</b>	<b>5,570</b>	<b>23,851</b>	

ที่มา: รายงานพลังงานของประเทศไทยปี 2549, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน



รูปที่ 1.1 กราฟเปรียบเทียบการใช้พลังงานใน สาขาอุตสาหกรรมการผลิตปี 2549



รูปที่ 1.2 กราฟแสดงปริมาณพลังงานแต่ละชนิดที่ใช้ในอุตสาหกรรมยางปี พ.ศ. 2549

การใช้เชื้อเพลิงของกลุ่มอุตสาหกรรมยาง จะพบว่ามีการใช้พลังงานถ่านหินสูงถึงร้อยละ 72 รองลงมาคือ ก๊าซธรรมชาติ ไฟฟ้า น้ำมันสำเร็จรูป และพลังงานใหม่และหมุนเวียน โดยมีสัดส่วนการใช้ร้อยละ 13, 8, 4, 3 ตามลำดับ แต่เนื่องจากราคาเชื้อเพลิงต่อหน่วยนั้น เชื้อเพลิงที่มีราคาสูงที่สุดคือน้ำมันดิบ รองลงมาคือ ไฟฟ้า ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหินตามลำดับ

ตารางที่ 1.2 ราคาพลังงานแยกตามชนิดเชื้อเพลิงในแต่ละปี

ประเภท	ปี พ.ศ.				
	(หน่วย: 1,000 บาท/ตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)				
	2545	2546	2547	2548	2549 <sup>e</sup> *
น้ำมันดิบ	7.82	8.93	11.18	15.61	18.42
ก๊าซธรรมชาติ	5.06	5.66	5.32	6.91	8.24
น้ำมันสำเร็จรูป	9.38	10.36	10.4	14.83	23.04
ถ่านหิน	2.14	2.07	2.57	2.84	2.67
ไฟฟ้า	18.75	18.47	19.53	19.18	19.53

ที่มา: รายงานพลังงานของประเทศไทยปี 2549, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

\* e คือค่าที่ได้จากการประมาณ

ตารางที่ 1.3 สรุปมูลค่าพลังงานแยกตามชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ในอุตสาหกรรมยางปี พ.ศ. 2549

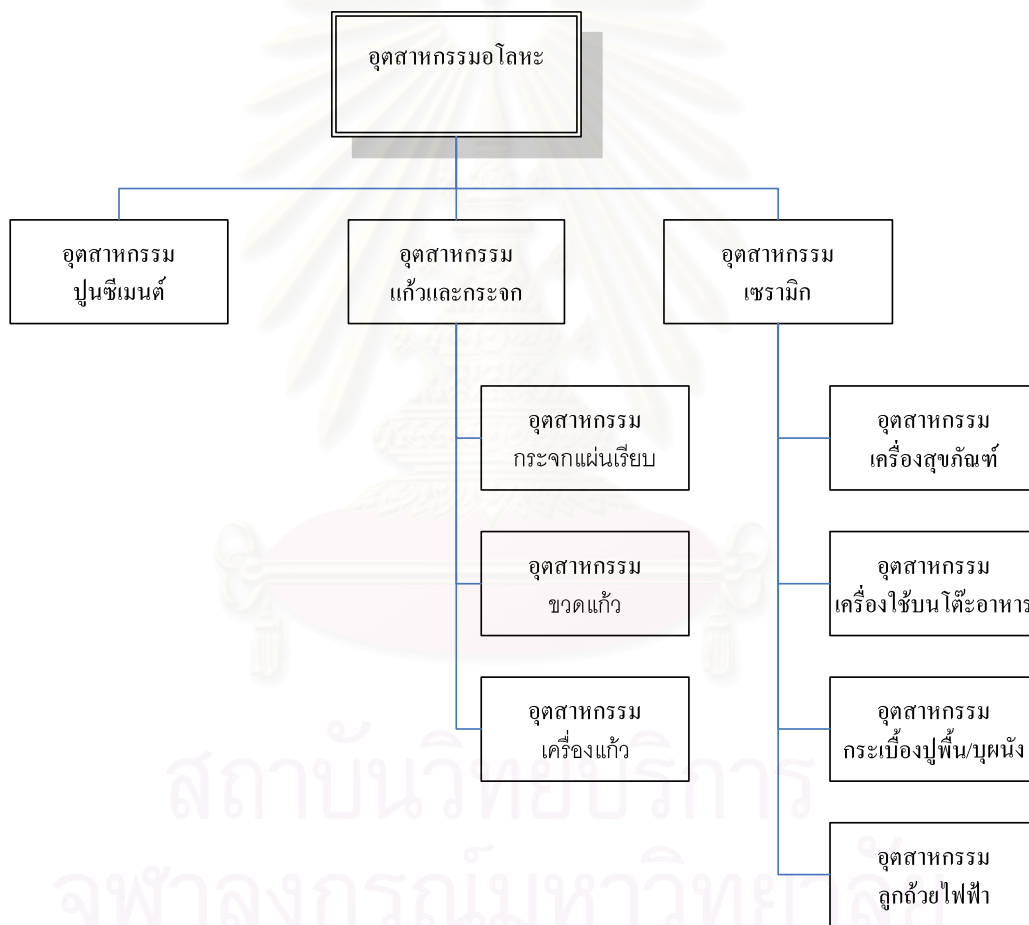
อุตสาหกรรมยาง	ปี พ.ศ. 2549				
	ถ่านหิน	น้ำมันสำเร็จรูป	ก๊าซธรรมชาติ	ไฟฟ้า	รวม
ชนิดเชื้อเพลิง					
ปริมาณพลังงานที่ใช้ (พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)	5,843	310	1,026	644	7,823
ราคา (พันบาท/ตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)	2.67	23.04	8.24	19.53	-
มูลค่า (ล้านบาท)	15,600,810	7,142,400	8,454,240	12,577,320	43,774,770



ในปัจจุบันราคาของเชื้อเพลิงมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเป็นอย่างมาก ซึ่งปัญหาดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อต้นทุนรวมของภาคอุตสาหกรรม ทำให้อุตสาหกรรมเองเล็งเห็นถึงประโยชน์ของการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน ซึ่งจากข้อมูลของมูลนิธิพลังงานปี พ.ศ. 2545 แสดงให้เห็นว่า อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์มีต้นทุนพลังงานเฉลี่ยสูงถึงร้อยละ 30-40 ส่วนอุตสาหกรรมเซรามิกและอุตสาหกรรมแก้วกระจกมีต้นทุนเฉลี่ยร้อยละ 8-20 และร้อยละ 10-40 ตามลำดับ ซึ่งรายละเอียดในส่วนนี้จะกล่าวในหัวข้อถัดไป

## 1.2 ภาพรวมของอุตสาหกรรมโลหะ

อุตสาหกรรมโลหะที่กล่าวถึงนี้ จะประกอบไปด้วยอุตสาหกรรมย่อยดังต่อไปนี้



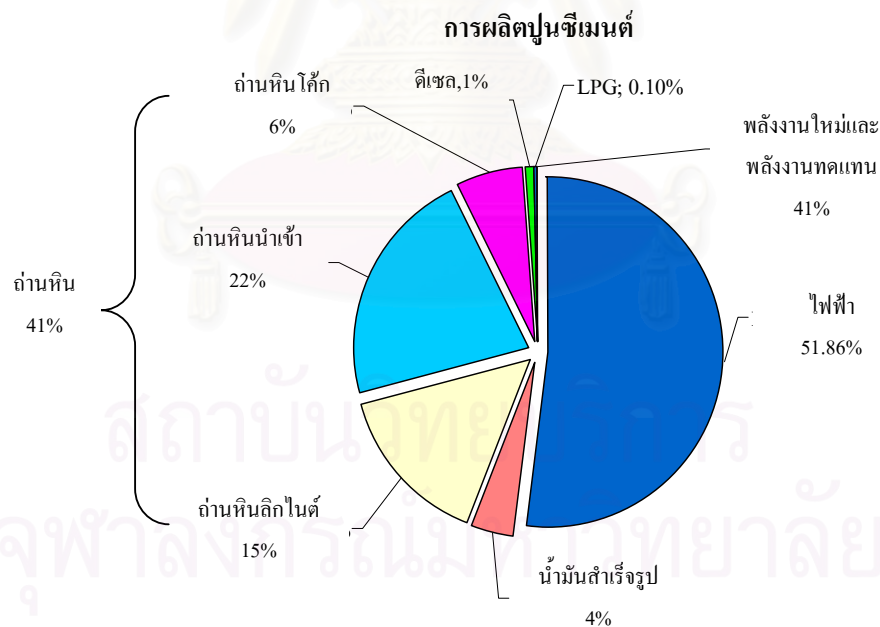
รูปที่ 1.3 โครงสร้างของอุตสาหกรรมโลหะในประเทศไทย

อุตสาหกรรมโลหะ ประกอบด้วย 3 กลุ่มอุตสาหกรรม โดยแต่ละอุตสาหกรรมมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 1.2.1 อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์

อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ในประเทศไทย ในทุกโรงงานมีลักษณะการผลิตเป็นกระบวนการผลิตแบบแห้ง (Dry process) ซึ่งจัดว่าเทคนิคการผลิตที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในปัจจุบัน ส่วนกระบวนการผลิตนั้น ขั้นตอนการผลิตตั้งแต่การเตรียมวัตถุดิบ จนกระทั่งการลดอุณหภูมิของปูนเม็ด จะมีความคล้ายคลึงกันในเชิงกระบวนการ แต่อาจมีความแตกต่างกันทางด้านชนิดเครื่องจักร และอายุการใช้งาน ซึ่งทั้งสองปัจจัยนี้ จะส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานโดยตรง

จากข้อมูลของกระทรวงพลังงาน การใช้พลังงานผลิตปูนซีเมนต์อุตสาหกรรมผลิตปูนซีเมนต์เป็นอุตสาหกรรมที่มีค่าความเข้มพลังงานสูง อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ของประเทศไทยมีค่า SEC เท่ากับ 4.2 GJ/ton ที่ขนาดบรรจุปูนถุงละ 50 กก. จะใช้พลังงาน 230 MJ/ถุง เช่น ถ้าใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงการผลิตปูน 1 ถุง (50 กก.) จะต้องใช้น้ำมันประมาณ 5.89 ลิตร หรือคิดเป็นมูลค่า 82 บาท/ปูน 1 ถุง ซึ่งสูงมากต่อมูลค่าการขาย อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์จึงต้องใช้แหล่งพลังงานที่ราคาต่ำ เช่น ถ่านหิน หรือพลังงานทดแทนอื่น โดยรายงานของมูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม ปี พ.ศ. 2545 อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ของประเทศไทยใช้พลังงานตามสัดส่วนต้นทุนพลังงานดังแสดงในรูปที่ 1.6



รูปที่ 1.4 สัดส่วนการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์

### 1.2.2 อุตสาหกรรมแก้วและกระจก

อุตสาหกรรมแก้วและกระจกนั้น โดยส่วนมากจะเป็นโรงงานขนาดใหญ่ เนื่องจากในการหลอมกระจก จำเป็นต้องทำการหลอมอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้ลักษณะการผลิตเป็นแบบ 24 ชั่วโมง ซึ่งส่งผลต่อปริมาณการบริโภคพลังงานโดยตรง อุตสาหกรรมแก้วและกระจก จะแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม อุตสาหกรรมย่อย โดยการพิจารณาตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิต โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 1.2.2.1 อุตสาหกรรมกระจกแผ่นเรียบ

อุตสาหกรรมกระจกแผ่นเรียบ แบ่งได้เป็นการผลิตซีทกลาส (sheet glass) และโฟลทกลาส (float glass) มีลักษณะกระบวนการผลิตเป็นการผลิตแบบต่อเนื่อง ผลิตปริมาณมาก และมีอัตราการผลิตคงที่ เนื่องจากข้อจำกัดของการใช้งานของเตาหลอมที่จำเป็นต้องมีการทำงานอยู่ตลอดเวลา เพื่อรักษาอุณหภูมิของเตาหลอมให้คงที่ ซึ่งจะทำให้เกิดประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงที่สุด ส่วนการขึ้นรูปแผ่นกระจกนั้น นิยมใช้กันอยู่ 2 วิธี โดยวิธีแรก คือ การผลิตกระจกแบบซีท จะใช้วิธีดึงกระจกขึ้นตามแนวตั้ง มีลูกกลิ้งรีดแก้วหลอมออกเป็นแผ่นตามความหนาที่ต้องการ ทำให้กระจกที่ได้มีผิวเป็นคลื่นไม่ราบเรียบ ทำให้เมื่อขนาดกระจกที่ผลิตเพิ่มขึ้น ผิวกระจกจะมีความเรียบลดลง วิธีที่สอง คือ การผลิตกระจกแบบโฟลท แก้วหลอมถูกเทลงบนอ่างดีบุกเหลวขนาดความกว้างเท่าความกว้างกระจกแผ่น ซึ่งแก้วหลอมเมื่อถูกปล่อยลงบนอ่างดีบุก จะแผ่ออกเป็นแผ่นลอยบนผิวดีบุกเหลว แก้วแผ่นเหลวจะถูกดึงที่ขอบโดยลูกกลิ้งตามความยาว และปรับอัตราความเร็วของลูกกลิ้ง เช่น เมื่อดึงด้วยความเร็วสูงจะได้แก้วแผ่นหรือกระจกที่บางกว่ากระจกที่ถูกดึงด้วยความเร็วต่ำ จากนั้นกระจกแผ่นจะถูกลดอุณหภูมิเป็นลำดับในขณะที่เคลื่อนไปบนอ่างดีบุก หลังจากออกจากอ่างดีบุกกระจกจะผ่านกระบวนการ annealing เพื่อลดความเครียดในเนื้อกระจก จากนั้นกระจกจะถูกตัดออกตามความยาวที่ลูกค้าสั่งผลิต

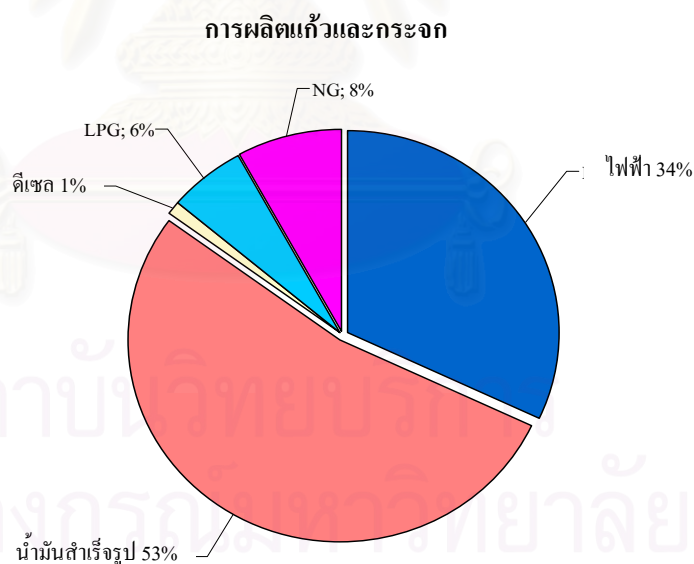
#### 1.2.2.2 อุตสาหกรรมขวดแก้ว

อุตสาหกรรมขวดแก้ว ในขั้นตอนการหลอม มีวิธีการผลิตคล้ายกับการผลิตกระจกแผ่น แต่จะแตกต่างกันในขั้นตอนของการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ แก้วหลอมเมื่อออกจากเตาหลอมแล้วจะไหลไปตามราง แล้วถูกตัดเป็นท่อนตามขนาดที่กำหนด สำหรับกระบวนการขึ้นรูปขวดแก้วที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมี 2 วิธีขึ้นอยู่กับลักษณะของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ Blow & Blow และ Press & Blow ถ้าผลิตภัณฑ์ประเภทปากเล็กกว่าตัว เช่น ภาชนะลักษณะเป็นขวดใช้กระบวนการขึ้นรูปแบบ Blow & Blow หรือแบบ Press & Blow โดยใช้ลมอัดเป่าเข้าแบบพิมพ์หรือการดันเพื่อดันแก้วหลอมพองตัวเป็นรูปตามแบบ จากนั้นนำไปตากแห้งและคัดเลือกผลิตภัณฑ์ขึ้นที่ไม่สมบูรณ์ หรือมีตำหนิออกเพื่อนำกลับไปหลอมใหม่

### 1.2.2.3 อุตสาหกรรมเครื่องแก้ว

อุตสาหกรรมเครื่องแก้ว การผลิตเครื่องแก้วที่ใช้บนโต๊ะอาหาร เครื่องใช้ในครัวและในอุปกรณ์ห้องน้ำ จึงมีกรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกันไปตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ ถ้าผลิตภัณฑ์เป็นภาชนะมีปากใหญ่กว่าตัวเช่นผลิตภัณฑ์ลักษณะคล้ายแก้วน้ำ แก้วหลอมเป็นท่อนถูกใส่ลงในเบ้า แล้วใช้ Plunger กดลงในเบ้าเพื่อดันแก้วหลอมขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ หรือถ้าผลิตภัณฑ์มีแบบที่ปากกว้างกว่ากัน อาจใช้การขึ้นรูปแบบ Press forming หรือถ้าชิ้นงานลักษณะคล้ายจานจะใช้การขึ้นรูปแบบ Spin forming

สำหรับการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมแก้วและกระจกนั้น จากข้อมูลของกระทรวงพลังงาน อุตสาหกรรม กระบวนการผลิตกระจกจะมีค่า SEC อยู่ที่ 10,400 MJ/ton ส่วนค่า SEC ของกระบวนการผลิตแก้วจะอยู่ที่ 18,600 MJ/ton ส่วนต้นทุนพลังงานของอุตสาหกรรมแก้วและกระจกนั้น มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 10-20 ของต้นทุนผลิตทั้งหมด เนื่องจากอุตสาหกรรมแก้วและกระจก ใช้พลังงานความร้อนเพื่อหลอมวัตถุดิบที่บรรจุในเบ้าหรืออ่าง ซึ่งเชื้อเพลิงที่ใช้เป็นประเภทน้ำมันเตา หรือในบางโรงงานที่อยู่ในแนวท่อก๊าซธรรมชาติ (NG) จะใช้เชื้อเพลิงประเภทก๊าซธรรมชาติ เนื่องจากให้พลังงานความร้อนเทียบเท่ากับน้ำมันเตา แต่มีราคาถูกกว่า ในรูปที่ 1.7 แสดงสัดส่วนต้นทุนพลังงานประเภทต่างๆ ที่อุตสาหกรรมกระจกและแก้วใช้



รูปที่ 1.5 สัดส่วนต้นทุนพลังงานในอุตสาหกรรมกระจกและแก้ว

### 1.2.3 อุตสาหกรรมเซรามิก

อุตสาหกรรมเซรามิกในประเทศไทย เป็นอุตสาหกรรมที่ใช้วัตถุดิบในประเทศเป็นส่วนใหญ่ ประกอบด้วยโรงงานทุกขนาด ตั้งแต่ขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก โดยเฉพาะโรงงานขนาดกลางและขนาดเล็กจะมีเป็นจำนวนมาก ซึ่งโรงงานเหล่านี้จะประสบปัญหาทางด้านความรู้และความเข้าใจในการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในด้านกระบวนการและด้านเทคโนโลยี

อุตสาหกรรมเซรามิก จะแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มอุตสาหกรรมย่อย โดยพิจารณาตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิต ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 1.2.3.1 อุตสาหกรรมเครื่องสุขภัณฑ์

ส่วนมากอุตสาหกรรมในกลุ่มนี้ จะเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ และมีปริมาณการผลิตสูง ลักษณะการผลิตส่วนมากเป็นการขึ้นรูปแบบ Slip casting เมื่อถอดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ จะปล่อยให้แห้งไว้ให้แห้ง จากนั้นทำการตกแต่ง และเคลือบ (Glazing) โดยการพ่นน้ำเคลือบบนชิ้นงาน ปล่อยให้แห้ง แล้วนำเข้าเตาเผา ซึ่งเตาเผามีหลายรูปแบบ เช่น เตาแบบอุโมงค์ (Tunnel kiln) เตาแบบลูกกลิ้ง (Roller kiln) และเตาแบบกระสวย (Shuttle kiln) ซึ่งเตาแต่ละชนิดจะมีความเหมาะสมในการใช้งาน และประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่แตกต่างกัน

#### 1.2.3.2 อุตสาหกรรมเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร

อุตสาหกรรมเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร แบ่งตามระดับคุณภาพออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ Fine and Bone China, Hotel ware และ Earthenware โดยคุณภาพของผลิตภัณฑ์กลุ่มแรกจะดีที่สุด และลดลงตามลำดับ ซึ่งระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะแปรผัน โดยตรงกับปริมาณพลังงานที่ใช้ (จำนวนครั้งของการเผา อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการเผา) ส่วนมากจะทำการขึ้นรูปด้วย Jigger โดยเนื้อดินที่ใช้จะอัดออกมาจากเครื่อง Extrusion ลักษณะเป็นแท่งทรงกระบอก จากนั้นนำมาตัดออกเป็นชิ้นตามขนาดที่กำหนด แล้วส่งไปขึ้นรูปโดยเนื้อดินจะถูกวางลงบนแบบที่หมุน และใช้ตัวกดที่มีหน้าตัด (Profile section) ตามลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ จากนั้น นำไปเข้ากระบวนการอบต่อไป

#### 1.2.3.3 อุตสาหกรรมกระเบื้องปูพื้น/บุผนัง

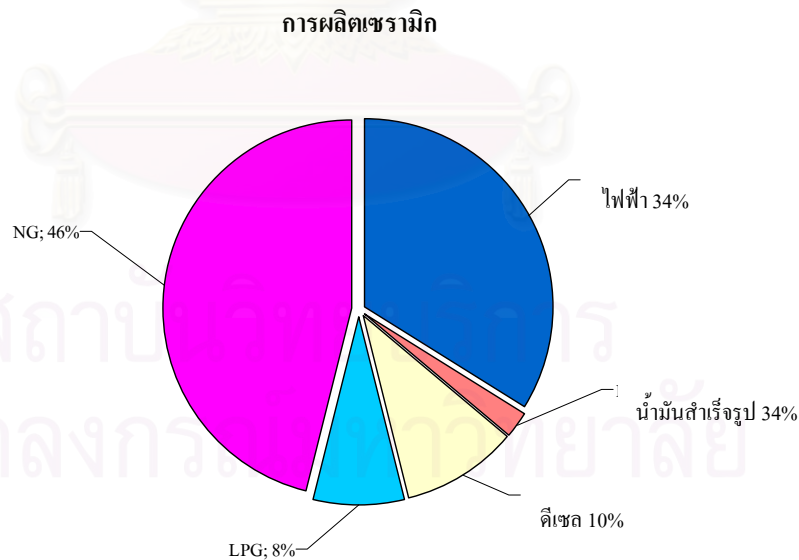
อุตสาหกรรมกระเบื้องปูพื้น/บุผนัง ส่วนมากเป็นโรงงานขนาดใหญ่ เนื่องจากเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตเป็นกระบวนการต่อเนื่อง กระบวนการผลิตกระเบื้องเซรามิก มีสองแบบ ได้แก่ การบดและผสมวัตถุดิบแบบแห้ง (Dry milling) ต้องใช้การขึ้นรูปแบบ Pressing หรือ Extrusion กระบวนการผลิตอีกแบบหนึ่งคือ การบดและผสมวัตถุดิบแบบเปียก (Wet Milling) จะใช้การขึ้นรูปแบบ Spray drying ส่วนการเผาอาจใช้

Tunnel kiln หรือ Roller Hearth kiln ซึ่งทั้งสองวิธีนี้จะมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่แตกต่างกัน แต่สำหรับการผลิตกระเบื้องในประเทศไทยส่วนมากจะใช้กระบวนการบดและผสมวัตถุดิบแบบเปียก

#### 1.2.3.4 อุตสาหกรรมลูกถ้วยไฟฟ้า

อุตสาหกรรมลูกถ้วยไฟฟ้า ผลิตโดยการขึ้นรูปเนื้อดินในลักษณะทรงกระบอก โดยการกระบวนการ Extrusion จากนั้นนำมาขึ้นรูปให้เป็นร่องด้วยการกลึง แล้วนำไปอบก่อนนำเข้าไปเผาในเตา ซึ่งส่วนมากใช้เตาเป็นลักษณะ Shuttle kiln

สำหรับการใช้พลังงานอุตสาหกรรมเซรามิกนั้น ปริมาณพลังงานที่ใช้ของกระบวนการผลิตเซรามิกจะขึ้นกับผลิตภัณฑ์ ซึ่งจากข้อมูลของกระทรวงพลังงานอุตสาหกรรม กระบวนการผลิตกระเบื้องมีค่า SEC อยู่ที่ 96 MJ/ตารางเมตร และค่า SEC ของกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์เท่ากับ 19,000 MJ/ton โดยที่มูลค่าการจำหน่ายของเซรามิกขึ้นกับประเภทของผลิตภัณฑ์ เช่น ผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องใช้บนโต๊ะอาหารที่มีมูลค่าสูง ส่งผลให้สัดส่วนมูลค่าพลังงานของผลิตภัณฑ์ดังกล่าว มีค่าประมาณร้อยละ 8 ของมูลค่าผลิตภัณฑ์ ส่วนผลิตภัณฑ์ประเภทกระเบื้องปูพื้น จะมีสัดส่วนมูลค่าพลังงานประมาณร้อยละ 16 – 20 เนื่องจากพลังงานความร้อนที่ใช้สำหรับเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกนั้น ต้องการความสะอาด อุตสาหกรรมจะใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติหรือก๊าซหุงต้ม สัดส่วนต้นทุนพลังงานการผลิตเซรามิกแสดงในรูปที่ 1.8



รูปที่ 1.6 สัดส่วนต้นทุนพลังงานอุตสาหกรรมเซรามิก ปี 2545

### 1.3 ลักษณะการรวบรวมข้อมูลการบริโภคพลังงานในปัจจุบัน

ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (พรบ.) พ.ศ. 2535 กำหนดให้อาคารหรือโรงงานควบคุม มีหน้าที่ต้องรายงานข้อมูลการผลิต และการใช้พลังงานต่อภาครัฐทุก 6 เดือน ตามแบบฟอร์ม บพอ.1 (สำหรับอาคารควบคุม) และ บพร.1 (สำหรับโรงงานควบคุม) โดยโรงงานในกลุ่มนี้จัดว่าเป็นผู้ใช้พลังงานรายใหญ่ เพราะมีสัดส่วนการใช้พลังงานสูงมากกว่าร้อยละ 50 ของการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมทั้งหมด

อาคารหรือโรงงานที่เข้าข่ายเป็นอาคารควบคุมหรือโรงงานควบคุมนั้น ต้องมีลักษณะการใช้พลังงานอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

1. ได้รับอนุมัติจากผู้จำหน่ายไฟฟ้าให้ติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ขึ้นไป หรือถ้าหากติดตั้งหม้อแปลงตัวเดียวหรือหลายตัวรวมกันมีขนาดตั้งแต่ 1,175 กิโลวัตต์แอมแปร์ขึ้นไป หรือ
2. มีการใช้พลังงานไฟฟ้า ความร้อนจากไอน้ำ หรือพลังงานสิ้นเปลืองอย่างใดอย่างหนึ่ง รวมกันตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ถึงวันที่ 31 ธันวาคมของปีที่ผ่านมา มีปริมาณพลังงาน เทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ 20 ล้านเมกะจูลขึ้นไป

จากเอกสารข้อเสนอแนะการอนุรักษ์พลังงานตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 สำหรับอาคารควบคุมและโรงงานควบคุม, 2548 ได้ระบุถึงการรวบรวมข้อมูล บพร.1 ไว้ว่า ในปัจจุบันหน่วยงานภาครัฐที่ทำหน้าที่รับผิดชอบโดยตรง เกี่ยวกับการดำเนินนโยบายทางด้านการใช้พลังงาน และเป็นศูนย์กลางในการรวบรวมข้อมูล บพร.1 คือ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) สังกัดกระทรวงพลังงาน ซึ่งการส่งรายงานการใช้พลังงาน (บพร.1) โดยจะส่งข้อมูลการใช้พลังงาน การอนุรักษ์พลังงานและผลการตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผน ให้กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานทุกๆ 6 เดือน ตามแบบ บพอ.1 (สำหรับอาคารควบคุม) และ แบบ บพร.1 (สำหรับโรงงานควบคุม) ครั้งแรกเป็นข้อมูลของเดือน มกราคม – มิถุนายน ให้ส่งภายในเดือนกรกฎาคม ครั้งที่สองเป็นข้อมูลของเดือน กรกฎาคม – ธันวาคม ให้ส่งภายในเดือนมกราคมของปีถัดไป

สำหรับการส่งข้อมูลนี้ โรงงานควบคุมจะต้องทำการกรอกแบบฟอร์มตาม บพอ.1/บพร.1 โดยแบบฟอร์มนี้ ได้แนบไว้ในภาคผนวกที่ 1 ซึ่งเนื้อหาข้อมูลในแบบ บพร.1 มีรายละเอียดที่สำคัญดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของอาคารควบคุมและโรงงานควบคุม ซึ่งได้แก่ สถานที่ตั้ง ระยะเวลาการทำงาน ประเภท/กิจการ ของอาคารและโรงงาน เป็นต้น

2. ข้อมูลการใช้ประโยชน์ในอาคารควบคุม เช่น ในโรงแรม ต้องระบุจำนวนห้องพักที่จำหน่ายในแต่ละเดือน หรือข้อมูลการผลิตสำหรับโรงงานควบคุม ในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา เป็นต้น
3. ข้อมูลการใช้พลังงานทุกประเภทที่ใช้ในอาคารควบคุมและโรงงานควบคุม ในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา
4. ข้อมูลการอนุรักษ์พลังงานและผลการตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมาย และแผนอนุรักษ์พลังงานที่เกิดขึ้นในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา

วิธีการส่งข้อมูลตามแบบ บพอ.1 และแบบ บพร.1 โรงงานควบคุมสามารถเลือกส่งได้หลายวิธีการ อาทิ ส่งด้วยตนเองที่ พพ. ส่งทางไปรษณีย์ลงทะเบียนตอบรับ ส่งทางโทรสารแล้วจึงส่งแบบฉบับจริง และส่งข้อมูลทางจดหมายอิเล็กทรอนิกส์แบบเข้ารหัสลับ โดยรายละเอียดของขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล บพร.1 และแบบฟอร์ม บพร.1 สามารถดูรายละเอียดได้ในภาคผนวก ก.

#### 1.4 ลักษณะการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานในปัจจุบัน

จากหัวข้อ 1.3 จะเห็นได้ว่าข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมของ บพร.1 เป็นเพียงข้อมูลการใช้พลังงานเบื้องต้น ซึ่งจะถูกส่งไปรวบรวมที่ฐานข้อมูลของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ถึงแม้จะมีการเพิ่มเติมในส่วนของระบบสารสนเทศสำหรับการสรุปค่าพลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption, SEC) ของแต่ละอุตสาหกรรม (นฤมล กิตติสุนทรวงศ์, 2544) โดยค่า SEC นี้ สามารถแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานต่อการผลิตผลิตภัณฑ์หนึ่งหน่วย แต่ก็ยังไม่เพียงพอต่อการนำไปวิเคราะห์และสรุปผล เพื่อให้เห็นถึงแนวโน้มและสาเหตุการเปลี่ยนแปลงการบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรม ซึ่งจำเป็นต้องการกำหนดนโยบายทางด้านพลังงานในอันดับต่อไป

เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการบริโภคพลังงาน (ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ และมานิจ ทองประเสริฐ, 2549) ระบุว่า จำเป็นต้องมีการกำหนดตัวชี้วัด (Indicators) เพื่อใช้เป็นฐานสำหรับการเปรียบเทียบ ซึ่งเรียกว่า ตัวชี้วัดประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency) ตัวชี้วัดที่นิยมใช้สำหรับการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการบริโภคพลังงาน คือ ตัวชี้วัดที่ใช้วัดค่าความเข้มพลังงาน (Energy Intensity) อันหมายถึง ค่าพลังงานที่ใส่ให้กับระบบหารด้วยผลได้ ซึ่งอาจเป็นปริมาณผลผลิตหรือมูลค่าทางเศรษฐกิจของผลได้

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าประสิทธิภาพพลังงานจะเป็นเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการบริโภคพลังงาน แต่ก็ยังมีปัจจัยอีกสองปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการบริโภคพลังงาน ปัจจัยทั้งสองได้แก่ ระดับการผลิต (Production level) และ โครงสร้างการผลิต / ส่วนผสมการผลิต (Structural Change / Products Mix)



การวิเคราะห์ความเข้มพลังงาน มีวิธีการวิเคราะห์หลายรูปแบบ ซึ่งในปัจจุบันนิยมวิเคราะห์ในรูปแบบของดัชนี โดยประยุกต์มาจากดัชนีราคา ได้แก่ ตัวชี้วัดลาสเปร์ (Laspeyres) และตัวชี้วัดดิวิเซีย (Divisia) นอกจากนี้การวิเคราะห์อาจจะเป็นการเปรียบเทียบระหว่างปี (Period wise) หรือเป็นแบบช่วงเวลา (Time Series) ดังนั้น การเลือกดัชนีที่เหมาะสมในการวิเคราะห์จึงเป็นส่วนที่สำคัญของการวิเคราะห์หาสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงปริมาณการบริโภคพลังงาน

### 1.5 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมโลหะ และจัดทำระบบฐานข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของการบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมโลหะ

### 1.6 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลการใช้พลังงาน และข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ อันประกอบไปด้วย ข้อมูลด้านการผลิต ข้อมูลด้านมูลค่าสินค้า และข้อมูลการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมโลหะ
2. ทำการศึกษา และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมโลหะ โดยใช้ดัชนีแบบถ่วงน้ำหนัก ทำการเปรียบเทียบกันระหว่างคู่ปี ทั้งนี้ข้อมูลการตรวจวัดของอุตสาหกรรมส่วนดังกล่าว ได้มาจากการเข้าศึกษาจากโรงงานตัวอย่างจำนวน 30 โรงงาน และจากข้อมูลรายงานการใช้พลังงานของโรงงานควบคุมตามแบบฟอร์ม บพร.1
3. จัดทำระบบฐานข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมโลหะ

### 1.7 ผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผลการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมโลหะ อันประกอบไปด้วย
  - 1.1. ผลการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน
  - 1.2. ผลการวิเคราะห์ความเข้มพลังงาน
  - 1.3. ผลการวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงาน
2. ระบบการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานซึ่งประกอบด้วย
  - 2.1. ระบบฐานข้อมูล
  - 2.2. โปรแกรมส่วนติดต่อผู้ใช้งาน
  - 2.3. คู่มือการใช้งาน
3. แนวทางสำหรับการพิจารณาผลการบริโภคพลังงาน และข้อเสนอแนะในการดำเนินการ

## 1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแหล่งข้อมูลสำหรับการศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรม
2. สามารถวิเคราะห์แนวโน้มการบริโภคพลังงานในภาพรวมได้อย่างรวดเร็ว ทำให้สามารถวางแผนการดำเนินงานนโยบายได้ในระยะเวลาอันสั้น
3. สามารถนำขั้นตอนและแนวทางในการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน ไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมประเภทอื่นได้

## 1.9 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาลักษณะการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมอโลหะในปัจจุบัน ซึ่งประกอบด้วย อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ อุตสาหกรรมแก้วและกระจก และอุตสาหกรรมเซรามิก
2. รวบรวมข้อมูลที่เป็นสำหรับการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน
3. วิเคราะห์ลักษณะข้อมูลที่มีในปัจจุบัน และพิจารณาแนวทางการจัดเก็บข้อมูลที่เหมาะสม
4. พิจารณาแนวทางการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานที่เหมาะสม ตามลักษณะข้อมูล และลักษณะของอุตสาหกรรม
5. ออกแบบและจัดทำระบบฐานข้อมูล รวมทั้งโปรแกรมส่วนติดต่อผู้ใช้งาน
6. ทดสอบระบบการประมวลผลของผลระบบการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน
7. จัดทำคู่มือการติดตั้งและการใช้งาน โปรแกรม รวมทั้งคู่มือการอ่านผลการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน
8. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ
9. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

## 1.10 ระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอน	ระยะเวลาดำเนินงาน (เดือน)																																							
	มิ.ย. 50				ก.ค. 50				ส.ค. 50				ก.ย. 50				ต.ค. 50				พ.ย. 50				ธ.ค. 50				ม.ค. 51				ก.พ. 51				มี.ค. 51			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1. ระยะเวลาศึกษาและรวบรวมข้อมูล	■	■	■	■																																				
2. วิเคราะห์ลักษณะข้อมูล					■	■	■	■																																
3. ศึกษาและพิจารณาการวิเคราะห์พลังงาน									■	■	■	■	■	■	■	■																								
4. ออกแบบและจัดทำระบบฐานข้อมูล																	■	■	■	■	■	■	■	■																
5. ทดสอบระบบการประมวลผล																									■	■	■	■												
6. จัดทำคู่มือการติดตั้งและการใช้งานโปรแกรม																													■	■	■	■	■	■	■	■				
7. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์																																	■	■	■	■				

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

##### 2.1.1 การบริโภคพลังงาน

จากเอกสารโครงการในอุตสาหกรรม อาจจำแนกการบริโภคพลังงานเป็นสองส่วน คือ การบริโภคพลังงานเพื่อการผลิต และการบริโภคพลังงานเพื่อการบริหารจัดการ ในขณะที่การบริโภคพลังงานสำหรับการบริหารจัดการจะเป็นเรื่องของการใช้พลังงานในส่วนของสำนักงาน ซึ่งไม่ค่อยจะสัมพันธ์โดยตรงกับกิจกรรมการผลิต ในส่วนของการบริโภคพลังงานเพื่อการผลิตจะมีความผันแปรของปริมาณพลังงานที่ใช้ตาม ระดับของการผลิต (Production Level) ซึ่งหมายถึง ปริมาณการผลิต ณ ช่วงเวลานั้น ๆ เมื่อผลิตมากก็ย่อมต้องการใช้พลังงานมาก นอกจากนั้นยังผันแปรตาม โครงสร้างการผลิต (Production Structure / Product Mix) ซึ่งหมายถึง ส่วนผสมของสินค้าที่ผลิต ทั้งนี้เพราะในแต่ละอุตสาหกรรมไม่ได้ผลิตสินค้าเพียงอย่างเดียว แต่ผลิตสินค้าหลายชนิด หลายรุ่น ซึ่งแต่ละชนิด/รุ่น ต้องการปริมาณพลังงานในการผลิตไม่เท่ากัน และสุดท้ายปริมาณพลังงานยังผันแปรตามความเข้มพลังงาน ซึ่งเป็นผลมาจากประสิทธิภาพพลังงานของอุปกรณ์การผลิตและประสิทธิภาพการบริหารจัดการผลิต ดังนั้น ปัจจัยที่ทำให้เกิดความผันแปรของปริมาณการบริโภคพลังงานซึ่งประกอบด้วย

- ระดับการผลิต
- โครงสร้างการผลิต
- ความเข้มพลังงาน

เพื่อให้ทราบว่า การผันแปรของการบริโภคพลังงานในอุตสาหกรรม ณ ช่วงเวลาหนึ่ง ๆ เป็นผลหรืออิทธิพลมาจากปัจจัยตัวใด จึงควรมีการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน ซึ่งเป็นวิธีการแยกส่วนของพลังงานออกตามปัจจัยทั้งสาม

##### 2.1.2 ความเข้มพลังงาน

ความเข้มพลังงาน หมายถึง ปริมาณพลังงานที่ต้องการใช้เพื่อให้ได้มาซึ่งผลผลิตหรือบริการ 1 หน่วย หน่วยของผลผลิตหรือบริการอาจอยู่ในรูปของหน่วยทางกายภาพ (Physical Unit) เช่น 1 ตัน ฯลฯ หรืออยู่ในรูปของมูลค่าทางเศรษฐกิจ เช่น .....บาท , 1,000 บาท ฯลฯ นอกจากนั้นมูลค่าทางเศรษฐกิจ อาจอยู่ในรูปของมูลค่าต่าง ๆ เช่น มูลค่าผลผลิต (Value of Production) มูลค่าการขนส่ง (Value of

Shipments) มูลค่าเพิ่ม (Value Added) ฯลฯ ดังนั้น ค่าความเข้มพลังงานในอุตสาหกรรมหรือใน Sector อื่น ๆ (ขนส่ง, ธุรกิจ, ที่พักอาศัย) จะมีได้หลายค่าแล้วแต่จะอธิบายการบริโภคพลังงาน เมื่อให้ ได้ผลผลิตในมูลค่าหรือปริมาณใด ดังเช่น สหรัฐอเมริกา มีการกำหนดตัวชี้วัดความเข้มพลังงานของ ภาคอุตสาหกรรม (Manufacturing Sector) หลายรูปแบบดังนี้

- ◆ Energy / Gross Output
- ◆ Energy / Industrial Production
- ◆ Energy / Value Added
- ◆ Energy / Gross Production Originating
- ◆ Energy / Value of Shipments
- ◆ Energy / Value of Production
- ◆ Energy / Adjusted – Capacity Value of Production

สำหรับการเปรียบเทียบความเข้มพลังงานระหว่างประเทศ จะใช้เป็น Energy / GDP (Gross Domestic Product)

โดยเหตุที่การคำนวณหาความเข้มพลังงาน ตั้งแต่ระดับกลุ่มอุตสาหกรรมจนถึง ระดับประเทศ จำเป็นต้องมีข้อมูลด้านผลผลิต/ บริการในระดับมหภาค ซึ่งต้องใช้เวลาในการเก็บ รวบรวมและประมวล จึงทำให้ความเข้มพลังงานที่ได้จะเป็นค่าในอดีต ความล่าช้าของการได้มาซึ่ง ตัวชี้วัดนี้อยู่ที่ความล่าช้าในการรวบรวมและประมวลปริมาณและมูลค่าของผลผลิต/ บริการ สำหรับแต่ละ โรงงานค่าความเข้มพลังงานสามารถหาได้เร็วกว่าความเข้มพลังงานในระดับอุตสาหกรรม โดยเฉพาะเมื่อคำนวณเทียบปริมาณพลังงานที่ใช้กับปริมาณการผลิต

ในการกำหนดเป้าหมายสำหรับการลดค่าความเข้มพลังงาน ซึ่งเป็นการพัฒนาประสิทธิภาพ พลังงาน การใช้ค่าความเข้มพลังงานในหน่วยของปริมาณพลังงานต่อปริมาณผลผลิตเป็นที่นิยมใช้ทั้ง ในระดับโรงงาน, อุตสาหกรรมและกลุ่มอุตสาหกรรม ทั้งนี้เพราะการใช้ปริมาณผลผลิตเป็นตัวเทียบจะ ให้ภาพที่ชัดเจนทางวิศวกรรมศาสตร์ว่า การผลิตมีการบริโภคพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ ในขณะที่การเทียบกับมูลค่าทางเศรษฐกิจมีความแปรผันของกลไกทางการตลาดของผลผลิตนั้น ๆ ที่ ไม่อาจควบคุมได้เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย จึงทำให้การลดลงของความเข้มพลังงานอาจไม่ใช่เป็นผลจากการ ผลิตที่มีประสิทธิภาพทางพลังงาน แต่อาจมาจากราคาของผลผลิตที่เพิ่มสูงขึ้น

เมื่อมีการกำหนดค่าความเข้มพลังงานในหน่วยของปริมาณพลังงานต่อปริมาณผลผลิต ทำให้ เกิดความสับสนระหว่างตัวชี้วัดประสิทธิภาพพลังงานอีกตัวหนึ่ง คือ ค่าการบริโภคพลังงานเฉพาะ (Specific Energy Consumption – SEC) ซึ่งคำนวณด้วยปริมาณพลังงานต่อปริมาณผลผลิตเช่นเดียวกัน

ความแตกต่างระหว่างความเข้มพลังงานกับ SEC อธิบายได้ว่า SEC ก็คือ ความเข้มพลังงานในระดับกระบวนการผลิต โดยที่ในโรงงานอาจมีการผลิตผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น โรงงานปั่นด้าย อาจมีการผลิตทั้งด้ายทอและด้ายเย็บ SEC ของการปั่นด้ายทออาจเป็น 30,000 MJ/ตัน และ SEC ของการปั่นด้ายเย็บ อาจเป็น 60,000 MJ/ตัน (MJ = Mega joules) ถ้ามีผลิตด้ายทอ 50% และด้ายเย็บ 50% ค่าความเข้มพลังงานของโรงงานนี้ จะเป็น  $(30,000)(0.5) + (60,000)(0.5)$  ซึ่งเท่ากับ 45,000 MJ/ตัน แต่ถ้ามีการเปลี่ยนโครงสร้างการผลิต เช่น เปลี่ยนไปผลิตด้ายทอ 40% และด้ายเย็บ 60% ค่าความเข้มพลังงานจะเปลี่ยนไปเป็น  $(30,000)(0.4) + (60,000)(0.6)$  ซึ่งเท่ากับ 48,000 MJ/ตัน

จากความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในแต่ละโรงงาน และอุตสาหกรรม ทำให้ค่าความเข้มพลังงานที่แต่ละช่วงเวลามีความแตกต่างกันขึ้นกับโครงสร้างการผลิต ดังนั้นเมื่อมีการคำนวณค่าความเข้มพลังงานจากข้อมูลที่เกี่ยวข้องรวมมาแล้ว จึงต้องมีการวิเคราะห์เพื่อดูว่ามีการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มพลังงานที่เกิดขึ้นนั้น เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลง SEC (ระดับโรงงาน) / ความเข้มพลังงาน (ระดับอุตสาหกรรม) หรือเป็นเพราะการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างการผลิต

### 2.1.3 การวิเคราะห์แยกส่วนพลังงานโดยใช้ดัชนี (Index Decomposition Analysis)

ในการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน ได้มีการวิจัยพัฒนาวิธีการในการวิเคราะห์หลากหลายวิธีการ ซึ่งสมการหลักของการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานแยกตามปัจจัยทั้ง 3 จะเป็นดังสมการที่ 2.1 ซึ่งถูกนำเสนอไว้ในงานวิจัยของ Boyd et al, Hankinson และ Rhys, Lui et al, Par K และ Reitler et al

$$\Delta E_{tot} = \Delta E_{pdn} + \Delta E_{str} + \Delta E_{int} + residual \quad (2.1)$$

เมื่อ  $\Delta E_{tot}$  = การเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรม  
 $\Delta E_{pdn}$  = การเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานจากอิทธิพลของการเปลี่ยนระดับการผลิต  
 $\Delta E_{str}$  = การเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานจากอิทธิพลของการเปลี่ยนโครงสร้างการผลิต  
 $\Delta E_{int}$  = การเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานจากอิทธิพลของการเปลี่ยนความเข้มพลังงาน  
 Residual = ค่าส่วนตกค้าง

โดยค่าทางซ้ายมือของสมการคือ ค่าพลังงานที่เปลี่ยนแปลงไปในภาพรวมของอุตสาหกรรม ส่วนค่าผลรวมทางขวามือของสมการคือผลของการเปลี่ยนแปลงการบริโภคพลังงานที่เกิดขึ้นจากระดับการผลิต โครงสร้างการผลิต และความเข้มพลังงาน และค่าส่วนตกค้างคือส่วนต่างของปริมาณการบริโภคพลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมกับผลรวมของค่าอิทธิพลจากทั้ง 3 ปัจจัยดังที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น

สำหรับการวิเคราะห์แยกส่วนการบริโภคพลังงานนี้ ในต่างประเทศได้มีผู้ทำการศึกษาวิจัยไว้เป็นจำนวนมาก จึงมีแนวทางในการวิเคราะห์ที่หลากหลาย ซึ่งในงานวิจัยของ B.W.Ang และ S.Y.Lee ได้ทำการรวบรวมบางวิธีการวิเคราะห์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยได้สรุปว่า ดัชนีทางเศรษฐศาสตร์ที่นิยมนำมาใช้เพื่อวิเคราะห์การบริโภคพลังงานมีอยู่สองดัชนี คือ ดัชนีดิวิเซีย (Divisia Index) และดัชนีลาสเปร์รี่ (Laspeyres Index)

กำหนดให้	$E_t$	=	ปริมาณการบริโภคพลังงานของทั้งอุตสาหกรรม
	$E_{i,t}$	=	ปริมาณการบริโภคพลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรม i
	$Y_t$	=	ปริมาณการผลิตของทั้งอุตสาหกรรม
	$Y_{i,t}$	=	ปริมาณการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรม i
	$S_{i,t}$	=	สัดส่วนการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรม i = $Y_{i,t}/Y_t$
	$I_t$	=	ความเข้มพลังงานโดยรวมของทั้งอุตสาหกรรม = $E_t/Y_t$
	$I_{i,t}$	=	ความเข้มพลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรม i = $E_{i,t}/Y_{i,t}$

สมการความเข้มพลังงานรวมของอุตสาหกรรม i

$$I_t = \sum_i S_{i,t} I_{i,t} \quad (2.2)$$

สมการการแยกส่วนโดยวิธีการคูณ

$$D_{tot} = \frac{I_t}{I_0} = D_{str} D_{int} \quad (2.3)$$

สมการการแยกส่วนโดยวิธีการบวก

$$\Delta I_{tot} = I_t - I_0 = \Delta I_{str} + \Delta I_{int} \quad (2.4)$$

### 2.1.3.1 การวิเคราะห์แยกส่วนด้วยดัชนีลาสเปร์รี่

การใช้ดัชนีลาสเปร์รี่วิเคราะห์ค่าการเปลี่ยนแปลงพลังงาน ทำโดยการกำหนดให้ปัจจัยอื่นๆ นอกจากโครงสร้างการผลิตและความเข้มพลังงานคงที่เท่ากับปีฐาน

สมการการแยกส่วนโดยวิธีการคูณของดัชนีลาสเปร์รี่ เมื่ออ้างอิงจากสมการที่ 2.2 และ 2.3 เป็นดังนี้

$$D_{str} = \frac{\sum_i S_{i,t} I_{i,0}}{\sum_i S_{i,0} I_{i,0}} \quad (2.5)$$

$$D_{\text{int}} = \frac{\sum_i S_{i,0} I_{i,t}}{\sum_i S_{i,0} I_{i,0}} \quad (2.6)$$

$$D_{\text{rsd}} = \frac{D_{\text{tot}}}{D_{\text{str}} D_{\text{int}}} \quad (2.7)$$

สมการการแยกส่วน โดยวิธีการคูณของดัชนีลาสเปร์ เมื่ออ้างอิงจากสมการที่ 2.2 และ 2.4 เป็นดังนี้

$$\Delta I_{\text{str}} = \sum_i S_{i,t} I_{i,0} - \sum_i S_{i,0} I_{i,0} \quad (2.8)$$

$$\Delta I_{\text{int}} = \sum_i S_{i,0} I_{i,t} - \sum_i S_{i,0} I_{i,0} \quad (2.9)$$

$$\Delta I_{\text{rsd}} = \Delta I_{\text{tot}} - \Delta I_{\text{str}} - \Delta I_{\text{int}} \quad (2.10)$$

นอกจากนี้ยังมีนักวิจัยบางกลุ่มได้ใช้หลักการการเปลี่ยนแปลงร้อยละ (Percentage change) กับสมการที่ 2.8 – 2.10 เช่น Golove and Schipper, Schipper et al. และ Farla et al. โดยการนำ  $I_0$  ไปหารสมการทั้งสองข้าง จะได้สมการใหม่เป็น

$$\frac{\Delta I_{\text{str}}}{I_0} = \frac{\sum_i S_{i,t} I_{i,0}}{\sum_i S_{i,0} I_{i,0}} - 1 = D_{\text{str}} - 1 \quad (2.11)$$

$$\frac{\Delta I_{\text{int}}}{I_0} = \frac{\sum_i S_{i,0} I_{i,t}}{\sum_i S_{i,0} I_{i,0}} - 1 = D_{\text{int}} - 1 \quad (2.12)$$

$$\frac{\Delta I_{\text{rsd}}}{I_0} = \frac{\Delta I_{\text{tot}}}{I_0} - \frac{\Delta I_{\text{str}}}{I_0} - \frac{\Delta I_{\text{int}}}{I_0} \quad (2.13)$$

ถึงแม้วิธีนี้จะสะดวกในการใช้งาน แต่กลับให้ค่าส่วนตกค้างสูง ดังนั้นจึงมีผู้ปรับปรุงสมการนี้ โดยเรียกว่า Refined Laspeyres index method โดยมีสมการดังต่อไปนี้

$$\Delta I_{\text{tot}} = \sum_i S_{i,t} I_{i,0} - \sum_i S_{i,0} I_{i,0} = \sum_i (S_{i,t} - S_{i,0}) I_{i,0} + \sum_i (I_{i,t} - I_{i,0}) S_{i,0} + \sum_i (S_{i,t} - S_{i,0}) (I_{i,t} - I_{i,0})$$

โดยจะกระจายค่าตกค้างไปที่ทั้งสองเทอมเท่าๆกัน จะได้สมการใหม่เป็น

$$\Delta I_{\text{str}} = \sum_i (S_{i,t} - S_{i,0}) I_{i,0} + \frac{1}{2} \sum_i (S_{i,t} - S_{i,0}) (I_{i,t} - I_{i,0}) \quad (2.14)$$

$$\Delta I_{\text{int}} = \sum_i (I_{i,t} - I_{i,0}) S_{i,0} + \frac{1}{2} \sum_i (S_{i,t} - S_{i,0}) (I_{i,t} - I_{i,0}) \quad (2.15)$$

ทั้งนี้ Refined Laspeyres index มีสำหรับการวิเคราะห์แบบผลบวกเท่านั้น



### 2.1.3.2 การวิเคราะห์แยกส่วนด้วยดัชนีดีวีเซีย

Ang และ Lee (1994) ได้นำเสนอวิธีการใช้ดัชนีดีวีเซียแบบค่าพารามิเตอร์ (Parametric Divisia method) โดยได้สมการสำหรับการแยกส่วนพลังงานสองสมการ โดยกำหนดตัวแปรดังต่อไปนี้

กำหนดให้	$E_k$	=	ปริมาณการบริโภคพลังงานของทั้งอุตสาหกรรม
	$E_{i,k}$	=	ปริมาณการบริโภคพลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรม i
	$Y_k$	=	ปริมาณการผลิตของทั้งอุตสาหกรรม
	$Y_{i,k}$	=	ปริมาณการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรม i
	$S_{i,k}$	=	สัดส่วนการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรม i = $Y_{i,k}/Y_k$
	$I_k$	=	ความเข้มพลังงานโดยรวมของทั้งอุตสาหกรรม = $E_k/Y_k$
	$I_{i,k}$	=	ความเข้มพลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรม i = $E_{i,k}/Y_{i,k}$
	k	=	ปีที่ทำการศึกษา

วิธีการดัชนีดีวีเซียค่าพารามิเตอร์แบบที่ 1 (Parametric Divisia method 1, PDM1)

$$\Delta E_{pdn} = [E_0 + \alpha(E_t - E_0)] \ln(Y_t/Y_0) \quad (2.16)$$

$$\Delta E_{str} = [E_{i,0} + \beta_i(E_{i,t} - E_{i,0})] \ln(S_{i,t}/S_{i,0}) \quad (2.17)$$

$$\Delta E_{int} = [E_{i,0} + \tau_i(E_{i,t} - E_{i,0})] \ln(I_{i,t}/I_{i,0}) \quad (2.18)$$

วิธีการดัชนีดีวีเซียค่าพารามิเตอร์แบบที่ 2 (Parametric Divisia method 2, PDM2)

$$\Delta E_{pdn} = [I_0 + \alpha(I_t - I_0)](Y_t - Y_0) \quad (2.19)$$

$$\Delta E_{str} = \sum [I_{i,0}Y_0 + \beta_i(I_{i,t}Y_t - I_{i,0}Y_0)](S_{i,t} - S_{i,0}) \quad (2.20)$$

$$\Delta E_{int} = \sum [Y_{i,0} + \tau_i(Y_{i,t} - Y_{i,0})](I_{i,t} - I_{i,0}) \quad (2.21)$$

เมื่อ  $0 \leq \alpha, \beta$  และ  $\tau_i \leq 1$

ซึ่งค่าพารามิเตอร์นี้สามารถกำหนดให้เป็นค่าถ่วงน้ำหนักค่าตัวแปรของปีฐานและปีที่วิเคราะห์ในการแยกส่วนพลังงานได้ ซึ่งการกำหนดน้ำหนักและพารามิเตอร์ที่แตกต่างกัน จะทำให้ได้วิธีการวิเคราะห์แยกส่วนการบริโภคพลังงานที่แตกต่างกันดังต่อไปนี้

1. วิธีการดัชนีดีวีเซียค่าพารามิเตอร์แบบที่ 1 โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์แบบดัชนีลาสเปร์ (Laspeyres-based parametric Divisia method 1, LAS-PDM1) กำหนดค่าพารามิเตอร์  $\alpha = \beta_i = \tau_i = 0$  ให้กับสมการที่ 2.16 – 2.18 จะได้สมการดังต่อไปนี้

$$\Delta E_{pdn} = E_0 \ln(Y_t/Y_0) \quad (2.22)$$

$$\Delta E_{str} = E_{i,0} \ln(S_{i,t}/S_{i,0}) \quad (2.23)$$

$$\Delta E_{\text{int}} = E_{i,0} \ln(I_{i,t}/I_{i,0}) \quad (2.24)$$

ในกรณีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในลักษณะนี้ จะได้สมการรูปแบบเดียวกับการวิเคราะห์แยกส่วนพลังงานแบบดัชนีลาสเปร์ เนื่องจากค่าทั้งหมดจะถูกกำหนดไว้ที่ปีฐาน

2. วิธีการดัชนีดีวิเซียค่าพารามิเตอร์แบบที่ 1 โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์แบบค่าเฉลี่ย (Simple average parametric Divisia method 1, AVE-PDM1) กำหนดค่าพารามิเตอร์  $\alpha = \beta_i = \tau_i = 0.5$  ให้กับสมการที่ 2.16 – 2.18 จะได้สมการดังต่อไปนี้

$$\Delta E_{\text{pdn}} = 0.5(E_0 + E_t) \ln(Y_t/Y_0) \quad (2.25)$$

$$\Delta E_{\text{str}} = 0.5 \sum (E_{i,0} + E_{i,t}) \ln(S_{i,t}/S_{i,0}) \quad (2.26)$$

$$\Delta E_{\text{int}} = 0.5 \sum (E_{i,0} + E_{i,t}) \ln(I_{i,t}/I_{i,0}) \quad (2.27)$$

สมการที่ 11-13 นี้ได้ถูกนำเสนอโดย Boyd et al ซึ่งการกำหนดค่าพารามิเตอร์จะกำหนดให้เท่ากับ 0.5 ให้กับทั้งปีฐานและปีที่วิเคราะห์

3. วิธีการดัชนีดีวิเซียค่าพารามิเตอร์แบบที่ 2 โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์แบบดัชนีลาสเปร์ (Laspeyres-based parametric Divisia method 2, LAS-PDM2) กำหนดค่าพารามิเตอร์  $\alpha = \beta_i = \tau_i = 0$  ให้กับสมการที่ 2.19 – 2.21 จะได้สมการดังต่อไปนี้

$$\Delta E_{\text{pdn}} = \sum Y_t S_{i,0} I_{i,0} - E_0 \quad (2.28)$$

$$\Delta E_{\text{str}} = \sum Y_0 S_{i,t} I_{i,0} - E_0 \quad (2.29)$$

$$\Delta E_{\text{int}} = \sum Y_{i,0} S_{i,0} I_{i,t} - E_0 \quad (2.30)$$

สมการในรูปแบบนี้ได้ถูกนำเสนอโดย Park และ Hankinson and Rhys เมื่อค่า  $Y_t$  และ  $S_{i,t}$  มีค่าใกล้เคียงกับ  $Y_0$  และ  $S_{i,0}$

4. วิธีการดัชนีดีวิเซียค่าพารามิเตอร์แบบที่ 1 โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์แบบค่าเฉลี่ย (Simple average parametric Divisia method 2, AVE-PDM2) กำหนดค่าพารามิเตอร์  $\alpha = \beta_i = \tau_i = 0.5$  ให้กับสมการที่ 2.19 – 2.21 จะได้สมการดังต่อไปนี้

$$\Delta E_{\text{pdn}} = 0.5(I_t - I_0)(Y_t - Y_0) \quad (2.31)$$

$$\Delta E_{\text{str}} = 0.5 \sum [I_{i,0} Y_0 + I_{i,t} Y_t] (S_{i,t} - S_{i,0}) \quad (2.32)$$

$$\Delta E_{\text{int}} = 0.5 \sum (Y_{i,t} - Y_{i,0})(I_{i,t} - I_{i,0}) \quad (2.33)$$

Reiter et al. ได้นำเสนอสมการที่คล้ายกับสมการชุดนี้ แต่ต่างกันตรงที่  $\Delta E_{\text{str}}$  ของ Reiter จะรวมค่าส่วนตกค้าง คือ  $\Delta E_{\text{str}}(\text{Reiter}) = \Delta E_{\text{str}}$  (ในสมการที่ 2.32) + Residual (ในสมการที่ 2.1)

5. วิธีการดัชนีดีวิเซียค่าพารามิเตอร์โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์แบบปรับตามระดับการผลิตและระดับการบริโภคพลังงานที่เกิดขึ้นจริงของกลุ่มที่ทำการเปรียบเทียบ (Adaptive weighting parametric

Divisia method, AWT-PDM) โดยค่าพารามิเตอร์  $\alpha, \beta, \tau$  จะได้จากการนำ สมการที่ (2.16) = (2.19), (2.17) = (2.20) และ (2.18) = (2.21) ซึ่งจะได้ค่าพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

$$\alpha = \frac{I_0(Y_t - Y_0) - E_0 \ln(Y_t/Y_0)}{(I_0 - I_t)(Y_t - Y_0) - (E_0 - E_t) \ln(Y_t/Y_0)} \quad (2.34)$$

$$\beta = \frac{I_{i,0}Y_0(S_{i,t} - S_{i,0}) - E_{i,0} \ln(S_{i,t}/S_{i,0})}{(I_{i,0}Y_0 - I_{i,t}Y_t)(S_{i,t} - S_{i,0}) - (E_{i,0} - E_{i,t}) \ln(S_{i,t}/S_{i,0})} \quad (2.35)$$

$$\tau_i = \frac{Y_{i,0}(I_{i,t} - I_{i,0}) - E_{i,0} \ln(I_{i,t}/I_{i,0})}{(Y_{i,0} - Y_{i,t})(I_{i,t} - I_{i,0}) - (E_{i,0} - E_{i,t}) \ln(I_{i,t}/I_{i,0})} \quad (2.36)$$

ซึ่งเมื่อทำการทดลองนำไปคำนวณหาค่าความเปลี่ยนแปลงการบริโภคพลังงานตามแต่ละปัจจัย โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ของทั้ง 5 วิธีการ ในการวิเคราะห์ข้อมูลชุดเดียวกัน ได้ผลสรุปว่า การใช้ดัชนีลาสแปรกับชุดสมการดัชนีดิวิเซียทั้งสองแบบให้ค่าส่วนตกร้างสูงกว่าวิธีการอื่น โดย LAS-PDM1 เป็นวิธีการที่เกิดค่าส่วนตกร้างมากที่สุด นอกจากนี้ LAS-PDM1 ยังให้ค่าวิเคราะห์พจน์การเปลี่ยนแปลงพลังงานเนื่องจากปริมาณการผลิต ( $\Delta E_{pdn}$ ) ต่ำกว่าวิธีอื่นๆ ส่วนวิธีการที่ดีที่สุดคือ AWT-PDM ซึ่งให้ค่าส่วนตกร้างต่ำที่สุด และผลที่วิเคราะห์ได้นั้นไม่ได้เป็นค่าต่ำสุดหรือสูงสุด (extreme cases) นอกจากนี้ งานวิจัยนี้ยังสรุปว่า หากช่วงปีที่น่ามาเทียบเคียงกันมีระยะเวลาห่างกันมาก อาจเกิดการผันผวน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณการบริโภคพลังงานและรูปแบบการผลิตที่มีความแตกต่างกันมาก

ในยุคต่อมา Ang et al. ได้นำเสนอวิธีการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานโดยใช้ดัชนีดิวิเซียค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean Divisia index)

$$d \ln(I_t) / dt = \sum_i \omega_i [d \ln(S_{i,t}) / dt + d \ln(I_{i,t}) / dt] \quad (2.37)$$

เมื่อ  $\omega_i = E_{i,t} / E_t$  หมายถึงสัดส่วนการใช้พลังงานของอุตสาหกรรม  $i$  ซึ่งคือค่าถ่วงน้ำหนักของอุตสาหกรรมในการรวม โดยเมื่อทำการอินทิเกรตสมการที่ 13 จาก 0 ถึง  $t$  จะได้สมการที่ 14

$$\ln(I_t / I_0) = \int_0^t \sum_i \omega_i \left[ \frac{d \ln(S_{i,t})}{dt} \right] + \int_0^t \sum_i \omega_i \left[ \frac{d \ln(I_{i,t})}{dt} \right] \quad (2.38)$$

จากนั้นนำไปยกกำลังจะได้สมการในรูปของการคูณในรูปของ  $D_{tot} = D_{str} D_{int}$  เมื่อ

$$D_{str} = \exp \left\{ \int_0^t \sum_i \omega_i \left[ \frac{d \ln(S_{i,t})}{dt} \right] \right\} \quad (2.39)$$

$$D_{int} = \exp \left\{ \int_0^t \sum_i \omega_i \left[ \frac{d \ln(I_{i,t})}{dt} \right] \right\} \quad (2.40)$$

เนื่องจากข้อมูลที่น่ามาพิจารณานั้นเป็นข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete data) ดังนั้นฟังก์ชันน้ำหนักจึงเป็นค่าประมาณจากการใช้หัชคณิตเลขคณิต (arithmetic mean) ของปีฐานและปีที่  $t$  จะได้สมการใหม่ของ 15 และ 16 เป็น

$$D_{str} = \exp \left\{ \int_0^t \sum_i \left( \frac{\omega_{i,t} + \omega_{i,0}}{2} \right) \ln \left( \frac{S_{i,t}}{S_{i,0}} \right) \right\} \quad (2.41)$$

$$D_{int} = \exp \left\{ \int_0^t \sum_i \left( \frac{\omega_{i,t} + \omega_{i,0}}{2} \right) \ln \left( \frac{I_{i,t}}{I_{i,0}} \right) \right\} \quad (2.42)$$

ซึ่งผลจากการประมาณค่านี้ ซึ่งสามารถเรียกได้ว่าเป็น Törnqvist formula) โดยผลคูณของสมการที่ 17 และ 18 นั้นไม่เท่ากับ  $D_{tot}$  ดังนั้นจึงอาจเขียนได้เป็น  $D_{tot} = D_{str} D_{int} D_{rsd}$

ส่วนสมการคิวิเซียแบบบวกลบนั้นสามารถเขียนได้ดังนี้

$$\Delta I_{str} = \sum_i \left[ \frac{(E_{i,t}/Y_t + E_{i,0}/Y_0)}{2} \right] \ln \left( \frac{S_{i,t}}{S_{i,0}} \right) \quad (2.43)$$

$$\Delta I_{int} = \sum_i \left[ \frac{(E_{i,t}/Y_t + E_{i,0}/Y_0)}{2} \right] \ln \left( \frac{I_{i,t}}{I_{i,0}} \right) \quad (2.44)$$

$$\Delta I_{tot} = \Delta I_{str} + \Delta I_{int} + \Delta I_{rsd}$$

แต่เนื่องจากสมการนี้มีจุดอ่อนอยู่ที่ไม่สามารถหาค่าได้ในกรณีที่มีข้อมูลบางตัวมีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้นจึงมีนักวิจัยได้ปรับปรุงการหาน้ำหนักเป็นวิธีฟังก์ชันน้ำหนักค่ามัชคณิตลอการิทึม (Logarithm mean weight function) โดยเรียกวิธีการนี้ว่า Logarithm Mean Divisia Index, LMDI โดยมีสมการค่าน้ำหนักใหม่ดังนี้

$$L(x, y) = \frac{(y-x)}{\ln \left( \frac{y}{x} \right)} \quad (2.45)$$

ซึ่งจะได้สมการคิวิเซียแบบ LMDI คือ

$$D_{str} = \exp \left\{ \sum_i \left( \frac{L(\omega_{i,t}, \omega_{i,0})}{\sum_i L(\omega_{i,t}, \omega_{i,0})} \right) \ln \left( \frac{S_{i,t}}{S_{i,0}} \right) \right\} \quad (2.46)$$

$$D_{int} = \exp \left\{ \sum_i \left( \frac{L(\omega_{i,t}, \omega_{i,0})}{\sum_i L(\omega_{i,t}, \omega_{i,0})} \right) \ln \left( \frac{I_{i,t}}{I_{i,0}} \right) \right\} \quad (2.47)$$

และจะได้สมการคิวิเซียแบบ LMDI คือ

$$\Delta I_{str} = \sum_i L\left(\frac{E_{i,t}}{Y_t}, \frac{E_{i,0}}{Y_0}\right) \ln\left(\frac{S_{i,t}}{S_{i,0}}\right) \quad (2.48)$$

$$\Delta I_{int} = \sum_i L\left(\frac{E_{i,t}}{Y_t}, \frac{E_{i,0}}{Y_0}\right) \ln\left(\frac{I_{i,t}}{I_{i,0}}\right) \quad (2.49)$$

#### 2.1.4 ความยืดหยุ่น/ สัมประสิทธิ์พลังงาน

ความยืดหยุ่น/ สัมประสิทธิ์พลังงาน เป็นตัวชี้วัดที่ใช้อธิบายว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงการบริโภคพลังงานเปลี่ยนไปเร็วกว่าหรือช้ากว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงผลผลิต มักนิยมใช้ในการอธิบายการเพิ่มขึ้นของการบริโภคพลังงานปฐมภูมิ (Primary Energy Consumption) ตามการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจ และมักใช้ในการวิเคราะห์หรือพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงาน (Energy Demand Forecasting)

##### การวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/ สัมประสิทธิ์พลังงาน

ในการวิเคราะห์ที่อาจอนุมานได้ว่า ค่าความยืดหยุ่น/ สัมประสิทธิ์พลังงานมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงระดับการผลิต โครงสร้างการผลิตและความเข้มพลังงาน ซึ่งค่าการเปลี่ยนแปลงนี้อาจคำนวณได้โดยการแยกองค์ประกอบของการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานดังนี้

$$\Delta E_{tot} = \Delta E_{pdn} + \Delta E_{str} + \Delta E_{int} + \Delta E_R \quad (2.50)$$

โดยที่	$\Delta E_{tot}$	=	การเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรม
	$\Delta E_{pdn}$	=	การเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานจากอิทธิพลของการเปลี่ยนระดับการผลิต
	$\Delta E_{str}$	=	การเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานจากอิทธิพลของการเปลี่ยนโครงสร้างการผลิต
	$\Delta E_{int}$	=	การเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานจากอิทธิพลของการเปลี่ยนความเข้มพลังงาน
	$\Delta E_R$	=	การเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานจากอิทธิพลของ Residual
ให้	$c_t$	=	ความยืดหยุ่น / สัมประสิทธิ์พลังงานรวมในช่วงเวลา t
		=	$(\Delta E_{tot} / E_o) / (\Delta P / P_o)$ <span style="float: right;">(2.51)</span>
		=	$c_{pdn} + c_{str} + c_{int} + c_R$

$$\text{โดยที่ } c_{pdn} = (\Delta E_{pdn} / E_o) / (\Delta P / P_o) \quad (2.52)$$

= ความยืดหยุ่นพลังงานอันเนื่องจากระดับการผลิต

$$c_{str} = (\Delta E_{str} / E_o) / (\Delta P / P_o) \quad (2.53)$$

= ความยืดหยุ่นพลังงานอันเนื่องมาจากโครงสร้างการผลิต

$$c_{int} = (\Delta E_{int} / E_o) / (\Delta P / P_o) \quad (2.54)$$

= ความยืดหยุ่นพลังงานอันเนื่องจากการเชื่อมพลังงาน

$$c_R = (\Delta E_R / E_o) / (\Delta P / P_o) \quad (2.55)$$

= ความยืดหยุ่นพลังงานอันเนื่องมาจาก Residual

เพื่อประโยชน์ในการพยากรณ์การใช้พลังงาน อาจพิจารณาการเปลี่ยนแปลงพลังงานและผลผลิตในลักษณะตัวแปรต่อเนื่อง จะได้

$$c = (dE / E) / (dP / P) \quad (2.56)$$

$$\text{ซึ่งทำให้ได้ } E = kP^c \quad (2.57)$$

$$\text{โดยที่ } k = \text{ค่าคงที่}$$

$$c = \text{ค่าความยืดหยุ่นพลังงาน}$$

ในทำนองเดียวกัน

$$\begin{aligned} CR_{pdn} &= \text{การใช้พลังงานที่แปรตามระดับการผลิต} \\ &= k_1 P^{C_{pdn}} \end{aligned} \quad (2.58)$$

$$\begin{aligned} CR_{str} &= \text{การใช้พลังงานที่แปรตามโครงสร้างการผลิต} \\ &= k_2 P^{C_{str}} \end{aligned} \quad (2.59)$$

$$\begin{aligned} CR_{int} &= \text{การใช้พลังงานที่แปรตามความเชื่อมพลังงาน} \\ &= k_3 P^{C_{int}} \end{aligned} \quad (2.60)$$

$$\begin{aligned} CR_R &= \text{การใช้พลังงานที่แปรตาม Residual} \\ &= k_4 P^{C_R} \end{aligned} \quad (2.61)$$

ใน Ideal case; จะได้  $k = k_1 k_2 k_3 k_4$  และ

$$C = C_{pdn} + C_{str} + C_{int} + C_R \quad (2.62)$$

เมื่อต้องการพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงาน  $E_p$  ในปี P เมื่อเทียบกับความต้องการใช้พลังงาน  $E_B$  ในปีฐาน B จะได้

$$E_p = E_B (P_p / P_B)^c \quad (2.63)$$

$$\text{โดยที่ } P_p = \text{ผลผลิตในปีที่ P}$$

$$P_B = \text{ผลผลิตในปีฐาน}$$

### 2.1.5 ข้อมูลและการประมวลผลประสิทธิภาพพลังงาน

ในการประมวลผลประสิทธิภาพพลังงาน ต้องการข้อมูลสองส่วน คือ ข้อมูลด้านการบริโภคพลังงานและข้อมูลด้านผลผลิต เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าความเข้มพลังงานและค่าความยืดหยุ่น / สัมประสิทธิ์พลังงาน

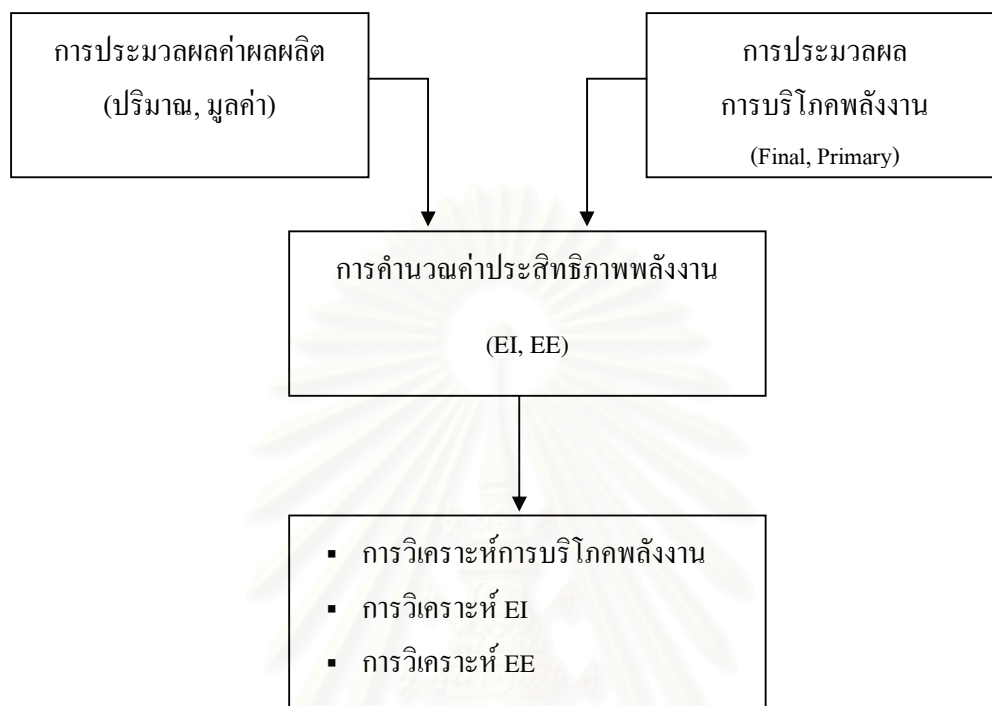
เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการวิจัยประสิทธิภาพพลังงานของอุตสาหกรรมในระดับมหภาค ดังนั้น การบริโภคพลังงานทั้งส่วนของการผลิตและการบริหารจัดการ จึงใช้เป็นยอดรวมที่พิจารณาเทียบกับปริมาณ / มูลค่าผลผลิตรวม แต่ถ้าเป็นระดับของโรงงาน การที่จะคำนวณหา SEC ของแต่ละผลิตภัณฑ์จะมีปัญหาเรื่องการปันส่วนพลังงานที่ใช้สำหรับการบริหารจัดการให้กับผลผลิตแต่ละตัว การปันส่วนพลังงานส่วนกลางให้กับผลิตภัณฑ์แต่ละตัว อาจทำได้หลายวิธี เช่น

1. ปันส่วนพลังงานส่วนกลางทั้งหมดไปที่ผลิตภัณฑ์ที่สนใจเพียงตัวเดียว
2. ปันส่วนพลังงานส่วนกลางโดยใช้สัดส่วนปริมาณการผลิตเป็นตัวปัน
3. ปันส่วนพลังงานส่วนกลางโดยใช้สัดส่วนมูลค่าการผลิตเป็นตัวปัน
4. ปันส่วนพลังงานส่วนกลางโดยใช้สัดส่วนผลต่างพลังงานที่อาจประหยัดได้ ถ้าไม่ผลิตผลิตภัณฑ์ดังกล่าว

แม้ว่าพลังงานเกือบทั้งหมดที่ใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติกเป็นพลังงานไฟฟ้า เพื่อหาผลรวมของการบริโภคพลังงาน จะเปลี่ยนรูปพลังงานที่ใช้ไปอยู่ในรูปของพลังงานความร้อนเทียบเท่า (Thermal Equivalent) โดยค่าพลังงานเทียบเท่านี้จะประเมินทั้งในส่วนของพลังงานที่บริโภคที่อุตสาหกรรม (Final Energy) และประเมินเป็นพลังงานปฐมภูมิเทียบเท่า (Primary Energy) เพื่อให้ทราบถึงปริมาณพลังงานเบื้องต้นที่ต้องใช้สำหรับอุตสาหกรรม

#### การประมวลผลประสิทธิภาพพลังงาน

เพื่อประมวลผลประสิทธิภาพพลังงาน อันประกอบด้วย SEC, EI และ EE รวมทั้งการวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงาน ขั้นตอนในการประมวลผลประกอบด้วยการทำงานของ 4 module ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การประมวลผลประสิทธิภาพพลังงาน

### 2.1.6 การออกแบบฐานข้อมูล

ระบบการจัดการข้อมูล - สารสนเทศ (Information System) เพิ่มความสำคัญขึ้นอย่างรวดเร็วทั้งในองค์กรภาครัฐบาลและภาคเอกชน รูปแบบของข้อมูล-สารสนเทศมีหลากหลาย เช่น ใบเสร็จรับเงิน แฟ้มประวัติพนักงาน รายงานสรุประงาปี รายการสินค้าในคลังสินค้าผู้ใช้ข้อมูลหรือสารสนเทศดังกล่าวมีหลายระดับตั้งแต่ คนงานในโรงงาน ไปจนถึงประธานองค์กร ถึงแม้ว่าผู้ใช้ส่วนใหญ่จะถูกจัดว่าเป็นผู้บริโภค แต่ก็มีจำนวนไม่น้อยที่จะเป็นผู้ออกแบบสร้างระบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุคปัจจุบัน บุคลากรกลุ่มหลังเป็นที่ต้องการเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ

ความจริงแล้วระบบข้อมูล-สารสนเทศไม่ใช่เป็นเรื่องใหม่ ระบบดังกล่าวเคยมีอยู่แล้วรูปแบบเดิม เช่น แฟ้มบันทึกกระดาษ สมุดบัญชีคลังสินค้า สมุดเช็คบิลวางสินค้า แต่ในปัจจุบันคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทมากขึ้น ผู้ออกแบบและสร้างระบบจึงจำเป็นต้องเรียนรู้ และทำความเข้าใจกับการจัดรูปแบบของระบบแบบใหม่ๆ ที่เรียกกันว่า computer-based information system ทั้งนี้ไม่ใช่เพียงเพื่อให้ตนเองสามารถวางระบบได้ดีและสะดวกขึ้นเท่านั้น แต่ยังเพื่อนำเสนอและให้บริการแก่ผู้บริโภคได้ชัดเจนขึ้น และมีประสิทธิภาพมากขึ้น



### 2.1.6.1 ลักษณะของระบบสารสนเทศ

ข้อมูล (Data) คือข้อเท็จจริงขั้นต้นซึ่งอาจเรียกว่าเป็นวัตถุดิบของสารสนเทศ (information) เมื่อข้อมูลถูกนำมาประมวล (เรียงลำดับ แยกประเภท เชื่อมโยง คำนวณ หรือสรุปผล) และจัดให้อยู่ในรูปแบบที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ เราจึงจะเรียกว่าเป็นสารสนเทศ

ลักษณะของสารสนเทศที่ดี อาจจำแนกได้เป็น 5 ลักษณะด้วยกัน ดังนี้

1. เป็นปัจจุบัน (current) ข้อมูลอาจจะมีการปรับเปลี่ยนไปได้เรื่อยๆ ตามกาลเวลา ระบบสารสนเทศที่ดีจะต้องสามารถยืดหยุ่น ให้มีการปรับเปลี่ยนค่าให้เป็นปัจจุบัน และ/หรือ คงค่าเก่าเก็บไว้เพื่อประโยชน์การใช้งานต่างๆ กัน

2. ทันเวลา (timely) สารสนเทศที่มีคุณค่าทางเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง ถ้าไม่ได้สารสนเทศในเวลาที่ต้องการ อาจเกิดการสูญเสียโอกาสที่ไม่อาจจะได้กลับมาใหม่ ระบบสารสนเทศที่มีประสิทธิภาพคือระบบที่จะต้องจัดสรรให้ได้สารสนเทศเมื่อผู้ใช้องการ ในเวลาที่ต้องการ

3. มีค่าเที่ยงตรง (relevaant) ผู้ใช้ต้องการสารสนเทศที่ต้องกับความต้องการงานของเขา ยิ่งสารสนเทศที่ได้รับตรงตามความต้องการของผู้ใช้แต่ละคนมากเท่าใด ระบบสารสนเทศนั้นก็จะถูกจัดว่าเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นเท่านั้น

4. มีความคงที่ (Consistent) ในหลายๆ กรณี สารสนเทศเองก่อให้เกิดความขัดแย้งข้อมูลที่เกิดขึ้นในหลายๆ ที่อาจจะไม่ตรงกัน จุดมุ่งหลายหลักของระบบสารสนเทศข้อหนึ่งก็คือ พยายามทำให้เกิดข้อขัดแย้งน้อยที่สุด ข้อมูลมีความคงที่มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

5. นำเสนอรูปแบบที่มีประโยชน์ (Presented in usable form) ถึงแม้ว่าระบบจะมีลักษณะทั้ง 4 ประการข้างต้น แต่ถ้านำเสนอผลลัพธ์ในรูปแบบที่ผู้ใช้งานนำไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ระบบดังกล่าวก็จะมีค่าน้อยเต็มที ระบบสารสนเทศที่มีประสิทธิภาพ คือ ระบบที่มีความยืดหยุ่นในการนำเสนอสารสนเทศให้กับผู้ที่ใช้สารสนเทศนั้นๆ

### 2.1.6.2 แนวความคิดพื้นฐานเกี่ยวกับการประมวลข้อมูล

สารสนเทศเป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลชุดข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันเข้าด้วยกัน การวางรูปแบบของโครงสร้างของชุดข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กัน อาจวาดเป็นภาพของบัตรรายการ โดยแต่ละบัตรจะเรียกว่าเป็นเรคอร์ด (Record หรือ entity) เนื้อหาภายในบัตรจะเป็นรายการข้อมูลแต่ละหน่วยเรียกว่าฟิลด์ (field หรือ data item) และหลายๆ บัตรรวมกันจะถูกจัดเก็บเอาไว้เป็นแฟ้มข้อมูล (file)

หลักการสำคัญในการประมวลผลข้อมูล คือ จะต้องมีการอ่านค่า (Value) ของข้อมูลในแต่ละฟิลด์ที่ต้องการใช้ประโยชน์เข้ามา แล้วปรับเปลี่ยน คำนวณ นำเสนอ ในรูปแบบที่ผู้ใช้งานต้องการ วิธีการประมวลผลดังกล่าวนี้อาจจำแนกได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ ด้วยกัน คือ

1. Batch processing เป็นการประมวลผลข้อมูลที่อ่านเข้ามาเป็นชุดหลายๆ เรคอร์ดที่เก็บรวบรวมมาตลอดช่วงระยะเวลาหนึ่งๆ
2. On-line transaction processing เป็นการประมวลผลในทันทีที่มีข้อมูลนำเข้ามา

### 2.1.6.3 หลักการเบื้องต้นในการจัดการเพิ่มข้อมูล

คำว่าเพิ่มข้อมูลเป็นคำที่มีความหมายได้ 2 นัย คือ Data file และ Database หนังสือบางเล่มจำแนกข้อแตกต่างของเพิ่มข้อมูลทั้ง 2 ประเภทไว้ดังนี้

1. Data file คือการรวบรวมข้อมูลหรือเรคอร์ดที่เกี่ยวข้องกันไว้เป็นชุด และจัดเก็บไว้เป็นเพิ่มข้อมูล เพื่อดำเนินงานเฉพาะกิจภายในองค์กร ทั้งนี้อาจเป็นการรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ชั่วคราว หรืออาจเก็บไว้เป็นหลักฐานอ้างอิงถึงภายหลังก็ได้ มักจะเป็นไฟล์ที่ใช้เฉพาะกับโปรแกรมใดโปรแกรมหนึ่งเท่านั้น
2. Database คือการรวบรวมข้อมูลที่สัมพันธ์กัน และกำหนดรูปแบบการจัดเก็บอย่างเป็นระบบ การจัดเก็บเป็นฐานข้อมูล มักจะจัดเก็บไว้ที่หน่วยศูนย์กลาง ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ใช้ในหลายๆ หน่วยงานในองค์กร สามารถเรียกใช้ข้อมูลที่จัดเก็บไว้ได้ตามความต้องการของแต่ละหน่วยงาน ซึ่งอาจจะถูกเรียกใช้ได้เสมอๆ เป็นข้อมูลที่ใช้ประจำ

### 2.1.6.4 ปัญหาการใช้ฐานข้อมูลภายในองค์กร

เพื่อสนองต่อความต้องการสารสนเทศ องค์กรส่วนใหญ่จะจัดสร้างระบบฐานข้อมูล (Database system) ให้เป็นส่วนหนึ่งของระบบสารสนเทศขององค์กร ความจริงแล้วฐานข้อมูลเกือบจะถือได้ว่าเป็นส่วนสำคัญที่สุดของระบบสารสนเทศของบริษัท

ถ้าจะเปรียบเทียบง่ายๆ ฐานข้อมูลก็จะเหมือนกับห้องสมุด คือเป็นห้องสมุดของข้อมูลต่างๆ และเช่นเดียวกับห้องสมุด ฐานข้อมูลไม่ใช่มีแต่ข้อมูลเพียงอย่างเดียว แต่จะต้องมีการจัดระบบและกำหนดการจัดการควบคุม และการใช้ข้อมูลในระบบอีกด้วย ลองเปรียบเทียบกับห้องสมุดที่ไม่มีตู้บัตรรายการและหนังสือถูกจัดวางอยู่บนชั้นอย่างตามใจชอบ เราก็คงจะรู้แต่เพียงว่ามีหนังสืออยู่ในห้องสมุด แต่จะหยิบค้นอะไรก็คงจะทำได้ไม่สะดวกหรือมีประสิทธิภาพมากนัก ระบบการจัดการข้อมูลของฐานข้อมูลก็ควรจะเช่นเดียวกับห้องสมุด คือต้องมีการกำหนดดัชนีการค้นหา การสำรวจตรวจสอบสภาพของข้อมูล (หนังสือ) ที่มีอยู่ การเพิ่ม/ลดข้อมูล (หนังสือ) ภายในฐานข้อมูล เป็นต้น

ปัญหาสำคัญที่มักเกิดขึ้นในการสร้างและใช้ฐานข้อมูลภายในองค์กร จำแนกได้เป็น 4 ลักษณะใหญ่ๆ ด้วยกัน คือ

1. มีความซ้ำซ้อนในการเก็บข้อมูล
2. มีการให้คำจำกัดความของข้อมูลไม่ตรงกัน
3. มีการจัดการ หรือใช้วิธีการประมวลผลข้อมูลแตกต่างกันออกไป
4. มีการพัฒนาการใช้ข้อมูลไม่เป็นระบบ แต่ละหน่วยงานจัดทำ หรือใช้กันอย่างไม่มีการบูรณาการ

กล่าวโดยสรุป จะเห็นได้ว่า การออกแบบสร้างระบบที่จะประมวลผลข้อมูลให้กลายเป็นสารสนเทศที่มีความถูกต้อง ไม่ผิดพลาด มีความหมาย และตรงต่อความต้องการของผู้ใช้ระบบไม่ใช่เรื่องที่ทำสำเร็จในเร็ววัน จะต้องมีการวางแผนพัฒนาอย่างเป็นขั้นเป็นตอน การสร้างระบบ Computer-base information ที่มีประสิทธิภาพจะต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์และความอดทน

ฐานข้อมูลนับเป็นส่วนที่สำคัญสำหรับระบบงานสารสนเทศที่ใช้คอมพิวเตอร์ในการประมวลผล (Computer-based Information System) เนื่องจากเป็นส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลต่างๆ ซึ่งใช้เป็น Input ของทุกระบบงานสารสนเทศ ในการออกแบบระบบงานสารสนเทศ จึงต้องให้ความสำคัญกับการออกแบบฐานข้อมูลเช่นเดียวกับการออกแบบในส่วนประมวลผล Process ดังนั้นจึงมีการนำเอา Tool ต่างๆ เข้ามาช่วยในการพัฒนาการออกแบบฐานข้อมูล เช่น Relation Model ซึ่งเป็น Database Model ที่นิยมใช้เพราะมีการประมวลผลทางด้าน Query ที่รวดเร็ว และการควบคุมความถูกต้องของข้อมูล

#### 2.1.6.5 การจัดการฐานข้อมูล (Database Management)

การจัดการข้อมูลเป็นกลยุทธ์หนึ่งในการบริหารองค์กร โดยเฉพาะในยุคปัจจุบันที่มีการแข่งขันกันอย่างรุนแรง องค์กรใดก็ตามที่มีข้อมูลอยู่มากจะได้เปรียบองค์กรคู่แข่ง ดังเช่นประเทศที่พัฒนาแล้ว มักจะได้เปรียบประเทศที่กำลังพัฒนา ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลข่าวสารต่างๆผู้บริหารสามารถนำมาใช้ในการพยากรณ์เหตุการณ์ต่างๆได้ล่วงหน้า เช่น ถ้าหากรัฐบาลไทยมีข้อมูลเกี่ยวกับการเงินสภาพคล่องทางการเงิน คุลบัญชีเดินสะพัด ตัวเลขข้อมูลเกี่ยวกับการนำเข้าและการส่งออกอย่างถูกต้องและทันเหตุการณ์ ผู้บริหารประเทศฯ ก็จะสามารที่จะแก้ปัญหาต่างๆได้ล่วงหน้า ดังนั้นข้อมูลสารสนเทศจึงเป็นสิ่งสำคัญต่อองค์กรและประเทศชาติจึงต้องมีการเรียนรู้เกี่ยวกับการจัดการเพิ่มข้อมูลและการบริหารฐานข้อมูลเพื่อก่อให้เกิดประโยชน์ต่อองค์กร

##### 1. การจัดการข้อมูล

การจัดการข้อมูล (Data management) ข้อมูล คือ ข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นของกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งโดยการสังเกต การจดบันทึก การสัมภาษณ์และการออกแบบสอบถาม ข้อมูลที่ได้มานั้นยังคงเป็น

ข้อมูลดิบไม่สามารถที่จะใช้ในการตัดสินใจในการกระทำในเชิงการจัดการและข้อมูลที่รวบรวมมา มักไม่มีการวางแผนในการจัดการบริหารฐานข้อมูลที่ดีจึงได้ประโยชน์จากข้อมูลที่จัดเรียงไว้

ค่าความนิยมของฐานข้อมูลจึงมีความหมายถึงการเก็บรวบรวมข้อมูลของผู้ใช้และสามารถที่จะนำข้อมูลนั้นออกมาใช้ร่วมกันได้โดยไม่มีการซ้ำซ้อนของข้อมูลหรือความขัดแย้งของข้อมูล โดยทั่วไปข้อมูลมักจะประกอบด้วยข้อมูลย่อยหลายๆส่วน (Field) โดยที่แต่ละส่วนจะไม่มี ความหมาย การเอาข้อมูลหลายๆส่วนมารวมกันจะเกิดเป็นรายการ (Record) และในกรณีที่เอาหลายๆรายการมารวมกันจะเกิดเป็นแฟ้มข้อมูล (File) แต่ถ้าหากเอาแฟ้มข้อมูลมารวมกันก็จะเกิดเป็นฐานข้อมูล (Database)

## 2. ประเด็นหลักในการบริหารข้อมูล (Major issue in data management) ประกอบด้วย

2.1 ความสามารถในการเข้าถึงข้อมูล (Access) ใ้ได้ง่าย รวดเร็วและถูกต้องโดยจะต้องมีการกำหนดสิทธิในการเรียกใช้ข้อมูลตามลำดับของผู้ใช้

2.2 จะต้องมีระบบรักษาความปลอดภัยของข้อมูล (security) ข้อมูลที่จัดเก็บไว้จะต้องมีระบบรักษาความปลอดภัยเพื่อป้องกันการจารกรรมข้อมูล

2.3 สามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขในอนาคตได้ (Edit) ทั้งนี้เนื่องจากแผนที่วางไว้อาจจะต้องการเปลี่ยนแปลงตามสถานการณ์จึงทำให้ต้องการจัดระเบียบข้อมูลแก้ไขข้อมูลพร้อมทั้งจัดหาข้อมูลมาเพิ่มเติม

2.4 ข้อมูลที่จัดเก็บอาจจะต้องการจัดแบ่งเป็นส่วนหรือสร้างเป็นตาราง เพื่ออำนวยความสะดวกในการปรับปรุงข้อมูลในลักษณะการจัดการฐานข้อมูลแบบสัมพันธ์ (Relational Database)

## 3. การจัดการแฟ้มข้อมูล (File Management)

การจัดการแฟ้มข้อมูลในอดีตข้อมูลที่จัดเก็บไว้ในรูปของแฟ้มข้อมูลอิสระ (conventional file) ซึ่งระบบงานแต่ละระบบก็สร้างแฟ้มของตนเองขึ้นมาโดยไม่เกี่ยวข้องกับสัมพันธ์กัน เช่น ระบบบัญชีที่สร้างแฟ้มข้อมูลของตนเอง ระบบพัสดุคงคลัง (Inventory) และระบบอื่นๆต่างก็มีแฟ้มข้อมูลเป็นของตนเอง หากมีการปรับปรุงแก้ไขก็จะทำเฉพาะส่วนจึงทำให้ข้อมูลขององค์กรบางครั้งเกิดสับสนเนื่องจากมีความขัดแย้งกันและในบางองค์กรอาจจะมีการเขียน โปรแกรมโดยใช้ภาษาเขียนที่ต่างกัน เช่น ภาษาโคบอล (COBOL Language) ภาษาอาร์พีจี (RPG) ภาษาปาสคาล (PASCAL) หรือภาษาซี (C Language) ซึ่งลักษณะของแฟ้มข้อมูลที่สร้างด้วยภาษาที่ต่างกันก็ไม่สามารถที่จะใช้งานร่วมกันได้ จึงทำให้องค์กรเกิดการสูญเสียในข้อมูล ดังนั้นก่อนที่องค์กรจะนำคอมพิวเตอร์มาใช้จะต้องมีการวางแผนถึงระบบการบริหารแฟ้มข้อมูล, การแบ่งประเภทของแฟ้มข้อมูลและการจัดระเบียบแฟ้มข้อมูล

## 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.2.1 การวิเคราะห์แยกส่วนพลังงาน (Energy Decomposition Analysis)

การวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน (Energy Consumption Analysis) นั้น ได้มีผู้ทำการวิจัยพัฒนากระบวนการในการวิเคราะห์ และได้มีกรณีศึกษาในเรื่องนี้อย่างแพร่หลาย โดยวิธีการการวิเคราะห์ความเข้มพลังงานที่นิยมนำมาใช้คือการวิเคราะห์แบบแยกส่วน (Decomposition Technique) เพื่อหาที่มาของการเปลี่ยนแปลงการบริโภคพลังงานในแต่ละปี ว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากปัจจัยใด ซึ่งดัชนีที่นิยมนำมาใช้ในการวิเคราะห์นี้อย่างแพร่หลาย อาทิ การวิเคราะห์ที่ประยุกต์จากดัชนีทางเศรษฐศาสตร์ เช่น ดัชนีลาสเปร์ (Laspreyes Index) ดัชนีดิวิเซีย (Divisia Index) ดัชนีฟิชเชอร์ (Fisher Index) รวมถึงดัชนีที่พัฒนาขึ้นจากดัชนีเหล่านี้ ซึ่งจะกว่าในหัวข้อย่อยของแต่ละประเภทดัชนีในลำดับต่อไป นอกจากนี้ยังมีวิธีการวิเคราะห์อื่น ๆ ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์แยกส่วนพลังงาน เช่น การวิเคราะห์ค่าความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงาน (Energy Elasticity/Coefficiency)

เนื่องจากวิธีการสำหรับการวิเคราะห์แยกส่วนพลังงานนั้น มีเป็นจำนวนมากดังที่กล่าวไว้ในข้างต้น B.W.Ang และ F.Q.Zhang (2000) จึงได้นำเสนองานวิจัยเกี่ยวกับการสำรวจงานวิจัยและดัชนีที่ใช้เกี่ยวกับการวิเคราะห์แยกส่วนพลังงานและการศึกษาสิ่งแวดล้อม ซึ่งการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการบริโภคพลังงานนี้ เริ่มมีขึ้นตั้งแต่การเกิดวิกฤตน้ำมันในปี ค.ศ. 1973/74 ทำให้นักวิจัยทางด้านพลังงานได้หันมาสนใจการเปลี่ยนแปลงปริมาณพลังงานที่บริโภคในแต่ละปี ว่ามีกลไกอย่างไรและเกิดจากสาเหตุใด โดยได้ศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงของการบริโภคพลังงานนั้น เกิดจากปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย คือ ปัจจัยระดับการผลิต (Production level effect) ปัจจัยโครงสร้างการผลิต (Structural effect) และปัจจัยความเข้มพลังงาน (Intensity effect)

จำนวนการวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์แยกส่วนนั้น ตั้งแต่ปี ค.ศ.1978 – 2000 ได้มีงานวิจัยทั้งสิ้น 124 งานวิจัย ในขณะที่จำนวนที่ Huntington และ Mayor (1987) ได้รวบรวมไว้มี 8 งานวิจัย และจำนวนที่ Ang (1995) รวบรวมไว้มีเพียง 51 งานวิจัย จะเห็นได้ว่า ในช่วงปลายยุคปี ค.ศ. 1990 นี้ ได้มีการตื่นตัวในด้านพลังงานมากขึ้นจนทำให้งานวิจัยทางด้านนี้เพิ่มขึ้นกว่า 1.5 เท่า โดยในช่วงปี ค.ศ. 1995 เป็นต้นมา งานวิจัยการบริโภคพลังงานนี้ ได้มีการนำปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมเข้ามาาร่วมด้วย ซึ่งในช่วงปี ค.ศ. 1978 – 1984 มีงานวิจัยที่ใช้ดัชนีลาสเปร์ในการวิเคราะห์ร้อยละ 83 และในช่วงปี ค.ศ. 1985 – 1991 มีงานวิจัยที่ใช้ดัชนีลาสเปร์ในการวิเคราะห์ลดลงเหลือร้อยละ 53 ส่วนในช่วงปี ค.ศ. 1992 – 1999 มีสัดส่วนการใช้ดัชนีลาสเปร์ ดัชนีดิวิเซียค่าเฉลี่ยเลขคณิต และวิธีการอื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 45 ร้อยละ 28 และร้อยละ 27 ตามลำดับ

F.L.Liu และ B.W.Ang (2003) ได้ทำการรวบรวมและเสนอแนะเกี่ยวกับวิธีการวิเคราะห์พลังงาน โดยประยุกต์ใช้ดัชนีทางเศรษฐศาสตร์ 8 ดัชนี โดยมี 5 ดัชนีที่มีการประยุกต์ใช้กับงานวิจัยทางด้านพลังงานแล้ว ได้แก่ ดัชนีลาสเปร์รี่ ดัชนีปาสเค ดัชนีมาเชล-เอดเวิร์ด ดัชนีทอร์นควิส และดัชนีสตูเวล ซึ่งงานวิจัยนี้จะเสนอดัชนีที่เหมาะสมในการนำมาวิเคราะห์เพิ่มอีก 3 ดัชนี ได้แก่ ดัชนีฟิชเชอร์ ในอุดมคติ ดัชนีวาร์เทีย และดัชนีซาโต-วาร์เทีย ดังสรุปในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ดัชนีทางเศรษฐศาสตร์ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน

Index	Formulae for price (P) and quality (Q) indices
Laspeyres	$P_L = \sum_i P_{i,T} Q_{i,0} / \sum_i P_{i,0} Q_{i,0}$ $Q_L = \sum_i P_{i,0} Q_{i,T} / \sum_i P_{i,0} Q_{i,0}$
Paasche	$P_P = \sum_i P_{i,T} Q_{i,T} / \sum_i P_{i,0} Q_{i,T}$ $Q_P = \sum_i P_{i,T} Q_{i,T} / \sum_i P_{i,T} Q_{i,0}$
Marshall-Edgeworth	$P_E = \sum_i P_{i,T} (Q_{i,T} + Q_{i,0}) / \sum_i P_{i,0} (Q_{i,T} + Q_{i,0})$ $Q_E = \sum_i Q_{i,T} (P_{i,T} + P_{i,0}) / \sum_i Q_{i,0} (P_{i,T} + P_{i,0})$
Fisher Ideal	$P_F = \sqrt{P_L P_P}$ $Q_F = \sqrt{Q_L Q_P}$
Stuvel	$P_S = \frac{P_L - Q_L}{2} + \sqrt{\left(\frac{P_L - Q_L}{2}\right)^2 + \frac{V_T}{V_0}}$ $Q_S = \frac{Q_L - P_L}{2} + \sqrt{\left(\frac{Q_L - P_L}{2}\right)^2 + \frac{V_T}{V_0}}$
Törnqvist	$P_T = \prod_i \left(\frac{P_{i,T}}{P_{i,0}}\right)^{w_i}$ $Q_T = \prod_i \left(\frac{Q_{i,T}}{Q_{i,0}}\right)^{w_i}$ where $w_i = \frac{w_{i,T} + w_{i,0}}{2}$
Vartia I	$P_V = \exp\left(\sum_i \bar{w}_i \ln\left(\frac{P_{i,T}}{P_{i,0}}\right)\right)$ $Q_V = \exp\left(\sum_i \bar{w}_i \ln\left(\frac{Q_{i,T}}{Q_{i,0}}\right)\right)$ where $\bar{w}_i = \frac{L(V_{i,T}, V_{i,0})}{L(\sum_i V_{i,T}, \sum_i V_{i,0})}$
Sato-Vartia	$P_{V'} = \exp\left(\sum_i \bar{w}_i \ln\left(\frac{P_{i,T}}{P_{i,0}}\right)\right)$ $Q_{V'} = \exp\left(\sum_i \bar{w}_i \ln\left(\frac{Q_{i,T}}{Q_{i,0}}\right)\right)$ where $\bar{w}_i = \frac{L(w_{i,T}, w_{i,0})}{\sum_i [L(w_{i,T}, w_{i,0})]}$
Divisia	$P_D = \exp\left(\int_0^T \sum_i w_{i,t} \frac{dP_i}{dt} dt\right)$ $Q_D = \exp\left(\int_0^T \sum_i w_{i,t} \frac{dQ_i}{dt} dt\right)$

Note:  $V_0 = \sum_i V_{i,0} = \sum_i P_{i,0} Q_{i,0}$ ,  $V_T = \sum_i V_{i,T} = \sum_i P_{i,T} Q_{i,T}$ ,  $w_{i,T} = V_{i,T} / V_T$ ,  $w_{i,0} = V_{i,0} / V_0$  and  $L(x, y) = (y - x) / \ln(y/x)$ .

จากนั้นได้ทำการทดสอบการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน และเปรียบเทียบผลที่ได้ของแต่ละดัชนีดังตารางที่ 2.2 จะเห็นได้ว่าแต่ละดัชนีมีผลการวิเคราะห์ที่ใกล้เคียงกัน โดยดัชนีที่ให้ผลการวิเคราะห์แบบสมบูรณ์ คือไม่มีพจน์ของส่วนตกค้างนั้น ได้แก่ ดัชนีฟิชเชอร์ในอุดมคติ (Fisher ideal index) ดัชนีสตูเวล (Stuvel index) ดัชนีวาร์เทีย (Vartia index) และดัชนีซาโต-วาร์เทีย (Sato-Vartia index) ซึ่งดัชนีฟิชเชอร์ในอุดมคติและดัชนีสตูเวลให้ค่าการวิเคราะห์แบบผลบวกที่เท่ากัน และดัชนีวาร์เทียและดัชนีซาโต-วาร์เทียก็ให้ค่าที่เท่ากันด้วยเช่นกัน และได้สรุปไว้ว่าการวิเคราะห์แบบแยกส่วนนี้มีความใกล้เคียงกันในเชิงพลังงานและเศรษฐศาสตร์ และการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานนี้สามารถทำได้ในหลากหลายวิธีการ ซึ่งขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ผลการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของทั้ง 8 ดัชนี

Method	Multiplicative				Additive (Set 1)				Additive (Set 2) in per cent change			
	$D_{tot}$	$D_{ur}$	$D_{in}$	$D_{end}$	$\Delta I_{tot}$	$\Delta I_{ur}$	$\Delta I_{in}$	$\Delta I_{end}$	$\Delta I_{tot}/\Delta I_0$	$\Delta I_{ur}/\Delta I_0$	$\Delta I_{in}/\Delta I_0$	$\Delta I_{end}/\Delta I_0$
Laspeyres	0.9	1.7500	0.5400	0.9524	-0.1	0.7500	-0.4600	-0.3900	-10	75.00	-46.00	-39.00
Paasche	0.9	1.6667	0.5143	1.0500	-0.1	0.3600	-0.8500	0.3900	-10	36.00	-85.00	39.00
Marshall-Edgeworth	0.9	1.7208	0.5236	0.9989	-0.1	0.5550	-0.6550	0	-10	55.50	-65.50	-
Fisher ideal	0.9	1.7078	0.5270	-	-0.1	0.5550	-0.6550	0	-10	55.50	-65.50	-
Stuvel	0.9	1.7302	0.5202	-	-0.1	0.5550	-0.6550	0	-10	55.50	-65.50	-
Törnqvist	0.9	1.6879	0.5265	1.0127	-0.1	0.4893	-0.6084	0.0191	-10	48.93	-60.84	1.91
Vartia I	0.9	1.6867	0.5336	-	-0.1	0.4962	-0.5962	0	-10	49.62	-59.62	-
Sato-Vartia	0.9	1.7127	0.5255	-	-0.1	0.4962	-0.5962	0	-10	49.62	-59.62	-

### 2.2.2 การวิเคราะห์การบริโภคพลังงานในประเทศไทย

สำหรับการดัชนีลาสเปร์รี่ไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานนั้น Arjaree Ussanarassameea, Subhes C. Bhattacharyya (2003) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงของความต้องการพลังงานในช่วงปี 1981-2000 โดยการระบุปัจจัยที่มีผลต่อการบริโภคพลังงาน ด้วยการใช้ decomposition technique โดยใช้ดัชนีลาสเปร์รี่ ซึ่งจากงานวิจัยนี้พบว่ากลุ่มอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มนั้นมีส่วนการใช้พลังงานสูงขึ้นแต่มูลค่าเพิ่มกลับลดลง ในขณะที่อุตสาหกรรมเคมีและอุตสาหกรรมโลหะมีแนวโน้มการใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้น ค่าความเข้มพลังงานของอุตสาหกรรม อยู่ในรูปแบบโค้งตัว U แต่ในช่วงก่อนปี 1997 นั้นมีแนวโน้มสูงขึ้น แต่สำหรับในภาพรวมของอุตสาหกรรมพบว่าปัจจัยด้านกิจกรรมการผลิต เป็นปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณความต้องการใช้พลังงานมากที่สุด ส่วนการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม และอุตสาหกรรมโลหะนั้นเป็นส่วนที่มีผลกระทบต่อปริมาณความต้องการพลังงานในภาคอุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก

หลังจากนั้น Subhes C. Bhattacharyya, Arjaree Ussanarassameea (2005) ทำการวิเคราะห์เพิ่มเติมในส่วนของการวิเคราะห์แยกส่วนการบริโภคพลังงานในช่วงปี ค.ศ. 1981 – 2000 โดยใช้ดัชนีดิเชี่ยลอการิทึมในการวิเคราะห์ กำหนดปัจจัยที่มีผลต่อการบริโภคคือปัจจัยโครงสร้างการผลิต และปัจจัยความเข้มพลังงาน ซึ่งผลจากการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าการเจริญเติบโตของอุตสาหกรรม ส่งผลให้มีปริมาณการบริโภคพลังงานเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความเข้มพลังงานของอุตสาหกรรมไทยลดลงจาก 17.6 toe/ล้านบาท เป็น 15.8 toe/ล้านบาท โดยพิจารณาที่ราคาคงที่ในปี 1988 ส่วนอุตสาหกรรมที่มีความเข้มพลังงานสูงที่สุดคืออุตสาหกรรมโลหะ รองลงมาคืออุตสาหกรรมโลหะ อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมเคมี และอุตสาหกรรมกระดาษตามลำดับ ซึ่งในช่วง 1981–1986 นั้น ความเข้มพลังงานลดลงร้อยละ 8 เนื่องจากทั้งปัจจัยของโครงสร้างการผลิตและความเข้มพลังงาน โดยในระดับอุตสาหกรรมนั้น อุตสาหกรรมที่มีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของการบริโภคพลังงานรวมได้แก่ อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมโลหะ และอุตสาหกรรมเคมี

นอกจากนี้ พิเศษณ์ จารุมณีโรจน์ (2548) ได้ใช้ดัชนีดีวีเซียทำการศึกษาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอส่วนต้นน้ำของประเทศไทย โดยใช้ดัชนีดีวีเซียค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean Divisia Index) เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มพลังงาน (Energy Intensity) และการเปลี่ยนแปลงมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยพบว่า พลังงานที่ถูกใช้ไปในอุตสาหกรรมสิ่งทอส่วนต้นน้ำในปี พ.ศ. 2546 นั้น มีประสิทธิภาพลดลงจากปี พ.ศ. 2545 ประมาณ 5.7 และ 6.81% เมื่อใช้มูลค่าการผลิต และมูลค่าการขนส่งเป็นฐานในการคำนวณ ทั้งนี้แหล่งพลังงานความร้อนถือเป็นแหล่งพลังงานที่ควรควบคุม แก๊สและปรับปรุงมากที่สุด เนื่องจากแหล่งพลังงานดังกล่าวมีค่าความเข้มพลังงานเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งค่าการอนุรักษ์พลังงานที่เกิดขึ้นจะถูกนำไปใช้เป็นค่าประเมิน ในการประเมินการอนุรักษ์พลังงานในส่วนของการวิเคราะห์สถานการณ์ต่อไป

สำหรับงานวิจัยเกี่ยวกับระบบสารสนเทศเชิงพลังงานนั้น นฤมล กิตติสุนทรวงศ์ (2544) ได้ทำการปรับปรุงระบบสารสนเทศของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน ให้เป็นระบบสารสนเทศที่สามารถช่วยในการตัดสินใจในเรื่องการใช้พลังงานสำหรับผู้บริหาร โดยปัญหาที่พบก่อนการทำวิจัยคือ เรื่องระบบจัดการฐานข้อมูล พบว่าไม่สามารถพัฒนาโปรแกรมรายงานการวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยอ้างอิงจากฐานข้อมูลที่ใช้อยู่ในปัจจุบันได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการออกแบบและพัฒนาระบบฐานข้อมูลขึ้นมาใหม่เพื่อให้สอดคล้องกับโปรแกรมรายงานการวิเคราะห์การใช้พลังงาน โดยที่ระบบสารสนเทศสำหรับการวิเคราะห์การใช้พลังงานนี้ประกอบด้วย โปรแกรมส่วนรับข้อมูล และโปรแกรมส่วนรายงานการวิเคราะห์การใช้พลังงาน โดยใช้ Developer 6i เป็นแอปพลิเคชันในการพัฒนาและใช้ระบบจัดการฐานข้อมูล Oracle 8i ซึ่งทำให้ได้ต้นแบบระบบสารสนเทศสำหรับการวิเคราะห์การใช้พลังงาน และสามารถนำมาใช้กับข้อมูลจากแบบส่งข้อมูลการผลิต การใช้พลังงานและการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานควบคุมปีที่ 4 และได้สรุปว่าโปรแกรมรายงานการวิเคราะห์การใช้พลังงานสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์และการพัฒนาการใช้พลังงานในการผลิตของโรงงานต่อไปในอนาคต

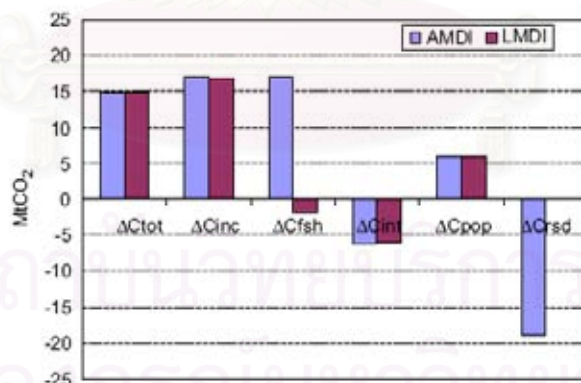
### 2.2.3 การวิเคราะห์การบริโภคพลังงานในต่างประเทศ

การวิเคราะห์แยกส่วนพลังงานในต่างประเทศ ปัจจุบันเริ่มมีแนวโน้มของการวิเคราะห์ควบคู่กับค่าปริมาณการปล่อยออกของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากขึ้น อันเนื่องมาจากผลบังคับของพิธีสารเกียวโต ที่มีการกำหนดโควตาการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จึงทำให้แต่ละประเทศมีความตื่นตัวทางด้านการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น เนื่องจากการใช้พลังงานมีผลต่อการปล่อยออกก๊าซเรือนกระจกโดยตรง

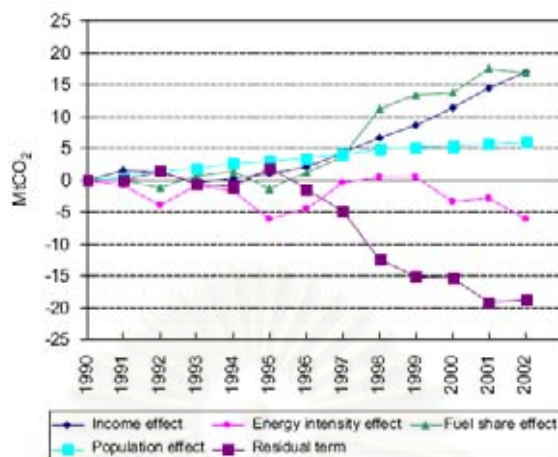


Emmanouil Hatzigeorgiou, Heracles Polatidis, Dias Haralambopoulos (2006) ได้ทำการวิเคราะห์แยกส่วนของปริมาณการปล่อยออกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในประเทศกรีซช่วงปี ค.ศ.1990 – 2002 โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างการใช้ดัชนีวิธีเฉลี่ยสองแบบคือ ดัชนีวิธีเฉลี่ยค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean Divisia Index, AMDI) และดัชนีวิธีเฉลี่ยค่าเฉลี่ยลอการิทึม (Logarithm Mean Divisia Index, LMDI) ในการวิจัยนี้ได้กำหนดปัจจัยพิจารณาการเปลี่ยนแปลง 4 ปัจจัย คือ ปัจจัยรายรับ ปัจจัยความเข้มพลังงาน ปัจจัยสัดส่วนเชื้อเพลิง และปัจจัยประชากร โดยได้วิเคราะห์ทั้งแบบเปรียบเทียบคู่ปีและการเปรียบเทียบเป็นช่วงเวลา โดยผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่ทำให้เกิดการปล่อยออกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดคือ ปัจจัยรายรับ ในขณะที่ปัจจัยความเข้มพลังงานกลับทำให้เกิดการปล่อยออกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง ส่วนปัจจัยจำนวนประชากรนั้น มีผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของการปล่อยออกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนปัจจัยสัดส่วนเชื้อเพลิงนั้น พบว่าส่งผลให้เกิดการปล่อยออกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง เนื่องจากมีสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

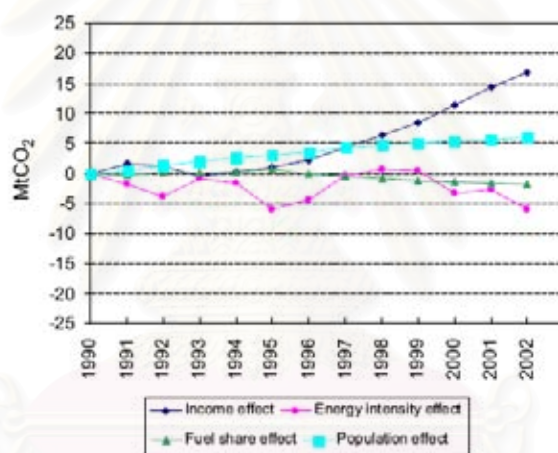
ผลจากการเปรียบเทียบดัชนีทั้งสองยังแสดงให้เห็นถึงค่าส่วนตกค้างของการวิเคราะห์แบบดัชนีวิธีเฉลี่ยค่าเฉลี่ยเลขคณิต ซึ่งสามารถแสดงกราฟได้ในรูปที่ 2.10 – 2.12 จากกราฟจะเห็นได้ว่าเกิดค่าส่วนตกค้างขนาดใหญ่จากวิธีดัชนีวิธีเฉลี่ยเลขคณิต ซึ่งค่าส่วนตกค้างนี้สามารถอธิบายได้ด้วยวิธีการดัชนีค่าเฉลี่ยลอการิทึม กล่าวคือ ค่าส่วนตกค้างนั้นคือค่าการเปลี่ยนแปลงจากปัจจัยของสัดส่วนเชื้อเพลิงนั่นเอง



รูปที่ 2.2 เปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนแปลงแบบปีต่อปีของแต่ละปัจจัยระหว่างวิธี AMDI และ LMDI



รูปที่ 2.3 ผลของการเปลี่ยนแปลงแบบช่วงเวลาในแต่ละปัจจัยของวิธี AMDI



รูปที่ 2.4 ผลของการเปลี่ยนแปลงแบบช่วงเวลาในแต่ละปัจจัยของวิธี LMDI

นอกจากนี้ Claudia Sheinbaum และ Leticia Ozawa (1997) ได้ใช้ดัชนี Laspeyres ในการวิเคราะห์ปริมาณการบริโภคพลังงาน และการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ของอุตสาหกรรมผลิตปูนซีเมนต์ในประเทศเม็กซิโก ในช่วงปี 1982–1994 โดยใช้ดัชนีลาสเปร์ โดยผู้วิจัยได้ทำการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของปริมาณน้ำมันที่ใช้ กิจกรรมในการผลิตปูนเม็ด สัดส่วนการผลิตปูนเม็ดต่อปูนซีเมนต์ และการใช้ขารถยนต์เท่าในการใช้เป็นเชื้อเพลิงทางเลือกในการผลิตปูนเม็ด โดยได้ผลสรุปว่า ส่วนการเปลี่ยนแปลงการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นั้นปัจจัยจะแบ่งออกเป็นความเข้มพลังงาน สัดส่วนการผลิตปูนเม็ดต่อปูนซีเมนต์ และสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิดในการเผาปูนเม็ด ผลจากการศึกษานี้จะได้ว่า ทุกปัจจัยส่งผลให้ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงลดลง ยกเว้นกิจกรรมการผลิตปูนเม็ด ส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงนั้น เกิดจากค่าความเข้มพลังงานที่ลดลง และสัดส่วนการ

ผลิตปูนเม็ดต่อปูนซีเมนต์ ในขณะที่สัดส่วนของเชื้อเพลิงที่ใช้และกิจกรรมในการผลิตซีเมนต์นั้น จะเป็นผลให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากขึ้น

#### 2.2.4 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

**พิศิษฐ์ จารุมณีโรจน์. วิทยานิพนธ์ เรื่อง การศึกษาประสิทธิภาพพลังงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอส่วนต้นน้ำ. 2548.**

ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอส่วนต้นน้ำของประเทศไทย โดยใช้ดัชนีดิวิเซีย (Divisia Index) เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มพลังงาน (Energy Intensity) และการเปลี่ยนแปลงมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยพบว่า พลังงานที่ถูกใช้ไปในอุตสาหกรรมสิ่งทอส่วนต้นน้ำในปี พ.ศ. 2546 นั้น มีประสิทธิภาพลดลงจากปี พ.ศ. 2545 ประมาณ 5.7 และ 6.81% เมื่อใช้มูลค่าการผลิต และมูลค่าการขนส่งเป็นฐานในการคำนวณ

**นฤมล กิตติสุนทรวงศ์. วิทยานิพนธ์ เรื่อง การจัดการระบบสารสนเทศสำหรับการวิเคราะห์การใช้พลังงาน. 2544**

จัดทำขึ้นเพื่อปรับปรุงระบบสารสนเทศของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน ให้เป็นระบบสารสนเทศที่สามารถช่วยในการตัดสินใจในเรื่องการใช้พลังงานสำหรับผู้บริหาร ปัญหาที่พบก่อนการทำวิจัยคือ เรื่องระบบจัดการฐานข้อมูล พบว่าไม่สามารถพัฒนาโปรแกรมรายงานการวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยอ้างอิงจากฐานข้อมูลที่ใช้อยู่ในปัจจุบันได้ ดังนั้นจึงได้ทำการออกแบบและพัฒนาระบบฐานข้อมูลขึ้นมาใหม่เพื่อให้สอดคล้องกับ โปรแกรมรายงานการวิเคราะห์การใช้พลังงาน ซึ่งจากการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นนี้ พบว่า โปรแกรมรายงานการวิเคราะห์การใช้พลังงานสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์และการพัฒนาการใช้พลังงานในการผลิตของโรงงานต่อไปในอนาคต

**Arjaree Ussanarassameea, Subhes C. Bhattacharyya. Changes in energy demand in Thai industry between 1981 and 2000. 2003.**

จากการที่ในภาคอุตสาหกรรมการผลิตในประเทศไทย มีความต้องการการบริโภคพลังงานสูงถึงร้อยละ 30 ซึ่งสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมา งานวิจัยนี้จึงทำการวิจัยเกี่ยวกับรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงของความต้องการพลังงานในช่วงปี 1981-2000 โดยการระบุปัจจัยที่มีผลต่อการบริโภคพลังงาน ด้วยการใช้เทคนิคการวิเคราะห์แยกส่วน (decomposition technique) และใช้

ดัชนีลาสเปร์ (Laspeyres index) เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ ซึ่งจากงานวิจัยนี้พบว่า ในภาพรวมของอุตสาหกรรม ปัจจัยด้านกิจกรรมการผลิต เป็นปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณความต้องการใช้พลังงานมากที่สุด ส่วนการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม และอุตสาหกรรมอโลหะ นั้น เป็นส่วนที่มีผลกระทบต่อปริมาณความต้องการพลังงานในภาคอุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก

**B.W.Ang and F.Q.Zhang. A survey of index decomposition analysis in energy and environmental studies. 2000.**

ได้ทำการสำรวจงานวิจัยและดัชนีที่ใช้เกี่ยวกับการวิเคราะห์แยกส่วนพลังงานและการศึกษาสิ่งแวดล้อม ซึ่งการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการบริโภคพลังงานนี้ เริ่มมีขึ้นตั้งแต่การเกิดวิกฤตน้ำมันในปี ค.ศ. 1973/74 โดยจำนวนการวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์แยกส่วนนั้น ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1978 – 2000 ได้มีงานวิจัยทั้งสิ้น 124 งานวิจัย งานวิจัยการบริโภคพลังงานนี้ ได้มีการนำปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมเข้ามาาร่วมด้วย ซึ่งในช่วงปี ค.ศ. 1978 – 1984 มีงานวิจัยที่ใช้ดัชนีลาสเปร์ในการวิเคราะห์ร้อยละ 83 และในช่วงปี ค.ศ. 1985 – 1991 มีงานวิจัยที่ใช้ดัชนีลาสเปร์ในการวิเคราะห์ลดลงเหลือร้อยละ 53 ส่วนในช่วงปี ค.ศ. 1992 – 1999 มีสัดส่วนการใช้ดัชนีลาสเปร์ ดัชนีดีวิเซียค่าเฉลี่ยเลขคณิต และวิธีการอื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 45 ร้อยละ 28 และร้อยละ 27 ตามลำดับ

**Claudia Sheinbaum and Leticia Ozawa. Energy use and CO<sub>2</sub> emissions for Mexico's cement industry. 1997.**

ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณการบริโภคพลังงาน และการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ของอุตสาหกรรมผลิตปูนซีเมนต์ในประเทศเม็กซิโก ในช่วงปี 1982–1994 โดยใช้ดัชนี Laspeyres โดยได้ผลสรุปว่า ส่วนการเปลี่ยนแปลงการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นั้นปัจจัยจะแบ่งออกเป็นความเข้มพลังงาน สัดส่วนการผลิตปูนเม็ดต่อปูนซีเมนต์ และสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิดในการเผาปูนเม็ด ผลจากการศึกษานี้จะได้ว่า ทุกปัจจัยส่งผลให้ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงลดลง ยกเว้นกิจกรรมการผลิตปูนเม็ด ส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงนั้น เกิดจากค่าความเข้มพลังงานที่ลดลง และสัดส่วนการผลิตปูนเม็ดต่อปูนซีเมนต์ ในขณะที่สัดส่วนของเชื้อเพลิงที่ใช้และกิจกรรมในการผลิตซีเมนต์นั้น จะเป็นผลให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากขึ้น

**Emmanouil Hatzigeorgiou, Heracles Polatidis, Dias Haralambopoulos. CO<sub>2</sub> emissions in Greece for 1990–2002: A decomposition analysis and comparison of results using the Arithmetic Mean Divisia Index and Logarithmic Mean Divisia Index techniques. 2006.**

งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์แยกส่วนของพลังงานเกี่ยวเนื่องกับปริมาณการปล่อยออกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในประเทศกรีซช่วงปี ค.ศ.1990 – 2002 โดยใช้ดัชนีสองตัวคือ ดัชนีดีวีเซียค่าเฉลี่ยเลขคณิต และดัชนีดีวีเซียค่าเฉลี่ยลอการิทึม โดยผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่ทำให้เกิดการปล่อยออกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดคือ ปัจจัยรายรับ ในขณะที่ปัจจัยความเข้มพลังงานกลับทำให้เกิดการปล่อยออกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง ส่วนปัจจัยจำนวนประชากรนั้น มีผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของการปล่อยออกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนปัจจัยสัดส่วนเชื้อเพลิงนั้น พบว่าส่งผลให้เกิดการปล่อยออกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง เนื่องจากมีสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ การเปรียบเทียบผลจากดัชนีทั้งสองยังแสดงให้เห็นถึงความซับซ้อนของการวิเคราะห์แยกส่วนพลังงานอีกด้วย

**F.L. Liu\*, B.W. Ang. Eight methods for decomposing the aggregate energy-intensity of industry. 2003.**

ได้ทำการรวบรวมและเสนอแนะเกี่ยวกับวิธีการวิเคราะห์พลังงาน โดยประยุกต์ใช้ดัชนีทางเศรษฐศาสตร์ 8 ดัชนี โดยมี 5 ดัชนีที่มีการประยุกต์ใช้กับงานวิจัยทางด้านพลังงานแล้ว ได้แก่ ดัชนีลาสแประ์ ดัชนีปาสเค ดัชนีมาเชล-เอคเวิร์ด ดัชนีทอร์นควิส และดัชนีสตูเวล ซึ่งงานวิจัยนี้จะเสนอดัชนีที่เหมาะสมในการนำมาวิเคราะห์เพิ่มอีก 3 ดัชนี ได้แก่ ดัชนีฟิชเชอร์ในอุดมคติ ดัชนีวาร์เทีย และดัชนีซาโต-วาร์เทีย และได้สรุปไว้ว่าการวิเคราะห์แบบแยกส่วนนี้มีความใกล้เคียงกันในเชิงพลังงานและเศรษฐศาสตร์ และการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานนี้สามารถทำได้ในหลากหลายวิธีการ ซึ่งขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของการนำไปใช้

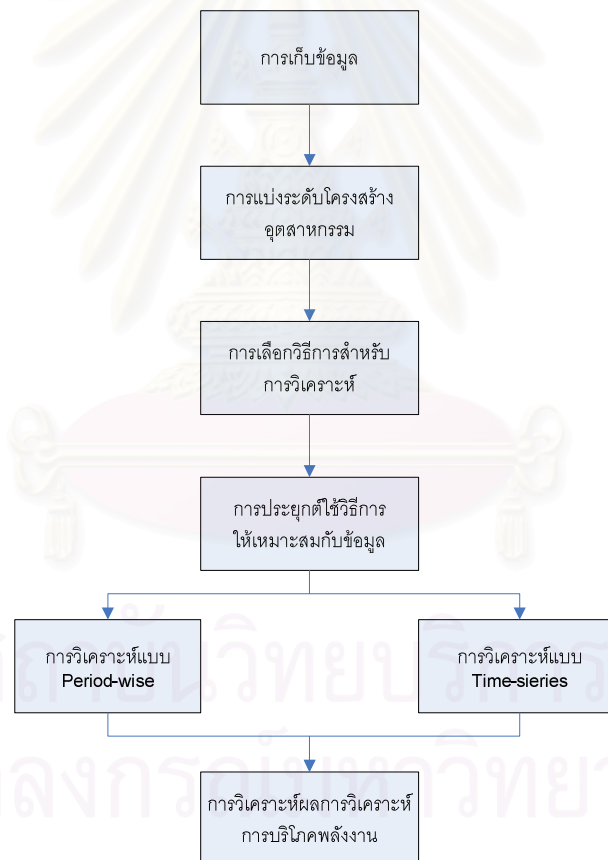
**Subhes C. Bhattacharyya, Arjaree Ussanarassameea. Changes in energy intensities in Thai industry between 1981 and 2000: a decomposition analysis. 2005.**

ภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยมีปริมาณความต้องการใช้พลังงานคิดเป็นร้อยละ 30 ของการบริโภคพลังงานทั้งหมด และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยในงานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ความเข้มพลังงานในช่วงปี ค.ศ .1981 – 2000 โดยใช้ดัชนีดีวีเซียลอการิทึมในการวิเคราะห์ ซึ่งผลจากการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าการเจริญเติบโตของอุตสาหกรรม ส่งผลให้มีปริมาณการบริโภคพลังงานเพิ่มขึ้น ส่วนอุตสาหกรรมที่มีความเข้มพลังงานสูงที่สุดคืออุตสาหกรรมโลหะ รองลงมาคืออุตสาหกรรมโลหะ อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมเคมี และอุตสาหกรรมกระดาษตามลำดับ ซึ่งในช่วง 1981–1986 นั้น ความเข้มพลังงานลดลงร้อยละ 8 เนื่องจากทั้งปัจจัยของโครงสร้างการผลิตและความเข้มพลังงาน

### บทที่ 3

#### การวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน

การวิเคราะห์แยกส่วนการบริโภคพลังงาน (Decomposition of energy consumption) เป็นกระบวนการที่จะทำให้สามารถทราบได้ว่า สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงปริมาณการบริโภคพลังงานในแต่ละปีนั้นเกิดขึ้นจากปัจจัยใด ซึ่งจะทำให้สามารถพิจารณาแนวโน้มการใช้พลังงานในอนาคต และพิจารณาแนวทางในการแก้ไขที่เหมาะสมได้อีกด้วย โดยการวิเคราะห์แยกส่วนการบริโภคพลังงานมีขั้นตอนในการศึกษาวิจัยดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนในการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน

ในการศึกษาปัจจัยการเปลี่ยนแปลงพลังงาน ได้มีการกำหนดปัจจัยพื้นฐานที่คาดว่าจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการบริโภคพลังงานอยู่ 3 ปัจจัย ได้แก่

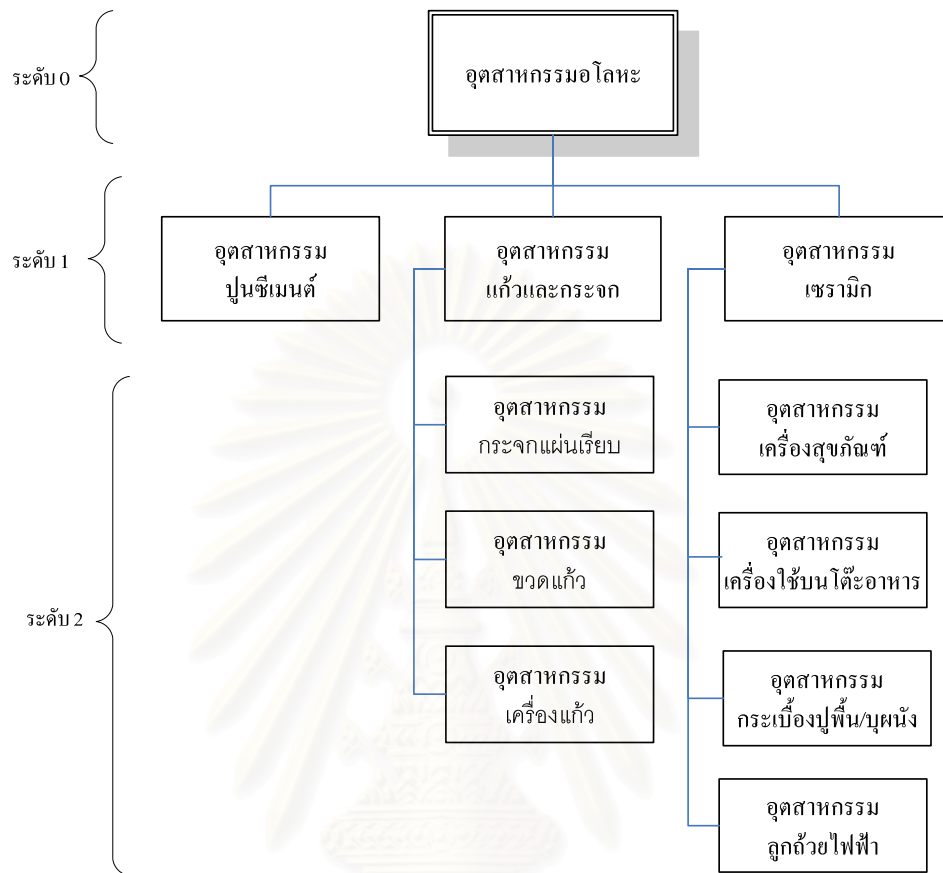
- ระดับการผลิต (Production level)
- โครงสร้างการผลิต (Structure)
- ความเข้มพลังงาน (Intensity)

จึงทำให้แนวทางในการเก็บข้อมูล จำเป็นที่จะต้องเก็บข้อมูลให้เพียงพอต่อการพิจารณา ปัจจัยพื้นฐานทั้งสาม ซึ่งจะแสดงรายละเอียดในหัวข้อการเก็บข้อมูล

สำหรับการแบ่งโครงสร้างของอุตสาหกรรมนั้น โดยทั่วไปสามารถแบ่งโครงสร้างได้หลากหลาย อาทิ แบ่งตามประเภทผลิตภัณฑ์ แบ่งตามประเภทกระบวนการผลิต แบ่งตามระดับการใช้พลังงาน ฯลฯ แต่เนื่องจากการวิจัยนี้เป็นการศึกษาเฉพาะอุตสาหกรรมอโลหะ ดังนั้น ในการแบ่งโครงสร้างอุตสาหกรรม จะแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ดังแสดงในรูปที่ 3.2 โดยในระดับ 0 คือกลุ่มอุตสาหกรรมอโลหะ ระดับที่ 1 คืออุตสาหกรรมหลัก ซึ่งจะแบ่งตามกระบวนการผลิต กล่าวคือ แบ่งเป็น 3 อุตสาหกรรมหลัก ได้แก่ อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ อุตสาหกรรมแก้วและกระจก และ อุตสาหกรรมเซรามิก ส่วนในระดับที่ 2 นั้นคือ อุตสาหกรรมย่อยของแต่ละอุตสาหกรรม โดยจะแบ่งตามประเภทของผลิตภัณฑ์ดังต่อไปนี้

- อุตสาหกรรมแก้วและกระจก แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มพลังงานย่อย ได้แก่
  - อุตสาหกรรมกระจกแผ่นเรียบ
  - อุตสาหกรรมขวดแก้ว
  - อุตสาหกรรมเครื่องแก้ว
- อุตสาหกรรมเซรามิก แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มพลังงานย่อย ได้แก่
  - อุตสาหกรรมเครื่องสุขภัณฑ์
  - อุตสาหกรรมเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร
  - อุตสาหกรรมกระเบื้องปูพื้น/ผนัง
  - อุตสาหกรรมลูกถ้วยไฟฟ้า
- อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์มีผลิตภัณฑ์ชนิดเดียว จึงไม่มีการแบ่งกลุ่มพลังงานย่อย

การวิเคราะห์การบริโภคพลังงานสามารถแบ่งประเภทได้ดังรูปที่ 3.3 ซึ่งในแต่ละประเภทของการวิเคราะห์ ได้มีการนำเอาดัชนีทางเศรษฐศาสตร์เข้ามาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์อย่างหลากหลาย อาทิ ดัชนีลาสเปรย์ (Laspreyes Index) ดัชนีดิวิเซีย (Divisia Index) และดัชนีอื่นๆ ดังจะกล่าวไว้ในหัวข้อของการศึกษาดัชนีการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน



รูปที่ 3.2 การแบ่งระดับโครงสร้างอุตสาหกรรมอิฐ

### 3.1 ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน

สำหรับโรงงานในแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรมของอุตสาหกรรมอิฐนั้น มีลักษณะของการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับระบบการจัดการภายในของแต่ละโรงงาน กล่าวคือ สำหรับโรงงานที่มีระบบการจัดการภายในเป็นอย่างดี จะมีการบันทึกข้อมูลที่ใช้เป็นในการวิเคราะห์ไว้อย่างครบถ้วน ซึ่งโรงงานในกลุ่มนี้ได้แก่ โรงงานขนาดใหญ่ หรือ โรงงานในสังกัดของกลุ่มธุรกิจขนาดใหญ่ ส่วนโรงงานอีกประเภทหนึ่งคือ โรงงานที่ยังไม่มีระบบการจัดการภายในที่มีประสิทธิภาพเพียงพอ เช่น โรงงานขนาดกลาง และขนาดเล็ก ปัญหาที่พบคือ การบันทึกข้อมูลที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานนั้น อาจมีข้อมูลที่ไม่ครบ หรือไม่ได้ทำการเก็บข้อมูลประเภทใดประเภทหนึ่งไว้ รวมทั้งในเรื่องของความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ทำกรบันทึกอีกด้วย

ข้อมูลที่ใช้เป็นในการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของปัจจัยพื้นฐานทั้ง 3 ปัจจัย ได้แก่



- ข้อมูลระดับการผลิต คือ ข้อมูลปริมาณการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์ของโรงงาน โดยมาก จะทำการบันทึกในหน่วยตัน
- ข้อมูลโครงสร้างการผลิต ในอุตสาหกรรมโลหะนี้ สามารถแบ่งโครงสร้างการผลิตออก ได้เป็น 2 ประเภท คือ อุตสาหกรรมที่ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดเดียว ได้แก่ อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ และอุตสาหกรรมที่ผลิตผลิตภัณฑ์หลายประเภท ได้แก่ อุตสาหกรรมแก้ว กระจกและอุตสาหกรรมเซรามิก
- ข้อมูลความเข้มพลังงาน หมายถึง ปริมาณพลังงานที่ต้องการใช้เพื่อให้ได้มาซึ่งผลผลิตหรือ บริการ 1 หน่วย หน่วยของผลผลิตหรือบริการอาจอยู่ในรูปของหน่วยทางกายภาพ (Physical Unit) เช่น 1 ตัน ฯลฯ หรืออยู่ในรูปของมูลค่าทางเศรษฐกิจ เช่น 1,000 บาท ฯลฯ ส่วนค่าการบริโภคพลังงานเฉพาะ (Specific Energy Consumption, SEC) ซึ่ง คำนวณด้วยปริมาณพลังงานต่อปริมาณผลผลิตเช่นเดียวกัน แต่เป็นความเข้มพลังงานใน ระดับกระบวนการผลิตและขึ้นอยู่กับสัดส่วนของการผลิต โดยค่า SEC จะประกอบด้วย ค่า SEC พลังงานความร้อนและค่า SEC พลังงานไฟฟ้า

ข้อมูลที่น่ามาใช้วิเคราะห์ในการวิจัยนี้ได้มาจากสองแหล่งคือ ข้อมูลจากการเข้าตรวจวัดจาก โรงงานตัวอย่างของอุตสาหกรรมเซรามิกจำนวน 11 โรงงาน อุตสาหกรรมแก้วกระจกจำนวน 11 โรงงาน และข้อมูลจากรายงานบพร.1 สำหรับอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์จำนวน 7 โรงงาน โดยใน ภาคผนวก ข ตารางที่ ข.1 - ข.3 แสดงข้อมูลการใช้พลังงานและปริมาณการผลิตของกลุ่มโรงงาน ตัวอย่าง และตารางที่ 3.1 - 3.2 จะแสดงข้อมูลสรุปข้อมูลปริมาณการผลิต โครงสร้างการผลิตและความ เข้มพลังงานปฐมภูมิของแต่ละอุตสาหกรรมสำหรับการนำไปคำนวณต่อในขั้นตอนต่อไป

สำหรับการรวบรวมข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์ของอุตสาหกรรมโลหะนั้น จากการ สอบถามข้อมูลไปยังหน่วยงานต่างๆ ทั้งจากหน่วยงานภาครัฐและโรงงานตัวอย่าง พบว่าไม่สามารถหา ข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับการนำมาประกอบการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานได้ และข้อมูลที่บันทึกใน รายงาน บพร.1 นั้น ไม่มีการรายงานในส่วนของมูลค่าผลิตภัณฑ์ โดยในส่วนของข้อมูลที่สามารถหาได้ เป็นข้อมูลเชิงพาณิชย์ อาทิ มูลค่าการนำเข้า การส่งออก ซึ่งได้แสดงไว้ดังภาคผนวก ค

จากการรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน สามารถสรุปปัญหาได้ดังนี้

- ขาดความน่าเชื่อถือของข้อมูล พบว่า ข้อมูลค่า SEC ที่ได้จากการเข้าตรวจวัดของโรงงาน อุตสาหกรรม มีความแตกต่างจากข้อมูลที่ทางโรงงานได้บันทึกส่งมาในแบบ บพร.1 ซึ่ง อาจเกิดจากการขาดความเข้าใจในวิธีการเก็บข้อมูลพลังงานที่ถูกต้อง

- ความแตกต่างกันของหน่วยข้อมูล อาทิเช่น หน่วยของการผลิตกระเบื้องมีบันทึกข้อมูลการปริมาณการผลิตในหน่วยของตารางเมตร ในขณะที่การผลิตเครื่องสุขภัณฑ์มีหน่วยเป็นชิ้น
- การขาดข้อมูลในระดับมหภาคของอุตสาหกรรม จากการศึกษาพบว่าข้อมูลในระดับมหภาคของประเทศไทย ยังไม่มีความสมบูรณ์พอที่จะนำมาวิเคราะห์ในรายละเอียดได้ อาจเกิดจากการขาดระบบการจัดการข้อมูลในระดับประเทศที่ดีเพียงพอ และขาดความร่วมมือจากผู้ประกอบการ

จากปัญหาที่พบดังที่กล่าวมาแล้วนั้น สามารถสรุปข้อเสนอแนะในการเก็บข้อมูลได้ดังนี้

- ควรมีการให้ความรู้ความเข้าใจในกระบวนการเก็บข้อมูลพลังงานที่ถูกต้องกับทางโรงงาน
- ควรมีการระบุหน่วยการจัดเก็บข้อมูลการผลิตให้เป็นหน่วยเดียวกัน เช่น จัดเก็บในหน่วยตัน โดยการคูณค่าน้ำหนักเข้ากับผลิตภัณฑ์หน่วยชิ้น หรือหน่วยตารางเมตร
- ควรมีการจัดตั้งหน่วยงานเพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงสถิติของประเทศที่มีประสิทธิภาพ เพื่อเป็นศูนย์กลางของข้อมูลสำหรับการศึกษาและวิจัย

รายละเอียดของปัญหาที่พบจากการรวบรวมข้อมูลแสดงดังภาคผนวก ง

### 3.1.1 การคำนวณความเข้มพลังงานปฐมภูมิ

ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมโลหะนั้น จะพิจารณาจากความเข้มพลังงานปฐมภูมิ (Primary Energy) ซึ่งก็คือ ค่าผลรวมของพลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์หนึ่งหน่วย โดยในการวิจัยนี้จะพิจารณาในหน่วยของกิกะจูลต่อตัน (GJ/ตัน) ดังนั้น จึงต้องมีการแปลงค่าพลังงานไฟฟ้าจากหน่วยกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) ให้อยู่ในหน่วยเดียวกับพลังงานความร้อน (GJ) โดยใช้สมการที่ 3.1

$$\text{พลังงานความร้อน (GJ)} = \frac{\text{พลังงานไฟฟ้า (kWh)} \times 3.6 \times 10^6}{0.45} \quad (3.1)$$

เนื่องจากการเปลี่ยนพลังงานขั้นปฐมภูมิไปเป็นพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยนั้น มีการสูญเสียในสายส่ง และการสูญเสียจากปัจจัยอื่นๆ จึงทำให้มีประสิทธิภาพอยู่ที่ประมาณร้อยละ 45 และค่าความร้อน (Heat Value) ของไฟฟ้าที่ซื้อเท่ากับ 3.6 เมกกะจูลต่อหน่วย ([www.dede.go.th](http://www.dede.go.th); รายงานน้ำมันเชื้อเพลิงของประเทศไทยปี พ.ศ. 2547 (ข้อมูลเบื้องต้น) /ค่าการแปลงหน่วย)

จากข้อมูลค่าการบริโภคพลังงานจำเพาะ (SEC) ของโรงงานนั้น สามารถนำมาทำการคำนวณค่าความเข้มพลังงานรวมของแต่ละอุตสาหกรรม ตามหลักการคำนวณแบบถ่วงน้ำหนัก โดยใช้ปริมาณผลผลิตของแต่ละโรงงานเป็นค่าถ่วงน้ำหนัก ดังสมการที่ 3.1 และสมการที่ 3.2

$$\text{กำหนดให้} \quad E = \sum_{i=1}^n E_i \quad (3.2)$$

$$\text{โดยที่} \quad E_i = I_i \left( \frac{Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i} \right) \quad (3.3)$$

เมื่อ	$E$	=	ค่าความเข้มพลังงานของอุตสาหกรรม (GJ/ton)
	$E_i$	=	ค่าความเข้มพลังงานของโรงงาน i (GJ/ton)
	$I_i$	=	ค่าความเข้มพลังงานของโรงงาน i (GJ/ton)
	$Q_i$	=	ปริมาณการผลิตของโรงงาน i (ton/ปี)

ตัวอย่าง การคำนวณค่าความเข้มพลังงานของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปี พ.ศ. 2548

โรงงานปูนซีเมนต์ 1 มีปริมาณการผลิตปี พ.ศ. 2548 จำนวน 5,598,482.00 ตัน ในขณะที่ปริมาณการผลิตรวมของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปี พ.ศ. 2548 คือ 20,691,168.00 ตัน ดังนั้น ค่าดัชนีถ่วงน้ำหนักของโรงงานปูนซีเมนต์ 1 จึงเท่ากับ 0.270574 จากนั้น นำไปคูณกับค่าความเข้มพลังงาน (4.34 GJ/ตัน) แล้ว จะได้ค่าความเข้มพลังงานในส่วน of โรงงานปูนซีเมนต์ 1 เท่ากับ 1.174579 GJ/ตัน โดยในส่วน of โรงงานอื่นๆ ก็ใช้การคำนวณในลักษณะเดียวกันนี้

จากข้อมูลปริมาณการผลิตและความเข้มพลังงานปฐมภูมิของแต่ละโรงงานเมื่อปี พ.ศ. 2548 ในภาคผนวก ก ตารางที่ ก.1 เมื่อนำมาคำนวณค่าดัชนีถ่วงน้ำหนัก และความเข้มพลังงานปฐมภูมิในภาพรวมของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ จะได้ผลดังตารางที่ 3.1

เมื่อทำการคำนวณค่าความเข้มพลังงานของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์โดยใช้วิธีการข้างต้นแล้ว จะได้ค่าความเข้มพลังงานของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ในช่วงปี พ.ศ. 2456 – 2548 ดังแสดงในตารางที่ 3.2

สำหรับอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์นั้น จะมีความแตกต่างกับอุตสาหกรรมเซรามิกและอุตสาหกรรมแก้วและกระจก คือ มีผลิตภัณฑ์เพียงชนิดเดียว ในขณะที่อีกสองอุตสาหกรรมมีผลิตภัณฑ์มากกว่าหนึ่งชนิด ทำให้ขั้นตอนในการคำนวณค่าความเข้มพลังงานปฐมภูมิของอุตสาหกรรมทั้งสอง มีความแตกต่างกับอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ กล่าวคือ ต้องมีการคำนวณความเข้มพลังงานปฐมภูมิของ

แต่ละกลุ่มผลิตภัณฑ์ก่อน จากนั้นจึงนำค่าความเข้มพลังงานปฏิกิริยาของแต่ละกลุ่มผลิตภัณฑ์มา คำนวณหาค่าความเข้มพลังงานของทั้งกลุ่มอุตสาหกรรม ส่วนวิธีการคำนวณนั้นใช้การคำนวณแบบใช้ ปริมาณการผลิต (ตัน) เป็นค่าถ่วงน้ำหนัก และใช้สมการที่ 3.2 และ 3.3 เช่นเดียวกันกับการคำนวณค่า ความเข้มพลังงานของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ โดยค่าความเข้มพลังงานปฏิกิริยาของอุตสาหกรรมแก้ว และกระจก อุตสาหกรรมเซรามิก และอุตสาหกรรมโลหะที่ผ่านการคำนวณแล้วนั้น แสดงได้ดังตาราง ที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 ค่าความเข้มพลังงานและค่าถ่วงน้ำหนักของโรงงานปูนซีเมนต์ในปี พ.ศ. 2548

ลำดับ	ชื่อ	พ.ศ. 2548			
		ปริมาณการผลิต ตัน/ปี	SEC,total GJ/ตัน	ค่าดัชนีถ่วง น้ำหนัก	ความเข้มพลังงาน ปฏิกิริยา (GJ/ตัน)
1	โรงงานปูนซีเมนต์ 1	5,598,482.00	4.34	0.270574	1.174579
2	โรงงานปูนซีเมนต์ 2	3,756,537.00	3.91	0.181553	0.71002
3	โรงงานปูนซีเมนต์ 3	7,993,282.00	3.87	0.386314	1.494455
4	โรงงานปูนซีเมนต์ 4	599,114.00	4.15	0.028955	0.120266
5	โรงงานปูนซีเมนต์ 5	570,238.00	4.50	0.027559	0.124121
6	โรงงานปูนซีเมนต์ 6	788,272.00	4.83	0.038097	0.183963
7	โรงงานปูนซีเมนต์ 7	1,385,243.00	3.54	0.066949	0.236741
รวม		20,691,168.00		1.000000	<b>4.044144</b>

สรุปข้อมูลปริมาณการผลิต โครงสร้างการผลิต และความเข้มพลังงานของอุตสาหกรรม โลหะแสดงได้ดังตารางที่ 3.3 – 3.4

ตารางที่ 3.2 ค่าความเข้มพลังงานปฏิกิริยาของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ แก้วและกระจก เซรามิก และโลหะในช่วงปี พ.ศ. 2546 – 2548

อุตสาหกรรม	พ.ศ. 2546			พ.ศ. 2547			พ.ศ. 2548		
	SEC, EE (kWh)	SEC, TH (GJ)	SEC, PR (GJ)	SEC, EE (kWh)	SEC, TH (GJ)	SEC, PR (GJ)	SEC, EE (kWh)	SEC, TH (GJ)	SEC, PR (GJ)
ปูนซีเมนต์	101.33	3.37	4.1856	109.52	3.18	4.0607	104.98	3.20	4.0441
แก้วและกระจก	347.10	8.1383	10.9067	339.6292	7.5359	10.2536	363.8303	7.9721	10.8827
เซรามิก	248.059	6.476	8.4601	201.245	5.586	7.1967	178.992	6.090	7.5240
โลหะ	123.43	3.82	4.8106	127.89	3.57	4.5999	122.73	3.63	4.6150

SEC, EE : ความเข้มพลังงานไฟฟ้า SEC, TH : ความเข้มพลังงานความร้อน SEC, PR : ความเข้มพลังงานปฏิกิริยา

ตารางที่ 3.3 สรุปข้อมูลปริมาณการผลิต โครงสร้างการผลิตและความเข้มพลังงานปรุณภูมิของอุตสาหกรรมแก้วกระจกและเซรามิก  
ในช่วงปี พ.ศ. 2546 – 2548

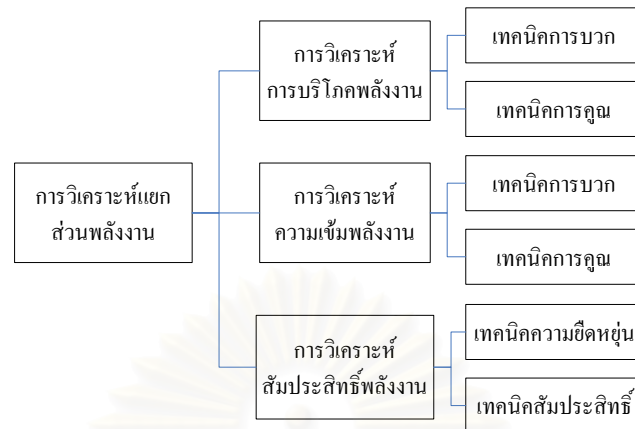
อุตสาหกรรม	พ.ศ.			พ.ศ.			พ.ศ.		
	2546	2547	2548	2546	2547	2548	2546	2547	2548
	ปริมาณการผลิต (ตัน/ปี)			สัดส่วนการผลิต			ความเข้มพลังงานปรุณภูมิ (GJ/ตัน)		
<b>แก้วและกระจก</b>									
- กระจกแผ่น	551,632.73	545,504.60	566,188.70	0.2902	0.2554	0.2703	10.63	10.92	11.15
- ขวดแก้ว	1,079,857.00	1,312,754.70	1,223,197.00	0.5680	0.6147	0.5839	8.6481	8.2757	8.1174
- เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร	269,576.00	277,390.00	305,360.00	0.1418	0.1299	0.1458	20.5111	18.3	21.47
<b>รวมแก้วและกระจก</b>	<b>1,901,065.73</b>	<b>2,135,390.00</b>	<b>2,094,745.70</b>				<b>10.9067</b>	<b>10.2536</b>	<b>10.8827</b>
<b>เซรามิก</b>									
- สุขภัณฑ์	131,142.19	142,887.96	165,705.70	0.0557	0.0518	0.0557	21.5668	21.2634	20.3091
- กระเบื้องปูพื้น/ผนัง	2,163,491.00	2,553,483.17	2,753,625.02	0.9183	0.9259	0.9258	6.4444	5.5402	5.962
- เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร	51,218.36	51,569.04	44,974.90	0.0217	0.0187	0.0151	56.1292	45.9527	51.2517
- ลูกถ้วยไฟฟ้า	10,000.00	10,000.00	10,000.00	0.0042	0.0036	0.0034	28.53	29.32	29.116
<b>รวมเซรามิก</b>	<b>2,355,851.55</b>	<b>2,757,940.17</b>	<b>2,974,305.62</b>				<b>8.4601</b>	<b>7.1967</b>	<b>7.524</b>

ตารางที่ 3.4 ข้อมูลปริมาณการผลิต โครงสร้างการผลิต และความเข้มพลังงานปรุณภูมิของอุตสาหกรรมอโลหะในช่วงปี พ.ศ. 2546 – 2548

อุตสาหกรรม	ปริมาณการผลิต (ล้านตัน/ปี)			สัดส่วนการผลิต			ความเข้มพลังงานปรุณภูมิ (GJ/ตัน)		
	พ.ศ. 2546	พ.ศ. 2547	พ.ศ. 2548	พ.ศ. 2546	พ.ศ. 2547	พ.ศ. 2548	พ.ศ. 2546	พ.ศ. 2547	พ.ศ. 2548
ปูนซีเมนต์	32.5300	35.6300	37.8700	0.8843	0.8792	0.8820	4.1856	4.0607	4.0441
แก้วและกระจก	1.9011	2.1356	2.0947	0.0517	0.0527	0.0488	10.9067	10.2536	10.8827
เซรามิก	2.3560	2.7580	2.9740	0.0640	0.0681	0.0693	8.4601	7.1967	7.524
อโลหะ	36.7900	40.5200	42.9400				4.8106	4.5999	4.615

### 3.2 การศึกษาดัชนีที่เหมาะสมสำหรับวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณการใช้พลังงานนั้น มีลักษณะการวิเคราะห์คล้ายการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงราคาของสินค้าโดยใช้ดัชนีราคา (Price Index) จึงมีนักวิจัยทางด้านพลังงานได้นำดัชนีราคามาประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์แยกส่วนพลังงาน (Index Decomposition Analysis, IDA)



รูปที่ 3.3 จำแนกวิธีการในการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน

จากรูปที่ 3.3 จะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน และการวิเคราะห์ความเข้มพลังงาน นั้น มีอยู่ 2 วิธี คือ การวิเคราะห์แบบผลบวก (Additive) และการวิเคราะห์แบบผลคูณ (Multiplicative) โดยสมการหลักของการวิเคราะห์แยกส่วนการบริโภคพลังงานแบบการบวกจะเป็นดังสมการที่ 3.4 ส่วนสมการหลักของการวิเคราะห์แยกส่วนการบริโภคพลังงานแบบการคูณ จะเป็นดังสมการที่ 3.5

$$D_{tot} = D_{x1} D_{x2} \cdots D_{xn} D_{rsd} \quad (3.4)$$

$$\Delta E_{tot} = \Delta E_{x1} + \Delta E_{x2} + \cdots + \Delta E_{xn} + \Delta E_{rsd} \quad (3.5)$$

- เมื่อ
- $\Delta E_{tot}$  = การเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานรวมของกลุ่มอุตสาหกรรม
  - $\Delta E_{xn}$  = การเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานจากอิทธิพลของปัจจัยที่ n
  - $\Delta E_{rsd}$  = ค่าส่วนตกค้างของการวิเคราะห์ผลบวก
  - $D_{tot}$  = ดัชนีเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานรวมของกลุ่มอุตสาหกรรม
  - $D_{xn}$  = ดัชนีการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานจากอิทธิพลของปัจจัยที่ n
  - $D_{rsd}$  = ค่าส่วนตกค้างของการวิเคราะห์ผลคูณ

ค่าทางซ้ายมือของสมการคือ ค่าพลังงานที่เปลี่ยนแปลงไปในภาพรวมของอุตสาหกรรม ส่วนค่าผลรวมทางขวามือของสมการคือผลของการเปลี่ยนแปลงการบริโภคพลังงานที่เกิดขึ้นจากปัจจัยต่างๆ เช่น ระดับการผลิต โครงสร้างการผลิต และความเข้มพลังงาน ฯลฯ และค่าส่วนตกค้างคือส่วนต่างของปริมาณการบริโภคพลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมกับผลรวมของค่าอิทธิพลจาก ปัจจัยต่างๆ ดังที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น

ความแตกต่างระหว่างการวิเคราะห์แบบผลบวกและการวิเคราะห์แบบผลคูณนั้น คือผลลัพธ์ที่ได้จะออกมาจากการวิเคราะห์ กล่าวคือ การวิเคราะห์แบบผลคูณ จะให้ค่าดัชนีร้อยละและทิศทางของ

การเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับปีฐาน ในขณะที่ผลจากการวิเคราะห์แบบผลบวกจะบอกถึงปริมาณและทิศทางของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของแต่ละปัจจัย

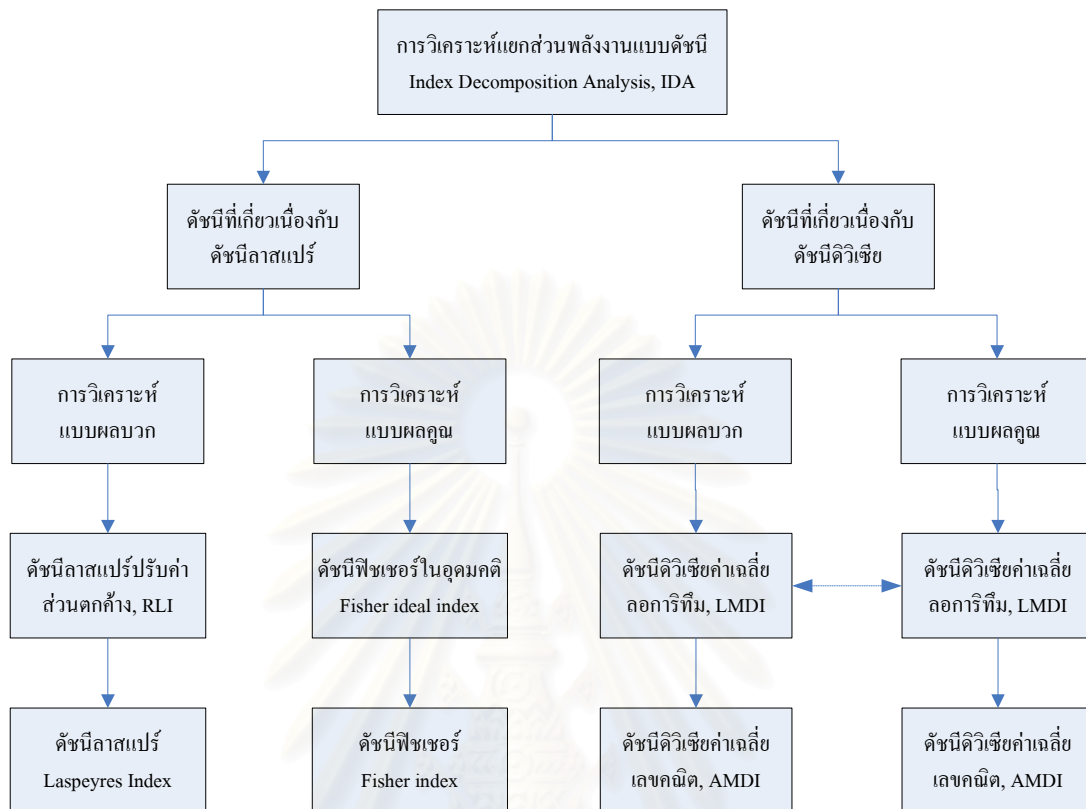
ในการวิเคราะห์เพื่อหาค่าการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยที่มีผลต่อการบริโภคพลังงานนั้น ปัจจัยพื้นฐานที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่

- ระดับการผลิต ซึ่งเกิดจากระดับความต้องการของตลาด
- โครงสร้างการผลิต เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงความต้องการของลูกค้า หรือ นโยบายการพัฒนาอุตสาหกรรม
- ความเข้มพลังงาน เป็นผลจากความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยี ราคาพลังงาน การใช้เชื้อเพลิงทดแทน หรือการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

นอกจากนี้ ในหลายงานวิจัยยังมีการวิเคราะห์ปัจจัยอื่นๆเพิ่มเติม เช่น ปริมาณการปล่อยออกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิง ราคาพลังงาน ฯลฯ ซึ่งการวิเคราะห์ปัจจัยที่เพิ่มขึ้นก็ขึ้นอยู่กับความพร้อมของข้อมูลด้วย

การวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลระหว่างปี มีการวิเคราะห์ 2 แบบได้แก่ การวิเคราะห์ระหว่างคู่ปี (period wise) และการวิเคราะห์แบบเป็นช่วงเวลา (time serie) โดยการเปรียบเทียบระหว่างคู่ปี มีข้อดีคือง่ายต่อการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานสำหรับกรณีที่มีข้อมูลจำกัด เช่นมีข้อมูล 2 ปี และในการวิเคราะห์เพื่อพิจารณาผลการเปลี่ยนแปลงของพลังงานในคู่ปีที่เลือก เนื่องจากผลการวิเคราะห์จะชัดเจนและง่ายต่อความเข้าใจมากกว่า แต่ก็มีข้อเสียคือในกรณีที่มีการเปรียบเทียบปัจจัยมูลค่าการผลิตนั้น อาจมีปัจจัยเกี่ยวกับเงินเฟ้อที่ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนของการวิเคราะห์ได้ ในขณะที่การวิเคราะห์แบบเป็นช่วงเวลานั้นจะไม่เกิดปัญหานี้ เนื่องจากเปรียบเทียบกับปีฐานเดียวกัน รวมทั้งมีความเหมาะสมในกรณีมีข้อมูลหลายปี เนื่องจากทำให้เห็นแนวโน้มของการบริโภคพลังงานได้ง่ายกว่า

ในส่วนถัดไปจะนำเสนอดัชนีการวิเคราะห์แยกส่วนพลังงานที่มีประสิทธิภาพและนิยมใช้ในปัจจุบัน ซึ่งเป็นดัชนีที่ดัดแปลงมาจากดัชนีราคาสำหรับการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ แสดงสรุปดัชนีที่นิยมนำมาใช้ในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดงการจำแนกดัชนีการวิเคราะห์แยกส่วนพลังงาน

การอธิบายสมการในส่วนถัดไป จะกำหนดตัวแปรดังนี้

- กำหนดให้  $E_i$  คือ พลังงานที่ใช้ในอุตสาหกรรมส่วนที่  $i$ , GJ
- $Q_i$  คือ ระดับการผลิตของอุตสาหกรรมส่วนที่  $i$ , ตัน
- $S_i$  คือ โครงสร้างการผลิตของอุตสาหกรรมส่วนที่  $i = \frac{Q_i}{Q}$
- $I_i$  คือ ความเข้มพลังงานของอุตสาหกรรมส่วนที่  $i$ , GJ/ตัน
- เมื่อ  $i =$  อุตสาหกรรมย่อยที่  $1, 2, \dots, n$
- และ  $D_{tot}$  คือ ดัชนีการเปลี่ยนแปลงในภาพรวมของอุตสาหกรรม
- $D_{pdt}$  คือ ดัชนีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการผลิต
- $D_{str}$  คือ ดัชนีการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างการผลิต
- $D_{int}$  คือ ดัชนีการเปลี่ยนแปลงของความเข้มพลังงาน



$\Delta E_{tot}$  คือ ปริมาณการเปลี่ยนแปลงในภาพรวมของอุตสาหกรรม, GJ

$\Delta E_{pdn}$  คือ ปริมาณการเปลี่ยนแปลงของพลังงานเนื่องจากปริมาณการผลิต, GJ

$\Delta E_{str}$  คือ ปริมาณการเปลี่ยนแปลงของพลังงานเนื่องจากโครงสร้างการผลิต, GJ

$\Delta E_{int}$  คือ ปริมาณการเปลี่ยนแปลงของพลังงานเนื่องจากความเข้มพลังงาน, GJ

### 3.2.1 การวิเคราะห์การบริโภคพลังงานโดยใช้ดัชนีลาสเปร์

ดัชนีลาสเปร์ (Laspeyres Index) จัดว่าเป็นดัชนีต้นแบบของการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน ตั้งแต่เริ่มมีการตื่นตัวในการวิจัยเกี่ยวกับพลังงานในช่วงปลายปี ค.ศ. 1970 เป็นต้นมา แต่เนื่องจากผลการวิเคราะห์ที่ได้นั้นเกิดค่าส่วนตกค้าง ประกอบกับเกิดการพัฒนาดัชนีการวิเคราะห์อื่นๆเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก ในระยะหลังจึงมีงานวิจัยที่ใช้ดัชนีลาสเปร์ในการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานลดลง

- **ดัชนีลาสเปร์ (Laspeyres index)**

สมการการวิเคราะห์แบบผลคูณของดัชนีลาสเปร์ มีรูปสมการทั่วไปคือ

$$\text{จาก } D = V_t / V_0 = \prod_{k=1}^n D_{X_k}$$

$$\text{โดยที่ } D_{X_k} = \frac{\sum_i X_{i1,0} \dots X_{ik,t} \dots X_{in,0}}{\sum_i X_{i1,0} \dots X_{ik,0} \dots X_{in,0}} \quad (3.6)$$

$$\text{และ } D_{rsd} = \frac{D_{tot}}{D_1 D_2 \dots D_n} \quad (3.7)$$

สมการการวิเคราะห์แบบผลบวกของดัชนีลาสเปร์ มีรูปสมการทั่วไปคือ

$$\text{จาก } \Delta E = E_t - E_0 = \sum_{k=1}^n E_{X_k}$$

$$\text{โดยที่ } \Delta E_{X_k} = \sum_i X_{i1,0} \dots (X_{ik,t} - X_{ik,0}) \dots X_{in,0} \quad (3.8)$$

$$\text{และ } \Delta E_{rsd} = \Delta E_{tot} - \sum_k \Delta E_k \quad (3.9)$$

- **ดัชนีลาสเปร์แบบปรับค่าส่วนตกค้าง (Refined Laspeyres Index, RLI)**

จากปัญหาค่าส่วนตกค้างสูงของดัชนีลาสเปร์แบบดั้งเดิม จึงมีผู้ได้ทำการปรับปรุงสมการนี้ โดยเรียกว่า ดัชนีลาสเปร์แบบปรับค่าส่วนตกค้าง (Refined Laspeyres Index, RLI) ซึ่ง Ang และคณะ

(2003) ได้ทำการพิสูจน์ว่าเป็นวิธีการเดียวกับวิธีการซัน (Sun Method) ที่เสนอโดย Sun (1998) และวิธีการแชปเลย์ (Shapley Method) ที่เสนอโดย Albrecht และคณะ (2002) โดยดัชนีลาสเปร์แบบปรับค่าส่วนตกค้าง มีสมการดังต่อไปนี้

$$\Delta E_{tot} = \Delta E_{pdn} + \Delta E_{str} + \Delta E_{int} \quad (3.10)$$

$$\Delta E_{pdn} = \Delta Q \sum_i I_{i,0} S_{i,0} + \frac{1}{2} \Delta Q \sum_i (I_{i,0} \Delta S_i + S_{i,0} \Delta I_i) + \frac{1}{3} \Delta Q \sum_i \Delta I_i \Delta S_i \quad (3.11)$$

$$\Delta E_{str} = Q_0 \sum_i I_i \Delta S_{i,0} + \frac{1}{2} \sum_i \Delta S_i (I_{i,0} \Delta Q + Q_0 \Delta I_i) + \frac{1}{3} \Delta Q \sum_i \Delta I_i \Delta S_i \quad (3.12)$$

$$\Delta E_{int} = Q_0 \sum_i S_{i,0} \Delta I_i + \frac{1}{2} \sum_i \Delta I_i (S_{i,0} \Delta Q + Q_0 \Delta S_i) + \frac{1}{3} \Delta Q \sum_i \Delta I_i \Delta S_i \quad (3.13)$$

ดัชนีลาสเปร์แบบปรับค่าส่วนตกค้างมีแต่เฉพาะการคำนวณแบบผลบวกเท่านั้น ซึ่งในส่วน of ผลคูณจะมีสมการอีกชุดหนึ่งที่ได้ประยุกต์จากสมการฟิชเชอร์ (Fisher Index)

- **ดัชนีฟิชเชอร์ในอุดมคติ (Fisher Ideal Index, FII)**

ดัชนีฟิชเชอร์ที่ได้ถูกปรับปรุงเพื่อลดค่าส่วนตกค้างลง เรียกว่า ดัชนีฟิชเชอร์ในอุดมคติ (Fisher Ideal Index, FII) ซึ่งนำเสนอโดย Ang และคณะ (2002) โดยดัชนีฟิชเชอร์นี้จะให้ผลที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยระหว่างผลจากดัชนีลาสเปร์และดัชนีปาสเค (Paasche) ซึ่งมีสมการเป็นดังนี้

รูปทั่วไปของสมการฟิชเชอร์

กำหนดให้  $N = 1, 2, \dots, n$  มีจำนวนสมาชิกที่เป็นไปได้ของ  $N$  เท่ากับ  $n$

$S \in N$  เมื่อ  $S$  มีจำนวนสมาชิกที่เป็นไปได้เท่ากับ  $s'$

$$\text{จะได้ } V(S) = \sum \left( \prod_{l \in S} X_l^t \prod_{m \in N \setminus S} X_m^0 \right)$$

$$\text{และ } V(\phi) = \sum \left( \prod_{m \in N \setminus S} X_m^0 \right) \quad \text{เมื่อ } \phi \text{ เป็นเซตว่าง}$$

$$\text{ให้ } V = \sum_i X_1 X_2 X_3$$

$$\text{และ } V_T / V_0 = D_{X_1} D_{X_2} D_{X_3}$$

จากค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric average) จะได้ส่วนประกอบของ  $X_j (j = 1, 2, \dots, n)$

$$\begin{aligned}
\text{จะได้ } D_{X_j} &= \prod_{\substack{SCN \\ j \in S}} \left[ \frac{V(S)}{V(S) \setminus \{j\}} \right]^{\frac{1}{n} \left( \frac{n-1}{s-1} \right)} \\
&= \prod_{\substack{SCN \\ j \in S}} \left[ \frac{V(S)}{V(S) \setminus \{j\}} \right]^{\frac{(s-1)(n-s)!}{n!}}
\end{aligned} \tag{3.14}$$

### สมการสำหรับการวิเคราะห์ 3 ปัจจัย

$$\text{กำหนดให้ } D = \frac{E_t}{E_0} = D_{pdn} D_{str} D_{int}$$

$$\text{จะได้ } D_{pdn} = \left( \frac{\sum_i Q_{i,t} S_{i,0} I_{i,0}}{\sum_i Q_{i,0} S_{i,0} I_{i,0}} \cdot \left( \frac{\sum_i Q_{i,t} S_{i,t} I_{i,0}}{\sum_i Q_{i,0} S_{i,t} I_{i,0}} \cdot \frac{\sum_i Q_{i,t} S_{i,0} I_{i,t}}{\sum_i Q_{i,0} S_{i,0} I_{i,t}} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{\sum_i Q_{i,t} S_{i,t} I_{i,t}}{\sum_i Q_{i,0} S_{i,t} I_{i,t}} \right)^{\frac{1}{3}} \tag{3.15}$$

$$D_{str} = \left( \frac{\sum_i Q_{i,0} S_{i,t} I_{i,0}}{\sum_i Q_{i,0} S_{i,0} I_{i,0}} \cdot \left( \frac{\sum_i Q_{i,t} S_{i,t} I_{i,0}}{\sum_i Q_{i,t} S_{i,0} I_{i,0}} \cdot \frac{\sum_i Q_{i,0} S_{i,t} I_{i,t}}{\sum_i Q_{i,0} S_{i,0} I_{i,t}} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{\sum_i Q_{i,t} S_{i,t} I_{i,t}}{\sum_i Q_{i,t} S_{i,0} I_{i,t}} \right)^{\frac{1}{3}} \tag{3.16}$$

$$D_{int} = \left( \frac{\sum_i Q_{i,0} S_{i,0} I_{i,t}}{\sum_i Q_{i,0} S_{i,0} I_{i,0}} \cdot \left( \frac{\sum_i Q_{i,t} S_{i,0} I_{i,t}}{\sum_i Q_{i,t} S_{i,0} I_{i,0}} \cdot \frac{\sum_i Q_{i,0} S_{i,t} I_{i,t}}{\sum_i Q_{i,0} S_{i,t} I_{i,0}} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{\sum_i Q_{i,t} S_{i,t} I_{i,t}}{\sum_i Q_{i,t} S_{i,t} I_{i,0}} \right)^{\frac{1}{3}} \tag{3.17}$$

ถึงแม้ว่าจะมีนักวิจัยหลายกลุ่มได้ทำการปรับปรุงดัชนีลาสเปร์แบบดั้งเดิม จนทำให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้ไม่เกิดค่าส่วนตกค้าง แต่ชุดสมการของดัชนีนี้ก็ยังคงมีข้อด้อยตรงที่สมการจะมีความซับซ้อนมากในกรณีที่มีวิเคราะห์มากกว่า 3 ปัจจัย โดยสมการจะมีพจน์การคำนวณเพิ่มเป็น  $n!$  พจน์

แต่อย่างไรก็ดี ดัชนีลาสเปร์ยังมีจุดแข็งอยู่ตรงที่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลในกรณีที่มีค่าเป็นศูนย์ หรือมีค่าติดลบได้ ในขณะที่ดัชนีดิวิเซียไม่สามารถทำได้

### 3.2.2 การวิเคราะห์การบริโภคพลังงานโดยใช้ดัชนีดิวิเซีย

การวิเคราะห์การบริโภคพลังงานโดยใช้ดัชนีดิวิเซีย (Divisia Index) เพิ่งจะเป็นที่นิยมในช่วงปลายยุค 1980 เป็นต้นมา เนื่องจากมีความง่ายในการนำไปประยุกต์ใช้เมื่อวิเคราะห์มากกว่า 3 ปัจจัยขึ้นไป และสมการของการวิเคราะห์ผลบวกและการวิเคราะห์ผลคูณมีลักษณะใกล้เคียงกัน โดยวิธีการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานโดยใช้ดัชนีดิวิเซียในช่วงแรก นักวิจัยทางด้านการวิเคราะห์ปัจจัยการเปลี่ยนแปลงพลังงานนิยมใช้ ดัชนีดิวิเซียค่าเฉลี่ยเลขคณิต หรือ Arithmetic Mean Divisia index (AMDI)

- **ดัชนีวิธีเฉลี่ยค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean Divisia index)**

ดัชนีวิธีเฉลี่ยค่าเฉลี่ยเลขคณิตถูกนำเสนอโดย Boyd และคณะ (1987, 1998) โดยมีสมการค่าน้ำหนักแบบค่าเฉลี่ยเลขคณิต คือ

$$L(x, y) = \frac{(x + y)}{2} \quad (3.18)$$

ซึ่งสมการค่าน้ำหนักนี้สามารถเรียกได้ว่าเป็น Törnqvist formula (Törnqvist et al., 1985)

$$\text{จาก } d \ln(I_t) / dt = \sum_i \omega_i [d \ln(S_{i,t}) / dt + d \ln(I_{i,t}) / dt] \quad (3.19)$$

ให้  $\omega_i = E_{i,t} / E_t$  หมายถึงสัดส่วนการใช้พลังงานของอุตสาหกรรม  $i$  ซึ่งคือค่าถ่วงน้ำหนักของอุตสาหกรรมในการรวม โดยเมื่อทำการอินทิเกรตสมการที่ 13 จาก 0 ถึง  $t$  จะได้สมการที่ 14 จากนั้นนำไปยกกำลังจะได้สมการของการคูณในรูปทั่วไป

$$\ln(I_t / I_0) = \int_0^t \sum_i \omega_i \left[ \frac{d \ln(S_{i,t})}{dt} \right] + \int_0^t \sum_i \omega_i \left[ \frac{d \ln(I_{i,t})}{dt} \right] \quad (3.20)$$

เนื่องจากข้อมูลที่น่ามาพิจารณานั้นเป็นข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete data) ดังนั้นฟังก์ชันน้ำหนักจึงเป็นค่าประมาณจากการใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (arithmetic mean) ของปีฐานและปีที่  $t$  จะได้สมการสำหรับการวิเคราะห์แยกส่วนพลังงานดังนี้

**สมการวิธีเฉลี่ยค่าเฉลี่ยเลขคณิตแบบผลคูณ**

รูปทั่วไปของสมการ

$$D_{x_k} = \exp \left\{ \sum_i \left( \frac{\omega_{i,t} + \omega_{i,0}}{2} \right) \times \ln \left( \frac{X_{k,i,t}}{X_{k,i,0}} \right) \right\} \quad (3.21)$$

จะได้  $D_{pdn} = \exp \left\{ \int_0^t \sum_i \left( \frac{\omega_{i,t} + \omega_{i,0}}{2} \right) \ln \left( \frac{Q_t}{Q_0} \right) \right\} \quad (3.22)$

$$D_{str} = \exp \left\{ \int_0^t \sum_i \left( \frac{\omega_{i,t} + \omega_{i,0}}{2} \right) \ln \left( \frac{S_{i,t}}{S_{i,0}} \right) \right\} \quad (3.23)$$

$$D_{int} = \exp \left\{ \int_0^t \sum_i \left( \frac{\omega_{i,t} + \omega_{i,0}}{2} \right) \ln \left( \frac{I_{i,t}}{I_{i,0}} \right) \right\} \quad (3.24)$$

$$\text{เมื่อ } D_{tot} = D_{pdn} D_{str} D_{int} D_{rsd}$$

### สมการดัชนีชี้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตแบบผลบวก

รูปทั่วไปของสมการ

$$\Delta E_{x_k} = \sum_i \left( \frac{\omega_{i,o} + \omega_{i,t}}{2} \right) \times \ln \left( \frac{X_{k,i,t}}{X_{k,i,0}} \right) \quad (3.25)$$

$$\text{จะได้ } \Delta E_{pdn} = \sum_i \left[ \frac{(E_{i,t}/Q_t + E_{i,0}/Q_0)}{2} \right] \ln \left( \frac{Q_t}{Q_0} \right) \quad (3.26)$$

$$\Delta E_{str} = \sum_i \left[ \frac{(E_{i,t}/Q_t + E_{i,0}/Q_0)}{2} \right] \ln \left( \frac{S_{i,t}}{S_{i,0}} \right) \quad (3.27)$$

$$\Delta E_{int} = \sum_i \left[ \frac{(E_{i,t}/Q_t + E_{i,0}/Q_0)}{2} \right] \ln \left( \frac{I_{i,t}}{I_{i,0}} \right) \quad (3.28)$$

$$\text{เมื่อ } \Delta E_{tot} = \Delta E_{str} + \Delta E_{int} + \Delta E_{rsd} \quad (3.29)$$

แต่เนื่องจาก ADMI มีจุดอ่อนอยู่ที่ไม่สามารถหาค่าได้ในกรณีที่มีข้อมูลบางตัวมีค่าเป็นศูนย์ เช่น ในช่วงเริ่มต้น สิ้นสุด หรือมีการหยุดพักผลิต ดังนั้นจึงมีนักวิจัยได้พัฒนาวิธีการหาน้ำหนักเป็นวิธีค่าเฉลี่ยลอการิทึม (Logarithm mean weight function) โดยเรียกวิธีการนี้ว่า *ดัชนีชี้ค่าเฉลี่ยลอการิทึม* หรือ *Logarithm Mean Divisia Index (LMDI)* ซึ่งจะสามารถหาผลการวิเคราะห์ได้ถึงแม้จะมีข้อมูลบางค่าเท่ากับศูนย์

- **ดัชนีชี้ค่าเฉลี่ยลอการิทึม (Logarithm Mean Divisia Index)**

การนำดัชนีชี้ค่าเฉลี่ยลอการิทึมมาประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานนั้น ถูกนำเสนอในงานวิจัยของ Ang และคณะ (1998) และ Ang และ Liu (2001) โดยสมการค่าน้ำหนักแบบค่าเฉลี่ยลอการิทึมมี 2 แบบเป็นดังนี้

ค่าน้ำหนักแบบค่าเฉลี่ยลอการิทึมแบบที่ 1

$$W_i^* = \frac{L(V_{i,t}, V_{i,0})}{L(V_t, V_0)}$$

$$\text{โดยที่ } V_t = \sum_i x_{1,i,t}, x_{2,i,t} \dots x_{k,i,t}$$

เมื่อ  $t$  คือช่วงเวลาใดๆ

ซึ่งสมการค่านำหนักนี้สามารถเรียกได้ว่าเป็น Vartia formula

ค่านำหนักแบบค่าเฉลี่ยลอการิทึมแบบที่ 2

$$W_i^* = \frac{L(w_{i,t}, w_{i,0})}{\sum_j L(w_{j,t}, w_{j,0})}$$

เมื่อ  $w_{i,t} = V_{i,t}/V_t$  และ  $w_{i,0} = V_{i,0}/V_0$

สมการค่านำหนักนี้สามารถเรียกได้ว่าเป็น Sato-Vartia formula

ส่วนค่าเฉลี่ยน้ำหนักแบบลอการิทึมเป็นดังนี้

$$L(x, y) = \frac{(y-x)}{\ln\left(\frac{y}{x}\right)} \quad \text{เมื่อ } x \neq y$$

$$\text{และ } L(x, y) = x \quad \text{เมื่อ } x = y$$

สำหรับการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานโดยใช้ดัชนีเฉลี่ยค่าเฉลี่ยลอการิทึมที่ใช้ค่านำหนักแบบที่ 1 จะเรียกว่า ดัชนีเฉลี่ยค่าเฉลี่ยลอการิทึมแบบที่ 1 (Logarithm Mean Divisia Index I, LMDI I) ส่วนดัชนีที่ใช้ค่านำหนักแบบที่ 2 จะเรียกว่า ดัชนีเฉลี่ยค่าเฉลี่ยลอการิทึมแบบที่ 2 (Logarithm Mean Divisia Index II, LMDI II) (Ang และ Lui, 2001)

สำหรับการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระหว่าง LMDI I และ LMDI II นั้น ผลที่ได้มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ดังนั้นจึงควรจะใช้ LMDI I ในการวิเคราะห์ เนื่องจากมีรูปแบบสมการที่ซับซ้อนน้อยกว่า (Ang, 2003) ดังนั้น สำหรับชื่อดัชนีเฉลี่ยค่าเฉลี่ยลอการิทึมที่จะกล่าวถึงในส่วนต่อไปของงานวิจัยนี้ จะหมายถึงดัชนีเฉลี่ยค่าเฉลี่ยลอการิทึมแบบที่ 1

**สมการดัชนีเฉลี่ยค่าเฉลี่ยลอการิทึมแบบผลคูณ**

รูปทั่วไปของสมการดัชนีเฉลี่ยลอการิทึมแบบผลคูณ

$$D_{X_k} = \exp\left\{\sum_i W_i^* \times \ln\left(\frac{X_{k,i,t}}{X_{k,i,0}}\right)\right\} \quad (3.30)$$

สมการเอกลักษณ์การวิเคราะห์แยกส่วนการบริโภคพลังงาน (Index Decomposition Analysis Identity, IDA Identity)

$$E = \sum_i E_i = \sum_i Q \frac{Q_i}{Q} \frac{E_i}{Q} = \sum_i QS_i I_i \quad (3.31)$$

จะได้ว่า  $D_{tot} = \frac{E_t}{E_0} = D_{pdn} D_{str} D_{int}$  (3.32)

เมื่อ  $D_{pdn} = \exp \left\{ \sum_i \left( \frac{(E_{i,t} - E_{i,0}) / (\ln E_{i,t} - \ln E_{i,0})}{(E_t - E_0) / (\ln E_t - \ln E_0)} \right) \ln \left( \frac{Q_t}{Q_0} \right) \right\}$  (3.33)

$$D_{str} = \exp \left\{ \sum_i \left( \frac{(E_{i,t} - E_{i,0}) / (\ln E_{i,t} - \ln E_{i,0})}{(E_t - E_0) / (\ln E_t - \ln E_0)} \right) \ln \left( \frac{S_{i,t}}{S_{i,0}} \right) \right\} \quad (3.34)$$

$$D_{int} = \exp \left\{ \sum_i \left( \frac{(E_{i,t} - E_{i,0}) / (\ln E_{i,t} - \ln E_{i,0})}{(E_t - E_0) / (\ln E_t - \ln E_0)} \right) \ln \left( \frac{I_{i,t}}{I_{i,0}} \right) \right\} \quad (3.35)$$

### สมการดัชนีดีวีเซียค่าเฉลี่ยลอการิทึมแบบผลบวก

รูปทั่วไปของสมการดีวีเซียลอการิทึมแบบผลบวก

$$\Delta E_{x_k} = \sum_i W_i^* \times \ln \left( \frac{X_{k,i,t}}{X_{k,i,0}} \right) \quad (3.36)$$

จะได้ว่า  $\Delta E_{tot} = E_t - E_0 = \Delta E_{pdn} + \Delta E_{str} + \Delta E_{int}$  (3.37)

เมื่อ  $\Delta E_{pdn} = \sum_i \frac{(E_{i,t} - E_{i,0})}{(\ln E_{i,t} - \ln E_{i,0})} \ln \left( \frac{Q_t}{Q_0} \right)$  (3.38)

$$\Delta E_{str} = \sum_i \frac{(E_{i,t} - E_{i,0})}{(\ln E_{i,t} - \ln E_{i,0})} \ln \left( \frac{S_{i,t}}{S_{i,0}} \right) \quad (3.39)$$

$$\Delta E_{int} = \sum_i \frac{(E_{i,t} - E_{i,0})}{(\ln E_{i,t} - \ln E_{i,0})} \ln \left( \frac{I_{i,t}}{I_{i,0}} \right) \quad (3.40)$$

เนื่องจากชุดสมการ LMDI เป็นสมการการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานแบบสมบูรณ์ (perfect decomposition) ดังนั้น จึงไม่มีพจน์ของค่าส่วนตกค้าง (Residual term) กล่าวคือ ค่าส่วนตกค้างของวิธีการแบบผลคูณและวิธีการแบบผลบวกจะเท่ากับ 1 และ 0 ตามลำดับ

ผลจากการวิเคราะห์วิธีการแบบผลคูณและวิธีการแบบผลบวกมีความสัมพันธ์กันดังสมการต่อไปนี้

$$\frac{\Delta E_{x_k}}{\ln D_{x_k}} = L(E_t, E_0) = \frac{E_t - E_0}{\ln(E_t/E_0)} = \frac{\Delta E_{tot}}{\ln D_{tot}} \quad (3.41)$$

จะได้

$$\frac{\Delta E_{tot}}{\ln D_{tot}} = \frac{\Delta E_{pdn}}{\ln D_{pdn}} + \frac{\Delta E_{str}}{\ln D_{str}} + \frac{\Delta E_{int}}{\ln D_{int}} \quad (3.42)$$

ถึงแม้ดัชนีคิวิเซียค่าเฉลี่ยลอการิทึมจะสามารถแก้ปัญหาการวิเคราะห์เมื่อมีข้อมูลบางตัวเป็นศูนย์ได้ แต่ก็ยังไม่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นค่าติดลบได้

### 3.2.3 สรุปดัชนีในการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน

เนื่องจากดัชนีสำหรับการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานนั้นมีหลายดัชนี ซึ่งดัชนีแต่ละตัวมีจุดอ่อนและจุดแข็งแตกต่างกันไป โดยจะแสดงตัวอย่างของผลการวิเคราะห์จากแต่ละดัชนี ดังแสดงในตารางที่ 3.6 เมื่อวิเคราะห์จากข้อมูลในตารางที่ 3.5 และแสดงคุณสมบัติของแต่ละดัชนีในตารางที่ 3.7

จากตารางที่ 3.6 จะเห็นได้ว่า ดัชนีที่ให้ค่าการวิเคราะห์แบบสมบูรณ์ (Perfect decomposition) กล่าวคือ ไม่มีพจน์ของส่วนตกค้าง ได้แก่ ดัชนีพีชเชอร์ในอุดมคติ ดัชนีลาสเปร์ปรับค่าส่วนตกค้าง และดัชนีคิวิเซียค่าเฉลี่ยลอการิทึม ดังนั้น เพื่อไม่ให้เกิดค่าส่วนตกค้างในการวิเคราะห์ จึงไม่นำดัชนีที่มีค่าส่วนตกค้างมาพิจารณา

ตารางที่ 3.5 ชุดข้อมูลที่น่ามาใช้ทดสอบการวิเคราะห์

	ปีที่ 0				ปีที่ T			
	E <sub>0</sub>	Q <sub>0</sub>	S <sub>0</sub>	I <sub>0</sub>	E <sub>T</sub>	Q <sub>T</sub>	S <sub>T</sub>	I <sub>T</sub>
อุตสาหกรรมย่อยที่ 1	30	10	0.2	3.0	80	40	0.5	2.0
อุตสาหกรรมย่อยที่ 2	20	40	0.8	0.5	16	40	0.5	0.4
อุตสาหกรรมหลัก	50	50	1.0	1.0	96	80	1.0	1.2



ตารางที่ 3.6 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปีที่ T เทียบกับปีที่ 0 โดยใช้ข้อมูลจากรายที่ 3.5

การวิเคราะห์ แบบผลคูณ	กลุ่มดัชนีลาสเปร์		กลุ่มดัชนีวีเซีย	
	ดัชนีลาสเปร์ Laspyres index	ดัชนีพีเซอร์ในอุดมคติ Fisher ideal index	ดัชนีวีเซียค่าเฉลี่ยเลขคณิต AMDI	ดัชนีวีเซียค่าเฉลี่ยลอการิทึม LMDI I
$D_{tot}$	1.2000	1.2000	1.2000	1.2000
$D_{str}$	1.7500	1.7078	1.6879	1.6996
$D_{int}$	0.7200	0.7026	0.7020	0.7060
$D_{rsd}$	0.9524	1 <sup>a</sup>	1.0127	1 <sup>a</sup>
การวิเคราะห์ แบบผลบวก	ดัชนีลาสเปร์ Laspyres index	ดัชนีลาสเปร์ปรับส่วนตกค้าง Refined laspyres index	ดัชนีวีเซียค่าเฉลี่ยเลขคณิต AMDI	ดัชนีวีเซียค่าเฉลี่ยลอการิทึม LMDI I
$\Delta I_{tot}$	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000
$\Delta I_{str}$	0.7500	0.6150	0.5920	0.5819
$\Delta I_{int}$	-0.2800	-0.4150	-0.3913	-0.3819
$\Delta I_{rsd}$	-0.2700	0 <sup>a</sup>	-0.0007	0 <sup>a</sup>

<sup>a</sup>: การวิเคราะห์สมบูรณไม่มีส่วนตกค้าง

หากพิจารณาในด้านรูปแบบของสมการ พบว่าสมการดัชนีวีเซียนั้นมีรูปแบบการใช้งานง่ายกว่าสมการดัชนีลาสเปร์เมื่อจำนวนปัจจัยเพิ่มขึ้น กล่าวคือ รูปแบบของสมการดัชนีวีเซียยังคงเป็นรูปเดิมถึงแม้จะมีจำนวนปัจจัยเพิ่มขึ้น แต่สมการดัชนีลาสเปร์นั้นจะมีพจน์สมการเพิ่มขึ้น n! พจน์ เมื่อมีปัจจัยเพิ่มขึ้น n! ปัจจัย

สำหรับการเปรียบเทียบระหว่างดัชนีวีเซียค่าเฉลี่ยเลขคณิต (AMDI) กับดัชนีวีเซียค่าเฉลี่ยลอการิทึม (LMDI) นั้น ข้อดีที่สำคัญของดัชนีวีเซียค่าเฉลี่ยเลขคณิตคือ เกิดค่าส่วนตกค้างในการวิเคราะห์ โดย AMDI จะให้ค่าส่วนตกค้างสูง ในกรณีดังต่อไปนี้

- การเปรียบเทียบกันระหว่างประเทศ ซึ่งมีความแปรปรวนของข้อมูลที่น่ามาใช้สูง
- การวิเคราะห์แยกส่วนพลังงานที่มีการวิเคราะห์เป็นลูกโซ่ ซึ่งค่าส่วนตกค้างจะบวกทบขึ้นอย่างต่อเนื่อง
- การวิเคราะห์แยกส่วนพลังงานแบบไม่ใช้คู่ปีต่อเนื่อง เช่น การเปรียบเทียบปี 1990 กับปี 2000 ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญ

นอกจากนี้ AMDI ยังไม่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นศูนย์ได้ เช่น ในช่วงเริ่มต้นหรือสิ้นสุดการใช้พลังงานหรือการผลิต และไม่ผ่านการทดสอบแฟคเตอร์รีเวอร์แซลอีกด้วย ซึ่ง LMDI สามารถแก้ปัญหาที่กล่าวมาของ AMDI ได้ทั้งหมด

นอกจากนี้ คุณสมบัติอื่นๆที่ควรนำมาพิจารณาในการเลือกใช้ดัชนี ได้แก่

- Factor reversal test หมายถึง ผลการคูณของราคาและปริมาณชนิดเดียวกัน ต้องเท่ากับสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าปัจจุบัน

- Time reversal test หมายถึง ในการเปรียบเทียบดัชนีของ 2 ช่วงเวลา ผลที่ได้จากการวิเคราะห์จากปีฐานกับปีที่ T และปีที่ T กับปีฐาน จะเป็นส่วนกลับกัน
- Zero value robust คือ ความสามารถในการให้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้อง เมื่อมีข้อมูลบางตัวเป็นศูนย์
- Negative value robust คือ ความสามารถในการให้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้อง เมื่อมีข้อมูลบางตัวมีค่าติดลบ

ซึ่งสรุปผลการทดสอบคุณสมบัติต่างๆ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 คุณสมบัติของดัชนีการวิเคราะห์แยกส่วนพลังงานทั้ง 4 ดัชนี

วิธีการ	Factor-reversal test	Time-reversal test	Zero value robust	Negative value robust
Laspeyres	X	X	O	O
Fisher	O	O	O	O
AMDI	X	O	X	X
LMDI I	O	O	O	X

O : ผ่านการทดสอบ, X : ไม่ผ่านการทดสอบ

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่า ดัชนีที่ใช้ในการวิเคราะห์แต่ละประเภทต่างก็มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้ดัชนีคิวซีค่าเฉลี่ยลอการิทึม เนื่องจากมีคุณสมบัติครบตามที่ต้องการ ได้แก่

- ผลการวิเคราะห์สมบูรณ์ไม่เกิดค่าส่วนตกค้าง
- สมการมีความง่ายต่อการวิเคราะห์เมื่อจำนวนตัวแปรเพิ่มขึ้นมากกว่า 3 ตัวแปร เนื่องจากรูปแบบสมการเป็นแบบรูปเดียว
- รูปแบบสมการสำหรับวิเคราะห์ทั้งแบบผลคูณและแบบผลบวกมีความใกล้เคียงกัน จึงทำให้ง่ายต่อการประมวลผล ลดขนาดของฐานข้อมูลและระยะเวลาในการประมวลผล

### 3.3 การวิเคราะห์ความเข้มพลังงาน

ผลจากการวิเคราะห์ความเข้มพลังงาน จะแสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของปัจจัยที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของความเข้มพลังงานในแต่ละปี โดยปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์คือ ปัจจัยโครงสร้างการผลิต และปัจจัยความเข้มพลังงาน ซึ่งอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีการผลิต การดำเนินมาตรการประหยัดพลังงาน ฯลฯ

วิธีการวิเคราะห์ความเข้มพลังงาน มีลักษณะเหมือนกับการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน กล่าวคือ สมการสำหรับการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์ความเข้มพลังงาน ในที่นี้ จะใช้วิธีดัชนีวิธีหาค่าเฉลี่ยลอการิทึมในการคำนวณ เนื่องจากเหตุผลดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.2.3

$$\text{กำหนดให้ } e_{i,t} = \frac{E_{i,t}}{Q_t}$$

เมื่อ  $E_{i,t}$  คือ ปริมาณการบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมย่อย  $i$

$Q_t$  คือ ปริมาณการผลิตรวมของอุตสาหกรรม

และ  $I_t$  คือ ความเข้มพลังงานของอุตสาหกรรม

จากสมการทั่วไปของดัชนีวิธีหาค่าเฉลี่ยลอการิทึม จะได้สมการของการวิเคราะห์ความเข้มพลังงาน ดังนี้

สมการของการวิเคราะห์ความเข้มพลังงานแบบผลคูณ

$$\text{จาก } De_{X_k} = \exp \left\{ \sum_i \left( \frac{L(e_{i,t}, e_{i,0})}{\sum_i L(I_t, I_0)} \right) \times \ln \left( \frac{X_{k,i,t}}{X_{k,i,0}} \right) \right\}$$

$$\text{และ } De_{tot} = \frac{I_t}{I_0} = De_{str} De_{int} \quad (3.32)$$

เมื่อ  $De_{tot}$  คือ ดัชนีการเปลี่ยนแปลงความเข้มพลังงานในภาพรวมของอุตสาหกรรม

$De_{str}$  คือ ดัชนีการเปลี่ยนแปลงความเข้มพลังงานเนื่องจากโครงสร้างการผลิต

$De_{int}$  คือ ดัชนีการเปลี่ยนแปลงความเข้มพลังงานเนื่องจากความเข้มพลังงาน

$$\text{จะได้ } De_{str} = \exp \left\{ \sum_i \left( \frac{(e_{i,t} - e_{i,0}) / (\ln e_{i,t} - \ln e_{i,0})}{(e_t - e_0) / (\ln e_t - \ln e_0)} \right) \ln \left( \frac{S_{i,t}}{S_{i,0}} \right) \right\} \quad (3.34)$$

$$\text{และ } De_{int} = \exp \left\{ \sum_i \left( \frac{(e_{i,t} - e_{i,0}) / (\ln e_{i,t} - \ln e_{i,0})}{(e_t - e_0) / (\ln e_t - \ln e_0)} \right) \ln \left( \frac{I_{i,t}}{I_{i,0}} \right) \right\} \quad (3.34)$$

สมการของการวิเคราะห์ความเข้มพลังงานแบบผลบวก

$$\text{จาก } \Delta e_{x_k} = \sum_i \frac{e_{i,t} - e_{i,0}}{\ln e_{i,t} - \ln e_{i,0}} \times \ln \left( \frac{X_{k,i,t}}{X_{k,i,0}} \right) \quad (3.36)$$

$$\text{และ} \quad \Delta e_{tot} = I_t - I_0 = \Delta e_{str} + \Delta e_{int} \quad (3.37)$$

เมื่อ  $\Delta e_{tot}$  คือ ปริมาณการเปลี่ยนแปลงความเข้มในภาพรวมของอุตสาหกรรม, GJ

$\Delta e_{str}$  คือ ปริมาณการเปลี่ยนแปลงความเข้มพลังงานเนื่องจากโครงสร้างการผลิต, GJ

$\Delta e_{int}$  คือ ปริมาณการเปลี่ยนแปลงความเข้มพลังงานเนื่องจากความเข้มพลังงาน, GJ

$$\text{จะได้} \quad \Delta e_{str} = \sum_i \frac{(e_{i,t} - e_{i,0})}{(\ln e_{i,t} - \ln e_{i,0})} \ln \left( \frac{S_{i,t}}{S_{i,0}} \right) \quad (3.39)$$

$$\text{และ} \quad \Delta e_{int} = \sum_i \frac{(e_{i,t} - e_{i,0})}{(\ln e_{i,t} - \ln e_{i,0})} \ln \left( \frac{I_{i,t}}{I_{i,0}} \right) \quad (3.40)$$

### 3.4 การวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงาน

การวิเคราะห์ความยืดหยุ่น / สัมประสิทธิ์พลังงาน นิยมใช้ในการอธิบายการเพิ่มขึ้นของการบริโภคพลังงานขั้นต้น (Primary Energy Consumption) ตามการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ และใช้ในการวิเคราะห์หรือพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงาน ในการวิเคราะห์อาจอนุมานได้ว่า ค่าความยืดหยุ่น / สัมประสิทธิ์พลังงานมีการเปลี่ยนแปลง เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงระดับการผลิต โครงสร้างการผลิต และความเข้มพลังงาน การวิเคราะห์ความเข้มพลังงานสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งแบบช่วงเวลาและแบบคู่ปี แต่การวิเคราะห์แบบคู่ปีจะให้ผลที่ดีกว่า (Ang, 1996) เนื่องจากจะสามารถเห็นรายละเอียดของผลการวิเคราะห์ได้ชัดเจนกว่า

การวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงาน สามารถวิเคราะห์ได้โดยสมการดังต่อไปนี้

$$\text{จาก} \quad \Delta E_{Total} = \Delta E_{pdn} + \Delta E_{str} + \Delta E_{int} + \Delta E_R$$

$$\begin{aligned} \text{ให้} \quad C_{tot} &= \text{ความยืดหยุ่นต่อสัมประสิทธิ์พลังงานรวมในช่วงเวลา } t \\ &= (\Delta E_{Total} / E_0) / (\Delta P / P_0) \\ &= C_{pdn} + C_{str} + C_{int} + C_R \end{aligned} \quad (3.41)$$

$$\begin{aligned} \text{โดยที่} \quad C_{pdn} &= \text{ความยืดหยุ่นพลังงานอันเนื่องมาจากระดับการผลิต} \\ &= (\Delta E_{pdn} / E_0) / (\Delta P / P_0) \end{aligned} \quad (3.42)$$

$$\begin{aligned}
 C_{str} &= \text{ความยืดหยุ่นพลังงานอันเนื่องมาจากโครงสร้างการผลิต} \\
 &= (\Delta E_{str} / E_0) / (\Delta P / P_0) \quad (3.43)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{int} &= \text{ความยืดหยุ่นพลังงานอันเนื่องจากการเพิ่มความเข้มพลังงาน} \\
 &= (\Delta E_{int} / E_0) / (\Delta P / P_0) \quad (3.44)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_R &= \text{ความยืดหยุ่นพลังงานอันเนื่องมาจาก Residual} \\
 &= (\Delta E_R / E_0) / (\Delta P / P_0) \quad (3.45)
 \end{aligned}$$

### 3.5 วิธีการคำนวณและการวิเคราะห์ผลการคำนวณ

ในส่วนนี้จะเป็นการแสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ผลการบริโภคพลังงาน ความเข้มพลังงาน และความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงาน โดยใช้ดัชนีวิธีหาค่าเฉลี่ยลอการิทึม สำหรับการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน จะวิเคราะห์แยกเป็น 3 ปัจจัยคือ ปัจจัยระดับการผลิต โครงสร้างการผลิต และความเข้มพลังงาน ส่วนการวิเคราะห์ความเข้มพลังงาน จะวิเคราะห์แยกเป็น 2 ปัจจัยคือ ปัจจัยโครงสร้างการผลิต และความเข้มพลังงาน

สำหรับตัวอย่างในการคำนวณ จะใช้ข้อมูลของอุตสาหกรรมอโลหะในตารางที่ 3.4 เปรียบเทียบปี พ.ศ. 2546 – 2547 เมื่อกำหนดให้ปี พ.ศ. 2546 เป็นปีฐานในการคำนวณ

#### 3.5.1 การวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน

การวิเคราะห์โดยใช้ดัชนีวิธีหาค่าเฉลี่ยลอการิทึมแบบผลคูณ

$$\begin{aligned}
 \text{จาก } D_{tot} &= D_{pdn} D_{str} D_{int} \\
 D_{pdn} &= \exp \left\{ \sum_3 \left( \frac{(E_{i,47} - E_{i,46}) / (\ln E_{i,47} - \ln E_{i,46})}{(E_{47} - E_{46}) / (\ln E_{47} - \ln E_{46})} \right) \ln \left( \frac{Q_{47}}{Q_{46}} \right) \right\} \\
 &= \exp[(0.7731 + 0.1173 + 0.1095) \times 0.0966] \\
 &= \exp[0.0966] \\
 &= 1.1015
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_{str} &= \exp \left\{ \sum_3 \left( \frac{(E_{i,47} - E_{i,46}) / (\ln E_{i,47} - \ln E_{i,46})}{(E_{47} - E_{46}) / (\ln E_{47} - \ln E_{46})} \right) \ln \left( \frac{S_{i,47}}{S_{i,46}} \right) \right\} \\
 &= \exp [0.7731 \times (-0.0057) + 0.1173 \times 0.019713 + 0.1095 \times 0.0609] \\
 &= \exp [0.0046] \\
 &= 1.0046
 \end{aligned}$$

และ  $D_{int} = 0.9519$

จะได้  $D_{tot} = 1.0532$

การวิเคราะห์โดยใช้ดัชนีคิวิเซียค่าเฉลี่ยลอการิทึมแบบผลคูณ

จาก  $\Delta E_{tot} = \Delta E_{pdn} + \Delta E_{str} + \Delta E_{int}$

$$\begin{aligned}
 \Delta E_{pdn} &= \sum_3 \frac{(E_{i,47} - E_{i,46})}{(\ln E_{i,47} - \ln E_{i,46})} \ln \left( \frac{Q_{47}}{Q_{46}} \right) \\
 &= (140.4298 + 21.3109 + 19.8889) \times 0.0966 \\
 &= 17.5533 \quad \text{ล้าน GJ}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta E_{str} &= \sum_3 \frac{(E_{i,47} - E_{i,46})}{(\ln E_{i,47} - \ln E_{i,46})} \ln \left( \frac{S_{i,47}}{S_{i,46}} \right) \\
 &= (140.4298 \times (-0.0057)) + (21.3109 \times 0.0197) + (19.8889 \times 0.0609) \\
 &= 0.8274 \quad \text{ล้าน GJ}
 \end{aligned}$$

และ  $\Delta E_{int} = -8.9600 \quad \text{ล้าน GJ}$

จะได้  $\Delta E_{tot} = 9.4207 \quad \text{ล้าน GJ}$

ในส่วนของการอ่านผลการวิเคราะห์ของดัชนีคิวิเซียลอการิทึมนั้น จะแบ่งตามการวิเคราะห์ว่าเป็นแบบผลคูณหรือผลบวก โดยค่าดัชนีที่ได้จากการวิเคราะห์แบบผลคูณสามารถบอกได้ถึงทิศทางและร้อยละการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับปีฐาน ส่วนค่าดัชนีที่ได้จากการวิเคราะห์แบบบวกจะบอกถึงทิศทางและขนาดการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับปีฐาน ซึ่งการอ่านผลได้สรุปไว้ในตารางที่ 3.8 และ 3.9 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.8 การอ่านผลการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานจากการวิเคราะห์แบบผลคูณ

ดัชนี	ค่าดัชนีมากกว่า 1	ค่าดัชนีเท่ากับ 1	ค่าดัชนีน้อยกว่า 1
$D_{tot}$	การบริโภคพลังงานเพิ่มขึ้นจากปีฐาน	ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับปีฐาน	การบริโภคพลังงานลดลงจากปีฐาน
$D_{pdn}$	ระดับการผลิตเพิ่มขึ้นจากปีฐาน		ระดับการผลิตลดลงจากปีฐาน
$D_{str}$	สัดส่วนการผลิตทำให้เกิดแนวโน้มเป็นอุตสาหกรรมที่มีความเข้มพลังงานสูงขึ้น		สัดส่วนการผลิตทำให้เกิดแนวโน้มเป็นอุตสาหกรรมที่มีความเข้มพลังงานลดลง
$D_{int}$	ประสิทธิภาพการใช้พลังงานลดลงจากปีฐาน		ประสิทธิภาพการใช้พลังงานดีขึ้นจากปีฐาน

ตารางที่ 3.9 การอ่านผลการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานจากการวิเคราะห์แบบผลบวก

การเปลี่ยนแปลง	ค่าการเปลี่ยนแปลงเป็นค่าบวก	ค่าการเปลี่ยนแปลงเป็นค่าลบ
$\Delta E_{tot}$	การบริโภคพลังงานเพิ่มขึ้นจากปีฐาน	การบริโภคพลังงานลดลงจากปีฐาน
$\Delta E_{pdn}$	การเปลี่ยนแปลงระดับการผลิตทำให้ปริมาณการบริโภคพลังงานเพิ่มขึ้น	การเปลี่ยนแปลงระดับการผลิตทำให้ปริมาณการบริโภคพลังงานลดลง
$\Delta E_{str}$	การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนการผลิตทำให้ปริมาณการบริโภคพลังงานเพิ่มขึ้น	การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนการผลิตทำให้ปริมาณการบริโภคพลังงานลดลง
$\Delta E_{int}$	ประสิทธิภาพการใช้พลังงานลดลงจากปีฐาน ทำให้การบริโภคพลังงานเพิ่มขึ้น	ประสิทธิภาพการใช้พลังงานดีขึ้นจากปีฐานทำให้การบริโภคพลังงานลดลง

จากผลการวิเคราะห์ในตัวอย่าง สามารถสรุปผลจากการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานได้ดังตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 สรุปผลการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานจากตัวอย่างในหัวข้อที่ 3.5.1

ดัชนีการเปลี่ยนแปลง	ผลการวิเคราะห์	ปริมาณการเปลี่ยนแปลง	ผลการวิเคราะห์ (ด้าน GJ)
$D_{tot}$	1.0532	$\Delta E_{tot}$	9.4207
$D_{pdn}$	1.1015	$\Delta E_{pdn}$	17.5533
$D_{str}$	1.0046	$\Delta E_{str}$	0.8274
$D_{int}$	0.9519	$\Delta E_{int}$	-8.9600

สามารถวิเคราะห์ผลของการเปลี่ยนแปลงการบริโภคพลังงานได้ดังนี้

- การเปลี่ยนแปลงของการบริโภคพลังงานในภาพรวม
  - $D_{tot} = 1.0532$  หมายถึง มีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นในปี 2547 เมื่อเทียบกับปี 2546 เท่ากับร้อยละ 5.32
  - $\Delta E_{tot} = 9.4207$  หมายถึง มีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นในปี 2547 เมื่อเทียบกับปี 2546 เท่ากับ 9.4207 ล้าน GJ
- การเปลี่ยนแปลงของการบริโภคพลังงานเนื่องจากปัจจัยระดับการผลิต
  - $D_{pdn} = 1.1015$  หมายถึง มีระดับการผลิตเพิ่มขึ้นในปี 2547 เมื่อเทียบกับปี 2546 เท่ากับร้อยละ 10.15
  - $\Delta E_{pdn} = 17.5533$  หมายถึง มีการใช้พลังงานเนื่องจากระดับการผลิตที่เพิ่มขึ้นในปี 2547 เมื่อเทียบกับปี 2546 เท่ากับ 17.5533 ล้าน GJ
- การเปลี่ยนแปลงของการบริโภคพลังงานเนื่องจากปัจจัยโครงสร้างการผลิต
  - $D_{str} = 1.0046$  หมายถึง อุตสาหกรรมนี้มีความเข้มพลังงานสูงขึ้นร้อยละ 0.46 ดัชนีสัดส่วนการผลิตที่เพิ่มขึ้นนี้จะทำให้อุตสาหกรรมมีแนวโน้มจะเป็นอุตสาหกรรมที่มีความเข้มพลังงานสูงขึ้น
  - $\Delta E_{str} = 0.8274$  หมายถึง มีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น เนื่องจากเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างการผลิตในปี 2547 เมื่อเทียบกับปี 2546 เท่ากับ 0.8274 ล้าน GJ
- การเปลี่ยนแปลงของการบริโภคพลังงานเนื่องจากปัจจัยความเข้มพลังงาน
  - $D_{int} = 0.9519$  หมายถึง มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานดีขึ้น จึงทำให้ดัชนีระดับความเข้มพลังงานลดลงในปี 2547 เมื่อเทียบกับปี 2546 เท่ากับร้อยละ -4.81
  - $\Delta E_{int} = -8.9600$  หมายถึง มีการใช้พลังงานลดลง เนื่องจากความเข้มพลังงานลดลงในปี 2547 เมื่อเทียบกับปี 2546 เท่ากับ -8.9600 ล้าน GJ

จากผลการวิเคราะห์แต่ละปัจจัยข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า อุตสาหกรรมนี้มีการบริโภคพลังงานเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปีฐาน เนื่องมาจากปัจจัยปริมาณการผลิตที่เพิ่มมากขึ้นเป็นหลัก ทางด้านโครงสร้างการผลิตของอุตสาหกรรมนี้นั้น หากยังคงผลิตในโครงสร้างนี้ต่อไป มีแนวโน้มว่าจะเป็นอุตสาหกรรม



ที่มีความเข้มพลังงานสูงขึ้น ส่วนด้านความเข้มพลังงานนั้น พบว่าอุตสาหกรรมมีความเข้มพลังงานลดลง ซึ่งเกิดจากการดำเนินการทางด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานนั้นได้ผลดี

### 3.5.2 การวิเคราะห์ความเข้มพลังงาน

การวิเคราะห์โดยใช้ดัชนีคิวิเซียค่าเฉลี่ยลอการิทึมแบบผลคูณ

$$\text{จาก } De_{tot} = \frac{I_t}{I_0} = De_{str} De_{int}$$

$$\begin{aligned} De_{str} &= \exp \left\{ \sum_i \left( \frac{(e_{i,t} - e_{i,0}) / (\ln e_{i,t} - \ln e_{i,0})}{(e_t - e_0) / (\ln e_t - \ln e_0)} \right) \ln \left( \frac{S_{i,t}}{S_{i,0}} \right) \right\} \\ &= \exp [(0.7731 \times (-0.0057)) + (0.1173 \times 0.0197) + (0.1095 \times 0.0609)] \\ &= \exp [0.0046] \\ &= 1.0046 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} De_{int} &= \exp \left\{ \sum_i \left( \frac{(e_{i,t} - e_{i,0}) / (\ln e_{i,t} - \ln e_{i,0})}{(e_t - e_0) / (\ln e_t - \ln e_0)} \right) \ln \left( \frac{I_{i,t}}{I_{i,0}} \right) \right\} \\ &= \exp [(0.7731 \times (-0.0315)) + (0.1173 \times (-0.0618)) + (0.1095 \times (-0.1618))] \\ &= \exp [-0.0483] \\ &= 0.9519 \end{aligned}$$

$$\text{จะได้ } De_{tot} = De_{str} De_{int} = 0.9562$$

การวิเคราะห์โดยใช้ดัชนีคิวิเซียค่าเฉลี่ยลอการิทึมแบบผลบวก

$$\text{จาก } \Delta e_{tot} = I_t - I_0 = \Delta e_{str} + \Delta e_{int}$$

$$\begin{aligned} \Delta e_{str} &= \sum_i \frac{(e_{i,t} - e_{i,0})}{(\ln e_{i,t} - \ln e_{i,0})} \ln \left( \frac{S_{i,t}}{S_{i,0}} \right) \\ &= 3.6370 \times -0.0057 + 0.5519 \times 0.0197 + 0.5154 \times 0.0609 \\ &= 0.0215 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta e_{int} &= \sum_i \frac{(e_{i,t} - e_{i,0})}{(\ln e_{i,t} - \ln e_{i,0})} \ln \left( \frac{I_{i,t}}{I_{i,0}} \right) \\ &= 3.6370 \times (-0.0315) + 0.5519 \times (-0.0618) + 0.5154 \times (-0.1618) \\ &= -0.2321 \end{aligned}$$

$$\text{จะได้ } \Delta e_{tot} = \Delta e_{str} + \Delta e_{int} = -0.2106$$

การพิจารณาผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความเข้มพลังงานแบบผลคูณและแบบผลบวก สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.11 และ 3.12 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.11 การอ่านผลการวิเคราะห์ความเข้มพลังงานจากการวิเคราะห์แบบผลคูณ

ดัชนี	ค่าดัชนีมากกว่า 1	ค่าดัชนีเท่ากับ 1	ค่าดัชนีน้อยกว่า 1
$De_{tot}$	ความเข้มพลังงานเพิ่มขึ้นจากปีฐาน	ไม่มีการ	ความเข้มพลังงานลดลงจากปีฐาน
$De_{str}$	สัดส่วนการผลิตทำให้เกิดแนวโน้มเป็นอุตสาหกรรมที่มีความเข้มพลังงานสูงขึ้น	เปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับ	สัดส่วนการผลิตทำให้เกิดแนวโน้มเป็นอุตสาหกรรมที่มีความเข้มพลังงานลดลง
$De_{int}$	ประสิทธิภาพการใช้พลังงานลดลงจากปีฐาน	ปีฐาน	ประสิทธิภาพการใช้พลังงานดีขึ้นจากปีฐาน

ตารางที่ 3.12 การอ่านผลการวิเคราะห์ความเข้มพลังงานจากการวิเคราะห์แบบผลบวก

การเปลี่ยนแปลง	ค่าการเปลี่ยนแปลงเป็นค่าบวก	ค่าการเปลี่ยนแปลงเป็นค่าลบ
$\Delta e_{tot}$	ความเข้มพลังงานเพิ่มขึ้นจากปีฐาน	ความเข้มพลังงานลดลงจากปีฐาน
$\Delta e_{str}$	การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนการผลิตทำให้ความเข้มพลังงานเพิ่มขึ้น	การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนการผลิตทำให้ความเข้มพลังงานลดลง
$\Delta e_{int}$	ประสิทธิภาพการใช้พลังงานลดลงจากปีฐาน ทำให้ความเข้มพลังงานเพิ่มขึ้น	ประสิทธิภาพการใช้พลังงานดีขึ้นจากปีฐานทำให้ความเข้มพลังงานลดลง

จากผลการวิเคราะห์ของตัวอย่าง สามารถสรุปผลจากการวิเคราะห์ความเข้มพลังงานได้ดังตารางที่ 3.13

ตารางที่ 3.13 สรุปผลการวิเคราะห์ความเข้มพลังงานจากตัวอย่างในหัวข้อที่ 3.5.2

ดัชนีการเปลี่ยนแปลง	ผลการวิเคราะห์	ปริมาณการเปลี่ยนแปลง	ผลการวิเคราะห์ (ล้าน GJ/ตัน)
$De_{tot}$	0.9562	$\Delta e_{tot}$	-0.2107
$De_{str}$	1.0046	$\Delta e_{str}$	0.0214
$De_{int}$	0.9519	$\Delta e_{int}$	-0.2321

สามารถวิเคราะห์ผลของการเปลี่ยนแปลงความเข้มพลังงานได้ดังนี้

- การเปลี่ยนแปลงของความเข้มพลังงานในภาพรวม
  - $De_{tot} = 0.9562$  หมายถึง ความเข้มพลังงานของอุตสาหกรรมลดลงในปี 2547 เมื่อเทียบกับปี 2546 เท่ากับร้อยละ 4.38

- $\Delta e_{tot} = -0.2107$  หมายถึง ความเข้มพลังงานลดลงในปี 2547 เมื่อเทียบกับปี 2546 เท่ากับ 0.2107 ล้าน GJ/ตัน
- การเปลี่ยนแปลงของความเข้มพลังงานเนื่องจากปัจจัยโครงสร้างการผลิต
  - $De_{str} = 1.0046$  หมายถึง อุตสาหกรรมนี้มีความเข้มพลังงานสูงขึ้นร้อยละ 0.46 ดัชนีสัดส่วนการผลิตที่เพิ่มขึ้นนี้จะทำให้อุตสาหกรรมมีแนวโน้มจะเป็นอุตสาหกรรมที่มีความเข้มพลังงานสูงขึ้น
  - $\Delta e_{str} = 0.0214$  หมายถึง มีความเข้มพลังงานสูงขึ้น เนื่องจากเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างการผลิตในปี 2547 เมื่อเทียบกับปี 2546 เท่ากับ 0.0214 ล้าน GJ/ตัน
- การเปลี่ยนแปลงของความเข้มพลังงานเนื่องจากปัจจัยความเข้มพลังงาน
  - $De_{int} = 0.9519$  หมายถึง มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานดีขึ้น จึงทำให้ดัชนีระดับความเข้มพลังงานลดลงในปี 2547 เมื่อเทียบกับปี 2546 เท่ากับร้อยละ -4.81
  - $\Delta e_{int} = -0.2321$  หมายถึง ความเข้มพลังงานลดลง เนื่องจากประสิทธิภาพการใช้พลังงานในปี 2547 ดีขึ้นเมื่อเทียบกับปี 2546 เท่ากับ -0.2321 ล้าน GJ/ตัน

จากผลการวิเคราะห์แต่ละปัจจัยข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า อุตสาหกรรมนี้มีความเข้มพลังงานลดลงเมื่อเทียบกับปีฐาน เนื่องมาจากความเข้มพลังงานในการผลิตลดลง ซึ่งเกิดจากการดำเนินการทางด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานนั้นได้ผล ทางด้านโครงสร้างการผลิตของอุตสาหกรรมนี้นั้น หากยังคงผลิตในโครงสร้างนี้ต่อไป มีแนวโน้มว่าจะเป็นอุตสาหกรรมที่มีความเข้มพลังงานสูงขึ้น

### 3.5.3 การวิเคราะห์ค่าความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงาน

$$\text{จาก } C_{tot} = (\Delta E_T / E_0) / (\Delta P / P_0) = C_{pdn} + C_{str} + C_{int} + C_R$$

$$C_{pdn} = (\Delta E_{pdn} / E_0) / (\Delta P / P_0)$$

$$= \frac{(17.5533/176.9660)}{\left(\frac{40.5196 - 36.7869}{36.7869}\right)}$$

$$= 0.9776$$

$$C_{str} = (\Delta E_{str} / E_0) / (\Delta P / P_0)$$

$$= \frac{(0.8274/176.9660)}{\left(\frac{40.5196 - 36.7869}{36.7869}\right)}$$

$$= 0.0461$$

$$\begin{aligned}
 C_{int} &= (\Delta E_{int} / E_0) / (\Delta P / P_0) \\
 &= (-8.9600 / 176.9660) \\
 &= \left( \frac{40.5196 - 36.7869}{36.7869} \right) \\
 &= -0.4990
 \end{aligned}$$

เนื่องจากผลจากการวิเคราะห์ดัชนีดีวีเซียลอการิทึมไม่มีพจน์ของส่วนตกค้าง ดังนั้น พจน์ของ  $C_R$  จึงมีค่าเป็นศูนย์

$$\text{ดังนั้น} \quad C_{tot} = 0.9776 + 0.0461 - 0.4990 = 0.5246$$

สำหรับการอ่านค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงานนั้น ค่าตัวเลขที่ได้ไม่สามารถบอกขนาดของการเปลี่ยนแปลงได้ สามารถสื่อได้ถึงค่าความยืดหยุ่นของการใช้พลังงาน โดยค่าความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงานที่มากกว่า 1 หมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณการบริโภคพลังงานมีแนวโน้มลดลง เมื่อเทียบกับอัตราการเปลี่ยนแปลงการผลิต ส่วนในกรณีที่ได้อ่านค่าความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงานน้อยกว่า 1 หมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณการบริโภคพลังงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับอัตราการเปลี่ยนแปลงการผลิต

ผลจากการคำนวณของตัวอย่างค่าความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงานนั้น พบว่าได้ค่าเท่ากับ 0.5246 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 1 ดังนั้น จึงวิเคราะห์ได้ว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณการบริโภคพลังงานมีแนวโน้มลดลง เมื่อเทียบกับอัตราการเปลี่ยนแปลงการผลิต

### 3.6 สรุป

ในบทนี้ได้นำเสนอขั้นตอนในการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน อธิบายและยกตัวอย่างในการคำนวณแต่ละขั้นตอน รวมทั้งสรุปดัชนีการวิเคราะห์ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน และเสนอแนะดัชนีที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ เพื่อให้ง่ายต่อการตัดสินใจเลือกใช้กระบวนการในการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน และการนำไปประยุกต์ใช้ในโอกาสต่อไป โดยในงานวิจัยนี้เลือกใช้ดัชนีดีวีเซียค่าเฉลี่ยลอการิทึม (Logarithm Mean Divisia Index) ในการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานและการออกแบบฐานข้อมูลของอุตสาหกรรมโลหะ เนื่องจากมีความง่ายและยืดหยุ่นในการประยุกต์ใช้มากกว่าดัชนีอื่นๆ

อย่างไรก็ดี การวิเคราะห์การบริโภคพลังงานในเชิงดัชนีเพื่อดูแนวโน้มนั้น จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลในระยะยาวเพื่อให้เห็นแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลง และต้องเป็นข้อมูลที่ถูกจัดและครบถ้วน ซึ่งจะทำให้ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์นั้นมีเป็นจำนวนมาก ดังนั้น การจัดการข้อมูลพลังงานของอุตสาหกรรมโลหะจึงเป็นส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งซึ่งจะนำมาพิจารณาในบทต่อไป

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมโลหะ

เนื้อหาในส่วนของบทนี้ จะเป็นการสรุปผลการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน การวิเคราะห์ความเข้มพลังงาน การวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงานของอุตสาหกรรมโลหะที่ได้แสดงตัวอย่างการคำนวณในบทที่ 3 โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบดัชนีวิธีเฉลี่ยค่าเฉลี่ยลอการิทึม (Logarithm Mean Divisia Index, LMDI) ทำการวิเคราะห์แบบเปรียบเทียบกับปีฐานตามปัจจัยที่คาดว่าเป็นผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในการใช้พลังงาน ได้แก่ ปัจจัยระดับการผลิต ปัจจัยโครงสร้างการผลิต และปัจจัยความเข้มพลังงาน ซึ่งในระดับโครงสร้างการผลิตจะวิเคราะห์แยกตามอุตสาหกรรมหลัก 3 กลุ่มอุตสาหกรรม ได้แก่ อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ อุตสาหกรรมแก้วและกระจก และอุตสาหกรรมเซรามิก รวมทั้งวิเคราะห์สรุปภาพรวมของอุตสาหกรรมโลหะ

กำหนดตัวแปรสำหรับแสดงผลการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

#### การวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน

- $D_{tot}$  คือดัชนีการเปลี่ยนแปลงพลังงานรวมของอุตสาหกรรม
- $D_{pdn}$  คือดัชนีการเปลี่ยนแปลงพลังงานเนื่องจากปัจจัยระดับการผลิต
- $D_{str}$  คือดัชนีการเปลี่ยนแปลงพลังงานเนื่องจากปัจจัยโครงสร้างการผลิต
- $D_{int}$  คือดัชนีการเปลี่ยนแปลงพลังงานเนื่องจากปัจจัยความเข้มพลังงาน
- $\Delta E_{tot}$  คือปริมาณการเปลี่ยนแปลงพลังงานรวมของอุตสาหกรรม
- $\Delta E_{pdn}$  คือปริมาณการเปลี่ยนแปลงพลังงานเนื่องจากปัจจัยระดับการผลิต
- $\Delta E_{str}$  คือปริมาณการเปลี่ยนแปลงพลังงานเนื่องจากปัจจัยโครงสร้างการผลิต
- $\Delta E_{int}$  คือปริมาณการเปลี่ยนแปลงพลังงานเนื่องจากปัจจัยความเข้มพลังงาน

#### การวิเคราะห์ความเข้มพลังงาน

- $De_{tot}$  คือ ดัชนีการเปลี่ยนแปลงความเข้มพลังงานในภาพรวมของอุตสาหกรรม
- $De_{str}$  คือ ดัชนีการเปลี่ยนแปลงความเข้มพลังงานเนื่องจากโครงสร้างการผลิต

$De_{int}$  คือ ดัชนีการเปลี่ยนแปลงความเข้มพลังงานเนื่องจากความเข้มพลังงาน

$\Delta e_{tot}$  คือ ปริมาณการเปลี่ยนแปลงความเข้มในภาพรวมของอุตสาหกรรม, GJ

$\Delta e_{str}$  คือ ปริมาณการเปลี่ยนแปลงความเข้มพลังงานเนื่องจากโครงสร้างการผลิต, GJ

$\Delta e_{int}$  คือ ปริมาณการเปลี่ยนแปลงความเข้มพลังงานเนื่องจากความเข้มพลังงาน, GJ

และ  $C$  คือ ค่าความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงาน

#### 4.1 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพลังงานของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์

##### 4.1.1 การวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์

สรุปข้อมูลปริมาณการผลิตและมูลค่าอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ในประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 – 2548 สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.1 โดยในอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์นั้น จะได้ผลผลิตขั้นแรกในรูปของปูนเม็ด (Clinker) จากนั้นจะแบ่งปูนเม็ดออกเป็นสองส่วน โดยส่วนแรกจะนำไปขายในรูปของปูนเม็ด และอีกส่วนหนึ่งจะนำไปผสมกับวัตถุดิบอื่นเพื่อขายในรูปของปูนซีเมนต์ (Cement) ดังนั้น ในการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานนี้ จะทำการวิเคราะห์โดยอ้างอิงจากปริมาณการผลิตปูนซีเมนต์

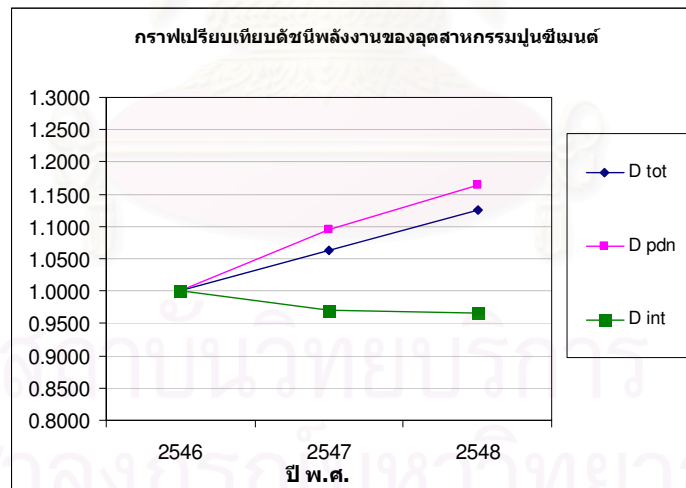
ตารางที่ 4.1 สรุปข้อมูลของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์

อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์	ปี พ.ศ.		
	2546	2547	2548
ความเข้มพลังงานไฟฟ้า (kWh/ตัน)	101.33	109.52	104.98
ความเข้มพลังงานความร้อน (GJ/ตัน)	3.38	3.18	3.20
ความเข้มพลังงานปฐมภูมิ (GJ/ตัน)	4.19	4.06	4.04
ปริมาณการผลิตปูนซีเมนต์ทั้งหมด (ล้านตัน)	32.53	35.63	37.87
ปริมาณการบริโภคพลังงานปฐมภูมิ (Primary Energy, ล้าน GJ)	136.30	144.64	153.00

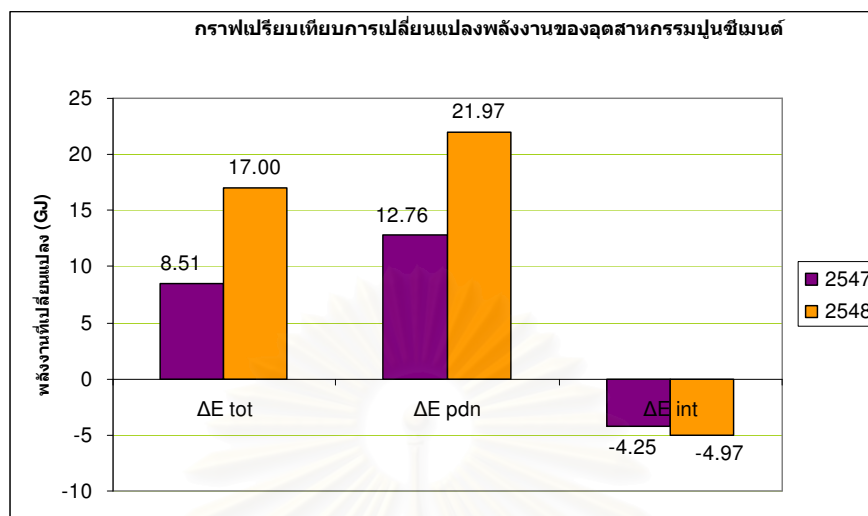
เนื่องจากอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์มีผลิตภัณฑ์เพียงชนิดเดียว ดังนั้นจึงไม่มีการวิเคราะห์ปัจจัยโครงสร้างการผลิต ซึ่งผลการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.2 ส่วนกราฟแสดงผลการเปรียบเทียบดัชนีการเปลี่ยนแปลงพลังงานในแต่ละปีจจัย และกราฟแสดงปริมาณการเปลี่ยนแปลงพลังงานในแต่ละปีจจัยสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 สรุปผลการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์เมื่อใช้ปี พ.ศ. 2546 เป็นปีฐาน

	ปีที่ทำการเปรียบเทียบ, T	
	พ.ศ. 2547	พ.ศ. 2548
พลังงานรวมปีฐาน, GJ	136.1586	136.1586
พลังงานรวมปีที่ T, GJ	144.6664	153.1587
ปริมาณการเปลี่ยนแปลงพลังงาน, GJ		
$\Delta E_{tot}$	8.5078	17.0001
$\Delta E_{pdn}$	12.7612	21.9682
$\Delta E_{int}$	-4.2535	-4.9681
ดัชนีการเปลี่ยนแปลงพลังงาน		
$D_{tot}$	1.0625	1.1249
$D_{pdn}$	1.0952	1.1642
$D_{int}$	0.9702	0.9662



รูปที่ 4.1 กราฟเปรียบเทียบดัชนีการเปลี่ยนแปลงพลังงานของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์



รูปที่ 4.2 กราฟเปรียบเทียบปริมาณการเปลี่ยนแปลงพลังงานในแต่ละปีของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์

จากผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่า อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์มีการเพิ่มระดับการผลิตอย่างต่อเนื่องในปี พ.ศ. 2547 และ พ.ศ. 2548 ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของการบริโภคพลังงานในแต่ละปี โดยที่ความเข้มพลังงานของอุตสาหกรรมนี้มีแนวโน้มลดลง เป็นผลมาจากการจัดการทางด้านการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานได้ผล ซึ่งเกิดจากหลายปัจจัย เช่น การดำเนินนโยบายประหยัดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงเครื่องจักรในการผลิตเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่มีประสิทธิภาพพลังงานสูงขึ้น การปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต ฯลฯ

#### 4.1.2 ผลการวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงานของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์

ผลการประเมินอิทธิพลของโครงสร้างการผลิตและความเข้มพลังงานที่มีต่อความยืดหยุ่น / สัมประสิทธิ์พลังงาน ดังแสดงในตารางที่ 4.3 ในภาพรวมจะเห็นได้ว่าอิทธิพลของระดับการผลิตมีมากกว่าความเข้มพลังงาน และไม่มีอิทธิพลจากโครงสร้างการผลิต

ตารางที่ 4.3 สรุปผลการวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงานของอุตสาหกรรมซีเมนต์

	ปี พ.ศ. ที่ทำการเปรียบเทียบ	
	2546 กับ 2547	2547 กับ 2548
ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงานรวมในช่วงเวลา $t$ , $C_t$	0.6565	0.9313
ความยืดหยุ่นพลังงานอันเนื่องมาจากระดับการผลิต, $C_{pdn}$	0.9848	0.9979
ความยืดหยุ่นพลังงานอันเนื่องมาจากโครงสร้างการผลิต, $C_{str}$	0.0000	0.0000
ความยืดหยุ่นพลังงานอันเนื่องจากการความเข้มพลังงาน, $C_{int}$	-0.3282	-0.0666



## 4.2 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพลังงานของอุตสาหกรรมแก้วและกระจก

### 4.2.1 การวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมแก้วและกระจก

ข้อมูลสรุปในภาพรวมของอุตสาหกรรมแก้วและกระจกในช่วงปี พ.ศ. 2546 – 2547 สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.4 ซึ่งในการพิจารณาการบริโภคพลังงาน จะทำการพิจารณาแบ่งโครงสร้างในการผลิตของอุตสาหกรรมแก้วและกระจกออกเป็น 3กลุ่มตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ดังต่อไปนี้

กลุ่มพลังงานย่อยที่ 1 ผลิตภัณฑ์กระจกแผ่น

กลุ่มพลังงานย่อยที่ 2 ผลิตภัณฑ์ขวดแก้ว

กลุ่มพลังงานย่อยที่ 3 ผลิตภัณฑ์เครื่องแก้ว

เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านข้อมูลเชิงสถิติ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่นอกเหนือจากที่กล่าวมาข้างต้นมิได้นำมารวมในการพิจารณาประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมแก้วและกระจก

ตารางที่ 4.4 สรุปข้อมูลของอุตสาหกรรมแก้วและกระจก

อุตสาหกรรมแก้วและกระจก	ปี พ.ศ.		
	2546	2547	2548
<b>กลุ่มพลังงานย่อยที่ 1 กระจกแผ่น</b>			
ปริมาณการผลิต (ตัน)	551,632.73	545,504.60	566,188.70
สัดส่วนการผลิต	0.57	0.61	0.58
ความเข้มพลังงานไฟฟ้า (kWh/ตัน)	287.15	304.88	312.13
ความเข้มพลังงานความร้อน (GJ/ตัน)	8.33	8.48	8.65
ความเข้มพลังงานปรมาณู (GJ/ตัน)	10.63	10.92	11.15
<b>กลุ่มพลังงานย่อยที่ 2 ขวดแก้ว</b>			
ปริมาณการผลิต (ตัน)	1,079,857.00	1,312,754.70	1,223,197.00
สัดส่วนการผลิต	0.57	0.61	0.58
ความเข้มพลังงานไฟฟ้า (kWh/ตัน)	304.90	293.53	303.50
ความเข้มพลังงานความร้อน (GJ/ตัน)	6.21	5.93	5.69
ความเข้มพลังงานปรมาณู (GJ/ตัน)	8.6481	8.2757	8.1174

ตารางที่ 4.5 สรุปข้อมูลของอุตสาหกรรมแก้วและกระจก (ต่อ)

อุตสาหกรรมแก้วและกระจก	ปี พ.ศ.		
	2546	2547	2548
<b>กลุ่มพลังงานย่อยที่ 3 เครื่องแก้ว</b>			
ปริมาณการผลิต (ตัน)	269,576.00	277,390.00	305,360.00
สัดส่วนการผลิต	0.1418	0.1299	0.1458
ความเข้มพลังงานไฟฟ้า (kWh/ตัน)	638.81	626.12	701.36
ความเข้มพลังงานความร้อน (GJ/ตัน)	15.40	13.29	15.86
ความเข้มพลังงานปฐมภูมิ (GJ/ตัน)	20.5111	18.3000	21.4700
ความเข้มพลังงานไฟฟ้า (kWh/ตัน)	347.10	339.63	363.83
ความเข้มพลังงานความร้อน (GJ/ตัน)	8.13	7.54	7.97
ความเข้มพลังงานปฐมภูมิ (GJ/ตัน)	10.9067	10.2536	10.8827
ปริมาณการผลิตทั้งหมด (ตัน)	1,901,065.73	2,135,390.00	2,094,745.70
ปริมาณการบริโภคพลังงานปฐมภูมิ (Primary Energy, GJ)	20,734,423.65	21,895,404.13	22,796,442.45

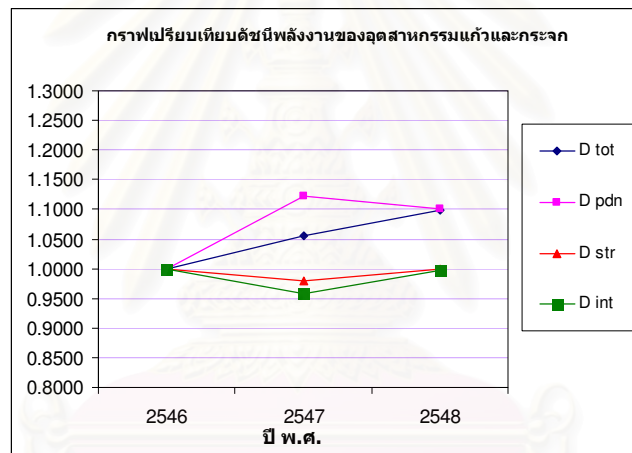
ผลการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมแก้วและกระจกสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.5 ส่วนกราฟแสดงผลการเปรียบเทียบดัชนีการเปลี่ยนแปลงพลังงานในแต่ละปัจจัย และกราฟแสดงปริมาณการเปลี่ยนแปลงพลังงานในแต่ละปัจจัยสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.6 สรุปการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมแก้วและกระจกเมื่อใช้ปี พ.ศ. 2546 เป็นปีฐาน

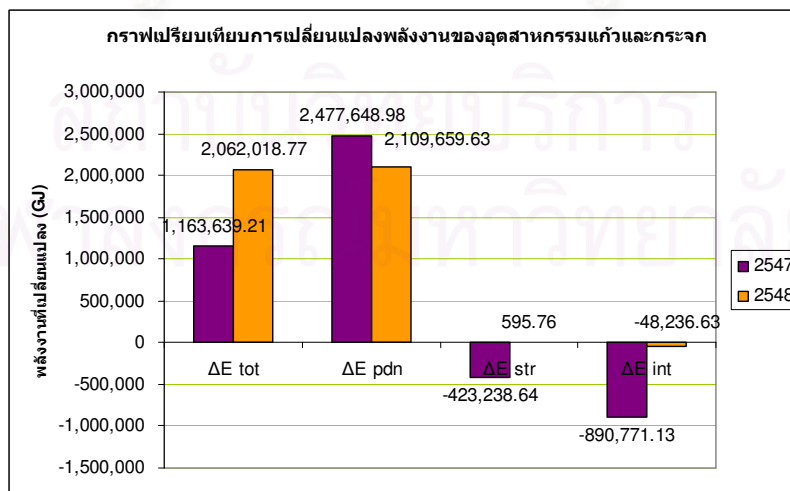
	ปีที่ทำการเปรียบเทียบ, T	
	พ.ศ. 2547	พ.ศ. 2548
พลังงานรวมปีฐาน, GJ	20,734,423.70	20,734,423.70
พลังงานรวมปีที่ T, GJ	21,898,062.91	22,796,442.47
<b>ปริมาณการเปลี่ยนแปลงพลังงาน, GJ</b>		
$\Delta E_{tot}$	1,163,639.21	2,062,018.77
$\Delta E_{pdn}$	2,477,648.98	2,109,659.63
$\Delta E_{str}$	-423,238.64	595.76
$\Delta E_{int}$	-890,771.13	-48,236.63

ตารางที่ 4.7 สรุปการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมแก้วและกระจกเมื่อใช้ปี พ.ศ. 2546 เป็นปีฐาน (ต่อ)

	ปีที่ทำการเปรียบเทียบ, T	
	พ.ศ. 2547	พ.ศ. 2548
<b>ดัชนีการเปลี่ยนแปลงพลังงาน</b>		
$D_{tot}$	1.0561	1.0994
$D_{pdn}$	1.1233	1.1019
$D_{str}$	0.9803	1.0000
$D_{int}$	0.9591	0.9978



รูปที่ 4.3 กราฟเปรียบเทียบดัชนีการเปลี่ยนแปลงพลังงานของอุตสาหกรรมแก้วและกระจก



รูปที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบปริมาณการเปลี่ยนแปลงพลังงานในแต่ละปีจ้อยของอุตสาหกรรมแก้วและกระจก

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้นพบว่า ในปี พ.ศ. 2547 มีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.61 เนื่องจากมีปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 12.33 ในขณะที่มีความเข้มพลังงานลดลง เนื่องจากมีการพัฒนาประสิทธิภาพพลังงานที่ได้ผล และโครงสร้างอุตสาหกรรมมีแนวโน้มว่าจะเป็นอุตสาหกรรมที่มีความเข้มพลังงานลดลง ส่วนในปี พ.ศ. 2548 พบว่ามีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.94 ในขณะที่มีปริมาณการผลิตลดลง ส่วนความเข้มพลังงานนั้นมีความเพิ่มขึ้น ซึ่งหมายถึงประสิทธิภาพในการใช้พลังงานลดลง อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างการผลิต เนื่องจากมีการผลิตเครื่องแก้วซึ่งมีความเข้มพลังงานสูงในสัดส่วนที่มากขึ้น ซึ่งหากอุตสาหกรรมยังทำการผลิตในสัดส่วนนี้ในปีต่อไป อาจทำให้อุตสาหกรรมนี้กลายเป็นอุตสาหกรรมที่มีความเข้มพลังงานสูงขึ้นได้

#### 4.2.2 ผลการวิเคราะห์ความเข้มพลังงานของอุตสาหกรรมแก้วและกระจก

การเปลี่ยนแปลงความเข้มพลังงานซึ่งส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงาน เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างการผลิต และความเข้มพลังงาน (อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี มาตรการประหยัดพลังงาน ฯลฯ) ซึ่งผลการวิเคราะห์สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.6 ซึ่งจากตารางแสดงว่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มพลังงาน ส่วนใหญ่เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงความเข้มพลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรม

ตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์ความเข้มพลังงานของอุตสาหกรรมแก้วและกระจกปี พ.ศ. 2547 กับ 2548 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2546 เป็นปีฐาน

	ปีพ.ศ .2547	ปีพ.ศ .2548
ดัชนีการเปลี่ยนแปลงผลรวมค่าความเข้มพลังงาน, $De_{tot}$	0.94011	0.99779
ดัชนีการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มพลังงาน เนื่องจากปัจจัยโครงสร้างการผลิต, $De_{str}$	0.98026	1.00002
ดัชนีการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มพลังงาน เนื่องจากปัจจัยความเข้มพลังงาน, $De_{int}$	0.95905	0.99777
ปริมาณการเปลี่ยนแปลงผลรวมค่าความเข้มพลังงาน, $\Delta e_{tot}$	-0.65315	-0.02406
ปริมาณการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มพลังงาน เนื่องจากปัจจัยโครงสร้างการผลิต, $\Delta e_{str}$	-0.21088	0.00025
ปริมาณการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มพลังงาน เนื่องจากปัจจัยความเข้มพลังงาน, $\Delta e_{int}$	-0.44227	-0.02430

#### 4.2.3 ผลการวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงานของอุตสาหกรรมแก้วและกระจก

ผลการประเมินอิทธิพลของโครงสร้างการผลิตและความเข้มพลังงานที่มีต่อความยืดหยุ่น / สัมประสิทธิ์พลังงาน ดังแสดงในตารางที่ 4.7 สำหรับการเปลี่ยนแปลงจากปี พ.ศ 2546.ไป 2547 นั้น ในภาพรวมจะเห็นได้ว่าอิทธิพลของระดับการผลิตมีมากกว่าความเข้มพลังงาน และโครงสร้างการผลิตส่วนการเปลี่ยนแปลงจากปี 2547ไป 2548อิทธิพลของความเข้มพลังงานมีสูงกว่าระดับการผลิตและโครงสร้างการผลิต

ตารางที่ 4.9 สรุปผลการวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงานของอุตสาหกรรมแก้วและกระจก

	ปี พ.ศ. ที่ทำการเปรียบเทียบ	
	2546 กับ 2547	2547 กับ 2548
ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงานรวมในช่วงเวลา $t$ , $C_t$	0.4548	-2.1420
ความยืดหยุ่นพลังงานอันเนื่องมาจากระดับการผลิต, $C_{pdn}$	0.9684	1.0286
ความยืดหยุ่นพลังงานอันเนื่องมาจากโครงสร้างการผลิต, $C_{str}$	-0.1654	-1.1474
ความยืดหยุ่นพลังงานอันเนื่องมาจากความเข้มพลังงาน, $C_{int}$	-0.3482	-2.0232

#### 4.3 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพลังงานของอุตสาหกรรมเซรามิก

##### 4.3.1 การวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมเซรามิก

สรุปข้อมูลปริมาณการผลิตและมูลค่าอุตสาหกรรมเซรามิกในประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546-2548 สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.8 ซึ่งในการพิจารณาการบริโภคพลังงานนี้ จะทำการพิจารณาโดยแบ่งโครงสร้างในการผลิตของอุตสาหกรรมเซรามิกออกเป็น 4 กลุ่มตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ดังต่อไปนี้

- กลุ่มพลังงานที่ 1 ผลิตภัณฑ์เครื่องสุขภัณฑ์
- กลุ่มพลังงานที่ 2 ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร
- กลุ่มพลังงานที่ 3 ผลิตภัณฑ์กระเบื้องปูพื้น
- กลุ่มพลังงานที่ 4 ผลิตภัณฑ์ลูกถ้วยไฟฟ้า

เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านข้อมูลเชิงสถิติ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่นอกเหนือจากที่กล่าวมาข้างต้นมิได้นำมารวมในการพิจารณาประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมเซรามิก

ตารางที่ 4.10 สรุปข้อมูลของอุตสาหกรรมเซรามิก

อุตสาหกรรมเซรามิก	ปี พ.ศ.		
	2546	2547	2548
<b>กลุ่มพลังงานย่อยที่ 1 เครื่องสุกภัณฑ์</b>			
ปริมาณการผลิต (ตัน)	131,142.19	142,887.96	165,705.70
สัดส่วนการผลิต	0.0557	0.0518	0.0557
ความเข้มพลังงานไฟฟ้า (kWh/ตัน)	739.17	730.27	682.38
ความเข้มพลังงานความร้อน (GJ/ตัน)	15.65	15.42	14.85
<b>กลุ่มพลังงานย่อยที่ 2 เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร</b>			
ปริมาณการผลิต (ตัน)	51,218.36	51,569.04	44,974.90
สัดส่วนการผลิต	0.0217	0.0187	0.0151
ความเข้มพลังงานไฟฟ้า (kWh/ตัน)	1,674.79	1,224.87	1,523.25
ความเข้มพลังงานความร้อน (GJ/ตัน)	42.73	36.15	39.06
ความเข้มพลังงานปรมาณู (GJ/ตัน)	56.1292	45.9527	51.2517
<b>กลุ่มพลังงานย่อยที่ 3 กระเบื้องปูพื้น</b>			
ปริมาณการผลิต (ตัน)	2,163,491.00	2,553,483.17	2,753,625.02
สัดส่วนการผลิต	0.9183	0.9259	0.9258
ความเข้มพลังงานไฟฟ้า (kWh/ตัน)	181.04	147.89	123.76
ความเข้มพลังงานความร้อน (GJ/ตัน)	5.00	4.36	4.97
ความเข้มพลังงานปรมาณู (GJ/ตัน)	6.4444	5.5402	5.9620
<b>กลุ่มพลังงานย่อยที่ 4 ลูกถ้วยไฟฟ้า</b>			
ปริมาณการผลิต (ตัน)	10,000.00	10,000.00	10,000.00
สัดส่วนการผลิต	0.0042	0.0036	0.0034
ความเข้มพลังงานไฟฟ้า (kWh/ตัน)	1,000.58	986.40	1,004.29
ความเข้มพลังงานความร้อน (GJ/ตัน)	20.53	21.43	21.08
ความเข้มพลังงานปรมาณู (GJ/ตัน)	28.5300	29.3200	29.116

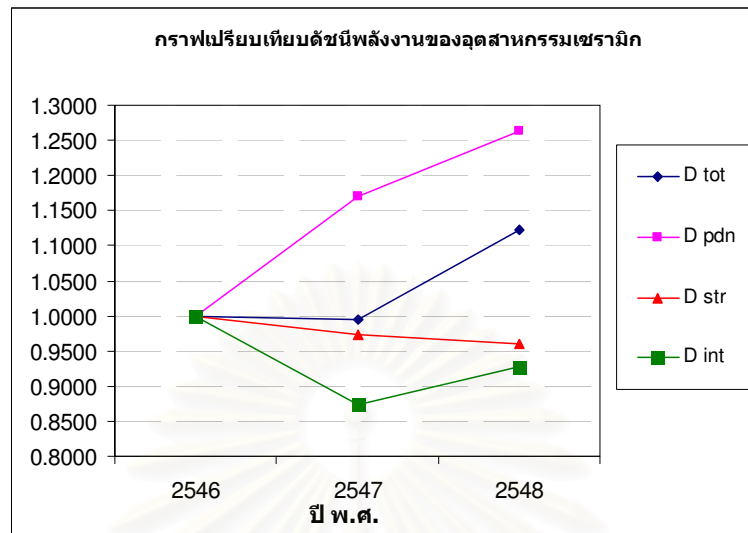
ตารางที่ 4.11 สรุปข้อมูลของอุตสาหกรรมเซรามิก (ต่อ)

อุตสาหกรรมเซรามิก	ปี พ.ศ.		
	2546	2547	2548
ความเข้มพลังงานไฟฟ้า (kWh/ตัน)	248.06	201.25	179.00
ความเข้มพลังงานความร้อน (GJ/ตัน)	6.476	5.586	6.090
ความเข้มพลังงานปฐมภูมิ (GJ/ตัน)	8.4601	7.1967	7.5240
ปริมาณการผลิตทั้งหมด (ตัน)	2,355,851.55	2,757,940.17	2,974,305.62
ปริมาณการบริโภคพลังงานปฐมภูมิ (Primary Energy, GJ)	19,930,833.55	19,847,001.36	22,378,758.63

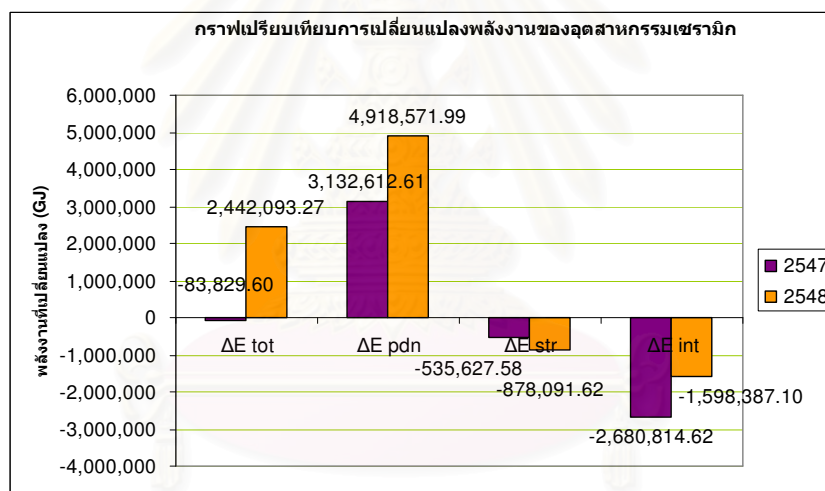
ผลการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมเซรามิกสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.9 ส่วนกราฟแสดงผลการเปรียบเทียบดัชนีการเปลี่ยนแปลงพลังงานในแต่ละปีจ้ย และกราฟแสดงปริมาณการเปลี่ยนแปลงพลังงานในแต่ละปีจ้ยสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.12 สรุปการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมเซรามิกเมื่อใช้ปี พ.ศ. 2546 เป็นปีฐาน

	ปีที่ทำการเปรียบเทียบ	
	พ.ศ. 2547	พ.ศ. 2548
พลังงานรวมปีฐาน, GJ	19,930,832.98	19,930,832.98
พลังงานรวมปีที่ T, GJ	19,847,003.38	22,372,926.25
ปริมาณการเปลี่ยนแปลงพลังงาน, GJ		
$\Delta E_{tot}$	-83,829.60	2,442,093.27
$\Delta E_{pdn}$	3,132,612.61	4,918,571.99
$\Delta E_{str}$	-535,627.58	-878,091.62
$\Delta E_{int}$	-2,680,814.62	-1,598,387.10
ดัชนีการเปลี่ยนแปลงพลังงาน		
$D_{tot}$	0.9958	1.1225
$D_{pdn}$	1.1706	1.2621
$D_{str}$	0.9734	0.9593
$D_{int}$	0.8739	0.9271



รูปที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบดัชนีการเปลี่ยนแปลงพลังงานของอุตสาหกรรมเซรามิก



รูปที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบปริมาณการเปลี่ยนแปลงพลังงานในแต่ละปีของอุตสาหกรรมเซรามิก

จากผลการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมเซรามิกจะเห็นได้ว่า อุตสาหกรรมนี้มีการเพิ่มปริมาณการผลิตอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้ปัจจัยการเพิ่มระดับการผลิตเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานในแต่ละปี แต่เนื่องจากอุตสาหกรรมนี้มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างการผลิตไปในแนวทางที่ทำให้การใช้พลังงานลดลง รวมทั้งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอันส่งผลให้ความเข้มพลังงานลดลง ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงพลังงานในภาพรวมของปี พ.ศ. 2547 ของอุตสาหกรรมนี้จึงมีค่าลดลง ซึ่งต่อเนื่องมาในปี พ.ศ. 2548 อุตสาหกรรมนี้ยังคงมีดัชนีโครงสร้างการผลิตที่มีแนวโน้มทำให้เป็นอุตสาหกรรมมีความเข้มพลังงานลดลงเช่นกัน แต่กลับมีการบริโภคพลังงานรวมมากขึ้น ซึ่งเกิดจากประสิทธิภาพพลังงานนั้นต่ำกว่าในปี พ.ศ. 2547 นั่นเอง



#### 4.3.2 ผลการวิเคราะห์ความเข้มพลังงานของอุตสาหกรรมเซรามิก

ผลการวิเคราะห์ของอุตสาหกรรมเซรามิกสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.10 ซึ่งจากตารางแสดงว่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มพลังงาน ส่วนใหญ่เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงความเข้มพลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรม

ตารางที่ 4.13 การวิเคราะห์ความเข้มพลังงานของอุตสาหกรรมเซรามิกปี พ.ศ. 2547 กับ 2548 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2546 เป็นปีฐาน

	ปีพ.ศ .2547	ปีพ.ศ .2548
ดัชนีการเปลี่ยนแปลงผลรวมค่าความเข้มพลังงาน, $De_{tot}$	0.85061	0.88912
ดัชนีการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มพลังงาน เนื่องจากปัจจัยโครงสร้างการผลิต, $De_{str}$	0.97339	0.95900
ดัชนีการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มพลังงาน เนื่องจากปัจจัยความเข้มพลังงาน, $De_{int}$	0.87387	0.92713
ปริมาณการเปลี่ยนแปลงผลรวมค่าความเข้มพลังงาน, $\Delta e_{tot}$	-1.26383	-0.93807
ปริมาณการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มพลังงาน เนื่องจากปัจจัยโครงสร้างการผลิต, $\Delta e_{str}$	-0.21067	-0.33414
ปริมาณการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มพลังงาน เนื่องจากปัจจัยความเข้มพลังงาน, $\Delta e_{int}$	-1.05316	-0.60393

#### 4.3.3 ผลการวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงานของอุตสาหกรรมเซรามิก

ผลการประเมินอิทธิพลของโครงสร้างการผลิตและความเข้มพลังงานที่มีต่อความยืดหยุ่น / สัมประสิทธิ์พลังงาน ดังแสดงในตารางที่ 4.11 ในภาพรวมจะเห็นได้ว่าอิทธิพลของระดับการผลิตมีมากกว่าความเข้มพลังงาน และ โครงสร้างการผลิต

ตารางที่ 4.14 สรุปผลการวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงานของอุตสาหกรรมเซรามิก

	ปี พ.ศ. ที่ทำการเปรียบเทียบ	
	2546 กับ 2547	2547 กับ 2548
ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงานรวมในช่วงเวลา t, $C_t$	-0.0246	2.6447
ความยืดหยุ่นพลังงานอันเนื่องมาจากระดับการผลิต, $C_{pdn}$	0.9209	1.0225
ความยืดหยุ่นพลังงานอันเนื่องมาจากโครงสร้างการผลิต, $C_{str}$	-0.1575	0.8383
ความยืดหยุ่นพลังงานอันเนื่องมาจากความเข้มพลังงาน, $C_{int}$	-0.7881	0.7840

#### 4.4 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพลังงานของอุตสาหกรรมอลูมิเนียม

##### 4.4.1 การวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมอลูมิเนียม

ตารางที่ 4.12 สรุปข้อมูลปริมาณการผลิตและมูลค่าอุตสาหกรรมอลูมิเนียมในประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 – 2548 ซึ่งในการพิจารณาการบริโภคพลังงาน จะทำการพิจารณาแบ่งโครงสร้างในการผลิตออกเป็น 3 กลุ่มตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ดังต่อไปนี้

กลุ่มพลังงานที่ 1 ผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์

กลุ่มพลังงานที่ 2 ผลิตภัณฑ์แก้วและกระจก

กลุ่มพลังงานที่ 3 ผลิตภัณฑ์เซรามิก

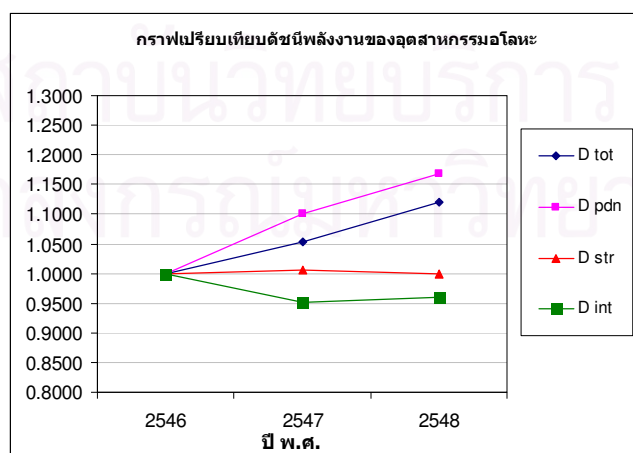
ตารางที่ 4.15 สรุปข้อมูลของอุตสาหกรรมอลูมิเนียม

อุตสาหกรรมอลูมิเนียม	ปี พ.ศ.		
	2546	2547	2548
<b>กลุ่มพลังงานที่ 1 ปูนซีเมนต์</b>			
ปริมาณการผลิต (ล้านตัน)	32.53	35.63	37.87
สัดส่วนการผลิต	0.8843	0.8792	0.882
ความเข้มพลังงานไฟฟ้า (kWh/ตัน)	101.33	109.52	104.98
ความเข้มพลังงานความร้อน (GJ/ตัน)	3.37	3.18	3.2
ความเข้มพลังงานปรมาณู (GJ/ตัน)	4.1856	4.0607	4.0441
<b>กลุ่มพลังงานที่ 2 แก้วและกระจก</b>			
ปริมาณการผลิต (ล้านตัน)	1.9011	2.1356	2.0947
สัดส่วนการผลิต	0.0517	0.0527	0.0488
ความเข้มพลังงานไฟฟ้า (kWh/ตัน)	347.1	339.6292	363.8303
ความเข้มพลังงานความร้อน (GJ/ตัน)	8.1383	7.5359	7.9721
ความเข้มพลังงานปรมาณู (GJ/ตัน)	10.9067	10.2536	10.8827

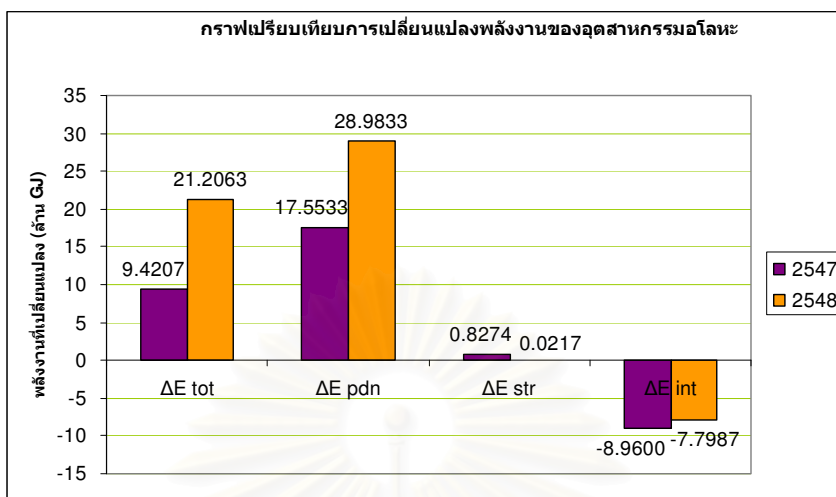
ตารางที่ 4.16 สรุปข้อมูลของอุตสาหกรรมอลูมิเนียม (ต่อ)

อุตสาหกรรมอลูมิเนียม	ปี พ.ศ.		
	2546	2547	2548
<b>กลุ่มพลังงานที่ 3 เซรามิกส์</b>			
ปริมาณการผลิต (ล้านตัน)	2.356	2.758	2.974
สัดส่วนการผลิต	0.064	0.0681	0.0693
ความเข้มพลังงานไฟฟ้า (kWh/ตัน)	248.059	201.245	178.992
ความเข้มพลังงานความร้อน (GJ/ตัน)	6.476	5.586	6.09
ความเข้มพลังงานปฐมภูมิ (GJ/ตัน)	8.4601	7.1967	7.524
ปริมาณการผลิตทั้งหมด (ล้านตัน)	36.79	40.52	42.94
ปริมาณการบริโภคพลังงานปฐมภูมิ (Primary Energy, ล้านGJ)	176.97	186.39	198.17
ความเข้มพลังงานไฟฟ้า (kWh/ตัน)	123.43	127.89	122.73
ความเข้มพลังงานความร้อน (GJ/ตัน)	3.82	3.57	3.63
ความเข้มพลังงานปฐมภูมิ (GJ/ตัน)	4.8106	4.5999	4.615

ผลการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมอลูมิเนียมสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.13 ส่วนกราฟแสดงผลการเปรียบเทียบดัชนีการเปลี่ยนแปลงพลังงานในแต่ละปีจ้อย และกราฟแสดงปริมาณการเปลี่ยนแปลงพลังงานในแต่ละปีจ้อยสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.7 และ 4.8 ตามลำดับ



รูปที่ 4.7 กราฟเปรียบเทียบดัชนีการเปลี่ยนแปลงพลังงานของอุตสาหกรรมอลูมิเนียม



รูปที่ 4. 8 กราฟเปรียบเทียบปริมาณการเปลี่ยนแปลงพลังงานในแต่ละปีจักษ์ของอุตสาหกรรมโลหะ

ตารางที่ 4.17 สรุปการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมโลหะเมื่อใช้ปี พ.ศ. 2546 เป็นปีฐาน

	ปีที่ทำการเปรียบเทียบ, T	
	พ.ศ. 2547	พ.ศ. 2548
พลังงานรวมปีฐาน, GJ	176.9660	176.9660
พลังงานรวมปีที่ T, GJ	186.3866	198.1722
<b>ปริมาณการเปลี่ยนแปลงพลังงาน, GJ</b>		
$\Delta E_{tot}$	9.4207	21.2063
$\Delta E_{pdn}$	17.5533	28.9833
$\Delta E_{str}$	0.8274	0.0217
$\Delta E_{int}$	-8.9600	-7.7987
<b>ดัชนีการเปลี่ยนแปลงพลังงาน</b>		
$D_{tot}$	1.0532	1.1198
$D_{pdn}$	1.1015	1.1673
$D_{str}$	1.0046	1.0001
$D_{int}$	0.9519	0.9592

จากผลการวิเคราะห์แต่ละปีข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า อุตสาหกรรมนี้มีปริมาณการบริโภคพลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เป็นผลมาจากระดับการผลิตที่เพิ่มมากขึ้นเป็นหลัก ทางด้านโครงสร้างการผลิตในปี พ.ศ. 2547 ของอุตสาหกรรมโลหะนี้มีแนวโน้มว่าจะเป็นอุตสาหกรรมที่มีความเข้ม

พลังงานสูงขึ้น เนื่องจากสัดส่วนการผลิตแก้วและกระจก และเซรามิก ซึ่งมีความเข้มพลังงานสูงนั้นเพิ่มขึ้น แต่ทั้งสองอุตสาหกรรมนี้ก็ได้รับสัดส่วนการผลิตลดลงในปี พ.ศ. 2548 จึงทำให้ดัชนีของโครงสร้างการผลิตดีขึ้น ส่วนด้านความเข้มพลังงานนั้น พบว่าอุตสาหกรรมมีแนวโน้มของความเข้มพลังงานลดลงกว่าปีฐาน ซึ่งเป็นไปตามแนวโน้มของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่มีสัดส่วนการผลิตสูงกว่าร้อยละ 80 ของอุตสาหกรรมโลหะ แต่สาเหตุที่ทำให้ดัชนีความเข้มพลังงานปี พ.ศ. 2548 สูงขึ้นเล็กน้อยนั้น เนื่องจากความเข้มพลังงานของอุตสาหกรรมแก้วและกระจกและอุตสาหกรรมเซรามิกที่เพิ่มขึ้นนั่นเอง

#### 4.4.2 ผลการวิเคราะห์ความเข้มพลังงานของอุตสาหกรรมโลหะ

ผลการวิเคราะห์ความเข้มพลังงานของอุตสาหกรรมโลหะแสดงได้ดังตารางที่ 4.14 ซึ่งจากตารางแสดงว่า การเปลี่ยนแปลงความเข้มพลังงาน ส่วนใหญ่เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงความเข้มพลังงานในอุตสาหกรรม

ตารางที่ 4.18 การวิเคราะห์ความเข้มพลังงานของอุตสาหกรรมโลหะปี พ.ศ. 2547 กับ 2548 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2546 เป็นปีฐาน

	ปีพ.ศ. 2547	ปีพ.ศ. 2548
ดัชนีการเปลี่ยนแปลงผลรวมค่าความเข้มพลังงาน, $De_{tot}$	0.9562	0.95934
ดัชนีการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มพลังงาน เนื่องจากปัจจัยโครงสร้างการผลิต, $De_{str}$	1.0046	1.00011
ดัชนีการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มพลังงาน เนื่องจากปัจจัยความเข้มพลังงาน, $De_{int}$	0.9519	0.95923
ปริมาณการเปลี่ยนแปลงผลรวมค่าความเข้มพลังงาน, $\Delta e_{tot}$	-0.2107	-0.19558
ปริมาณการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มพลังงาน เนื่องจากปัจจัยโครงสร้างการผลิต, $\Delta e_{str}$	0.0214	0.00054
ปริมาณการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มพลังงาน เนื่องจากปัจจัยความเข้มพลังงาน, $\Delta e_{int}$	-0.2321	-0.19612

#### 4.4.3 ผลการวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงานของอุตสาหกรรมโลหะ

ผลการประเมินอิทธิพลของโครงสร้างการผลิตและความเข้มพลังงานที่มีต่อความยืดหยุ่น / สัมประสิทธิ์พลังงาน ดังแสดงในตารางที่ 4.15 ในภาพรวมจะเห็นได้ว่าอิทธิพลของระดับการผลิตมีมากกว่าความเข้มพลังงาน และ โครงสร้างการผลิต

ตารางที่ 4.19 สรุปผลการวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงานของอุตสาหกรรมอโลหะ

	ปี พ.ศ. ที่ทำการเปรียบเทียบ	
	2546 กับ 2547	2547 กับ 2548
ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงานรวมในช่วงเวลา $t$ , $C_t$	0.5246	1.0581
ความยืดหยุ่นพลังงานอันเนื่องมาจากระดับการผลิต, $C_{pdn}$	0.9776	1.0016
ความยืดหยุ่นพลังงานอันเนื่องมาจากโครงสร้างการผลิต, $C_{str}$	0.0461	-0.0808
ความยืดหยุ่นพลังงานอันเนื่องจากการรวมพลังงาน, $C_{int}$	-0.4990	0.1373

#### 4.5 สรุป

ปริมาณพลังงานที่อุตสาหกรรมบริโกคมีความผันแปรตามระดับการผลิต โครงสร้างการผลิต และความเข้มพลังงาน ทั้งสามปัจจัยนี้เป็นสิ่งที่จะต้องนำมาพิจารณาในการวิเคราะห์แนวทางการดำเนินการสำหรับอุตสาหกรรมอโลหะ รวมไปถึงการวางนโยบายเพื่อปรับปรุงและพัฒนาประสิทธิภาพพลังงานอุตสาหกรรมอโลหะต่อไป ดังนั้นการเข้าใจถึงผลที่เกิดจากปัจจัยทั้งสามในอุตสาหกรรมอโลหะจึงมีประโยชน์เป็นอย่างมาก

## บทที่ 5

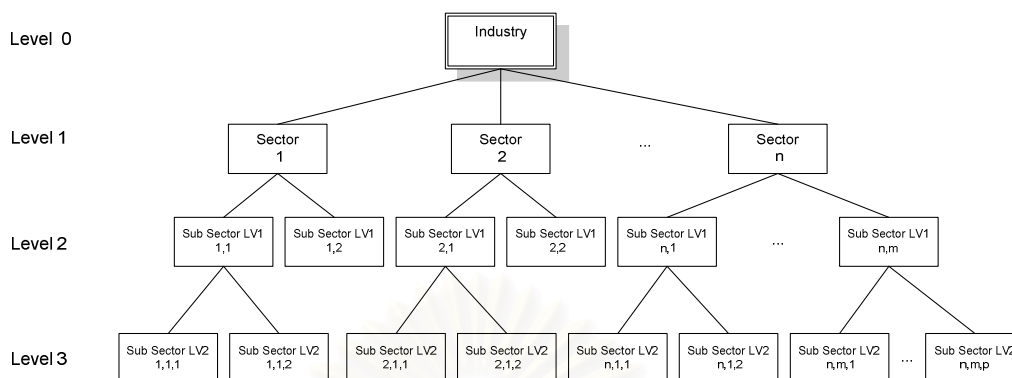
### ระบบฐานข้อมูลสำหรับวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน

ข้อมูลเชิงสถิติ จัดว่าเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ทราบถึงทิศทางและความเป็นมาของอุตสาหกรรมในอดีต ซึ่งจะช่วยให้การวางแผนนโยบายและการบริหารจัดการเป็นไปในทิศทางที่เหมาะสมยิ่งขึ้น ปัจจุบันมีหลายหน่วยงาน/องค์กร ได้มีการจัดเก็บข้อมูลต่างๆ ไว้เป็นจำนวนมาก แต่การจัดเก็บข้อมูลโดยไม่ได้ดำเนินการนำข้อมูลไปวิเคราะห์ หรือมีการวิเคราะห์แต่ซ้ำเกินไป ย่อมทำให้การเก็บข้อมูลเหล่านั้นสูญเปล่า ดังนั้น ระบบการจัดการข้อมูลและระบบการประมวลผลเพื่อนำข้อมูลไปดำเนินการต่อนั้น นับเป็นสิ่งสำคัญยิ่งสำหรับการวางแผน การตัดสินใจ และบริหารจัดการในด้านต่างๆ ทั้งในปัจจุบันและอนาคต

จากการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานตามขั้นตอนที่ได้อธิบายไปแล้วในบทที่ 3 จะเห็นได้ว่า ต้องมีการจัดการกับข้อมูลจำนวนมาก และต้องมีการคำนวณซ้ำกันหลายรอบ เมื่อมีการวิเคราะห์ในรูปแบบโครงสร้างอุตสาหกรรม ทำให้การคำนวณและแสดงผลข้อมูลด้วยแผ่นงาน (work sheet) ในโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล (Microsoft Excel) มีความยุ่งยาก ดังนั้น การสร้างระบบฐานข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน จะทำให้การวิเคราะห์เป็นไปด้วยความสะดวก รวดเร็ว ทั้งยังสามารถลดโอกาสเกิดข้อผิดพลาดของการคำนวณได้อีกด้วย

#### 5.1 การออกแบบระบบฐานข้อมูล

การวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน มีลักษณะการวิเคราะห์ต่อเนื่องเป็นลูกโซ่ กล่าวคือ ผลจากการวิเคราะห์ในระดับที่สูงกว่า จะกลายเป็นข้อมูลของระดับถัดไปหนึ่งระดับ ดังนั้น ข้อมูลที่บันทึก คือ ข้อมูลที่มีระดับต่ำสุดของโครงสร้าง จากรูปที่ 5.1 ข้อมูลของอุตสาหกรรมระดับที่ 1 คือผลรวมของข้อมูลของกลุ่มอุตสาหกรรมย่อยในระดับที่ 2 และข้อมูลของอุตสาหกรรมระดับที่ 0 คือผลรวมของข้อมูลของกลุ่มอุตสาหกรรมย่อยในระดับที่ 1



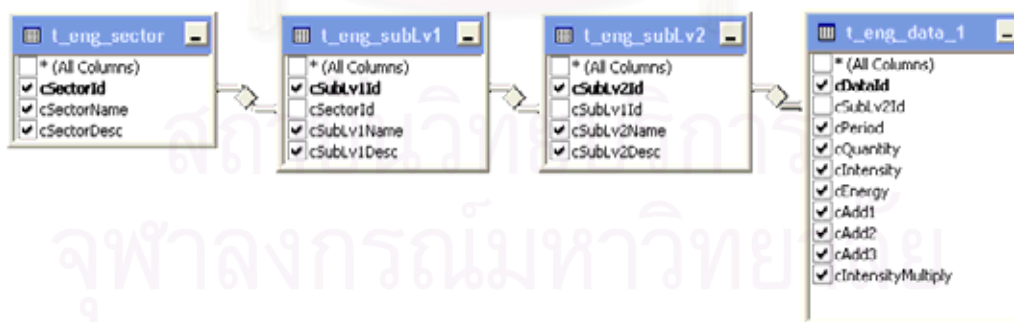
รูปที่ 5.1 ระดับและโครงสร้างของฐานข้อมูล

จากสมการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน จะมีข้อมูลที่ต้องบันทึก 3 ประเภทได้แก่

- ช่วงเวลา (Period)
- ปริมาณผลผลิตรายปี (Production Quantity)
- ข้อมูลการใช้พลังงานต่อหน่วยผลิตภัณฑ์รายปี (ค่า SEC หน่วย MJ/Unit)

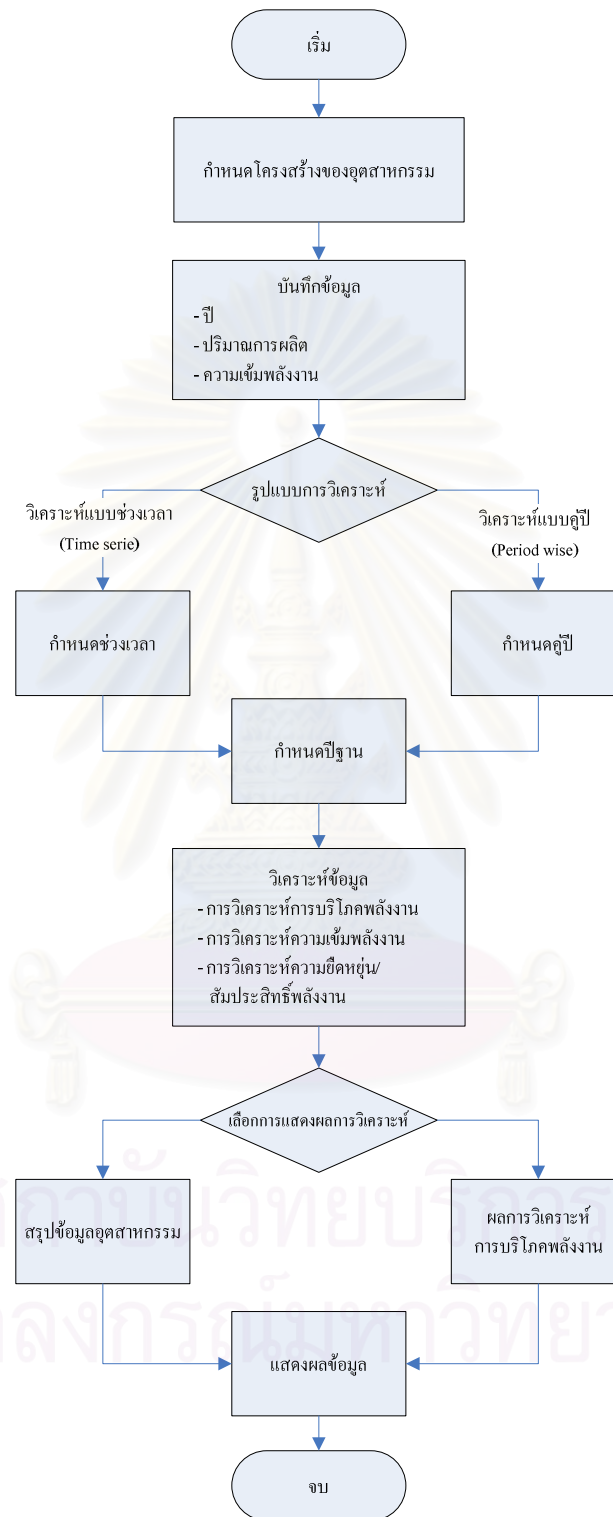
นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มข้อมูลอื่นๆในการวิเคราะห์ได้ไม่เกิน 3 ประเภท เช่น ราคาต่อหน่วยผลผลิตรายปี (Unit Price) หรือราคาต่อหน่วยวัตถุดิบรายปี มูลค่าเพิ่มรายปี (Value Added) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ฯลฯ

โดยระบบจะมีแบบจำลองอีอาร์ (Entity-Relationship Model) ของระบบฐานข้อมูล แสดงดังรูปที่ 5.2 และแผนผังการไหล (Flow process chart) แสดงดังรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.2 แบบจำลองอีอาร์ของระบบฐานข้อมูล





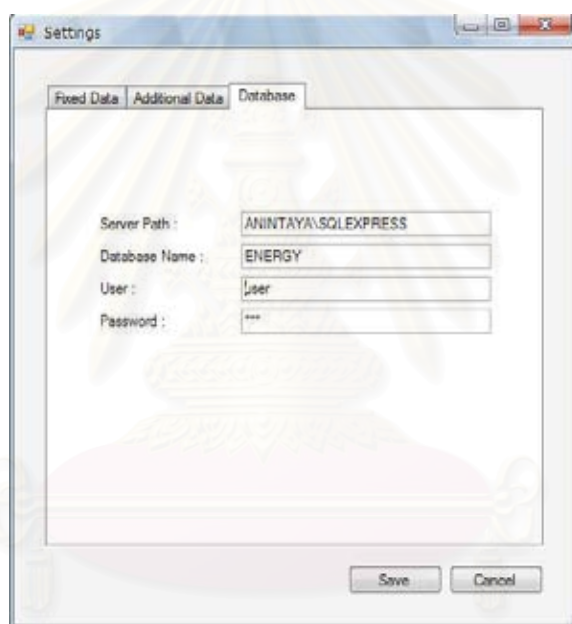
รูปที่ 5.3 แผนผังการไหลของระบบ

## 5.2 โปรแกรมส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน

โปรแกรมส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน ประกอบไปด้วยส่วนของการรับค่าข้อมูล การเรียกดูข้อมูล การกำหนดรูปแบบการวิเคราะห์ และการรายงานผลการวิเคราะห์

### 5.2.1 การเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูล

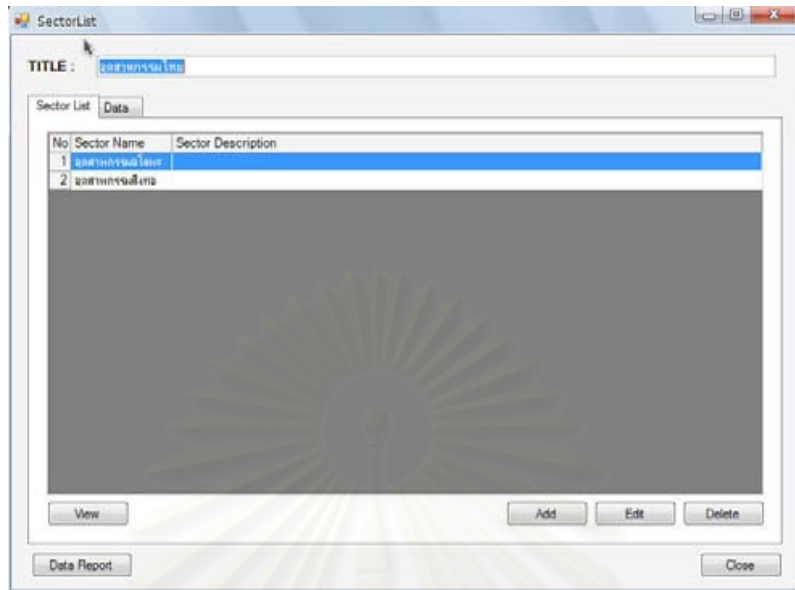
เนื่องจากโปรแกรมถูกออกแบบให้เป็นระบบลูกข่าย/แม่ข่าย (Client/Server) กล่าวคือ สามารถกำหนดฐานข้อมูลกลางในการเก็บข้อมูล โดยเชื่อมต่อผ่านระบบแลน (Local Area Network, LAN) ดังนั้น จึงต้องมีการกำหนดค่าการเชื่อมต่อกับเครื่องแม่ข่าย ดังรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 หน้าจอกำหนดการเชื่อมต่อกับเครื่องแม่ข่าย

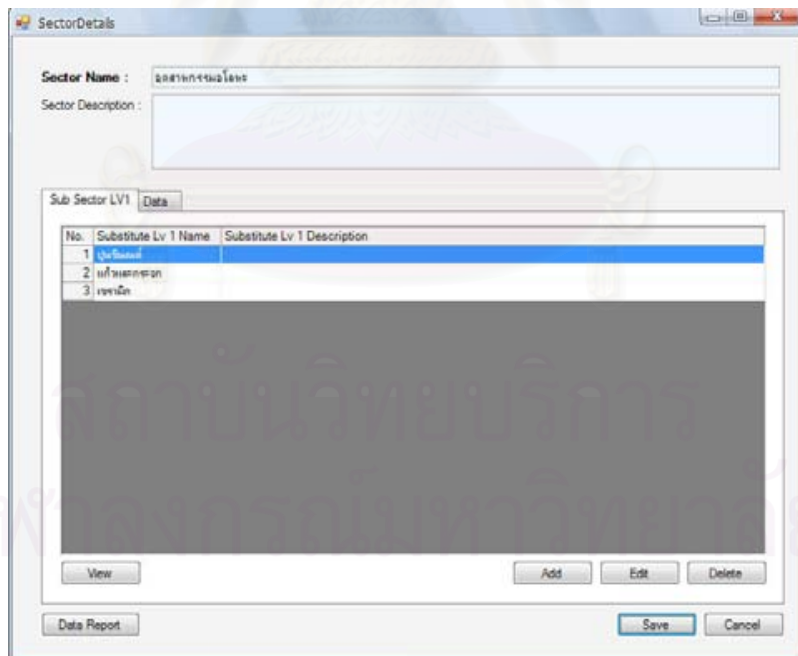
### 5.2.2 หน้าจอโครงสร้างอุตสาหกรรม

เมื่อเปิดโปรแกรมจะเข้าสู่หน้าจอหลักของโปรแกรม ซึ่งแสดงรายชื่อของกลุ่มอุตสาหกรรม (Sector) ดังรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.5 หน้าจอรายละเอียดกลุ่มอุตสาหกรรมย่อย

เมื่อดับเบิลคลิกที่ชื่อกลุ่มอุตสาหกรรม จะแสดงรายชื่ออุตสาหกรรมย่อยระดับที่ 1 (Sub Sector LV1) ดังรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.6 หน้าจอรายละเอียดอุตสาหกรรมระดับที่ 1

เมื่อดับเบิลคลิกที่ชื่ออุตสาหกรรมย่อยระดับที่ 1 จะแสดงข้อมูลรายละเอียดของอุตสาหกรรมย่อยระดับที่ 2 (Sub Sector LV2) ดังรูปที่ 5.7

No.	Period (Year)	Production Quantity (Ton)	Intensity (GJ/Ton)	Energy (GJ)	Additional 1(Unit)	Additional 2(Unit)
1	2003	121,142,1920	21,5662	2,622,912,6170	0.0000	0.00
2	2004	142,887,9600	21,2634	3,038,288,9273	0.0000	0.00
3	2005	165,705,7000	20,3091	3,365,327,9993	0.0000	0.00

รูปที่ 5.7 หน้าจอข้อมูลของกลุ่มอุตสาหกรรมระดับที่ 2

### 5.2.3 หน้าจอการป้อนข้อมูล

ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์แบ่งเป็น 2 ประเภทดังนี้

- ข้อมูลหลักคือ ข้อมูลที่บังคับป้อนข้อมูล หากไม่มีการป้อนข้อมูล โปรแกรมจะไม่สามารถทำการวิเคราะห์ต่อ ได้แก่
  - ข้อมูลช่วงเวลา (ปี ค.ศ.)
  - ข้อมูลปริมาณการผลิต
  - ข้อมูลความเข้มพลังงาน
- ข้อมูลเพิ่มเติม คือ ข้อมูลที่โรงงานหรืออุตสาหกรรมต้องการเพิ่มเติม เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัยอื่นร่วมกับปัจจัยการผลิตและปัจจัยความเข้มพลังงาน เช่น
  - ข้อมูลมูลค่าสินค้า
  - ข้อมูลปริมาณการปล่อยออก CO<sub>2</sub>
  - ฯลฯ

หน้าจอของการป้อนข้อมูลสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.8

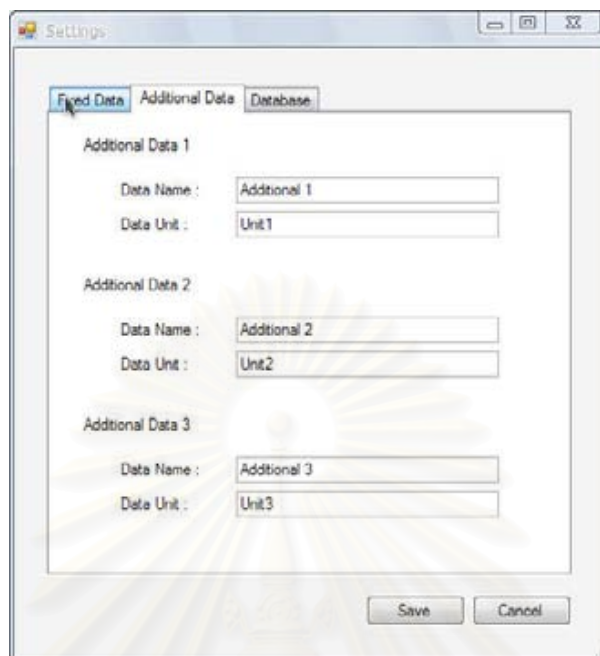
Period :	2003	Year
Production Quantity :	131142.192	Ton
Intensity :	21.5667633268967	GJ/Ton
Energy :	2928312.61703445	GJ
Additional 1	0	Unit1
Additional 2	0	Unit2
Additional 3	0	Unit3

รูปที่ 5.8 หน้าจอการป้อนข้อมูล

นอกจากนี้ ยังสามารถปรับแต่งค่าหน่วยของข้อมูลหลัก และแก้ไขชื่อและหน่วยของข้อมูลเพิ่มเติม โดยคลิกที่ปุ่ม Edit Data Detail ซึ่งหน้าจอการปรับแต่งหน่วยของข้อมูลหลัก แสดงดังรูปที่ 5.9 ส่วนหน้าจอการปรับแต่งชื่อและหน่วยของข้อมูลเพิ่มเติม แสดงดังรูปที่ 5.10

Fixed Data 1	Data Name	Data Unit
Fixed Data 1	Production Quantity	Ton
Fixed Data 1	Intensity	GJ/Ton
Fixed Data 1	Energy	GJ

รูปที่ 5.9 หน้าจอปรับแต่งหน่วยของข้อมูลหลัก



รูปที่ 5.10 หน้าจอปรับแต่งข้อมูลเพิ่มเติม

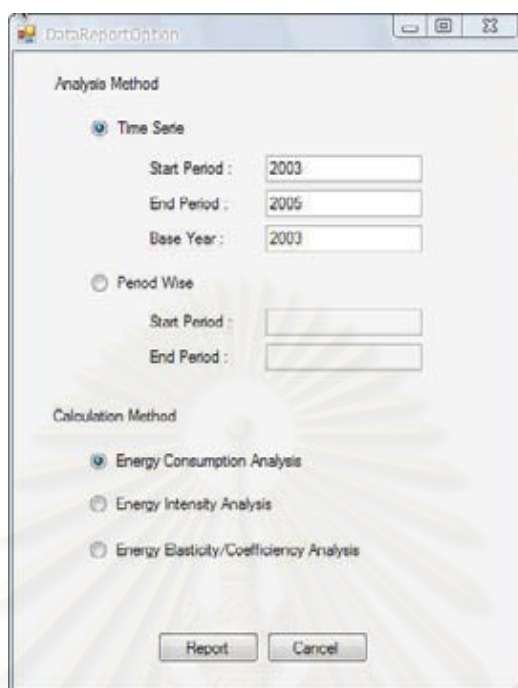
### 3) หน้าจอเลือกรูปแบบการคำนวณ

การเลือกรูปแบบการคำนวณ ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

- การรูปแบบของเวลา ได้แก่
  - i. การวิเคราะห์แบบช่วงเวลา (Time serie)
  - ii. การคำนวณแบบคู่ปี (Period wise)
- การเลือกรูปแบบการวิเคราะห์ ได้แก่
  - i. การวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน
  - ii. การวิเคราะห์ความเข้มพลังงาน
  - iii. การวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงาน

หน้าจอเลือกการวิเคราะห์ แสดงดังรูปที่ 5.11

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.11 หน้าจอเลือกรูปแบบการวิเคราะห์

### 5.3 การรายงานผล

#### 1) หน้าจอแสดงสรุปผลข้อมูล

จากข้อมูลที่ได้นำที่ลงในแต่ละอุตสาหกรรมย่อย สามารถแสดงข้อมูลสรุปเพื่อให้เห็นภาพรวมของอุตสาหกรรมของปีที่ต้องการ ได้ดังรูปที่ 5.12

Substitute Lv 2 Name	Production Quantity (Ton)	Structure	Intensity (GJ/Ton)	Energy (GJ)	Additional I (Unit)	Addic
เทคโนโลยีชีวภาพ	2,163,491.0000	0.9193	6.4444	13,942,374.7895	0.0000	
เครื่องใช้ไฟฟ้า	51,218.3600	0.0217	56.1292	2,874,845.5721	0.0000	
เทคโนโลยี	10,000.0000	0.0042	28.5300	285,300.0000	0.0000	
ซอฟต์แวร์	131,142.1920	0.0557	21.5668	2,828,312.6170	0.0000	
เหล็ก	2,355,851.5520	1.0000	8.4601	19,930,832.9786	0.0000	

รูปที่ 5.12 หน้าจอแสดงรายงานสรุปข้อมูลอุตสาหกรรม

## 2) หน้าจอแสดงผลการวิเคราะห์แบบการวิเคราะห์ช่วงเวลา (Time series)

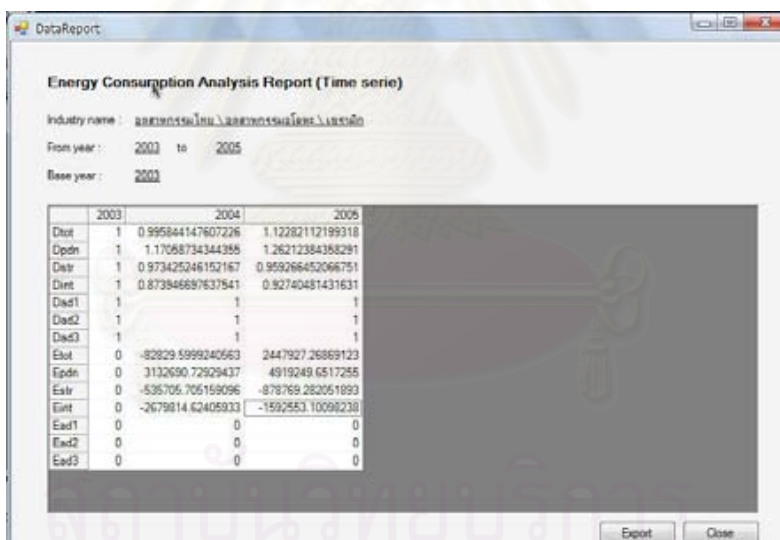
การวิเคราะห์ผลจะเป็นการคำนวณผลจากข้อมูลที่ได้จัดเก็บ สามารถเลือกรูปแบบเวลาของการคำนวณได้สองรูปแบบคือ

- การวิเคราะห์แบบช่วงเวลา (Time serie)
- การวิเคราะห์แบบคู่ปี (Period wise)

ส่วนการวิเคราะห์นั้น สามารถวิเคราะห์ได้ 3 รูปแบบ คือ

- การวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน
- การวิเคราะห์ความเข้มพลังงาน
- การวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงาน

โดยหน้าจอนี้จะแสดงผลการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานแบบช่วงเวลาเพื่อดูแนวโน้มของแต่ละอุตสาหกรรม ซึ่งสามารถกำหนดช่วงเวลา ในการดูผลการวิเคราะห์ได้ โดยจะแสดงรูปแบบรายงานได้ดังรูปที่ 5.13 – 5.15



	2003	2004	2005
Dtot	1	0.995844147607226	1.12282112199318
Dpdm	1	1.17068734344355	1.26212384368291
Dptr	1	0.973425246152167	0.959266452066751
Dint	1	0.873846687637541	0.92740481431631
Dsd1	1	1	1
Dsd2	1	1	1
Dsd3	1	1	1
Etot	0	-82829.5999240563	2447927.26869123
Epdn	0	3132690.72929437	4919249.6517255
Estv	0	-535705.705159096	-878769.282051893
Eint	0	-2679814.62405933	-1592553.10098230
Ead1	0	0	0
Ead2	0	0	0
Ead3	0	0	0

รูปที่ 5.13 หน้าจอแสดงรายงานการวิเคราะห์แบบช่วงเวลาของการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน



**Energy Intensity Analysis Report (Time serie)**

Industry name : อุตสาหกรรมโม่ \\\\ อุตสาหกรรมโม่ \\\\ เรายักษ์

From year : 2003 to 2005

Base year : 2003

	2003	2004	2005
etct	0	-1.26346302159648	-0.93611069813426
esbr	0	-0.210699254043515	-0.334388818130114
erit	0	-1.05276376755296	-0.601721271683312
eed1	0	0	0
eed2	0	0	0
eed3	0	0	0
Etot	1	0.890695953299563	0.889390396636785
Ettr	1	0.973387179431533	0.968977120926806
Etnt	1	0.873914277148539	0.927394801429879
Eed1	1	1	1
Eed2	1	1	1
Eed3	1	1	1

รูปที่ 5.14 หน้าจอแสดงรายงานการวิเคราะห์แบบช่วงเวลาของการวิเคราะห์ความเข้มพลังงาน

**Energy Elasticity/Coefficiency Analysis Report (Time serie)**

Industry name : อุตสาหกรรมโม่ \\\\ อุตสาหกรรมโม่ \\\\ เรายักษ์

From year : 2003 to 2005

Base year : 2003

	2003	2004	2005
Etct	NaN	-0.024349287494853	0.467857430062236
Cpdr	NaN	0.920912177168392	0.940186225943768
Cstr	NaN	-0.157480565395843	-0.167953820841356
Cvnt	NaN	-0.787790899267402	-0.304374974940176
Ced1	NaN	0	0
Ced2	NaN	0	0
Ced3	NaN	0	0

รูปที่ 5.15 หน้าจอแสดงรายงานการวิเคราะห์แบบช่วงเวลาของการวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงาน

### 3) หน้าจอแสดงผลการคำนวณแบบการวิเคราะห์คู่ปี (Period wise)

หน้าจอแสดงผลการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานแบบคู่ปีของแต่ละอุตสาหกรรม ซึ่งสามารถเลือกคู่ปีที่จะทำการวิเคราะห์ได้ โดยการดูผลการวิเคราะห์นั้นจะแสดงรายงานได้ดังรูป 5.16 – 5.18

DataReport

**Energy Consumption Analysis Report (Period wise)**

Industry name : อุตสาหกรรมโขน\อุตสาหกรรมโขน\เครื่องจักร

Between year : 2003 and 2004

	2004
Dtot	0.995844147077276
Dpdr	1.17058734344355
Dstr	0.973425246152167
Dirt	0.873946687637541
Dad1	1
Dad2	1
Dad3	1
Etot	-82829.5999240563
Epdr	3132680.72828437
Estr	-535705.705189096
Eirt	-2679914.62405933
Ead1	0
Ead2	0
Ead3	0

Export Close

รูปที่ 5.16 หน้าจอแสดงรายงานการวิเคราะห์แบบคู่ปีของการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน

DataReport

**Energy Intensity Analysis Report (Period wise)**

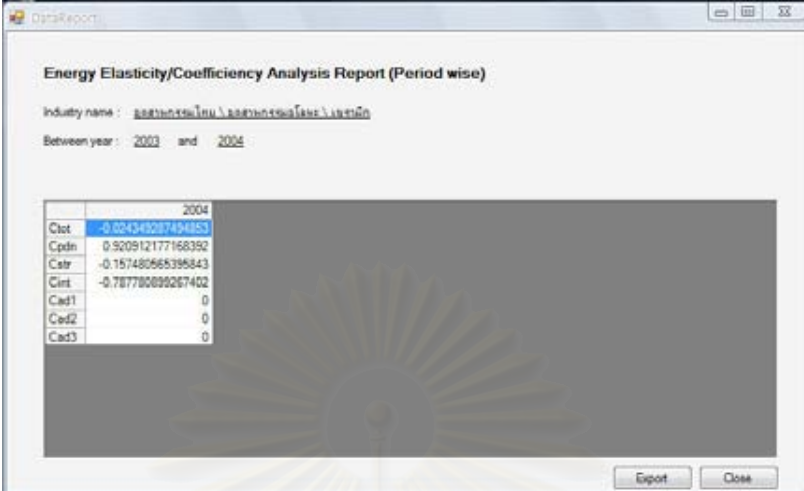
Industry name : อุตสาหกรรมโขน\อุตสาหกรรมโขน\เครื่องจักร

Between year : 2003 and 2004

	2004
etot	-1.263463031592648
estr	-0.210699254043515
eirt	-1.05276376755296
ead1	0
ead2	0
ead3	0
Dtot	0.850688953288583
Dstr	0.973387179431533
Dirt	0.873914277148539
Dad1	1
Dad2	1
Dad3	1

Export Close

รูปที่ 5.17 หน้าจอแสดงรายงานการวิเคราะห์แบบคู่ปีของการวิเคราะห์ความเข้มพลังงาน



**Energy Elasticity/Coefficiency Analysis Report (Period wise)**

Industry name : อุตสาหกรรมไทย \ อุตสาหกรรมโลหะ \ เหล็กกล้า

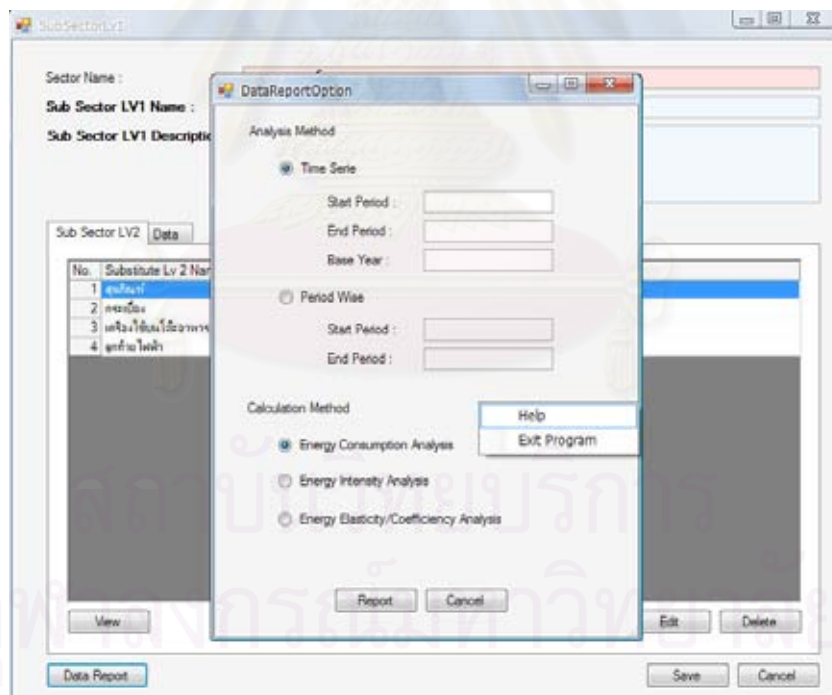
Between year : 2003 and 2004

	2004
Clot	-0.024343037494853
Cpdm	0.920912177168392
Cstr	-0.157480665395843
Cint	-0.78778009267402
Cad1	0
Cad2	0
Cad3	0

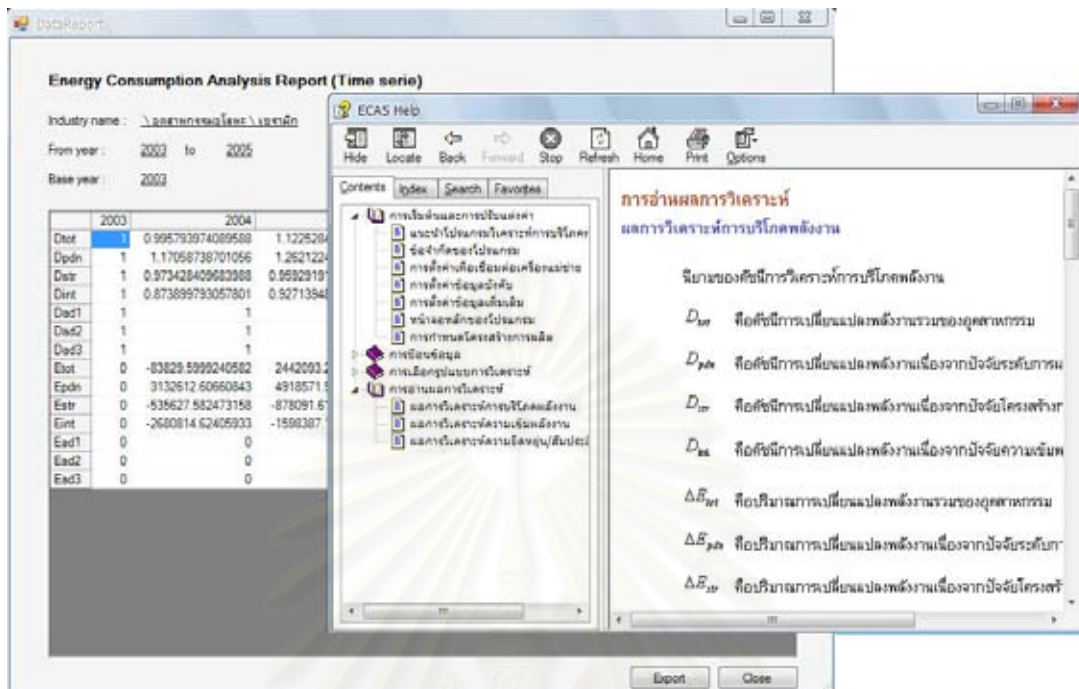
Buttons: Export, Close

รูปที่ 5.18 หน้าจอแสดงรายงานการวิเคราะห์แบบคู่ปีของการวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงาน

สำหรับคู่มือการใช้งานนั้น สามารถดูได้จากภาคผนวก จ นอกจากนี้ เพื่อความสะดวกในการใช้งาน ระบบนี้ยังสามารถเรียกใช้ระบบความช่วยเหลือ (Help) ได้จากการคลิกขวาที่หน้าจอที่ใช้งานอยู่



รูปที่ 5.19 การเข้าสู่ระบบความช่วยเหลือ

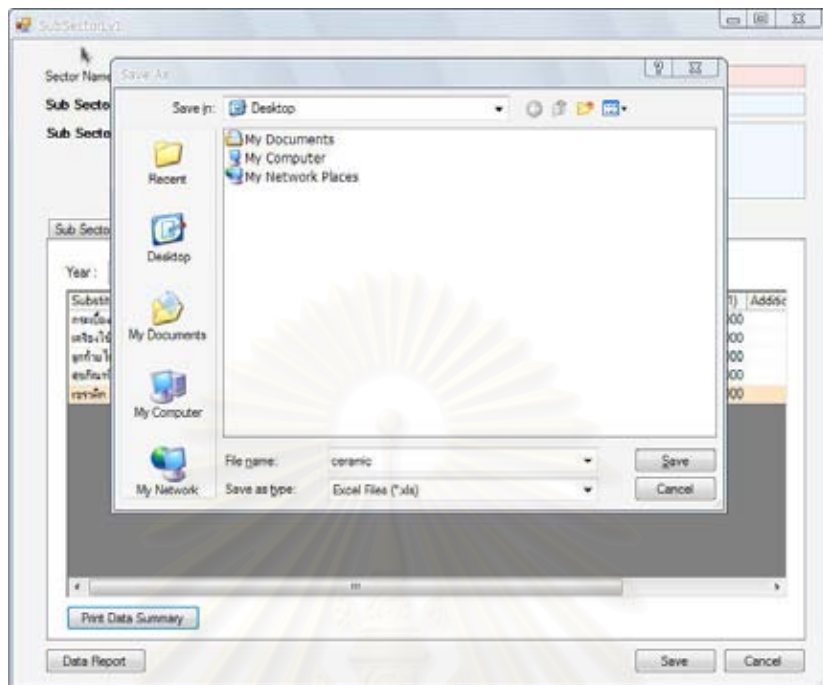


รูปที่ 5.20 หน้าจอระบบความช่วยเหลือ

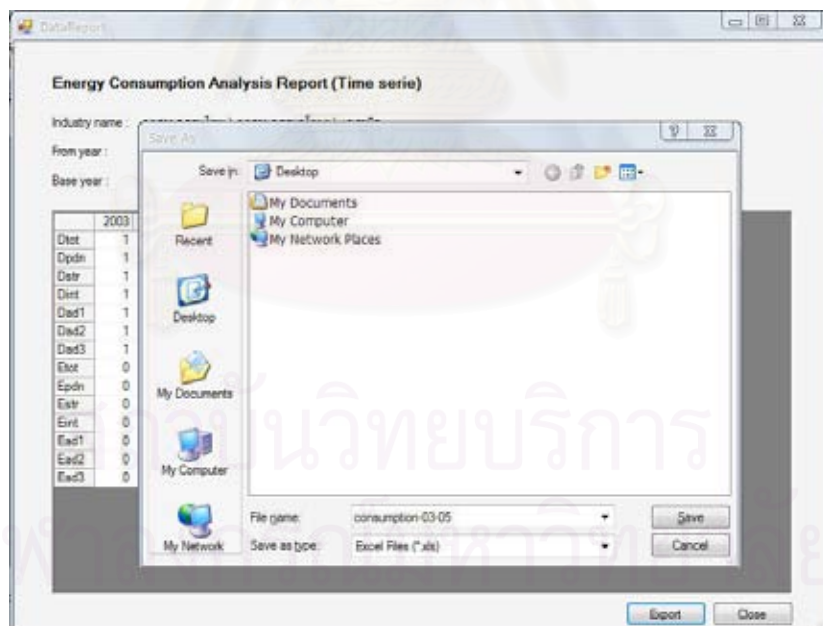
#### 5.4 การประยุกต์ใช้งานเพิ่มเติม

นอกจากนี้ เมื่อได้ผลการวิเคราะห์ตามที่ต้องการแล้ว สามารถส่งออก (Export) ผลการวิเคราะห์เป็นรูปแบบของแฟ้มข้อมูลในโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซล (Microsoft Excel) เพื่อประยุกต์การใช้งานเพิ่มเติม เช่น การพลอตกราฟดูแนวโน้มของอุตสาหกรรม ซึ่งจะช่วยให้เห็นถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจากปัจจัยต่างๆ ได้ง่ายขึ้น หรือการจัดรูปแบบหน้ากระดาษเพื่อส่งพิมพ์รายงาน โดยการส่งออกข้อมูลนี้ สามารถทำได้ทั้งในส่วนของการรายงานสรุปข้อมูลและรายงานผลการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.21 การส่งออกผลสรุปข้อมูลในแต่ละปีเป็นแฟ้มข้อมูลเอกเซล



รูปที่ 5.22 การส่งออกผลสรุปการวิเคราะห์เป็นแฟ้มข้อมูลเอกเซล

Microsoft Excel - consumption-03-05.xls

File Edit View Insert Format Tools Data Window Help Adobe PDF

100% Arial

Energy Consumption Analysis Report (Time series)

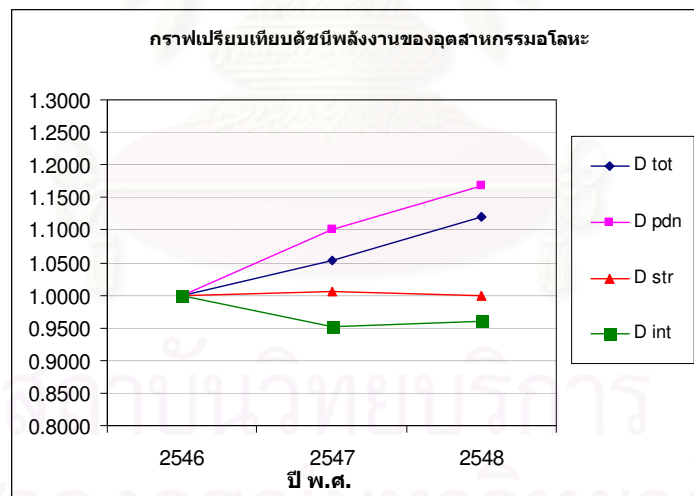
Time Serie

Analysis Result of การประชุม/ไตรมาส \ การประชุม/ไตรมาส \ เติมน้ำมัน  
From year : 2003to2005

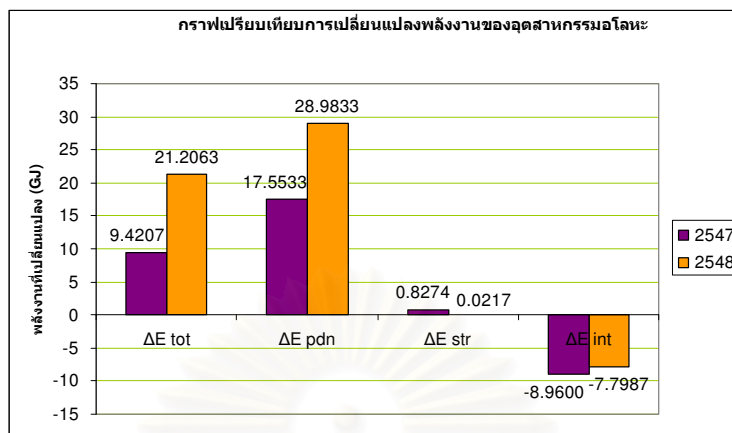
	2003	2004	2005
Dtot	1	0.9968	1.1228
Dpds	1	1.1706	1.2621
Dstr	1	0.9734	0.9593
Dint	1	0.8779	0.9274
Dad1	1	1	1
Dad2	1	1	1
Dad3	1	1	1
Etot	0	-82,829.60	2,447,927.27
Epds	0	3,132,690.73	4,919,249.65
Estr	0	-535,705.71	-878,769.20
Eint	0	-2,679,814.62	-1,592,553.10
Ead1	0	0	0
Ead2	0	0	0
Ead3	0	0	0

Ready

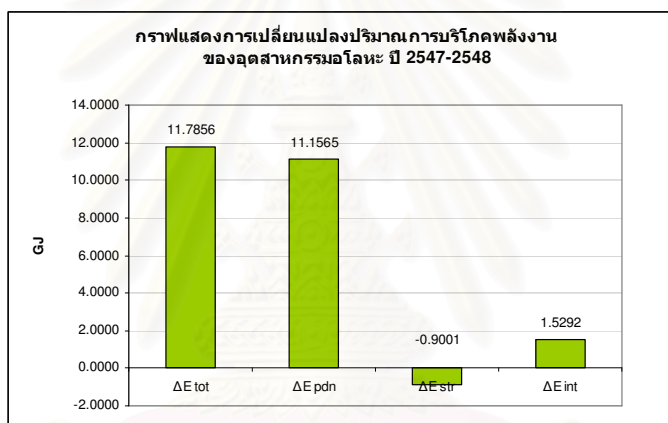
รูปที่ 5.23 รายงานข้อมูลในรูปแบบของไฟล์เอกเซล



รูปที่ 5.24 ตัวอย่างกราฟแสดงผลการวิเคราะห์ช่วงเวลาแบบกราฟเส้น

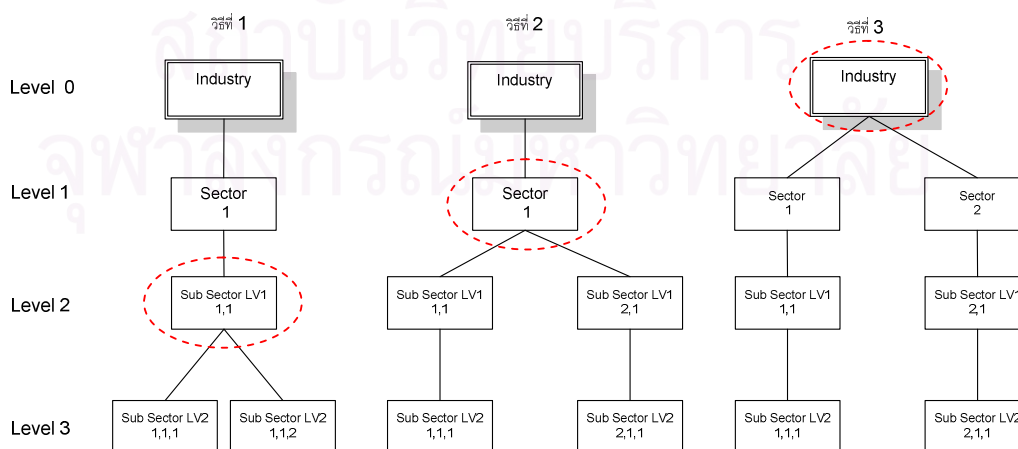


รูปที่ 5.25 ตัวอย่างกราฟแสดงผลการวิเคราะห์ช่วงเวลาแบบกราฟแท่ง



รูปที่ 5.26 ตัวอย่างกราฟแสดงผลการวิเคราะห์หุ้ปีแบบกราฟแท่ง

สำหรับการใช้งานกับอุตสาหกรรมที่มีสองระดับ สามารถประยุกต์ใช้ได้ 3 วิธี ดังรูปที่ 5.27 และ คู่มือการวิเคราะห์จากหน้าจอของระดับที่อยู่ในวงกลม



รูปที่ 5.27 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมที่มี 2 ระดับ

### 5.5 ข้อจำกัดของระบบ

ระบบฐานข้อมูลสำหรับวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการบริโภคพลังงานนี้ ได้กำหนดจำนวนชั้นของโครงสร้างไว้ 3 ระดับ ดังนั้น หากต้องการนำระบบฐานข้อมูลนี้ไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมอื่นๆ ต้องพิจารณาว่าจำนวนชั้นของอุตสาหกรรมมากกว่า 3 ระดับหรือไม่ ซึ่งในส่วนจำนวนอุตสาหกรรมในแต่ละระดับนั้น สามารถเพิ่มได้ไม่จำกัด นอกจากนี้ หากมีการเพิ่มข้อมูลเพิ่มเติม ต้องทำการป้อนข้อมูลที่ต้องการเพิ่มให้ข้อมูลครบทุกชุดข้อมูล

### 5.6 สรุป

ระบบฐานข้อมูลเพื่อวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมอโลหะนี้ ได้ออกแบบขึ้น เพื่อให้การวิเคราะห์การบริโภคพลังงานมีความสะดวกและรวดเร็วมากขึ้น โดยระบบสามารถที่จะวิเคราะห์ปัจจัยพื้นฐานทั้งสามของการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน อันได้แก่ ระดับการผลิต โครงสร้างการผลิต และความเข้มพลังงาน นอกจากนี้ ยังสามารถเพิ่มข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์หรือข้อมูลอื่นๆ เข้าไป เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยอื่นเพิ่มเติมได้อีกด้วย ซึ่งจะทำให้ระบบสามารถใช้ประโยชน์ได้หลากหลายมากขึ้น ส่วนคู่มือการใช้งานโปรแกรมนี้ ได้แสดงไว้ในภาคผนวก จ

เนื่องจากโปรแกรมมีข้อจำกัด ดังนั้น หากต้องการนำไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมอื่นๆ ควรมีการพิจารณาถึงความเหมาะสมของการนำไปใช้ด้วย



## บทที่ 6

### บทสรุปและข้อเสนอแนะ

#### 6.1 สรุปงานวิจัย

เนื่องจากพลังงานเป็นปัจจัยสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ ดังนั้น การทราบถึงสาเหตุและแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของการบริโภคพลังงาน จะช่วยให้การวางแผนเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานเป็นไปได้อย่างสะดวกมากขึ้น

การวิเคราะห์ผลการบริโภคพลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมโลหะ ได้จำแนกอุตสาหกรรมหลักออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ อุตสาหกรรมแก้วและกระจก และอุตสาหกรรมเซรามิก ซึ่งอุตสาหกรรมแก้วและกระจก จะแบ่งเป็นกลุ่มย่อย 3 กลุ่ม ได้แก่ กระจกแผ่น ขวดแก้ว และเครื่องแก้ว ส่วนอุตสาหกรรมเซรามิก จะแบ่งเป็นกลุ่มย่อย 4 กลุ่ม ได้แก่ เครื่องสุขภัณฑ์ เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร กระเบื้องปูพื้น และลูกถ้วยไฟฟ้า

ขั้นตอนการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน เริ่มต้นจากการเก็บรวบรวมข้อมูลของแต่ละอุตสาหกรรม ข้อมูลที่นำมาใช้วิเคราะห์ในการวิจัยนี้ได้มาจากสองแหล่งคือ ข้อมูลจากการเข้าตรวจวัดจากโรงงานตัวอย่างของอุตสาหกรรมเซรามิกจำนวน 11 โรงงาน อุตสาหกรรมแก้วกระจกจำนวน 11 โรงงาน และข้อมูลจากรายงานบพร.1 สำหรับอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์จำนวน 7 โรงงาน ซึ่งจากการรวบรวมข้อมูล ได้พบปัญหาเกี่ยวกับความถูกต้องของข้อมูล หน่วยการจัดเก็บข้อมูล และข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์อุตสาหกรรมในระดับมหภาค

จากนั้นทำการศึกษาค้นคว้าที่เหมาะสมในการนำมาวิเคราะห์ ซึ่งจากการศึกษาจะเห็นได้ว่าการคิดค้นดัชนีสำหรับการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานเป็นจำนวนมาก โดยวิธีที่นิยมใช้เป็นอย่างมากในปัจจุบันคือ การวิเคราะห์แยกส่วนพลังงานแบบดัชนี (Index Decomposition Analysis, IDA) เป็นดัชนีที่ประยุกต์มาจากดัชนีราคา (Price index) ซึ่งดัชนีที่นิยมใช้นั้น ได้แก่ ดัชนีลาสเปร์ (Laspeyres) ดัชนีดิวิเซีย (Divisia) และดัชนีที่ประยุกต์มาจากดัชนีทั้งสอง

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ดัชนีดิวิเซียค่าเฉลี่ยลอการิทึม (Logarithm Mean Divisia Index, LMDI) ในการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานและการออกแบบฐานข้อมูลของอุตสาหกรรมโลหะ เนื่องจาก

- ผลการวิเคราะห์สมบูรณ์ไม่เกิดพจน์ของค่าส่วนตกค้าง (Residual term)
- รูปแบบสมการสำหรับวิเคราะห์ทั้งแบบผลคูณและแบบผลบวกมีความใกล้เคียงกัน

- สมการมีความง่ายต่อการวิเคราะห์เมื่อจำนวนตัวแปรเพิ่มขึ้น เนื่องจากรูปแบบสมการเป็นแบบรูปเดียว (Single form)

การกำหนดปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการบริโภคพลังงานนั้น กำหนดเป็น 3 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยระดับการผลิต ปัจจัยโครงสร้างการผลิต และปัจจัยความเข้มพลังงาน จากนั้นทำการวิเคราะห์แบบพิจารณาเป็นช่วงเวลา โดยใช้ข้อมูลของปี พ.ศ. 2546 เป็นปีฐานในการวิเคราะห์

ผลการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมอโลหะ แสดงให้เห็นว่าปัจจัยระดับการผลิตมีผลต่อปริมาณการบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก และเนื่องจากอุตสาหกรรมอโลหะมีการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนการผลิตน้อย ทำให้ปัจจัยด้านโครงสร้างการผลิตมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการบริโภคพลังงานเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ส่วนปัจจัยความเข้มพลังงานในอุตสาหกรรมอโลหะกลับส่งผลให้เกิดการบริโภคพลังงานลดลง เนื่องมาจากในอุตสาหกรรมอโลหะนั้น ต้นทุนด้านพลังงานเป็นต้นทุนหลักตัวหนึ่งในอุตสาหกรรมนี้ ทำให้ภาคอุตสาหกรรมเองพยายามที่จะหาแนวทางในการดำเนินการลดปริมาณการใช้พลังงานอยู่แล้ว แต่เนื่องจากยังมีข้อจำกัดด้านขีดความสามารถของโรงงานทำให้การดำเนินการลดปริมาณการใช้พลังงานยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร

ในอุตสาหกรรมแก้วและกระจกจะเห็นว่าในกลุ่มผลิตเครื่องแก้วนั้น มีค่าความเข้มพลังงานสูงกว่าในกลุ่มที่ผลิตกระจกแผ่น และกลุ่มที่ผลิตขวดแก้ว เนื่องจากในกระบวนการผลิตเครื่องแก้วจะมีการใช้เศษแก้วในกระบวนการผลิตน้อยเพื่อคุณภาพของเนื้อแก้ว อีกทั้งแก้วมีน้ำหนักเบาทำให้ปริมาณการบริโภคพลังงานสูง

ส่วนอุตสาหกรรมเซรามิกนั้น กลุ่มที่ผลิตเครื่องใช้บนโต๊ะอาหารจะมีค่าความเข้มพลังงานสูง เนื่องจากในกระบวนการผลิตเครื่องใช้บนโต๊ะอาหารจะต้องมีการเผาผลิตภัณฑ์สองถึงสามรอบ เพื่อให้ได้คุณลักษณะภายนอกที่สวยงามตามข้อกำหนดของลูกค้า

สำหรับภาพรวมของกลุ่มอุตสาหกรรมอโลหะ จะพบว่าอุตสาหกรรมที่มีสัดส่วนการผลิตสูงที่สุดคืออุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ และเนื่องจากในการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน ได้อ้างอิงกับสัดส่วนของปริมาณการผลิตของแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรมเทียบกับปริมาณการผลิตรวม ดังนั้น การบริโภคพลังงานในภาพรวมของกลุ่มอุตสาหกรรมอโลหะนี้ มีแนวโน้มที่จะเป็นไปตามลักษณะการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์

อุตสาหกรรมอโลหะเป็นอุตสาหกรรมที่มีปริมาณการบริโภคพลังงานสูงอุตสาหกรรมหนึ่ง ดังนั้นการปรับปรุงและพัฒนาประสิทธิภาพพลังงานในภาคอุตสาหกรรมนี้ จะส่งผลต่อภาพรวมของประเทศเป็นอย่างมากทั้งในด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการบริโภคพลังงานจะเป็นแนวทางหนึ่งในการวางแผนด้านนโยบายพัฒนาประสิทธิภาพพลังงานต่อไป

## ผลการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมอโลหะ สรุปได้ดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 สรุปผลการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมอโลหะ

	ปี พ.ศ. 2547				ปี พ.ศ. 2548			
	อุตสาหกรรม				อุตสาหกรรม			
	ปูนซีเมนต์	แก้วและกระจก	เซรามิก	อโลหะ	ปูนซีเมนต์	แก้วและกระจก	เซรามิก	อโลหะ
D tot	1.0625	1.0561	0.9958	1.0532	1.1249	1.0994	1.1225	1.1198
D pdn	-	1.1233	1.1706	1.1015	-	1.1019	1.2621	1.1673
D str	1.0952	0.9803	0.9734	1.0046	1.1642	1.0000	0.9593	1.0001
D int	0.9702	0.9591	0.8739	0.9519	0.9662	0.9978	0.9271	0.9592
$\Delta E$ tot	8,507,751.46	1,163,639.21	-83,829.60	9,420,667.02	17,000,069.67	2,062,018.77	2,442,093.27	21,206,292.46
$\Delta E$ pdn	-	2,477,648.98	3,132,612.61	17,553,287.50	-	2,109,659.63	4,918,571.99	28,983,275.69
$\Delta E$ str	12,761,215.46	-423,238.64	-535,627.58	827,392.66	21,968,172.11	595.76	-878,091.62	21,717.99
$\Delta E$ int	-4,253,464.00	-890,771.13	-2,680,814.62	-8,960,013.14	-4,968,102.43	-48,236.63	-1,598,387.10	-7,798,701.22

$\Delta E$  หน่วย GJ

## ผลการวิเคราะห์ความเข้มพลังงาน สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 สรุปผลการวิเคราะห์ความเข้มพลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมอโลหะ

	ปี พ.ศ. 2547				ปี พ.ศ. 2548			
	อุตสาหกรรม				อุตสาหกรรม			
	ปูนซีเมนต์	แก้วและกระจก	เซรามิก	อโลหะ	ปูนซีเมนต์	แก้วและกระจก	เซรามิก	อโลหะ
De tot	-	0.9401	0.8506	0.9562	-	0.9978	0.8891	0.9593
De str	-	0.9803	0.9734	1.0046	-	1.0000	0.9590	1.0001
De int	-	0.9590	0.8739	0.9519	-	0.9978	0.9271	0.9592
$\Delta e$ tot	-	-0.6532	-1.2638	-0.2107	-	-0.0241	-0.9381	-0.1956
$\Delta e$ str	-	-0.2109	-0.2107	0.0214	-	0.0002	-0.3341	0.0005
$\Delta e$ int	-	-0.4423	-1.0532	-0.2321	-	-0.0243	-0.6039	-0.1961

$\Delta e$  หน่วย GJ/ตัน

## ผลการวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงาน สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 6.3

สถาบันวิจัยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.3 สรุปผลการวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมอโลหะ

	ปี พ.ศ. 2546 – 2547				ปี พ.ศ. 2547 – 2548			
	อุตสาหกรรม				อุตสาหกรรม			
	ปูนซีเมนต์	แก้วและกระจก	เซรามิก	อโลหะ	ปูนซีเมนต์	แก้วและกระจก	เซรามิก	อโลหะ
C tot	0.6565	0.4548	-0.0246	0.5246	0.9313	-2.1420	2.6447	1.0581
C pdn	-	0.9684	0.9209	0.9776	0.9979	1.0286	1.0225	1.0016
C str	0.9848	-0.1654	-0.1575	0.0461	-	-1.1474	0.8383	-0.0808
C int	-0.3282	-0.3482	-0.7881	-0.4990	-0.0666	-2.0232	0.7840	0.1373

การพิจารณาผลการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน การวิเคราะห์ความเข้มพลังงาน และการวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงาน สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 6.4 และตารางที่ 6.5

สำหรับระบบฐานข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานที่ได้จัดทำขึ้น พบว่า สามารถช่วยให้การจัดเก็บข้อมูลมีความเป็นระเบียบมากขึ้น และทำให้กระบวนการวิเคราะห์มีความสะดวกและรวดเร็ว รวมทั้งยังสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ที่ง่ายต่อการนำไปพิจารณาในโอกาสต่อไปอีกด้วย

## 6.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย

1. ในการวิเคราะห์เพื่อพิจารณาแนวโน้มต่างๆ สิ่งสำคัญอันดับแรกคือ ความถูกต้องของข้อมูลและจำนวนข้อมูลที่เพียงพอ แต่จากการศึกษานี้ พบว่าข้อมูลสถิติของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยยังมีการจัดเก็บกระจัดกระจายไปในแต่ละหน่วยงาน ทำให้สามารถรวบรวมได้ยาก นอกจากนี้ ข้อมูลจากแต่ละหน่วยงานไม่เท่ากัน และหน่วยงานไม่สามารถแจ้งทราบได้ว่าข้อมูลของตนถูกต้อง ซึ่งการขาดข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ที่เหมาะสมนี้ ทำให้การวิเคราะห์ในระดับอุตสาหกรรมระดับประเทศ หรือการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับต่างประเทศไม่สามารถเกิดขึ้นได้

2. สำหรับดัชนีดีวีซีแอลกริที่มที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ ในปัจจุบันถือว่าเป็นดัชนีที่นิยมใช้ในงานวิจัยทางด้านวิเคราะห์ปัจจัยการเปลี่ยนแปลงการบริโภคพลังงานมากที่สุด แต่ดัชนีนี้ยังมีจุดด้อยในการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีค่าติดลบ รวมทั้งการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีค่าเป็นศูนย์เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะในกรณีที่ชุดข้อมูลอื่น ๆ มีค่าใกล้ศูนย์

3. ระบบฐานข้อมูลสำหรับวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการบริโภคพลังงานนี้ ได้กำหนดจำนวนชั้นของโครงสร้างไว้ 3 ระดับ ดังนั้น หากต้องการนำระบบฐานข้อมูลนี้ไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมอื่นๆ ต้องพิจารณาว่าจำนวนชั้นของอุตสาหกรรมมากกว่า 3 ระดับหรือไม่ ซึ่งในส่วนจำนวนอุตสาหกรรมในแต่ละระดับนั้น สามารถเพิ่มได้ไม่จำกัด

### 6.3 ข้อเสนอแนะ

1. ภาครัฐจะต้องให้ความสำคัญกับการจัดเก็บข้อมูลเชิงสถิติในระดับประเทศ โดยกำหนดเป็นนโยบายลงสู่การปฏิบัติอย่างชัดเจน มีการติดตามตรวจสอบและประเมินผลอย่างจริงจัง เช่น การจัดตั้งหน่วยงานหรือศูนย์ข้อมูลกลางระดับชาติ การออกข้อกำหนดที่ชัดเจนสำหรับการจัดส่งข้อมูล รวมทั้งการรณรงค์ให้ผู้ประกอบการมองเห็นประโยชน์และความสำคัญของการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงสถิติ
2. การวิเคราะห์การบริโภคพลังงานโดยอ้างอิงจากดัชนีราคานั้น ในกรณีที่มีข้อมูลพร้อมควรทำการวิเคราะห์อ้างอิงตามมูลค่าของผลิตภัณฑ์ด้วย เพื่อให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าของเงินในแต่ละปี
3. เนื่องจากอุตสาหกรรมอโลหะ เป็นอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกเป็นจำนวนมาก เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) ที่เกิดจากกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ การปล่อยออกสารประกอบไนโตรเจนออกไซด์ ( $\text{NO}_x$ ) จากกระบวนการหลอมแก้ว ดังนั้น หากมีข้อมูลเพียงพอ จึงควรมีการวิเคราะห์ปัจจัยการปล่อยออกก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมอโลหะเพิ่มขึ้น
4. สำหรับนักพัฒนาระบบฐานข้อมูล อาจนำระบบฐานข้อมูลนี้ไปเป็นตัวอย่างในการพัฒนาระบบการวิเคราะห์หาปัจจัยการเปลี่ยนแปลงการบริโภคพลังงานที่มีความยืดหยุ่นมากขึ้น กล่าวคือสามารถทำการเพิ่ม/ลด ระดับของโครงสร้างการผลิตและจำนวนอุตสาหกรรมได้อย่างไม่จำกัด เพื่อให้สามารถวิเคราะห์อุตสาหกรรม/โรงงานที่มีโครงสร้างการผลิตหลากหลายและซับซ้อนได้ รวมทั้งอาจนำส่วนการคำนวณในโปรแกรม ไปประยุกต์ใช้กับฐานข้อมูลหลักของหน่วยงาน/โรงงานนั้นๆ เพื่อลดขั้นตอนการป้อนข้อมูลซ้ำซ้อนที่จะเกิดขึ้น

ตารางที่ 6.4 ผลการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน ความเข้มพลังงาน และความยืดหยุ่นพลังงานของอุตสาหกรรมอโลหะพ.ศ. 2546-2547

อุตสาหกรรม	การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยเชิงพลังงาน พ.ศ. 2546-2547		
	การเปลี่ยนแปลงปริมาณการบริโภคพลังงาน	การวิเคราะห์ค่าความเข้มพลังงาน	การวิเคราะห์ค่าความยืดหยุ่นพลังงาน
ปูนซีเมนต์	เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับการผลิตที่เพิ่มขึ้น	-	เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับการผลิตและจากการที่ค่าความยืดหยุ่นน้อยกว่า 1 แสดงว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณการบริโภคพลังงานมีแนวโน้มลดลง เมื่อเทียบกับอัตราการเปลี่ยนแปลงการผลิต
แก้วและกระจก	เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับการผลิตที่เพิ่มขึ้น	เกิดจากการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มพลังงานของกลุ่มพลังงาน โดยค่าความเข้มพลังงานปี 2547 ลดลงจากปี 2546	เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับการผลิตและจากการที่ค่าความยืดหยุ่นน้อยกว่า 1 แสดงว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณการบริโภคพลังงานมีแนวโน้มลดลง เมื่อเทียบกับอัตราการเปลี่ยนแปลงการผลิต
เซรามิก	เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับการผลิตที่เพิ่มขึ้น	เกิดจากการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มพลังงานของกลุ่มพลังงาน โดยค่าความเข้มพลังงานปี 2547 ลดลงจากปี 2546	เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับการผลิตและจากการที่ค่าความยืดหยุ่นน้อยกว่า 1 แสดงว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณการบริโภคพลังงานมีแนวโน้มลดลง เมื่อเทียบกับอัตราการเปลี่ยนแปลงการผลิต
อโลหะ	เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับการผลิตที่เพิ่มขึ้น	เกิดจากการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มพลังงานของกลุ่มพลังงาน โดยค่าความเข้มพลังงานปี 2547 ลดลงจากปี 2546	เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับการผลิตและจากการที่ค่าความยืดหยุ่นน้อยกว่า 1 แสดงว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณการบริโภคพลังงานมีแนวโน้มลดลง เมื่อเทียบกับอัตราการเปลี่ยนแปลงการผลิต

ตารางที่ 6.5 ผลการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน ความเข้มพลังงาน และความยืดหยุ่นพลังงานของอุตสาหกรรมอโลหะ พ.ศ. 2547-2548

อุตสาหกรรม	การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยเชิงพลังงาน พ.ศ. 2546-2547		
	การเปลี่ยนแปลงปริมาณการบริโภคพลังงาน	การวิเคราะห์ค่าความเข้มพลังงาน	การวิเคราะห์ค่าความยืดหยุ่นพลังงาน
ปูนซีเมนต์	เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับการผลิตที่เพิ่มขึ้น	-	เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับการผลิตและจากการที่ค่าความยืดหยุ่นน้อยกว่า 1 แสดงว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณการบริโภคพลังงานมีแนวโน้มลดลง เมื่อเทียบกับอัตราการเปลี่ยนแปลงการผลิต
แก้วและกระจก	เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับการผลิตที่เพิ่มขึ้น	เกิดจากการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มพลังงานของกลุ่มพลังงาน โดยค่าความเข้มพลังงานปี 2548 เพิ่มขึ้นจากปี 2547	เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับการผลิตและจากการที่ค่าความยืดหยุ่นน้อยกว่า 1 แสดงว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณการบริโภคพลังงานมีแนวโน้มลดลง เมื่อเทียบกับอัตราการเปลี่ยนแปลงการผลิต
เซรามิก	เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับการผลิตที่เพิ่มขึ้น	เกิดจากการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มพลังงานของกลุ่มพลังงาน โดยค่าความเข้มพลังงานปี 2548 เพิ่มขึ้นจากปี 2547	เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับการผลิตและจากการที่ค่าความยืดหยุ่นมากกว่า 1 แสดงว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณการบริโภคพลังงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับอัตราการเปลี่ยนแปลงการผลิต
อโลหะ	เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับการผลิตที่เพิ่มขึ้น	เกิดจากการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มพลังงานของกลุ่มพลังงาน โดยค่าความเข้มพลังงานปี 2548 เพิ่มขึ้นจากปี 2547	เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับการผลิตและจากการที่ค่าความยืดหยุ่นมากกว่า 1 แสดงว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณการบริโภคพลังงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับอัตราการเปลี่ยนแปลงการผลิต

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. ข้อเสนอแนะการอนุรักษ์พลังงานตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 สำหรับอาคารควบคุมและโรงงานควบคุม, 2548.
- คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติก, 2549.
- คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมอโลหะ, 2550.
- นฤมล กิตติสุนทรวงศ์. การจัดการระบบสารสนเทศสำหรับการวิเคราะห์การใช้พลังงาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.
- พิศิษฐ์ จารุณีโรจน์. การศึกษาประสิทธิภาพพลังงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอส่วนต้นน้ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.
- ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. เอกสารสัมมนา โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมและอาคารต่างๆ (SEC) (อุตสาหกรรมอโลหะ), 2549.
- ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ และมานิจ ทองประเสริฐ. การวิเคราะห์การบริโภคพลังงานในอุตสาหกรรม. วิศวกรรมสาร, 59, 2 (มีนาคม เมษายน 2549) : 52-58.

### ภาษาอังกฤษ

- Arjaree Ussanarassameea, Subhes C. Bhattacharyya. Changes in energy demand in Thai industry between 1981 and 2000. Energy 30 (2005): 1845–1857.
- Albrecht J., Francois D. and Schoors K. A Shapley decomposition of carbon emissions without residuals. Energy Policy 30, 9 (2002): 727–736.
- Ang B. W., Lee P.W. Decomposition of industrial energy consumption: The energy coefficient approach. Energy Economics 18 (1996): 129-135.
- Ang B. W., Zhang F. Q. and Ki-Hong Choi. Factorizing changes in energy and environmental indicators through decomposition. Energy 23, 6 (1998): 489–495.
- Ang B.W., Zhang F.Q. A survey of index decomposition analysis in energy and environmental studies. Energy 25 (2000): 1149–1176.



- Ang B.W., Liu F.L., Chung H.S. Index numbers and the Fisher ideal index approach in energy decomposition analysis. Department of Industrial and Systems Engineering, National University of Singapore, Singapore, 2002.
- Ang B.W., Liu F.L., Chew E.P. Perfect decomposition techniques in energy and environmental analysis. Energy Policy 31 (2003): 1561–1566.
- Ang B.W. Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method? Energy Policy 32 (2003): 1131–1139.
- Ang B.W. The LMDI approach to decomposition analysis: a practical guide. Energy Policy 33 (2005): 867–871.
- Boyd G.A., Hanson D.A. and Sterner T. Decomposition of changes in energy intensity—a comparison of the Divisia index and other methods. Energy Economics 10,4 (1998): 309–312.
- Boyd G., McDonald J.F., Ross M. and Hanson D.A. Separating the changing composition of US manufacturing production from energy efficiency improvements: a Divisia index approach. Energy Journal 8, 2 (1998): 77–96.
- Claudia Sheinbaum and Leticia Ozawa. Energy use and CO<sub>2</sub> emissions for Mexico's cement industry. Energy 23, 9 (1997): 725–732.
- Emmanouil Hatzigeorgiou, Heracles Polatidis, Dias Haralambopoulos. CO<sub>2</sub> emissions in Greece for 1990–2002: A decomposition analysis and comparison of results using the Arithmetic Mean Divisia Index and Logarithmic Mean Divisia Index techniques. Energy 33 (2008): 492–499.
- Fisher I. The Making of Index Numbers. Boston, MA. Houghton Mifflin. 1972.
- Liu F.L., Ang B.W. Eight methods for decomposing the aggregate energy-intensity of industry. Applied Energy 76 (2003): 15–23.
- Montgomery, J.K. The Mathematical Problem of the Price Index. P.S. King&Son. 1937.
- Sato K. The ideal log-change index number. The Review of Economics and Statistics 85, 3 (1976): 223–8.
- Subhes C. Bhattacharyya, Arjaree Ussanarassameea. Changes in energy demand in Thai industry between 1981 and 2000. Energy Policy 33 (2005): 995–1002.
- Sun J.W. Changes in energy consumption and energy intensity: a complete decomposition model. Energy Economics 20, 1 (1998): 85–100.

Törnqvist L., Vartia P. and Vartia Y.. How should relative changes be measured? The American Statistician 39, 1 (1985): 43–46.

Vartia Y. Relative changes and economic indices. Licentiate thesis [in Finnish], Department of Statistics, University of Helsinki. 1974.



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

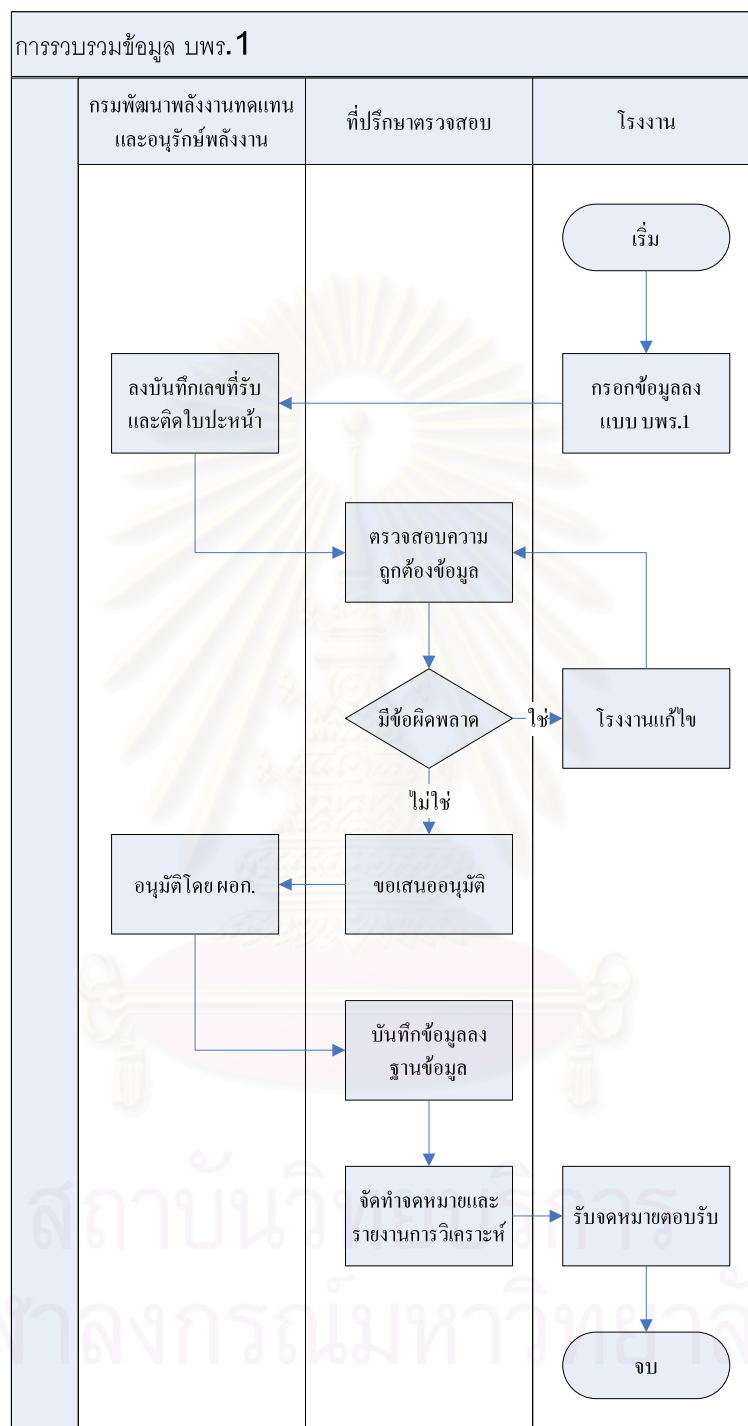
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก

รายละเอียดเพิ่มเติมของการรวบรวมข้อมูล บพร.1

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลพลังงาน (บพร. 1) สามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ([www.dede.go.th](http://www.dede.go.th))

บพ. ๑

**แบบส่งข้อมูลการผลิต การใช้พลังงานและการอนุรักษ์พลังงาน**  
**(สำหรับโรงงานควบคุม)**

ประจำเดือน \_\_\_\_\_ พ.ศ. \_\_\_\_\_ ถึงเดือน \_\_\_\_\_ พ.ศ. \_\_\_\_\_

**ส่วนที่ ๑ ข้อมูลทั่วไป**

๑.๑ ชื่อโรงงาน \_\_\_\_\_ (ถ้ามี)

๑.๒ ที่ตั้งโรงงาน

เลขที่ \_\_\_\_\_ ซอย \_\_\_\_\_ ถนน \_\_\_\_\_ ตำบล \_\_\_\_\_

อำเภอ \_\_\_\_\_ จังหวัด \_\_\_\_\_ รหัสไปรษณีย์ \_\_\_\_\_

โทรศัพท์ \_\_\_\_\_ โทรสาร \_\_\_\_\_

๑.๓ ที่ตั้งสำนักงาน

เลขที่ \_\_\_\_\_ ซอย \_\_\_\_\_ ถนน \_\_\_\_\_ ตำบล \_\_\_\_\_

อำเภอ \_\_\_\_\_ จังหวัด \_\_\_\_\_ รหัสไปรษณีย์ \_\_\_\_\_

โทรศัพท์ \_\_\_\_\_ โทรสาร \_\_\_\_\_

๑.๔ ประเภทอุตสาหกรรม

- อาหาร                       สิ่งทอ                       ไม้                       กระดาษ
- เคมี                               อโลหะ                       โลหะ                       ผลิตภัณฑ์จากโลหะ
- อื่นๆ(ระบุ) \_\_\_\_\_

๑.๕ โรงงานเริ่มดำเนินการผลิตเมื่อเดือน \_\_\_\_\_ พ.ศ. \_\_\_\_\_

๑.๖ เวลาทำงานปกติของโรงงาน

- 8 ชั่วโมง                       16 ชั่วโมง                       24 ชั่วโมง
- อื่นๆ(ระบุ) \_\_\_\_\_ ชั่วโมง

๑.๗ โรงงานดำเนินการผลิต

\_\_\_\_\_ วันต่อเดือน

\_\_\_\_\_ วันต่อปี

\_\_\_\_\_ ชั่วโมงต่อปี

๑.๘ ในกรณีที่ไม่ได้ดำเนินการผลิตต่อเนื่องตลอดทั้งปี โปรดระบุเดือนที่ทำการผลิตจริง

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

ส่วนที่ ๒ ข้อมูลการผลิต

(๑) ผลผลิตหลัก						
(๒) วัตถุดิบหลัก						
(๓) เดือนที่ผลิต	เดือนที่ ๑	เดือนที่ ๒	เดือนที่ ๓	เดือนที่ ๔	เดือนที่ ๕	เดือนที่ ๖
(๔) หน่วยผลผลิต						
(๕) ปริมาณผลผลิต						
(๖) กำลังการผลิตติดตั้ง						
(๗) ชั่วโมงการทำงาน						

ส่วนที่ ๓ ข้อมูลการใช้พลังงาน

๓.๑ การใช้พลังงาน การซื้อใช้พลังงาน ( ) ผลิตภายใน ( ) ผลิต TOB ( ) ผลิต TOU

(๑) รหัสพลังงานที่ใช้	(๒) หน่วย	(๓) ปริมาณการใช้พลังงาน						(๓.๒) ปริมาณการใช้รวม	(๔) ค่ารวมเดือนเฉลี่ย <sup>๒</sup> (ผลคูณค่าหน่วย)	(๕) ปริมาณรวมเดือนรวม $\left[ \frac{(๓.๒) \times (๔)}{๓.๑} \right]$
		๑.1 ผลิตภายใน	๑.2 ผลิต TOB	๑.3 ผลิต TOU	๑.4 ผลิต TOB	๑.5 ผลิต TOU	๑.6 ผลิต TOB			
๑. พลังความร้อน	พันกิโลวัตต์-ชั่วโมง							3,600		
ผลิตโดยผู้ผลิต										
TOB	TOU									
On Peak <sup>๑</sup>	Off Peak	กิโลวัตต์								
Partial Peak	Off Peak	กิโลวัตต์								
Off Peak	Off Peak	กิโลวัตต์								
๒. น้ำมันเตา	ตัน									
๓. น้ำมันดีเซล	ตัน									
๔. น้ำมันเบนซิน	ตัน									
๕. น้ำมันก๊าซ	ตัน									
๖. ก๊าซปิโตรเลียมเหลว	ตัน									
๗. ก๊าซธรรมชาติ	ตัน									
๘. อากาศอัด	ตัน									
๙. อากาศอัด	ตัน									
๑๐. อื่นๆ (ระบุ)	หน่วย (ระบุ)									
รวมการใช้พลังงานทั้งหมด										

หมายเหตุ : <sup>๑</sup> ในกรณีค่าที่ซื้อจากบริษัทที่กรอกค่ารวมคือค่ารวมของ On Peak

<sup>๒</sup> ในกรณีไม่มีค่ารวมเดือนของผู้ใช้หน่วย ให้ใช้ค่ารวมเดือนเฉลี่ยต่อปี

- น้ำมันเตา (A) = 37,990 เมกะจูล/หน่วย      - น้ำมันเบนซิน = 31,480 เมกะจูล/หน่วย      - ไม้ฟืน = 15.99 เมกะจูล/กิโลกรัม      - ขนสัตว์ = ๑7.33 เมกะจูล/กิโลกรัม  
 - น้ำมันเตา (B) = 38,770 เมกะจูล/หน่วย      - น้ำมันก๊าซ = 37,450 เมกะจูล/หน่วย      - ถ่าน = 28.88 เมกะจูล/กิโลกรัม      - ขยะ = ๑4.56 เมกะจูล/กิโลกรัม  
 - น้ำมันดีเซล = 36,420 เมกะจูล/หน่วย      - ก๊าซปิโตรเลียมเหลว = 50,220 เมกะจูล/หน่วย      - แกลบ = 14.40 เมกะจูล/กิโลกรัม      - ชีวชีวมวล = 10.88 เมกะจูล/กิโลกรัม  
 - ข้อมูลคำนวณโดยมูลนิธิวิจัยพลังงานทดแทน      - ข้อมูลจากกรมพลังงาน = 12.68 เมกะจูล/กิโลกรัม

บท. ๑

๓.๒ การใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า

[ ] สถิติกระแสไฟฟ้าอย่างเดียว

[ ] สถิติกระแสไฟฟ้าและความร้อนร่วม

(๑) เดือน / พ.ศ.	(๒) กำลังผลิตติดตั้ง (กิโลวัตต์)	(๓) ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงหลัก			(๔) ชั่วโมงการเดินเครื่อง (ชั่วโมง)	(๕) ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (พันกิโลวัตต์ - ชั่วโมง)		(๖) ปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้ (ตันเทียบเท่า)	
		ชนิด	ปริมาณ	หน่วย		สำหรับใช้เอง	สำหรับขาย	สำหรับใช้เอง	สำหรับขาย

บท. ๑

ส่วนที่ ๔ ข้อมูลการอนุรักษ์พลังงาน

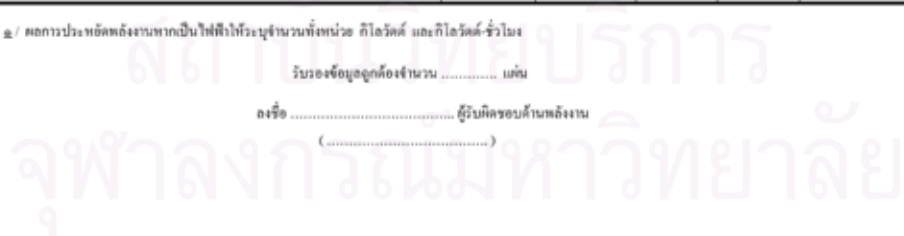
(๑) ลำดับที่	(๒) หมวดการอนุรักษ์พลังงาน	(๓) ระยะเวลาดำเนินการ		(๔) เงินลงทุน	(๕) ผลการประหยัดพลังงาน			(๖) หมายเหตุ
		เริ่ม (เดือน/พ.ศ.)	แล้วเสร็จ (เดือน/พ.ศ.)		ชนิดพลังงาน	จำนวน ๑/ (หน่วย)	มูลค่า (บาท)	
	รวม							

๕/ ผลการประหยัดพลังงานหากเป็นไฟฟ้าให้ระบุจำนวนที่หน่วย กิโลวัตต์ และกิโลวัตต์-ชั่วโมง


รับรองข้อมูลถูกต้องจำนวน ..... เม็ด

ลงชื่อ ..... ผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน

(.....)







ภาคผนวก ข

ข้อมูลการผลิตและปริมาณพลังงานที่ใช้ของโรงงานอุตสาหกรรมตัวอย่าง

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลการใช้พลังงานและปริมาณการผลิตของโรงงานตัวอย่างอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ในช่วงปี พ.ศ. 2546 – 2548

ลำดับ	ชื่อ	พ.ศ. 2546		พ.ศ. 2547		พ.ศ. 2548	
		ปริมาณการผลิต ตัน/ปี	SEC,total GJ/ตัน	ปริมาณการผลิต ตัน/ปี	SEC,total GJ/ตัน	ปริมาณการผลิต ตัน/ปี	SEC,total GJ/ตัน
1	โรงงานปูนซีเมนต์ 1	5,248,287.00	4.46	5,463,594.00	4.47	5,598,482.00	4.34
2	โรงงานปูนซีเมนต์ 2	5,259,085.00	4.20	1,009,985.19	0.86	3,756,537.00	3.91
3	โรงงานปูนซีเมนต์ 3	8,209,660.00	4.01	8,045,849.00	3.99	7,993,282.00	3.87
4	โรงงานปูนซีเมนต์ 4	506,046.00	4.49	589,189.00	5.17	599,114.00	4.15
5	โรงงานปูนซีเมนต์ 5	525,151.00	4.89	618,380.00	4.71	570,238.00	4.50
6	โรงงานปูนซีเมนต์ 6	746,306.00	4.63	536,492.85	6.81	788,272.00	4.83
7	โรงงานปูนซีเมนต์ 7	1,045,888.00	3.33	1,101,467.00	3.19	1,385,243.00	3.54

ที่มา : โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมอโลหะ, 2550

ตารางที่ ข.2 ข้อมูลการใช้พลังงานและปริมาณการผลิตของโรงงานตัวอย่างอุตสาหกรรมแก้วและกระจกในช่วงปี พ.ศ. 2546 – 2548

ลำดับ	ชื่อ	พ.ศ. 2546		พ.ศ. 2547		พ.ศ. 2548	
		ปริมาณการผลิต ตัน/ปี	SEC,total GJ/ตัน	ปริมาณการผลิต ตัน/ปี	SEC,total GJ/ตัน	ปริมาณการผลิต ตัน/ปี	SEC,total GJ/ตัน
<b>กระจกแผ่น</b>							
1	โรงงานกระจกแผ่น 1	125,615.00	12.76	120,938.00	13.38	115,858.00	13.86
2	โรงงานกระจกแผ่น 2	222,936.96	9.44	225,465.96	9.60	226,124.04	9.76
<b>ขวดแก้ว</b>							
3	โรงงานขวดแก้ว 1	322,194.00	9.04	386,937.00	7.71	266,060.00	7.63
4	โรงงานขวดแก้ว 2	252,300.00	11.40	309,452.00	10.32	301,905.00	10.15
5	โรงงานขวดแก้ว 3	237,000.00	8.15	242,926.00	7.67	312,245.00	7.62
6	โรงงานขวดแก้ว 4	199,665.00	6.83	197,660.22	7.03	194,817.00	7.29
7	โรงงานขวดแก้ว 5	171,622.81	6.67	175,779.48	8.16	269,893.92	7.50
<b>เครื่องแก้ว</b>							
8	โรงงานเครื่องแก้ว 1	28,085.00	23.45	32,466.60	17.42	29,218.32	27.94
9	โรงงานเครื่องแก้ว 2	5,074.25	24.91	9,198.48	21.26	11,537.40	19.34
10	โรงงานเครื่องแก้ว 3	22,719.96	23.22	20,678.04	23.64	21,795.96	22.67
11	โรงงานเครื่องแก้ว 4	25,782.91	14.06	25,782.91	14.06	25,782.91	14.06

ที่มา : โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมอโลหะ, 2550

ตารางที่ ข.3 ข้อมูลการใช้พลังงานและปริมาณการผลิตของโรงงานตัวอย่างอุตสาหกรรมเซรามิกในช่วงปี พ.ศ. 2546 – 2548

ลำดับ	ชื่อ	พ.ศ. 2546		พ.ศ. 2547		พ.ศ. 2548	
		ปริมาณการผลิต ตัน/ปี	SEC,total GJ/ตัน	ปริมาณการผลิต ตัน/ปี	SEC,total GJ/ตัน	ปริมาณการผลิต ตัน/ปี	SEC,total GJ/ตัน
<b>เครื่องสูบก๊าซ</b>							
1	โรงงานสูบก๊าซ 1	3,175.68	28.53	3,251.16	29.46	3,615.12	26.63
2	โรงงานสูบก๊าซ 2	6,631.50	23.16	7,481.14	21.45	6,845.05	23.48
3	โรงงานสูบก๊าซ 3	5,706.96	15.84	6,098.35	16.66	8,568.17	15.11
<b>เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร</b>							
4	โรงงานเครื่องใช้ 1	1,637.61	48.67	1,787.13	51.25	1,765.90	36.65
5	โรงงานเครื่องใช้ 2	5,858.42	61.89	8,199.12	45.53	7,505.52	56.69
6	โรงงานเครื่องใช้ 3	969.55	33.90	795.36	38.43	1,002.26	36.25
<b>กระเบื้องปูพื้น</b>							
7	โรงงานกระเบื้อง 1	13,734.16	10.51	11,360.77	11.63	10,191.22	11.59
8	โรงงานกระเบื้อง 2	304,690.44	6.26	457,952.40	5.39	468,630.60	5.84
<b>ลูกถ้วยไฟฟ้า</b>							
9	โรงงานลูกถ้วยไฟฟ้า 1	4,747.69	25.36	4,066.78	27.22	4,747.69	25.36
10	โรงงานลูกถ้วยไฟฟ้า 2	1,938.00	36.61	2,778.22	32.79	1,938.00	36.61
11	โรงงานลูกถ้วยไฟฟ้า 3	466.66	27.26	632.90	26.41	466.66	27.26

ที่มา : โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมโมลโหะ, 2550

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก

ข้อมูลเศรษฐศาสตร์ของอุตสาหกรรมโลหะ

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 แสดงปริมาณและมูลค่าการส่งออกปูนเม็ดและซีเมนต์

ผลิตภัณฑ์	ปี 2545		ปี 2546		ปี 2547	
	ปริมาณ (ล้านตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)	ปริมาณ (ล้านตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)	ปริมาณ (ล้านตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)
ปูนเม็ด	9.27	7,005.21	7.22	6,127.24	7.23	6,103.03
อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)			-22.11	-12.53	0.14	0.40
ซีเมนต์ไม่รวมปูนเม็ด	6.97	7,736.93	4.99	6,459.44	4.84	6,514.50
อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)			-28.41	-16.51	-3.01	0.85
รวม	16.24	14,742.14	12.21	12,586.68	12.07	12,617.53
อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)			-24.82	-14.62	-1.15	0.25

ที่มา : ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์

หมายเหตุ : ปี 2547 เป็นตัวเลขประมาณการ

ตารางที่ ก.2 แสดงปริมาณการผลิตและปริมาณการจำหน่ายปูนซีเมนต์ระหว่างปี พ.ศ. 2534 – 2548

ปี	ปริมาณผลิต	ปริมาณการจำหน่าย
	ปูนซีเมนต์ (1,000 ตัน)	ปูนซีเมนต์ (1,000 ตัน)
2534	19,164	22,147
2535	21,711	22,751
2536	26,300	25,893
2537	29,929	28,888
2538	34,051	33,067
2539	38,739	37,091
2540	37,136	36,026
2541	22,836	20,667
2542	25,356	18,768
2543	25,499	18,020
2544	27,913	19,048
2545	31,679	23,020
2546	32,530	24,227
2547	35,626	27,191
2548	37,872	28,966

ที่มา : 1) ธนาคารแห่งประเทศไทย  
 (2) กองน้ำมันเชื้อเพลิง กระทรวงพาณิชย์  
 (3) สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

ตารางที่ ก.3 แสดงปริมาณและมูลค่าการนำเข้าปูนเม็ดและซีเมนต์

ผลิตภัณฑ์	ปี 2545		ปี 2546		ปี 2547	
	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)
ปูนเม็ด	3,029.35	9.26	29.66	0.39	79.58	1.55
อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)			-99.02	-95.79	168.31	297.44
ซีเมนต์ไม่รวมปูนเม็ด	3,456.86	67.97	4,028.79	75.16	13,270.25	124.01
อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)			16.54	10.58	229.39	64.99
รวม	6,486.21	77.23	4,058.45	75.55	13,349.83	125.56
อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)			-37.43	-2.18	228.94	66.19

ที่มา : ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์

หมายเหตุ : ปี 2547 เป็นตัวเลขประมาณการ

ตารางที่ ก.4 แสดงการผลิตและจำหน่ายเซรามิกในประเทศ

ผลิตภัณฑ์	ปี 2544	ปี 2545	ปี 2546	ปี 2547
การผลิต				
กระเบื้องปูพื้น นูมิ่ง (ตารางเมตร)	84,849,270	99,183,308	120,193,952	142,161,694
อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)		16.89	21.18	18.28
เครื่องสุขภัณฑ์ (ชิ้น)	6,140,166	6,101,861	7,307,788	7,793,916
อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)		-0.62	19.76	6.65
การจำหน่าย				
กระเบื้องปูพื้น นูมิ่ง (ตารางเมตร)	94,224,903	113,403,682	139,471,329	151,627,003
อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)		20.35	22.99	8.72
เครื่องสุขภัณฑ์ (ชิ้น)	2,583,497	3,054,458	3,623,116	4,357,702
อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)		18.23	18.62	20.27

ที่มา : ศูนย์สารสนเทศเศรษฐกิจอุตสาหกรรม สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม

หมายเหตุ : 1. จากการสำรวจโรงงานกระเบื้องปูพื้น นูมิ่ง จำนวน 12 โรงงาน เครื่องสุขภัณฑ์ จำนวน 6 โรงงาน

2. ปี 2547 เป็นตัวเลขประมาณการ

ตารางที่ ก.5 แสดงมูลค่าการนำเข้า ส่งออกผลิตภัณฑ์เซรามิก

มูลค่า : ล้านเหรียญสหรัฐฯ

ผลิตภัณฑ์	ปี 2544	ปี 2545	ปี 2546	ปี 2547
นำเข้าผลิตภัณฑ์เซรามิก	105.8	121.1	155.1	219.6
อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)		14.46	28.08	41.59
ส่งออกผลิตภัณฑ์เซรามิก	464.5	486.6	524.5	540.3
อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)		4.76	7.79	3.01
- กระเบื้องปูพื้น มุผนัง	52.8	39.7	69.7	87.1
อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)		32.01	0.00	24.96
- เครื่องสุขภัณฑ์	82.3	76.4	100.5	93.9
อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)		-7.17	31.54	-6.57
- เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร	145.5	168.5	188.7	188.7
อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)		15.81	11.99	0.00
- ของชำร่วย เครื่องประดับ	28.8	34.9	35.7	31.2
อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)		21.18	2.29	-12.61
- ลูกถ้วยไฟฟ้า	11.3	11.8	18.7	18.2
อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)		4.42	58.47	-2.67
- ผลิตภัณฑ์เซรามิกอื่น ๆ	143.8	125.3	111.2	121.2
อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)		-12.87	-11.25	8.99

ที่มา : ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์

หมายเหตุ : ปี 2547 เป็นตัวเลขประมาณการ

ตารางที่ ก.6 มูลค่านำเข้าเครื่องสุขภัณฑ์เซรามิกของไทย (HS 6910) ปี พ.ศ. 2538 – 2542

ปี พ.ศ.	2538	2539	2540	2541	2542
มูลค่านำเข้า (ล้านบาท)	10.87	12.52	14.65	11.16	12.56
การเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)		15.20	17.01	-23.80	12.50

ที่มา : กรมศุลกากร

ตารางที่ ก.7 ปริมาณและมูลค่าจำหน่ายเครื่องสุขภัณฑ์ในปี พ.ศ. 2541 – 2543

ตลาดในปี พ.ศ.	ในประเทศ <sup>1</sup>			ส่งออก <sup>2</sup>			
	ปริมาณ (ตัน)	การเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)	มูลค่า (ล้านบาท)	ปริมาณ* (ตัน)	การเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)	มูลค่า** (ล้านบาท)	มูลค่า** (ล้านเหรียญสหรัฐฯ)
2541	27,300		1,390.7	37,800		2,397.5	59.1
2542	18,200	-33.3	755.9	50,400	33.3	2,896.7	76.4
2543	20,700	14.0	1,298.4	61,900	22.7	3,446.8	87.1

ที่มา<sup>1</sup> : สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (หมายเหตุ: จากข้อมูลของผู้ผลิต 7 ราย)ที่มา<sup>2</sup> : สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน และกรมเศรษฐกิจการพาณิชย์

หมายเหตุ : \* เฉพาะจากฐานข้อมูลผู้ผลิต 7 ราย

\*\* เป็นข้อมูลรวมของทั้งประเทศ

ตารางที่ ค.8 ปริมาณและมูลค่าจำหน่ายกระเบื้องเซรามิกในปี พ.ศ. 2541 - 2543

ตลาดในปี พ.ศ.	ในประเทศ <sup>1</sup>			ส่งออก <sup>2</sup>			
	ปริมาณ (ล้าน ตร.ม.)	การเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)	มูลค่า (ล้านบาท)	ปริมาณ* (ล้าน ตร.ม.)	การเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)	มูลค่า** (ล้านบาท)	มูลค่า** (ล้านเหรียญสหรัฐฯ)
2541	29.3		3,117.9	7.7		1,427.4	35.2
2542	37.3	27.2	4,230.3	9.1	18.8	1,802.1	47.6
2543	44.6	19.4	6,444.5	11.6	28.1	2,078.0	52.6

ที่มา<sup>1</sup> : สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (หมายเหตุ : จากข้อมูลของผู้ผลิต 7 ราย)

ที่มา<sup>2</sup> : สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน และกรมเศรษฐกิจการพาณิชย์

หมายเหตุ : \* เฉพาะจากฐานข้อมูลผู้ผลิต 6 ราย

\*\* เป็นข้อมูลรวมของทั้งประเทศ

ตารางที่ ค.9 มูลค่าส่งออกลูกถ้วยไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2541 – 2543

	พ.ศ. 2541	พ.ศ. 2542	พ.ศ. 2543
- หน่วย (ล้านบาท)	425.8	352.8	639.4
- การเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)	-15.0	-17.1	81.2
- หน่วย (ล้านเหรียญสหรัฐฯ)	10.2	9.3	15.9
- การเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)	-38.6	-8.8	71.0

ที่มา : กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์

ตารางที่ ค.10 ปริมาณและมูลค่าจำหน่ายผลิตภัณฑ์เซรามิก ประเภทเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร

ตลาด	พ.ศ. 2540	พ.ศ. 2541	พ.ศ. 2542
<b>ในประเทศ</b>			
ปริมาณ (ตัน)	33,000	28,000	24,000
การเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)		-15.2	-14.3
มูลค่า (ล้านบาท)	1,600	1,260	1,130
<b>ส่งออก</b>			
ปริมาณ (ตัน)	80,400	95,000	98,000
การเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)		18.2	3.2
มูลค่า (ล้านบาท)	3,757	5,151	5,058
<b>รวม</b>			
ปริมาณ (ตัน)	113,400	123,000	122,000
การเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)		8.5	-0.8
มูลค่า (ล้านบาท)	5,357	6,411	6,188

ที่มา : ผู้ผลิต สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย คณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนและกรมเศรษฐกิจการพาณิชย์



ตารางที่ ค.11 มูลค่าการส่งออกของข้าวและเครื่องประดับในปี พ.ศ. 2538 – 2543

(หน่วย: ล้านดอลลาร์สหรัฐ)

ประเทศ	พ.ศ. 2538	พ.ศ. 2539	พ.ศ. 2540	พ.ศ. 2541	พ.ศ. 2542	พ.ศ. 2543
1. สหรัฐอเมริกา	31.1	32.6	36.2	26.4	22.5	24.5
การเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)		4.8	11.0	-27.1	-14.8	8.9
2. เยอรมนี	7.9	6.4	3.0	3.0	4.5	4.8
การเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)		-19.0	-53.1	0.0	50.0	6.7
3. ญี่ปุ่น	4.5	4.5	3.3	2.4	1.8	4.5
การเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)		0.0	-26.7	-27.3	-25.0	150.0
4. สหราชอาณาจักร	1.2	1.2	1.7	1.4	1.6	2.0
การเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)		0.0	41.7	-17.6	14.3	25.0
5. แคนาดา	0.7	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7
การเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)		-42.9	0.0	0.0	25.0	40.0
รวม 5 ประเทศ	45.4	45.1	44.6	33.6	30.9	36.5
การเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)		-0.7	-1.1	-24.7	-8.0	18.1
อื่น ๆ	7.3	5.0	5.3	5.1	4.2	4.5
การเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)		-31.5	6.0	-3.8	-17.6	7.1
มูลค่ารวม	52.7	50.1	49.9	38.7	35.1	41.0
การเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)		-4.9	-0.4	-22.4	-9.3	16.8

ที่มา : กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์

ตารางที่ ค.12 แสดงอุปสงค์และอุปทานกระจกภายในประเทศ ระหว่าง พ.ศ. 2538 –2543

ปี พ.ศ.	อุปสงค์		อุปทาน		
	ปริมาณ (ตัน)	อัตราการเติบโต (ร้อยละ)	ปริมาณการผลิต (ตัน)	นำเข้า (ตัน)	รวม (ตัน)
2538	320,625	14.0	537,750	53,190	590,940
2539	345,825	7.9	537,750	75,195	612,945
2540	302,355	-12.6	655,740	51,750	707,490
2541	187,425	-38.0	823,905	20,790	844,695
2542	208,575	11.3	641,385	30,825	672,210
2543	215,370	3.3	641,385	28,710	670,095

ที่มา : บริษัท กระจกไทย – อาซาฮี จำกัด (มหาชน)

ตารางที่ ก.13 มูลค่าการส่งออกแก้วและกระจกของไทยไปยังตลาดโลก

ประเภทผลิตภัณฑ์		พ.ศ. 2539	พ.ศ. 2540	พ.ศ. 2541	พ.ศ. 2542	พ.ศ. 2543	พ.ศ. 2544
1. โฟลตกลาสและแก้วที่ขัดผิว	มูลค่า (ล้านบาท)	872.5	1,054.6	1,702	2,062.5	3,524.1	3,828.2
	% การเปลี่ยนแปลง		20.9	61.4	21.2	70.9	8.6
	สัดส่วน (ร้อยละ)	16.4	18.3	22.6	26.3	30.0	33.4
2. กระจาปะแก้วและส่วนประกอบใช้ทำหลอดไฟฟ้า	มูลค่า (ล้านบาท)	2,233.9	1,891.7	2,513.6	2,016.6	2,355.8	1,357.4
	% การเปลี่ยนแปลง		-15.3	32.9	-19.8	16.8	-42.4
	สัดส่วน (ร้อยละ)	42.1	32.8	33.3	25.7	20.0	11.8
3. เครื่องใช้บนโต๊ะอาหารที่ทำด้วยแก้ว	มูลค่า (ล้านบาท)	866.6	1,138.3	1,325	1,362.5	1,839.8	1,714.5
	% การเปลี่ยนแปลง		31.4	16.4	2.8	35.0	-6.8
	สัดส่วน (ร้อยละ)	16.3	19.7	17.6	17.4	15.6	15.0
4. กระจกนิรภัยและกระจกรถยนต์	มูลค่า (ล้านบาท)	449.8	526.9	684.6	1,102.1	1,597.0	1,616.3
	% การเปลี่ยนแปลง		17.1	29.9	61.0	44.9	1.2
	สัดส่วน (ร้อยละ)	8.5	9.1	9.1	14.0	13.6	14.1
5. แก้วและกระจกอื่น ๆ	มูลค่า (ล้านบาท)	886.50	1,152.30	1,313.7	1,307.8	2,446.8	2,951.8
	% การเปลี่ยนแปลง		30.0	14	-0.4	87.1	20.6
	สัดส่วน (ร้อยละ)	16.7	20.0	17.4	16.7	20.8	25.7
รวม	มูลค่า (ล้านบาท)	5,309.3	5,763.8	7,538.9	7,851.5	11,763.5	11,468.2
	% การเปลี่ยนแปลง		8.6	30.8	4.1	49.8	-2.5
	สัดส่วน (ร้อยละ)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

ที่มา : กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ง

ปัญหาจากการรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลจากการเข้าตรวจวัด พบว่า ข้อมูลที่ตรวจวัดได้มีความแตกต่างจากข้อมูลที่ได้จากการสอบถามโรงงาน แสดงดังตารางที่ ง.1

ตารางที่ ง.1 เปรียบเทียบข้อมูลการตรวจวัดกับข้อมูลที่ได้รับจากโรงงาน

ชื่อโรงงาน	ข้อมูลจากการตรวจวัด		ข้อมูลที่โรงงานให้		ผลต่าง		% ผลต่าง	
	SEC,EE	SEC,TH	SEC,EE	SEC,TH	SEC,EE	SEC,TH	SEC,EE	SEC,TH
	kWh/Ton	MJ/Ton	kWh/Ton	MJ/Ton	kWh/Ton	MJ/Ton		
แก้วและกระจก 1	112.45	7,876.49	243.32	7,810.12	130.87	-66.37	53.79	-0.85
แก้วและกระจก 2	221.75	4,188.99	375.48	7,251.66	153.73	3,062.67	40.94	42.23
แก้วและกระจก 3	181.12	4,613.12	204.31	5,050.03	23.19	436.91	11.35	8.65
แก้วและกระจก 4	282.68	5,914.40	253.14	5,313.08	-29.54	-601.32	-11.67	-11.32
แก้วและกระจก 5	1,025.33	20,019.48	937.05	20,446.41	-88.28	426.93	-9.42	2.09
แก้วและกระจก 6	544.20	9,413.87	686.76	13,846.93	142.56	4,433.06	20.76	32.01
แก้วและกระจก 7	398.86	7,854.41	524.02	9,867.06	125.16	2,012.65	23.88	20.40
แก้วและกระจก 8	375.76	26,206.20	505.04	25,712.59	129.28	-493.61	25.60	-1.92
แก้วและกระจก 9	634.31	9,523.13	1,290.77	16,732.31	656.46	7,209.18	50.86	43.09

ส่วนในรูปที่ ง.1 จะเห็นได้ว่า หน่วยของข้อมูลยังไม่เป็นมาตรฐานเดียวกัน ตัวอย่างเช่น โรงงานผลิตกระเบื้องจะเก็บข้อมูลในหน่วยของตารางเมตร โรงงานผลิตเครื่องสุขภัณฑ์จะเก็บข้อมูลในหน่วยของชิ้น ส่วนโรงงานผลิตกระจกแผ่นและโรงงานผลิตขวดแก้วทำการเก็บข้อมูลในหน่วยตัน ซึ่งทำให้ยากแก่การนำรวมกัน เพื่อดำเนินการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานระดับมหภาคของกลุ่มอุตสาหกรรมอลูมิเนียม

นอกจากนี้ ในการที่จะประเมินลักษณะการใช้พลังงานในระดับมหภาคนั้น จำเป็นจะต้องใช้ข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจในเชิงมหภาคด้วย อาทิเช่น มูลค่าของผลิตภัณฑ์ ปริมาณการผลิตรวมของภาคอุตสาหกรรมนั้นๆ ซึ่งในกรณีนี้ จากการที่ผู้วิจัยได้ทำการทดลองสืบหาข้อมูลจากฐานข้อมูลต่างๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและการสอบถามจากหน่วยงานทางภาครัฐฯ จะพบว่า ข้อมูลจากแต่ละแหล่งข้อมูลนั้น มีการระบุค่าที่ไม่เท่ากัน อาทิเช่น ข้อมูลปริมาณการผลิตโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ในแต่ละปี ดังจะแสดงในตารางที่ ง.2 จะแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณการผลิตปูนซีเมนต์ (หน่วยล้านตัน) ในช่วงปี พ.ศ .2538-2547 จากสำนักเหมืองแร่และสัมปทาน กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ และธนาคารแห่งประเทศไทย

รูปที่ ง.1 ตัวอย่างข้อมูลจากฐานข้อมูล บพร.ของอุตสาหกรรมแก้วและกระจก

ตารางที่ ง.2 เปรียบเทียบข้อมูลปริมาณการผลิตปูนซีเมนต์ (หน่วยล้านตัน)

ปี พ.ศ.	แหล่งที่มา		ความแตกต่าง
	สำนักเหมืองแร่และสัมปทาน	ธนาคารแห่งประเทศไทย	
2538	34.15	33.86	0.85%
2539	38.55	38.87	-0.84%
2540	37.27	37.12	0.42%
2541	22.83	22.72	0.47%
2542	25.06	25.35	-1.17%
2543	24.03	25.50	-6.11%
2544	34.98	27.91	20.20%
2545	38.77	31.68	18.29%
2546	39.93	32.53	18.53%
2547	43.1	35.63	17.34%

จะเห็นได้ว่า ข้อมูลชนิดเดียวกัน แต่กลับมีการรวบรวมซ้ำซ้อนกันของสองหน่วยงาน และถึงแม้แหล่งรวบรวมข้อมูลจะเป็นหน่วยงานที่มีความน่าเชื่อถือ แต่ข้อมูลที่ได้รับจากทั้งสองที่ กลับมีความแตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น ข้อมูลของปี พ.ศ. 2544 มีความแตกต่างกันถึงร้อยละ 20



ภาคผนวก จ

คู่มือการใช้ระบบฐานข้อมูลสำหรับวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## คู่มือการใช้งาน

### ระบบฐานข้อมูลสำหรับวิเคราะห์การบริโภคพลังงานอุตสาหกรรมโลหะ

คู่มือการใช้งานระบบการวิเคราะห์พลังงานนี้ประกอบด้วย

1. ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์
2. การกำหนดโครงสร้าง
3. วิธีการใช้งาน
4. การพิจารณาผลการวิเคราะห์
5. การประยุกต์ใช้เพิ่มเติม

#### 1. ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์

ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์นั้น มีข้อมูลที่จำเป็นต้องบันทึก 3 ประเภทได้แก่

- 1) ช่วงเวลา (Period)
- 2) ปริมาณผลผลิตรายปี (Production Quantity) หรือปริมาณวัตถุดิบ (Material Quantity) ที่ใช้รายปี<sup>[1]</sup>
- 3) ข้อมูลการใช้พลังงานต่อหน่วยผลิตภัณฑ์รายปี (ค่า SEC หน่วย MJ/Unit)

นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มข้อมูลอื่นๆในการวิเคราะห์ได้ไม่เกิน 3 ประเภท เช่น ราคาต่อหน่วยผลผลิตรายปี (Unit Price) หรือราคาต่อหน่วยวัตถุดิบรายปี มูลค่าเพิ่มรายปี (Value Added) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ฯลฯ

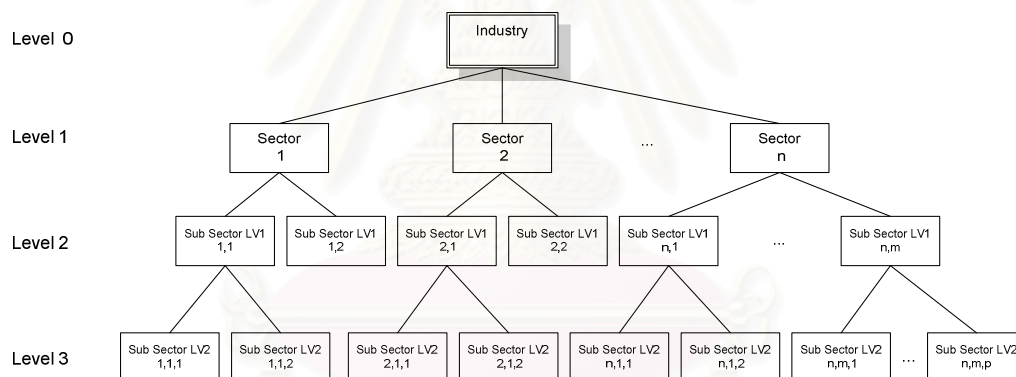
**ข้อควรระวัง:** ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ในแต่ละประเภท ต้องมีหน่วยเดียวกันทั้งชุดข้อมูล เช่น ข้อมูลราคาสินค้าของผลิตภัณฑ์ A และ B มีหน่วยเป็นบาท/ตัน ส่วนข้อมูลราคาสินค้าของผลิตภัณฑ์ C มีหน่วยเป็น เยน (¥)/ตัน จะต้องทำการเปลี่ยนข้อมูลของ C จากเยนให้เป็นบาทเสียก่อน จึงจะสามารถนำไปวิเคราะห์ร่วมกับผลิตภัณฑ์ A และ B ได้

หมายเหตุ <sup>[1]</sup>

1. ข้อมูลที่ทำการบันทึกมักนิยมใช้ปริมาณผลผลิตมากกว่าปริมาณวัตถุดิบ แต่เนื่องจากบางอุตสาหกรรมอาจมีผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย หรือผลิตภัณฑ์ดังกล่าวอาจผลิตได้จากอุตสาหกรรมหลายประเภท ดังนั้นจึงไม่อาจจะระบุปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จากอุตสาหกรรมนั้นได้โดยตรง ทำให้ต้องเลี้ยวมาใช้ปริมาณวัตถุดิบแทน ตัวอย่างเช่น ผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมพลาสติกชนิดหนึ่งอาจผลิตได้จากอุตสาหกรรมฉีดพลาสติก หรืออาจผลิตขึ้นจากอุตสาหกรรมเป่าขึ้นรูปพลาสติกซึ่งก็จะมีราคาที่แตกต่างกันออกไป การกำหนดว่าผลิตภัณฑ์นั้นควรอยู่ที่อุตสาหกรรมหลักใด มีสัดส่วน และราคาเท่าไรจึงทำได้ยาก และถึงแม้ทำได้ก็อาจส่งผลทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณมีความแปรปรวนสูงแต่อย่างไรก็ดี การใช้ปริมาณผลผลิตในการคำนวณจะช่วยชี้ให้เห็นถึงศักยภาพในการผลิตมากกว่าการใช้ปริมาณวัตถุดิบในการคำนวณ

## 2. การกำหนดโครงสร้างอุตสาหกรรม

โครงสร้างของอุตสาหกรรมสำหรับการคำนวณนั้น สามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 1

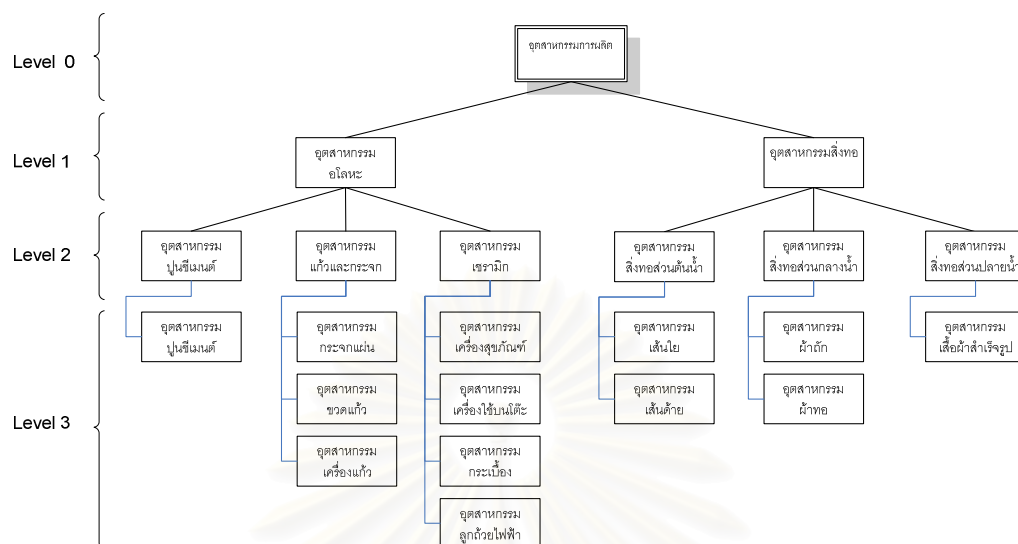


รูปที่ 1 โครงสร้างฐานข้อมูลของอุตสาหกรรม

จากรูปที่ 1 จะเห็นว่าระบบสามารถวิเคราะห์โครงสร้างอุตสาหกรรมได้มากที่สุด 3 ระดับ คือในระดับ 0 – 2 (Level 0 – 2) ส่วนในระดับที่ 3 นั้น เป็นการเก็บข้อมูลของอุตสาหกรรมย่อยนั้นๆ ส่วนจำนวนอุตสาหกรรม และจำนวนอุตสาหกรรมย่อยนั้นสามารถเพิ่มได้ไม่จำกัด ดังนั้น ในการคำนวณจึงต้องมีการร่างโครงสร้างอุตสาหกรรมขึ้นมาก่อน ซึ่งตัวอย่างการกำหนดโครงสร้างอุตสาหกรรม แสดงดังรูปที่ 2

สำหรับการบันทึกข้อมูล จะเป็นการบันทึกข้อมูลของอุตสาหกรรมระดับที่ 3 เท่านั้น ส่วนข้อมูลของระดับ 0 – 2 จะเป็นการประมวลผลจากข้อมูลระดับที่ 3



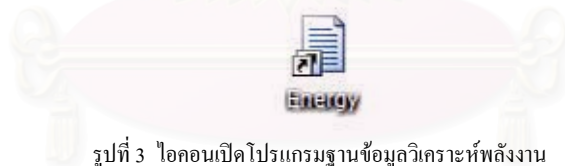


รูปที่ 2 ตัวอย่างโครงสร้างฐานข้อมูลของอุตสาหกรรม

### 3. วิธีการใช้งาน

#### 3.1. การเปิดโปรแกรม

ดับเบิลคลิกที่ไอคอนรูปดังแสดงไว้ในรูปที่ 3 เพื่อเป็นการเรียกใช้งาน โปรแกรม



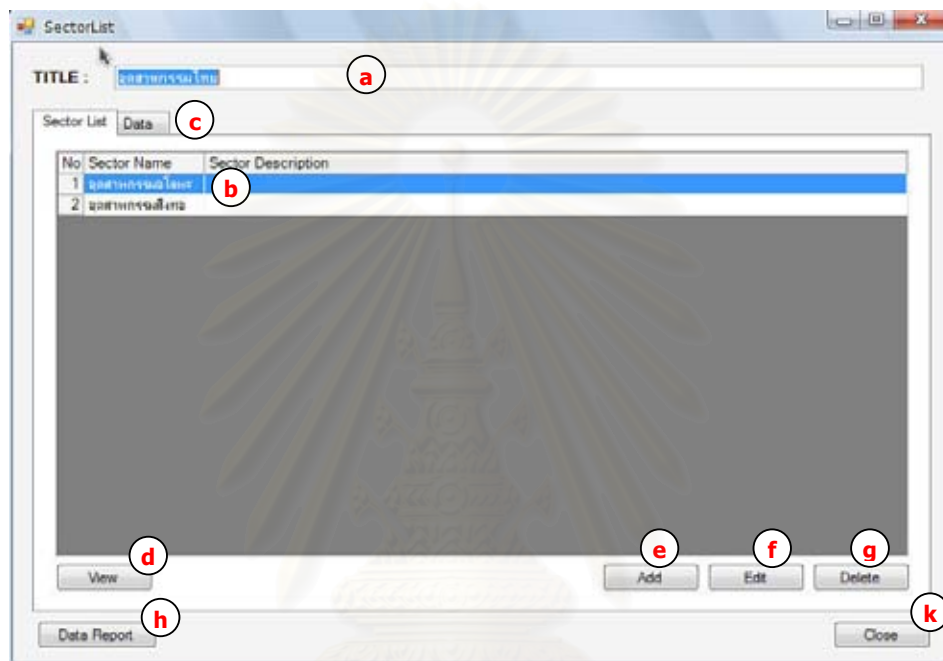
รูปที่ 3 ไอคอนเปิดโปรแกรมฐานข้อมูลวิเคราะห์พลังงาน

#### 3.2. หน้าจอหลักของโปรแกรม

เมื่อเข้าสู่โปรแกรม หน้าจอเริ่มต้นโปรแกรมจะปรากฏขึ้นมาดังแสดงไว้ในรูปที่ 4 ซึ่งประกอบไปด้วย

- Title ชื่อของการวิเคราะห์
- หน้าจอ Sector list จะแสดงข้อมูลรายชื่ออุตสาหกรรมในกลุ่ม
- หน้าจอ Data จะแสดงข้อมูลที่ได้บันทึกไว้แล้วของอุตสาหกรรมนี้
- ปุ่ม View สำหรับการดูข้อมูล
- ปุ่ม Add สำหรับการเพิ่มข้อมูล
- ปุ่ม Edit สำหรับการแก้ไขข้อมูล

- g. ปุ่ม Delete สำหรับการลบข้อมูล
- h. ปุ่ม Data Report สำหรับการดูรายงานสรุปข้อมูล
- i. ปุ่ม Save สำหรับการบันทึกข้อมูล
- j. ปุ่ม Cancel สำหรับการ ย้อนกลับ ไปยังอุตสาหกรรมระดับ 1



รูปที่ 4 หน้าจอเลือกกลุ่มอุตสาหกรรมระดับที่ 1

เมื่อดับเบิลคลิกที่ชื่อกลุ่มอุตสาหกรรม จะแสดงรายชื่ออุตสาหกรรมระดับที่ 1 ดังรูปที่ 5 ซึ่งหน้าจอส่วนใหญ่คล้ายกับหน้าจอของรูปที่ 4 โดยมีส่วนที่เพิ่มเติมคือ

- a. Sub Sector LV1 Name สำหรับการเปลี่ยนแปลงชื่อของอุตสาหกรรมย่อย
- b. Sub Sector Description สำหรับการเพิ่มคำอธิบายของอุตสาหกรรม

เมื่อดับเบิลคลิกที่ชื่ออุตสาหกรรมระดับที่ 2 จะแสดงข้อมูลรายชื่อของอุตสาหกรรมระดับที่ 2 ดังรูปที่ 6 ซึ่งหน้ามีส่วนประกอบเหมือนหน้าจอในรูปที่ 4

SectorDetails

Sector Name : อุตสาหกรรมโลหะ **a**

Sector Description :

**b**

Sub Sector LV1 Data

No.	Substitute Lv 1 Name	Substitute Lv 1 Description
1	เหล็ก	
2	เหล็กหล่อ	
3	เหล็กกล้า	

View Add Edit Delete

Data Report Save Cancel

รูปที่ 5 หน้าจอเลือกกลุ่มอุตสาหกรรมระดับที่ 2

SubSectorLV2

Sector Name : อุตสาหกรรมโลหะ

Sub Sector LV1 Name : เหล็กกล้า

Sub Sector LV2 Name : สังกะสี

Sub Sector LV2 Description :

Data

No.	Period (Year)	Production Quantity (Ton)	Intensity (GJ/Ton)	Energy (GJ)	Additional 1(Unit)	Additional 2(Unit)
1	2003	121,142,1320	21,5668	2,628,312,6170	0.0000	0.00
2	2004	142,887,9600	21,2634	3,038,288,9273	0.0000	0.00
3	2005	165,705,7000	20,3091	3,365,327,9993	0.0000	0.00

View Add Edit Delete

Print Data Summary Save Cancel

รูปที่ 6 หน้าจอข้อมูลของกลุ่มอุตสาหกรรมระดับที่ 2

### 3.3. การป้อนข้อมูล

ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์แบ่งเป็น 2 ประเภทดังนี้

- ข้อมูลหลักคือ ข้อมูลที่บังคับป้อนข้อมูล หากไม่มีการป้อนข้อมูล โปรแกรมจะไม่ทำงานต่อ ได้แก่
  - ข้อมูลช่วงเวลา
  - ข้อมูลปริมาณการผลิต
  - ข้อมูลความเข้มพลังงาน
- ข้อมูลเพิ่มเติม คือ ข้อมูลที่โรงงานหรืออุตสาหกรรมต้องการเพิ่มเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัยอื่นร่วมกับปัจจัยการผลิตและปัจจัยความเข้มพลังงาน เช่น
  - ข้อมูลมูลค่าสินค้า
  - ข้อมูลปริมาณการปล่อยออก CO<sub>2</sub>
  - ฯลฯ

#### 3.3.1. ขั้นตอนการป้อนข้อมูล

- 1) เปิดหน้าอุตสาหกรรมระดับ 2 ที่ต้องการป้อนข้อมูลดังรูปที่ 4 คลิกที่ปุ่ม Add จะขึ้นหน้าจอดังรูปที่ 7
- 2) ป้อนข้อมูลชื่อปีในช่อง Period
- 3) ป้อนข้อมูลปริมาณการผลิตในช่อง Production Quantity
- 4) ป้อนข้อมูลความเข้มพลังงานในช่อง Intensity
- 5) จากนั้นข้อมูลค่า Energy จะปรากฏค่าขึ้นมาอัตโนมัติ ( $E=Q*I$ )
- 6) เมื่อป้อนข้อมูลครบตามต้องการ ให้กดปุ่ม Save
- 7) หากต้องการแก้ไขชื่อหรือหน่วยของข้อมูล ให้คลิกที่ปุ่ม Edit Data Detail แล้วทำตามขั้นตอนที่ 3.3.2

รูปที่ 7 หน้าจอการป้อนข้อมูล

### 3.3.2. ขั้นตอนการแก้ไขชื่อข้อมูลและหน่วยข้อมูล

เมื่อเปิดหน้าจอการตั้งค่าขึ้นมา จะพบว่ามี 2 แท็บ คือ Fixed Data แสดงดังรูปที่ 8 และ Additional Data แสดงดังรูปที่ 9 ซึ่งข้อมูลบังคับแก้ไขได้เฉพาะหน่วยของข้อมูล ข้อมูลบังคับแก้ไขชื่อไม่ได้

#### 1) ส่วนประกอบหน้าจอการแก้ไขข้อมูลบังคับ (Fixed Data)

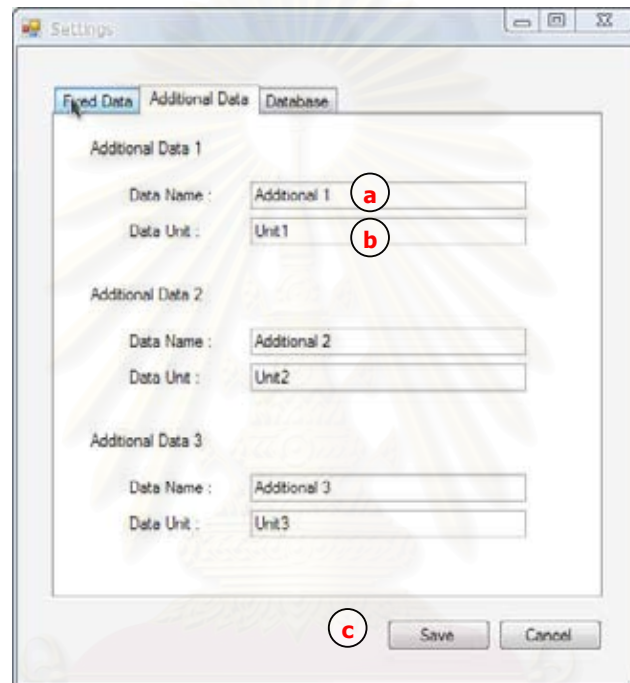
- a. แก้ไขหน่วยของข้อมูลในช่อง Data Unit
- b. เมื่อป้อนข้อมูลครบตามต้องการ ให้กดปุ่ม Save เพื่อบันทึกการตั้งค่า

รูปที่ 8 หน้าจอปรับแต่งหน่วยของข้อมูลหลัก

2) ส่วนประกอบหน้าจอการแก้ไขข้อมูลเพิ่มเติม (Additional Data)

- a. แก้ไขชื่อของข้อมูลในช่อง Data Name
- b. แก้ไขหน่วยของข้อมูลในช่อง Data Unit
- c. เมื่อบันทึกข้อมูลครบตามต้องการ ให้กดปุ่ม Save เพื่อบันทึกการตั้งค่า

3) เมื่อทำการบันทึกข้อมูลแล้ว ข้อมูลจะแสดงเป็นหน้าจอตั้งรูปที่ 4



รูปที่ 9 หน้าจอปรับแต่งข้อมูลเพิ่มเติม

### 3.3.3. ขั้นตอนการเรียกดูข้อมูล

การดูข้อมูลอุตสาหกรรมสามารถทำได้โดย

- a. เลือกระดับอุตสาหกรรมที่ต้องการดูข้อมูล
- b. คลิกที่แท็บ Data ของแต่ละระดับของโครงสร้างสร้างการผลิต
- c. ป้อนข้อมูลปีที่ต้องการดูข้อมูล
- d. กดปุ่ม Query
- e. ข้อมูลจะแสดงผลดังรูปที่ 10

SectorDetails

Sector Name :

Sector Description :

Sub Sector LV1 Data

Year: 2003

Substitute Lv 1 Name	Production Quantity (Ton)	Structure	Intensity (GJ/Ton)	Energy (GJ)	Additional 1(Unit)	Addit
แก๊สธรรมชาติ	1,301,065.7341	0.0517	39.7938	20,734,423.6997	0.0000	
ถ่านหิน	2,355,851.5520	0.0640	112.6704	19,930,832.9786	0.0000	
ปิโตรลียม	0.155.0000	0.8843	4.1856	136,158,632.7051	0.0000	
อุตสาหกรรมอื่น	20,787,072.2861	1.0000	12.9731	176,823,883.3834	0.0000	

รูปที่ 10 หน้าจอแสดงรายงานสรุปข้อมูลอุตสาหกรรม

### 3.3.4. ขั้นตอนการเลือกรูปแบบการคำนวณ

การเลือกรูปแบบการคำนวณ ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 11

1) การเลือกรูปแบบของเวลา ได้แก่

i. การวิเคราะห์แบบช่วงเวลา (Time series)

a. ป้อนข้อมูลช่วงเวลาเริ่มในช่อง Start Period

b. ป้อนข้อมูลช่วงเวลาจบในช่อง End Period

c. ป้อนข้อมูลปีฐานในช่อง Base Year

ii. การคำนวณแบบคู่ปี (Period wise)

a. ป้อนข้อมูลชื่อปีแรกในช่อง Start Period

b. ป้อนข้อมูลชื่อปีที่สองในช่อง End Period

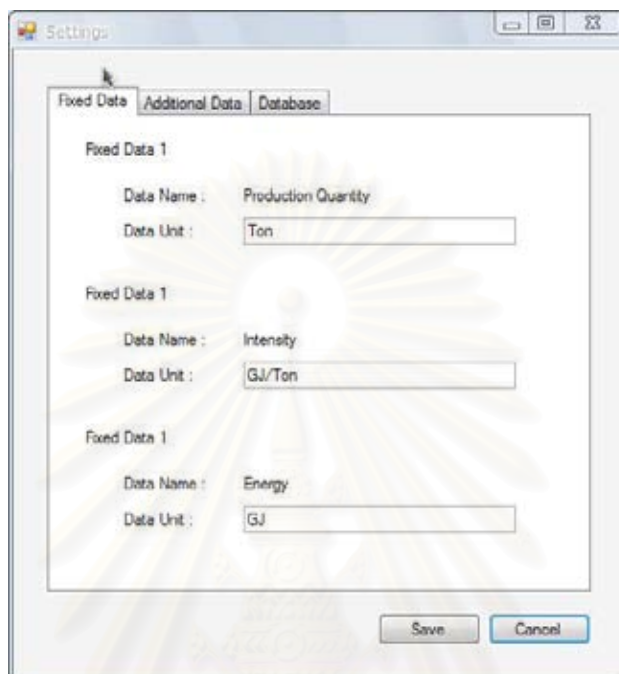
2) การเลือกรูปแบบการวิเคราะห์ สามารถเลือกได้ทีละรูปแบบ รูปแบบที่สามารถเลือกได้คือ

i. การวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน

ii. การวิเคราะห์ความเข้มพลังงาน

iii. การวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงาน

3) เมื่อทำการเลือกรูปแบบแล้ว กดที่ปุ่ม Report เพื่อแสดงผลตามเงื่อนไขที่กำหนด



รูปที่ 11 หน้าจอเลือกรูปแบบการคำนวณ

### 3.4. การรายงานผล

หน้าจอรายงานผลมีทั้งหมด 6 รูปแบบดังนี้

- 1) รายงานผลการวิเคราะห์บริโภคลพลังงานแบบช่วงเวลา รูปที่ 12
- 2) รายงานผลการวิเคราะห์ความเข้มพลังงานแบบช่วงเวลา รูปที่ 13
- 3) รายงานผลการวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงานแบบช่วงเวลา รูปที่ 14
- 4) รายงานผลการวิเคราะห์บริโภคลพลังงานแบบคู่ปี รูปที่ 15
- 5) รายงานผลการวิเคราะห์ความเข้มพลังงานแบบคู่ปี รูปที่ 16
- 6) รายงานผลการวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงานแบบคู่ปี รูปที่ 17

ส่วนประกอบของหน้าจอรายงานผลประกอบด้วยตัวอย่างรูปที่ 10 ซึ่งประกอบไปด้วย

- a. ชื่อรายงานการวิเคราะห์
- b. ชื่ออุตสาหกรรม
- c. เส้นไยเวลาของการวิเคราะห์
- d. ตารางแสดงผลการวิเคราะห์



DataReport

### Energy Consumption Analysis Report (Time serie) **a**

Industry name : อุตสาหกรรมไทย \\_ อุตสาหกรรมปิโตรเลียม \\_ เบริดจ **b**

From year : 2003 to 2005 **c**

Base year : 2003

	2003	2004	2005
Dtot	1	0.995844147607226	1.12282112199318
Epdn	1	1.17068734344358	1.26212384388291
Dstr	1	0.973425246152167	0.959266452066751
Dint	1	0.873846687637541	0.92740481431631
Dsd1	1		
Dsd2	1		
Dsd3	1		
Etot	0	-82829.5999240663	2447927.26869123
Epdn	0	3132690.72929437	4919249.6517255
Estr	0	-535705.705156096	-878769.282051893
Eint	0	-2679014.62405933	-1592553.10098238
Esd1	0		
Esd2	0		
Esd3	0		

**d**

Export Close

รูปที่ 12 หน้าจอแสดงรายงานการวิเคราะห์แบบช่วงเวลาของการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน

DataReport

### Energy Intensity Analysis Report (Time serie)

Industry name : อุตสาหกรรมไทย \\_ อุตสาหกรรมปิโตรเลียม \\_ เบริดจ

From year : 2003 to 2005

Base year : 2003

	2003	2004	2005
etot	0	-1.26346302159648	-0.836111069813426
estr	0	-0.210699254043515	-0.334389818130114
eint	0	-1.05276376755296	-0.601721271683312
esd1	0		
esd2	0		
esd3	0		
Dtot	1	0.880656953298563	0.889350396636785
Dstr	1	0.973387179431533	0.958977120925806
Dint	1	0.873914277148539	0.927394801429879
Dsd1	1		
Dsd2	1		
Dsd3	1		

Export Close

รูปที่ 13 หน้าจอแสดงรายงานการวิเคราะห์แบบช่วงเวลาของการวิเคราะห์ความเข้มพลังงาน

**Energy Elasticity/Coefficiency Analysis Report (Time serie)**

Industry name : อุตสาหกรรมโทรคมนาคม  
 From year : 2003 to 2005  
 Base year : 2003

	2003	2004	2005
Clct	NaN	-0.024343267494853	0.467857430062236
Cpdm	NaN	0.920912177168392	0.940186225843768
Cstr	NaN	-0.157480565395843	-0.167953820841356
Cvrl	NaN	-0.787780899267402	-0.304374974940176
Cad1	NaN	0	0
Cad2	NaN	0	0
Cad3	NaN	0	0

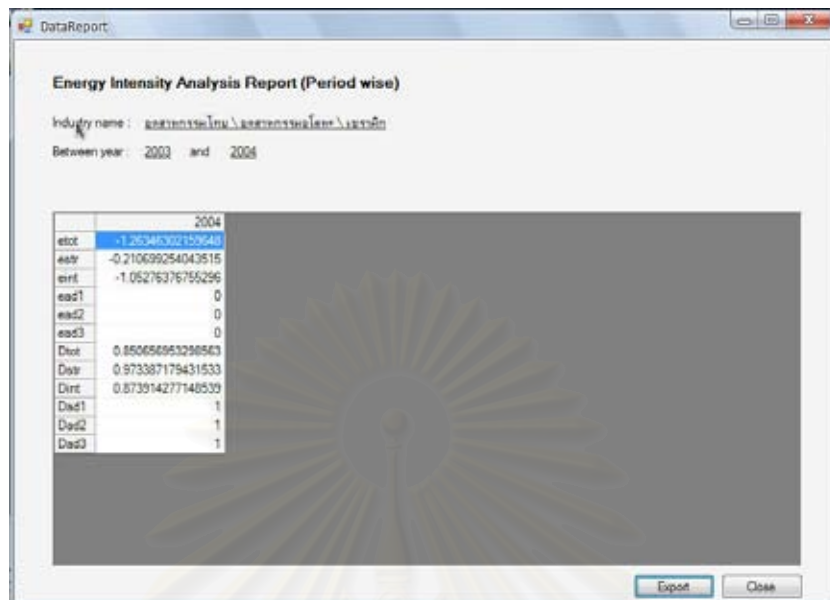
รูปที่ 14 หน้าจอแสดงรายงานการวิเคราะห์แบบช่วงเวลาของการวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงาน

**Energy Consumption Analysis Report (Period wise)**

Industry name : อุตสาหกรรมโทรคมนาคม  
 Between year : 2003 and 2004

	2004
Dvst	0.995944147607226
Dpdm	1.17058734344355
Dstr	0.973425246152167
Dvrl	0.873546697637541
Dad1	1
Dad2	1
Dad3	1
Evst	-62829.5999240563
Epdm	3132690.72929437
Estr	-535705.705159096
Evrl	-2679814.62405933
Ead1	0
Ead2	0
Ead3	0

รูปที่ 15 หน้าจอแสดงรายงานการวิเคราะห์แบบคู่ปีของการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน



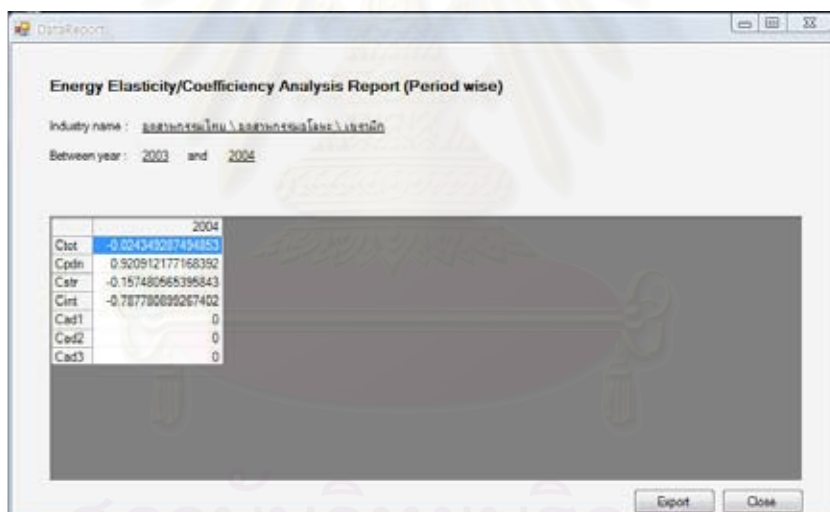
**Energy Intensity Analysis Report (Period wise)**

Industry name : อุตสาหกรรมไทย \ อุตสาหกรรมโลหะ \ เหล็กกล้า  
Between year : 2003 and 2004

	2004
etit	-1.26346302159641
etit	-0.210699254043515
entf	-1.05276376755296
ead1	0
ead2	0
ead3	0
Dtot	0.850656953298563
Dtot	0.873387179431533
Dtot	0.873914277148539
Dad1	1
Dad2	1
Dad3	1

Export Close

รูปที่ 16 หน้าจอแสดงรายงานการวิเคราะห์แบบคู่ปีของการวิเคราะห์ความเข้มพลังงาน



**Energy Elasticity/Coefficiency Analysis Report (Period wise)**

Industry name : อุตสาหกรรมไทย \ อุตสาหกรรมโลหะ \ เหล็กกล้า  
Between year : 2003 and 2004

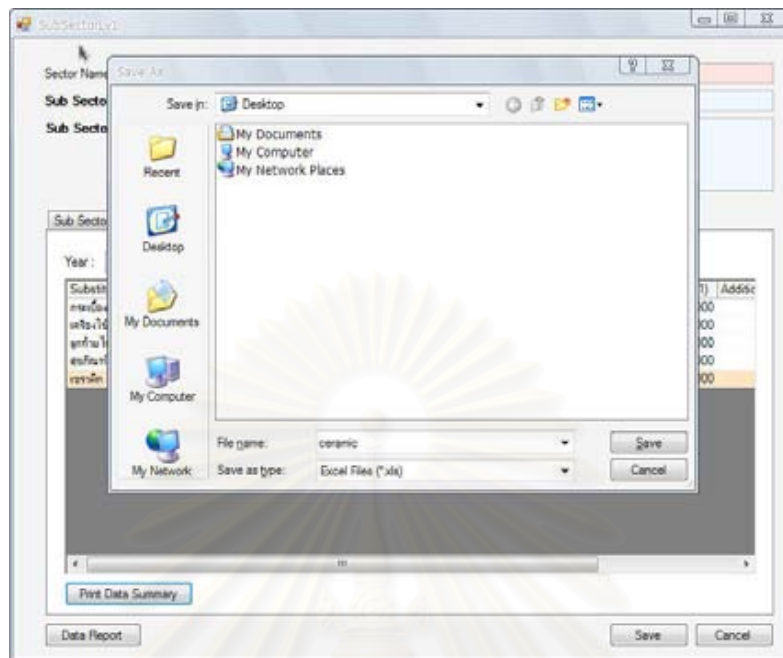
	2004
Ctot	-0.024349287494853
Cpctn	0.920912177168352
Cstr	-0.157480665396843
Cirt	-0.78778089267402
Cad1	0
Cad2	0
Cad3	0

Export Close

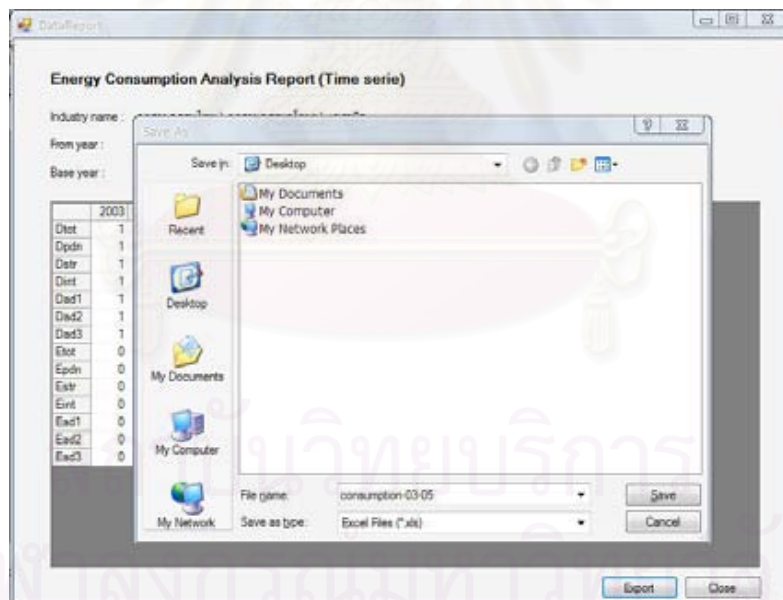
รูปที่ 17 หน้าจอแสดงรายงานการวิเคราะห์แบบคู่ปีของการวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงาน

### 3.5. การส่งออกรายงานไปยังแฟ้มเอกสารเอกเซล

สรุปข้อมูลของอุตสาหกรรม สามารถส่งออก (Export) เป็นแฟ้มเอกสารของโปรแกรม ไมโครซอฟต์เอกเซลได้ โดยคลิกที่ปุ่ม Print Data Summary ดังรูปที่ 18 ส่วนผลการวิเคราะห์สามารถส่งออกโดยคลิกที่ปุ่ม Export ดังรูปที่ 19



รูปที่ 18 การส่งออกผลสรุปข้อมูลในแต่ละปีเป็นแฟ้มข้อมูลเอกเซล



รูปที่ 19 การส่งออกผลสรุปการวิเคราะห์เป็นแฟ้มข้อมูลเอกเซล

Energy Consumption Analysis Report (Time series)

Time Series

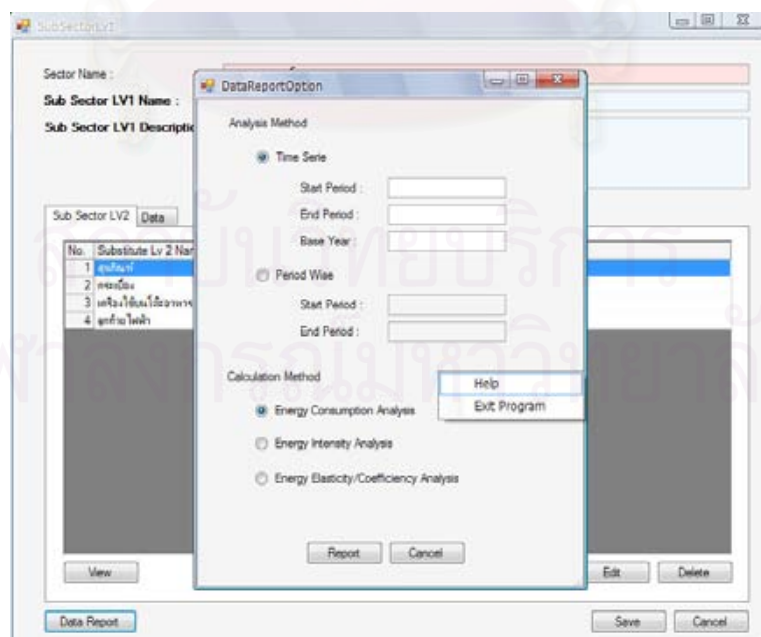
Analysis Result of การขนส่งทางเรือ \ การขนส่งทางอากาศ \ การผลิต  
From year - 2003to2005

	2003	2004	2005
Dtot	1	0.9958	1.1229
Dsdn	1	1.1796	1.2621
Dstr	1	0.9734	0.9593
Dnt	1	0.8739	0.9274
Dsd1	1	1	1
Dsd2	1	1	1
Dsd3	1	1	1
Etot	0	-82,829.60	2,447,927.27
Esdn	0	3,132,690.73	4,919,249.65
Estr	0	-535,705.71	-878,769.20
Ent	0	-2,679,814.62	-1,592,563.10
Esd1	0	0	0
Esd2	0	0	0
Esd3	0	0	0

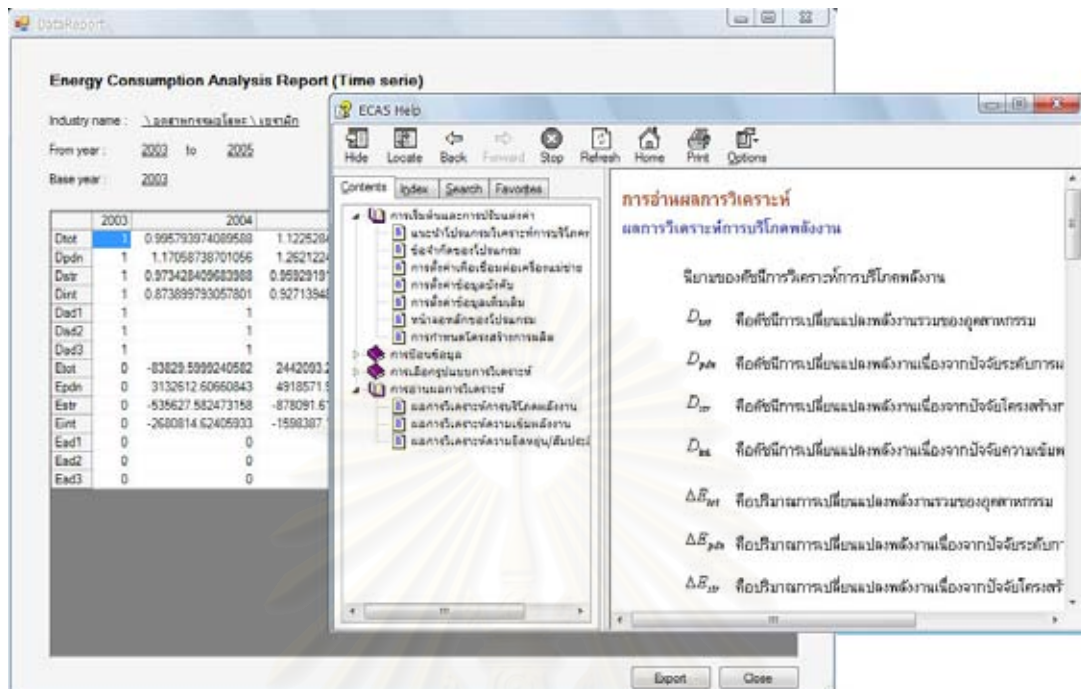
รูปที่ 20 รายงานข้อมูลในรูปแบบของไฟล์เอกเซล

### 3.6. การเรียกใช้ระบบความช่วยเหลือและการจบการทำงาน

ระบบความช่วยเหลือ (Help) และการจบการทำงาน สามารถเรียกใช้โดยการคลิกขวาที่บริเวณพื้นที่หน้าจอของโปรแกรมที่ใช้งานอยู่



รูปที่ 21 การเข้าสู่ระบบความช่วยเหลือ



รูปที่ 22 หน้าจอระบบความช่วยเหลือ

#### 4. การพิจารณาผลการวิเคราะห์

##### 4.1. ผลการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน

ในส่วนของการอ่านผลการวิเคราะห์นั้น จะแบ่งตามการวิเคราะห์ว่าเป็นแบบผลคูณหรือผลบวก โดยค่าดัชนีที่ได้จากการวิเคราะห์แบบผลคูณสามารถบอกได้ถึงทิศทางและร้อยละการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับปีฐาน ส่วนค่าดัชนีที่ได้จากการวิเคราะห์แบบบวกจะบอกถึงทิศทางและขนาดการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับปีฐาน ซึ่งการอ่านผลได้สรุปไว้ในตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 การอ่านผลการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานจากการวิเคราะห์แบบผลคูณ

ดัชนี	ค่าดัชนีมากกว่า 1	ค่าดัชนีเท่ากับ 1	ค่าดัชนีน้อยกว่า 1
$D_{tot}$	การบริโภคพลังงานเพิ่มขึ้นจากปีฐาน	ไม่มี การ เปลี่ยนแปลง เมื่อเทียบกับ ปีฐาน	การบริโภคพลังงานลดลงจากปีฐาน
$D_{pdn}$	ระดับการผลิตเพิ่มขึ้นจากปีฐาน		ระดับการผลิตลดลงจากปีฐาน
$D_{str}$	สัดส่วนการผลิตทำให้เกิดแนวโน้มเป็นอุตสาหกรรมที่มีความเข้มพลังงานสูงขึ้น		สัดส่วนการผลิตทำให้เกิดแนวโน้มเป็นอุตสาหกรรมที่มีความเข้มพลังงานลดลง
$D_{int}$	ประสิทธิภาพการใช้พลังงานลดลงจากปีฐาน		ประสิทธิภาพการใช้พลังงานดีขึ้นจากปีฐาน

ตารางที่ 2 การอ่านผลการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานจากการวิเคราะห์แบบผลบวก

การเปลี่ยนแปลง	ค่าการเปลี่ยนแปลงเป็นค่าบวก	ค่าการเปลี่ยนแปลงเป็นค่าลบ
$\Delta E_{tot}$	การบริโภคพลังงานเพิ่มขึ้นจากปีฐาน	การบริโภคพลังงานลดลงจากปีฐาน
$\Delta E_{pdn}$	การเปลี่ยนแปลงระดับการผลิตทำให้ปริมาณการบริโภคพลังงานเพิ่มขึ้น	การเปลี่ยนแปลงระดับการผลิตทำให้ปริมาณการบริโภคพลังงานลดลง
$\Delta E_{str}$	การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนการผลิตทำให้ปริมาณการบริโภคพลังงานเพิ่มขึ้น	การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนการผลิตทำให้ปริมาณการบริโภคพลังงานลดลง
$\Delta E_{int}$	ประสิทธิภาพการใช้พลังงานลดลงจากปีฐาน ทำให้การบริโภคพลังงานเพิ่มขึ้น	ประสิทธิภาพการใช้พลังงานดีขึ้นจากปีฐาน ทำให้การบริโภคพลังงานลดลง

จากตัวอย่างผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 3 สามารถวิเคราะห์ผลของการเปลี่ยนแปลงการบริโภคพลังงานได้ดังนี้

ตารางที่ 3 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์การบริโภคพลังงาน

ดัชนีการเปลี่ยนแปลง	ผลการวิเคราะห์	ปริมาณการเปลี่ยนแปลง	ผลการวิเคราะห์ (ล้าน GJ)
$D_{tot}$	1.0532	$\Delta E_{tot}$	9.4207
$D_{pdn}$	1.1015	$\Delta E_{pdn}$	17.5533
$D_{str}$	1.0046	$\Delta E_{str}$	0.8274
$D_{int}$	0.9519	$\Delta E_{int}$	-8.9600

- การเปลี่ยนแปลงของการบริโภคพลังงานในภาพรวม
  - $D_{tot} = 1.0532$  หมายถึง มีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นในปี 2547 เมื่อเทียบกับปี 2546 เท่ากับร้อยละ 5.32
  - $\Delta E_{tot} = 9.4207$  หมายถึง มีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นในปี 2547 เมื่อเทียบกับปี 2546 เท่ากับ 9.4207 ล้าน GJ
- การเปลี่ยนแปลงของการบริโภคพลังงานเนื่องจากปัจจัยระดับการผลิต
  - $D_{pdn} = 1.1015$  หมายถึง มีระดับการผลิตเพิ่มขึ้นในปี 2547 เมื่อเทียบกับปี 2546 เท่ากับร้อยละ 10.15
  - $\Delta E_{pdn} = 17.5533$  หมายถึง มีการใช้พลังงานเนื่องจากระดับการผลิตที่เพิ่มขึ้นในปี 2547 เมื่อเทียบกับปี 2546 เท่ากับ 17.5533 ล้าน GJ

- การเปลี่ยนแปลงของการบริโภคพลังงานเนื่องจากปัจจัยโครงสร้างการผลิต
  - $D_{str} = 1.0046$  หมายถึง อุตสาหกรรมนี้มีความเข้มพลังงานสูงขึ้นร้อยละ 0.46 ดัชนีสัดส่วนการผลิตที่เพิ่มขึ้นนี้จะทำให้อุตสาหกรรมมีแนวโน้มจะเป็นอุตสาหกรรมที่มีความเข้มพลังงานสูงขึ้น
  - $\Delta E_{str} = 0.8274$  หมายถึง มีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น เนื่องจากเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างการผลิตในปี 2547 เมื่อเทียบกับปี 2546 เท่ากับ 0.8274 ล้าน GJ
- การเปลี่ยนแปลงของการบริโภคพลังงานเนื่องจากปัจจัยความเข้มพลังงาน
  - $D_{int} = 0.9519$  หมายถึง มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานดีขึ้น จึงทำให้ดัชนีระดับความเข้มพลังงานลดลงในปี 2547 เมื่อเทียบกับปี 2546 เท่ากับร้อยละ -4.81
  - $\Delta E_{int} = -8.9600$  หมายถึง มีการใช้พลังงานลดลง เนื่องจากความเข้มพลังงานลดลงในปี 2547 เมื่อเทียบกับปี 2546 เท่ากับ -8.9600 ล้าน GJ

จากผลการวิเคราะห์แต่ละปัจจัยข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า อุตสาหกรรมนี้มีการบริโภคพลังงานเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปีฐาน เนื่องมาจากปัจจัยปริมาณการผลิตที่เพิ่มมากขึ้นเป็นหลัก ทางด้านโครงสร้างการผลิตของอุตสาหกรรมนี้นั้น หากยังคงผลิตในโครงสร้างนี้ต่อไป มีแนวโน้มว่าจะเป็นอุตสาหกรรมที่มีความเข้มพลังงานสูงขึ้น ส่วนด้านความเข้มพลังงานนั้น พบว่าอุตสาหกรรมมีความเข้มพลังงานลดลง ซึ่งเกิดจากการดำเนินการทางด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานนั้น ได้ผลดี

#### 4.2. ผลการวิเคราะห์ความเข้มพลังงาน

การพิจารณาผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความเข้มพลังงานแบบผลคูณและแบบผลบวก สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4 และ 5 ตามลำดับ

ตารางที่ 4 การอ่านผลการวิเคราะห์ความเข้มพลังงานจากการวิเคราะห์แบบผลคูณ

ดัชนี	ค่าดัชนีมากกว่า 1	ค่าดัชนีเท่ากับ 1	ค่าดัชนีน้อยกว่า 1
$De_{tot}$	ความเข้มพลังงานเพิ่มขึ้นจากปีฐาน	ไม่มีการ	ความเข้มพลังงานลดลงจากปีฐาน
$De_{str}$	สัดส่วนการผลิตทำให้เกิดแนวโน้มเป็นอุตสาหกรรมที่มีความเข้มพลังงานสูงขึ้น	เปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับ	สัดส่วนการผลิตทำให้เกิดแนวโน้มเป็นอุตสาหกรรมที่มีความเข้มพลังงานลดลง
$De_{int}$	ประสิทธิภาพการใช้พลังงานลดลงจากปีฐาน	ปีฐาน	ประสิทธิภาพการใช้พลังงานดีขึ้นจากปีฐาน



ตารางที่ 5 การอ่านผลการวิเคราะห์ความเข้มพลังงานจากการวิเคราะห์แบบผลบวก

การเปลี่ยนแปลง	ค่าการเปลี่ยนแปลงเป็นค่าบวก	ค่าการเปลี่ยนแปลงเป็นค่าลบ
$\Delta e_{tot}$	ความเข้มพลังงานเพิ่มขึ้นจากปีฐาน	ความเข้มพลังงานลดลงจากปีฐาน
$\Delta e_{str}$	การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนการผลิตทำให้ความเข้มพลังงานเพิ่มขึ้น	การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนการผลิตทำให้ความเข้มพลังงานลดลง
$\Delta e_{int}$	ประสิทธิภาพการใช้พลังงานลดลงจากปีฐาน ทำให้ความเข้มพลังงานเพิ่มขึ้น	ประสิทธิภาพการใช้พลังงานดีขึ้นจากปีฐานทำให้ความเข้มพลังงานลดลง

จากตัวอย่างผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 6 สามารถวิเคราะห์ผลของการเปลี่ยนแปลงความเข้มพลังงานได้ดังนี้

ตารางที่ 6 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ความเข้มพลังงาน

ดัชนีการเปลี่ยนแปลง	ผลการวิเคราะห์	ปริมาณการเปลี่ยนแปลง	ผลการวิเคราะห์ (ล้าน GJ/ตัน)
$De_{tot}$	0.9562	$\Delta e_{tot}$	-0.2107
$De_{str}$	1.0046	$\Delta e_{str}$	0.0214
$De_{int}$	0.9519	$\Delta e_{int}$	-0.2321

- การเปลี่ยนแปลงของความเข้มพลังงานในภาพรวม
  - $De_{tot} = 0.9562$  หมายถึง ความเข้มพลังงานของอุตสาหกรรมลดลงในปี 2547 เมื่อเทียบกับปี 2546 เท่ากับร้อยละ 4.38
  - $\Delta e_{tot} = -0.2107$  หมายถึง ความเข้มพลังงานลดลงในปี 2547 เมื่อเทียบกับปี 2546 เท่ากับ 0.2107 ล้าน GJ/ตัน
- การเปลี่ยนแปลงของความเข้มพลังงานเนื่องจากปัจจัยโครงสร้างการผลิต
  - $De_{str} = 1.0046$  หมายถึง อุตสาหกรรมนี้มีความเข้มพลังงานสูงขึ้นร้อยละ 0.46 ดัชนีสัดส่วนการผลิตที่เพิ่มขึ้นนี้จะทำให้อุตสาหกรรมมีแนวโน้มจะเป็นอุตสาหกรรมที่มีความเข้มพลังงานสูงขึ้น
  - $\Delta e_{str} = 0.0214$  หมายถึง มีความเข้มพลังงานสูงขึ้น เนื่องจากเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างการผลิตในปี 2547 เมื่อเทียบกับปี 2546 เท่ากับ 0.0214 ล้าน GJ/ตัน

- การเปลี่ยนแปลงของความเข้มพลังงานเนื่องจากปัจจัยความเข้มพลังงาน
  - $De_{int} = 0.9519$  หมายถึง มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานดีขึ้น จึงทำให้ดัชนีระดับความเข้มพลังงานลดลงในปี 2547 เมื่อเทียบกับปี 2546 เท่ากับร้อยละ -4.81
  - $\Delta e_{int} = -0.2321$  หมายถึง ความเข้มพลังงานลดลง เนื่องจากประสิทธิภาพการใช้พลังงานในปี 2547 ดีขึ้นเมื่อเทียบกับปี 2546 เท่ากับ -0.2321 ล้าน GJ/ตัน

จากผลการวิเคราะห์แต่ละปัจจัยข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า อุตสาหกรรมนี้มีความเข้มพลังงานลดลงเมื่อเทียบกับปีฐาน เนื่องมาจากความเข้มพลังงานในการผลิตลดลง ซึ่งเกิดจากการดำเนินการทางด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานนั้น ได้ผล ทางด้าน โครงสร้างการผลิตของอุตสาหกรรมนี้ นั้น หากยังคงผลิตในโครงสร้างนี้ต่อไป มีแนวโน้มว่าจะเป็นอุตสาหกรรมที่มีความเข้มพลังงานสูงขึ้น

#### 4.3. ผลการวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงาน

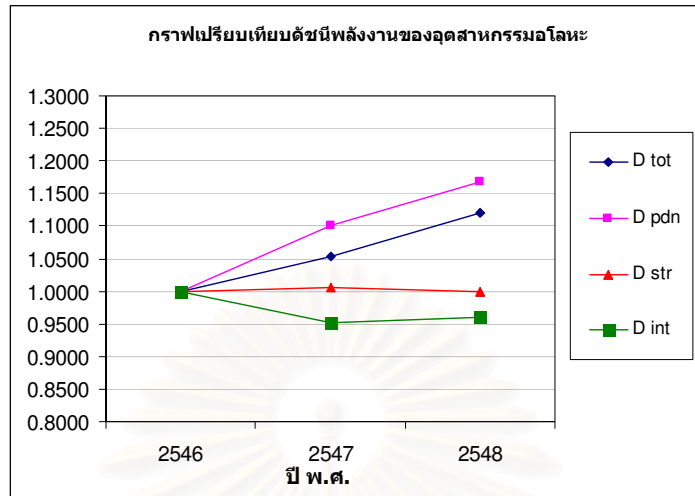
สำหรับการอ่านค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงานนั้น ค่าตัวเลขที่ได้ไม่สามารถบอกขนาดของการเปลี่ยนแปลงได้ แต่สามารถสื่อได้ถึงค่าความยืดหยุ่นของการใช้พลังงาน โดยค่าความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงานที่มากกว่า 1 หมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณการบริโภคพลังงานมีแนวโน้มลดลง เมื่อเทียบกับอัตราการเปลี่ยนแปลงการผลิต ส่วนในกรณีที่ค่าความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงานน้อยกว่า 1 หมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณการบริโภคพลังงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับอัตราการเปลี่ยนแปลงการผลิต

ยกตัวอย่างเช่น ผลจากการคำนวณค่าความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงานเท่ากับ 0.5246 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 1 ดังนั้น จึงวิเคราะห์ได้ว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณการบริโภคพลังงานมีแนวโน้มลดลง เมื่อเทียบกับอัตราการเปลี่ยนแปลงการผลิต

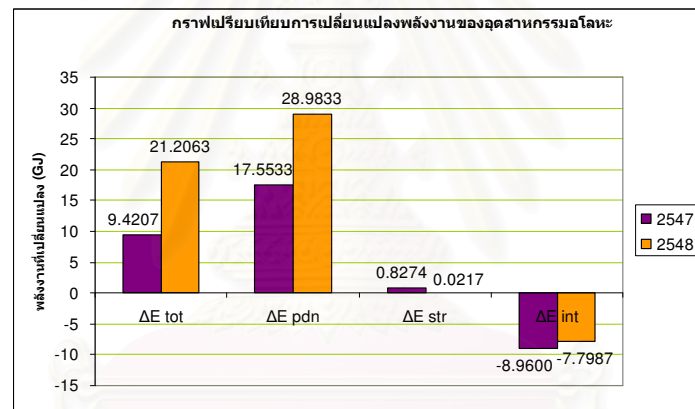
อนึ่ง การวิเคราะห์ค่าความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงานควรเลือกการวิเคราะห์แบบคู่ปีเพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ชัดเจน แต่ทั้งนี้การวิเคราะห์แบบช่วงเวลาก็สามารถทำได้

#### 5. การประยุกต์ใช้เพิ่มเติม

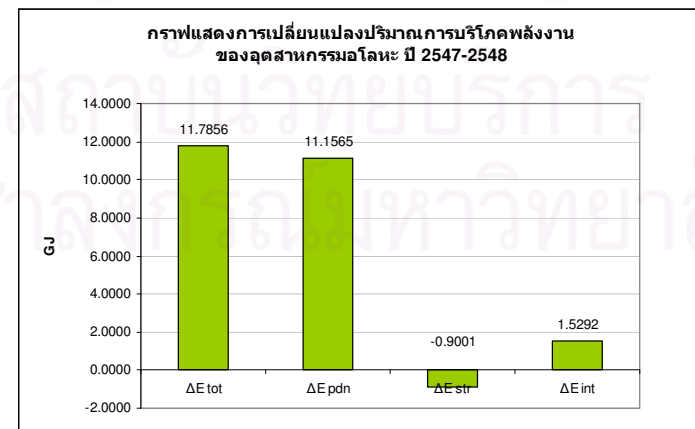
นอกจากนี้ เมื่อได้ผลการวิเคราะห์ตามที่ต้องการแล้ว สามารถคัดลอกผลที่ได้ไปวางลงในโปรแกรมไมโครซอฟเอกเซล (Microsoft Excel) เพื่อพลอตกราฟดูแนวโน้มของอุตสาหกรรม ซึ่งจะให้เห็นถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจากปัจจัยต่างๆ ได้ง่ายขึ้น



รูปที่ 23 ตัวอย่างกราฟแสดงผลการวิเคราะห์ช่วงเวลาแบบกราฟเส้น

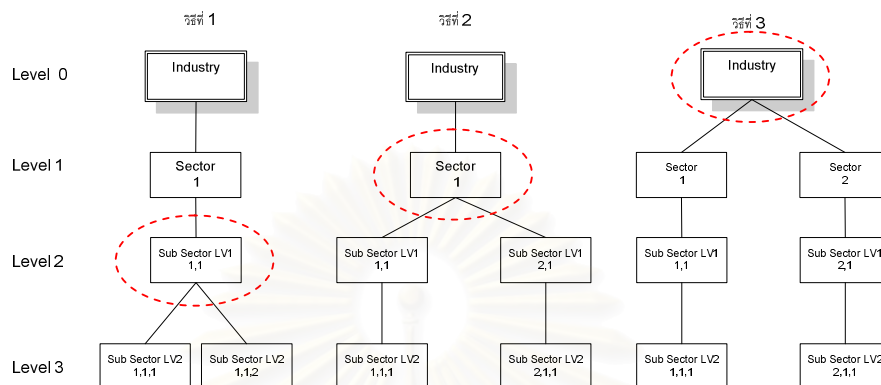


รูปที่ 24 ตัวอย่างกราฟแสดงผลการวิเคราะห์ช่วงเวลาแบบกราฟแท่ง



รูปที่ 25 ตัวอย่างกราฟแสดงผลการวิเคราะห์หุ้ปีแบบกราฟแท่ง

สำหรับการใช้งานกับอุตสาหกรรมที่มีสองระดับ สามารถประยุกต์ใช้ได้ 3 วิธี ดังรูปที่ 23 และดูผลการวิเคราะห์จากหน้าจอของระดับที่อยู่ในวงกลม



รูปที่ 26 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมที่มี 2 ระดับ

### ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวอนินทยา คำกันยา เกิดเมื่อวันที่ 24 เมษายน พ.ศ. 2526 ที่จังหวัดอุดรธานี สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจาก โรงเรียนอุดรพิทยานุกูล จังหวัดอุดรธานี และเข้าศึกษาต่อจนสำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาบัณฑิต จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปี พ.ศ. 2548 หลังจากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย